

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude de diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable de l'agglomération Maasouma (w. Blida).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0031-20

APA Citation (APA توثيق):

Fernane, Djahida (2020). Etude de diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable de l'agglomération Maasouma (w. Blida)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⴰⵎⴰ ⵏ ⵙⵉⵎⵓⵏⵉ ⵏ ⵙⵉⵎⵓⵏⵉ ⵏ ⵙⵉⵎⵓⵏⵉ ⵏ ⵙⵉⵎⵓⵏⵉ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: CONCEPTION DES SYSTEMES D'ALIMENTATION EN EAU
POTABLE**

THEME :

**ETUDE DE DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ALIMENTATION
EN EAU POTABLE DE L'AGGLOMERATION MAASOUMA
(W.BLIDA)**

Présenté par :

FERNANE djahida

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB mohamed	MCA	Président
BOUKHELIFA mustapha	MAA	Examineur
DERNOUNI youcef	MAA	Examineur
BERBECHE sabah	MAA	Promotrice

Session Décembre 2020

❧ Remerciements ❧

Mes remerciements vont d'abord au Dieu qui m'a doté de la patience, et m'a maintenu en santé pour mener à bien ce travail.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements à ma promotrice Mme BERBECHÉ pour la correction de mon travail et pour ces remarques précieuses.

Je tiens à remercier aussi Mr BOUKHELIFA, pour répondre à toutes mes questions tout au long de préparation de ce mémoire.

Mon respect aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier et d'évaluer ce travail.

Par la même occasion je remercie mes Enseignants de l'ENSH pour leurs Contributions à ma formation d'ingénieur d'état en hydraulique.

FERNANE DJAHIDA

∞ Dédicace ∞

Je dédie ce modeste travail à :

✚ *Mes parents*

✚ *Mes Sœurs*

✚ *A toute ma famille*

✚ *A tous mes amis de l'ENSH*

Ainsi qu'à toute personne chère et proche.

FERNANE DJAHIDA

ملخص:

سكان تجمع معصومة ببداية الشبلي ولاية البلدية يعانون ويشكون من نقص المياه لديهم، لذلك فإن تشخيص شبكة إمدادات مياه الشرب أصبح ضروريا لتصحيح الوضع. الهدف من مذكرة نهاية الدراسة هذه، هو تحسين إمدادات مياه الشرب التي تتطلب تقديراً جيداً لاحتياجات المياه الحالية والمستقبلية والتشخيص الفيزيائي والهيدروليكي لشبكة إمدادات مياه الشرب من أجل إعادة تأهيل أفضل من الناحية التقنية والاقتصادية، والتي تتمثل في تصحيح الضغوط والسرعات في شبكة إمدادات مياه الشرب المخطط لها.

الكلمات المفتاحية: التشخيص الفيزيائي، التشخيص الهيدروليكي، إعادة تأهيل، شبكة إمدادات مياه الشرب، تقدير احتياجات المياه.

Résumé :

Les habitants de l'agglomération Maasouma souffrent et se plaignent du manque d'eau dans leurs robinets. C'est pourquoi, le diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable s'avère nécessaire pour corriger la situation. L'objectif de ce mémoire de fin d'études est d'optimiser l'approvisionnement en eau potable qui nécessite une bonne estimation des besoins en eau actuels et futures et un diagnostic physique et hydraulique du réseau d'alimentation en eau potable afin d'avoir une meilleure réhabilitation du point de vue technique et économique, qui consiste à corriger les pressions et les vitesses dans le réseau d'alimentation en eau potable projeté.

Mots clés : Diagnostic physique, Diagnostic hydraulique, Réhabilitation, Réseau d'alimentation en eau potable, estimation des besoins.

Abstract:

Residents of Maasouma agglomeration suffer and complain about the lack of water in their taps. This is why the diagnosis of the drinking water supply network is necessary to solve the problem. The objective of this end of study project is to optimize the supply of drinking water which requires a good estimation of current and future water needs and a physical and hydraulic diagnosis of the drinking water supply network in order to have better rehabilitation from a technical and economic point of view, which consists of correcting the pressures and velocities in the planned drinking water supply network.

Keywords: physical diagnosis, hydraulic diagnosis, rehabilitation, drinking water supply network, estimation of water needs.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.

I .1. Présentation de la zone	2
I .1.1. Situation géographique	2
I .1.2. Situation topographique.....	3
I .1.3. Situation géologique	3
I .1.4. Situation climatologique.....	3
I .1.4.a. Pluviométrie	3
I .1.4.b. Température	3
I .1.4.c. L'humidité	4
I .1.4.d. Le vent	4
I .1.5. Sismicité	4
I .1.6. Plan d'occupation des sols (POS)	4
I .2. Situation hydraulique	5
I .2. 1. Adduction	5
I .2. 2. Stockage.....	6
I .2. 3. Distribution	6
Conclusion	8

CHAPITRE II: DEMOGRAPHIE ET ESTIMATION DES BESOINS EN EAU.

II.1. Evaluation démographique	9
II.1.1. Estimation de nombre d'habitants des différentes parties de la zone d'étude	10
II.2. Estimation des besoins en eau des différentes parties de la zone d'étude	11
II.2.1. Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G)	12
II.2.1.a. Besoins domestique	12
II.2.1.b. Besoins d'équipements	12
II.2.1.c. Bilan des besoins en eau	13
II.2.2. Pour le sous réseau (partie C)	14
II.2.2.a. Besoins domestiques	14
II.3. Détermination des débits max journaliers pour les différentes parties de la zone d'étude	15
II.3.1. Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G)	15
II.3.2. Pour le sous réseau (partie C)	16
II.4. La production en eau	16
II.4.1. Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G)	16
II.4.1.1. Bilan production- besoins	17
II.4.2. Pour le sous réseau (partie C)	17
II.5. Evaluation de la consommation horaire pour les différentes parties du réseau	18
II.5.1. Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'état actuel	19
II.5.2. Variation des débits horaires pour le sous réseau (Partie C) à l'état actuel	21
II.5.3. Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'horizon (2050)	23

II.5.4. Variation des débits horaires pour le sous réseau (Partie C) à l'horizon (2050)	25
Conclusion.....	27

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS

III.1. Le rôle d'un réservoir	28
III.2. Les exigences techniques pour les réservoirs	28
III.3. L'emplacement du réservoir	28
III.4. Le réservoir d'équilibre (ou d'extrémité)	29
III.5. Détermination de la capacité d'un réservoir	29
III.6. Principe de Calcul de la capacité d'un réservoir	29
III.6.1. La première méthode (C'est la méthode graphique)	29
III.6.2. La deuxième méthode (C'est la méthode analytique)	29
III.7. Les équipements hydrauliques du réservoir d'eau	31
III.7.1. Conduite d'arrivée	31
III.7.2. Conduite de départ	32
III.7.3. Conduite de trop-plein	32
III.7.4. Conduite de vidange	33
III.7.5. Conduite by-pass	33
III.7.6. Matérialisation de la réserve d'incendie	33
III.7.7. Quelques recommandations sur les réservoirs	34
Conclusion.....	35

CHAPITRE IV : DIAGNOSTIC

IV.1. Diagnostic physique	36
IV.1.1. Etat des vannes	36
IV.1.2. Etat des conduites	38
IV.1.3. Etat de forages	39
IV.1.4. Etat du réservoir	42
IV.1.5. Recommandations sur l'état actuel du système.....	43
IV.2. Diagnostic hydraulique	45
IV.2.1. Calcul hydraulique du réseau	45
IV.2.1.a. Calcul du débit spécifique	45
IV.2.1.b. Calcul des débits par tronçon	45
IV.2.1.c. Calcul des débits nodaux	46
IV.2.2. La simulation du réseau d'AEP	52
IV.2.2.a. Résultats de simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe	53
IV.2.2.b. Résultats de simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe+incendie	60
IV.2.2.c. Résultats de simulation du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe	62
IV.2.2.d. Résultats de simulation du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe +incendie	64
IV.2.3. Simulation de l'adduction	65
Conclusion	66

CHAPITRE V : ETUDE DE L'ADDUCTION

V .1. Types d'adduction	67
V .1. 1. Adduction gravitaire	67
V .1. 2. Adduction par refoulement	67
V .1. 3. Adduction mixte	67
V .2. Choix du tracé de l'adduction	67
V .3. Choix de type de canalisation	68
V .4. Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement	68
V .4.1. Frais d'amortissement	69
V .4.2. Frais d'exploitation	70
V .4.2.a. Calcul des pertes de charge	71
V .4.2.b. Calcul de la hauteur manométrique totale	72
V .4.2.c. Puissance absorbée par la pompe	73
V .4.2.d. Energie consommée annuellement par la pompe	74
V .5. Détermination du Bilan total	75
Conclusion.....	77

CHAPITRE VI : REHABILITATION

VI .1. Choix de type de réseau	78
VI .2. Choix de matériau des conduites	78
VI .3. Calcul hydraulique du réseau projeté	78
VI .3.1. Calcul du débit spécifique	78
VI .3.2. Calcul des débits par tronçon	79
VI .3.3. Calcul des débits nodaux	79
VI .3.4. Détermination des diamètres.....	88
VI .4. La simulation du réseau projeté à l'horizon (2050)	92
VI .4.1. En cas de pointe	92
VI .4.2. En cas de pointe+incendie	100
Conclusion.....	101

CHAPITRE VII : POSE DE CANALISATION ET ORGANISATION DE CHANTIER

VII .1. Pose de canalisation	102
VII .1.1. Principes de poses de canalisations.....	102
VII .1.2. Pose de canalisation en tranchée.....	103
VII .1.1.a. Pose de canalisation en terrain ordinaire	103
VII .1.1.b. Traversée d'une rivière	103
VII .2. Organisation de chantier	105
VII .2.1. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain	105
VII .2.1.a. Matérialisation de l'axe	105
VII .2.1.b. Le nivellement l'axe	105
VII .2.2. Excavation des tranchées	105
VII .2.2.a. Décapage de la terre végétale	105
VII .2.2.b. Détermination de la profondeur de la tranchée	107
VII .2.2.c. Détermination du largeur de la tranchée.....	107
VII .2.2.d. Détermination de coefficient du talus	107

VII .2.2.e. Détermination de la section de la tranchée	108
VII .2.2.f. Détermination du volume à excaver	108
VII .2.2.g. Détermination de la capacité du godet	109
VII .2.2.h. Détermination du Rendement d'exploitation de la pelle mécanique	109
VII .2.2.i. Détermination de la durée d'excavation	109
VII .2.3. La pose des conduites	110
VII .2.3.a. Aménagement du lit de pose des conduites	110
VII .2.3.b. Pose des conduites en tranchée	110
VII .2.4. Epreuve des canalisations et des joints.....	111
VII .2.5. Remblaiements des tranchées	111
VII .2.6. Le compactage	112
VII .2.7. Planification des travaux	113
VII .2.7.a. Définitions des tâches et leur durées	113
VII .2.7.b. Elaboration du réseau suivant la méthode CPM (La méthode du Chemin Critique)	113
VII .2.8. Evaluation du projet	114
VII .2.8.a. Devis quantitatif et estimatif	114
VII .2.8.b. Devis global	116
Conclusion.....	116

CHAPITRE VIII : PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

VIII .1. Les causes des accidents de travail	117
VIII .1.1. Facteur humains	117
VIII .1.2. Facteurs matériels	117
VIII .2. Les conditions dangereuses dans le chantier	118
VIII .3. Les actions dangereuses dans le chantier	118
VIII .4. Mesures de prévention pour lutter contre les accidents de travail.....	118
Conclusion.....	119

CONCLUSION GENERALE.....	120
---------------------------------	------------

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES.

ANNEXE.

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau I.1 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2016)	4
Tableau I.2 : Variations de la température à la station de Dar El Beida 1980-2010 (ONM)	5
Tableau I.3: caractéristiques des forages de Maasouma	7
Tableau I.4: caractéristiques des conduites d'adduction.....	7
Tableau I.5: caractéristiques du réservoir.	7

CHAPITRE II : DEMOGRAPHIE ET ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Tableau II.1 : Evolution du nombre d'habitants de Maasouma à travers les différents horizons	10
Tableau II.2: Nombre d'habitants de Maasouma pour les parties A, B, D, E, F et G.....	11
Tableau II.3: Nombre d'habitants de Maasouma pour la partie C.....	12
Tableau II.4: Evaluation des besoins en eau domestique des habitants alimentés par le réseau.	13
Tableau II.5: Evaluation des besoins en eau des équipements alimentés par le réseau	14
Tableau II.6: Les besoins en eau totaux pour les habitants alimentés par le réseau	14
Tableau II.7: Evaluation des besoins en eau domestique des habitants alimentés par le sous réseau	15
Tableau II.8 : Les débits max journaliers du réseau	16
Tableau II.9 : Les débits max journaliers de sous réseau	16
Tableau II.10 : Les débits fournis par des forages de Maasouma	17
Tableau II.11 : bilan production-besoins entre les forages et les besoins des habitants	18
Tableau II.12 : Le débit fourni par la station de pompage de Bouinan	19
Tableau II.13 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants.....	19
Tableau II.14 : Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'état actuel.	20
Tableau II.15 : Variation des débits horaires pour le sous réseau (Parties C) à l'état actuel	22
Tableau II.16 : Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'horizon (2050).	24
Tableau II.17 : Variation des débits horaires pour le sous réseau (Parties C) à l'horizon (2050)	26

CHAPITRE III: LES RESERVOIRS.

Tableau III.1 : Calcul de la Capacité de réservoir	30
---	----

CHAPITRE IV : DIAGNOSTIC

Tableau IV.1 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de	46
Tableau IV.5 : Les débits nodaux du sous réseau existant à l'état actuel en cas de pointe	52
Tableau IV.7 : Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel en cas de pointe	54
Tableau IV.8 : Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe	56
Tableau IV.13 : Résultats aux nœuds de l'adduction	66
Tableau IV.14 : Résultats aux tronçons de l'adduction	66

CHAPITRE V: ETUDE DE L'ADDUCTION.

Tableau V.1 : Frais d'amortissement de la conduite qui relie le forage F01 et le réservoir R500.....	70
Tableau V.2 : Frais d'amortissement de la conduite qui relie le forage F02 et le réservoir R500.....	70
Tableau V.3 : Calcul de la hauteur manométrique totale (forage F01)	73
Tableau V.4 : Calcul de la hauteur manométrique totale (le forage F02)	73
Tableau V.5 : frais d'exploitation de la conduite qui relie le forage F01 et le réservoir R500	74
Tableau V.6 : frais d'exploitation de la conduite qui relie le forage F02 et le réservoir R500	74
Tableau V.7 : Prix total de la conduite qui relie le forage F01 et le réservoir R500	75
Tableau V.8 : caractéristiques de la conduite d'adduction F01-R500	75
Tableau V.9 : Prix total de la conduite qui relie le forage F02 et le réservoir R500.....	76
Tableau V.10 : caractéristiques de la conduite d'adduction F02-R500	76

CHAPITRE VI : REHABILITATION.

Tableau VI.1 : variation des débits horaires à l'horizon (2050).....	80
Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050)	81
Tableau VI.4 : Les diamètres des conduites projetés	88
Tableau VI.5 : Les diamètres des conduites à maintenir	91
Tableau VI.6 : Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050)	93
Tableau VI.7 : Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050)	96

CHAPITRE VII : POSE DE CANALISATION ET ORGANISATION DE CHANTIER.

Tableau VII.1 : choix du coefficient du talus.....	107
Tableau VII.2 : calcul des volumes de décapage et d'excavation en fonction des diamètres	108
Tableau VII.3 : choix de capacité du godet en fonction du volume à excaver	109

Tableau VII.4 : Calcul du volume total de sable	110
Tableau VII.5 : le volume total du remblai	112
Tableau VII.6 : Ordre des taches	113
Tableau VII.7 : Devis quantitatif et estimatif (Source des prix : (groupe Chiali 2020)	115
Tableau VII.8 : Devis global	116

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure I.1 : Situation géographique de Maasouma	2
Figure I.2 : carte représente les différentes parties constituant la zone d'étude	7

CHAPITRE II : DEMOGRAPHIE ET ESTIMATION DES BESOINS EN EAU.

Figure II.1 : Evolution de la population de Maasouma à travers les différents horizons.....	9
Figure II.2 : Evolution du nombre d'habitants de Maasouma pour les parties A, B, D, E, F et G	10
Figure II.3: Evolution du nombre d'habitants de Maasouma pour la partie C	11
Figure II.4: Evolution des besoins en eau domestique des habitants alimentés par le réseau.....	12
Figure II.5: Evolution des besoins totaux des habitants alimentés par le réseau	14
Figure II.6: les besoins totaux des habitants alimentés par le sous réseau.....	14
Figure II.7: Evolution des débits max journaliers du réseau.....	15
Figure II.8: Evolution des débits max journaliers de sous réseau	16
Figure II.9 : Bilan production-besoins entre les forages et les besoins des habitants	17
Figure II.10 : graphique de la consommation pour le réseau à l'état actuel.....	20
Figure II.11 : la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le réseau à l'état actuel.....	20
Figure II.12 : graphique de la consommation pour le sous réseau à l'état actuel.....	22
Figure II.13 : la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le sous réseau à l'état actuel	22
Figure II.14 : graphique de la consommation pour le réseau à l'horizon(2050)	24
Figure II.15: la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le réseau à l'horizon(2050)	24
Figure II.16 : graphique de la consommation pour le sous réseau à l'horizon.....	26
Figure II.17 : la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le sous réseau à l'horizon.....	26

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS

Figure III.1: conduite d'arrivée, conduite de départ et conduite by pass.....	31
Figure III.2 : conduite de distribution	32
Figure III. 3 : Conduite de trop-plein.....	32
Figure III.4: conduite de vidange	33
Figure III.5 : Réservoir avec système de matérialisation de la réserve d'incendie à siphon.....	34

CHAPITRE IV : DIAGNOSTIC

Figure IV.1 : L'état de la vanne 01	36
Figure IV.2 : L'état de la vanne 02	36
Figure IV.3 : L'état de la vanne 03	37
Figure IV.4 : L'état de la vanne 05	37
Figure IV.5 : L'état de conduite entre les nœuds 64-62	38
Figure IV.6 : L'état de conduite entre les nœuds 08-10	38
Figure IV.7 : L'état de conduite entre les nœuds 08-10	39
Figure IV.8 : le forage F01 de l'extérieur	39
Figure IV.9 : L'état des équipements du forage F01	40
Figure IV.10 : le forage F02 de l'extérieur.	40
Figure IV.11 : Armoire électrique du forage F02	41
Figure IV.12 : L'état des équipements du forage F02	41
Figure IV.13 : L'état extérieur du réservoir	42
Figure IV.14 : Les conduites du réservoir.	42
Figure IV.15 : Etat des conduites du réservoir	43
Figure IV.16 : simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe	53
Figure IV.17 : simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe+incendie	60
Figure IV.18 : simulation du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe	62
Figure IV.19 : simulation du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe + incendie	64
Figure IV.20 : simulation de l'adduction	65

CHAPITRE V : ETUDE DE L'ADDUCTION

Figure V.1 : représente le cout total de la conduiteF01-R500 en fonction du diamètre.....	75
Figure V.2 : représente le cout total de la conduiteF01-R500 en fonction du diamètre.....	76

CHAPITRE VI : REHABILITATION

Figure VI.1 : simulation du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050)	92
Figure VI.2 : simulation du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon (2050)	100

CHAPITRE VII: POSE DE CANALISATION ET ORGANISATION DE CHANTIER

Figure VII.1 : position des différentes canalisations par rapport à la canalisation d'AEP	102
Figure VII.2 : pose de canalisation à la traversée d'une rivière	104
Figure VII.3 : la pelle mécanique hydraulique	106
Figure VII.4 : Schéma d'une tranchée	106

Figure VII.5 : Bulldozer	111
Figure VII.6 : compacteur à rouleau lisse	112
Figure VII.7 : Le réseau à nœuds	114

LISTE DES PLANCHES

Planche n°1 : Plan de masse avec réseau existant.

Planche n°2 : Réseau projeté.

Planche n°3 : Profil en long de la conduite de distribution.

Planche n°4 : Profil en long de la conduite d'adduction.

Planche n°5 : Détails des nœuds du réseau projeté.

LISTE DES ANNEXES

Tableau II.13 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants.....	16
Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe+incendie	16
Tableau IV.3 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe	16
Tableau IV.4 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon en cas de pointe +incendie	16
Tableau IV.6 : Les débits nodaux du sous réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe...	16
Tableau IV.9 : Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel en cas de pointe+incendie.....	16
Tableau IV.10 : Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe+incendie	16
Tableau IV.11 : Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe.....	16
Tableau IV.12 : Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe.....	16
Tableau IV.13 : Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe+incendie..	16
Tableau IV.14 : Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe +incendie.....	16
Figure V.1 : Diagramme de Moody.....	16
Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon (2050).....	16
Tableau VI.8 : Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon (2050).....	16
Tableau VI.9 : Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon.....	16

Introduction générale

Comme tous les ouvrages hydraulique, le réseau d'alimentation en eau potable s'amortit avec le temps .La plus part des réseaux d'AEP en Algérie et surtout ceux des petites agglomérations présentent une multitude des problèmes en alimentation en eau potable à cause de vieillissement des conduites, l'expansion démographique et bien d'autres causes. L'agglomération Maasouma est l'une de ces nombreuses agglomérations qui souffrent des problèmes d'alimentation en eau potable donc afin d'éliminer les perturbations de l'alimentation en eau, d'améliorer les performances du réseau et satisfaire les besoins des différents usagers (existants et projetés), une étude de diagnostic du réseau d'AEP est nécessaire pour trouver les sources de ces problèmes puis les régler lors de la réhabilitation du réseau.

Cette étude analyse le système d'alimentation en eau potable en passant par six axes principaux qui sont les suivants :

- La présentation de la zone d'étude.
- L'estimation des besoins en eau pour les différents horizons et aussi pour tous les types d'usagers constituant la zone.
- Le réservoir de stockage des eaux et ces équipements.
- Le diagnostic physique et hydraulique du réseau.
- L'étude de l'adduction et la détermination des diamètres économiques des conduites d'adduction.
- La réhabilitation du réseau d'AEP et la détermination du dimensionnement le plus convenable pour le bon fonctionnement du réseau.

L'étude hydraulique n'est jamais complète sans une bonne exécution des travaux de chantier tel que les travaux de terrassement et de pose de canalisation ce qui va être l'objectif de l'avant dernier chapitre «Pose de canalisation et organisation de chantier », dans ce chapitre on va aussi établir le devis quantitatif et estimatif pour l'évaluation de notre projet.

Lors de l'exécution des travaux, les travailleurs sont exposés aux dangers divers dont ils doivent éviter pour leurs sécurité ce qu'ont va voir dans le dernier chapitre protection et sécurité du travail.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.

Le réseau d'AEP est influencé par plusieurs facteurs de milieu extérieur, donc avant de commencer n'importe quel projet il faut tout d'abord identifier ces facteurs et savoir leur impact sur le réseau.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'agglomération de Maasouma, ses caractéristiques géologiques et topographiques, ainsi que la climatologie de cette zone.

I.1. Présentation de la zone :

L'agglomération de Maasouma est l'une des cinq agglomérations secondaires de la commune de Chebli, elle se situe au nord de la commune et au sud-ouest du chef-lieu.

L'agglomération de Maasouma renferme 159 logements de type habitat individuel dont l'état varie entre bon et moyen, elle regroupe aussi des équipements d'accompagnement et d'activités.

I.1.1. Situation géographique :

L'agglomération de Maasouma couvre une superficie de 41.10 ha pour une population de 5221 habitants au dernier recensement de 2008. Elle se situe à 35 km d'Alger et à 23 km de Blida.

Elle est limitée par :

- Au nord : Ouled chbel et Birtouta.
- A l'Est : Sidi moussa et oued el Harrach.
- Au sud : Bouinan et Haman melouene.
- A l'Ouest : Boufarik.

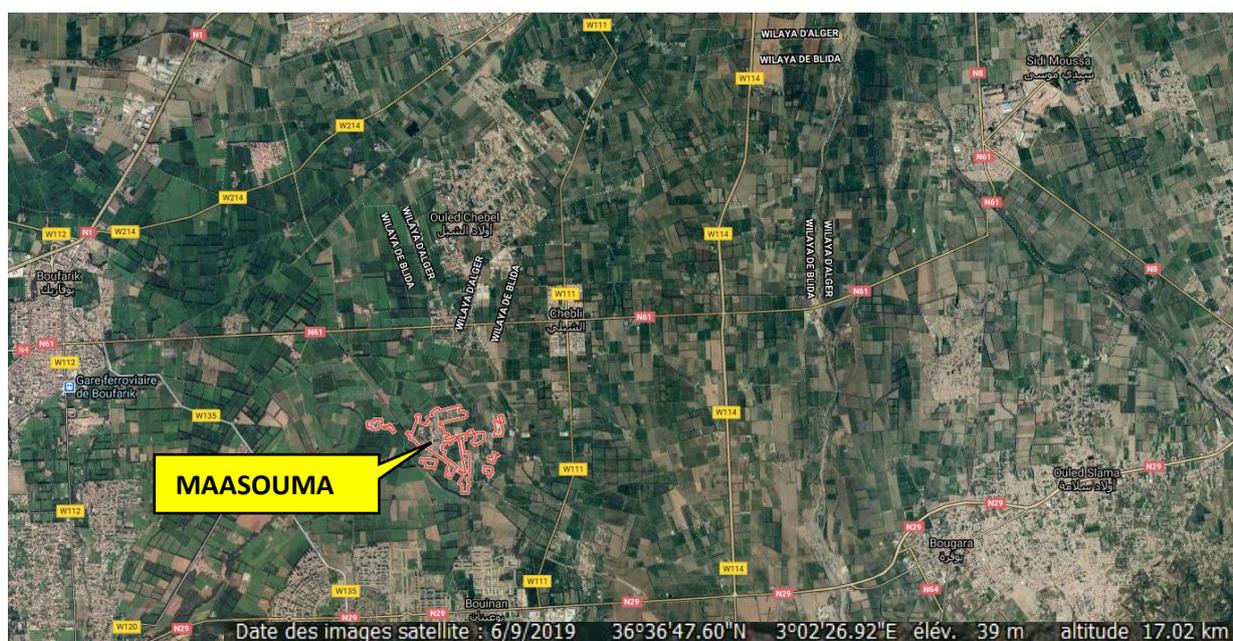


Figure I.1 : Situation géographique de Maasouma (source : Google earth).

I .1.2. Situation topographique :

Maasouma présente un relief uniforme, avec une faible pente où les altitudes varient de 59 à 69 m NGA dans le sens Nord-sud et 55 à 64 m NGA de l'Ouest à l'Est.

La pente varie entre 0.2% à 5% environ du sud vers le nord.

I .1.3. Situation géologique :

Les faciès géologiques du périmètre d'étude sont formés d'une épaisse couche de sédiments alluvionnaires (sable, limon, argile), quaternaires d'alluvions des terrasses basses, et des terrasses de vallées.

La partie sud est occupée par des montagnes qui ont une composition géologique variable : des roches constituées d'argile, de marnes, des grés et de quartzites.

I .1.4. Situation climatique :

Par sa situation géographique, Maasouma a un climat méditerranéen semi-aride. Les mois les plus froids sont janvier et février, les plus chaud sont juillet et Août.

I .1.4.a. Pluviométrie :

Les précipitations moyennes mensuelles sur une période d'observation de 26 ans (1990-2016) pour la station (Soumâa), Sont obtenues en faisant la somme de tous les mois des années d'observation et en calculant la moyenne par la suite.

Tableau I.1 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2016)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
P (mm)	30.2	59.2	93.5	89.8	110.7	84.1	69.0	65.9	54.2	6.4	1.7	7.7

Source (ANRH) : agence nationale des ressources hydrauliques (Blida)

A partir de ce tableau des précipitations on remarque que la période pluvieuse s'étale du mois de Novembre au mois de Février avec un maximum de 110.7 mm enregistré au mois de Janvier.

Les mois les plus secs sont juin, juillet et Aout, avec un minimum de précipitation de 1,7 mm enregistré au mois de Juillet.

I .1.4.b. Température :

Les observations effectuées à la station de Dar El Beida sont les plus complètes et les plus régulières.

Tableau I.2 : Variations de la température à la station de Dar El Beida 1980-2010 (ONM)

mois T(°C)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne interannuelle
Min(°C)	17,6	14,2	10	6,9	5,6	5,1	7,1	9,4	13	16,5	19	20,1	12,04
Max(°C)	29,54	26,04	20,88	18,1	16,66	18,2	19,4	20,7	23,66	28	31,4	32,12	23,72
Moy(°C)	23,57	20,12	15,44	12,5	11,13	11,65	13,25	15,05	18,33	22,25	25,2	26,11	17,88

Source (ANRH) : agence nationale des ressources hydrauliques(Blida)

I .1.4.c. L'humidité :

L'humidité relative de l'air varie entre 77% et 80% dans la zone d'étude.

(Source (ANRH) : agence nationale des ressources hydrauliques(Blida)).

I .1.4.d. Le vent :

Les vents dominants chargés d'humidité soufflent dans la direction Ouest-Nord-Ouest dans la période allant du mois d'Octobre au mois de Mai, et d'Est-Sud Est de Juin à Septembre avec une vitesse de 3,6 km/h .

(Source (ANRH): agence nationale des ressources hydrauliques(Blida)).

I .1.5. La sismicité :

L'agglomération de Maasouma se trouve dans la zone territoriale où l'intensité sismique est non négligeable, car elle se situe au-dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen, c'est une zone à moyenne séismicité.

I .1.6. Plan d'occupation des sols (POS) :

La commune de Chebli est découpée en Neuf (09) POS, dont l'agglomération secondaire de Maasouma fait partie du POS n° 05. La superficie totale est de 41.10 ha dont :

- Secteurs urbanisés U5 = 25,74 ha
- Terrain agricole : 6,61 ha
- Secteurs à urbanisés AU3 = 3 ha
- Secteurs d'urbanisation future UF2 = 05,75 ha

- Les équipements existants dans Maasouma sont :
 - Habitat individuel.
 - Habitat individuel de type lotissement en cours de réalisation.
 - Mosquée.
 - Centre de santé.
 - Garde communale.
 - Ecoles primaires.
 - CEM.
 - Maison de jeune.

- Les équipements programmés pour le court terme sont :
 - Lycée.
 - Salle de sport
 - Annexe APC
 - Annexe PTT.
 - Terrain de sport.

- Les équipements programmés pour le long terme :
 - 2 écoles primaires.

I.2. Situation hydraulique :

I.2. 1. Adduction :

L'agglomération de Maasouma est bénéficiée de deux forages qui assurent l'alimentation en eau potable, ils sont caractérisés par :

Tableau I.3: caractéristiques des forages de Maasouma.

	X(m)	Y(m)	Niveau dynamique (m)	Niveau statique (m)	Débit exploité (l/s)
F01	524,1	361,2	47	43,8	7
F02	524,225	361,825	40	36,5	5

Source DRE : Direction des ressources en eau(Blida)

Dont les conduites d'adduction sont caractérisées par :

Tableau I.4: caractéristiques des conduites d'adduction.

Tronçon	Matériau	Diamètre (mm)	Longueur (m)
F01-J	PVC	160	8
F02-J	PVC	160	500
J-R	PVC	200	30

Source DRE : Direction des ressources en eau(Blida)

I.2. 2. Stockage :

Le stockage d'eau potable de l'agglomération de Maasouma se fait dans un seul réservoir R500, il est caractérisé par :

Tableau I.5: caractéristiques du réservoir.

Type	Forme	Volume (m ³)	Hauteur du remplissage(m)	Hauteur du radier (m)	Cote TN (m)	Cote radier(m)
Surélevé	Conique	500	4	18	63,98	82

Source DRE : Direction des ressources en eau(Blida)

I.2. 3. Distribution :

➤ Réseau de distribution :

- Le réseau d'AEP actuel est un réseau mixte (ramifié et maillé)
- Le matériau des conduites majoritaire est en Amiante ciment, il y a aussi des conduites en acier galvanisé et des tronçons réhabilité récemment en PEHD.

➤ Système de distribution :

La zone d'étude est composée de plusieurs parties, des parties appartiennent à Maasouma et d'autres parties des haouches de Bouinan et de Boufarik.

Le système de distribution est divisé par la manière suivante :

- **Partie (A) :**

Cette partie principale de la zone d'étude, présente 65% de la population totale de Maasouma alimenté par le réservoir R500 qui se situe au milieu de cette partie.

- **Partie (B) :**

Ben khilile 01. C'est une fraction de la zone d'étude qui présente 15% de la population totale de Maasouma, alimenté par le réservoir R500 de Maasouma.

- **Partie (C) :**

Boumaiza c'est une fraction de la zone d'étude qui présente 20% de la population total de Maasouma, alimenté par station de pompage qui refoule d'un forage vers Bouinan, leur réseau de distribution ne présente aucun point commun avec le réseau de Maasouma donc il est totalement séparé.

- **Parties (D, E et F) :**

El makbarra et Domain menâa sont des fractions limités par le CW 116, fait partie aux différents haouches de Bouinan, alimenté par le R500 de Maasouma, ces derniers sont équivalent de 17% de population de la zone d'étude.

- **Partie (G) :**

Houache Robert c'est une fraction limitée par le CW 116, fait partie aux différents haouches de Boufarik, alimenté par le R500 de Maasouma, elle est équivalente de 8% de population de la zone d'étude.

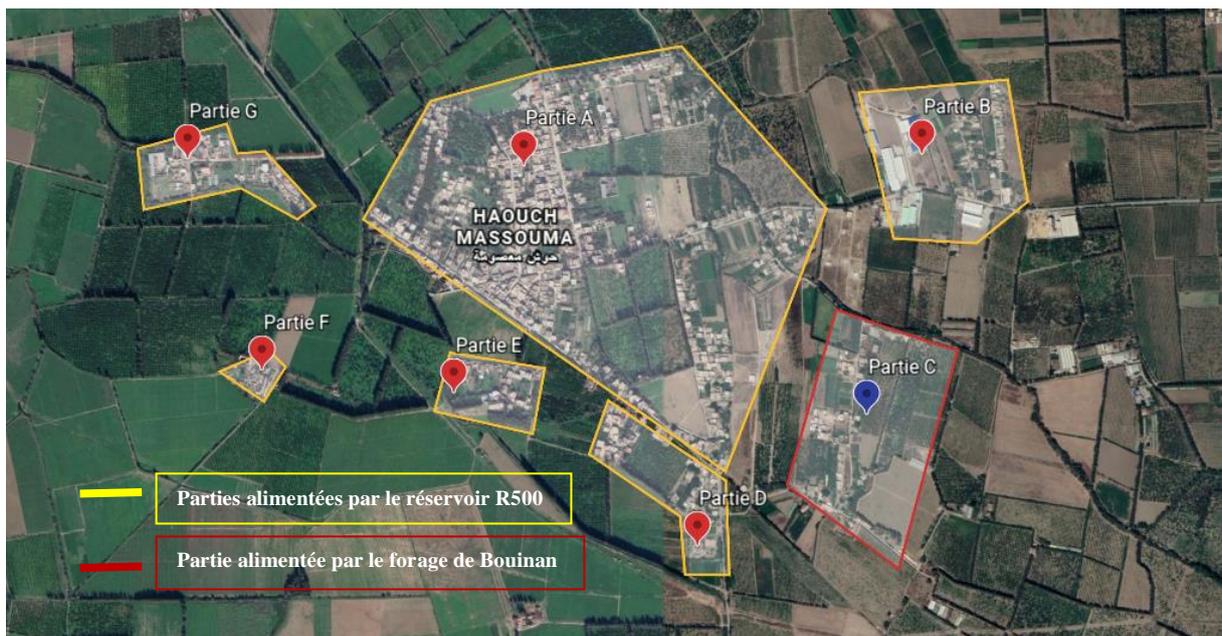


Figure I.2 : carte représente les différentes parties constituant la zone d'étude.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a cité les données nécessaires pour la description de notre zone concernant les données géographiques, topographique, géologique et climatique.

La zone d'étude possède un climat méditerranéen semi aride avec une précipitation maximale de 110.7 mm enregistré au mois de Janvier et avec une température moyenne interannuelle de 17,88 °C, l'humidité relative de l'air varie entre 77% et 80%, la zone est ainsi caractérisée par des vents faibles.

Le terrain est constitué de relief uniforme et une faible pente qui varie entre 0.2% à 5% environ du sud vers le nord avec un type de sol limoneux-argileux.

On a vu aussi dans ce chapitre l'occupation du sol de Maasouma et parlé sur la situation hydraulique de cette agglomération.

Chapitre II : Démographie et estimation des besoins en eau.

L'estimation des besoins en eau pour une agglomération dépend de plusieurs paramètres tel que le développement démographique, l'amélioration de niveau de vie de la population et des équipements public existants, cette estimation est faite pour les différents horizons.

II.1. Evaluation démographique :

Lors du dernier recensement de 2008 la population de Maasouma était 3882 habitants.

Pour l'estimation de la population future on utilise la formule suivante :

$$P_n = P_0 \cdot (1+T)^n \quad (\text{II.1})$$

Avec :

P_n : la population à l'horizon d'étude.

P_0 : population de base.

T : taux d'accroissement.

n : l'écart d'année entre deux horizons.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Evolution du nombre d'habitants de Maasouma à travers les différents horizons.

	2008	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
Taux d'accroissement (%)	3,18	2,5	2,06	2,06	2,06
Nombre d'habitants	3882	5221	5782	7090	9627

Les résultats sont représentées dans le graphe suivant :

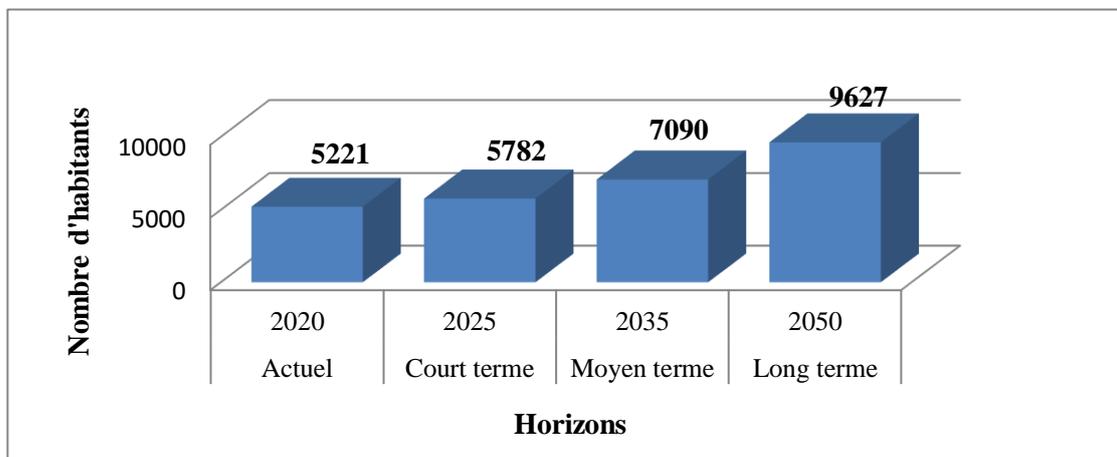


Figure II.1 : Evolution de la population de Maasouma à travers les différents horizons.

II.1.1. Estimation de nombre d'habitants des différentes parties de la zone d'étude :

- **Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G) :**

Comme c'est mentionné dans le chapitre précédent les parties A et B représente 80% de la population de Maasouma et comme les fractions D, E, F et G sont alimentés par le Réseau de Maasouma et vu que leur population évolue de la même façon que la zone d'étude on va majorer le nombre d'habitants par 25% (25% représente le pourcentage des habitants de ces fractions).

Le nombre d'habitants de ces parties est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.2: Nombre d'habitants de Maasouma pour les parties A, B, D, E, F et G.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
Nombre d'habitants	5483	6072	7445	10109

Les résultats obtenus sont représentés dans le graphe suivant :

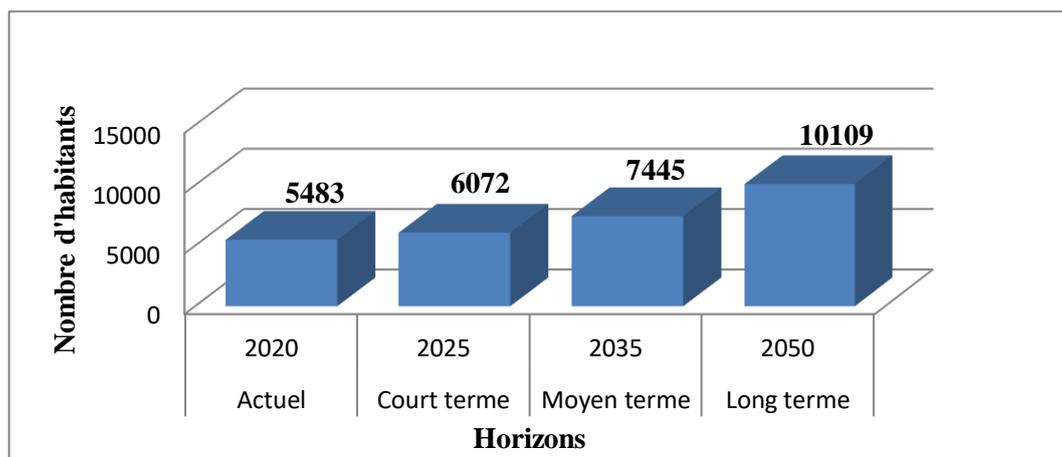


Figure II.2 : Evolution du nombre d'habitants de Maasouma pour les parties A, B, D, E, F et G.

- **Pour le sous réseau (partie C) :**

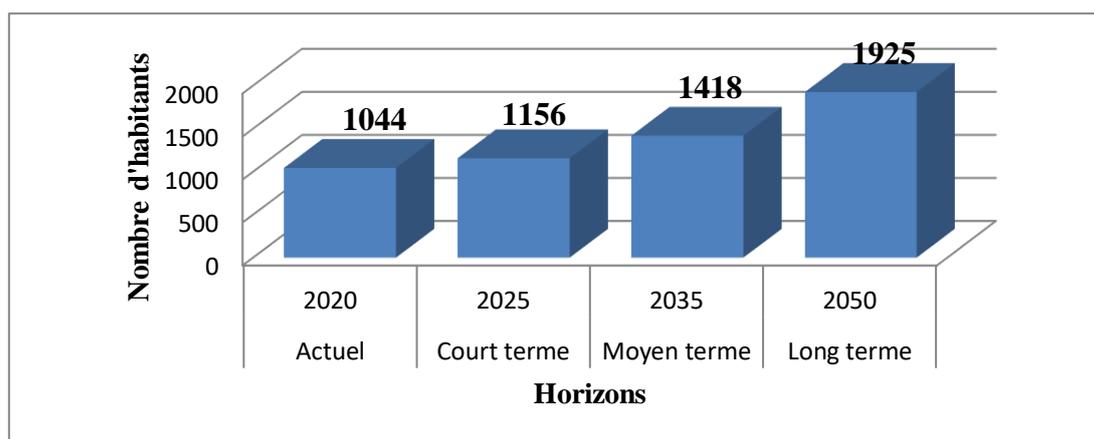
Cette partie représente 20% de la population de Maasouma, qui est alimentées par la station de pompage qui refoule vers Bouinan et leur réseau ne présente aucun point commun avec le réseau de Maasouma.

Le nombre d'habitants de cette partie est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.3: Nombre d'habitants de Maasouma pour la partie C.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
Nombre d'habitants	1044	1156	1418	1925

Les résultats obtenus sont représentés dans le graphe suivant :

**Figure II.3:** Evolution du nombre d'habitants de Maasouma pour la partie C.

II.2. Estimation des besoins en eau des différentes parties de la zone d'étude :

Le calcul de la consommation moyenne journalière se fait par la formule suivante :

$$Q_{\text{moyj}} = \frac{\text{Nbr} \times \text{Dot}}{1000} \quad (\text{II.2})$$

Avec :

Q_{moyj} : la Consommation moyenne journalière en eau en m^3/j

Nbr : le nombre d'habitants.

Dot : La dotation journalière en l/s/hab .

La dotation recommandée pour cette agglomération est de 150 l/j/hab .

II.2.1. Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G) :

II.2.1.a. Besoins domestique :

La consommation moyenne journalière pour les différents horizons obtenus par la formule précédente est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.4: Evaluation des besoins en eau domestique des habitants alimentés par le réseau.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
$Q_{moyj}(m^3/j)$	822,45	910,8	1116,75	1516,35

Le graphe suivant représente la consommation moyenne journalière :

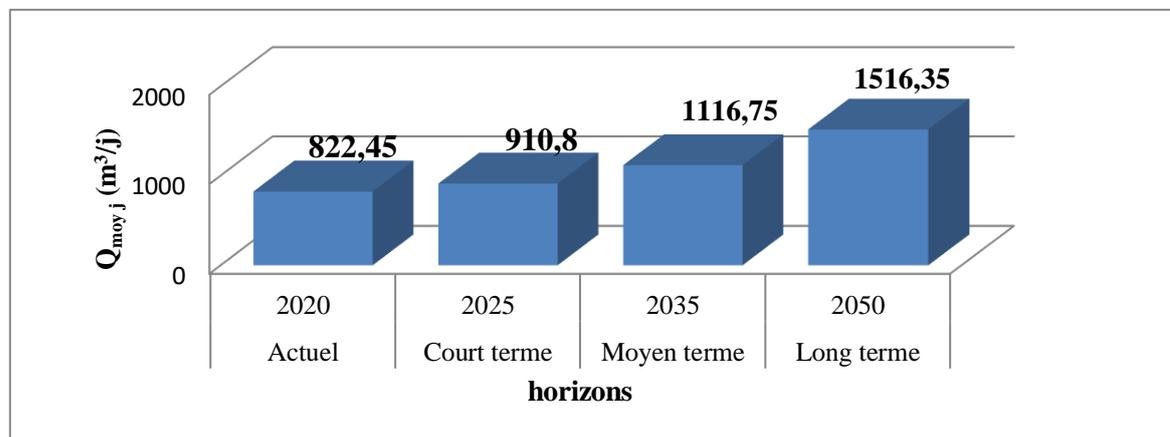


Figure II.4: Evolution des besoins en eau domestique des habitants alimentés par le réseau à travers les différents horizons.

II.2.1.b. Besoins des équipements :

Tous les équipements de la zone d'étude sont concentrés dans cette partie.

Les besoins des équipements de l'agglomération de Maasouma se résument dans le tableau suivant :

Tableau II.5: Evaluation des besoins en eau des équipements alimentés par le réseau.

	type	nombre	unité	capacité	Dotation	$Q_{moy,j}$ (m^3/j)	$Q_{moy,j}$ tot(m^3/j)
Actuel 2020	Ecole primaire	2	élève	580	15 l/j/unité	8,7	30,33
	CEM	1	élève	460	15 l/j/unité	6,9	
	Mosquée	1	Fidèle	560	15 l/j/unité	8,4	
	Garde communal	1	m^2	655	5 l/j/unité	3,275	
	Centre de santé	1	malade	40	20 l/j/unité	0,8	
	Maison des jeunes	1	personne	150	15 l/j/unité	2,25	
court terme 2025	Lycée	1	élève	700	15 l/j/unité	10,5	50,08
	Terrain de sport	1	m^2	800	5 l/j/unité	4	
	Salle de sport	1	m^2	600	5 l/j/unité	3	
	Annexe APC	1	m^2	200	5 l/j/unité	1	
	Annexe PTT	1	m^2	250	5 l/j/unité	1,25	
long terme 2050	Ecole primaire	2	élève	800	15 l/j/unité	12	62,08

Source (DRE) : Direction des ressources en eau (Blida).

II.2.1.c. Bilan des besoins en eau :

Les besoins en eau totaux des habitants alimentés par le réseau se résument dans le tableau suivant :

Tableau II.6: Evolution des besoins en eau totaux pour les habitants alimentés par le réseau.

	Besoins d'habitants parties A, B, D, E, F et G (m^3/j)	Besoins d'équipements (m^3/j)	Besoins totaux (m^3/j)
Actuel 2020	822,45	30,33	852,78
Court terme 2025	910,8	50,08	960,88
moyen terme 2035	1116,75	50,08	1166,83
long terme 2050	1516,35	62,08	1578,43

Les besoins totaux des parties A, B, D, E, F et G sont représentés dans le graphe ci-dessous :

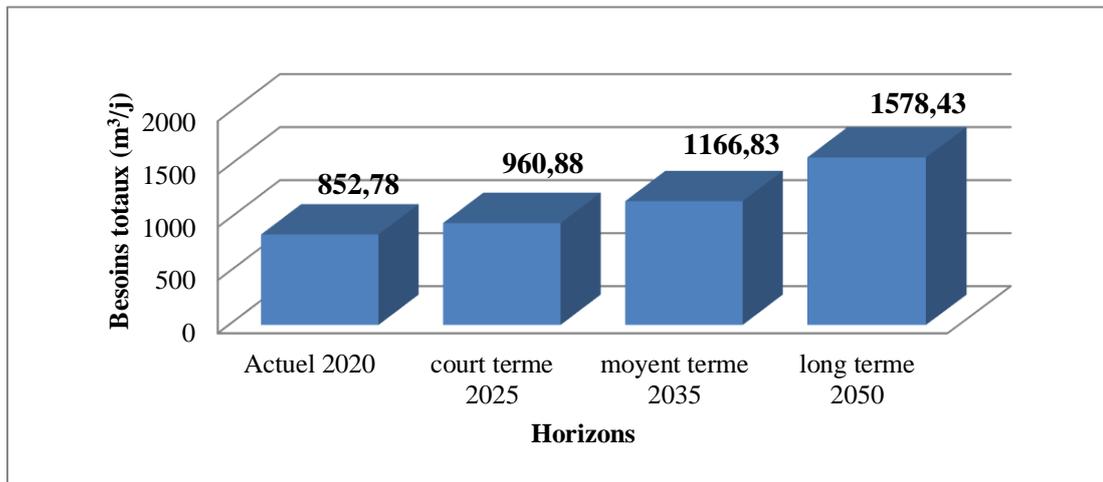


Figure II.5: Evolution des besoins totaux des habitants alimentés par le réseau.

II.2.2. Pour le sous réseau (partie C) :

II.2.2.a. Besoins domestiques :

La partie C contient que les habitants qui représentent 20% de la population de Maasouma, leurs besoins domestiques sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.7: Evolution des besoins en eau domestique des habitants alimentés par le sous réseau.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
$Q_{\text{moy j}} \text{ (m}^3\text{/j)}$	156,6	173,4	212,7	288,75

Les résultats obtenus sont représentés dans le graphe suivant :

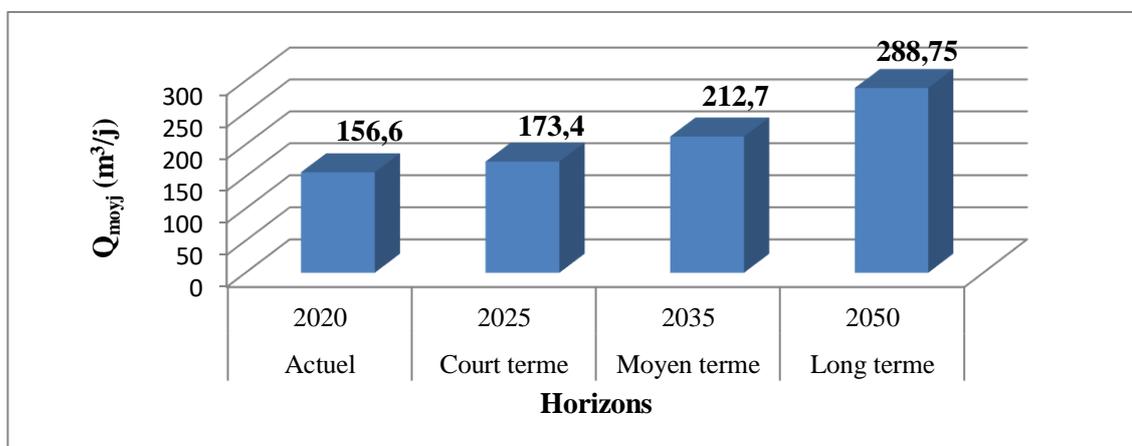


Figure II.6: Les besoins totaux des habitants alimentés par le sous réseau.

II.3. Détermination des débits max journaliers pour les différentes parties de la zone d'étude :

On obtient le débit max par la formule suivante :

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moyj}} \times k_{\max j} \quad (\text{II.3})$$

Avec :

$Q_{\max j}$: le débit max journalier.

Q_{moyj} : le débit moyen journalier.

$k_{\max j}$: Le coefficient d'irrégularité journalière maximum qui tient compte des pertes d'eau dans le réseau avec $k_{\max j} = (1,1 \div 1,3)$, on prend $k_{\max j} = 1,3$.

II.3.1. Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G) :

Les débits max journaliers sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II.8 : Les débits max journaliers du réseau.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
$Q_{\max j} \text{ (m}^3\text{/j)}$	1108,61	1249,14	1516,88	2051,96

On obtient le graphe suivant :

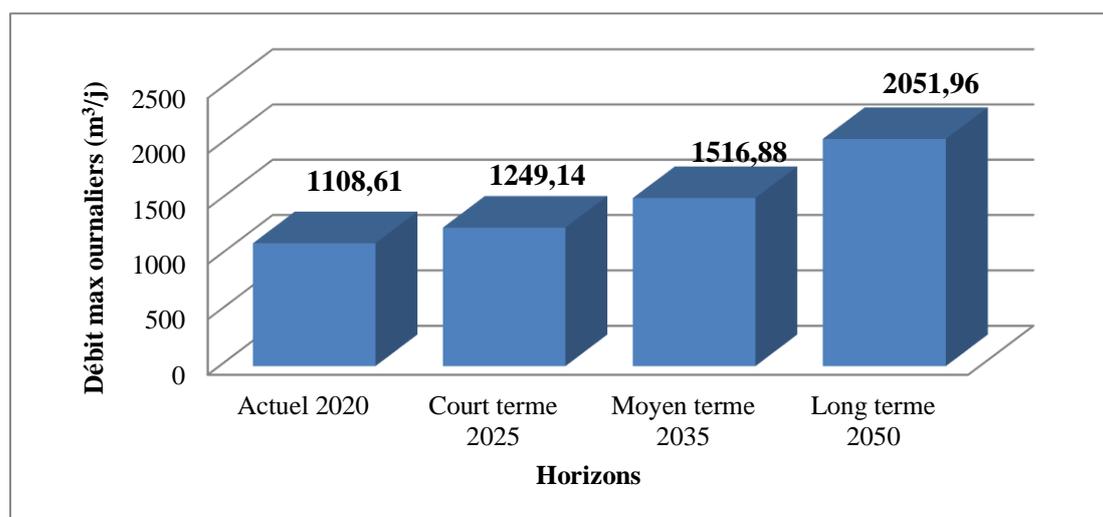


Figure II.7: Evolution des débits max journaliers du réseau pour les différents horizons

II.3.2. Pour le sous réseau (partie C) :

De la même façon que la précédente on obtient les débits max journaliers par la formule :

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moyj}} \times k_{\max j} \quad (\text{II.4})$$

Avec : $K_{\max j} = 1.3$

Tableau II.9 : Les débits max journaliers de sous réseau.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
$Q_{\max j} \text{ (m}^3/\text{j)}$	203,58	225,42	276,51	375,37

Et on les représente dans le graphe suivant :

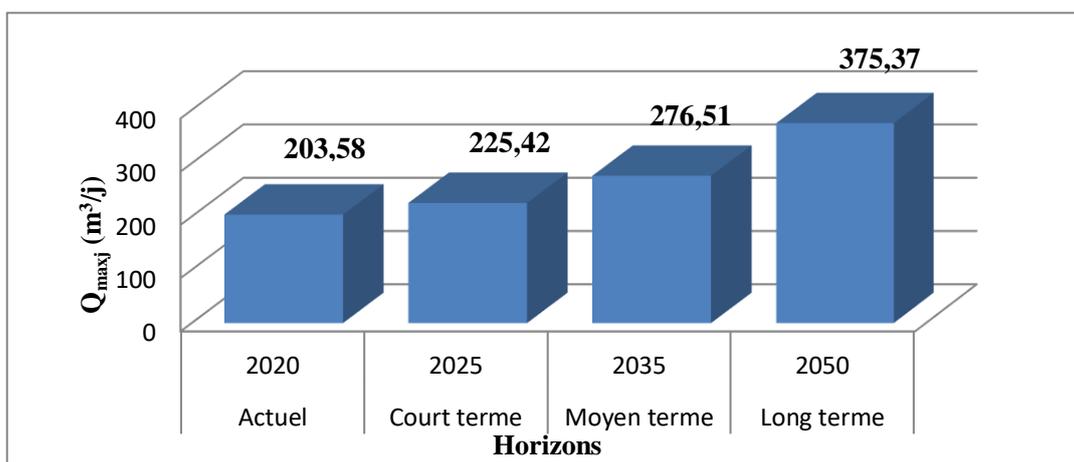


Figure II.8: Evolution des débits max journaliers de sous réseau C à travers les différents horizons.

II.4. La production en eau :

II.4.1. Pour le réseau (parties A, B, D, E, F et G) :

Le réseau de Maasouma est alimenté par deux forages (F01 et F02) qui refoulent vers le réservoir R500, leurs débits sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II.10 : Les débits fournis par des forages de Maasouma.

Forages	$Q_{\text{exploité}} \text{ (l/s)}$	$Q_{\text{exploité}} \text{ (m}^3/\text{j)}$	$Q_{\text{total}} \text{ (m}^3/\text{j)}$
F01	7	605	1037
F02	5	432	

Source : Direction des ressources en eau(DRE)- BLIDA

II.4.1.1. Bilan production- besoins :

Le bilan production-besoins va nous donner une idée sur la suffisance ou l'insuffisance de notre source d'eau :

Tableau II.11 : bilan production-besoins entre les forages et les besoins des habitants.

	Actuel 2020	Court terme 2025	Moyen terme 2035	Long terme 2050
$Q_{\max j}$ (m ³ /j)	1108,61	1249,14	1516,88	2051,96
Production (m ³ /j)	1037	1037	1037	1037
Déficit (m ³ /j)	71,61	212,14	479,88	1014,96

Le graphe suivant représente le bilan production-besoins :

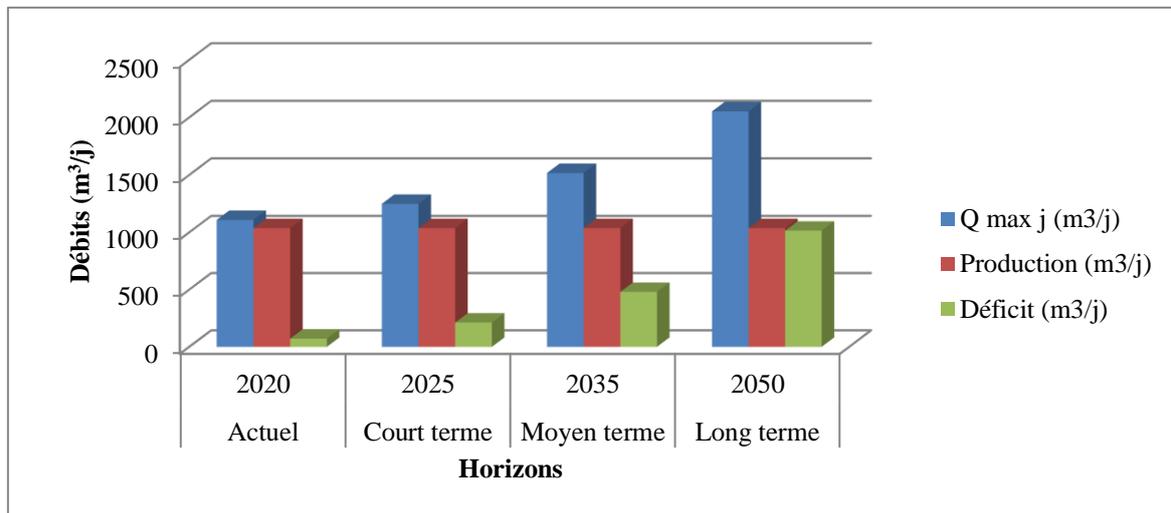


Figure II.9 : Bilan production-besoins entre la production en eau des forages et les besoins des habitants.

Remarque :

A partir de ce bilan on remarque que notre source ne suffit pas pour tous les horizons.

II.4.2. Pour le sous réseau (partie C) :

Cette partie est alimentée à partir d'une station de pompage qui sert à refouler les eaux d'un forage à la ville de Bouinan.

Tableau II.12 : Le débit fourni par la station de pompage de Bouinan.

	Station de pompage
Q (m ³ /j)	500

Remarque :

Pour cette partie on ne peut pas faire un bilan production-besoins car on ignore les besoins des habitants de Bouinan dont cette station de pompage est destinée principalement pour les alimenter.

II.5. Evaluation de la consommation horaire pour les différentes parties du réseau:

Il existe deux méthodes pour le calcul de débit horaire :

➤ **Première méthode :**

- **Calcul du débit maximum horaire :**

Il se détermine par la relation suivante :

$$Q_{\max h} = Q_{\text{moyh}} \times K_{\max h} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

$Q_{\max h}$: Débit maximum horaire (m³/h).

Q_{moyh} : Débit moyen horaire (m³/h).

$K_{\max h}$: Coefficient d'irrégularité maximale horaire.

- **Calcul du débit moyen horaire :**

Le débit moyen horaire est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moyh}} = Q_{\max j} / 24 \quad (\text{II.6})$$

Avec :

Q_{moyh} : Débit moyen horaire (m³/h).

$Q_{\max j}$: Débit maximum journalier (m³/j).

➤ **Deuxième méthode :**

On peut également tirer $Q_{\max h}$ à partir du Tableau des variations des débits horaire qui se fait par rapport à la répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants.

Tableau II.13 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants (**Annexe**)

On a utilisé la 2^{ème} méthode et on a obtenue les résultats suivants :

II.5.1. Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'état actuel :

Tableau II.14 : Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'état actuel.

Heures	Domestique		Cumul	
	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)
0-1	1	11,09	1	11,09
1-2	1	11,09	2	22,17
2-3	1	11,09	3	33,26
3-4	1	11,09	4	44,34
4-5	2	22,17	6	66,52
5-6	3	33,26	9	99,77
6-7	5	55,43	14	155,2
7-8	6,5	72,06	20,5	227,27
8-9	6,5	72,06	27	299,32
9-10	5,5	60,97	32,5	360,29
10-11	4,5	49,89	37	410,18
11-12	5,5	60,97	42,5	471,16
13-12	7	77,6	49,5	548,76
13-14	7	77,6	56,5	626,36
14-15	5,5	60,97	62	687,34
15-16	4,5	49,89	66,5	737,23
16-17	5	55,43	71,5	792,66
17-18	6,5	72,06	78	864,72
18-19	6,5	72,06	84,5	936,78
19-20	5	55,43	89,5	992,2
20-21	4,5	49,89	94	1042,09
21-22	3	33,26	97	1075,35
22-23	2	22,17	99	1097,52
23-24	1	11,09	100	1108,61

A partir de ce tableau on trouve :

$$Q_{\max h} = 77,60 \text{ m}^3/\text{h} = 21,56 \text{ l/s}$$

$$Q_{\min h} = 11,09 \text{ m}^3/\text{h} = 3,08 \text{ l/s}$$

- **Graphique de consommation :**

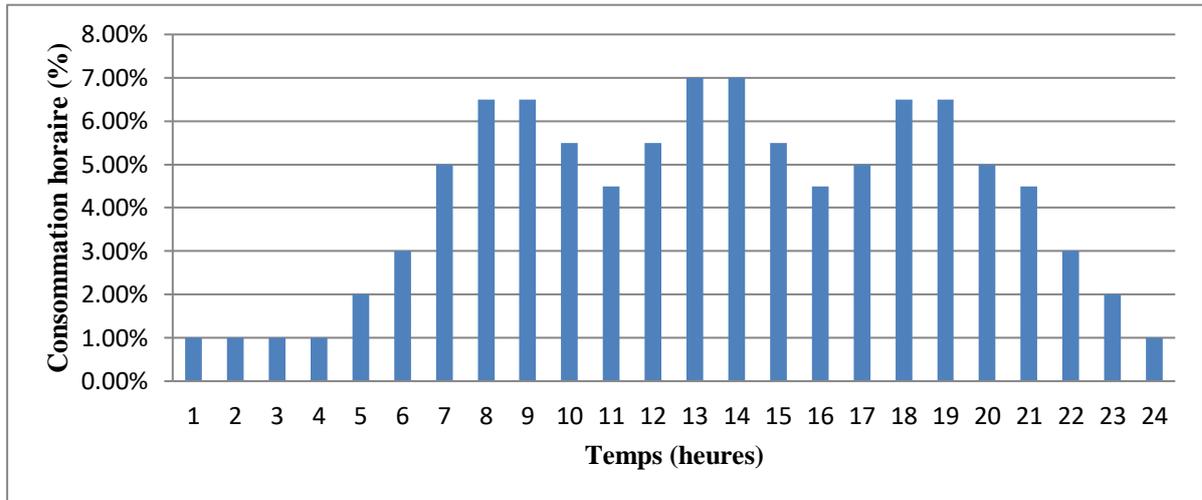


Figure II.10 : graphique de la consommation pour le réseau à l'état actuel.

- **La courbe intégrale :**

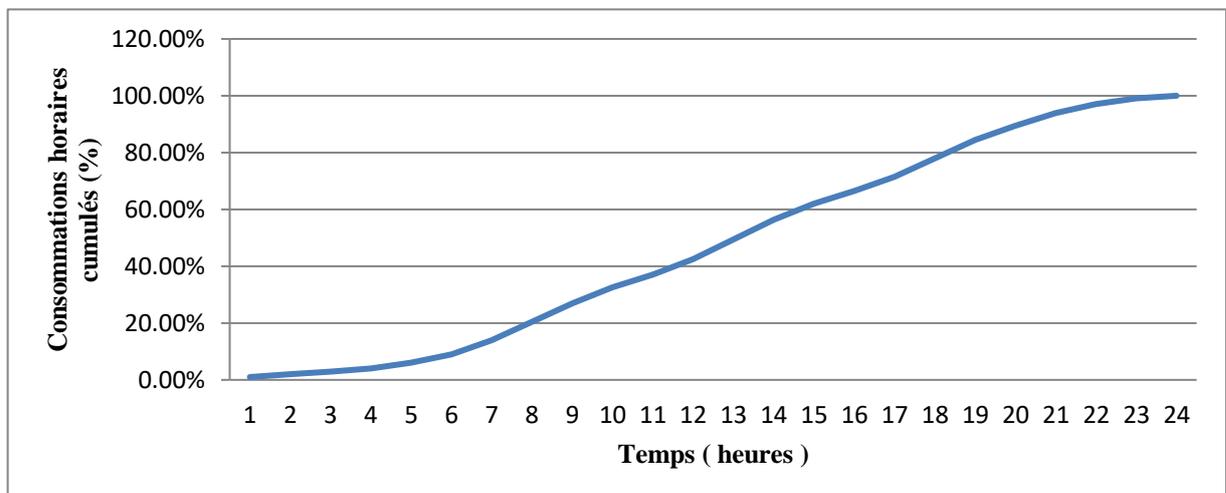


Figure II.11 : la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le réseau à l'état actuel.

II.5.2. Variation des débits horaires pour le sous réseau (Partie C) à l'état actuel :

Tableau II.15 : Variation des débits horaires pour le sous réseau (Parties C) à l'état actuel.

Heures	Domestique		Cumul	
	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)
0-1	1,00	2,04	1,00	2,04
1-2	1,00	2,04	2,00	4,07
2-3	1,00	2,04	3,00	6,11
3-4	1,00	2,04	4,00	8,14
4-5	2,00	4,07	6,00	12,21
5-6	3,00	6,11	9,00	18,32
6-7	5,00	10,18	14,00	28,50
7-8	6,50	13,23	20,50	41,73
8-9	6,50	13,23	27,00	54,97
9-10	5,50	11,19	32,50	66,16
10-11	4,50	9,16	37,00	75,32
11-12	5,50	11,19	42,50	86,52
12-13	7,00	14,25	49,50	100,77
13-14	7,00	14,25	56,50	115,02
14-15	5,50	11,19	62,00	126,22
15-16	4,50	9,16	66,50	135,38
16-17	5,00	10,18	71,50	145,56
17-18	6,50	13,23	78,00	158,79
18-19	6,50	13,23	84,50	172,02
19-20	5,00	10,18	89,50	182,20
20-21	4,50	9,1	94,00	191,36
21-22	3,00	6,11	97,00	197,47
22-23	2,00	4,07	99,00	201,54
23-24	1,00	2,03	100,00	203,58

A partir de ce tableau on trouve :

$$Q_{\max h} = 14,25 \text{ m}^3/\text{h} = 3,96 \text{ l/s}$$

$$Q_{\min h} = 2,04 \text{ m}^3/\text{h} = 0,57 \text{ l/s}$$

- **Graphique de consommation :**

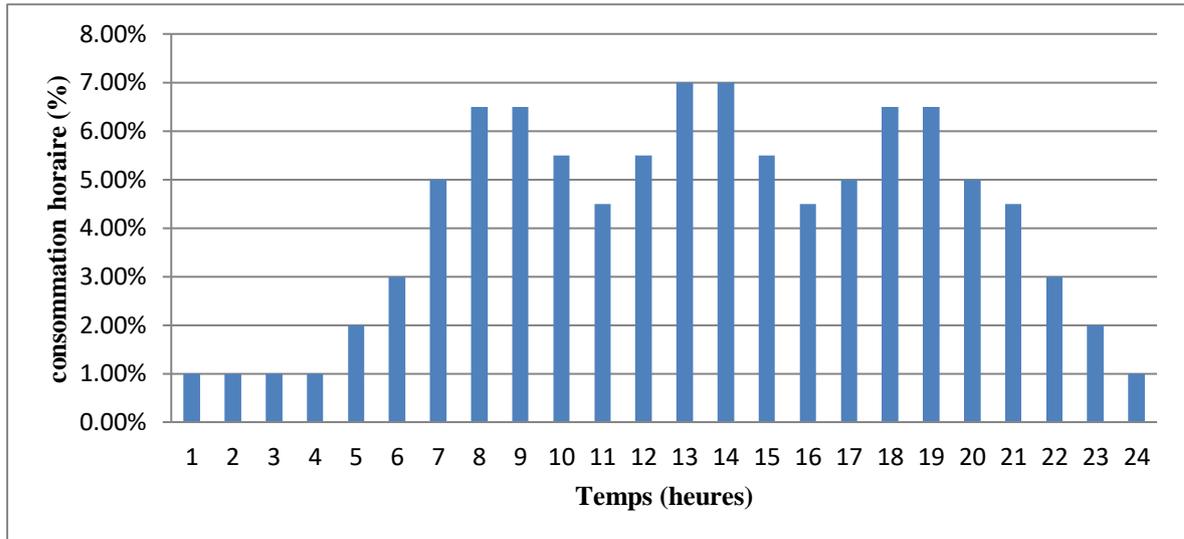


Figure II.12 : graphique de la consommation pour le sous réseau à l'état actuel.

- **La courbe intégrale:**

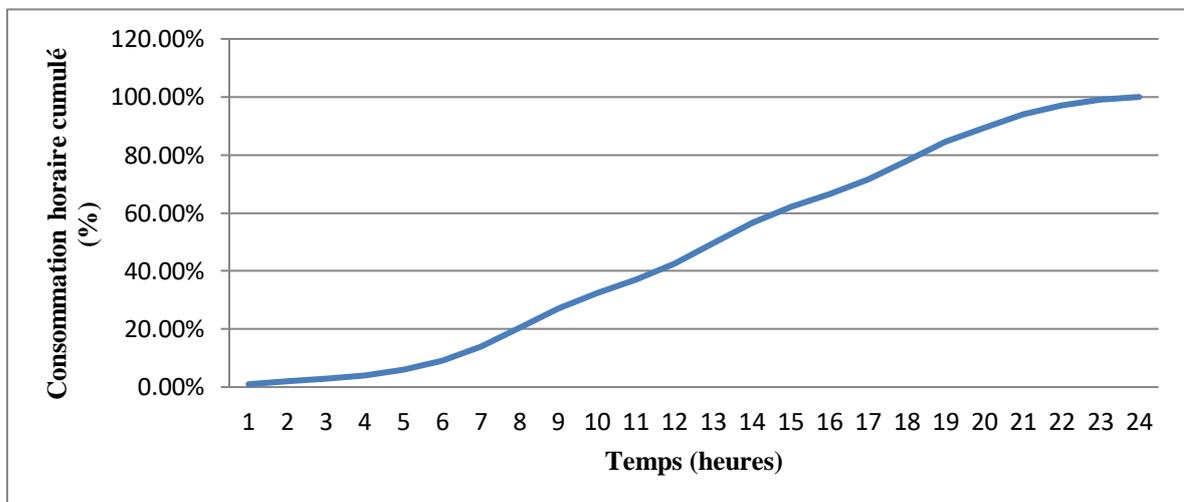


Figure II.13 : la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le sous réseau à l'état actuel.

II.5.3. Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'horizon (2050) :

Tableau II.16 : Variation des débits horaires pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) à l'horizon (2050).

Heures	Domestique		Cumul	
	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)
0-1	1,50	30,78	1,50	30,78
1-2	1,50	30,78	3,00	61,56
2-3	1,50	30,78	4,50	92,34
3-4	1,50	30,78	6,00	123,12
4-5	2,50	51,29	8,50	174,42
5-6	3,50	71,82	12,00	246,23
6-7	4,50	92,34	16,50	338,57
7-8	5,50	112,86	22,00	451,43
8-9	6,25	128,25	28,25	579,68
9-10	6,25	128,25	34,50	707,93
10-11	6,25	128,25	40,75	836,17
11-12	6,25	128,25	47,00	964,42
12-13	5,00	102,59	52,00	1067,02
13-14	5,00	102,59	57,00	1169,62
14-15	5,50	112,86	62,50	1282,47
15-16	6,00	123,12	68,50	1405,59
16-17	6,00	123,12	74,50	1528,71
17-18	5,50	112,86	80,00	1641,57
18-19	5,00	102,59	85,00	1744,17
19-20	4,50	92,34	89,50	1836,50
20-21	4,00	82,08	93,50	1918,58
21-22	3,00	61,56	96,50	1980,14
22-23	2,00	41,04	98,50	2021,18
23-24	1,50	30,78	100,00	2051,96

A partir de ce tableau on trouve :

$$Q_{\max h} = 128,25 \text{ m}^3/\text{h} = 35,63 \text{ l/s}$$

$$Q_{\min h} = 30,78 \text{ m}^3/\text{h} = 8,55 \text{ l/s}$$

- **Graphique de consommation :**

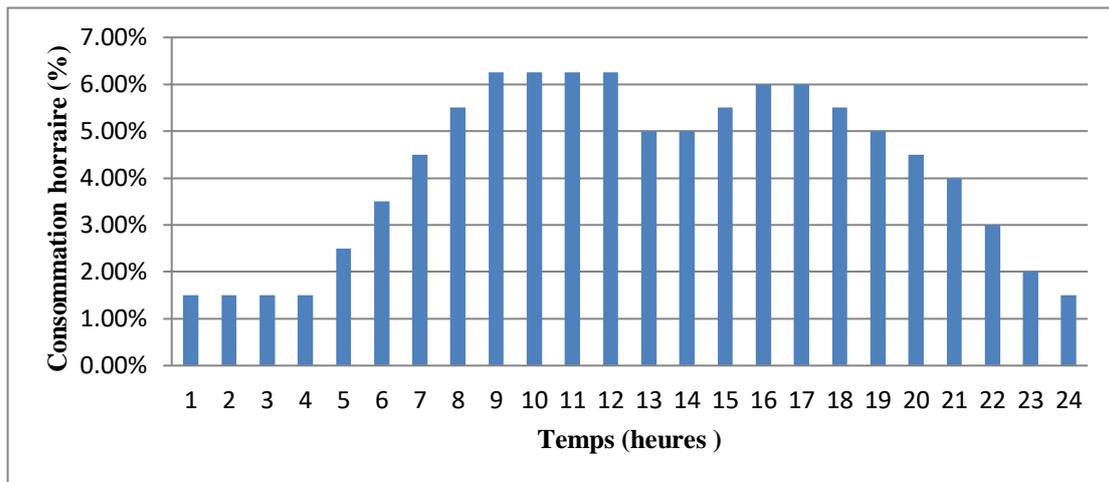


Figure II.14 : graphique de la consommation pour le réseau à l’horizon(2050).

- **La courbe intégrale:**

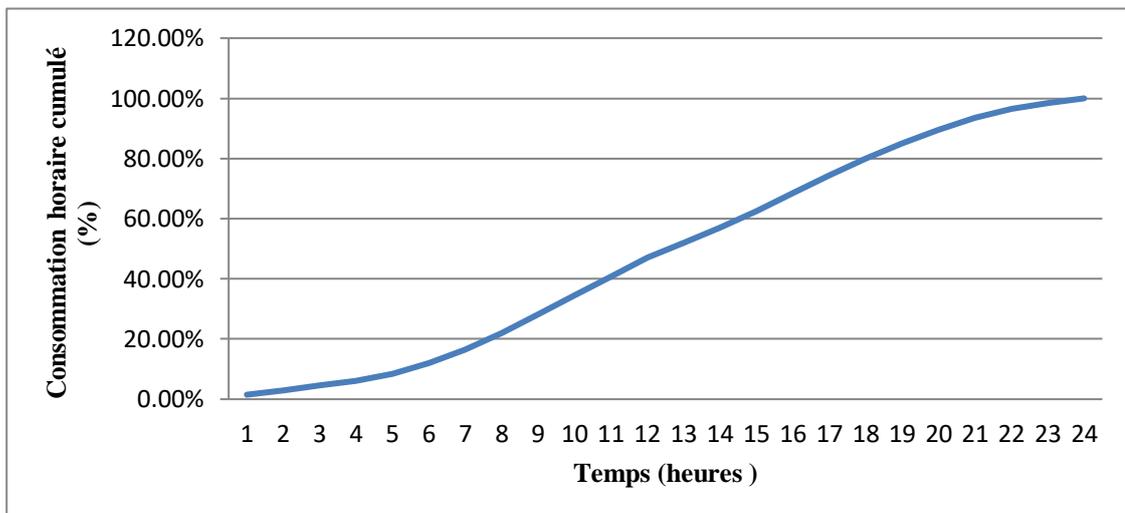


Figure II.15: la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le réseau à l’horizon(2050).

II.5.4. Variation des débits horaires pour le sous réseau (Partie C) à l'horizon (2050) :

Tableau II.17 : Variation des débits horaires pour le sous réseau (Parties C) à l'horizon(2050).

Heures	Domestique		Cumul	
	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)
0-1	1,00	3,75	1,00	3,75
1-2	1,00	3,75	2,00	7,51
2-3	1,00	3,75	3,00	11,26
3-4	1,00	3,75	4,00	15,02
4-5	2,00	7,51	6,00	22,52
5-6	3,00	11,26	9,00	33,78
6-7	5,00	18,77	14,00	52,55
7-8	6,50	24,39	20,50	76,95
8-9	6,50	24,39	27,00	101,35
9-10	5,50	20,65	32,50	121,99
10-11	4,50	16,89	37,00	138,89
11-12	5,50	20,65	42,50	159,53
12-13	7,00	26,28	49,50	185,81
13-14	7,00	26,28	56,50	212,09
14-15	5,50	20,65	62,00	232,73
15-16	4,50	16,89	66,50	249,62
16-17	5,00	18,77	71,50	268,39
17-18	6,50	24,39	78,00	292,79
18-19	6,50	24,39	84,50	317,19
19-20	5,00	18,77	89,50	335,96
20-21	4,50	16,89	94,00	352,85
21-22	3,00	11,26	97,00	364,11
22-23	2,00	7,51	99,00	371,62
23-24	1,00	3,75	100,00	375,37

A partir de ce tableau on trouve :

$$Q_{\max h} = 26,28 \text{ m}^3/\text{h} = 7,30 \text{ l/s}$$

$$Q_{\min h} = 3,75 \text{ m}^3/\text{h} = 1,04 \text{ l/s}$$

- **Graphique de consommation :**

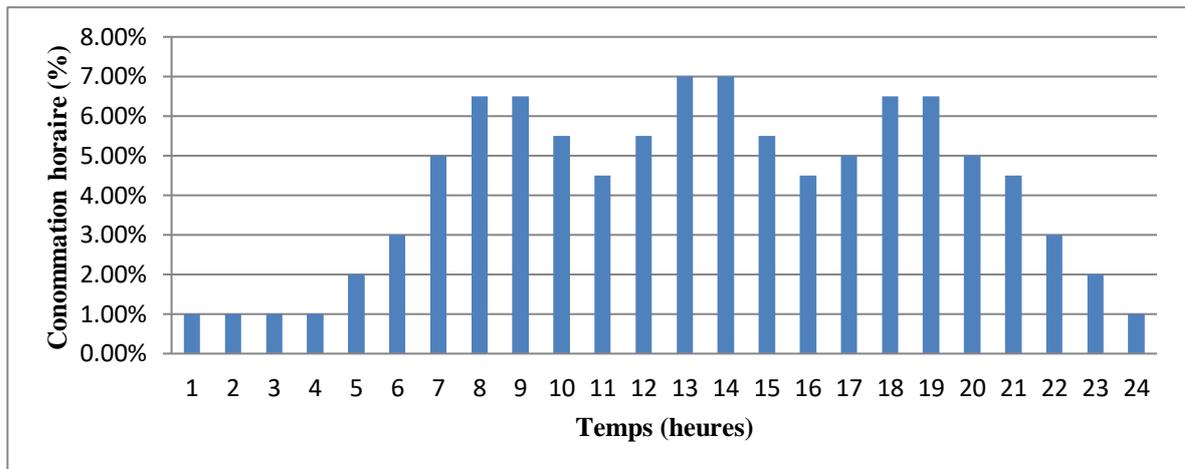


Figure II.16 : graphique de la consommation pour le sous réseau à l'horizon(2050).

- **La courbe intégrale:**

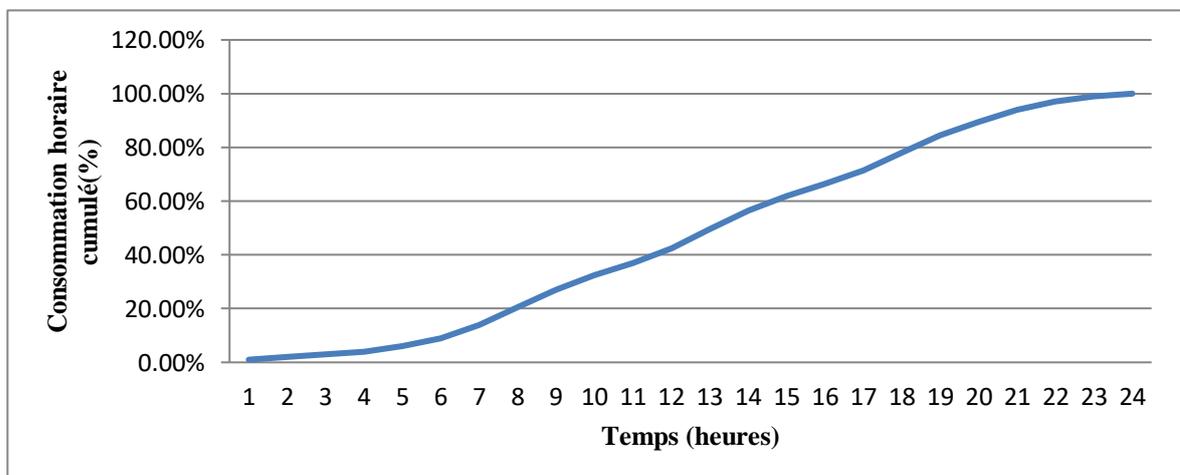


Figure II.17 : la courbe intégrale (courbe des cumules) pour le sous réseau à l'horizon(2050).

Conclusion :

Dans ce chapitre on a déterminé le nombre d'habitants de l'agglomération Maasouma pour les différents horizons, on a aussi déterminé les besoins des habitants de cette agglomération ainsi que les différents débits nécessaires au calcul hydraulique de notre réseau.

On a vu que les sources qui alimentent l'agglomération de Maasouma ne sont pas suffisantes pour l'alimentation des habitants, ni à l'état actuel ni à l'horizon (2050), pour cela il faut trouver d'autres sources d'eau potable pour combler le déficit, par exemple on propose de projeter un troisième forage si ça ne forme pas une surexploitation de la nappe.

Chapitre III : Les Réservoirs

Un réservoir d'eau est un ouvrage hydraulique d'emmagasinement d'eau pour que cette dernière soit distribuée ultérieurement.

Ces ouvrages hydrauliques constituent un lien intermédiaire entre l'adduction et le réseau de distribution.

Le rôle des réservoirs n'est pas limité seulement au stockage de l'eau mais aussi ils présentent d'autres rôles très importants qu'on va voir dans ce chapitre.

Dans notre étude on va utiliser le réservoir existant, on va vérifier la suffisance de sa capacité de stockage, le principe de calcul de cette dernière et ses équipements hydraulique.

III.1. Le rôle d'un réservoir ^[8]:

- Le rôle principal d'un réservoir est de stocker l'eau.
- Ils permettent de réguler la pression et le débit entre la phase de production (du forage vers le stockage) et la phase de consommation (du stockage à la consommation).
- Continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.
- Disponibilité de la réserve d'incendie.
- Briser la charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Offre la possibilité de pomper la nuit, lorsque les tarifs d'électricité sont les plus bas.

III.2. Les exigences techniques pour les réservoirs :

Chaque réservoir doit répondre à trois exigences :

- **L'étanchéité** : Il doit être étanche sans aucune fissure pour éviter les fuites qui engendrent des effets indésirables au réservoir.
- **La Résistance** : les éléments constituant le réservoir doivent équilibrer les efforts auxquels ils sont soumis. (Poids propre, surcharges, séisme, ...).
- **Durabilité** : le réservoir doit fonctionner pendant toute sa durée de vie, et le béton doit conserver ses propriétés mécaniques après le contact avec l'eau.

III.3. L'emplacement du réservoir ^[8] :

- L'emplacement du réservoir doit assurer une bonne pression au moment de pointe donc la cote du radier doit être supérieure à la plus grande cote piézométrique dans le réseau. Il faut alors évaluer les pertes de charge entre le réservoir et le point de plus grande cote Piézométrique ça va nous donner une idée approximative sur l'altitude du radier.

- La nature du sol joue un rôle important dans le choix de l'emplacement d'un réservoir. Il est indispensable, en effet, d'établir un réservoir sur un sol parfaitement résistant.
- Il est avantageux qu'un réservoir soit établi le plus près possible de l'agglomération.

III.4. Le réservoir d'équilibre (ou d'extrémité) :

Si le réseau est étendu longitudinalement on peut avoir des pressions faibles aux points éloignés, pour résoudre ce problème on peut installer un autre réservoir à l'extrémité du réseau qu'on appelle un réservoir d'équilibre, ce dernier est alimenté la nuit aux heures de faibles consommations.

A l'heure de pointe le réservoir d'équilibre va alimenter sa zone d'action avec des pressions supérieures à celles que le réservoir principal peut fournir tout seul.

III.5. Détermination de la capacité d'un réservoir :

Pour déterminer la capacité du réservoir on doit tenir compte aux variations des heures de consommations de la journée la plus chargée, des débits d'alimentations entrant dans le réservoir et le débit distribué sortant du réservoir.

III.6. Principe de Calcul de la capacité d'un réservoir :

Il existe deux méthodes de Calcul :

III.6.1. La première méthode (C'est la méthode graphique) :

Cette méthode tient compte de la courbe de consommation totale (intégrale) et de la courbe d'apport du débit pompé en fonction de la durée de pompage.

La capacité est déduite à partir des extremums des cumuls de la consommation vis-à-vis de celle des apports^[8].

III.6.2. La deuxième méthode (C'est la méthode analytique) :

On va utiliser cette méthode analytique pour vérifier la capacité de notre réservoir R500.

Se basant sur cette méthode la capacité du réservoir est déduite à partir de la connaissance du régime de consommation et le régime de fonctionnement des pompes, la capacité est déterminée par le tableau suivant :

Remarque :

Les Forages de Maasouma refoulent l'eau H24 au réservoir donc :

Calcul de pourcentage de refoulement : $\frac{24}{100} = 4,16 \%$

Tableau III.1. Calcul de la Capacité de réservoir.

Heures	Consommation d'eau en %	Refoulement d'eau en %	Arrivée d'eau au réservoir	Départ d'eau du réservoir	Reste dans le réservoir
0-1	1,50	4,16	2,66	-	2,66
1-2	1,50	4,16	2,66	-	5,32
2-3	1,50	4,16	2,66	-	7,98
3-4	1,50	4,16	2,66	-	10,64
4-5	2,50	4,16	1,66	-	12,30
5-6	3,50	4,16	0,66	-	12,96
6-7	4,50	4,16	-	0,34	12,62
7-8	5,50	4,16	-	1,34	11,28
8-9	6,25	4,16	-	2,09	9,19
9-10	6,25	4,16	-	2,09	7,10
10-11	6,25	4,16	-	2,09	5,01
11-12	6,25	4,16	-	2,09	2,92
12-13	5,00	4,16	-	0,84	2,08
13-14	5,00	4,16	-	0,84	1,24
14-15	5,50	4,16	-	1,34	-0,10
15-16	6,00	4,16	-	1,84	-1,94
16-17	6,00	4,16	-	1,84	-3,78
17-18	5,50	4,16	-	1,34	-5,12
18-19	5,00	4,16	-	0,84	-5,96
19-20	4,50	4,16	-	0,34	-6,30
20-21	4,00	4,16	0,16	-	-6,14
21-22	3,00	4,16	1,16	-	-4,98
22-23	2,00	4,16	2,16	-	-2,82
24-24	1,50	4,16	2,66	-	0,00

- **Calcul du volume utile du réservoir :**

$$V_u = \frac{12,96 + |-6,30|}{100} * Q_{\max j}$$

Donc : $V_u = 212,459 \text{ m}^3$

Avec : $Q_{\max j} = 1103,115 \text{ m}^3/\text{j}$

- **Calcul du volume total du réservoir :**

$$V_t = V_u + V_{\text{inc}}$$

Donc : $V_t = 332,459 \text{ m}^3 = 333 \text{ m}^3$

Avec : $V_{\text{incendie}} = 120 \text{ m}^3$.

Remarque :

La capacité du réservoir existante est de 500 m³ alors que le volume estimé est de 333 m³, donc on conclut que la capacité du réservoir existant est largement suffisante pour satisfaire les besoins d'agglomération en matière de stockage pour l'état actuel et à l'horizon (2050).

III .7. Les équipements hydrauliques du réservoir d'eau :

Dans ce paragraphe on va présenter le système de canalisation constituant le réservoir. Un réservoir doit être équipé d'une ^[8]:

- Conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- Conduite de Départ ou de distribution.
- Conduite de vidange.
- Conduite de trop plein.
- Système de matérialisation d'incendie.
- Conduite by-pass.

Toutes ces conduites sont contenues dans une chambre de manœuvre.

III .7.1. Conduite d'arrivée :

La conduite d'arrivée (conduite d'adduction) doit être posée toujours à l'opposé de la conduite de départ pour provoquer le brassage.

Les meilleurs branchements de cette conduite sont en siphon noyé ou par le bas.

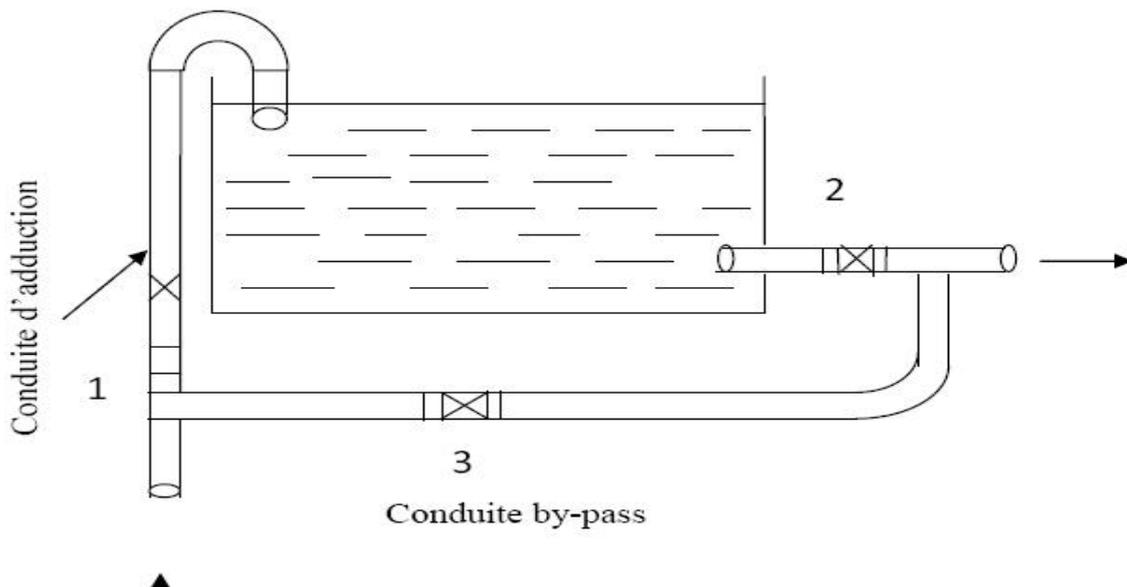


Figure III.1: conduite d'arrivée, conduite de départ et conduite by pass.

III .7.2. Conduite de départ :

Cette conduite est placée à l'opposé de la conduite d'arrivée à quelque centimètre au-dessus du radier (15 à 20 cm) pour éviter l'entrée de 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 permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite.

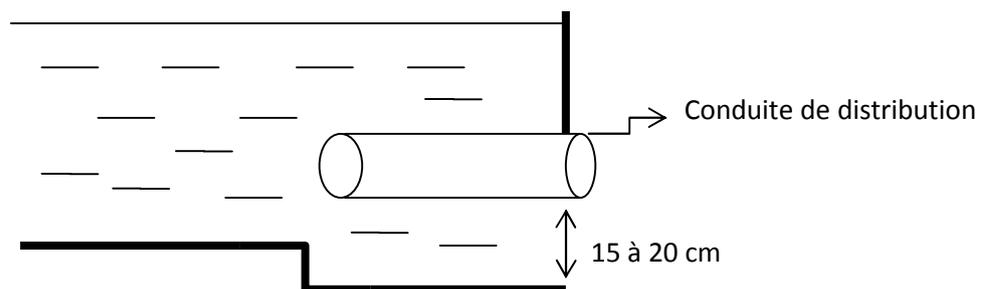


Figure III.2 : conduite de distribution

III .7.3. Conduite de trop-plein :

Cette conduite a pour but d'évacuer l'excès d'eau arrivant au réservoir sans provoquer dans le cas où la pompe ne s'arrête pas pour éviter le débordement du réservoir.

Si le réservoir est compartimenté, chaque cuve doit avoir une conduite de trop-plein.

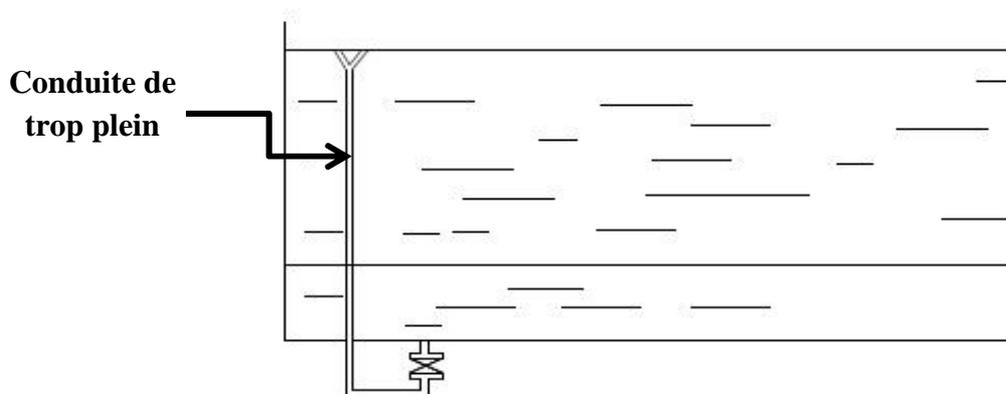


Figure III. 3 : Conduite de trop-plein

III .7.4. Conduite de vidange :

La conduite de vidange se place au fond du réservoir, elle a pour rôle de vider le réservoir d'eau en cas de nettoyage ou de réparation.

Elle est munie d'un robinet vanne 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 (qui vont causer une difficulté de manœuvre).

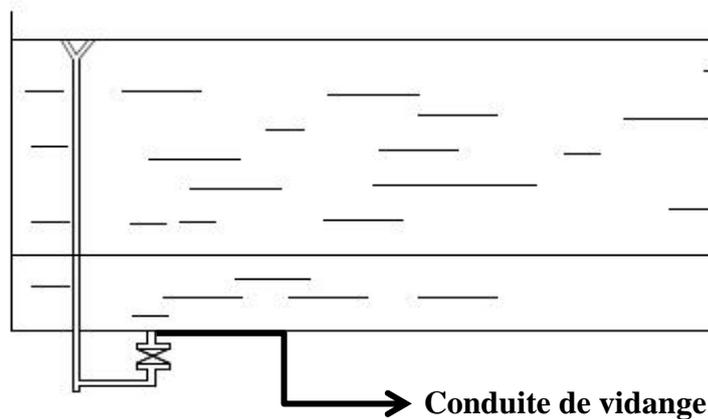


Figure III.4: conduite de vidange.

III .7.5. Conduite by-pass :

La conduite by-pass est une conduite qui relie la conduite d'arrivée à la conduite de départ pour assurer la continuité de la distribution d'eau en cas d'entretien du réservoir.

III .7.6. Matérialisation de la réserve d'incendie :

Pour que notre réserve d'incendie soit conservée et disponible, on doit installer un système de matérialisation de la réserve d'incendie.

C'est un dispositif spécial de la tuyauterie qui permet d'interrompre l'écoulement, une fois le niveau de la réserve d'incendie atteint.

On distingue 2 types de système de matérialisation de la réserve d'incendie :

- **Système à siphon :**

En service normal, la vanne 2 est fermée et la vanne 1 et 3 sont ouvertes.

Si le niveau dans le réservoir descend jusqu'au niveau N_{incendie} , le siphon se désamorce grâce à l'évent ouvert à l'air libre et la réserve d'incendie ne sera pas utilisée.

En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir la vanne 2 tout en restant imprenable, la tranche d'eau consistant la réserve se trouve ainsi constamment renouvelée.

La figure suivante montre ce système à siphon :

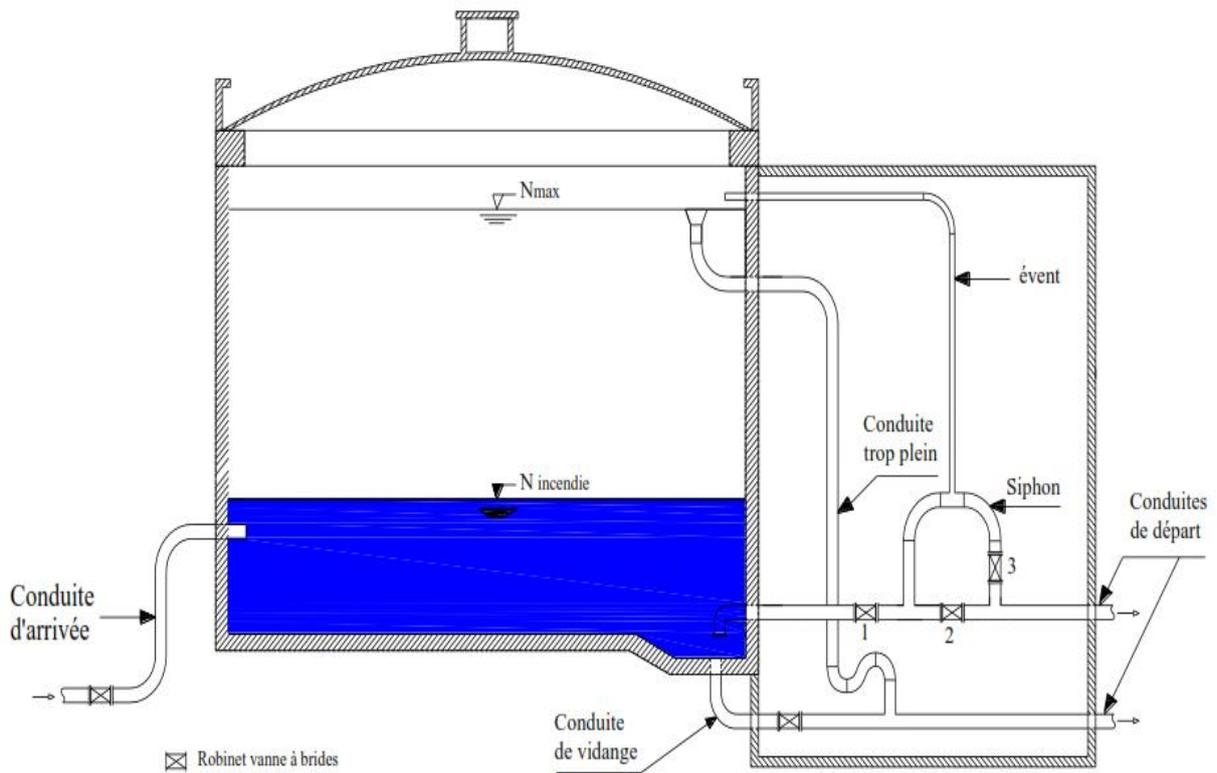


Figure III.5 : Réservoir avec système de matérialisation de la réserve d'incendie à siphon.

- **Système à deux prises :**

Ce type est rarement utilisé du fait de l'existence d'une tranche d'eau morte (la réserve de sécurité n'est pas convenablement renouvelée).

III .7.7. Quelques recommandations sur les réservoirs :

- Les réservoirs doivent être protégés contre toute source de pollution quelque soit son origine.
- Ils doivent être protégés aussi contre l'élévation importante de la température.
- Ils doivent être facile à accès et permettre la vérification de leur étanchéité.
- Ils doivent être munis d'un dispositif qui permet la prise d'un échantillon d'eau à l'amont et à l'aval.
- Ils doivent être nettoyés et désinfectés au moins une fois par an et aussi après une intervention susceptible de contaminer l'eau.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a vu l'importance des réservoirs et leurs rôles dans le réseau d'alimentation en eau potable ainsi que leurs différents équipements. On a trouvé que la capacité du réservoir R500 de Maasouma est suffisante en matière de stockage. Donc les réservoirs nécessitent une surveillance et un entretien périodique pour le nettoyage et aussi pour la vérification de l'étanchéité.

Chapitre IV : Diagnostic

Le diagnostic a pour but d'appréhender le fonctionnement des réseaux d'AEP et permet ainsi d'établir une liste de préconisations et d'améliorations à apporter en vue de satisfaire les besoins futurs en termes de quantité et de qualité de l'eau, il se divise en deux parties : diagnostic physique qui nous donne une idée sur l'état des conduites et des ouvrages hydrauliques et le diagnostic hydraulique qui va nous donner une idée sur les différents paramètres hydrauliques.

IV .1. Diagnostic physique:(source : Direction des ressources en eau Blida)

IV.1.1. Etat des vannes :



Figure IV.1: L'état de la vanne 01.

<p>Position : V 01 Cote projet : 60.06 m Désignation : Vanne Ø 90 Etat : Bon Recommandation : Nettoyez la chambre Placez un tampon</p>
--



Figure IV.2: L'état de la vanne 02.

Position : V 02
Cote projet : 59.86 m
Désignation : Vanne Ø 90
Etat : Bon
Recommandation : Entretien périodique



Figure IV.3: L'état de la vanne 03.

Position : V 03
Cote projet : 61.95 m
Désignation : Vanne Ø 200
Etat : Moyen
Recommandation : Nettoyer la chambre
 Reconstruire la dalle



Figure IV.4: L'état de la vanne 05.

Position : V 05
Cote projet : 62.25 m
Désignation : Vanne Ø 200
Etat : Mauvais
Recommandation : changer la vanne

IV.1.2. Etat des conduites :



Figure IV.5: L'état de conduite entre les nœuds 64-62.

Position : 64-62
Profondeur : 1.2 m
Désignation : Amiante ciment Ø 80
Etat : Mauvais
Recommandation : remplacer à court terme



Figure IV.6: L'état de conduite entre les nœuds 08-10.

Position : 08-10
Profondeur : 1,0 m
Désignation : Amiante ciment Ø 80
Etat : Mauvais
Recommandation : remplacer à court terme



Figure IV.7: L'état de conduite entre les nœuds 58-45.

Position : 58-45
Profondeur : 1.0 m
Désignation : Amiante ciment Ø 80
Etat : Mauvais
Recommandation : remplacer a cout terme

IV .1.3. Etat de forages :

- **Etat du forage F01 :**



Figure IV.8: le forage F01 de l'extérieur.



Figure IV.9:L'état des équipements du forage F01.

- **Etat du forage F02 :**



Figure IV.10: le forage F02 de l'extérieur.



Figure IV.11: Armoire électrique du forage F02.



Figure IV.12: L'état des équipements du forage F02.

IV.1.4. Etat du réservoir :



Figure IV.13 : L'état extérieur du réservoir.



Figure IV.14: Les conduites du réservoir.



Figure IV.15: Etat des conduites du réservoir.

- 01-** Conduite de sortie Ø 160 (Distribution) : Bon état
- 02-** Conduite de vidange Ø 250 : elle est totalement colmatée au niveau de regard d'assainissement à cause d'absence de curage de ce dernier lors des opérations de vidange.
- 03-** conduite d'entrée Ø 200 (Adduction) : Bon état
- 04-** Chambres des vannes : elle est inondée à cause des fuites au niveau des vannes principales qui fonctionnent mal aussi.

IV.1.5. Recommandations sur l'état actuel du système :

Les anomalies présentées dans le système de Maasouma se résument dans ce qui suit :

- **Les vannes :**

Elles représentent le type d'accessoire le plus important pour gérer un réseau d'AEP, le mauvais état ainsi que la détérioration de ces vannes entraînent une grande difficulté de gestion et provoquent des fuites considérables au niveau du réseau.

Les vannes en mauvais état doivent être remplacées à court terme.

Les regards doivent être protégé par des tampons mené d'un système anti vole pour les vannes sous chaussé et utilisé les bouches à clef pour les vannes sous trottoir.

Les chambres des vannes doivent être nettoyées.

- **Les conduites de distribution :**

Comme montre sur les photos, l'état de ces conduites en amiante ciment et en acier galvanisé (qui représentent la majorité du réseau de distribution) est totalement dégradé. Concernant les conduites en PEHD sont en bonne état car elles sont rénovées récemment.

Ces types de matériau (amiante ciment et acier galvanisé) doivent être remplacés par des conduites en PEHD qui assurer une grande durée de vie et des bons paramètres physico-chimique et hydraulique.

- **Le réservoir :**

Les fuites au niveau des vannes et le colmatage de la conduite de vidange participent à la submersion de la chambre des vannes.

Les travaux de réhabilitation de la conduite de vidange et le raccordement au niveau de réseau d'assainissement sont indispensables dans ce cas, en ce qui concerne la conduite d'amenée et celle de la distribution sont en bonne état.

- **Les forages**

Les deux forages de Maasouma sont les seules ressources en eau potable de cette petite ville d'où le dysfonctionnement de l'un des deux va perturber l'alimentation.

Le F01 est rénové récemment, les pièces spécial (vanne, ventouse, clapet anti retour, compteur et manomètre) sont en bon état.

Il manque d'un détecteur de niveau, armoire électrique, système anti-bélier.

Le F02 est en état dégradé, les pièces spécial (ventouse, clapet anti retour, compteur et manomètre) sont en mauvais état, sauf la vanne et l'armoire électrique qui sont en état acceptable.

Même dans ce forage il manque aussi d'un détecteur de niveau, système anti-bélier.

IV .2. Diagnostic hydraulique :

Le calcul hydraulique du réseau est effectué par le logiciel de calcul Epanet qui est un logiciel servant à l'analyse de systèmes de distribution d'eau potable. Cette analyse comprend la simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression (conduites). On sait qu'un réseau est un composé de tuyaux, nœuds, pompes, vannes, bâches et réservoirs. Epanet peut calculer différentes variables comme la pression à chaque nœud, le niveau d'eau dans les réservoirs, ainsi que la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du système.

Le logiciel Epanet permet une analyse hydraulique de réseau à partir des caractéristiques physiques des tuyaux et dynamiques des nœuds. Epanet offre aussi une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer un réseau (modification du régime de pompage, précision d'usage des stations de chloration, planification des entretiens et des remplacements des éléments du réseau, etc.). Epanet propose de maintenir et d'améliorer la qualité d'eau distribuée aux consommateurs.

IV .2. 1. Calcul hydraulique du réseau :

Le calcul hydraulique du réseau est basé sur deux hypothèses principales :

- Apport du réseau de distribution 24 heures/24 heures
- Consommation du débit est uniforme le long de la conduite
- L'heure de pointe correspond à la période où la consommation atteint son maximum.

IV .2. 1. a. Calcul du débit spécifique :

Ce débit est défini comme étant le volume d'eau transitant à travers un mètre de conduite pendant une seconde.

$$q_{sp} = Q_{pte} / \sum L_i \quad (IV.1)$$

Avec :

q_{sp} : débit spécifique (l/s/ml).

Q_{pte} : Débit de pointe (l/s).

$\sum L_i$: La somme des longueurs de tous les tronçons du réseau.

IV .2. 1. b. Calcul des débits par tronçon :

Ces débits sont obtenus par :

$$Q_{tr} = q_{sp} \times L_i \quad (IV.2)$$

Avec :

Q_{tr} : débit pour chaque tronçon.

q_{sp} : débit spécifique.

L_i : la longueur de chaque tronçon.

IV .2. 1. c. Calcul des débits nodaux :

Le débit nodal, comme son nom l'indique c'est le débit qui sort au niveau de chaque nœud du réseau, pour alimenter les consommateurs. Le débit nodal se calcul par l'expression suivante :

$$Q_n = 0,5 \times \sum Q_{tri} \quad (IV.3)$$

- Pour le réseau (Parties A, B, D, E, F et G) :
 - ✓ Calcul des débits nodaux à l'état actuel :

On a trouvé auparavant le débit max horaire : $Q_{maxh} = 21,56$ l/s.

Et à partir du tracé on calcul la somme des longueurs des conduites du réseau : $\sum L_i = 12609,449$ m.

Et par la suite on calcul le débit spécifique et on trouve : $q_{sp} = 0,0017$ l/s/m

Par ces données on va calculer les débits nodaux de chaque partie de la zone d'étude.

Tableau IV.1. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le debit nodal (l/s)
1	1-2	139,3	149,3	0,0017	0,24	0,13
	1-43	10			0,02	
2	2-1	139,3	139,3		0,24	0,12
3	3-41	10	156,1		0,02	0,13
	3-4	146,1			0,25	
4	4-3	146,1	146,1		0,25	0,12
5	5-6	69,98	69,98		0,12	0,06
6	6 -5	69,98	482,7		0,12	0,41
	6-7	338,5			0,58	
	6 -8	74,22			0,13	
7	7 -6	338,5	338,5		0,58	0,29
8	8 -6	74,22	716,92		0,13	0,61
	8 -9	248,9			0,42	
	8 -10	393,8			0,67	
9	9 -8	248,9	248,9	0,42	0,21	
10	10 -8	393,8	566,3	0,67	0,48	
	10 -11	172,5		0,29		
11	11 -10	172,5	306,7	0,29	0,26	
	11 -12	31,5		0,05		
	11 -49	102,7		0,17		

Suite Tableau IV.1. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal(l/s)
12	12-11	31,5	112	0,0017	0,05	0,10
	12-13	30,28			0,05	
	12-50	50,22			0,09	
13	13-12	30,28	141,46		0,05	0,12
	13-14	49,99			0,08	
	13-51	61,19			0,10	
14	14-13	49,99	520,09		0,08	0,44
	14-15	270,5			0,46	
	14-95	199,6			0,34	
15	15-14	270,5	676,5		0,46	0,58
	15-16	271,8			0,46	
	15-48	134,2			0,23	
16	16-15	271,8	450,75		0,46	0,39
	16-17	93,54			0,16	
	16-24	85,41			0,15	
17	17-16	93,54	313,44		0,16	0,27
	17-18	168,6			0,29	
	17-23	51,3			0,09	
18	18-17	168,6	620,3		0,29	0,53
	18-19	358,6			0,61	
	18-65	93,1			0,16	
19	19-18	358,6	598		0,61	0,51
	19-20	133,9			0,23	
	19-33	105,5			0,18	
20	20-19	133,9	619,01	0,23	0,53	
	20-21	56,81		0,10		
	20-23	428,3		0,73		
21	21-20	56,81	219,86	0,10	0,19	
	21-22	147,1		0,25		
	21-67	15,95		0,03		
22	22-21	147,1	453,1	0,25	0,39	
	22-23	199,6		0,34		
	22-71	106,4		0,18		
23	23-17	51,3	679,2	0,09	0,58	
	23-20	428,3		0,73		
	23-22	199,6		0,34		

Suite Tableau IV.1. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
24	24-16	85,41	252,31	0,0017	0,15	0,22
	24-25	36,9			0,06	
	24-60	130			0,22	
25	25-24	36,9	276,92		0,06	0,24
	25-26	59,12			0,10	
	25-61	180,9			0,31	
26	26-25	59,12	398,91		0,10	0,34
	26-27	308,7			0,52	
	26-65	31,09			0,05	
27	27-26	308,7	436,7		0,52	0,37
	27-28	128			0,22	
28	28-27	128	151,514		0,22	0,13
	28-29	3,904			0,01	
	28-90	19,61			0,03	
29	29-28	3,904	161,974		0,01	0,14
	29-30	107,5			0,18	
	29-32	50,57			0,09	
30	30-29	107,5	152,51		0,18	0,13
	30-31	45,01			0,08	
31	31-30	45,01	45,01		0,08	0,04
32	32-29	50,57	559,87		0,09	0,48
	32-33	401,5			0,68	
	32-66	107,8			0,18	
33	33-19	105,5	669,5		0,18	0,57
	33-32	401,5			0,68	
	33-34	162,5			0,28	
34	34-33	162,5	162,5		0,28	0,14
35	35-36	43,64	43,64		0,07	0,04
36	36-35	43,64	147,46		0,07	0,13
	36-37	43,82			0,07	
	36-64	60		0,102		
37	37-36	43,82	181,93	0,07	0,16	
	37-38	46,02		0,08		
	37-63	92,09		0,16		
38	38-37	46,02	228,3	0,08	0,20	
	38-39	46,98		0,08		
	38-62	135,3		0,23		

Suite Tableau IV.1. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
39	39-38	46,98	96,69	0,0017	0,08	0,08
	39-40	18,92			0,03	
	39-61	30,79			0,05	
40	40-39	18,92	402,33		0,03	0,34
	40-41	373,2			0,63	
	40-52	10,21			0,02	
41	41-40	373,2	520,3		0,63	0,44
	41-3	10			0,02	
	41-42	137,1			0,23	
42	42-41	137,1	720,4		0,23	0,62
	42-43	209,2			0,36	
	42-45	374,1			0,64	
43	43-1	10	326		0,02	0,28
	43-42	209,2			0,36	
	43-44	106,8			0,18	
44	44-43	106,8	126,54		0,18	0,11
	44-102	19,74			0,03	
45	45-42	374,1	606,05		0,64	0,52
	45-46	168,5			0,29	
	45-85	63,45			0,11	
46	46-45	168,5	243,98		0,29	0,21
	46-47	46,86			0,08	
	46-84	28,62			0,05	
47	47-46	46,86	98,59		0,08	0,08
	47-48	18,82			0,03	
	47-83	32,91			0,06	
48	48-15	134,2	178,55		0,23	0,15
	48-47	18,82			0,03	
	48-82	25,53			0,04	
49	49-11	102,7	102,7		0,17	0,09
50	50-12	50,22	50,22		0,09	0,04
51	51-13	61,19	61,19		0,10	0,05
52	52-40	10,21	114,41	0,02	0,10	
	52-53	104,2		0,18		

Suite Tableau IV.1. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
53	53-52	104,2	250,94	0,0017	0,18	0,21
	53-54	8,245			0,01	
	53-58	138,5			0,24	
54	54-53	8,245	264,44		0,01	0,23
	54-55	156			0,27	
	54-59	100,2			0,17	
55	55-54	156	252,17		0,27	0,22
	55-56	63,85			0,11	
	55-57	32,32			0,05	
56	56-55	63,85	63,85		0,11	0,05
57	57-55	32,32	32,32		0,05	0,03
58	58-53	138,5	138,5		0,24	0,12
59	59-54	100,2	100,2		0,17	0,09
60	60-24	130	130		0,22	0,11
61	61-25	180,9	211,69		0,31	0,18
	61-39	30,79			0,05	
62	62-38	135,3	135,3		0,23	0,12
63	63-37	92,09	92,09		0,16	0,08
64	64-36	60	60		0,10	0,05
65	65-18	93,1	170,52		0,16	0,15
	65-26	31,09			0,05	
	65-96	46,33			0,08	
66	66-32	107,8	107,8		0,18	0,09
67	67-21	15,95	559,45		0,03	0,48
	67-68	142,3			0,24	
	67-70	401,2			0,68	
68	68-67	142,3	418		0,24	0,36
	68-69	275,7			0,47	
69	69-68	275,7	275,7		0,47	0,24
70	70-67	401,2	401,2		0,68	0,34
71	71-22	106,4	446,8	0,18	0,38	
	71-72	224,6		0,38		
	71-81	115,8		0,20		
72	72-71	224,6	384,83	0,38	0,33	
	72-73	25,93		0,04		
	72-80	134,3		0,23		
73	73-72	25,93	161,53	0,04	0,14	
	73-74	45,4		0,08		
	73-79	90,2		0,15		

Suite Tableau IV.1. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
74	74-73	45,4	144,54	0,0017	0,08	0,12
	74-75	23,06			0,04	
	74-78	76,08			0,13	
75	75-74	23,06	210,85		0,04	0,18
	75-76	58,69			0,10	
	75-77	129,1			0,22	
76	76-75	58,69	58,69		0,10	0,05
77	77-75	129,1	129,1		0,22	0,11
78	78-74	76,08	76,08		0,13	0,07
79	79-73	90,2	90,2		0,15	0,08
80	80-72	134,3	134,3		0,23	0,11
81	81-71	115,8	115,8		0,20	0,10
82	82-48	25,53	25,53		0,04	0,02
83	83-47	32,91	32,91		0,06	0,03
84	84-46	28,62	28,62		0,05	0,02
85	85-45	63,45	155,99		0,11	0,13
	85-86	27,29			0,05	
	85-89	65,25			0,11	
86	86-85	27,29	187,77		0,05	0,16
	86-87	106,3			0,18	
	86-88	54,18		0,09		
87	87-86	106,3	106,3	0,18	0,09	
88	88-86	54,18	54,18	0,09	0,05	
89	89-85	65,25	65,25	0,11	0,06	
90	90-28	19,61	672,5	0,03	0,57	
	90-92	652,89		1,11		
91	91-92	85,55	200,63	0,15	0,17	
	91-94	62,16		0,11		
	91-98	52,92		0,09		
92	92-90	652,89	822,42	1,11	0,70	
	92-91	85,55		0,15		
	92-93	83,98		0,14		
93	93-92	83,98	83,98	0,14	0,07	
94	94-91	62,16	62,16	0,11	0,05	
95	95-14	199,6	199,6	0,34	0,17	
96	96-65	46,33	46,33	0,08	0,04	
98	98-91	52,92	52,92	0,09	0,05	
102	102-44	19,74	291,57	0,03	0,25	
	102-103	111,05		0,19		
	102-104	160,78		0,27		
103	103-102	111,05	111,05	0,19	0,09	
104	104-102	160,78	160,78	0,27	0,14	

Tableau IV.2. Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe +incendie (Annexe).

✓ **Calcul des débits nodaux à l'horizon (2050) :**

On a trouvé auparavant le débit max horaire : $Q_{\max h} = 35,63$ l/s.

Et à partir du tracé on calcul la somme des longueurs des conduites du réseau : $\sum L_i = 12609,449$ m.

Et par la suite on calcul le débit spécifique et on trouve : $q_{sp} = 0,0028$ l/s/m.

Tableau IV.3. Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe (Annexe).

Tableau IV.4. Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon en cas de pointe +incendie (Annexe).

• **Pour le sous réseau (Partie C) :**

✓ **Calcul des débits nodaux à l'état actuel :**

On a trouvé déjà le débit max horaire : $Q_{\max h} = 3,95$ l/s.

Et à partir du tracé on trouve la somme des longueurs des conduites du réseau : $\sum L_i = 676$ m.

Donc on calcul le débit spécifique et on trouve : $q_{sp} = 0,0058$ l/s/m.

Tableau IV.5. Les débits nodaux du sous réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueur(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
100	100-101	355	676,8	0,0058	2,06	1,98
	100-105	321,8			1,87	
101	101-100	355	355		2,06	1,04
105	105-100	321,8	321,8		1,87	0,94

✓ **Calcul des débits nodaux à l'horizon (2050) :**

On a trouvé déjà le débit max horaire : $Q_{\max h} = 7,298$ l/s.

Et à partir du tracé on trouve la somme des longueurs des conduites du réseau : $\sum L_i = 676$ m.

Donc on calcul le débit spécifique et on trouve : $q_{sp} = 0,0107$ l/s/m.

Tableau IV.6. Les débits nodaux du sous réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe (Annexe).

IV .2. 2. La simulation du réseau d'AEP :

On introduit ces débits nodaux dans Epanet et on lance la simulation.

Les résultats de chaque cas de simulation sont présentés en dessous :

IV .2. 2. a. Résultats de simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe :

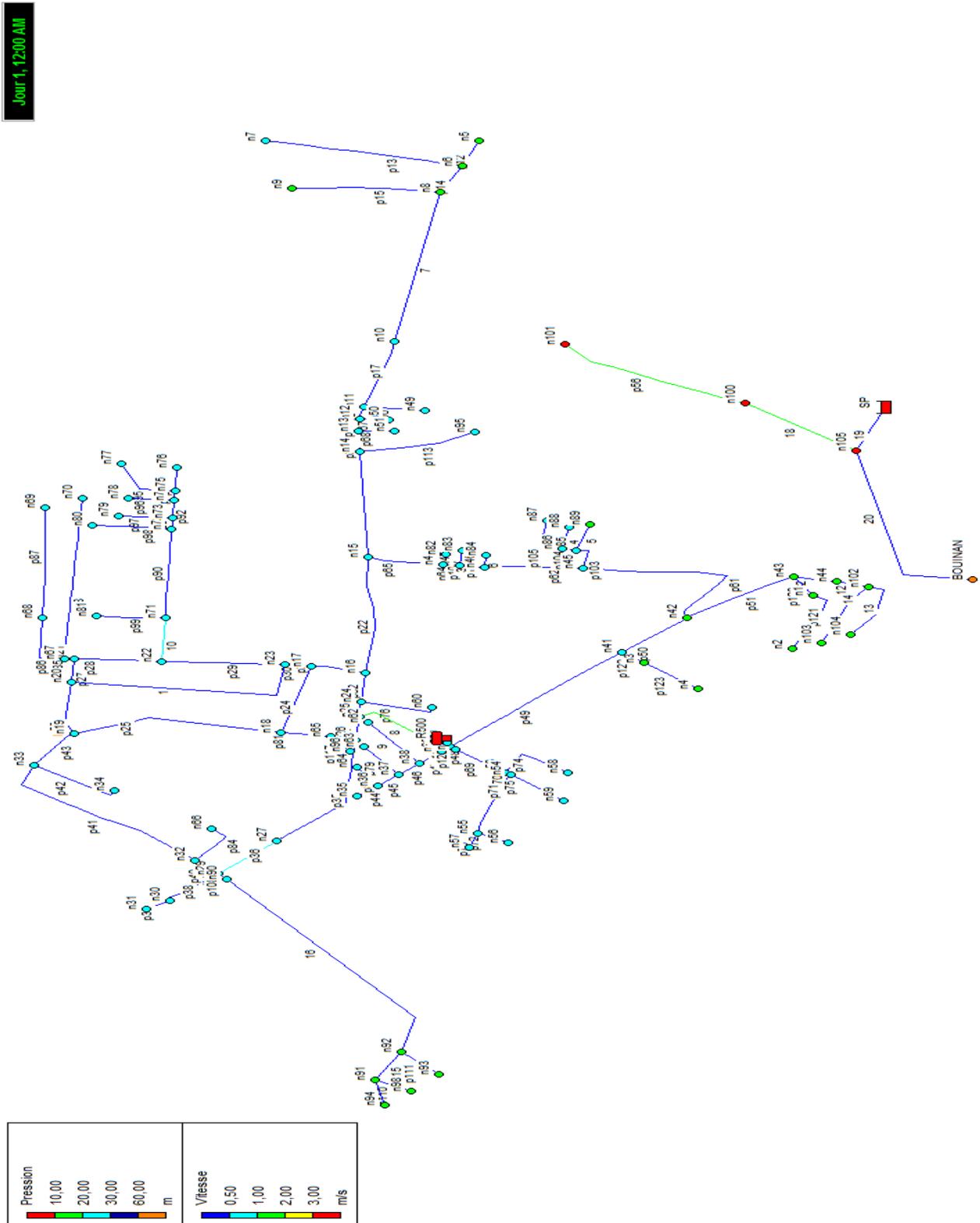


Figure IV.16 : simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe.

Tableau IV.7. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel en cas de pointe.

ID nœuds	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge(m)	Pression(m)
Nœud n104	67,42	0,14	84,59	17,17
Nœud n102	68,52	0,25	84,59	16,07
Nœud n103	67,64	0,09	84,59	16,95
Nœud n1	67,08	0,13	84,61	17,53
Nœud n2	66,48	0,12	84,6	18,12
Nœud n3	65,17	0,13	84,88	19,71
Nœud n4	65,83	0,12	84,87	19,04
Nœud n5	64,84	0,06	82,55	17,71
Nœud n6	64,73	0,41	82,55	17,82
Nœud n7	62,26	0,29	82,44	20,18
Nœud n8	64,49	0,61	82,59	18,1
Nœud n9	62,81	0,21	82,54	19,73
Nœud n10	63,02	0,48	83,39	20,37
Nœud n11	62,74	0,26	83,96	21,22
Nœud n12	62,72	0,09	83,99	21,27
Nœud n13	62,63	0,12	84,02	21,39
Nœud n14	62,84	0,44	84,08	21,24
Nœud n15	62,14	0,57	84,53	22,39
Nœud n16	61,6	0,38	84,65	23,05
Nœud n17	61,01	0,27	84,25	23,24
Nœud n18	61,29	0,53	84,38	23,09
Nœud n19	59,16	0,51	83,87	24,71
Nœud n20	59,38	0,53	83,62	24,24
Nœud n21	59,35	0,19	83,52	24,17
Nœud n22	59,93	0,38	83,52	23,59
Nœud n23	61,1	0,58	83,99	22,89
Nœud n24	62,08	0,21	84,68	22,6
Nœud n25	62,25	0,23	84,69	22,44
Nœud n26	62,21	0,34	84,67	22,46
Nœud n27	60,71	0,37	84,28	23,57
Nœud n28	60,14	0,13	83,82	23,68
Nœud n29	60,16	0,14	83,82	23,66
Nœud n31	60	0,04	83,81	23,81
Nœud n32	59,85	0,48	83,81	23,96
Nœud n33	58,29	0,57	83,81	25,52
Nœud n34	59,27	0,14	83,81	24,54
Nœud n35	61,84	0,04	85,77	23,93
Nœud n36	62,22	0,12	85,77	23,55
Nœud n39	62,89	0,08	85,78	22,89
Nœud n42	65,63	0,61	84,68	19,05

Suite tableau IV.7. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel en cas de pointe.

ID nœuds	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge(m)	Pression(m)
Nœud n43	67,01	0,28	84,61	17,6
Nœud n44	68,11	0,11	84,6	16,49
Nœud n100	65,6	1,98	59,11	-6,48
Nœud n101	65,07	1,03	46,06	-19
Nœud n45	64,12	0,51	84,45	20,33
Nœud n46	63,18	0,21	84,46	21,28
Nœud n47	63,15	0,08	84,46	21,31
Nœud n48	62,8	0,15	84,47	21,67
Nœud n49	63,21	0,09	83,92	20,71
Nœud n50	62,96	0,04	83,99	21,03
Nœud n51	63,21	0,05	84,01	20,8
Nœud n52	62,8	0,1	85,7	22,9
Nœud n53	62,79	0,21	85,4	22,61
Nœud n54	62,98	0,22	85,39	22,41
Nœud n55	62,45	0,21	85,33	22,88
Nœud n56	62,8	0,05	85,32	22,52
Nœud n57	62,44	0,03	85,33	22,89
Nœud n58	63,1	0,12	85,33	22,23
Nœud n59	63,55	0,09	85,38	21,83
Nœud n60	62,4	0,11	84,68	22,28
Nœud n61	63,3	0,18	85,81	22,51
Nœud n62	62,16	0,12	85,77	23,61
Nœud n63	62,7	0,08	85,77	23,07
Nœud n64	62,52	0,05	85,77	23,25
Nœud n65	61,95	0,14	84,65	22,7
Nœud n66	59,77	0,09	83,8	24,03
Nœud n67	59,33	0,48	83,5	24,17
Nœud n68	59,54	0,35	83,46	23,92
Nœud n69	59,31	0,23	83,44	24,13
Nœud n70	60,02	0,34	83,31	23,29
Nœud n71	60,45	0,38	82,62	22,17
Nœud n72	60,88	0,33	81,61	20,73
Nœud n73	60,06	0,14	81,56	21,5
Nœud n74	61,05	0,12	81,52	20,47
Nœud n75	61,01	0,18	81,51	20,5
Nœud n76	60,57	0,05	81,5	20,93
Nœud n79	60,19	0,08	81,55	21,36
Nœud n80	60,19	0,11	81,55	21,36
Nœud n81	59,5	0,1	82,58	23,08
Nœud n82	62,93	0,02	84,47	21,54

Suite tableau IV.7. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel en cas de pointe.

ID nœuds	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge(m)	Pression(m)
Nœud n83	62,66	0,03	84,46	21,8
Nœud n84	63,23	0,02	84,45	21,22
Nœud n85	64,28	0,13	84,4	20,12
Nœud n86	63,97	0,16	84,39	20,42
Nœud n87	63,8	0,09	84,38	20,58
Nœud n88	63,95	0,05	84,38	20,43
Nœud n89	64,76	0,05	84,39	19,63
Nœud n90	59,97	0,57	83,79	23,82
Nœud n91	61,45	0,17	80,5	19,05
Nœud n98	61,86	0,05	80,49	18,63
Nœud n92	61,69	0,7	80,54	18,85
Nœud n93	61,83	0,07	80,52	18,69
Nœud n94	61,11	0,05	80,49	19,38
Nœud n95	63,64	0,17	84,05	20,41
Nœud n96	62,14	0,04	84,65	22,51
Nœud BOUINAN	0	0	68,12	68,12
Nœud n105	68,11	0,94	68,12	0,01
Station de pompage	68,15	-3,95	68,14	0
Reservoir R500	82	-21,41	86	4

Tableau IV.8. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe.

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p12	69,98	80	-0,06	0,01	0
Tuyau p13	338,5	60	0,29	0,1	0,1
Tuyau p14	74,22	80	-0,76	0,15	0,07
Tuyau p15	248,9	60	0,21	0,07	0,05
Tuyau p17	172,5	80	-2,06	0,41	0,51
Tuyau p18	31,5	110	-2,4	0,25	0,03
Tuyau p19	30,28	110	-2,54	0,27	0,03
Tuyau p20	49,99	110	-2,71	0,29	0,05
Tuyau p21	270,5	110	-3,33	0,35	0,54
Tuyau p22	271,8	160	-4,58	0,23	0,27
Tuyau p23	93,54	80	2,34	0,47	0,37
Tuyau p24	168,6	80	-0,94	0,19	0,17
Tuyau p25	358,6	110	3,05	0,32	0,36
Tuyau p26	133,9	79,2	1,73	0,35	0,27
Tuyau p27	56,81	79,2	1,68	0,34	0,11

Suite tableau IV.8. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe.

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p28	147,1	79,2	0,09	0,02	0
Tuyau p29	199,6	79,2	-1,96	0,4	0,4
Tuyau p30	51,3	79,2	-3,01	0,61	0,26
Tuyau p32	85,41	200	-7,31	0,23	0,03
Tuyau p33	36,9	200	-7,63	0,24	0,01
Tuyau p34	59,12	200	7,91	0,25	0,02
Tuyau p35	308,7	110	2,87	0,3	0,4
Tuyau p36	128	79,2	2,5	0,51	0,51
Tuyau p37	3,9	79,2	0,76	0,15	0,002
Tuyau p38	107,5	79,2	0,17	0,03	0
Tuyau p39	45,01	79,2	0,04	0,01	0
Tuyau p40	50,57	80	0,45	0,09	0,01
Tuyau p41	401,5	80	-0,11	0,02	0
Tuyau p42	162,5	80	0,14	0,03	0
Tuyau p43	105,5	80	-0,82	0,16	0,11
Tuyau p44	43,64	96,8	-0,04	0,01	0
Tuyau p45	43,82	96,8	-0,21	0,03	0
Tuyau p46	46,02	96,8	-0,44	0,06	0
Tuyau p47	46,98	96,8	-0,75	0,1	0,01
Tuyau p48	18,92	96,8	4,62	0,63	0,08
Tuyau p49	373,2	96,8	3,25	0,44	0,75
Tuyau p50	137,1	96,8	2,55	0,35	0,14
Tuyau p51	209,2	96,8	1,11	0,15	0,06
Tuyau p52	106,8	96,8	0,59	0,08	0,01
Tuyau p56	355	35,2	1,03	1,06	12,78
Tuyau p61	374,1	80	0,83	0,16	0,22
Tuyau p62	168,5	80	-0,17	0,03	0
Tuyau p64	18,82	80	-0,51	0,1	0,004
Tuyau p65	134,2	80	-0,68	0,14	0,05
Tuyau p66	102,7	35,2	0,09	0,09	0,04
Tuyau p67	50,22	35,2	0,04	0,04	0,01
Tuyau p68	61,19	35,2	0,05	0,05	0,01
Tuyau p69	104,2	60	0,93	0,33	0,31
Tuyau p70	8,25	60	0,6	0,21	0,01
Tuyau p71	156	60	0,3	0,1	0,06
Tuyau p72	63,85	40	0,05	0,04	0
Tuyau p73	32,32	60	0,03	0,01	0
Tuyau p74	138,5	40	0,12	0,09	0
Tuyau p75	100,2	60	0,09	0,03	0
Tuyau p76	130	80	0,11	0,02	0
Tuyau p79	92,09	80	-0,08	0,02	0

Suite tableau IV.8. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe.

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p81	93,1	110	-4,52	0,48	0,28
Tuyau p82	31,09	160	-4,71	0,23	0,02
Tuyau p84	107,8	55,4	0,09	0,04	0
Tuyau p85	15,95	79,2	1,4	0,29	0,02
Tuyau p86	142,3	79,2	0,59	0,12	0,04
Tuyau p87	275,7	80	0,23	0,05	0
Tuyau p88	401,2	60	0,34	0,12	0,2
Tuyau p90	224,6	60	1,18	0,42	0,9
Tuyau p91	25,93	60	0,74	0,26	0,05
Tuyau p92	45,4	60	0,53	0,19	0,05
Tuyau p93	23,06	60	0,34	0,12	0,02
Tuyau p94	58,69	60	0,05	0,02	0
Tuyau p95	129,1	40	0,11	0,09	0,05
Tuyau p96	76,08	40	0,06	0,05	0,01
Tuyau p97	90,2	40	0,08	0,06	0,01
Tuyau p98	134,3	40	0,11	0,09	0,13
Tuyau p99	115,8	40	0,1	0,08	0,03
Tuyau p100	25,53	40	0,02	0,02	0
Tuyau p101	32,91	40	0,03	0,02	0
Tuyau p103	63,45	60	0,48	0,17	0,06
Tuyau p104	27,29	60	0,3	0,1	0,01
Tuyau p105	106,3	60	0,09	0,03	0
Tuyau p108	19,61	79,2	1,61	0,33	0,04
Tuyau p110	52,92	35,2	0,05	0,05	0,01
Tuyau p111	83,98	35,2	0,07	0,07	0,02
Tuyau p113	199,6	60	0,17	0,06	0,02
Tuyau p117	46,33	110	0,04	0	0
Tuyau p119	30,79	141	5,45	0,35	0,03
Tuyau p120	10	79,2	0,24	0,05	0
Tuyau p121	139,3	55,4	0,12	0,05	0
Tuyau p122	10	79,2	0,26	0,05	0
Tuyau p123	146,1	55,4	0,12	0,05	0
Tuyau p128	10,21	79,2	1,03	0,21	0,01
Tuyau 1	428,3	60	-0,48	0,17	0,43
Tuyau 2	16,54	141	21,41	1,37	0,18
Tuyau 3	46,86	80	-0,4	0,08	0,01
Tuyau 4	54,18	40	0,05	0,04	0
Tuyau 5	65,25	40	0,05	0,04	0
Tuyau 6	28,62	40	0,02	0,02	0

Suite tableau IV.8. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe.

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau 7	393,8	80	1,58	0,31	0,79
Tuyau 8	180,9	141	-15,78	1,01	1,09
Tuyau 10	106,4	60	1,66	0,59	0,85
Tuyau 11	62,16	35,2	-0,05	0,05	0,01
Tuyau 12	19,74	80	-0,48	0,1	0,004
Tuyau 13	160,78	80	0,14	0,03	0
Tuyau 14	111,05	80	0,09	0,02	0
Tuyau 15	85,55	53,6	-0,27	0,12	0,1
Tuyau 16	652,89	53,6	1,04	0,46	3,26
Tuyau 18	321,8	55,4	3,01	1,25	9,01
Tuyau 19	43,29	152	3,95	0,22	0,02

Interprétation :

On remarque que les pressions sont acceptables dans le réseau, sauf pour le sous réseau où on trouve des pressions négatives.

Pour les tronçons on remarque qu'on a des vitesses très faibles (inférieur à 0,5 m/s) parfois même nulles ce qui va causer des dépôts dans le réseau d'AEP.

IV .2. 2. b. Résultats de simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe+incendie :

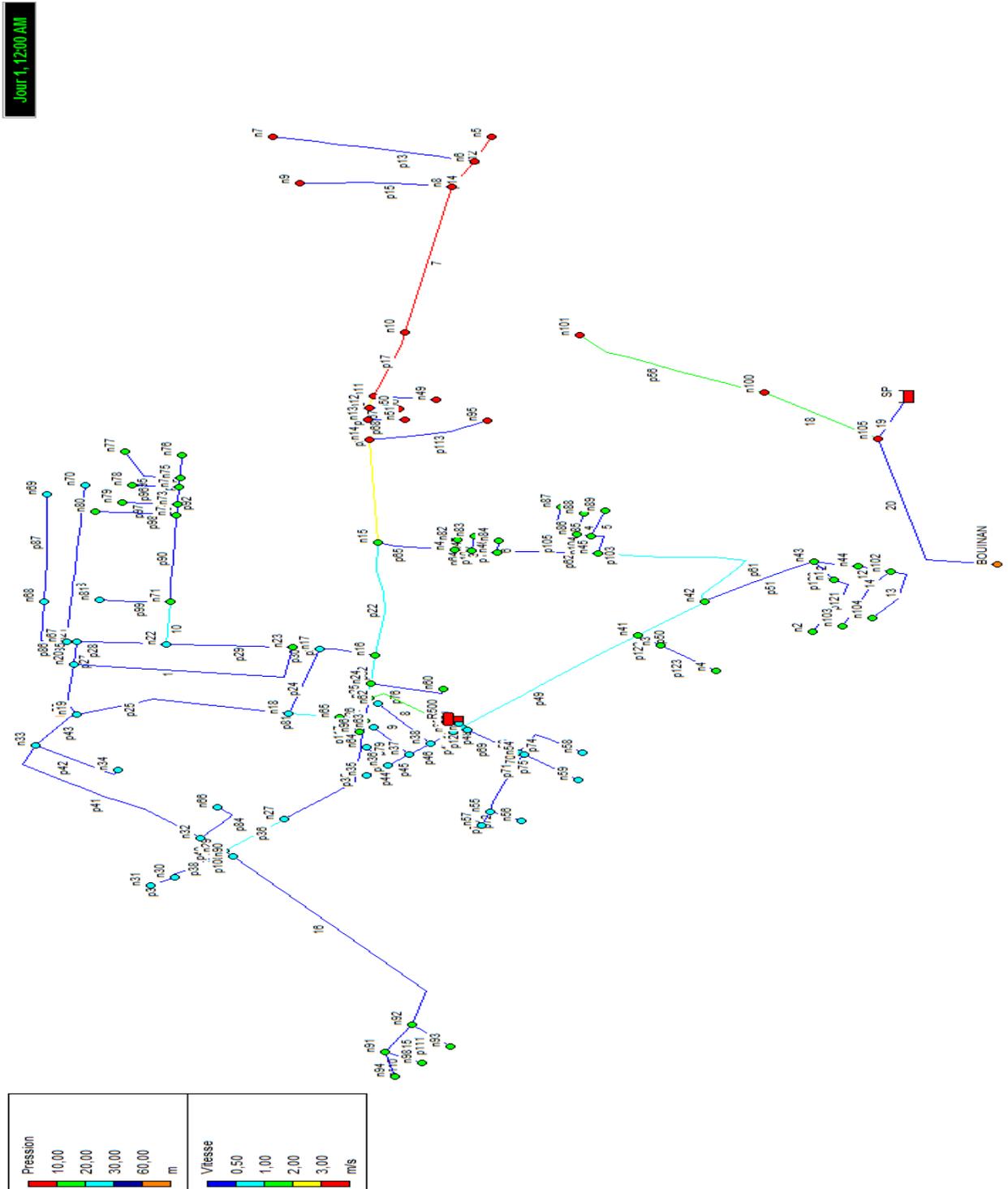


Figure IV.17: simulation du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe+incendie.

Tableau IV.9. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel en cas de pointe+incendie (**Annexe**).

Tableau IV.10. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe+incendie (**Annexe**).

Interprétation :

On remarque qu'on a beaucoup de dépressions, le réseau a un fonctionnement anormal en cas de pointe+incendie.

Pour les tronçons on remarque qu'on a des vitesses qui varient entre très faibles parfois même nulles et d'autres qui sont fortes.

IV .2. 2. c. Résultats de simulation du réseau existant à l’horizon (2050) en cas de pointe:

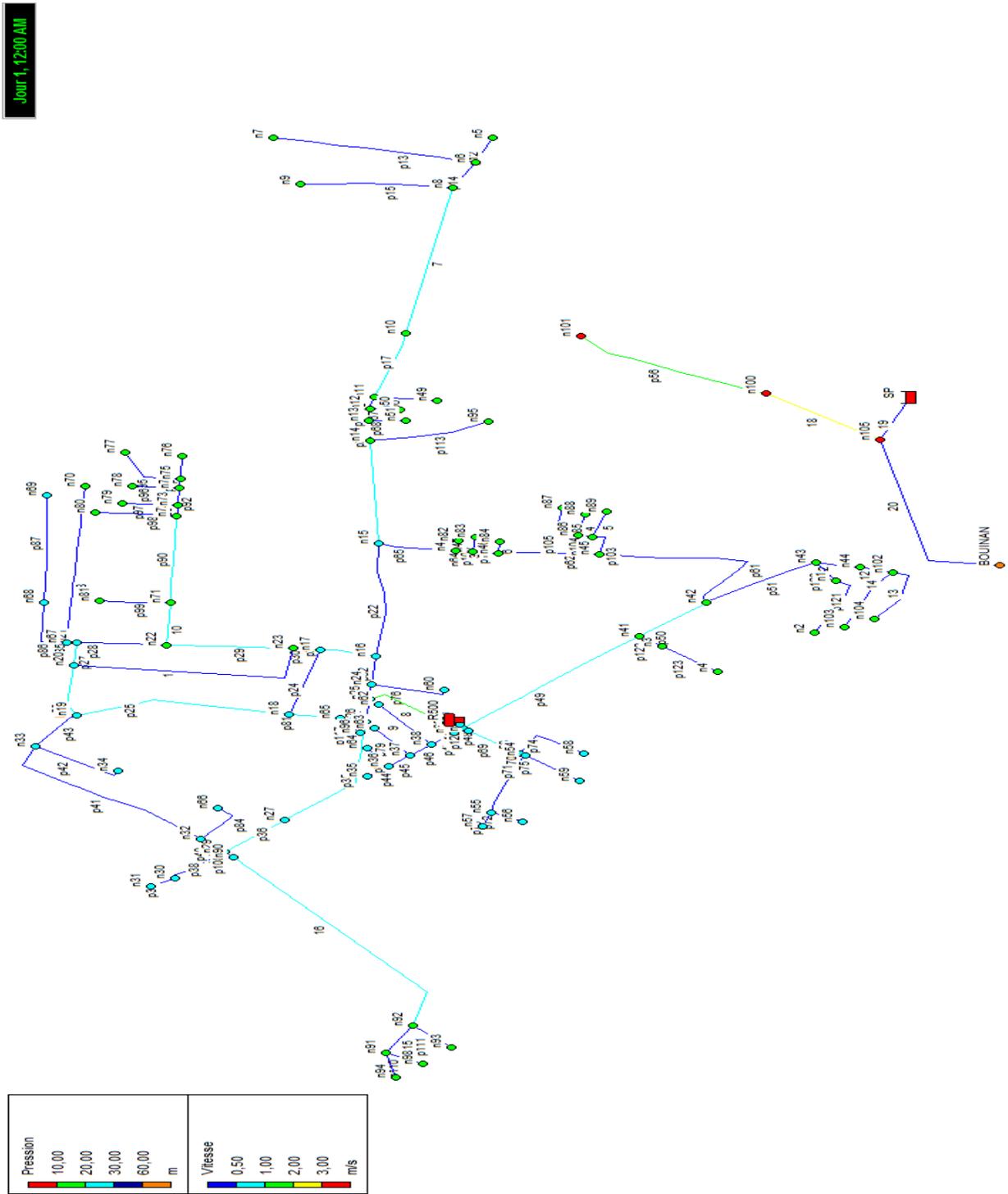


Figure IV.18 : simulation du réseau existant à l’horizon (2050) en cas de pointe.

Tableau IV.11. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe (**Annexe**).

Tableau IV.12. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe (**Annexe**).

Interprétation :

On remarque qu'on a quelques pressions négatives dans certains nœuds et les autres pressions sont normales.

Pour les tronçons on remarque qu'on a des vitesses très faibles dans certains tronçons, parfois même nulles.

IV .2. 2. d. Résultats de simulation du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe +incendie:

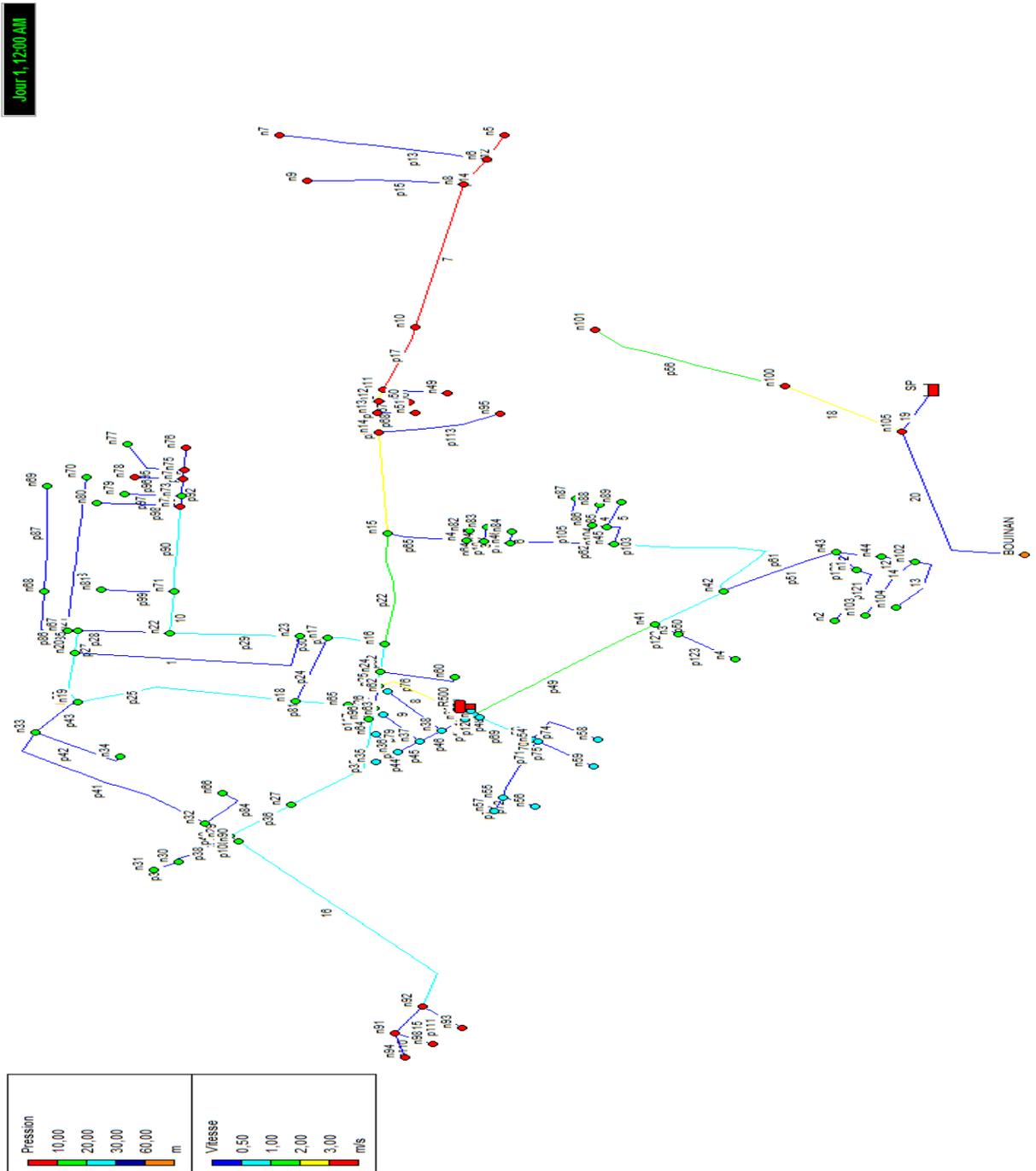


Figure IV.19 : simulation du réseau existant à l'horizon (2050) en cas de pointe + incendie.

Tableau IV.13. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe+incendie (Annexe).

Tableau IV.14. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe +incendie (Annexe).

Interprétation :

On remarque qu'on a beaucoup de pressions négatives et le réseau fonctionne mal dans ce cas.

Pour les tronçons on remarque que les vitesses varient entre très grandes vitesses et parfois des vitesses très faibles.

IV .2. 3. Simulation de l'adduction :

Comme on a mentionné auparavant l'agglomération de Maasouma est alimentée par deux forages, ces forages refoulent l'eau au réservoir surélevé R500 à l'aide de 3 conduites en PVC dont on a cité leurs caractéristiques en chapitre 01.

On a introduit ces différentes données dans le logiciel EPANET et on a lancé la simulation, les résultats de la simulation sont représentés dans la figure suivante :

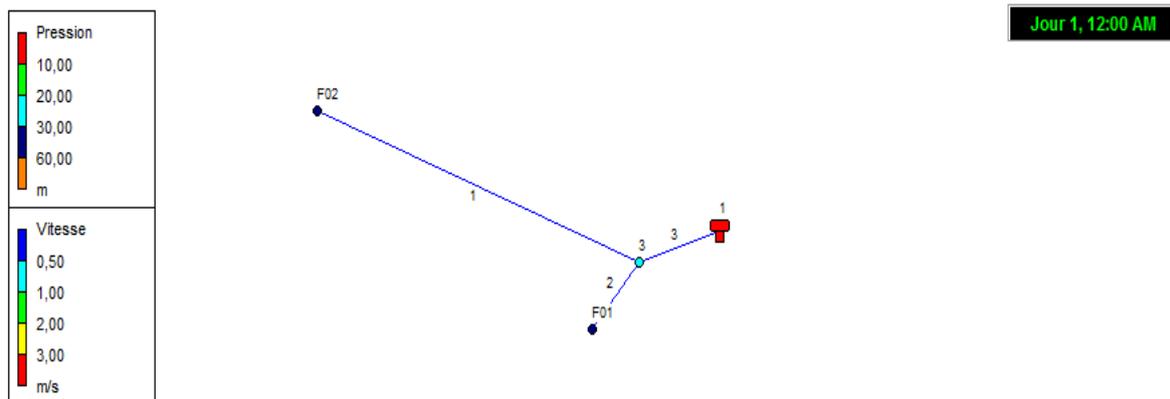


Figure IV.20 : simulation de l'adduction.

Tableau IV.15. Résultats aux nœuds de l'adduction.

Nœud	Altitude (m)	Débit (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
F02	40	-5	84,44	44,44
Jonction000	63	0	84,04	21,04
F01	47	-7	84,05	37,05

Tableau IV.16. Résultats aux tronçons de l'adduction.

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau 1	500	160	141	5	0,32	0,40
Tuyau 2	8	160	141	7	0,45	0,01
Tuyau 3	30	200	176,2	12	0,49	0,04

Interprétation :

On remarque pour l'adduction que les vitesses sont très faibles ce qui va engendrer des dépôts dans les conduites.

Pour les pressions on peut dire qu'elles sont acceptables.

Conclusion :

À la fin de cette phase, on conclut que le système d'alimentation en eau potable de Maasouma présente quelques anomalies au niveau du réseau de distribution et même au niveau des ouvrages hydraulique ainsi que pour l'adduction donc une réhabilitation du réseau et de l'adduction est indispensable pour répondre aux besoins de la population actuelle et future de Maasouma.

Pour les habitants qui ne sont pas alimentés par le réservoir de Maasouma (partie C) seront raccordés et alimentés par le réseau projeté, les autres parties D, E, F et G restent toujours alimenté par ce système.

Chapitre V : Etude de l'adduction.

L'objectif du présent chapitre consiste à déterminer des diamètres économiques pour les conduites d'adduction qui alimentent le réservoir R500 de Maasouma à partir des deux forages (F01 et F02).

On a changé le tracé de l'adduction pour avoir une adduction plus simple et est plus bonne du coté technique.

L'adduction est composée de 2 conduites qui refoulent l'eau au réservoir. La première conduite départ du forage F01, la deuxième conduite départ du forage F02 et les deux conduites arrivent au réservoir de stockage R500.

V .1. Types d'adduction :

On distingue trois types d'adduction :

- Adduction gravitaire.
- Adduction par refoulement.
- Adduction mixte.

V .1. 1. Adduction gravitaire :

Dans ce type d'adduction la source d'eau se situe à une cote supérieure à celle de l'ouvrage d'arrivée .L'écoulement peut y être en charge (le plus souvent), ou à surface libre (canaux à ciel ouvert ou aqueducs fermés) ^[8].

V .1. 2. Adduction par refoulement :

Dans l'adduction par refoulement la cote de la source est inférieure à celle de l'ouvrage d'arrivée. Alors un système de pompage est indispensable pour le transport de l'eau, l'écoulement est donc en charge ^[8].

V .1. 3. Adduction mixte :

On rencontre ce type d'adduction lorsque la configuration du site nous impose l'installation d'un ouvrage intermédiaire recevant l'eau gravitairement (ou par refoulement), et par la suite cette eau sera refouler (ou envoyée gravitairement) vers le réservoir de l'agglomération ^[8].

V .2. Choix du tracé de l'adduction :

Pour choisir un tracé pour la conduite de l'adduction on doit respecter les conditions suivantes ^[8]:

- Il faut choisir un chemin le plus direct que possible.
- Eviter les contre pentes, pour éviter les contentements d'air aux points hauts.
- Eviter les sur profondeurs et les ouvrages couteux ou fragiles.
- Choisir un tracé à coté de la route pour faciliter le transport du matériel et pour faciliter les travaux.

- Eviter autant que possible la traversée des rivières, routes, chemins de fer ou les massifs boisés.

V.3. Choix de type de canalisation :

Le choix du matériau de la canalisation se fait en fonction de différents aspects techniques en premier lieu et des aspects économiques en second lieu. Les aspects techniques les plus importants sont : le degré d'agressivité du sol où la canalisation doit être posée (milieu externe) et le degré d'agressivité du fluide à véhiculer (milieu interne), la pression à supporter. Pour les aspects économiques on a le prix et la disponibilité sur le marché.

Dans notre adduction on va choisir le PEHD comme matériau des canalisations, on mentionne quelques avantages de PEHD :

- Facile à poser (flexible).
- Résiste à la corrosion interne, externe et micro biologique.
- Durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement (durée de vie théorique est de 50 ans à 20°C).
- bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).
- Résiste aux mouvements de terrain.
- répond parfaitement aux normes de potabilité.
- Il possède un prix moins cher.
- Il est disponible sur le marché avec une vaste gamme de diamètres.

Donc le PEHD est le meilleur choix vu qu'il possède ces différentes propriétés et qu'il répond aux aspects techniques et économiques de choix de matériau de canalisation.

V.4. Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement :

Dans la pratique le diamètre optimal est déterminé par rapport à une fourchette de vitesse à respecter, ce diamètre est déterminé approximativement par les formules de Bresse et Bonin suivantes ^[2] :

- Formule de Bresse :

$$D_{éc} = 1,5 \cdot Q^{1/2} \quad (V.1)$$

- Formule de Bonin :

$$D_{éc} = Q^{1/2} \quad (V.2)$$

Avec :

Q : le débit à refouler en m³/s.

D : le diamètre économique en m.

- **Diamètre calculé de la conduite de refoulement entre F01 et R500 :**

Par la formule de Bresse : $D_{éc}=1,5 \sqrt{7 \cdot 10^{-3}}$ **➡** $D_{éc}=0,125 \text{ m} = 125 \text{ mm}$

Par la formule de Bonin : $D_{éc}=\sqrt{7 \cdot 10^{-3}}$ **➡** $D_{éc}=0,084 \text{ m} = 84 \text{ mm}$

- **Diamètre calculé de la conduite de refoulement entre F02 et R500 :**

Par la formule de Bresse : $D_{éc}=1,5 \sqrt{5 \cdot 10^{-3}}$ **➡** $D_{éc}=0,106 \text{ m} = 106 \text{ mm}$

Par la formule de Bonin : $D_{éc}=\sqrt{5 \cdot 10^{-3}}$ **➡** $D_{éc}=0,070 \text{ m} = 70 \text{ mm}$

Les formules de Bresse et Bonin donnent des diamètres calculés, qui ne sont pas normalisés, pour déterminer le diamètre économique normalisé, on considère plusieurs diamètres (généralement une gamme de diamètres normalisés au voisinage des diamètres économiques calculés), et on calcule d'une part les frais d'amortissement de la conduite et les frais d'exploitations après on va choisir le diamètre qui possède le plus faible cout et une vitesse acceptable.

V .4.1. Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante [8]:

$$F_{am} = P_{rc} \cdot L \cdot A \quad (V.3)$$

Avec:

F_{am} : frais d'amortissement en DA.

P_{rc} : prix total de la conduite de refoulement en DA.

L : Longueur de la conduite de refoulement en m.

A : frais d'annuité. Il est donné par la formule suivante:

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (V.4)$$

Avec :

i : Taux d'annuité, en Algérie on prend $i = 8 \%$

n : Nombre d'années d'amortissement, $n = 30$ ans

$$A = \frac{0.08}{(0.08+1)^{30} - 1} + 0.08 \quad \mathbf{\rightarrow} \quad A = 0.088 \text{ on prend } A = 0.09$$

Tableau V.1 : Frais d'amortissement de la conduite qui relie le forage F01 et le réservoir R500.

Diamètre extérieur (mm)	Prix de ml de conduite	longueur de la conduite (m)	Annuité	Frais d'amortissement (DA)
75	361,62	37	0,09	1204,19
90	526,75	37	0,09	1754,08
110	781,55	37	0,09	2602,56
125	1011,85	37	0,09	3369,46
160	1653,75	37	0,09	5506,99
200	2597	37	0,09	8648,01
250	4018	37	0,09	13379,94
315	6370	37	0,09	21212,1
400	10290	37	0,09	34265,7

Tableau V.2 : Frais d'amortissement de la conduite qui relie le forage F02 et le réservoir R500.

Diamètre extérieur (mm)	Prix de ml de conduite	longueur de la conduite (m)	Annuité	Frais d'amortissement (DA)
75	361,62	525	0,09	17086,55
90	526,75	525	0,09	24888,94
110	781,55	525	0,09	36928,24
125	1011,85	525	0,09	47809,91
160	1653,75	525	0,09	78139,69
200	2597	525	0,09	122708,25
250	4018	525	0,09	189850,5
315	6370	525	0,09	300982,5
400	10290	525	0,09	486202,5

V.4.2. Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation d'un système d'adduction sont évalués à partir de la consommation d'énergie et du prix du kilowattheure (KWh) ^[8]:

$$F_{ex} = E \cdot e \quad (V.5)$$

Avec :

F_{ex} : Frais d'exploitation en DA.

E : L'énergie consommé en une année (KWh).

e : Prix du kWh d'après Sonelgaz e=4,179 DA/KWh.

Donc pour calculer les frais d'exploitation il faut d'abord déterminer les pertes de charges H totales engendrées dans les conduites de refoulement, ensuite on détermine les hauteurs manométriques totales correspondant à chaque conduite.

La connaissance de la hauteur manométrique totale nous permet de calculer la puissance absorbée par la pompe, et donc l'énergie consommée ce qui va nous permet enfin de calculer les frais d'exploitations.

V.4.2.a. Calcul des pertes de charge :

- **Calcul des pertes de charge linéaires :**

Les pertes de charge linéaires dépendent de quelques paramètres qui sont les suivantes :

- ✓ La longueur L de la conduite en (m).
- ✓ Le débit Q transporté en (m³/s).
- ✓ diamètre D de la conduite en (m).
- ✓ la rugosité absolue exprimée en mm.

Les pertes de charges linéaires sont calculé par la formule de Darcy –Weisbach suivante :

$$\Delta H_L = \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (\text{V.6})$$

V: vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

ΔH_L : Pertes de charge linéaires en (m).

λ : coefficient de frottement.

g : accélération de la pesanteur g = 9,81 m/s²

Tout d'abord on doit calculer le nombre de Reynolds $Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$ (V.7)

Avec :

V : La vitesse d'écoulement en (m/s)

D : Le diamètre de la conduite (m).

ν : La viscosité cinématique de l'eau ($\nu=10^{-6}$ m²/s à 20°C).

Le coefficient λ dépend du régime d'écoulement qui est déterminé par le nombre de Reynolds ci-dessus. Après détermination du régime d'écoulement le coefficient de perte de charge est obtenu par les formules suivantes:

✓ **En régime turbulent rugueux ($Re > 560 \frac{D}{\varepsilon}$) :**

La formule utilisée est la formule de Nikuradse :

$$= (1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2} \quad (\text{V.8})$$

Avec :

D : diamètre de la conduite en mm.

: la rugosité absolue en mm (on prend pour le PEHD $\varepsilon = 0,01$ mm).

✓ **En régime transitoire ($10 \frac{D}{\varepsilon} < Re < 560 \frac{D}{\varepsilon}$) :**

La formule utilisée est la formule de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -0,86 \ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{V.9})$$

Pour la détermination de ce coefficient, on peut utiliser des diagrammes, le plus utilisé est le diagramme de Moody. Ces diagrammes et abaquages ne sont en réalité que des traductions graphiques des formules précitées ou d'autres formules, (**Annexe**).

- **Calcul des pertes de charge singulières :**

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets,...) Elles sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires :

$$\Delta H_S = 0,15 \cdot \Delta H_L \quad (\text{V.10})$$

- **Calcul des pertes de charge totales (H_T) :**

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad (\text{V.11})$$

V.4.2.b. Calcul de la hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique totale est la somme de pertes de charges totales et de la hauteur géométrique.

$$HMT = H_g + \Delta H_T \quad (\text{V.12})$$

Avec :

H_g : la hauteur géométrique = cote du trop plein (C_{TP}) – niveau de l'axe de la pompe (N_{axe}).

H_T : pertes de charge totales en (m).

Tableau V.3 : Calcul de la hauteur manométrique totale (forage F01).

Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	vitesse (m/s)	Reynolds	/D		ΔH_T (m)	H_g (m)	HMT (m)
75	61,4	2,36	144904	$1,63 \cdot 10^{-4}$	0,017	3,35	39	42,35
90	73,6	1,65	121440	$1,36 \cdot 10^{-4}$	0,018	1,45	39	40,45
110	90	1,10	99000	$1,11 \cdot 10^{-4}$	0,0186	0,54	39	39,54
125	102,2	0,85	86870	$9,78 \cdot 10^{-5}$	0,019	0,29	39	39,29
160	130,8	0,52	68016	$7,65 \cdot 10^{-5}$	0,0198	0,09	39	39,09
200	163,6	0,33	53988	$6,11 \cdot 10^{-5}$	0,02	0,03	39	39,03
250	204,6	0,21	42966	$4,89 \cdot 10^{-5}$	0,021	0,01	39	39,01
315	257,6	0,13	33488	$3,88 \cdot 10^{-5}$	0,022	0,00	39	39,00
400	327,4	0,08	26192	$3,05 \cdot 10^{-5}$	0,024	0,00	39	39,00

Tableau V.4: Calcul de la hauteur manométrique totale (le forage F02).

Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	vitesse (m/s)	Reynolds	/D		ΔH_T (m)	H_g (m)	HMT(m)
75	61,4	1,69	103766	$1,63 \cdot 10^{-4}$	0,0187	26,77	46	72,77
90	73,6	1,18	86848	$1,36 \cdot 10^{-4}$	0,019	11,06	46	57,06
110	90	0,79	71100	$1,11 \cdot 10^{-4}$	0,0198	4,22	46	50,22
125	102,2	0,61	62342	$9,78 \cdot 10^{-5}$	0,020	2,24	46	48,24
160	130,8	0,37	48396	$7,65 \cdot 10^{-5}$	0,021	0,68	46	46,68
200	163,6	0,24	39264	$6,11 \cdot 10^{-5}$	0,022	0,24	46	46,24
250	204,6	0,15	30690	$4,89 \cdot 10^{-5}$	0,023	0,08	46	46,08
315	257,6	0,10	25760	$3,88 \cdot 10^{-5}$	0,024	0,02	46	46,02
400	327,4	0,06	19644	$3,05 \cdot 10^{-5}$	0,026	0,01	46	46,01

V.4.2.c. Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie à pompe, définie comme suit:

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot HMT}{\eta} \quad (V.13)$$

P : puissance absorbée par la pompe en KW

η : rendement de la pompe =80 %

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

g: l'accélération de la pesanteur (9.81 m/s²).

V.4.2.d. Énergie consommée annuellement par la pompe :

$$E = P. t. 365 \quad (V.14)$$

E : l'énergie consommée par la pompe dans une année en KWh

P: la puissance absorbée par la pompe en (KW)

t: le temps de pompage par jour en heure dans notre cas t =24h.

Tableau V.5: Frais d'exploitation de la station de pompage (F01)

Diamètre (mm)	Puissance absorbée (KW)	l'énergie consommée (KWh)	frais d'exploitation (DA)
75	3,64	31844,51	133078,21
90	3,47	30415,83	127107,79
110	3,39	29669,23	123987,73
125	3,37	29512,45	123332,55
160	3,35	29382,81	122791,12
200	3,35	29345,07	122633,06
250	3,35	29332,28	122579,58
315	3,35	29327,77	122560,76
400	3,35	29326,24	122554,36

Tableau V.6 : Frais d'exploitation de la station de pompage (F02).

Diamètre (mm)	Puissance absorbée (KW)	l'énergie consommée (KWh)	frais d'exploitation (DA)
75	4,46	39084,59	163334,48
90	3,50	30646,78	128072,91
110	3,08	26973,04	112720,32
125	2,96	25909,58	108276,15
160	2,86	25071,71	104774,68
200	2,84	24835,39	103787,09
250	2,83	24749,45	103427,96
315	2,82	24717,23	103293,29
400	2,82	24717,23	103293,29

V.5. Détermination du Bilan total :

Tableau V.7: Cout total de la conduite qui relie le forage F01 et le réservoir R500.

Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Cout total (DA)
75	61,4	1204,19	133078,21	134282,4
90	73,6	1754,08	127107,79	128861,87
110	90	2602,56	123987,73	126590,29
125	102,2	3369,46	123332,55	126702,01
160	130,8	5506,99	122791,12	128298,11
200	163,6	8648,01	122633,06	131281,07
250	204,6	13379,94	122579,58	135959,52
315	257,6	21212,1	122560,76	143772,86
400	327,4	34265,7	122554,36	156820,06

Le graphe suivant représente le prix total en fonction du diamètre :

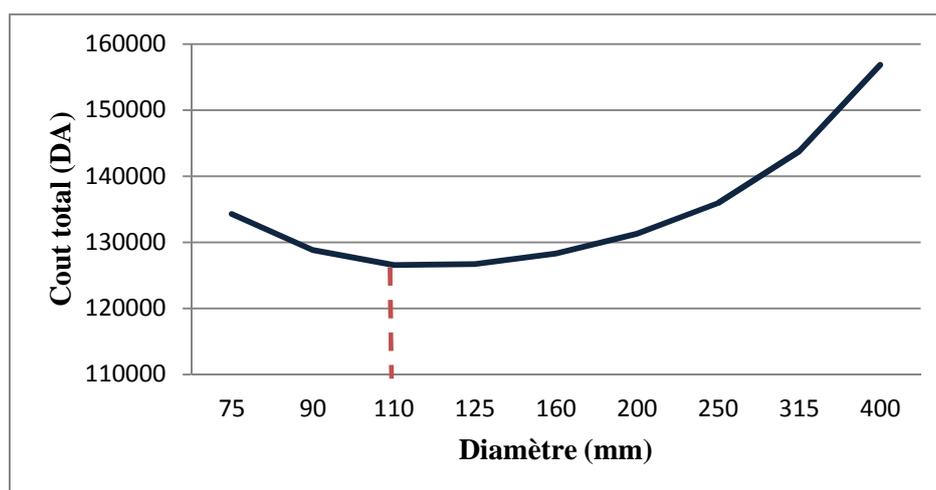


Figure V.1 : représente le cout total de la conduite F01-R500 en fonction du diamètre.

Donc à partir du tableau et la courbe précédentes on peut déterminer le diamètre économique qui possède le plus faible cout et une vitesse acceptable. Les propriétés de la conduite qui refoule l'eau du forage F01 au réservoir R500 sont représentés dans le tableau suivant :

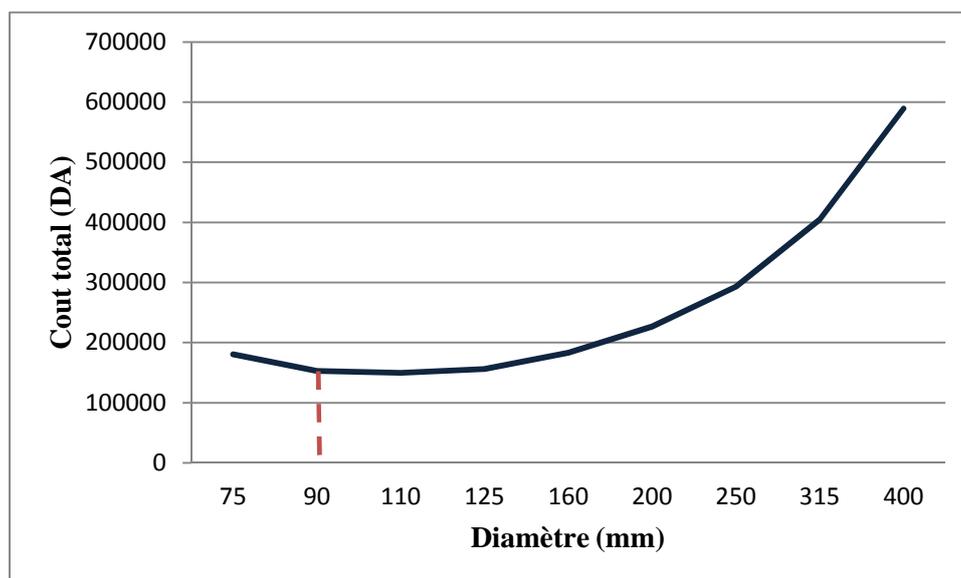
Tableau V.8 : caractéristiques de la conduite d'adduction F01-R500.

Longueur (m)	Débit (l/s)	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Vitesse (m/s)
37	7	110	90	1,10

Tableau V.9 : Cout total de la conduite qui relie le forage F02 et le réservoir R500.

Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Cout total (DA)
75	61,4	17086,55	163334,48	180421,03
90	73,6	24888,94	128072,91	152961,85
110	90	36928,24	112720,32	149648,56
125	102,2	47809,91	108276,15	156086,06
160	130,8	78139,69	104774,68	182914,37
200	163,6	122708,25	103787,09	226495,34
250	204,6	189850,5	103427,96	293277,79
315	257,6	300982,5	103293,29	404275,79
400	327,4	486202,5	103293,29	589495,79

Le graphe suivant représente le Cout total en fonction du diamètre :

**Figure V.2** : représente le cout total de la conduite F02-R500 en fonction du diamètre.

D'après le tableau et la courbe précédentes on peut déterminer le diamètre économique. Les propriétés de la conduite qui refoule l'eau du forage F01 au réservoir R500 sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.10 : caractéristiques de la conduite d'adduction F02-R500

Longueur (m)	Débit (l/s)	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Vitesse (m/s)
525	5	90	73,6	1,18

Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait une étude technico-économique pour déterminer un diamètre économique pour les deux conduites d'adduction de l'agglomération de Maasouma.

Ces diamètres économiques vont permettre un bon fonctionnement de l'adduction et vont empêcher les dépôts des particules causées par les faibles vitesses (le problème de l'ancienne adduction).

Chapitre VI : Réhabilitation.

Le diagnostic qu'on a fait sur le réseau de Maasouma montre que le réseau présente beaucoup d'anomalies comme les faibles vitesses et le vieillissement des conduites en acier galvaniser et en amiante ciment qui ne sont plus utiliser dans les réseaux d'alimentation en au potable car ces types du matériau provoque des problèmes de santé pour les travailleurs et aussi pour les consommateurs .

Pour cela on va projeter un réseau qui peut répondre aux besoins des habitants de Maasouma.Ce. Ce réseau est constitué de quelques conduites déjà existé en PEHD (récemment réhabilités) et de nouvelles conduites en matériau de PEHD.

VI .1. Choix de type de réseau :

Le réseau projeté est un réseau mixte (réseau ramifié et maillé), on a réalisé le tracé avec le logiciel autocad.

On raccord la partie C (alimenté auparavant par la station de pompage) au réseau de Maasouma pour quelle soit alimentée par le réservoir R500.

VI .2. Choix de matériau des conduites :

Comme on a dit dans l'introduction de ce chapitre on va choisir le PEHD dans le nouveau réseau pour les raisons suivantes :

- Le PEHD est disponible dans le marché national.
- Il possède un prix moins cher.
- Il a une faible rugosité.
- Facile à poser.
- Résiste bien à la corrosion.
- Il retard l'entartrage.
- Possède une durée de vie plus au moins longue.

VI .3. Calcul hydraulique du réseau projeté :

Le calcul hydraulique du réseau est basé sur deux hypothèses principales^[8] :

- Apport du réseau de distribution 24 heures/24 heures
- Consommation du débit est uniforme le long de la conduite
- L'heure de pointe correspond à la période ou la consommation atteint son maximum.

VI .3.1. Calcul du débit spécifique :

Pour le réseau projeté on a raccordé le sous réseau C au réseau de Maasouma donc toutes les parties constituants la zone d'étude seront alimenter par le réservoir R500.

Le débit max journaliers utilisé dans le dimensionnement du réseau projeté sera la somme du débit max journalier du réseau et du débit max journalier du sous réseau C.

Donc $Q_{\max j} = 2051,96 + 375,38 = 2427,34 \text{ m}^3/\text{j}$

Le débit est défini comme étant le volume d'eau transitant à travers un mètre de conduite pendant une seconde^[8].

$$q_{\text{sp}} = Q_{\text{pte}} / \sum L_i \quad (\text{VI.1})$$

Avec :

q_{sp} : débit spécifique (l/s/ml).

Q_{pte} : Débit de pointe (l/s).

$\sum L_i$: La somme des longueurs de tous les tronçons du réseau.

VI .3.2. Calcul des débits par tronçon :

Ces débits sont obtenu par^[8] :

$$Q_{\text{tr}} = q_{\text{sp}} \times L_i \quad (\text{VI.2})$$

Avec :

Q_{tr} : débit pour chaque tronçon.

q_{sp} : débit spécifique.

L_i : la longueur de chaque tronçon.

VI .3.3. Calcul des débits nodaux :

Le débit nodal, comme son nom l'indique c'est le débit qui sort au niveau de chaque nœud du réseau, pour alimenter les consommateurs.

Le débit nodal se calcul par l'expression suivante^[8]:

$$Q_n = 0,5 \times \sum Q_{\text{tri}} \quad (\text{VI.3})$$

A partir du tableau de consommation horaire suivant :

Tableau VI.1 : variation des débits horaires à l'horizon (2050).

Heures	Domestique		Cumul	
	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)	C _h (%)	Q _h (m ³ /h)
0-1	1,50	36,41	1,50	36,41
1-2	1,50	36,41	3,00	72,82
2-3	1,50	36,41	4,50	109,23
3-4	1,50	36,41	6,00	145,64
4-5	2,50	60,68	8,50	206,32
5-6	3,50	84,96	12,00	291,28
6-7	4,50	109,23	16,50	400,51
7-8	5,50	133,50	22,00	534,01
8-9	6,25	151,71	28,25	685,72
9-10	6,25	151,71	34,50	837,43
10-11	6,25	151,71	40,75	989,14
11-12	6,25	151,71	47,00	1140,85
12-13	5,00	121,37	52,00	1262,21
13-14	5,00	121,37	57,00	1383,58
14-15	5,50	133,50	62,50	1517,08
15-16	6,00	145,64	68,50	1662,72
16-17	6,00	145,64	74,50	1808,36
17-18	5,50	133,50	80,00	1941,87
18-19	5,00	121,37	85,00	2063,23
19-20	4,50	109,23	89,50	2172,46
20-21	4,00	97,09	93,50	2269,56
21-22	3,00	72,82	96,50	2342,38
22-23	2,00	48,55	98,50	2390,92
23-24	1,50	36,41	100,00	2427,33

Et à partir du tracé du réseau on obtient :

$$Q_{\max h} = 42,14 \text{ l/s}$$

$$\sum L_i = 15636,47 \text{ m.}$$

$$q_{sp} = 0,0027 \text{ l/s/m.}$$

Les débits nodaux du réseau projeté sont calculés dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n1	n1-n2	138,66	138,66	0,0027	0,37	0,19
n2	n2-n1	138,66	813,91		0,37	1,10
	n2-n3	1,75			0,01	
	n2-n4	673,5			1,82	
n3	n3-n2	1,75	331,48		0,01	0,45
	n3-n9	52,49			0,14	
	n3-n55	277,24			0,75	
n4	n4-n2	673,5	855,12		1,82	1,16
	n4-n5	94,65			0,26	
	n4-n6	86,97			0,24	
n5	n5-n4	94,65	94,65		0,26	0,13
n6	n6-n4	86,97	256,91		0,24	0,35
	n6-n7	91,64			0,25	
	n6-n8	78,3			0,21	
n7	n7-n6	91,64	91,64		0,25	0,12
n8	n8-n6	78,3	78,3		0,21	0,11
n9	n9-n3	52,49	515,31		0,14	0,70
	n9-n10	70,45			0,19	
	n9-n11	392,37			1,06	
n10	n10-n9	70,45	70,45		0,19	0,10
n11	n11-n9	392,37	656,21	1,06	0,89	
	n11-n12	158,49		0,43		
	n11-n13	105,35		0,28		
n12	n12-n11	158,49	158,49	0,43	0,21	
n13	n13-n11	105,35	392,99	0,28	0,53	
	n13-n14	156,54		0,42		
	n13-n36	131,1		0,35		
n14	n14-n13	156,54	433,84	0,42	0,59	
	n14-n15	77,76		0,21		
	n14-n16	199,54		0,54		
n15	n15-n14	77,76	77,76	0,21	0,11	
n16	n16-n14	199,54	490,13	0,54	0,66	
	n16-n17	124,19		0,34		
	n16-n21	166,4		0,45		
n17	n17-n16	124,19	342,75	0,34	0,46	
	n17-n18	61,84		0,17		
	n17-n55	156,72		0,42		

Suite Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n18	n18-n17	61,84	104,17	0,0027	0,17	0,14
	n18-n19	36,67			0,10	
	n18-n58	5,66			0,02	
n19	n19-n18	36,67	233,73		0,10	0,32
	n19-n20	83,38			0,23	
	n19-n66	113,68			0,31	
n20	n20-n19	83,38	452,82		0,23	0,61
	n20-n21	96,93			0,26	
	n20-n73	272,51			0,74	
n21	n21-n16	166,4	277,66		0,45	0,38
	n21-n20	96,93			0,26	
	n21-n117	14,33			0,04	
n22	n22-n23	47,53	178,05		0,13	0,24
	n22-n26	96,25			0,26	
	n22-n117	34,27			0,09	
n23	n23-n22	47,53	254,89		0,13	0,34
	n23-n24	123,33			0,33	
	n23-n25	84,03			0,23	
n24	n24-n23	123,33	207,97		0,33	0,28
	n24-n25	42,41			0,12	
	n24-n28	42,23			0,11	
n25	n25-n23	84,03	172,25		0,23	0,23
	n25-n24	42,41			0,12	
	n25-n26	45,81			0,12	
n26	n26-n22	96,25	180,26		0,26	0,24
	n26-n25	45,81			0,12	
	n26-n27	38,2			0,10	
n27	n27-n26	38,2	163,27		0,10	0,22
	n27-n28	81,41			0,22	
	n27-n29	43,66			0,12	
n28	n28-n24	42,23	167,85	0,11	0,23	
	n28-n27	81,41		0,22		
	n28-n30	44,21		0,12		
n29	n29-n27	43,66	139,42	0,12	0,19	
	n29-n30	75,37		0,20		
	n29-n31	20,39		0,06		

Suite Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n30	n30-n28	44,21	202,42	0,0027	0,12	0,27
	n30-n29	75,37			0,20	
	n30-n33	82,84			0,22	
n31	n31-n29	20,39	188,85		0,06	0,26
	n31-n32	62,34			0,17	
	n31-n39	106,12			0,29	
n32	n32-n31	62,34	168,82		0,17	0,23
	n32-n33	68,8			0,19	
	n32-n35	37,68			0,10	
n33	n33-n30	82,84	189,4		0,22	0,26
	n33-n32	68,8			0,19	
	n33-n34	37,76			0,10	
n34	n34-n33	37,76	155		0,10	0,21
	n34-n35	67,13			0,18	
	n34-n36	50,11			0,14	
n35	n35-n32	37,68	149,22		0,10	0,20
	n35-n34	67,13			0,18	
	n35-n37	44,41			0,12	
n36	n36-n13	131,1	240,87		0,35	0,33
	n36-n34	50,11			0,14	
	n36-n37	59,66			0,16	
n37	n37-n35	44,41	123,7		0,12	0,17
	n37-n36	59,66			0,16	
	n37-n38	19,63			0,05	
n38	n38-n37	19,63	473,59		0,05	0,64
	n38-n50	410,99			1,11	
	n38-n51	42,97			0,12	
n39	n39-n31	106,12	449,88		0,29	0,61
	n39-n40	115,61			0,31	
	n39-n41	228,15			0,62	
n40	n40-n39	115,61	115,61	0,31	0,16	
n41	n41-n39	228,15	405,18	0,62	0,55	
	n41-n42	151,21		0,41		
	n41-n43	25,82		0,07		
n42	n42-n41	151,21	151,21	0,41	0,20	
n43	n43-n41	25,82	156,98	0,07	0,21	
	n43-n44	88,85		0,24		
	n43-n45	42,31		0,11		

Suite Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n44	n44-n43	88,85	88,85	0,0027	0,24	0,12
n45	n45-n43	42,31	133,78		0,11	0,18
	n45-n46	68,76			0,19	
	n45-n47	22,71			0,06	
n46	n46-n45	68,76	68,76		0,19	0,09
n47	n47-n45	22,71	219,68		0,06	0,30
	n47-n48	129,68			0,35	
	n47-n49	67,29			0,18	
n48	n48-n47	129,68	129,68		0,35	0,18
n49	n49-n47	67,29	67,29		0,18	0,09
n50	n50-n38	410,99	410,99		1,11	0,56
n51	n51-n38	42,97	187,12		0,12	0,25
	n51-n52	97			0,26	
	n51-n54	47,15			0,13	
n52	n52-n51	97	374,54		0,26	0,51
	n52-n53	277,54			0,75	
n53	n53-n52	277,54	277,54		0,75	0,38
n54	n54-n51	47,15	47,15		0,13	0,06
n55	n55-n3	277,24	637,95		0,75	0,86
	n55-n17	156,72			0,42	
	n55-n56	203,99			0,55	
n56	n56-n55	203,99	248,93		0,55	0,34
	n56-n57	27,39			0,07	
	n56-n67	17,55			0,05	
n57	n57-n56	27,39	162,46		0,07	0,22
	n57-n58	135,07			0,37	
n58	n58-n18	5,66	148,8		0,02	0,20
	n58-n57	135,07			0,37	
	n58-n59	8,07		0,02		
n59	n59-n58	8,07	209,8	0,02	0,28	
	n59-n60	144,1		0,39		
	n59-n61	57,63		0,16		
n60	n60-n59	144,1	144,1	0,39	0,20	
n61	n61-n59	57,63	217,71	0,16	0,30	
	n61-n62	102,7		0,28		
	n61-n63	57,38		0,16		
n62	n62-n61	102,7	102,7	0,28	0,14	
n63	n63-n61	57,38	141,85	0,16	0,19	
	n63-n64	63,16		0,17		
	n63-n65	21,31		0,06		

Suite Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n64	n64-n63	63,16	63,16	0,0027	0,17	0,09
n65	n65-n63	21,31	21,31		0,06	0,03
n66	n66-n19	113,68	113,68		0,31	0,15
n67	n67-n56	17,55	462,3		0,05	0,62
	n67-n68	117,74			0,32	
	n67-n119	327,01			0,88	
n68	n68-n67	117,74	260,12		0,32	0,35
	n68-n69	137,21			0,37	
	n68-n70	5,17			0,01	
n69	n69-n68	137,21	137,21		0,37	0,19
n70	n70-n68	5,17	315,76		0,01	0,43
	n70-n71	188,04			0,51	
	n70-n72	122,55			0,33	
n71	n71-n70	188,04	188,04		0,51	0,25
n72	n72-n70	122,55	122,55		0,331	0,17
n73	n73-n20	272,51	740,27		0,74	0,10
	n73-n74	197,69			0,53	
	n73-n103	270,07			0,73	
n74	n74-n73	197,69	397,01		0,53	0,54
	n74-n75	28,25			0,08	
	n74-n76	171,07			0,46	
n75	n75-n74	28,25	28,25		0,08	0,04
n76	n76-n74	171,07	391,39		0,46	0,53
	n76-n77	196,12			0,53	
	n76-n78	24,2			0,07	
n77	n77-n76	196,12	196,12		0,53	0,27
n78	n78-n76	24,2	219,76		0,07	0,30
	n78-n79	108,83			0,29	
	n78-n80	86,73			0,23	
n79	n79-n78	108,83	108,83		0,29	0,15
n80	n80-n78	86,73	341,51	0,23	0,46	
	n80-n81	125,88		0,34		
	n80-n82	128,9		0,35		
n81	n81-n80	125,88	125,88	0,34	0,17	
n82	n82-n80	128,9	128,9	0,35	0,17	
n83	n83-n84	5,35	329	0,01	0,44	
	n83-n91	319,74		0,86		
	n83-n119	3,91		0,01		

Suite Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n84	n84-n83	5,35	246,83	0,0027	0,01	0,33
	n84-n85	195,67			0,53	
	n84-n86	45,81			0,12	
n85	n85-n84	195,67	195,67		0,53	0,26
n86	n86-n84	45,81	206,82		0,12	0,28
	n86-n87	131,18			0,35	
	n86-n88	29,83			0,08	
n87	n87-n86	131,18	131,18		0,35	0,18
n88	n88-n86	29,83	342,18		0,08	0,46
	n88-n89	125			0,34	
	n88-n90	187,35			0,51	
n89	n89-n88	125	125		0,34	0,17
n90	n90-n88	187,35	187,35		0,51	0,25
n91	n91-n83	319,74	1079,05		0,86	1,46
	n91-n92	4,76			0,01	
	n91-n99	754,55		2,04		
n92	n92-n91	4,76	166,49	0,01	0,23	
	n92-n93	128,1		0,35		
	n92-n94	33,63		0,09		
n93	n93-n92	128,1	128,1	0,35	0,17	
n94	n94-n92	33,63	164,42	0,09	0,22	
	n94-n95	97,21		0,26		
	n94-n96	33,58		0,09		
n95	n95-n94	97,21	97,21	0,26	0,13	
n96	n96-n94	33,58	411,22	0,09	0,56	
	n96-n97	145,26		0,39		
	n96-n98	232,38		0,63		
n97	n97-n96	145,26	145,26	0,39	0,20	
n98	n98-n96	232,38	232,38	0,63	0,31	
n99	n99-n91	754,55	1373,64	2,04	1,86	
	n99-n100	168,53		0,46		
	n99-n101	450,56		1,22		
n100	n100-n99	168,53	168,53	0,46	0,23	
n101	n101-n99	450,56	450,56	1,22	0,61	
n102	n102-n103	204	204	0,55	0,28	
n103	n103-n73	270,07	526,67	0,73	0,71	
	n103-n102	204		0,55		
	n103-n104	52,6		0,14		

Suite Tableau VI.2 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n104	n104-n103	52,6	141,93	0,0027	0,14	0,19
	n104-n105	61,3			0,17	
	n104-n106	28,03			0,08	
n105	n105-n104	61,3	61,3		0,17	0,08
n106	n106-n104	28,03	109,68		0,08	0,15
	n106-n107	49,34			0,13	
	n106-n108	32,31			0,09	
n107	n107-n106	49,34	49,34		0,13	0,07
n108	n108-n106	32,31	674,63		0,09	0,91
	n108-n109	80,56			0,22	
	n108-n110	561,76			1,52	
n109	n109-n108	80,56	80,56		0,22	0,11
n110	n110-n108	561,76	862,5		1,52	1,16
	n110-n111	244,09			0,66	
	n110-n112	56,65			0,15	
n111	n111-n110	244,09	244,09		0,66	0,33
n112	n112-n110	56,65	353,52		0,15	0,48
	n112-n113	275,25			0,74	
	n112-n114	21,62			0,06	
n113	n113-n112	275,25	275,25		0,74	0,37
n114	n114-n112	21,62	427,58	0,06	0,58	
	n114-n115	336,46		0,91		
	n114-n116	69,5		0,19		
n115	n115-n114	336,46	336,46	0,91	0,45	
n116	n116-n114	69,5	69,5	0,19	0,09	
n117	n117-n21	14,33	168,22	0,04	0,23	
	n117-n22	34,27		0,09		
	n117-n118	119,62		0,32		
n118	n118-n117	119,62	119,62	0,32	0,16	
n119	n119-n67	327,01	386,68	0,88	0,52	
	n119-n83	3,91		0,01		
	n119-n120	55,76		0,15		
n120	n120-n119	55,76	55,76	0,15	0,08	

Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon (2050) (Annexe)

VI .3.4. Détermination des diamètres:

Pour dimensionner le réseau on passe par les étapes suivantes :

- ✓ Introduire les débits nodaux dans le réseau.
- ✓ Repartir les débits arbitrairement dans le réseau tel que $\sum Q_{entrants} = \sum Q_{sortants}$
- ✓ Attribuer les diamètres aux conduites en fonction des débits et vitesses limites.

Les diamètres choisis sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI .4 : Les diamètres des conduites projetés.

ID Arc	Nœuds	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
Tuyau p46	n36-n37	75	66
Tuyau p50	n37-n38	75	66
Tuyau p51	n38-n51	63	55,4
Tuyau p52	n51-n54	32	28
Tuyau p54	n56-n67	125	110,2
Tuyau p66	n4-n6	40	35,2
Tuyau p102	n16-n21	75	66
Tuyau p126	n43-n44	32	28
Tuyau p127	n45-n46	32	28
Tuyau p130	n6-n8	32	28
Tuyau p133	n4-n7	32	28
Tuyau p149	n106-n107	32	28
Tuyau p150	n104-n105	32	28
Tuyau p151	n103-n102	32	28
Tuyau p156	n78-n80	75	66
Tuyau p157	n80-n82	32	28
Tuyau p182	n92-n93	32	28
Tuyau p213	n59-n60	32	28
Tuyau p214	n61-n62	32	28
Tuyau p218	n9-n10	32	28
Tuyau 2	n6-n7	32	28
Tuyau 4	n55-n17	40	35,2
Tuyau 5	n17-n18	125	110,2
Tuyau 6	n18-n19	200	176,2
Tuyau 7	n19-n20	200	176,2
Tuyau 8	n21-n20	75	66
Tuyau 9	n16-n17	110	96,8
Tuyau 11	n13-n11	50	44
Tuyau 12	n11-n9	63	55,4
Tuyau 13	n11-n12	32	28
Tuyau 14	n13-n14	90	79,2

Suite Tableau VI.4 : Les diamètres des conduites projetés.

ID Arc	Nœuds	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
Tuyau 15	n14-n16	90	79,2
Tuyau 16	n14-n16	32	28
Tuyau 17	n39-n31	75	66
Tuyau 18	n37-n35	40	35,2
Tuyau 19	n35-n32	32	28
Tuyau 20	n32-n31	32	28
Tuyau 24	n36-n34	50	44
Tuyau 25	n34-n33	40	35,2
Tuyau 29	n32-n33	32	28
Tuyau 30	n35-n34	32	28
Tuyau 42	n39-n40	32	28
Tuyau 43	n39-n41	75	66
Tuyau 44	n41-n42	50	44
Tuyau 45	n41-n43	50	44
Tuyau 46	n43-n45	50	44
Tuyau 47	n45-n47	40	35,2
Tuyau 48	n47-n49	40	35,2
Tuyau 49	n47-n48	40	35,2
Tuyau 50	n51-n52	50	44
Tuyau 51	n52-n53	32	28
Tuyau 54	n63-n64	32	28
Tuyau 56	n61-n59	40	35,2
Tuyau 57	n59-n58	63	55,4
Tuyau 58	n65-n63	32	28
Tuyau 59	n63-n61	32	28
Tuyau 60	n56-n57	200	176,2
Tuyau 61	n57-n58	250	220,4
Tuyau 62	n58-n18	250	220,4
Tuyau 63	n55-n56	125	110,2
Tuyau 64	n67-n68	63	55,4
Tuyau 65	n70-n71	32	28
Tuyau 66	n68-n70	40	35,2
Tuyau 67	n68-n69	32	28
Tuyau 68	n70-n72	32	28
Tuyau 69	n20-n73	200	176,2
Tuyau 70	n73-n102	200	176,2
Tuyau 71	n103-n104	160	141
Tuyau 72	n104-n106	160	141
Tuyau 73	n106-n108	160	141

Suite Tableau VI.4 : Les diamètres des conduites projetés.

ID Arc	Nœuds	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
Tuyau 74	n108-n109	32	28
Tuyau 76	n76-n78	75	66
Tuyau 78	n78-n79	32	28
Tuyau 79	n73-n74	90	79,2
Tuyau 80	n74-n76	75	66
Tuyau 81	n74-n75	32	28
Tuyau 82	n76-n77	32	28
Tuyau 83	n80-n81	32	28
Tuyau 84	n108-n110	200	176,2
Tuyau 85	n110-n112	125	110,2
Tuyau 86	n112-n114	125	110,2
Tuyau 87	n114-n116	160	141
Tuyau 88	n110-n111	40	35,2
Tuyau 89	n112-n113	40	35,2
Tuyau 90	n114-n115	50	44
Tuyau 93	n99-n100	32	28
Tuyau 26	n96-n98	40	35,2
Tuyau 55	n96-n97	32	28
Tuyau 75	n91-n92	63	55,4
Tuyau 77	n83-n91	125	110,2
Tuyau 96	n92-n94	63	55,4
Tuyau 97	n94-n96	63	55,4
Tuyau 98	n94-n95	32	28
Tuyau 99	n83-n84	63	55,4
Tuyau 100	n84-n85	32	28
Tuyau 103	n19-n66	32	28
Tuyau 104	n9-n3	75	66
Tuyau 105	n3-n55	125	110,2
Tuyau 106	n3-n2	90	79,2
Tuyau p100	n2-n1	32	28
Tuyau 109	n84-n86	40	35,2
Tuyau 110	n86-n88	40	35,2
Tuyau 112	n88-n89	32	28
Tuyau 113	n86-n87	32	28
Tuyau 114	n57-R500	315	277,6
Tuyau 3	n88-n90	32	28
Tuyau 10	n91-n99	90	79,2
Tuyau 21	n99-n101	50	44

Suite Tableau VI.4 : Les diamètres des conduites projetés.

ID Arc	Nœuds	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
Tuyau 36	n28-n27	32	28
Tuyau 37	n27-n26	75	66
Tuyau 38	n28-n24	40	35,2
Tuyau 39	n26-n25	32	28
Tuyau 40	n25-n24	32	28
Tuyau 41	n26-n22	75	66
Tuyau 91	n25-n23	32	28
Tuyau 92	n22-n23	32	28
Tuyau 94	n24-n23	40	35,2
Tuyau 101	n31-n29	75	66
Tuyau 107	n29-n27	75	66
Tuyau 111	n33-n30	32	28
Tuyau 116	n30-n28	40	35,2
Tuyau 117	n30-n29	32	28
Tuyau 22	n38-n50	40	35,2
Tuyau 23	n67-n119	125	110,2
Tuyau 27	n119-n83	125	110,2
Tuyau 28	n119-n120	32	28
Tuyau 31	n21-n117	75	66
Tuyau 32	n117-n22	75	66
Tuyau 33	n117-n118	32	28

Les diamètres des conduites à maintenir :

Tableau VI .5 : Les diamètres des conduites à maintenir.

ID Arc	Nœuds	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
Tuyau p45	n13-n36	90	79,2
Tuyau 1	n2-n4	63	55,4

VI.4. La simulation du réseau projeté à l'horizon (2050) :

VI.4.1. En cas de pointe :

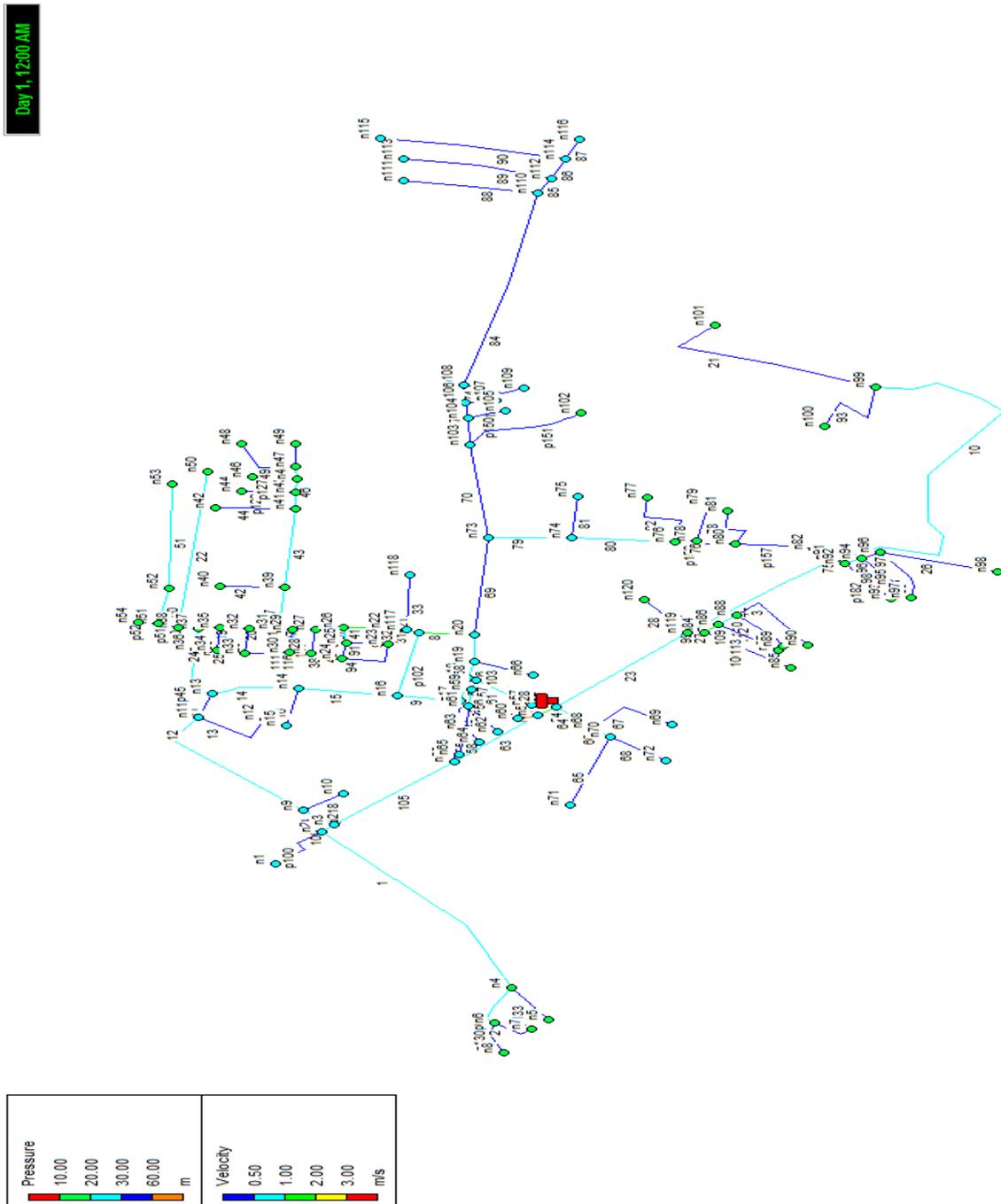


Figure VI.1 : simulation du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

On obtient les résultats suivant :

Tableau VI.6: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
nœud n13	59,16	0,53	80,57	21,41
nœud n36	59,3	0,33	79,51	20,21
nœud n37	59,82	0,17	78,89	19,07
nœud n38	59,56	0,64	78,73	19,17
nœud n51	59,14	0,25	78,5	19,36
nœud n54	58,68	0,06	78,47	19,79
nœud n56	62,89	0,34	85,9	23,01
nœud n67	62,98	0,62	85,71	22,73
nœud n2	60,16	1,1	84,12	23,96
nœud n4	61,7	1,15	76,12	14,42
nœud n6	61,45	0,35	74,98	13,53
nœud n1	59,5	0,19	83,36	23,86
nœud n17	62,21	0,46	85,39	23,18
nœud n16	61,3	0,66	84,26	22,96
nœud n21	61,16	0,38	83,51	22,35
nœud n50	59,9	0,56	73,69	13,79
nœud n53	59,31	0,38	72,48	13,17
nœud n31	59,93	0,25	78,53	18,6
nœud n49	60,6	0,09	75,15	14,55
nœud n39	60,22	0,61	77,49	17,27
nœud n40	59,6	0,16	77,02	17,42
nœud n41	60,91	0,55	76,24	15,33
nœud n42	60,19	0,2	76,13	15,94
nœud n43	60,99	0,21	75,84	14,85
nœud n44	60,14	0,12	75,61	15,47
nœud n45	60,05	0,18	75,47	15,42
nœud n46	60,7	0,09	75,35	14,65
nœud n47	61,01	0,3	75,18	14,17
nœud n48	60,16	0,17	74,97	14,81
nœud n8	61,26	0,11	74,82	13,56
nœud n7	61,7	0,12	74,73	13,03
nœud n5	61,8	0,13	75,85	14,05
nœud n1 16	64,7	0,09	85	20,3
nœud n1 10	64,42	1,16	85,03	20,61
nœud n1 11	62,84	0,33	83,82	20,98
nœud n1 12	64,6	0,48	85	20,4
nœud n1 13	62,93	0,37	83,33	20,4

Suite Tableau VI.6: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
nœud n114	64,68	0,58	85	20,32
nœud n115	62,44	0,45	83,99	21,55
nœud n108	62,83	0,91	85,11	22,28
nœud n109	63,2	0,11	84,94	21,74
nœud n106	62,7	0,15	85,13	22,43
nœud n107	63,03	0,07	85,1	22,07
nœud n104	62,63	0,19	85,15	22,52
nœud n105	63	0,08	85,07	22,07
nœud n103	62,73	0,71	85,2	22,47
nœud n102	63,9	0,28	83,02	19,12
nœud n73	62,14	1	85,3	23,16
nœud n78	64,42	0,3	83,41	18,99
nœud n80	65,06	0,46	83,31	18,25
nœud n82	65,9	0,17	82,69	16,79
nœud n83	64,68	0,44	83,31	18,63
nœud n85	65,77	0,26	81,29	15,52
nœud n87	65,37	0,18	79,92	14,55
nœud n84	64,58	0,33	83,24	18,66
nœud n89	65,37	0,17	79,17	13,8
nœud n90	65,64	0,25	78,02	12,38
nœud n68	62,8	0,35	84,89	22,09
nœud n70	62,9	0,43	84,75	21,85
nœud n71	62,4	0,25	83	20,6
nœud n91	66,45	1,46	82,18	15,73
nœud n96	67,05	0,56	81,73	14,68
nœud n92	66,54	0,23	82,13	15,59
nœud n93	66,56	0,17	81,51	14,95
nœud n94	66,68	0,22	81,88	15,2
nœud n95	66,94	0,13	81,59	14,65
nœud n97	67,5	0,2	80,87	13,37
nœud n101	65,05	0,61	76,81	11,76
nœud n99	66,43	1,86	79,05	12,62
nœud n100	65,23	0,23	77,75	12,52
nœud n76	64,12	0,53	83,48	19,36
nœud n77	63,8	0,27	81,51	17,71
nœud n79	64,67	0,15	83,02	18,35
nœud n81	64,76	0,17	82,73	17,97
nœud n19	62,08	0,32	85,68	23,6

Suite Tableau VI.6: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
nœud n66	62,63	0,16	85,18	22,55
nœud n55	61,52	0,86	85,06	23,54
nœud n18	62,25	0,14	85,75	23,5
nœud n58	62,23	0,2	85,76	23,53
nœud n65	61,86	0,03	83,8	21,94
nœud n59	62,2	0,28	85,71	23,51
nœud n60	62,7	0,19	84,86	22,16
nœud n61	62,44	0,29	84,55	22,11
nœud n62	62,54	0,14	84,21	21,67
nœud n63	62,33	0,19	83,81	21,48
nœud n64	62,04	0,09	83,72	21,68
nœud n57	63,03	0,22	85,97	22,94
nœud n9	59,85	0,7	83,75	23,9
nœud n10	59,87	0,09	83,63	23,76
nœud n20	61,6	0,61	85,53	23,93
nœud n11	58,29	0,89	80,77	22,48
nœud n12	59,38	0,21	79,67	20,29
nœud n14	60,14	0,59	81,94	21,8
nœud n15	59,74	0,1	81,79	22,05
nœud n35	59,91	0,2	78,79	18,88
nœud n32	59,94	0,23	78,6	18,66
nœud n34	59,4	0,21	79,09	19,69
nœud n33	59,6	0,26	78,78	19,18
nœud n52	59,34	0,51	77,57	18,23
nœud n69	63,1	0,19	84,15	21,05
nœud n72	63,4	0,17	84,21	20,81
nœud n74	63,52	0,54	84,52	21
nœud n75	63,63	0,04	84,51	20,88
nœud n98	68,9	0,31	80,67	11,77
nœud n3	60,16	0,45	84,13	23,97
nœud n86	64,85	0,28	80,58	15,73
nœud n88	64,14	0,46	79,75	15,61
nœud n27	60,3	0,22	79,31	19,01
nœud n28	60,18	0,23	78,81	18,63
nœud n26	60,53	0,24	79,92	19,39
nœud n24	60,47	0,28	78,9	18,43
nœud n25	60,73	0,23	79,18	18,45
nœud n22	61,05	0,24	81,96	20,91

Suite Tableau VI.6: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
nœud n23	60,7	0,34	79,32	18,62
nœud n29	60,24	0,19	78,76	18,52
nœud n30	60,15	0,27	78,74	18,59
nœud n119	64,72	0,52	83,33	18,61
nœud n120	63,8	0,08	83,28	19,48
nœud n117	61,22	0,23	83	21,78
nœud n118	61,37	0,16	82,49	21,12
R500	82	-42,15	86	4

Le tableau suivant représente les résultats aux tronçons :

Tableau VI.7: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID tuyau	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p45	131,1	79,2	3,91	0,79	1,05
Tuyau p46	59,66	66	2,77	0,81	0,60
Tuyau p50	19,63	66	2,39	0,7	0,16
Tuyau p51	42,97	55,4	1,2	0,5	0,21
Tuyau p52	47,15	28	0,06	0,1	0,05
Tuyau p54	17,55	110,2	10,95	1,15	0,18
Tuyau p66	86,97	35,2	0,58	0,59	1,13
Tuyau p102	166,4	66	1,73	0,5	0,83
Tuyau p126	88,85	28	0,12	0,19	0,27
Tuyau p127	68,76	28	0,09	0,15	0,14
Tuyau p130	78,3	28	0,11	0,17	0,16
Tuyau p133	94,65	28	0,13	0,21	0,28
Tuyau p149	49,34	28	0,07	0,11	0,05
Tuyau p150	61,3	28	0,08	0,13	0,06
Tuyau p151	204	28	0,28	0,45	2,24
Tuyau p156	86,73	66	0,81	0,24	0,1
Tuyau p157	128,9	28	0,17	0,28	0,64
Tuyau p182	128,1	28	0,17	0,28	0,64
Tuyau p213	144,1	28	0,19	0,32	0,86
Tuyau p214	102,7	28	0,14	0,23	0,31
Tuyau p218	70,45	28	0,09	0,15	0,14
Tuyau 1	673,5	55,4	1,86	0,77	8,08
Tuyau 2	91,64	28	0,12	0,2	0,27
Tuyau 4	156,72	35,2	-0,21	0,21	0,31
Tuyau 5	61,84	110,2	-7,85	0,82	0,37

Suite Tableau VI.7: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID tuyau	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau 7	83,38	176,2	14,28	0,59	0,17
Tuyau 8	96,93	66	-4,09	1,19	2,04
Tuyau 9	124,19	96,8	-7,18	0,98	1,12
Tuyau 11	105,35	44	-0,34	0,23	0,21
Tuyau 12	392,37	55,4	-1,44	0,6	3,14
Tuyau 13	158,49	28	0,21	0,35	1,11
Tuyau 14	156,54	79,2	-4,1	0,83	1,41
Tuyau 15	199,54	79,2	-4,79	0,97	2,39
Tuyau 16	77,76	28	0,1	0,17	0,16
Tuyau 17	106,12	66	-2,68	0,78	0,96
Tuyau 18	44,41	35,2	0,21	0,22	0,1
Tuyau 19	37,68	28	0,18	0,29	0,19
Tuyau 20	62,34	28	0,07	0,12	0,06
Tuyau 24	50,11	44	0,82	0,54	0,4
Tuyau 25	37,76	35,2	0,44	0,45	0,3
Tuyau 29	68,8	28	-0,12	0,2	0,21
Tuyau 30	67,13	28	-0,17	0,27	0,34
Tuyau 42	115,61	28	0,16	0,25	0,46
Tuyau 43	228,15	66	1,92	0,56	1,14
Tuyau 44	151,21	44	0,2	0,13	0,15
Tuyau 45	25,82	44	1,17	0,77	0,41
Tuyau 46	42,31	44	0,84	0,55	0,38
Tuyau 47	22,71	35,2	0,56	0,58	0,3
Tuyau 48	67,29	35,2	0,09	0,09	0,1
Tuyau 49	129,68	35,2	0,17	0,18	0,26
Tuyau 50	97	44	0,88	0,58	1
Tuyau 51	277,54	28	0,38	0,61	5
Tuyau 54	63,16	28	0,09	0,14	0,1
Tuyau 56	57,63	35,2	-0,74	0,76	1,15
Tuyau 57	8,07	55,4	-1,22	0,5	0,05
Tuyau 58	21,31	28	-0,03	0,05	0,004
Tuyau 59	57,38	28	-0,31	0,5	0,75
Tuyau 60	27,39	176,2	-17,76	0,73	0,08
Tuyau 61	135,07	220,4	24,17	0,63	0,27
Tuyau 62	5,66	220,4	22,75	0,6	0,01
Tuyau 63	203,99	110,2	-6,48	0,68	0,82
Tuyau 64	117,74	55,4	1,38	0,57	0,82
Tuyau 65	188,04	28	0,25	0,41	1,69
Tuyau 66	5,17	35,2	0,85	0,87	0,13

Suite Tableau VI.7: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID tuyau	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau 68	122,55	28	0,17	0,27	0,5
Tuyau 69	272,51	176,2	9,58	0,39	0,27
Tuyau 70	270,07	176,2	5,96	0,24	0,1
Tuyau 71	52,6	141	4,98	0,32	0,05
Tuyau 72	28,03	141	4,7	0,3	0,03
Tuyau 73	32,31	141	4,49	0,29	0,03
Tuyau 74	80,56	28	0,11	0,18	0,16
Tuyau 76	24,2	66	1,25	0,37	0,07
Tuyau 78	108,83	28	0,15	0,24	0,44
Tuyau 79	197,69	79,2	2,62	0,53	0,79
Tuyau 80	171,07	66	2,04	0,6	1,03
Tuyau 81	28,25	28	0,04	0,06	0,01
Tuyau 82	196,12	28	0,27	0,43	1,96
Tuyau 83	125,88	28	0,17	0,28	0,63
Tuyau 84	561,76	176,2	3,47	0,14	0,06
Tuyau 85	56,65	110,2	1,97	0,21	0,03
Tuyau 86	21,62	110,2	1,13	0,12	0,004
Tuyau 87	69,5	110,2	0,09	0,01	0
Tuyau 88	244,09	35,2	0,33	0,34	1,22
Tuyau 89	275,25	35,2	0,37	0,38	1,65
Tuyau 90	336,46	44	0,45	0,3	1,01
Tuyau 93	168,53	28	0,23	0,37	1,35
Tuyau 26	232,38	35,2	0,31	0,32	1,16
Tuyau 55	145,26	28	0,2	0,32	0,87
Tuyau 75	4,76	55,4	1,82	0,75	0,05
Tuyau 77	319,74	110,2	5,96	0,63	1,28
Tuyau 96	33,63	55,4	1,42	0,59	0,24
Tuyau 97	33,58	55,4	1,06	0,44	0,13
Tuyau 98	97,21	28	0,13	0,21	0,29
Tuyau 99	5,35	55,4	1,94	0,8	0,07
Tuyau 100	195,67	28	0,26	0,43	1,76
Tuyau 103	113,68	28	0,16	0,27	0,45
Tuyau 104	52,49	66	-2,24	0,65	0,37
Tuyau 105	277,24	110,2	-5,83	0,61	0,83
Tuyau 106	1,75	79,2	3,14	0,64	0,01
Tuyau p100	138,66	28	0,19	0,3	0,7
Tuyau 109	45,81	35,2	1,34	1,38	2,66
Tuyau 110	29,83	35,2	0,88	0,91	0,84

Suite Tableau VI.7: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe à l'horizon (2050).

ID tuyau	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau 113	131,18	28	0,18	0,29	0,66
Tuyau 114	22,3	277,6	42,15	0,7	0,02
Tuyau 3	187,35	28	0,25	0,41	1,69
Tuyau 10	754,55	79,2	2,69	0,55	3,02
Tuyau 21	450,56	44	0,61	0,4	2,25
Tuyau 36	81,41	28	-0,2	0,33	0,49
Tuyau 37	38,2	66	-3,51	1,03	0,61
Tuyau 38	42,23	35,2	-0,2	0,2	0,1
Tuyau 39	45,81	28	0,35	0,57	0,73
Tuyau 40	42,41	28	0,21	0,34	0,3
Tuyau 41	96,25	66	-4,11	1,2	2,02
Tuyau 91	84,03	28	-0,09	0,15	0,17
Tuyau 92	47,53	28	0,7	1,14	2,61
Tuyau 94	123,33	35,2	-0,27	0,27	0,37
Tuyau 101	20,39	66	-2,86	0,84	0,22
Tuyau 107	43,66	66	-3,09	0,9	0,57
Tuyau 111	82,84	28	0,06	0,1	0,08
Tuyau 116	44,21	35,2	-0,17	0,18	0,1
Tuyau 117	75,37	28	-0,04	0,07	0,02
Tuyau 22	410,99	35,2	0,56	0,57	4,93
Tuyau 23	327,01	110,2	8,94	0,94	2,29
Tuyau 27	3,91	110,2	8,35	0,87	0,02
Tuyau 28	55,76	28	0,08	0,12	0,1
Tuyau 31	14,33	66	5,44	1,59	0,5
Tuyau 32	34,27	66	5,05	1,48	1,06
Tuyau 33	119,62	28	0,16	0,26	0,48

Interprétation :

On remarque que toutes les pressions sont bonnes dans cette variante, il reste un problème des vitesses faibles dans quelques tronçons secondaires et tertiaires.

On générale on peut dire que le réseau après la réhabilitation fonctionne mieux par rapport à l'ancien état.

VI .4.2. En cas de pointe+incendie :

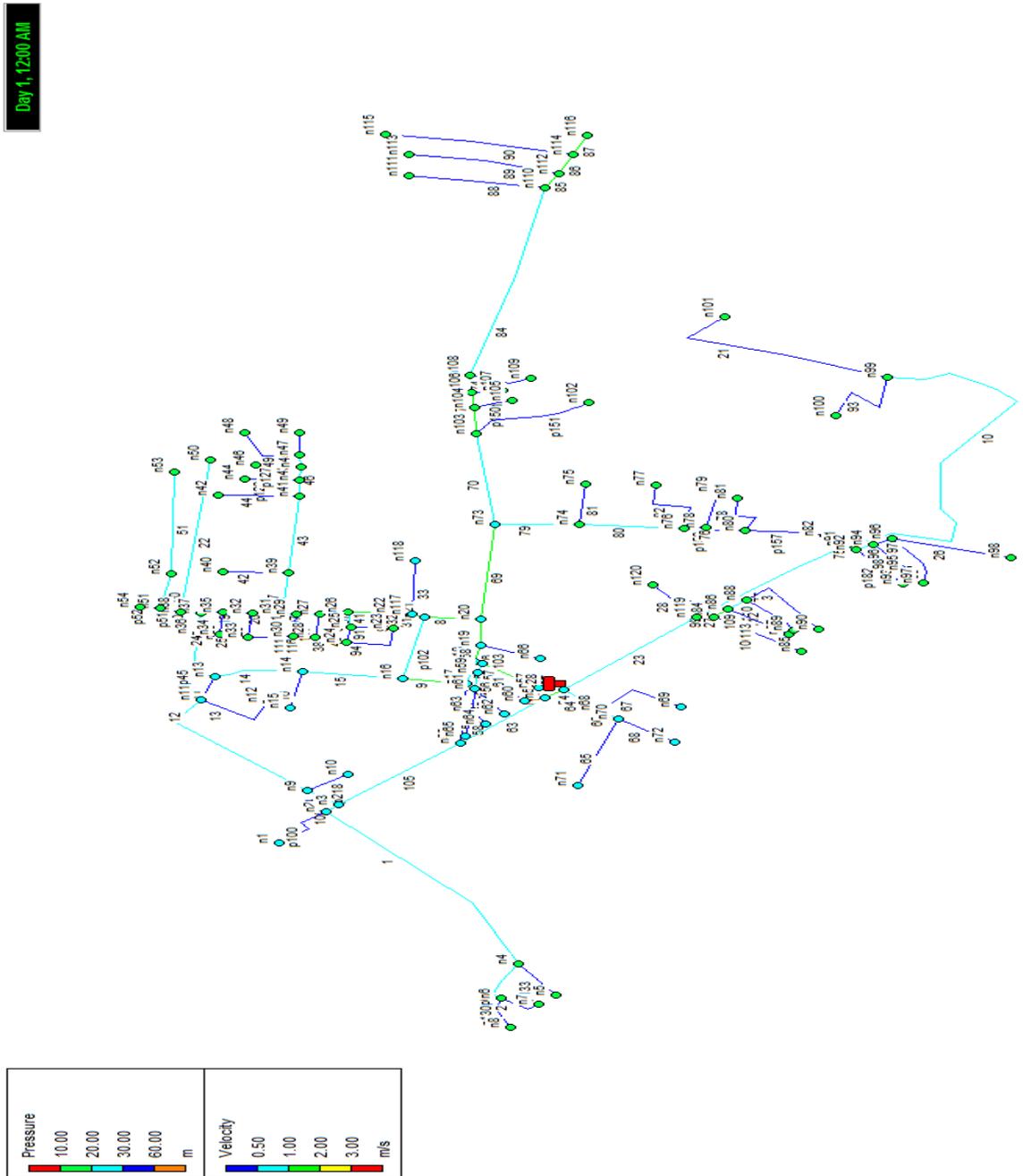


Figure VI.2 : simulation du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l’horizon (2050)

Tableau VI.8: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon 2050 (**Annexe**).

Tableau VI.9: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon 2050 (**Annexe**).

Interprétation :

Dans ce cas on remarque que le réseau fonctionne encore mieux que le cas de pointe, les vitesses sont bonnes à l'exception des ramifications qui possèdent des vitesses un peu faibles. Pour les pressions elles sont toutes acceptables dans tous les nœuds de réseau.

Conclusion :

Après la correction du réseau et l'amélioration des différents paramètres hydrauliques on peut dire maintenant que le réseau d'alimentation en eau potable de Maasouma peut satisfaire les besoins en eau de la population en matière de distribution.

Comme solution pour les vitesses faibles remarquées dans le cas de pointe aux quelques conduites principales, on va mettre des robinets de vidange dans ces tronçons et de temps en temps on fait un rinçage en utilisant un jet d'eau afin de prévenir de la diminution des diamètres par les dépôts des particules.

Pour les faibles vitesses aux ramifications elles sont inévitables.

Chapitre VII : Pose de canalisation et organisation de chantier.

Il est très important de faire une étude bien détaillée et précise pour n'importe quel type de projet hydraulique mais ce projet n'est jamais complet qu'avec une bonne et une efficace réalisation des différentes phases de ce projet.

Dans ce chapitre on va voir les conditions nécessaires pour la pose de canalisation, on va aussi atteindre l'organisation de chantier avec les différentes étapes pour la réalisation d'un réseau d'AEP.

VII .1. Pose de canalisation :

VII .1.1. Principes de poses de canalisations ^[8] :

- Les canalisations sont généralement posées en tranchée sauf pour certains cas ou on pose les canalisations sur sol à condition d'être protégées.
- Pour les canalisations posées en tranchées ces derniers doivent être suffisamment larges pour faciliter l'entrée des ouvriers.
- Le fond de la tranchée doit être réglé et nivelé selon le profil en long de la conduite.
- Le fond doit être équipé d'un lit de sable de 15 à 20 cm.
- Le remblai qui se trouve au dessus de la génératrice supérieure de la conduite, son épaisseur vari selon les régions du fait de gel. Il est à l'ordre de 1m dans les régions tempérées et entre 1.25 à 1.50 m dans les régions à climat rigoureux.
- Les conduites doivent être éloignées lors de la pose de tous les éléments durs de 10 cm, des câbles d'électricité de 30cm et des canalisations de gaz d'environ 60cm.

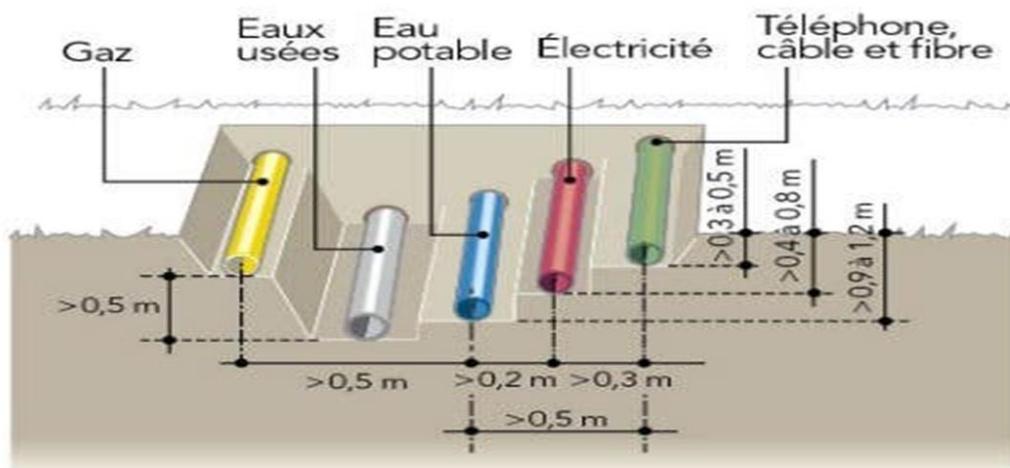


Figure VII.1 : position des différentes canalisations par rapport à la canalisation d'AEP.

- Lors de la pose de la conduite elle doit être toujours posée de façon à avoir une légère pente pour créer des points bas pour la vidange et des points hauts pour l'évacuation de l'air.

VII .1.2. Pose de canalisation en tranchée :

VII .1.1.a. Pose de canalisation en terrain ordinaire^[8] :

- La largeur de la tranchée doit être supérieure à 60 cm.
- La profondeur de la tranchée doit recevoir le lit de pose, la conduite et le remblai (avec une épaisseur supérieure à 80 cm).
- La conduite doit être posée sur un lit de sable avec une épaisseur qui varie entre 15 à 20 cm convenablement nivelé.
- Les tuyaux en polyéthylène ne sont pas fragiles, mais ce n'est pas une raison pour les maltraiter. Ils doivent être soigneusement inspectés avant la pose et tous tuyaux blessés ou entaillés doivent être écartés.
- La descente de la conduite peuvent être soit manuellement soit mécaniquement.
- Si on doit effectuer un soudage de joints, ce dernier doit être fait en fond de la tranchée en calant la conduite avec des butées de terre ou bien des tronçons de madrier en bois disposés dans le sens de la largeur de la tranchée.
- L'épaisseur du remblai au dessus de la conduite est de l'ordre de 30cm .le remblaiement se fait par couches successives arrosées et bien tassées avec de la terre purgée de pierre. Le remblaiement est achevé avec du tout venant.

VII .1.1.b. Traversée d'une rivière^[8]:

- La pose de canalisation à la traversée d'une rivière demande certains travaux confortatifs en fonction de l'état de la traversée et de l'importance de l'adduction.
- L'existence d'un pont-route servira également de support pour la canalisation, ou celle-ci sera accrochée au tablier.
- Dans le cas où le pont-route n'existe pas la canalisation pourra suivre le lit de la rivière, posée sur des ouvrages spéciaux (Tasseaux par exemple) et couverte de tout- venant pour être protégée contre les chocs (Dus à la navigation par exemple).
- En cas de traversée de la rivière par le fond, en raison de leur élasticité nous choisissons des tubes en acier et en polyéthylène. Les joints de type soudés sont maintenus par des butées de béton posées de part et d'autre des joints.
- Le revêtement des conduites en acier est fait à base d'un anti rouille en plusieurs couches.

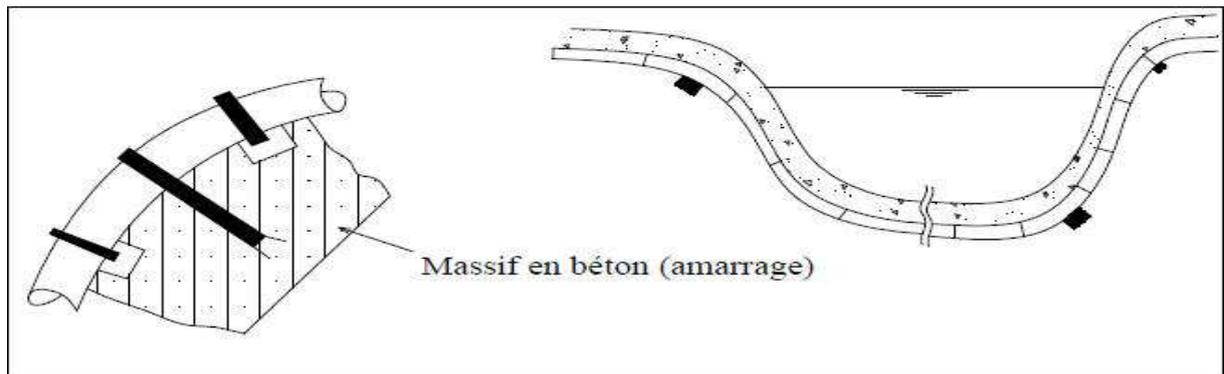


Figure VII.2 : pose de canalisation à la traversée d'une rivière.

Remarque :

Dans notre projet on a seulement ces deux types de poses de canalisation (le terrain de l'agglomération est ordinaire et on a une traversée d'un oued et deux traversées d'une chaaba).

VII .2. Organisation de chantier :

La réalisation d'un projet d'AEP passe par plusieurs étapes et avec un ordre bien déterminé les étapes qu'on doit suivre sont les suivantes ^[5] :

- Implantation du tracé des tranchées sur le terrain.
- Excavation des tranchées.
- Pose des conduites.
- Epreuve des canalisations et des joints.
- Remblaiement des tranchées.

Pour garantir l'exécution de ces travaux dans les meilleures conditions il faut fournir tous les moyens nécessaires (engins, matériaux, travailleurs,...).

VII .2.1. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :

VII .2.1.a. Matérialisation de l'axe:

L'axe de la tranchée est marqué au sol par des balises placées en ligne droite et espacées de 50m. Ce travail est réalisé en mesurant leurs distances sur le plan avec des repères ou bornes fixes. La direction des axes et de leurs extrémités est donc bien définie ^[5] .

VII .2.1.b. Le nivellement:

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou plusieurs points situés sur une pente uniforme. Lorsque le terrain compte des obstacles on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul, on détermine la hauteur de chaque point ainsi la profondeur de tranchée en point ^[5].

VII .2.2. Excavation des tranchées :

VII .2.2.a. Décapage de la terre végétale:

Avant de creuser la tranchée, il faut toujours commencer par l'opération de décapage de la terre végétale à faible profondeur. Le volume de la couche à décaper est donné par la formule suivante ^[5] :

$$V_{tv} = L. b. e \quad (VII.1)$$

Avec :

V_{tv} : volume de la terre végétale décapée en m³.
 L : longueur total des tranchées en m.
 b : largeur de la couche végétale en m.
 e : épaisseur de la couche en m.

On prend :

e = 10 cm Pour la réalisation de cette opération.

On opte un bulldozer ou un angledozer.
Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement.

La profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour les raisons suivantes :

- ✓ Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- ✓ Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- ✓ Protéger la canalisation contre le gel.

La largeur de la tranchée doit être telle que les travailleurs peuvent entrer et travailler dans la tranchée sans être gêner. Cette largeur augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive en commençant par les points hauts pour assurer s'il y a lieu l'écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

Pour la réalisation de cette opération, on opte pour une pelle mécanique hydraulique.



Figure VII.3 : la pelle mécanique hydraulique.

La détermination du volume à excaver nécessite la détermination des dimensions de la tranchée.

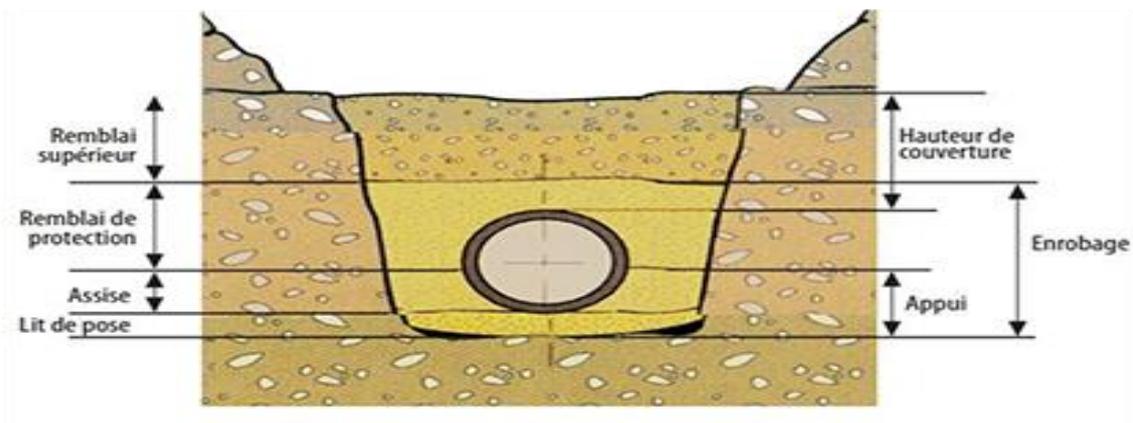


Figure VII.4 : Schéma d'une tranchée.

VII .2.2.b. Détermination de la profondeur de la tranchée :

La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite, des charges roulantes (extérieurs) et de la température, elle est donnée par la relation suivante^[5] :

$$H_{tr} = D + h + e \quad (\text{VII.2})$$

Avec :

H_{tr} : Profondeur de la tranchée en m.

D : Diamètre de la conduite en m.

h : hauteur de la génératrice supérieure de la conduite elle est entre 80 et 120cm (on prend $h = 1$ m).

e : épaisseur du lit de sable (on prend $e = 0,2$ m).

VII .2.2.c. Détermination du largeur de la tranchée^[5] :

- La largeur de la tranchée doit permettre une pose correcte et permettre le compactage du remblai.
- La largeur de la tranchée sera aussi calculer en fonction du diamètre de la conduite.
- On laisse 30 cm d'espace de part et d'autre de la conduite.

$$b = D + 0,6 \text{ m} \quad (\text{VII.3})$$

Avec :

b : largeur de la tranchée m.

D : diamètre de la conduite en m.

VII .2.2.d. Détermination de coefficient du talus:

Pour garder la stabilité du talus de la tranchée durant les travaux de pose des conduites on définit le coefficient du talus^[5].

Ce coefficient est en fonction de la nature du sol et la profondeur de la tranchée.

Tableau VII.1: choix du coefficient du talus.

Sols	Profondeur de la tranchée	
	Jusqu'à 1,5 m	Jusqu'à 3 m
Sable	$m = 0,5$	$m = 1$
Limon sableux	$m = 0,25$	$m = 0,67$
Limon argileux	$m = 0$	$m = 0,5$

Dans notre cas le sol est limon-argileux et la profondeur de la tranchée ne dépasse pas 1,5 m donc on a $m=0$ et la section de la tranchée sera rectangulaire.

VII .2.2.e. Détermination de la section de la tranchée :

Tant que la section de la tranchée a une forme rectangulaire la section se calcule par la formule suivante^[5] :

$$S_{tr} = H_{tr} \cdot b \quad (\text{VII.4})$$

Avec:

S_{tr} : La section de la tranchée en m^2 .

H_{tr} : La profondeur de la tranchée en m.

b : La largeur de la tranchée en m.

VII .2.2.f. Détermination du volume à excaver:

Le volume à excaver (volume du déblai) est calculé par la formule suivante^[5] :

$$V_{ex} = S_{tr} \cdot L_{tr} \quad (\text{VII.5})$$

Avec :

V_{ex} : Le volume à excaver en m^3 .

S_{tr} : La section de la tranchée en m^2 .

L_{tr} : La longueur de la tranchée en m.

Tableau VII.2 : calcul des volumes de décapage et d'excavation en fonction des diamètres.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Largeur b (m)	H_{tr} (m)	Section (m^2)	$V_{\text{déblai}}$ (m^3)	$V_{\text{décapage}}$ (m^3)
32	5290,2	0,63	1,23	0,78	4119,08	334,34
40	2056,46	0,64	1,24	0,79	1632,00	131,61
50	1258,82	0,65	1,25	0,81	1022,79	81,82
63	638,47	0,66	1,26	0,84	534,63	42,33
75	1258,48	0,68	1,28	0,86	1083,08	84,95
90	1835,07	0,69	1,29	0,89	1633,40	126,62
110	161,19	0,71	1,31	0,93	149,92	11,44
125	1289,55	0,73	1,33	0,96	1238,77	93,49
160	182,44	0,76	1,36	1,03	188,57	13,87
200	1251,78	0,8	1,4	1,12	1401,99	100,14
250	140,73	0,85	1,45	1,23	173,45	11,96
315	22,3	0,92	1,52	1,39	30,91	2,04
volume total en m^3					13208,61	1034,62

Donc le volume total de décapage est de 1034,62 m³ et le volume du déblai est de 13208,61 m³.

VII .2.2.g. Détermination de la capacité du godet :

La capacité du godet de notre pelle mécanique hydraulique est déterminée en fonction du volume à excaver comme suit ^[5] :

Tableau VII.3: choix de capacité du godet en fonction du volume à excaver.

volume du terrassement par une pelle (m ³)	≤10000	>10000	>20000	>100000
capacité du godet (m ³)	0,25-0,35	0,5-0,65	1-1,25	1,5

Tant que notre volume de déblai est de 13208,61 m³ > 10000 alors la capacité du godet sera 0,5 m³.

VII .2.2.h. Détermination du Rendement d'exploitation de la pelle mécanique:

Le rendement de la pelle est déterminé par la relation suivante :

$$R_p = \frac{3600 \cdot q \cdot K_r \cdot K_t}{K_f \cdot T_c} \quad (\text{VII.6})$$

Avec :

R_p : Le rendement de la pelle en m³/h.

q : Capacité du godet en m³.

K_r : Coefficient de remplissage du gobet varie entre 0,8 et 0,9 (on prend $K_r = 0,8$).

K_t : Coefficient d'utilisation du temps dépend de la nature du sol et de l'habilité du Conducteur, varie entre 0,7 et 0,9 (on prend $K_t = 0,8$).

K_f : coefficient de foisonnement du sol varie selon la nature du sol dans notre cas on prend $K_f = 1,2$.

T_c : la duré d'un cycle de remplissage du godet varie entre 15s et 30s (on prend $T_c = 20$ s).

Donc :

$$R_p = \frac{3600 \times 0,5 \times 0,8 \times 0,8}{1,2 \times 20} \quad \longrightarrow \quad R_p = 48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si on considère une durée de travail de 8 heurs par jour alors $R_p = 384 \text{ m}^3/\text{j}$.

VII .2.2.i. Détermination de la durée d'excavation :

La durée d'excavation est déterminée en fonction du volume à excaver et en fonction du rendement de la pelle mécanique hydraulique déterminé en dessous :

$$T_{\text{ex}} = \frac{V_{\text{ex}}}{R_p} \quad (\text{VII.7})$$

Avec :

T_{ex} : La durée d'excavation en jours.

V_{ex} : Volume à excaver en m^3 .

R_p : Le rendement de la pelle en m^3/j .

$$\text{Donc : } T_{ex} = \frac{13208,61}{384} \quad \longrightarrow \quad T_{ex} \approx 35 \text{ j} = 1 \text{ mois et 5 jours.}$$

VII .2.3. La pose des conduites :

VII .2.3.a. Aménagement du lit de pose des conduites :

Les conduites seront posées sur un lit de pose de sable d'épaisseur égale à 20cm. Ce dernier sera bien nivelé suivant les côtes du profil en long.

Le lit de pose doit être constitué de sable contenant au moins 12% de particules inférieures à $0,1mm$ ^[5].

Le volume total du sable est calculé dans le tableau suivant :

Tableau VII.4 : Calcul du volume total de sable.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Largeur b (m)	section (m^2)	Volume sable (m^3)
32	5290,2	0,63	0,13	668,68
40	2056,46	0,64	0,13	263,23
50	1258,82	0,65	0,13	163,65
63	638,47	0,663	0,13	84,66
75	1258,48	0,68	0,14	169,89
90	1835,07	0,69	0,14	253,24
110	161,19	0,71	0,14	22,89
125	1289,55	0,73	0,15	186,98
160	182,44	0,76	0,15	27,73
200	1251,78	0,8	0,16	200,28
250	140,73	0,85	0,17	23,92
315	22,3	0,92	0,18	4,08
volume total en m^3				2069,24

Donc le volume total du sable utilisé pour l'adduction et pour le réseau est de $2069,24 m^3$.

VII .2.3.b. Pose des conduites en tranchée :

On a vu dans la partie pose de canalisation les différents principes et exigences de pose, ainsi il est conseillé^[5] :

- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée.
- De placer toujours les conduites dans des tranchées sèches.

- D'éliminer du fond des tranchées tous les matériaux durs (grosses pierres,...).
- De boucher les extrémités de la conduite après chaque arrêt de la pose pour empêcher l'entrée de différentes particules et matériaux.

VII .2.4. Epreuve des canalisations et des joints:

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement sur une durée d'environ 30 minutes où la variation ne doit pas excéder 0,2 bar.

VII .2.5. Remblaiements des tranchées :

Après avoir terminées les épreuves avec succès, on commence la mise en place du remblai. Dans cette étape on utilise d'un bulldozer [5].



Figure VII.5 : Bulldozer.

Le calcul du volume total du remblai se fait par la relation suivante :

$$V_r = V_{ex} - V_c - V_s \quad (VII.8)$$

Avec :

V_r : Volume du remblai en m^3 .

V_{ex} : volume excavé(déblai) en m^3 .

V_c : volume occupé par les conduites en m^3 .

V_s : volume du lit de sable en m^3 .

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.5: le volume total du remblai.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	V _{conduite} (m ³)	V _{sable} (m ³)	V _{déblai} (m ³)	V _{remblai} (m ³)
32	5290,2	4,25	668,68	4119,08	3446,15
40	2056,46	2,58	263,23	1632	1366,19
50	1258,82	2,47	163,65	1022,79	856,67
63	638,47	1,99	84,66	534,63	447,98
75	1258,48	5,56	169,89	1083,08	907,63
90	1835,07	11,67	253,24	1633,4	1368,49
110	161,19	1,53	22,89	149,92	125,50
125	1289,55	15,82	186,98	1238,77	1035,97
160	182,44	3,67	27,73	188,57	157,17
200	1251,78	39,31	200,28	1401,99	1162,40
250	140,73	6,90	23,92	173,45	142,63
315	22,3	1,74	4,08	30,91	25,09
volume total en m ³		97,48	2069,24	13208,61	11041,88

Donc d'après le tableau le volume total du remblai est de 11041,88 m³.

VII .2.6. Le compactage :

La dernière étape à faire après le remblaiement est le compactage.

Le compactage est une opération qui consiste à réduire les vides contenu dans un remblai afin d'assurer la stabilité de la terre. Pour cette opération on utilise un compacteur à rouleau lisse^[5].



Figure VII.6 : compacteur à rouleau lisse.

VII .2.7. Planification des travaux :

VII .2.7.a. Définitions des tâches et leur durées :

Les principales opérations à exécuter sont :

- A : Décapage de la couche de terre végétale (15 jours).
- B : Exécution des tranchées (35 jours).
- C : Aménagement du lit de pose (20 jours).
- D : La mise en place des canalisations en tranchée (25 jours).
- E : Assemblage des tuyaux (33 jours).
- F: Les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints (30 jours)
- G : Remblaiement des tranchées et compactage (60 jours)
- H: Travaux de finition (25 jours).

VII .2.7.b. Elaboration du réseau suivant la méthode CPM (La méthode du Chemin critique) :

Le tableau suivant montre l'ordre des tâches :

Tableau VII.6. Ordre des tâches.

Opération	Précédente	successive
A	-	B
B	A	C, D, E
C	B	F
D	B	F
E	B	F
F	C, D, E	G
G	F	H
H	G	-

Le réseau à nœuds est représenté sur le schéma ci-dessous, ainsi que les dates de commencement et de finitions au plus tôt, les dates de commencement et de finitions au plus tard, les marges totales et les temps de réalisation.

Avec :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

TR: temps de réalisation

MT : marge totale.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DFP : date de finition au plutôt.
 DCP: date de commencement au plu tard.
 DFPP : date de finition au plu tard.

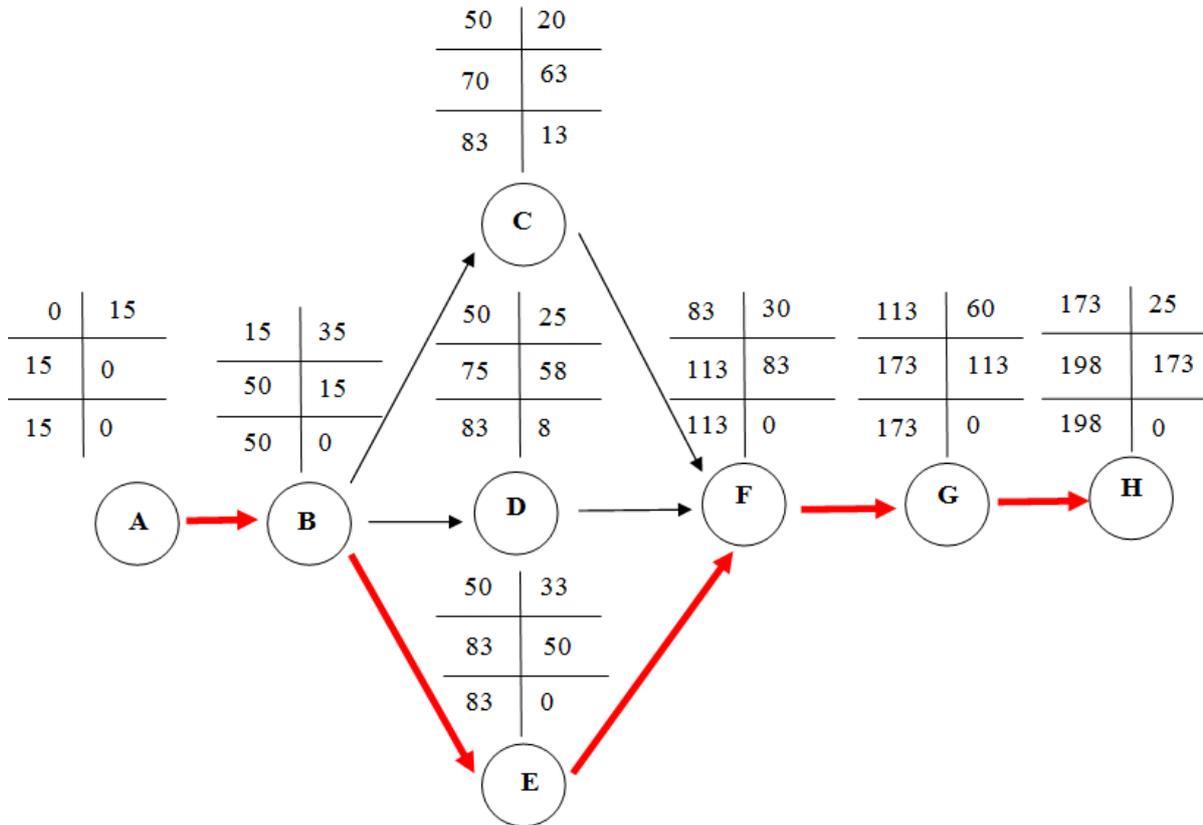


Figure VII.7 : Le réseau à nœuds.

D’après la figure 7 on trouve le chemin critique : A - B - E - F- G - H

Donc la durée totale du projet est de 198 jours (6 mois et 18 jours), cette durée peut être prolongée à cause des raisons non commandé et elle peut être aussi diminuée par l’augmentation du nombre d’engins et de travailleurs.

VII .2.8. Evaluation du projet :

Cette évaluation permet de déterminer le cout du projet par la détermination des quantités des matériaux utilisés lors des différentes étapes du projet et les multiplier par leurs prix unitaire défini sur le marché.

VII .2.8.a. Devis quantitatif et estimatif :

Le métré quantitatif estimatif ou devis quantitatif estimatif est le document par lequel il est possible d’estimer le coût des travaux pour un projet (ou une partie de celui-ci) ou des coûts pour son entretien futur [5].

Le coût de notre projet est estimé dans le tableau suivant :

Tableau VII.7 : Devis quantitatif et estimatif (Source des prix : (groupe Chiali 2020)

N°	Désignation de travaux ou matériel utilisé	unité	Prix unitaire (DA)	Volume des travaux	Montant (DA)
terrassement	Décapage de la terre végétale	m ³	500	1034,62	517 310
	Déblai	m ³	600	13208,61	7 925 166
	remblai	m ³	500	11041,88	5 520 940
	lit de sable	m ³	1 500	2069,24	3 103 860
Conduites du réseau	Conduite PEHD PN 10 Φ32	ml	46,46	5290,2	245 783
	Conduite PEHD PN 10 Φ40	ml	72,2	2056,46	148 476
	Conduite PEHD PN 10 Φ50	ml	110,62	1258,82	139 251
	Conduite PEHD PN 10 Φ63	ml	178,47	808,72	144 332
	Conduite PEHD PN 10 Φ75	ml	252,63	1258,48	317 930
	Conduite PEHD PN 10 Φ90	ml	316,8	1310,07	415 030
	Conduite PEHD PN 10 Φ110	ml	474,47	124,19	58 924
	Conduite PEHD PN 10 Φ125	ml	600,3	1289,55	774 117
	Conduite PEHD PN 10 Φ160	ml	988,53	182,44	180 347
	Conduite PEHD PN 10 Φ200	ml	1542,41	1251,78	1 930 758
	Conduite PEHD PN 10 Φ250	ml	2392,19	140,73	336 653
	Conduite PEHD PN 10 Φ315	ml	3817,55	22,3	85 131
Les conduites d'adduction	Conduite PEHD PN 16 Φ90	ml	526,75	525	276543,75
	Conduite PEHD PN 16 Φ110	ml	781,55	37	28917,35
Les accessoires	Vanne de sectionnement	u	39 617,08	68	2693961,44
	Bouche d'incendie	u	52 814,89	12	633778,68
	Vanne de vidange	u	15000	6	90000
	Ventouse	u	20787,22	8	166297,76
Les équipements des forages	clapet anti routeur	u	6521,68	1	6521,68
	système anti bélier	u	452000	2	904000
	Armoire électrique	u	165000	1	165000
	Détecteur de niveau	u	35000	2	70000
	Manomètre	u	10000	1	10000
MONTANT HTC (DA)					26 889 030

VII .2.8.b. Devis global :**Tableau VII.8 : Devis global.**

Terrassements (DA)	17 067 276
Conduites du réseau (DA)	4 776 733
Conduites d'adduction (DA)	305461,1
Les accessoires (DA)	3584037,88
Les équipements des forages(DA)	1155521,68
Montant total HTC (DA)	26 889 030
TV 19% (DA)	5108915,7
Montant total TTC (DA)	31 997 946

Donc le montant total pour notre projet est de Trente et un millions neuf cent quatre-vingt-dix-sept mille neuf cent quarante-six Dinar Algérien.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a vu les différents types de pose de canalisation qui se diffèrent selon le type de sol et les obstacles à traversée par les canalisations de notre projet.

On a vu aussi l'importance de l'organisation de chantier pour un projet d'hydraulique, elle permet de définir les volumes des travaux nécessaires pour l'élaboration du chantier , d'identifier les engins utilisés pour les différentes taches et avoir une idée sur la durée totale du projet (dans notre cas elle de l'ordre de 6 mois et elle peut être diminuer en utilisant plusieurs engins au même temps), on a pu avoir une idée sur le cout total du projet par le devis quantitatif et estimatif.

Chapitre VIII : Protection et sécurité du travail.

Les accidents de travail présentent le type d'accident le plus fréquent dans le monde, chaque année on distingue des millions d'accidents de travail. Ces accidents ont différents effets sur les travailleurs il y'a des accidents qui causent la mort de la personne, il y'a d'autres qui provoquent une incapacité temporaire ou permanente.

L'objectif de la sécurité du travail est la diminution de la fréquence et la gravité des accidents de travail. Les chantiers en général (et les chantiers d'hydraulique en particulier) présentent un très grand risque pour les travailleurs et les accidents peuvent se produire à n'importe quel moment et à n'importe quel phase du projet.

Ces accidents ont des causes et d'origines différentes, c'est ce qu'on va voir dans ce chapitre.

VIII. 1. Les causes des accidents de travail :

L'accident de travail est un événement non souhaité et inopiné provoqué lors d'une tâche prescrite, les enquêtes effectuées après les accidents de travail prouvent que ces derniers ne sont jamais le fait d'un hasard, il existe toujours une ou plusieurs causes qui provoquent et aggravent ces accidents^[6].

On distingue deux facteurs qui causent ces accidents de travail :

VIII .1.1. Facteur humains :

- Erreurs de jugement ou de raisonnement.
- Manque de contrôle et de surveillance.
- La négligence des travailleurs.
- Inaptitude mentale ou physique.
- Manque de concentration.
- La fatigue des travailleurs.
- Manque de responsabilité.

VIII .1.2. Facteurs matériels:

- Les engins, les outils de travail.
- Les installations mécanique et électrique.
- L'encombrement de matériels dans le chantier.
- La nature des matériaux mis en œuvre.
- La difficulté de l'exécution de travail.
- Les mauvaises conditions de travail.
- Manque de l'éclairage.
- Manque des conditions d'hygiène et de sécurité (protection, ventilation,...).

VIII .2. Les conditions dangereuses dans le chantier :

Dans un chantier, il existe une multitude des conditions dangereuses qui peuvent aggraver les accidents de travail tel que^[6] :

- Installation non protégée ou mal protégée.
- Protection individuelle inexistante.
- Outillages, engins, équipements en mauvais état.
- Des défauts dans la conception ou dans la construction.
- Mauvaise disposition des lieux.
- Eclairage défectueux.
- Facteurs d'ambiance impropre.
- Conditions climatiques défavorables.

VIII .3. Les actions dangereuses dans le chantier :

Les actions dangereuses sont des réactions psychiques qu'on ne peut pas prévenir à l'avance car chaque individu réagit différemment selon son humeur ou bien selon la situation dans laquelle il se trouve.

On mentionne quelques actions dangereuses qu'on peut rencontrer dans un chantier^[6]:

- Intervenir sans précaution sur des machines en mouvement.
- Intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression ou contenant des substances toxiques ou inflammables.
- Agir sans prévenir ou sans autorisation.
- Négliger les équipements de protection individuelle.
- Imprudence durant l'exécution des tâches.
- Suivre un rythme de travail inadapté.

VIII .4. Mesures de prévention pour lutter contre les accidents de travail :

La prévention contre les accidents de travail recouvre l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs, améliorer les conditions de travail et tendre au bien-être au travail.

La prévention contre ces accidents est la responsabilité de tous les travailleurs, donc chacun doit ni s'exposer ni exposer ses collègues au danger.

Pour garantir la prévention contre le risque des accidents il faut les combattre à la source pour cela on utilise deux types des équipements de protection :

- **Les équipements de la protection collective :**

Un équipement de protection collective est un dispositif, un mécanisme, un appareil ou une installation qui est capable de protéger les salariés contre un ou plusieurs risques.

On distingue quatre principes qui régissent la protection collective ^[6] :

- La protection par éloignement (balisage, déviation,...).
- La protection par obstacle (rambarde de sécurité ...).
- La protection par atténuation d'une nuisance (insonorisation du local, aspiration de la poussière, ventilation).
- La protection par consignation d'une fonction dangereuse lors d'interventions.

- **Les équipements de la protection individuelle :**

Les équipements de protection individuelle présentent une mesure efficace de la prévention contre les différents accidents de travail ^[6].

- **Les casques** : Ils doivent être portés dans tous les endroits et pour tous les travaux dans le chantier pour protéger la tête contre la chute des matériaux ou des outils.
- **Les chaussures ou les bottes de sécurité** : ils sont équipés d'une semelle d'acier pour éviter les piques.
- **Les gants** : Il faut porter les gants appropriés aux travaux à exécuter pour protéger les mains contre les blessures et la peau contre le contact avec les différents matériaux.
- **Les lunettes** : ils doivent être portés pour protéger les yeux contre la poussière et d'autres matériaux chimiques utilisés dans les chantiers, et en cas de soudure il faut porter un masque de soudure pour protéger le visage en général et les yeux en particulier.
- **Les bouchons d'oreilles et les coquilles antibruit** : ils sont nécessaires pour protéger les oreilles contre le bruit des engins qui peut endommager l'ouïe plus tard.

Conclusion :

La culture de la protection et la sécurité au travail s'avère alors nécessaire pour tous les acteurs du monde du travail.

La prévention est clé pour éviter l'exposition aux risques et limiter la fréquence et la gravité des accidents de travail ainsi assurer la santé et la sécurité de tous les travailleurs.

Afin de mettre en place des actions efficaces, l'employeur doit s'assurer d'élaborer une politique claire, concrète et largement diffusable, il doit aussi s'assurer de fournir tous les équipements nécessaires pour la protection de ces employés.

D'autre part chaque travailleur doit prendre la responsabilité d'appliquer ces règles de protection pour lui protéger contre n'importe quel danger et aussi pour ne pas mettre la vie des autres en danger.

Conclusion générale

Tout au long de la préparation de ce mémoire de fin d'étude, on a essayé de mettre en pratique les connaissances acquises durant nos études et cela dans le but de réaliser un diagnostic du réseau d'AEP de l'agglomération Maasouma.

Après une présentation détaillée de la zone d'étude on a trouvé que cette dernière possède un climat méditerranéen semi-aride avec un terrain plat uniforme et un type de sol limoneux-argileux. Après ça on a estimé les besoins en eau de l'agglomération et après vérification de la suffisance de la capacité de stockage du réservoir, on a réalisé une étude de diagnostic du réseau d'AEP.

Le diagnostic nous a données les facteurs responsables des perturbations de l'alimentation en eau potable de l'agglomération, le premier est l'insuffisance des sources d'eau dont on a proposé de chercher une nouvelle source par exemple un troisième forage si c'est possible (si ça ne va pas causer une surexploitation de la nappe), le deuxième facteur est le vieillissement des conduites ce qui conduit à des fuites et des cassures et même la dégradation de la qualité de l'eau et le dernier facteur est le mauvais dimensionnement des conduites qui ne répond pas aux besoins de l'agglomération.

La résolution des problèmes de l'alimentation se fait par la suppression des facteurs mentionnés au dessus et c'est ce qu'on a fait dans la réhabilitation, on a projeté des nouvelles conduites en PEHD avec une fourchette varie entre 32 et 315 mm. Pour l'adduction on a fait une étude technico-économique et on a déterminé des diamètres économiques qui garanties à la fois l'aspect économique et technique.

Pour finir notre étude on a présenté les différents types de pose de canalisation, on a fait aussi une étude de l'organisation de chantier qui passe par le calcul des volumes des travaux, l'identification des engins utilisées pour chaque tache et enfin on a estimé le cout total de notre projet.

Les travailleurs sont toujours exposés au danger dans les chantiers et pour les éviter il faut que chacun prendre la responsabilité de son sécurité et la sécurité des autres par le suivi des instructions de protection.

En fin, pour que le nouveau réseau d'aep garanti un bon fonctionnement durant toute sa durée de vie il nécessite une bonne gestion du réseau d'aep lui-même d'une part, par la régulation des débits et des pressions, le contrôle de l'état des conduites et des équipements et la vérification de la qualité de l'eau, et d'autre part, par le nettoyage et l'entretien des ouvrages hydrauliques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Carlier, M. (1998)**.Hydraulique générale et appliquée, Eyrolles, EDF, Paris.
- [2] **Dupont, A. (1974)** .Hydraulique urbaine (Tome 2), Eyrolles, Paris.
- [3] **Groupe Chiali (2020)**. Catalogue des conduits en PEHD.
- [4] **Hammouda, M. (2011)**. Diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable et raccordement au SPET de la ville de Thenia (W.Boumerdes).Mémoire de fin d'étude, ENSH.
- [5] **Kahlerras, D. (2018)**.Cours organization de chantier, polycopie ENSH.
- [6] **Kahlerras, D.** Cours protection et sécurité de travail, ENSH.
- [7] **Ouragh, Y. (1990)**. Ecoulements forcés en hydraulique (1 ère partie), Office des publications universitaires, Alger.
- [8] **Salah, B. (2014)**. Cours d'alimentation en eau potable des agglomérations, polycopie ENSH.

Annexe

Tableau II.13 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants.

Heures	Nombre d'habitants				
	Moins de 10000	10001 à 50000	50001 à 100000	Plus de 100000	Agglomération de type rurale
0-1	1,00	1,5	03	3,35	0,75
1-2	1,00	1,5	3,2	3,25	0,75
2-3	1,00	1,5	2,5	3,3	01
3-4	1,00	1,5	2,6	3,2	01
4-5	2,00	2,5	3,5	3,25	03
5-6	3,00	3,5	4,1	3,4	5,5
6-7	5,00	4,5	4,5	3,85	5,5
7-8	6,50	5,5	4,9	4,45	5,5
8-9	6,50	6,25	4,9	5,2	3,5
9-10	5,50	6,25	4,6	5,05	3,5
10-11	4,50	6,25	4,8	4,85	06
11-12	5,50	6,25	4,7	4,6	8,5
12-13	7,00	5,00	4,4	4,6	8,5
13-14	7,00	5,00	4,1	4,55	06
14-15	5,50	5,50	4,2	4,75	05
15-16	4,50	6,00	4,4	4,7	05
16-17	5,00	6,00	4,3	4,65	3,5
17-18	6,50	5,50	4,1	4,35	3,5
18-19	6,50	5,00	4,5	4,4	06
19-20	5,00	4,50	4,5	4,3	06
20-21	4,50	4,00	4,5	4,3	06
21-22	3,00	3,00	4,8	3,75	03
22-23	2,00	2,00	4,6	3,75	02
23-24	1,00	1,50	3,3	3,7	01

Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel en cas de pointe+incendie.

Nœud	Tronçons	Longueurs	Somme des longueurs	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal(l/s)
1	1-2	139,3	149,3	0,0017	0,24	0,13
	1- 43	10			0,02	
2	2-1	139,3	139,3		0,24	0,12
3	3 -41	10	156,1		0,02	0,13
	3 -4	146,1			0,25	
4	4 -3	146,1	146,1		0,25	0,12
5	5 -6	69,98	69,98		0,12	17,06
6	6 -5	69,98	482,7		0,12	0,41
	6 -7	338,5			0,58	
	6 -8	74,22			0,13	
7	7 -6	338,5	338,5		0,58	0,29
8	8 -6	74,22	716,92		0,13	0,61
	8 -9	248,9			0,42	
	8-10	393,8			0,67	
9	9 -8	248,9	248,9		0,42	0,21
10	10 -8	393,8	566,3		0,67	0,48
	10 -11	172,5			0,29	
11	11 -10	172,5	306,7	0,29	0,26	
	11 -12	31,5		0,05		
	11 -49	102,7		0,17		
12	12-11	31,5	112	0,05	0,10	
	12 -13	30,28		0,05		
	12-50	50,22		0,08		
13	13-12	30,28	141,46	0,05	0,12	
	13-14	49,99		0,08		
	13-51	61,19		0,10		
14	14-13	49,99	520,09	0,08	0,44	
	14-15	270,5		0,46		
	14-95	199,6		0,34		
15	15-14	270,5	676,5	0,46	0,58	
	15-16	271,8		0,46		
	15-48	134,2		0,23		

**Suite Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel
en cas de pointe+incendie.**

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
16	16-15	271,8	450,75	0,0017	0,46	0,39
	16-17	93,54			0,16	
	16-24	85,41			0,15	
17	17-16	93,54	313,44		0,16	0,27
	17-18	168,6			0,29	
	17-23	51,3			0,09	
18	18-17	168,6	620,3		0,29	0,53
	18-19	358,6			0,61	
	18-65	93,1			0,16	
19	19-18	358,6	598		0,61	0,51
	19-20	133,9			0,23	
	19-33	105,5			0,18	
20	20-19	133,9	619,01		0,23	0,53
	20-21	56,81			0,1	
	20-23	428,3			0,73	
21	21-20	56,81	219,86		0,1	0,19
	21-22	147,1			0,25	
	21-67	15,95			0,03	
22	22-21	147,1	453,1		0,25	0,39
	22-23	199,6			0,34	
	22-71	106,4			0,18	
23	23-17	51,3	679,2		0,09	0,58
	23-20	428,3			0,73	
	23-22	199,6			0,34	
24	24-16	85,41	252,31		0,15	0,22
	24-25	36,9			0,06	
	24-60	130			0,22	
25	25-24	36,9	276,92		0,06	0,24
	25-26	59,12		0,1		
	25-61	180,9		0,30		
26	26-25	59,12	398,91	0,10	0,34	
	26-27	308,7		0,52		
	26-65	31,09		0,05		
27	27-26	308,7	436,7	0,52	0,37	
	27-28	128		0,22		
28	28-27	128	151,514	0,22	0,13	
	28-29	3,904		0,01		
	28-90	19,61		0,03		

Suite Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel
en cas de pointe+incendie.

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
29	29-28	3,904	161,974	0,0017	0,01	0,14
	29-30	107,5			0,18	
	29-32	50,57			0,09	
30	30-29	107,5	152,51		0,18	0,13
	30-31	45,01			0,08	
31	31-30	45,01	45,01		0,08	0,04
32	32-29	50,57	559,87		0,09	0,48
	32-33	401,5			0,68	
	32-66	107,8			0,18	
33	33-19	105,5	669,5		0,18	0,57
	33-32	401,5			0,68	
	33-34	162,5			0,28	
34	34-33	162,5	162,5		0,28	0,14
35	35-36	43,64	43,64		0,07	0,04
36	36-35	43,64	147,46		0,07	0,13
	36-37	43,82			0,07	
	36-64	60			0,10	
37	37-36	43,82	181,93		0,07	0,16
	37-38	46,02			0,08	
	37-63	92,09			0,16	
38	38-37	46,02	228,3		0,08	0,19
	38-39	46,98			0,08	
	38-62	135,3			0,23	
39	39-38	46,98	96,69		0,08	0,08
	39-40	18,92			0,03	
	39-61	30,79			0,05	
40	40-39	18,92	402,33	0,03	0,34	
	40-41	373,2		0,63		
	40-52	10,21		0,02		
41	41-40	373,2	520,3	0,63	0,44	
	41-3	10		0,02		
	41-42	137,1		0,23		
42	42-41	137,1	720,4	0,23	0,62	
	42-43	209,2		0,36		
	42-45	374,1		0,64		
43	43-1	10	326	0,02	0,28	
	43-42	209,2		0,36		
	43-44	106,8		0,18		
44	44-43	106,8	126,54	0,18	0,11	
	44-102	19,74		0,03		

**Suite Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel
en cas de pointe+incendie.**

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
45	45-42	374,1	606,05	0,0017	0,64	0,52
	45-46	168,5			0,29	
	45-85	63,45			0,11	
46	46-45	168,5	243,98		0,29	0,21
	46-47	46,86			0,08	
	46-84	28,62			0,05	
47	47-46	46,86	98,59		0,08	0,08
	47-48	18,82			0,03	
	47-83	32,91			0,06	
48	48-15	134,2	178,55		0,23	0,15
	48-47	18,82			0,03	
	48-82	25,53			0,04	
49	49-11	102,7	102,7		0,17	0,09
50	50-12	50,22	50,22		0,09	0,04
51	51-13	61,19	61,19		0,10	0,05
52	52-40	10,21	114,41		0,02	0,1
	52-53	104,2			0,18	
53	53-52	104,2	250,945		0,18	0,21
	53-54	8,245			0,01	
	53-58	138,5			0,24	
54	54-53	8,245	264,445		0,01	0,23
	54-55	156			0,27	
	54-59	100,2			0,17	
55	55-54	156	252,17		0,27	0,22
	55-56	63,85			0,11	
	55-57	32,32			0,05	
56	56-55	63,85	63,85		0,11	0,05
57	57-55	32,32	32,32		0,05	0,03
58	58-53	138,5	138,5		0,24	0,12
59	59-54	100,2	100,2		0,17	0,09
60	60-24	130	130	0,22	0,11	
61	61-25	180,9	211,69	0,31	0,18	
	61-39	30,79		0,05		
62	62-38	135,3	135,3	0,23	0,12	
63	63-37	92,09	92,09	0,16	0,08	
64	64-36	60	60	0,10	0,05	
65	65-18	93,1	170,52	0,16	0,15	
	65-26	31,09		0,05		
	65-96	46,33		0,08		
66	66-32	107,8	107,8	0,18	0,09	

**Suite Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel
en cas de pointe+incendie.**

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
67	67-21	15,95	559,45	0,0017	0,027	0,48
	67-68	142,3			0,24	
	67-70	401,2			0,68	
68	68-67	142,3	418		0,24	0,36
	68-69	275,7			0,47	
69	69-68	275,7	275,7		0,47	0,24
70	70-67	401,2	401,2		0,68	0,34
71	71-22	106,4	446,8		0,18	0,38
	71-72	224,6			0,38	
	71-81	115,8			0,2	
72	72-71	224,6	384,83		0,38	0,33
	72-73	25,93			0,04	
	72-80	134,3			0,23	
73	73-72	25,93	161,53		0,04	0,14
	73-74	45,4			0,08	
	73-79	90,2			0,15	
74	74-73	45,4	144,54		0,08	0,12
	74-75	23,06			0,04	
	74-78	76,08			0,13	
75	75-74	23,06	210,85		0,04	0,18
	75-76	58,69			0,10	
	75-77	129,1		0,22		
76	76-75	58,69	58,69	0,10	0,05	
77	77-75	129,1	129,1	0,22	0,11	
78	78-74	76,08	76,08	0,13	0,07	
79	79-73	90,2	90,2	0,15	0,08	
80	80-72	134,3	134,3	0,23	0,11	
81	81-71	115,8	115,8	0,20	0,1	
82	82-48	25,53	25,53	0,04	0,02	
83	83-47	32,91	32,91	0,06	0,03	
84	84-46	28,62	28,62	0,05	0,02	
85	85-45	63,45	155,99	0,11	0,13	
	85-86	27,29		0,05		
	85-89	65,25		0,11		
86	86-85	27,29	187,77	0,05	0,16	
	86-87	106,3		0,18		
	86-88	54,18		0,09		
87	87-86	106,3	106,3	0,18	0,09	
88	88-86	54,18	54,18	0,09	0,05	
89	89-85	65,25	65,25	0,11	0,06	

**Suite Tableau IV.2 : Les débits nodaux du réseau existant à l'état actuel
en cas de pointe+incendie.**

Nœud	Tronçon	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
90	90-28	19,61	672,5	0,0017	0,03	0,57
	90-92	652,89			1,11	
91	91-92	85,55	200,63		0,15	0,17
	91-94	62,16			0,11	
	91-98	52,92			0,09	
92	92-90	652,89	822,42		1,11	0,70
	92-91	85,55			0,15	
	92-93	83,98			0,14	
93	93-92	83,98	83,98		0,14	0,07
94	94-91	62,16	62,16		0,11	0,05
95	95-14	199,6	199,6		0,34	0,17
96	96-65	46,33	46,33		0,08	0,04
98	98-91	52,92	52,92		0,09	0,05
102	102-44	19,74	291,57		0,03	0,25
	102-103	111,05			0,19	
	102-104	160,78			0,27	
103	103-102	111,05	111,05		0,19	0,09
104	104-102	160,78	160,78	0,27	0,14	

Tableau IV.3 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon
(2050) en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)																																																																																																																																																																					
1	1-2	139,3	149,3	0,0028	0,43	0,21																																																																																																																																																																					
	1-43	10			0,03		2	2-1	139,3	139,3	0,43	0,20	3	3-41	10	156,1	0,03	0,22	3-4	146,1	0,45	4	4-3	146,1	146,1	0,45	0,21	5	5-6	69,98	69,98	0,22	0,10	6	6-5	69,98	482,7	0,22	0,68	6-7	338,5	1,04	6-8	74,22	0,23	7	7-6	338,5	338,5	1,04	0,48	8	8-6	74,22	716,92	0,23	1,01	8-9	248,9	0,76	8-10	393,8	1,21	9	9-8	248,9	248,9	0,76	0,35	10	10-8	393,8	566,3	1,21	0,80	10-11	172,5	0,53	11	11-10	172,5	306,7	0,53	0,43	11-12	31,5	0,10	11-49	102,7	0,32	12	12-11	31,5	112	0,10	0,16	12-13	30,28	0,09	12-50	50,22	0,15	13	13-12	30,28	141,46	0,09	0,20	13-14	49,99	0,15	13-51	61,19	0,19	14	14-13	49,99	520,09	0,15	0,74	14-15	270,5	0,83	14-95	199,6	0,61	15	15-14	270,5	676,5	0,83	0,96	15-16	271,8	0,83	15-48	134,2	0,41	16	16-15	271,8	450,75	0,83	0,64	16-17	93,54	0,29	16-24	85,41	0,26	17	17-16	93,54	313,44	0,29	0,44	17-18	168,6	0,52	17-23	51,3	0,16	18	18-17	168,6	620,3	0,52	0,88	18-19	358,6	1,10
2	2-1	139,3	139,3		0,43	0,20																																																																																																																																																																					
3	3-41	10	156,1		0,03	0,22																																																																																																																																																																					
	3-4	146,1			0,45		4	4-3	146,1	146,1	0,45	0,21	5	5-6	69,98	69,98	0,22	0,10	6	6-5	69,98	482,7	0,22	0,68	6-7	338,5	1,04	6-8	74,22	0,23	7	7-6	338,5	338,5	1,04	0,48	8	8-6	74,22	716,92	0,23	1,01	8-9	248,9	0,76	8-10	393,8	1,21	9	9-8	248,9	248,9	0,76	0,35	10	10-8	393,8	566,3	1,21	0,80	10-11	172,5	0,53	11	11-10	172,5	306,7	0,53	0,43	11-12	31,5	0,10	11-49	102,7	0,32	12	12-11	31,5	112	0,10	0,16	12-13	30,28	0,09	12-50	50,22	0,15	13	13-12	30,28	141,46	0,09	0,20	13-14	49,99	0,15	13-51	61,19	0,19	14	14-13	49,99	520,09	0,15	0,74	14-15	270,5	0,83	14-95	199,6	0,61	15	15-14	270,5	676,5	0,83	0,96	15-16	271,8	0,83	15-48	134,2	0,41	16	16-15	271,8	450,75	0,83	0,64	16-17	93,54	0,29	16-24	85,41	0,26	17	17-16	93,54	313,44	0,29	0,44	17-18	168,6	0,52	17-23	51,3	0,16	18	18-17	168,6	620,3	0,52	0,88	18-19	358,6	1,10	18-65	93,1	0,29												
4	4-3	146,1	146,1		0,45	0,21																																																																																																																																																																					
5	5-6	69,98	69,98		0,22	0,10																																																																																																																																																																					
6	6-5	69,98	482,7		0,22	0,68																																																																																																																																																																					
	6-7	338,5			1,04																																																																																																																																																																						
	6-8	74,22			0,23																																																																																																																																																																						
7	7-6	338,5	338,5		1,04	0,48																																																																																																																																																																					
8	8-6	74,22	716,92		0,23	1,01																																																																																																																																																																					
	8-9	248,9			0,76																																																																																																																																																																						
	8-10	393,8			1,21																																																																																																																																																																						
9	9-8	248,9	248,9		0,76	0,35																																																																																																																																																																					
10	10-8	393,8	566,3		1,21	0,80																																																																																																																																																																					
	10-11	172,5			0,53																																																																																																																																																																						
11	11-10	172,5	306,7		0,53	0,43																																																																																																																																																																					
	11-12	31,5			0,10																																																																																																																																																																						
	11-49	102,7			0,32																																																																																																																																																																						
12	12-11	31,5	112		0,10	0,16																																																																																																																																																																					
	12-13	30,28			0,09																																																																																																																																																																						
	12-50	50,22		0,15																																																																																																																																																																							
13	13-12	30,28	141,46	0,09	0,20																																																																																																																																																																						
	13-14	49,99		0,15																																																																																																																																																																							
	13-51	61,19		0,19																																																																																																																																																																							
14	14-13	49,99	520,09	0,15	0,74																																																																																																																																																																						
	14-15	270,5		0,83																																																																																																																																																																							
	14-95	199,6		0,61																																																																																																																																																																							
15	15-14	270,5	676,5	0,83	0,96																																																																																																																																																																						
	15-16	271,8		0,83																																																																																																																																																																							
	15-48	134,2		0,41																																																																																																																																																																							
16	16-15	271,8	450,75	0,83	0,64																																																																																																																																																																						
	16-17	93,54		0,29																																																																																																																																																																							
	16-24	85,41		0,26																																																																																																																																																																							
17	17-16	93,54	313,44	0,29	0,44																																																																																																																																																																						
	17-18	168,6		0,52																																																																																																																																																																							
	17-23	51,3		0,16																																																																																																																																																																							
18	18-17	168,6	620,3	0,52	0,88																																																																																																																																																																						
	18-19	358,6		1,10																																																																																																																																																																							
	18-65	93,1		0,29																																																																																																																																																																							

Suite Tableau IV.3 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
19	19-18	358,6	598	0,0028	1,10	0,85
	19-20	133,9			0,41	
	19-33	105,5			0,32	
20	20-19	133,9	619,01		0,41	0,88
	20-21	56,81			0,17	
	20-23	428,3			1,32	
21	21-20	56,81	219,86		0,17	0,31
	21-22	147,1			0,45	
	21-67	15,95			0,05	
22	22-21	147,1	453,1		0,45	0,64
	22-23	199,6			0,61	
	22-71	106,4			0,33	
23	23-17	51,3	679,2		0,16	0,96
	23-20	428,3			1,32	
	23-22	199,6			0,61	
24	24-16	85,41	252,31		0,26	0,36
	24-25	36,9			0,11	
	24-60	130			0,40	
25	25-24	36,9	276,92		0,11	0,39
	25-26	59,12			0,18	
	25-61	180,9			0,56	
26	26-25	59,12	398,91		0,18	0,56
	26-27	308,7			0,95	
	26-65	31,09			0,10	
27	27-26	308,7	436,7		0,95	0,62
	27-28	128			0,40	
28	28-27	128	151,514		0,40	0,21
	28-29	3,904			0,01	
	28-90	19,61			0,06	
29	29-28	3,904	161,974		0,01	0,23
	29-30	107,5			0,33	
	29-32	50,57			0,16	
30	30-29	107,5	152,51		0,33	0,22
	30-31	45,01		0,14		
31	31-30	45,01	45,01	0,14	0,06	
32	32-29	50,57	559,87	0,16	0,79	
	32-33	401,5		1,23		
	32-66	107,8		0,33		
33	33-19	105,5	669,5	0,32	0,95	
	33-32	401,5		1,23		
	33-34	162,5		0,50		

Suite Tableau IV.3 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe.

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
34	34-33	162,5	162,5	0,0028	0,50	0,23
35	35-36	43,64	43,64		0,13	0,06
36	36-35	43,64	147,46		0,13	0,21
	36-37	43,82			0,14	
	36-64	60			0,18	
37	37-36	43,82	181,93		0,14	0,26
	37-38	46,02			0,14	
	37-63	92,09			0,28	
38	38-37	46,02	228,3		0,14	0,32
	38-39	46,98			0,14	
	38-62	135,3			0,42	
39	39-38	46,98	96,69		0,14	0,14
	39-40	18,92			0,06	
	39-61	30,79			0,10	
40	40-39	18,92	402,33		0,06	0,57
	40-41	373,2			1,15	
	40-52	10,21			0,03	
41	41-40	373,2	520,3		1,15	0,74
	41-3	10			0,03	
	41-42	137,1			0,42	
42	42-41	137,1	720,4		0,42	1,02
	42-43	209,2			0,64	
	42-45	374,1			1,15	
43	43-1	10	326		0,03	0,46
	43-42	209,2			0,64	
	43-44	106,8			0,33	
44	44-43	106,8	126,54		0,33	0,18
	44-102	19,74		0,06		
45	45-42	374,1	606,05	1,15	0,86	
	45-46	168,5		0,52		
	45-85	63,45		0,20		
46	46-45	168,5	243,98	0,52	0,35	
	46-47	46,86		0,14		
	46-84	28,62		0,09		
47	47-46	46,86	98,59	0,14	0,14	
	47-48	18,82		0,06		
	47-83	32,91		0,10		
48	48-15	134,2	178,55	0,41	0,25	
	48-47	18,82		0,06		
	48-82	25,53		0,08		
49	49-11	102,7	102,7	0,32	0,15	

**Suite Tableau IV.3 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe.**

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
50	50-12	50,22	50,22	0,0028	0,15	0,07
51	51-13	61,19	61,19		0,19	0,09
52	52-40	10,21	114,41		0,03	0,16
	52-53	104,2			0,32	
53	53-52	104,2	250,95		0,32	0,36
	53-54	8,245			0,03	
	53-58	138,5			0,43	
54	54-53	8,245	264,45		0,03	0,37
	54-55	156			0,48	
	54-59	100,2			0,31	
55	55-54	156	252,17		0,48	0,36
	55-56	63,85			0,20	
	55-57	32,32			0,10	
56	56-55	63,85	63,85		0,20	0,09
57	57-55	32,32	32,32		0,10	0,05
58	58-53	138,5	138,5		0,43	0,20
59	59-54	100,2	100,2		0,31	0,14
60	60-24	130	130		0,40	0,18
61	61-25	180,9	211,69		0,56	0,30
	61-39	30,79			0,10	
62	62-38	135,3	135,3		0,42	0,19
63	63-37	92,09	92,09		0,28	0,13
64	64-36	60	60		0,18	0,09
65	65-18	93,1	170,52		0,29	0,24
	65-26	31,09			0,10	
	65-96	46,33			0,14	
66	66-32	107,8	107,8		0,33	0,15
67	67-21	15,95	559,45		0,05	0,79
	67-68	142,3		0,44		
	67-70	401,2		1,23		
68	68-67	142,3	418	0,44	0,59	
	68-69	275,7		0,85		
69	69-68	275,7	275,7	0,85	0,39	
70	70-67	401,2	401,2	1,23	0,57	
71	71-22	106,4	446,8	0,33	0,63	
	71-72	224,6		0,69		
	71-81	115,8		0,36		
72	72-71	224,6	384,83	0,69	0,54	
	72-73	25,93		0,08		
	72-80	134,3		0,41		
73	73-72	25,93	161,53	0,08	0,23	
	73-74	45,4		0,14		
	73-79	90,2		0,28		

**Suite Tableau IV.3 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe.**

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
74	74-73	45,4	144,54	0,0028	0,14	0,20
	74-75	23,06			0,07	
	74-78	76,08			0,23	
75	75-74	23,06	210,85		0,07	0,30
	75-76	58,69			0,18	
	75-77	129,1			0,40	
76	76-75	58,69	58,69		0,18	0,08
77	77-75	129,1	129,1		0,40	0,18
78	78-74	76,08	76,08		0,23	0,11
79	79-73	90,2	90,2		0,28	0,13
80	80-72	134,3	134,3		0,41	0,19
81	81-71	115,8	115,8		0,36	0,16
82	82-48	25,53	25,53		0,08	0,04
83	83-47	32,91	32,91		0,10	0,05
84	84-46	28,62	28,62	0,09	0,04	
85	85-45	63,45	155,99	0,20	0,22	
	85-86	27,29		0,08		
	85-89	65,25		0,20		
86	86-85	27,29	187,77	0,08	0,27	
	86-87	106,3		0,32		
	86-88	54,18		0,17		
87	87-86	106,3	106,3	0,33	0,15	
88	88-86	54,18	54,18	0,17	0,08	
89	89-85	65,25	65,25	0,20	0,09	
90	90-28	19,61	672,5	0,06	0,95	
	90-92	652,89		2,00		
91	91-92	85,55	200,63	0,26	0,28	
	91-94	62,16		0,19		
	91-98	52,92		0,16		
92	92-90	652,89	822,42	2,00	1,16	
	92-91	85,55		0,26		
	92-93	83,98		0,26		
93	93-92	83,98	83,98	0,26	0,12	
94	94-91	62,16	62,16	0,19	0,09	
95	95-14	199,6	199,6	0,61	0,28	
96	96-65	46,33	46,33	0,14	0,07	
98	98-91	52,92	52,92	0,16	0,08	
102	102-44	19,74	291,57	0,06	0,41	
	102-103	111,05		0,34		
	102-104	160,78		0,49		
103	103-102	111,05	111,05	0,34	0,16	
104	104-102	160,78	160,78	0,49	0,22	

Tableau IV.4 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie.

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
1	1-2	139,3	149,3	0,0028	0,43	0,21
	1-43	10			0,03	
2	2-1	139,3	139,3		0,43	0,20
3	3-41	10	156,1		0,03	0,22
	3-4	146,1			0,45	
4	4-3	146,1	146,1		0,45	0,21
5	5-6	69,98	69,98		0,22	17,10
6	6-5	69,98	482,7		0,22	0,68
	6-7	338,5			1,04	
	6-8	74,22			0,23	
7	7-6	338,5	338,5		1,04	0,48
8	8-6	74,22	716,92		0,23	1,01
	8-9	248,9			0,76	
	8-10	393,8			1,21	
9	9-8	248,9	248,9		0,76	0,35
10	10-8	393,8	566,3		1,21	0,80
	10-11	172,5			0,53	
11	11-10	172,5	306,7		0,53	0,43
	11-12	31,5			0,10	
	11-49	102,7			0,32	
12	12-11	31,5	112	0,10	0,16	
	12-13	30,28		0,10		
	12-50	50,22		0,15		
13	13-12	30,28	141,46	0,10	0,20	
	13-14	49,99		0,15		
	13-51	61,19		0,19		
14	14-13	49,99	520,09	0,15	0,74	
	14-15	270,5		0,83		
	14-95	199,6		0,61		
15	15-14	270,5	676,5	0,83	0,96	
	15-16	271,8		0,83		
	15-48	134,2		0,41		
16	16-15	271,8	450,75	0,83	0,64	
	16-17	93,54		0,29		
	16-24	85,41		0,26		
17	17-16	93,54	313,44	0,29	0,44	
	17-18	168,6		0,52		
	17-23	51,3		0,16		
18	18-17	168,6	620,3	0,52	0,88	
	18-19	358,6		1,10		
	18-65	93,1		0,29		

**Suite Tableau IV.4 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie.**

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
19	19-18	358,6	598	0,0028	1,10	0,85
	19-20	133,9			0,41	
	19-33	105,5			0,32	
20	20-19	133,9	619,01		0,41	0,88
	20-21	56,81			0,17	
	20-23	428,3			1,32	
21	21-20	56,81	219,86		0,17	0,31
	21-22	147,1			0,45	
	21-67	15,95			0,05	
22	22-21	147,1	453,1		0,45	0,64
	22-23	199,6			0,61	
	22-71	106,4			0,33	
23	23-17	51,3	679,2		0,16	0,96
	23-20	428,3			1,32	
	23-22	199,6			0,61	
24	24-16	85,41	252,31		0,26	0,36
	24-25	36,9			0,11	
	24-60	130			0,40	
25	25-24	36,9	276,92		0,11	0,39
	25-26	59,12			0,18	
	25-61	180,9			0,56	
26	26-25	59,12	398,91		0,18	0,56
	26-27	308,7			0,95	
	26-65	31,09			0,10	
27	27-26	308,7	436,7		0,95	0,62
	27-28	128			0,39	
28	28-27	128	151,514		0,39	0,21
	28-29	3,904			0,01	
	28-90	19,61			0,06	
29	29-28	3,904	161,974		0,01	0,23
	29-30	107,5			0,33	
	29-32	50,57			0,16	
30	30-29	107,5	152,51		0,33	0,22
	30-31	45,01		0,14		
31	31-30	45,01	45,01	0,14	0,06	
32	32-29	50,57	559,87	0,16	0,79	
	32-33	401,5		1,24		
	32-66	107,8		0,33		
33	33-19	105,5	669,5	0,32	0,95	
	33-32	401,5		1,23		
	33-34	162,5		0,50		

**Suite Tableau IV.4 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie**

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
34	34-33	162,5	162,5	0,0028	0,50	0,23
35	35-36	43,64	43,64		0,13	0,06
36	36-35	43,64	147,46		0,13	0,21
	36-37	43,82			0,14	
	36-64	60			0,18	
37	37-36	43,82	181,93		0,14	0,26
	37-38	46,02			0,14	
	37-63	92,09			0,28	
38	38-37	46,02	228,3		0,14	0,32
	38-39	46,98			0,14	
	38-62	135,3			0,42	
39	39-38	46,98	96,69		0,14	0,14
	39-40	18,92			0,06	
	39-61	30,79			0,10	
40	40-39	18,92	402,33		0,06	0,57
	40-41	373,2			1,15	
	40-52	10,21			0,03	
41	41-40	373,2	520,3		1,15	0,74
	41-3	10			0,03	
	41-42	137,1			0,42	
42	42-41	137,1	720,4		0,42	1,02
	42-43	209,2			0,64	
	42-45	374,1			1,15	
43	43-1	10	326		0,03	0,46
	43-42	209,2			0,64	
	43-44	106,8			0,33	
44	44-43	106,8	126,54		0,33	0,18
	44-102	19,74		0,06		
45	45-42	374,1	606,05	1,15	0,86	
	45-46	168,5		0,52		
	45-85	63,45		0,20		
46	46-45	168,5	243,98	0,52	0,35	
	46-47	46,86		0,14		
	46-84	28,62		0,09		
47	47-46	46,86	98,59	0,14	0,14	
	47-48	18,82		0,06		
	47-83	32,91		0,10		
48	48-15	134,2	178,55	0,41	0,25	
	48-47	18,82		0,06		
	48-82	25,53		0,08		
49	49-11	102,7	102,7	0,32	0,15	

**Suite Tableau IV.4 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie**

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
50	50-12	50,22	50,22	0,0028	0,15	0,07
51	51-13	61,19	61,19		0,19	0,09
52	52-40	10,21	114,41		0,03	0,16
	52-53	104,2			0,32	
53	53-52	104,2	250,95		0,32	0,36
	53-54	8,245			0,03	
	53-58	138,5			0,43	
54	54-53	8,245	264,45		0,03	0,37
	54-55	156			0,48	
	54-59	100,2			0,31	
55	55-54	156	252,17		0,48	0,36
	55-56	63,85			0,20	
	55-57	32,32			0,10	
56	56-55	63,85	63,85		0,20	0,09
57	57-55	32,32	32,32		0,10	0,05
58	58-53	138,5	138,5		0,43	0,20
59	59-54	100,2	100,2		0,31	0,14
60	60-24	130	130		0,40	0,18
61	61-25	180,9	211,69		0,56	0,30
	61-39	30,79			0,10	
62	62-38	135,3	135,3		0,42	0,19
63	63-37	92,09	92,09		0,28	0,13
64	64-36	60	60		0,18	0,09
65	65-18	93,1	170,52		0,29	0,24
	65-26	31,09			0,10	
	65-96	46,33			0,14	
66	66-32	107,8	107,8		0,33	0,15
67	67-21	15,95	559,45		0,05	0,79
	67-68	142,3			0,44	
	67-70	401,2			1,23	
68	68-67	142,3	418		0,44	0,59
	68-69	275,7		0,85		
69	69-68	275,7	275,7	0,85	0,39	
70	70-67	401,2	401,2	1,23	0,57	
71	71-22	106,4	446,8	0,33	0,63	
	71-72	224,6		0,69		
	71-81	115,8		0,36		
72	72-71	224,6	384,83	0,69	0,54	
	72-73	25,93		0,08		
	72-80	134,3		0,41		
73	73-72	25,93	161,53	0,08	0,23	
	73-74	45,4		0,14		
	73-79	90,2		0,28		

**Suite Tableau IV.4 : Les débits nodaux du réseau existant à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie**

Nœud	Tronçon	Longueurs(m)	Somme des longueurs(m)	Débit spécifique (l/s/m)	débit en route (l/s)	Le débit nodal (l/s)
74	74-73	45,4	144,54	0,0028	0,14	0,20
	74-75	23,06			0,07	
	74-78	76,08			0,23	
75	75-74	23,06	210,85		0,07	0,30
	75-76	58,69			0,18	
	75-77	129,1			0,40	
76	76-75	58,69	58,69		0,18	0,08
77	77-75	129,1	129,1		0,40	0,18
78	78-74	76,08	76,08		0,23	0,11
79	79-73	90,2	90,2		0,28	0,13
80	80-72	134,3	134,3		0,41	0,19
81	81-71	115,8	115,8		0,36	0,16
82	82-48	25,53	25,53		0,08	0,04
83	83-47	32,91	32,91		0,10	0,05
84	84-46	28,62	28,62	0,09	0,04	
85	85-45	63,45	155,99	0,20	0,22	
	85-86	27,29		0,08		
	85-89	65,25		0,20		
86	86-85	27,29	187,77	0,08	0,27	
	86-87	106,3		0,33		
	86-88	54,18		0,17		
87	87-86	106,3	106,3	0,33	0,15	
88	88-86	54,18	54,18	0,17	0,08	
89	89-85	65,25	65,25	0,20	0,09	
90	90-28	19,61	672,5	0,06	0,95	
	90-92	652,89		2,00		
91	91-92	85,55	200,63	0,26	0,28	
	91-94	62,16		0,19		
	91-98	52,92		0,16		
92	92-90	652,89	822,42	2,00	1,16	
	92-91	85,55		0,26		
	92-93	83,98		0,26		
93	93-92	83,98	83,98	0,26	0,12	
94	94-91	62,16	62,16	0,19	0,09	
95	95-14	199,6	199,6	0,61	0,28	
96	96-65	46,33	46,33	0,14	0,07	
98	98-91	52,92	52,92	0,16	0,08	
102	102-44	19,74	291,57	0,06	0,41	
	102-103	111,05		0,34		
	102-104	160,78		0,49		
103	103-102	111,05	111,05	0,34	0,16	
104	104-102	160,78	160,78	0,49	0,23	

Tableau IV.6 : Les débits nodaux du sous réseau existant à l'horizon
(2050) en cas de pointe

Nœud	Tronçons	Longueurs (m)	Somme des longueurs (m)	Débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
100	100-101	355	676,8	0,0107	3,80	3,65
	100-105	321,8			3,44	
101	101-100	355	355		3,80	1,92
105	105-100	321,8	321,8		3,44	1,74

Tableau IV.9. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel
en cas de pointe+incendie

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n104	67,42	0,14	82,61	15,19
Nœud n102	68,52	0,25	82,61	14,09
Nœud n103	67,64	0,09	82,61	14,97
Nœud n1	67,08	0,13	82,62	15,54
Nœud n2	66,48	0,12	82,61	16,13
Nœud n3	65,17	0,13	83,27	18,1
Nœud n4	65,83	0,12	83,26	17,43
Nœud n5	64,84	17,06	-110,2	-175,04
Nœud n6	64,73	0,41	-97,93	-162,66
Nœud n7	62,26	0,29	-98,05	-160,31
Nœud n8	64,49	0,61	-83,86	-148,35
Nœud n9	62,81	0,21	-83,91	-146,72
Nœud n10	63,02	0,48	13,6	-49,42
Nœud n11	62,74	0,26	58,53	-4,21
Nœud n12	62,72	0,09	60,13	-2,59
Nœud n13	62,63	0,12	61,69	-0,94
Nœud n14	62,84	0,44	64,32	1,48
Nœud n15	62,14	0,58	79,39	17,25
Nœud n16	61,6	0,38	81,39	19,79
Nœud n17	61,01	0,27	81,12	20,11
Nœud n18	61,29	0,53	81,37	20,08
Nœud n19	59,16	0,51	80,85	21,69
Nœud n20	59,38	0,53	80,56	21,18
Nœud n21	59,35	0,19	80,45	21,1
Nœud n22	59,93	0,39	80,44	20,51
Nœud n23	61,1	0,58	80,88	19,78
Nœud n24	62,08	0,22	81,63	19,55
Nœud n25	62,25	0,24	81,74	19,49
Nœud n26	62,21	0,34	81,71	19,5
Nœud n27	60,71	0,37	81,3	20,59
Nœud n28	60,14	0,13	80,81	20,67
Nœud n29	60,16	0,14	80,8	20,64
Nœud n30	60,06	0,13	80,8	20,74
Nœud n31	60	0,04	80,8	20,8
Nœud n32	59,85	0,48	80,79	20,94
Nœud n33	58,29	0,57	80,79	22,5
Nœud n34	59,27	0,14	80,79	21,52
Nœud n35	61,84	0,04	85,42	23,58
Nœud n36	62,22	0,13	85,42	23,2
Nœud n37	62,52	0,16	85,42	22,9
Nœud n38	62,72	0,19	85,43	22,71
Nœud n39	62,89	0,08	85,43	22,54
Nœud n40	62,98	0,34	85,28	22,3
Nœud n41	64,84	0,44	83,27	18,43
Nœud n42	65,63	0,62	82,7	17,07

Suite Tableau IV.9. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel
en cas de pointe+incendie.

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression(m)
Nœud n43	67,01	0,28	82,62	15,61
Nœud n44	68,11	0,11	82,61	14,5
Nœud n100	65,6	1,98	59,12	-6,48
Nœud n101	65,07	1,03	46,07	-19
Nœud n45	64,12	0,52	80,25	16,13
Nœud n46	63,18	0,21	79,75	16,57
Nœud n47	63,15	0,08	79,65	16,5
Nœud n48	62,8	0,15	79,61	16,81
Nœud n49	63,21	0,09	58,49	-4,72
Nœud n50	62,96	0,04	60,13	-2,83
Nœud n51	63,21	0,05	61,68	-1,53
Nœud n52	62,8	0,1	85,27	22,47
Nœud n53	62,79	0,21	84,97	22,18
Nœud n54	62,98	0,23	84,96	21,98
Nœud n55	62,45	0,22	84,9	22,45
Nœud n56	62,8	0,05	84,9	22,1
Nœud n57	62,44	0,03	84,9	22,46
Nœud n58	63,1	0,12	84,9	21,8
Nœud n59	63,55	0,09	84,95	21,4
Nœud n60	62,4	0,11	81,63	19,23
Nœud n61	63,3	0,18	85,48	22,18
Nœud n62	62,16	0,12	85,42	23,26
Nœud n63	62,7	0,08	85,42	22,72
Nœud n64	62,52	0,05	85,42	22,9
Nœud n65	61,95	0,14	81,69	19,74
Nœud n66	59,77	0,09	80,79	21,02
Nœud n67	59,33	0,48	80,42	21,09
Nœud n68	59,54	0,36	80,38	20,84
Nœud n69	59,31	0,23	80,37	21,06
Nœud n70	60,02	0,34	80,24	20,22
Nœud n71	60,45	0,38	79,54	19,09
Nœud n72	60,88	0,33	78,53	17,65
Nœud n73	60,06	0,14	78,48	18,42
Nœud n74	61,05	0,12	78,43	17,38
Nœud n75	61,01	0,18	78,42	17,41
Nœud n76	60,57	0,05	78,42	17,85
Nœud n77	60,1	0,11	78,37	18,27
Nœud n78	60,5	0,06	78,42	17,92
Nœud n79	60,19	0,08	78,47	18,28
Nœud n80	60,19	0,11	78,47	18,28
Nœud n81	59,5	0,1	79,5	20
Nœud n82	62,93	0,02	79,61	16,68
Nœud n83	62,66	0,03	79,64	16,98
Nœud n84	63,23	0,02	79,75	16,52
Nœud n85	64,28	0,13	80,19	15,91

Suite Tableau IV.9. Résultats des pressions aux nœuds à l'état actuel
en cas de pointe+incendie

ID nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression(m)
Nœud n86	63,97	0,16	80,18	16,21
Nœud n87	63,8	0,09	80,18	16,38
Nœud n88	63,95	0,05	80,18	16,23
Nœud n89	64,76	0,05	80,18	15,42
Nœud n90	59,97	0,57	80,77	20,8
Nœud n91	61,45	0,17	77,46	16,01
Nœud n98	61,86	0,05	77,45	15,59
Nœud n92	61,69	0,7	77,5	15,81
Nœud n93	61,83	0,07	77,48	15,65
Nœud n94	61,11	0,05	77,45	16,34
Nœud n95	63,64	0,17	64,29	0,65
Nœud n96	62,14	0,04	81,69	19,55
Nœud BOUINAN	0	0	68,13	68,13
Nœud n105	68,11	0,94	68,13	0,02
Bâche SP	68,15	-3,95	68,15	0
Réservoir R500	82	-38,51	86	4

Tableau IV.10. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe+incendie

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p12	69,98	80	-17,06	3,39	12,25
Tuyau p13	338,5	60	0,29	0,1	0,135
Tuyau p14	74,22	80	-17,76	3,53	14,10
Tuyau p15	248,9	60	0,21	0,07	0,05
Tuyau p17	172,5	80	-19,07	3,79	44,85
Tuyau p18	31,5	110	-19,42	2,04	1,61
Tuyau p19	30,28	110	-19,55	2,06	1,57
Tuyau p20	49,99	110	-19,73	2,08	2,60
Tuyau p21	270,5	110	-20,34	2,14	15,15
Tuyau p22	271,8	160	-19,52	0,97	1,90
Tuyau p23	93,54	80	1,86	0,37	0,28
Tuyau p24	168,6	80	-1,31	0,26	0,17
Tuyau p25	358,6	110	3,11	0,33	0,36
Tuyau p26	133,9	79,2	1,85	0,38	0,27
Tuyau p27	56,81	79,2	1,77	0,36	0,11
Tuyau p28	147,1	79,2	0,17	0,04	0
Tuyau p29	199,6	79,2	-1,88	0,38	0,40
Tuyau p30	51,3	79,2	-2,91	0,59	0,26
Tuyau p32	85,41	200	-21,77	0,69	0,26
Tuyau p33	36,9	200	-22,1	0,7	0,11
Tuyau p34	59,12	200	8,43	0,27	0,03
Tuyau p35	308,7	110	2,96	0,31	0,31

Suite Tableau IV.10. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe+incendie

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p36	128	79,2	2,59	0,53	0,51
Tuyau p37	3,90	79,2	0,84	0,17	0,002
Tuyau p38	107,5	79,2	0,17	0,03	0
Tuyau p39	45,01	79,2	0,04	0,01	0
Tuyau p40	50,57	80	0,54	0,11	0,02
Tuyau p41	401,5	80	-0,03	0,01	0
Tuyau p42	162,5	80	0,14	0,03	0
Tuyau p43	105,5	80	-0,74	0,15	0,05
Tuyau p44	43,64	96,8	-0,04	0,01	0
Tuyau p45	43,82	96,8	-0,21	0,03	0
Tuyau p46	46,02	96,8	-0,45	0,06	0,005
Tuyau p47	46,98	96,8	-0,76	0,1	0,009
Tuyau p48	18,92	96,8	6,72	0,91	0,15
Tuyau p49	373,2	96,8	5,34	0,73	1,87
Tuyau p50	137,1	96,8	4,64	0,63	0,58
Tuyau p51	209,2	96,8	1,11	0,15	0,06
Tuyau p52	106,8	96,8	0,59	0,08	0,01
Tuyau p56	355	35,2	1,03	1,06	13,14
Tuyau p61	374,1	80	2,91	0,58	2,62
Tuyau p62	168,5	80	1,91	0,38	0,51
Tuyau p64	18,82	80	1,57	0,31	0,04
Tuyau p65	134,2	80	1,4	0,28	0,27
Tuyau p66	102,7	35,2	0,09	0,09	0,04
Tuyau p67	50,22	35,2	0,04	0,04	0
Tuyau p68	61,19	35,2	0,05	0,05	0
Tuyau p69	104,2	60	0,94	0,33	0,31
Tuyau p70	8,25	60	0,61	0,21	0,008
Tuyau p71	156	60	0,3	0,1	0,06
Tuyau p72	63,85	40	0,05	0,04	0
Tuyau p73	32,32	60	0,03	0,01	0
Tuyau p74	138,5	40	0,12	0,09	0,07
Tuyau p75	100,2	60	0,09	0,03	0
Tuyau p76	130	80	0,11	0,02	0
Tuyau p79	92,09	80	-0,08	0,02	0
Tuyau p80	60	80	-0,05	0,01	0
Tuyau p81	93,1	110	-4,95	0,52	0,37
Tuyau p82	31,09	160	-5,13	0,26	0,03
Tuyau p84	107,8	55,4	0,09	0,04	0
Tuyau p85	15,95	79,2	1,41	0,29	0,02
Tuyau p86	142,3	79,2	0,59	0,12	0,04
Tuyau p87	275,7	80	0,23	0,05	0
Tuyau p88	401,2	60	0,34	0,12	0,20
Tuyau p90	224,6	60	1,18	0,42	0,90
Tuyau p91	25,93	60	0,74	0,26	0,05

Suite Tableau IV.10. Résultats aux tronçons à l'état actuel en cas de pointe+incendie

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)
Tuyau p92	45,4	60	0,53	0,19	0,05
Tuyau p93	23,06	60	0,34	0,12	0,02
Tuyau p94	58,69	60	0,05	0,02	0
Tuyau p95	129,1	40	0,11	0,09	0,05
Tuyau p96	76,08	40	0,06	0,05	0
Tuyau p97	90,2	40	0,08	0,06	0,01
Tuyau p98	134,3	40	0,11	0,09	0,13
Tuyau p99	115,8	40	0,1	0,08	0,03
Tuyau p100	25,53	40	0,02	0,02	0
Tuyau p101	32,91	40	0,03	0,02	0
Tuyau p103	63,45	60	0,48	0,17	0,06
Tuyau p104	27,29	60	0,3	0,1	0,01
Tuyau p105	106,3	60	0,09	0,03	0
Tuyau p108	19,61	79,2	1,62	0,33	0,04
Tuyau p110	52,92	35,2	0,05	0,05	0
Tuyau p111	83,98	35,2	0,07	0,07	0
Tuyau p113	199,6	60	0,17	0,06	0
Tuyau p117	46,33	110	0,04	0	0
Tuyau p119	30,79	141	7,56	0,48	0,06
Tuyau p120	10	79,2	0,25	0,05	0
Tuyau p121	139,3	55,4	0,12	0,05	0
Tuyau p122	10	79,2	0,26	0,05	0
Tuyau p123	146,1	55,4	0,12	0,05	0
Tuyau p128	10,21	79,2	1,04	0,21	0,01
Tuyau 1	428,3	60	-0,45	0,16	0,43
Tuyau 2	16,54	141	38,51	2,47	0,51
Tuyau 3	46,86	80	1,68	0,33	0,09
Tuyau 4	54,18	40	0,05	0,04	0
Tuyau 5	65,25	40	0,05	0,04	0
Tuyau 6	28,62	40	0,02	0,02	0
Tuyau 7	393,8	80	18,58	3,7	97,27
Tuyau 8	180,9	141	-30,77	1,97	3,80
Tuyau 9	135,3	80	-0,12	0,02	0
Tuyau 10	106,4	60	1,66	0,59	0,96
Tuyau 11	62,16	35,2	-0,05	0,05	0
Tuyau 12	19,74	80	-0,48	0,1	0,004
Tuyau 13	160,78	80	0,14	0,03	0
Tuyau 14	111,05	80	0,09	0,02	0
Tuyau 15	85,55	53,6	-0,27	0,12	0,10
Tuyau 16	652,89	53,6	1,04	0,46	3,26
Tuyau 18	321,8	55,4	3,01	1,25	9,01
Tuyau 19	43,29	152	3,95	0,22	0,02

Tableau IV.11. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge(m)	Pression(m)
Nœud n104	67,42	0,23	82,45	15,03
Nœud n102	68,52	0,41	82,46	13,94
Nœud n103	67,64	0,16	82,46	14,82
Nœud n1	67,08	0,21	82,5	15,42
Nœud n2	66,48	0,2	82,47	15,99
Nœud n3	65,17	0,22	83,18	18,01
Nœud n4	65,83	0,21	83,14	17,31
Nœud n5	64,84	0,1	77,07	12,23
Nœud n6	64,73	0,68	77,08	12,35
Nœud n7	62,26	0,48	76,79	14,53
Nœud n8	64,49	1,01	77,16	12,67
Nœud n9	62,81	0,35	77,04	14,23
Nœud n10	63,02	0,8	79,27	16,25
Nœud n11	62,74	0,43	80,81	18,07
Nœud n12	62,72	0,16	80,89	18,17
Nœud n13	62,63	0,2	80,97	18,34
Nœud n14	62,84	0,74	81,11	18,27
Nœud n15	62,14	0,96	82,3	20,16
Nœud n16	61,6	0,64	82,62	21,02
Nœud n17	61,01	0,44	81,56	20,55
Nœud n18	61,29	0,88	81,91	20,62
Nœud n19	59,16	0,85	80,6	21,44
Nœud n20	59,38	0,88	79,99	20,61
Nœud n21	59,35	0,31	79,74	20,39
Nœud n22	59,93	0,64	79,74	19,81
Nœud n23	61,1	0,96	80,91	19,81
Nœud n24	62,08	0,36	82,7	20,62
Nœud n25	62,25	0,39	82,74	20,49
Nœud n26	62,21	0,56	82,68	20,47
Nœud n27	60,71	0,62	81,64	20,93
Nœud n28	60,14	0,21	80,47	20,33
Nœud n29	60,16	0,23	80,47	20,31
Nœud n30	60,06	0,22	80,46	20,4
Nœud n31	60	0,06	80,46	20,46
Nœud n32	59,85	0,79	80,44	20,59
Nœud n33	58,29	0,95	80,45	22,16
Nœud n34	59,27	0,23	80,44	21,17
Nœud n35	61,84	0,06	85,45	23,61
Nœud n36	62,22	0,21	85,45	23,23
Nœud n37	62,52	0,26	85,45	22,93
Nœud n38	62,72	0,32	85,46	22,74
Nœud n39	62,89	0,14	85,48	22,59
Nœud n40	62,98	0,57	85,28	22,3
Nœud n41	64,84	0,74	83,18	18,34
Nœud n42	65,63	1,11	82,67	17,04

Suite Tableau IV.11. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge(m)	Pression(m)
Nœud n43	67,01	0,46	82,5	15,49
Nœud n44	68,11	0,18	82,47	14,36
Nœud n100	65,6	3,65	40,87	-24,73
Nœud n101	65,07	1,92	1,81	-63,26
Nœud n45	64,12	0,86	82,1	17,98
Nœud n46	63,18	0,34	82,11	18,93
Nœud n47	63,15	0,14	82,13	18,98
Nœud n48	62,8	0,25	82,15	19,35
Nœud n49	63,21	0,14	80,69	17,48
Nœud n50	62,96	0,07	80,87	17,91
Nœud n51	63,21	0,09	80,94	17,73
Nœud n52	62,8	0,16	85,26	22,46
Nœud n53	62,79	0,35	84,48	21,69
Nœud n54	62,98	0,37	84,45	21,47
Nœud n55	62,45	0,36	84,31	21,86
Nœud n56	62,8	0,09	84,3	21,5
Nœud n57	62,44	0,05	84,31	21,87
Nœud n58	63,1	0,2	84,3	21,2
Nœud n59	63,55	0,14	84,44	20,89
Nœud n60	62,4	0,18	82,7	20,3
Nœud n61	63,3	0,3	85,55	22,25
Nœud n62	62,16	0,19	85,45	23,29
Nœud n63	62,7	0,13	85,45	22,75
Nœud n64	62,52	0,09	85,45	22,93
Nœud n65	61,95	0,24	82,64	20,69
Nœud n66	59,77	0,15	80,43	20,66
Nœud n67	59,33	0,79	79,69	20,36
Nœud n68	59,54	0,59	79,59	20,05
Nœud n69	59,31	0,39	79,54	20,23
Nœud n70	60,02	0,57	79,22	19,2
Nœud n71	60,45	0,63	77,37	16,92
Nœud n72	60,88	0,54	74,75	13,87
Nœud n73	60,06	0,23	74,63	14,57
Nœud n74	61,05	0,2	74,51	13,46
Nœud n75	61,01	0,3	74,49	13,48
Nœud n76	60,57	0,08	74,48	13,91
Nœud n77	60,1	0,18	74,34	14,24
Nœud n78	60,5	0,11	74,48	13,98
Nœud n79	60,19	0,13	74,58	14,39
Nœud n80	60,19	0,19	74,59	14,4
Nœud n81	59,5	0,16	77,26	17,76
Nœud n82	62,93	0,04	82,14	19,21
Nœud n83	62,66	0,05	82,13	19,47

Suite Tableau IV.11. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050) en cas de pointe

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge(m)	Pression(m)
Nœud n84	63,23	0,04	82,11	18,88
Nœud n85	64,28	0,22	81,96	17,68
Nœud n86	63,97	0,26	81,93	17,96
Nœud n87	63,8	0,15	81,93	18,13
Nœud n88	63,95	0,08	81,93	17,98
Nœud n89	64,76	0,09	81,94	17,18
Nœud n90	59,97	0,95	80,44	20,47
Nœud n91	61,45	0,28	72,37	10,92
Nœud n98	61,86	0,08	72,36	10,5
Nœud n92	61,69	1,16	72,47	10,78
Nœud n93	61,83	0,12	72,4	10,57
Nœud n94	61,11	0,09	72,35	11,24
Nœud n95	63,64	0,28	81,05	17,41
Nœud n96	62,14	0,06	82,64	20,5
Nœud BOUINAN	0	0	68,1	68,1
Nœud n105	68,11	1,74	68,1	-0,01
Bâche SP	68,15	-7,31	68,15	0
Réservoir R500	82	-35,72	86	4

Tableau IV.12. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p12	69,98	80	-0,1	0,02	0
Tuyau p13	338,5	60	0,48	0,17	0,34
Tuyau p14	74,22	80	-1,26	0,25	0,07
Tuyau p15	248,9	60	0,35	0,12	0,25
Tuyau p17	172,5	80	-3,42	0,68	1,55
Tuyau p18	31,5	110	-4	0,42	0,06
Tuyau p19	30,28	110	-4,23	0,45	0,09
Tuyau p20	49,99	110	-4,52	0,48	0,15
Tuyau p21	270,5	110	-5,53	0,58	1,08
Tuyau p22	271,8	160	-7,64	0,38	0,27
Tuyau p23	93,54	80	3,88	0,77	0,94
Tuyau p24	168,6	80	-1,59	0,32	0,34
Tuyau p25	358,6	110	5,02	0,53	1,43
Tuyau p26	133,9	79,2	2,85	0,58	0,67
Tuyau p27	56,81	79,2	2,78	0,56	0,23
Tuyau p28	147,1	79,2	0,13	0,03	0
Tuyau p29	199,6	79,2	-3,27	0,66	1,80
Tuyau p30	51,3	79,2	-5,03	1,02	0,67
Tuyau p32	85,41	200	-12,16	0,39	0,1
Tuyau p33	36,9	200	-12,7	0,4	0,04
Tuyau p34	59,12	200	13,17	0,42	0,06
Tuyau p35	308,7	110	4,81	0,51	0,93

Suite Tableau IV.12. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p36	128	79,2	4,19	0,85	1,15
Tuyau p37	3,90	96,8	1,3	0,18	0,003
Tuyau p38	107,5	79,2	0,28	0,06	0
Tuyau p39	45,01	79,2	0,06	0,01	0
Tuyau p40	50,57	80	0,79	0,16	0,05
Tuyau p41	401,5	80	-0,15	0,03	0
Tuyau p42	162,5	80	0,23	0,05	0,01
Tuyau p43	105,5	80	-1,32	0,26	0,15
Tuyau p44	43,64	96,8	-0,06	0,01	0
Tuyau p45	43,82	96,8	-0,35	0,05	0
Tuyau p46	46,02	96,8	-0,74	0,1	0,01
Tuyau p47	46,98	96,8	-1,26	0,17	0,02
Tuyau p48	18,92	96,8	7,77	1,06	0,19
Tuyau p49	373,2	96,8	5,48	0,74	2,24
Tuyau p50	137,1	96,8	4,32	0,59	0,55
Tuyau p51	209,2	96,8	1,85	0,25	0,21
Tuyau p52	106,8	96,8	0,97	0,13	0,03
Tuyau p56	355	35,2	1,92	1,97	39,05
Tuyau p61	374,1	80	1,36	0,27	0,75
Tuyau p62	168,5	80	-0,3	0,06	0
Tuyau p64	18,82	80	-0,87	0,17	0,02
Tuyau p65	134,2	80	-1,16	0,23	0,13
Tuyau p66	102,7	35,2	0,14	0,15	0,10
Tuyau p67	50,22	35,2	0,07	0,07	0
Tuyau p68	61,19	35,2	0,09	0,09	0,02
Tuyau p69	104,2	60	1,56	0,55	0,83
Tuyau p70	8,25	60	1,01	0,36	0,02
Tuyau p71	156	60	0,49	0,17	0,16
Tuyau p72	63,85	40	0,09	0,07	0
Tuyau p73	32,32	60	0,05	0,02	0
Tuyau p74	138,5	40	0,2	0,16	0,14
Tuyau p75	100,2	60	0,14	0,05	0
Tuyau p76	130	80	0,18	0,04	0
Tuyau p79	92,09	80	-0,13	0,03	0
Tuyau p80	60	80	-0,09	0,02	0
Tuyau p81	93,1	110	-7,49	0,79	0,74
Tuyau p82	31,09	160	-7,79	0,39	0,03
Tuyau p84	107,8	55,4	0,15	0,06	0
Tuyau p85	15,95	79,2	2,34	0,47	0,05
Tuyau p86	142,3	79,2	0,98	0,2	0,14
Tuyau p87	275,7	80	0,39	0,08	0,06
Tuyau p88	401,2	60	0,57	0,2	0,40
Tuyau p90	224,6	60	1,96	0,69	2,25
Tuyau p91	25,93	60	1,23	0,43	0,13
Tuyau p92	45,4	60	0,87	0,31	0,14

Suite Tableau IV.12. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p93	23,06	60	0,56	0,2	0,03
Tuyau p94	58,69	60	0,08	0,03	0,001
Tuyau p95	129,1	40	0,18	0,14	0,14
Tuyau p96	76,08	40	0,11	0,09	0,03
Tuyau p97	90,2	40	0,13	0,1	0,05
Tuyau p98	134,3	40	0,19	0,15	0,16
Tuyau p99	115,8	40	0,16	0,13	0,11
Tuyau p100	25,53	40	0,04	0,03	0,001
Tuyau p101	32,91	40	0,05	0,04	0,003
Tuyau p103	63,45	60	0,8	0,28	0,14
Tuyau p104	27,29	60	0,49	0,17	0,02
Tuyau p105	106,3	60	0,15	0,05	0,01
Tuyau p108	19,61	96,8	2,68	0,36	0,03
Tuyau p110	52,92	35,2	0,08	0,08	0,01
Tuyau p111	83,98	35,2	0,12	0,12	0,07
Tuyau p113	199,6	60	0,28	0,1	0,07
Tuyau p117	46,33	110	0,06	0,01	0
Tuyau p119	30,79	141	9,16	0,59	0,07
Tuyau p120	10	79,2	0,41	0,08	0,002
Tuyau p121	139,3	55,4	0,2	0,08	0,03
Tuyau p122	10	79,2	0,43	0,09	0,002
Tuyau p123	146,1	55,4	0,21	0,09	0,04
Tuyau p128	10,21	79,2	1,72	0,35	0,02
Tuyau 1	428,3	60	-0,8	0,28	0,92
Tuyau 2	16,54	141	35,72	2,29	0,45
Tuyau 3	46,86	80	-0,68	0,14	0,02
Tuyau 4	54,18	40	0,08	0,06	0,01
Tuyau 5	65,25	40	0,09	0,07	0,02
Tuyau 6	28,62	40	0,04	0,03	0,002
Tuyau 7	393,8	80	2,62	0,52	2,11
Tuyau 8	180,9	141	-26,26	1,68	2,81
Tuyau 9	135,3	80	-0,19	0,04	0,004
Tuyau 10	106,4	60	2,76	0,98	2,37
Tuyau 11	62,16	35,2	-0,09	0,09	0,03
Tuyau 12	19,74	80	-0,8	0,16	0,01
Tuyau 13	160,78	80	0,23	0,05	0,01
Tuyau 14	111,05	80	0,16	0,03	0,002
Tuyau 15	85,55	53,6	-0,45	0,2	0,1
Tuyau 16	652,89	53,6	1,73	0,77	7,97
Tuyau 18	321,8	55,4	5,57	2,31	27,23
Tuyau 19	43,29	152	7,31	0,4	0,05

Tableau IV.13. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie

ID Nœud	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n104	67,42	0,23	79,6	12,18
Nœud n102	68,52	0,41	79,61	11,09
Nœud n103	67,64	0,16	79,6	11,96
Nœud n1	67,08	0,21	79,64	12,56
Nœud n2	66,48	0,2	79,61	13,13
Nœud n3	65,17	0,22	80,86	15,69
Nœud n4	65,83	0,21	80,82	14,99
Nœud n5	64,84	17,1	-136,93	-201,77
Nœud n6	64,73	0,68	-124,62	-189,35
Nœud n7	62,26	0,48	-124,9	-187,16
Nœud n8	64,49	1,01	-109,75	-174,24
Nœud n9	62,81	0,35	-109,87	-172,68
Nœud n10	63,02	0,8	-1,17	-64,19
Nœud n11	62,74	0,43	50,31	-12,43
Nœud n12	62,72	0,16	52,18	-10,54
Nœud n13	62,63	0,2	54,02	-8,61
Nœud n14	62,84	0,74	57,13	-5,71
Nœud n15	62,14	0,96	75,59	13,45
Nœud n16	61,6	0,64	78,22	16,62
Nœud n17	61,01	0,44	77,35	16,34
Nœud n18	61,29	0,88	77,83	16,54
Nœud n19	59,16	0,85	76,52	17,36
Nœud n20	59,38	0,88	75,86	16,48
Nœud n21	59,35	0,31	75,6	16,25
Nœud n22	59,93	0,64	75,6	15,67
Nœud n23	61,1	0,96	76,72	15,62
Nœud n24	62,08	0,36	78,58	16,5
Nœud n25	62,25	0,39	78,74	16,49
Nœud n26	62,21	0,56	78,67	16,46
Nœud n27	60,71	0,62	77,61	16,9
Nœud n28	60,14	0,21	76,41	16,27
Nœud n29	60,16	0,23	76,41	16,25
Nœud n30	60,06	0,22	76,4	16,34
Nœud n31	60	0,06	76,4	16,4
Nœud n32	59,85	0,79	76,37	16,52
Nœud n33	58,29	0,95	76,38	18,09
Nœud n34	59,27	0,23	76,37	17,1
Nœud n35	61,84	0,06	84,95	23,11
Nœud n36	62,22	0,21	84,95	22,73
Nœud n37	62,52	0,26	84,95	22,43
Nœud n38	62,72	0,32	84,96	22,24
Nœud n39	62,89	0,14	84,98	22,09
Nœud n40	62,98	0,57	84,67	21,69
Nœud n41	64,84	0,74	80,86	16,02
Nœud n42	65,63	1,11	79,82	14,19

Suite Tableau IV.13. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie

ID Nœud	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n43	67,01	0,46	79,65	12,64
Nœud n44	68,11	0,18	79,62	11,51
Nœud n100	65,6	3,65	40,87	-24,73
Nœud n101	65,07	1,92	1,81	-63,26
Nœud n45	64,12	0,86	76,28	12,16
Nœud n46	63,18	0,34	75,82	12,64
Nœud n47	63,15	0,14	75,73	12,58
Nœud n48	62,8	0,25	75,71	12,91
Nœud n49	63,21	0,14	50,19	-13,02
Nœud n50	62,96	0,07	52,17	-10,79
Nœud n51	63,21	0,09	54	-9,21
Nœud n52	62,8	0,16	84,65	21,85
Nœud n53	62,79	0,35	83,87	21,08
Nœud n54	62,98	0,37	83,84	20,86
Nœud n55	62,45	0,36	83,7	21,25
Nœud n56	62,8	0,09	83,69	20,89
Nœud n57	62,44	0,05	83,7	21,26
Nœud n58	63,1	0,2	83,69	20,59
Nœud n59	63,55	0,14	83,83	20,28
Nœud n60	62,4	0,18	78,57	16,17
Nœud n61	63,3	0,3	85,09	21,79
Nœud n62	62,16	0,19	84,96	22,8
Nœud n63	62,7	0,13	84,95	22,25
Nœud n64	62,52	0,09	84,95	22,43
Nœud n65	61,95	0,24	78,63	16,68
Nœud n66	59,77	0,15	76,36	16,59
Nœud n67	59,33	0,79	75,55	16,22
Nœud n68	59,54	0,59	75,45	15,91
Nœud n69	59,31	0,39	75,41	16,1
Nœud n70	60,02	0,57	75,09	15,07
Nœud n71	60,45	0,63	73,22	12,77
Nœud n72	60,88	0,54	70,61	9,73
Nœud n73	60,06	0,23	70,49	10,43
Nœud n74	61,05	0,2	70,37	9,32
Nœud n75	61,01	0,3	70,34	9,33
Nœud n76	60,57	0,08	70,34	9,77
Nœud n77	60,1	0,18	70,2	10,1
Nœud n78	60,5	0,11	70,34	9,84
Nœud n79	60,19	0,13	70,43	10,24
Nœud n80	60,19	0,19	70,45	10,26
Nœud n81	59,5	0,16	73,12	13,62
Nœud n82	62,93	0,04	75,7	12,77
Nœud n83	62,66	0,05	75,73	13,07
Nœud n84	63,23	0,04	75,81	12,58
Nœud n85	64,28	0,22	76,15	11,87

**Suite Tableau IV.13. Résultats des pressions aux nœuds à l'horizon (2050)
en cas de pointe+incendie**

ID Nœud	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n87	63,8	0,15	76,11	12,31
Nœud n88	63,95	0,08	76,11	12,16
Nœud n89	64,76	0,09	76,13	11,37
Nœud n90	59,97	0,95	76,38	16,41
Nœud n91	61,45	0,28	68,31	6,86
Nœud n98	61,86	0,08	68,29	6,43
Nœud n92	61,69	1,16	68,41	6,72
Nœud n93	61,83	0,12	68,33	6,5
Nœud n94	61,11	0,09	68,28	7,17
Nœud n95	63,64	0,28	57,07	-6,57
Nœud n96	62,14	0,06	78,63	16,49
Nœud BOUINAN	0	0	68,1	68,1
Nœud n105	68,11	1,74	68,1	-0,01
Bâche SP	68,15	-7,31	68,15	0
Réservoir R500	82	-52,72	86	4

Tableau IV.14. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050) en cas de pointe +incendie

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p12	69,98	80	-17,1	3,4	12,31
Tuyau p13	338,5	60	0,48	0,17	0,34
Tuyau p14	74,22	80	-18,26	3,63	14,84
Tuyau p15	248,9	60	0,35	0,12	0,25
Tuyau p17	172,5	80	-20,42	4,06	51,41
Tuyau p18	31,5	110	-21	2,21	1,86
Tuyau p19	30,28	110	-21,23	2,23	1,85
Tuyau p20	49,99	110	-21,52	2,26	3,10
Tuyau p21	270,5	110	-22,53	2,37	18,39
Tuyau p22	271,8	160	-22,48	1,12	2,45
Tuyau p23	93,54	80	3,48	0,69	0,84
Tuyau p24	168,6	80	-1,89	0,38	0,51
Tuyau p25	358,6	110	5,05	0,53	1,43
Tuyau p26	133,9	79,2	2,95	0,6	0,67
Tuyau p27	56,81	79,2	2,85	0,58	0,28
Tuyau p28	147,1	79,2	0,2	0,04	0
Tuyau p29	199,6	79,2	-3,2	0,65	1,20
Tuyau p30	51,3	79,2	-4,93	1	0,62
Tuyau p32	85,41	200	-26,6	0,85	0,34
Tuyau p33	36,9	200	-27,14	0,86	0,15
Tuyau p34	59,12	200	13,57	0,43	0,06
Tuyau p35	308,7	110	4,88	0,51	0,93
Tuyau p36	128	79,2	4,26	0,86	1,15
Tuyau p37	3,90	96,8	1,37	0,19	0,004
Tuyau p38	107,5	79,2	0,28	0,06	0

Suite Tableau IV.14. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050)
en cas de pointe +incendie

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p39	45,01	79,2	0,06	0,01	0
Tuyau p40	50,57	80	0,86	0,17	0,05
Tuyau p41	401,5	80	-0,08	0,02	0
Tuyau p42	162,5	80	0,23	0,05	0
Tuyau p43	105,5	80	-1,26	0,25	0,11
Tuyau p44	43,64	96,8	-0,06	0,01	0
Tuyau p45	43,82	96,8	-0,36	0,05	0
Tuyau p46	46,02	96,8	-0,74	0,1	0,01
Tuyau p47	46,98	96,8	-1,26	0,17	0,02
Tuyau p48	18,92	96,8	9,93	1,35	0,30
Tuyau p49	373,2	96,8	7,64	1,04	3,73
Tuyau p50	137,1	96,8	6,48	0,88	1,10
Tuyau p51	209,2	96,8	1,85	0,25	0,21
Tuyau p52	106,8	96,8	0,97	0,13	0,03
Tuyau p56	355	35,2	1,92	1,97	39,05
Tuyau p61	374,1	80	3,52	0,7	3,37
Tuyau p62	168,5	80	1,86	0,37	0,51
Tuyau p64	18,82	80	1,29	0,26	0,02
Tuyau p65	134,2	80	1	0,2	0,13
Tuyau p66	102,7	35,2	0,14	0,15	0,10
Tuyau p67	50,22	35,2	0,07	0,07	0,01
Tuyau p68	61,19	35,2	0,09	0,09	0,02
Tuyau p69	104,2	60	1,56	0,55	0,83
Tuyau p70	8,25	60	1,01	0,36	0,02
Tuyau p71	156	60	0,49	0,17	0,16
Tuyau p72	63,85	40	0,09	0,07	0,01
Tuyau p73	32,32	60	0,05	0,02	0
Tuyau p74	138,5	40	0,2	0,16	0,14
Tuyau p75	100,2	60	0,14	0,05	0
Tuyau p76	130	80	0,18	0,04	0
Tuyau p79	92,09	80	-0,13	0,03	0
Tuyau p80	60	80	-0,09	0,02	0
Tuyau p81	93,1	110	-7,82	0,82	0,84
Tuyau p82	31,09	160	-8,12	0,4	0,03
Tuyau p84	107,8	55,4	0,15	0,06	0,01
Tuyau p85	15,95	79,2	2,34	0,47	0,05
Tuyau p86	142,3	79,2	0,98	0,2	0,14
Tuyau p87	275,7	80	0,39	0,08	0,06
Tuyau p88	401,2	60	0,57	0,2	0,40
Tuyau p90	224,6	60	1,96	0,69	2,70
Tuyau p91	25,93	60	1,23	0,43	0,13
Tuyau p92	45,4	60	0,87	0,31	0,14
Tuyau p93	23,06	60	0,56	0,2	0,02
Tuyau p94	58,69	60	0,08	0,03	0
Tuyau p95	129,1	40	0,18	0,14	0,13

Suite Tableau IV.14. Résultats aux tronçons à l'horizon (2050)
en cas de pointe +incendie

ID arc	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p96	76,08	40	0,11	0,09	0,03
Tuyau p97	90,2	40	0,13	0,1	0,1
Tuyau p98	134,3	40	0,19	0,15	0,13
Tuyau p99	115,8	40	0,16	0,13	0,12
Tuyau p100	25,53	40	0,04	0,03	0
Tuyau p101	32,91	40	0,05	0,04	0
Tuyau p103	63,45	60	0,8	0,28	0,13
Tuyau p104	27,29	60	0,49	0,17	0,03
Tuyau p105	106,3	60	0,15	0,05	0
Tuyau p108	19,61	96,8	2,68	0,36	0,04
Tuyau p110	52,92	35,2	0,08	0,08	0,02
Tuyau p111	83,98	35,2	0,12	0,12	0,1
Tuyau p113	199,6	60	0,28	0,1	0,06
Tuyau p117	46,33	110	0,06	0,01	0
Tuyau p119	30,79	141	11,32	0,72	0,09
Tuyau p120	10	79,2	0,41	0,08	0,002
Tuyau p121	139,3	55,4	0,2	0,08	0,03
Tuyau p122	10	79,2	0,43	0,09	0,002
Tuyau p123	146,1	55,4	0,21	0,09	0,04
Tuyau p128	10,21	79,2	1,72	0,35	0,02
Tuyau 1	428,3	60	-0,77	0,27	0,86
Tuyau 2	16,54	141	52,72	3,38	0,91
Tuyau 3	46,86	80	1,48	0,29	0,09
Tuyau 4	54,18	40	0,08	0,06	0,01
Tuyau 5	65,25	40	0,09	0,07	0,01
Tuyau 6	28,62	40	0,04	0,03	0
Tuyau 7	393,8	80	19,62	3,9	108,69
Tuyau 8	180,9	141	-41,1	2,63	6,33
Tuyau 9	135,3	80	-0,19	0,04	0
Tuyau 10	106,4	60	2,76	0,98	2,34
Tuyau 11	62,16	35,2	-0,09	0,09	0,02
Tuyau 12	19,74	80	-0,8	0,16	0,02
Tuyau 13	160,78	80	0,23	0,05	0
Tuyau 14	111,05	80	0,16	0,03	0
Tuyau 15	85,55	53,6	-0,45	0,2	0,09
Tuyau 16	652,89	53,6	1,73	0,77	7,83
Tuyau 18	321,8	55,4	5,57	2,31	27,35
Tuyau 19	43,29	152	7,31	0,4	0,04

Figure V.1 : Diagramme de Moody.

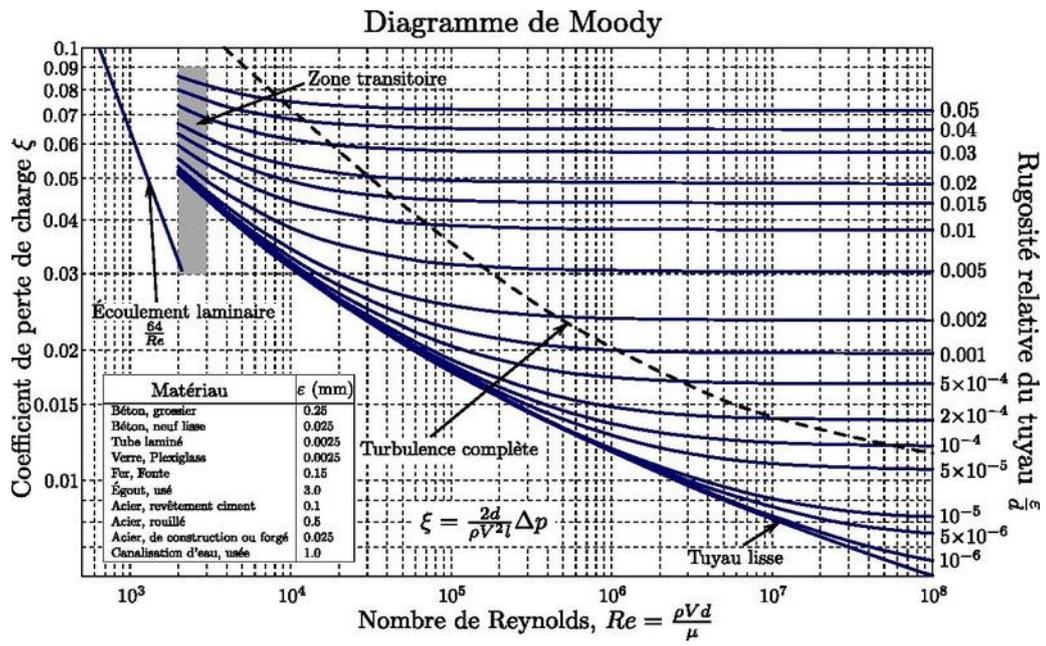


Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon (2050)

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n1	n1-n2	138,66	138,66	0,0027	0,37	0,19
n2	n2-n1	138,66	813,91		0,37	1,10
	n2-n3	1,75			0,01	
	n2-n4	673,5			1,82	
n3	n3-n2	1,75	331,48		0,01	0,45
	n3-n9	52,49			0,14	
	n3-n55	277,24			0,75	
n4	n4-n2	673,5	855,12		1,82	1,16
	n4-n5	94,65			0,26	
	n4-n6	86,97			0,24	
n5	n5-n4	94,65	94,65		0,26	0,13
n6	n6-n4	86,97	256,91		0,24	0,35
	n6-n7	91,64			0,25	
	n6-n8	78,3			0,21	
n7	n7-n6	91,64	91,64		0,25	0,12
n8	n8-n6	78,3	78,3		0,21	0,11
n9	n9-n3	52,49	515,31		0,14	0,70
	n9-n10	70,45			0,19	
	n9-n11	392,37			1,06	
n10	n10-n9	70,45	70,45		0,19	0,10
n11	n11-n9	392,37	656,21		1,06	0,89
	n11-n12	158,49			0,43	
	n11-n13	105,35			0,28	
n12	n12-n11	158,49	158,49		0,43	0,21
n13	n13-n11	105,35	392,99	0,28	0,53	
	n13-n14	156,54		0,42		
	n13-n36	131,1		0,35		
n14	n14-n13	156,54	433,84	0,42	0,59	
	n14-n15	77,76		0,21		
	n14-n16	199,54		0,54		
n15	n15-n14	77,76	77,76	0,21	0,11	
n16	n16-n14	199,54	490,13	0,54	0,66	
	n16-n17	124,19		0,34		
	n16-n21	166,4		0,45		
n17	n17-n16	124,19	342,75	0,34	0,46	
	n17-n18	61,84		0,17		
	n17-n55	156,72		0,43		
n18	n18-n17	61,84	104,17	0,17	0,14	
	n18-n19	36,67		0,10		
	n18-n58	5,66		0,02		

**Suite Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon**

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n19	n19-n18	36,67	233,73	0,0027	0,10	0,32
	n19-n20	83,38			0,23	
	n19-n66	113,68			0,31	
n20	n20-n19	83,38	452,82		0,23	0,61
	n20-n21	96,93			0,26	
	n20-n73	272,51			0,74	
n21	n21-n16	166,4	277,66		0,45	0,38
	n21-n20	96,93			0,26	
	n21-n117	14,33			0,04	
n22	n22-n23	47,53	178,05		0,13	0,24
	n22-n26	96,25			0,26	
	n22-n117	34,27			0,09	
n23	n23-n22	47,53	254,89		0,13	0,34
	n23-n24	123,33			0,33	
	n23-n25	84,03			0,23	
n24	n24-n23	123,33	207,97		0,33	0,28
	n24-n25	42,41			0,12	
	n24-n28	42,23			0,11	
n25	n25-n23	84,03	172,25		0,23	0,23
	n25-n24	42,41			0,12	
	n25-n26	45,81			0,12	
n26	n26-n22	96,25	180,26		0,26	0,24
	n26-n25	45,81			0,12	
	n26-n27	38,2			0,10	
n27	n27-n26	38,2	163,27		0,10	0,22
	n27-n28	81,41			0,22	
	n27-n29	43,66			0,12	
n28	n28-n24	42,23	167,85		0,11	0,23
	n28-n27	81,41			0,22	
	n28-n30	44,21			0,12	
n29	n29-n27	43,66	139,42	0,12	0,19	
	n29-n30	75,37		0,20		
	n29-n31	20,39		0,06		
n30	n30-n28	44,21	202,42	0,12	0,28	
	n30-n29	75,37		0,20		
	n30-n33	82,84		0,22		
n31	n31-n29	20,39	188,85	0,06	0,26	
	n31-n32	62,34		0,17		
	n31-n39	106,12		0,29		

**Suite Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon**

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n32	n32-n31	62,34	168,82	0,0027	0,17	0,23
	n32-n33	68,8			0,19	
	n32-n35	37,68			0,10	
n33	n33-n30	82,84	189,4		0,22	0,26
	n33-n32	68,8			0,19	
	n33-n34	37,76			0,10	
n34	n34-n33	37,76	155		0,10	0,21
	n34-n35	67,13			0,18	
	n34-n36	50,11			0,14	
n35	n35-n32	37,68	149,22		0,10	0,20
	n35-n34	67,13			0,18	
	n35-n37	44,41			0,12	
n36	n36-n13	131,1	240,87		0,35	0,33
	n36-n34	50,11			0,14	
	n36-n37	59,66			0,16	
n37	n37-n35	44,41	123,7		0,12	0,17
	n37-n36	59,66			0,16	
	n37-n38	19,63			0,05	
n38	n38-n37	19,63	473,59		0,05	0,64
	n38-n50	410,99			1,11	
	n38-n51	42,97			0,12	
n39	n39-n31	106,12	449,88		0,29	0,61
	n39-n40	115,61			0,31	
	n39-n41	228,15			0,62	
n40	n40-n39	115,61	115,61		0,31	0,16
n41	n41-n39	228,15	405,18		0,62	0,55
	n41-n42	151,21			0,41	
	n41-n43	25,82		0,07		
n42	n42-n41	151,21	151,21	0,41	0,20	
n43	n43-n41	25,82	156,98	0,07	0,21	
	n43-n44	88,85		0,24		
	n43-n45	42,31		0,11		
n44	n44-n43	88,85	88,85	0,24	0,12	
n45	n45-n43	42,31	133,78	0,11	0,18	
	n45-n46	68,76		0,19		
	n45-n47	22,71		0,06		
n46	n46-n45	68,76	68,76	0,19	0,09	
n47	n47-n45	22,71	219,68	0,06	0,30	
	n47-n48	129,68		0,35		
	n47-n49	67,29		0,18		
n48	n48-n47	129,68	129,68	0,35	0,18	

**Suite Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon(2050)**

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n49	n49-n47	67,29	67,29	0,0027	0,18	0,09
n50	n50-n38	410,99	410,99		1,11	0,56
n51	n51-n38	42,97	187,12		0,12	0,25
	n51-n52	97			0,26	
	n51-n54	47,15			0,13	
n52	n52-n51	97	374,54		0,26	0,51
	n52-n53	277,54			0,75	
n53	n53-n52	277,54	277,54		0,75	0,38
n54	n54-n51	47,15	47,15		0,13	0,06
n55	n55-n3	277,24	637,95		0,75	0,86
	n55-n17	156,72			0,42	
	n55-n56	203,99			0,55	
n56	n56-n55	203,99	248,93		0,55	0,34
	n56-n57	27,39			0,07	
	n56-n67	17,55			0,05	
n57	n57-n56	27,39	162,46		0,07	0,22
	n57-n58	135,07			0,37	
n58	n58-n18	5,66	148,8		0,02	0,20
	n58-n57	135,07			0,37	
	n58-n59	8,07			0,02	
n59	n59-n58	8,07	209,8		0,02	0,28
	n59-n60	144,1			0,39	
	n59-n61	57,63			0,16	
n60	n60-n59	144,1	144,1		0,39	0,20
n61	n61-n59	57,63	217,71		0,16	0,29
	n61-n62	102,7			0,28	
	n61-n63	57,38			0,16	
n62	n62-n61	102,7	102,7	0,28	0,14	
n63	n63-n61	57,38	141,85	0,16	0,19	
	n63-n64	63,16		0,17		
	n63-n65	21,31		0,06		
n64	n64-n63	63,16	63,16	0,17	0,09	
n65	n65-n63	21,31	21,31	0,06	0,03	
n66	n66-n19	113,68	113,68	0,31	0,15	
n67	n67-n56	17,55	462,3	0,05	0,62	
	n67-n68	117,74		0,32		
	n67-n119	327,01		0,88		
n68	n68-n67	117,74	260,12	0,32	0,35	
	n68-n69	137,21		0,37		
	n68-n70	5,17		0,01		
n69	n69-n68	137,21	137,21	0,37	0,19	
n70	n70-n68	5,17	315,76	0,01	0,43	
	n70-n71	188,04		0,52		
	n70-n72	122,55		0,33		
n71	n71-n70	188,04	188,04	0,51	0,25	

**Suite Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon(2050)**

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n72	n72-n70	122,55	122,55	0,0027	0,33	0,17
n73	n73-n20	272,51	740,27		0,74	0,99
	n73-n74	197,69			0,53	
	n73-n103	270,07			0,73	
n74	n74-n73	197,69	397,01		0,53	0,54
	n74-n75	28,25			0,08	
	n74-n76	171,07			0,46	
n75	n75-n74	28,25	28,25		0,08	0,04
n76	n76-n74	171,07	391,39		0,46	0,53
	n76-n77	196,12			0,53	
	n76-n78	24,2			0,07	
n77	n77-n76	196,12	196,12		0,53	0,27
n78	n78-n76	24,2	219,76		0,07	0,30
	n78-n79	108,83			0,29	
	n78-n80	86,73			0,23	
n79	n79-n78	108,83	108,83		0,29	0,15
n80	n80-n78	86,73	341,51		0,23	0,46
	n80-n81	125,88			0,34	
	n80-n82	128,9			0,35	
n81	n81-n80	125,88	125,88		0,34	0,17
n82	n82-n80	128,9	128,9		0,35	0,17
n83	n83-n84	5,35	329		0,01	0,44
	n83-n91	319,74			0,86	
	n83-n119	3,91			0,01	
n84	n84-n83	5,35	246,83		0,01	0,33
	n84-n85	195,67			0,53	
	n84-n86	45,81			0,12	
n85	n85-n84	195,67	195,67	0,53	0,26	
n86	n86-n84	45,81	206,82	0,12	0,28	
	n86-n87	131,18		0,35		
	n86-n88	29,83		0,08		
n87	n87-n86	131,18	131,18	0,35	0,18	
n88	n88-n86	29,83	342,18	0,08	0,46	
	n88-n89	125		0,34		
	n88-n90	187,35		0,51		
n89	n89-n88	125	125	0,34	0,17	
n90	n90-n88	187,35	187,35	0,51	0,25	
n91	n91-n83	319,74	1079,05	0,86	1,46	
	n91-n92	4,76		0,01		
	n91-n99	754,55		2,04		
n92	n92-n91	4,76	166,49	0,01	0,23	
	n92-n93	128,1		0,35		
	n92-n94	33,63		0,09		
n93	n93-n92	128,1	128,1	0,35	0,17	

**Suite Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon(2050)**

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n94	n94-n92	33,63	164,42	0,0027	0,09	0,22
	n94-n95	97,21			0,26	
	n94-n96	33,58			0,09	
n95	n95-n94	97,21	97,21		0,26	0,13
n96	n96-n94	33,58	411,22		0,09	0,56
	n96-n97	145,26			0,39	
	n96-n98	232,38			0,63	
n97	n97-n96	145,26	145,26		0,39	0,20
n98	n98-n96	232,38	232,38		0,63	0,31
n99	n99-n91	754,55	1373,64		2,04	1,86
	n99-n100	168,53			0,46	
	n99-n101	450,56			1,22	
n100	n100-n99	168,53	168,53		0,46	0,23
n101	n101-n99	450,56	450,56		1,22	0,61
n102	n102-n103	204	204		0,55	0,28
n103	n103-n73	270,07	526,67		0,73	0,71
	n103-n102	204		0,55		
	n103-n104	52,6		0,14		
n104	n104-n103	52,6	141,93	0,14	0,19	
	n104-n105	61,3		0,17		
	n104-n106	28,03		0,08		
n105	n105-n104	61,3	61,3	0,17	0,08	
n106	n106-n104	28,03	109,68	0,08	0,15	
	n106-n107	49,34		0,13		
	n106-n108	32,31		0,09		
n107	n107-n106	49,34	49,34	0,13	0,07	
n108	n108-n106	32,31	674,63	0,09	0,91	
	n108-n109	80,56		0,22		
	n108-n110	561,76		1,52		
n109	n109-n108	80,56	80,56	0,22	0,11	
n110	n110-n108	561,76	862,5	1,52	1,16	
	n110-n111	244,09		0,66		
	n110-n112	56,65		0,15		
n111	n111-n110	244,09	244,09	0,66	0,33	
n112	n112-n110	56,65	353,52	0,15	0,48	
	n112-n113	275,25		0,74		
	n112-n114	21,62		0,06		
n113	n113-n112	275,25	275,25	0,74	0,37	
n114	n114-n112	21,62	427,58	0,06	0,58	
	n114-n115	336,46		0,91		
	n114-n116	69,5		0,19		
n115	n115-n114	336,46	336,46	0,91	0,45	
n116	n116-n114	69,5	69,5	0,19	17,09	

**Suite Tableau VI.3 : Les débits nodaux du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon(2050)**

Nœud	tronçons	longueurs des tronçons (m)	somme des longueurs (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débit en route (l/s)	Débit nodal (l/s)
n117	n117-n21	14,33	168,22	0,0027	0,04	0,23
	n117-n22	34,27			0,09	
	n117-n118	119,62			0,32	
n118	n118-n117	119,62	119,62		0,32	0,16
n119	n119-n67	327,01	386,68		0,88	0,52
	n119-n83	3,91			0,01	
	n119-n120	55,76			0,15	
n120	n120-n119	55,76	55,76		0,15	0,08

Tableau VI.8: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon (2050).

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n13	59,16	0,53	80,12	20,96
Nœud n36	59,3	0,33	79,04	19,74
Nœud n37	59,82	0,17	78,4	18,58
Nœud n38	59,56	0,64	78,25	18,69
Nœud n51	59,14	0,25	78,01	18,87
Nœud n54	58,68	0,06	77,98	19,3
Nœud n56	62,89	0,34	85,87	22,98
Nœud n67	62,98	0,62	85,69	22,71
Nœud n2	60,16	1,1	84,02	23,86
Nœud n4	61,7	1,15	76,02	14,32
Nœud n6	61,45	0,35	74,88	13,43
Nœud n1	59,5	0,19	83,26	23,76
Nœud n17	62,21	0,46	85,01	22,8
Nœud n16	61,3	0,66	83,79	22,49
Nœud n21	61,16	0,38	82,79	21,63
Nœud n50	59,9	0,56	73,21	13,31
Nœud n53	59,31	0,38	72	12,69
Nœud n31	59,93	0,25	77,92	17,99
Nœud n49	60,6	0,09	74,54	13,94
Nœud n39	60,22	0,61	76,87	16,65
Nœud n40	59,6	0,16	76,41	16,81
Nœud n41	60,91	0,55	75,63	14,72
Nœud n42	60,19	0,2	75,51	15,32
Nœud n43	60,99	0,21	75,22	14,23
Nœud n44	60,14	0,12	74,99	14,85
Nœud n45	60,05	0,18	74,85	14,8
Nœud n46	60,7	0,09	74,74	14,04
Nœud n47	61,01	0,3	74,57	13,56
Nœud n48	60,16	0,17	74,35	14,19
Nœud n8	61,26	0,11	74,72	13,46

**Suite Tableau VI.8: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté en cas de
Pointe+incendie à l'horizon (2050)**

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n7	61,7	0,12	74,63	12,93
Nœud n5	61,8	0,13	75,75	13,95
Nœud n116	64,7	17,09	74,97	10,27
Nœud n110	64,42	1,16	78,76	14,34
Nœud n111	62,84	0,33	77,55	14,71
Nœud n112	64,6	0,48	77,15	12,55
Nœud n113	62,93	0,37	75,48	12,55
Nœud n114	64,68	0,58	76,59	11,91
Nœud n115	62,44	0,45	75,58	13,14
Nœud n108	62,83	0,91	80,66	17,83
Nœud n109	63,2	0,11	80,48	17,28
Nœud n106	62,7	0,15	81,01	18,31
Nœud n107	63,03	0,07	80,97	17,94
Nœud n104	62,63	0,19	81,32	18,69
Nœud n105	63	0,08	81,23	18,23
Nœud n103	62,73	0,71	81,91	19,18
Nœud n102	63,9	0,28	79,73	15,83
Nœud n73	62,14	1	83,03	20,89
Nœud n78	64,42	0,3	81,15	16,73
Nœud n80	65,06	0,46	81,05	15,99
Nœud n82	65,9	0,17	80,42	14,52
Nœud n83	64,68	0,44	83,28	18,6
Nœud n85	65,77	0,26	81,27	15,5
Nœud n87	65,37	0,18	79,9	14,53
Nœud n84	64,58	0,33	83,21	18,63
Nœud n89	65,37	0,17	79,14	13,77
Nœud n90	65,64	0,25	77,99	12,35
Nœud n68	62,8	0,35	84,86	22,06
Nœud n70	62,9	0,43	84,73	21,83
Nœud n71	62,4	0,25	82,98	20,58
Nœud n91	66,45	1,46	82,15	15,7
Nœud n96	67,05	0,56	81,7	14,65
Nœud n92	66,54	0,23	82,1	15,56
Nœud n93	66,56	0,17	81,49	14,93
Nœud n94	66,68	0,22	81,85	15,17
Nœud n95	66,94	0,13	81,56	14,62
Nœud n97	67,5	0,2	80,84	13,34
Nœud n101	65,05	0,61	76,78	11,73
Nœud n99	66,43	1,86	79,02	12,59
Nœud n100	65,23	0,23	77,72	12,49
Nœud n76	64,12	0,53	81,21	17,09
Nœud n77	63,8	0,27	79,25	15,45
Nœud n79	64,67	0,15	80,75	16,08
Nœud n81	64,76	0,17	80,46	15,7
Nœud n19	62,08	0,32	85,11	23,03

**Suite Tableau VI.8: Résultats des pressions aux nœuds du réseau projeté
en cas de pointe+incendie à l'horizon 2050**

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud n66	62,63	0,16	84,61	21,98
Nœud n55	61,52	0,86	84,98	23,46
Nœud n18	62,25	0,14	85,38	23,13
Nœud n58	62,23	0,2	85,4	23,17
Nœud n65	61,86	0,03	83,44	21,58
Nœud n59	62,2	0,28	85,35	23,15
Nœud n60	62,7	0,19	84,5	21,8
Nœud n61	62,44	0,29	84,18	21,74
Nœud n62	62,54	0,14	83,84	21,3
Nœud n63	62,33	0,19	83,45	21,12
Nœud n64	62,04	0,09	83,36	21,32
Nœud n57	63,03	0,22	85,94	22,91
Nœud n9	59,85	0,7	83,63	23,78
Nœud n10	59,87	0,09	83,51	23,64
Nœud n20	61,6	0,61	84,51	22,91
Nœud n11	58,29	0,89	80,39	22,1
Nœud n12	59,38	0,21	79,29	19,91
Nœud n14	60,14	0,59	81,49	21,35
Nœud n15	59,74	0,1	81,33	21,59
Nœud n35	59,91	0,2	78,28	18,37
Nœud n32	59,94	0,23	78,04	18,1
Nœud n34	59,4	0,21	78,59	19,19
Nœud n33	59,6	0,26	78,24	18,64
Nœud n52	59,34	0,51	77,09	17,75
Nœud n69	63,1	0,19	84,12	21,02
Nœud n72	63,4	0,17	84,18	20,78
Nœud n74	63,52	0,54	82,25	18,73
Nœud n75	63,63	0,04	82,24	18,61
Nœud n98	68,9	0,31	80,65	11,75
Nœud n3	60,16	0,45	84,03	23,87
Nœud n86	64,85	0,28	80,55	15,7
Nœud n88	64,14	0,46	79,72	15,58
Nœud n27	60,3	0,22	78,68	18,38
Nœud n28	60,18	0,23	78,19	18,01
Nœud n26	60,53	0,24	79,28	18,75
Nœud n24	60,47	0,28	78,27	17,8
Nœud n25	60,73	0,23	78,54	17,81
Nœud n22	61,05	0,24	81,27	20,22
Nœud n23	60,7	0,34	78,68	17,98
Nœud n29	60,24	0,19	78,14	17,9
Nœud n30	60,15	0,27	78,13	17,98
Nœud n119	64,72	0,52	83,31	18,59
Nœud n120	63,8	0,08	83,25	19,45
Nœud n117	61,22	0,23	82,3	21,08
Nœud n118	61,37	0,16	81,78	20,41
R500	82	-59,15	86	4

Tableau VI.9: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de pointe+incendie à l'horizon

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau p45	131,1	79,2	3,97	0,81	1,05
Tuyau p46	59,66	66	2,79	0,82	0,66
Tuyau p50	19,63	66	2,39	0,7	0,16
Tuyau p51	42,97	55,4	1,2	0,5	0,21
Tuyau p52	47,15	28	0,06	0,1	0,05
Tuyau p54	17,55	110,2	10,95	1,15	0,18
Tuyau p66	86,97	35,2	0,58	0,59	1,13
Tuyau p102	166,4	66	2,03	0,59	1,00
Tuyau p126	88,85	28	0,12	0,19	0,27
Tuyau p127	68,76	28	0,09	0,15	0,14
Tuyau p130	78,3	28	0,11	0,17	0,16
Tuyau p133	94,65	28	0,13	0,21	0,28
Tuyau p149	49,34	28	0,07	0,11	0,05
Tuyau p150	61,3	28	0,08	0,13	0,06
Tuyau p151	204	28	0,28	0,45	2,45
Tuyau p156	86,73	66	0,81	0,24	0,09
Tuyau p157	128,9	28	0,17	0,28	0,64
Tuyau p182	128,1	28	0,17	0,28	0,64
Tuyau p213	144,1	28	0,19	0,32	0,86
Tuyau p214	102,7	28	0,14	0,23	0,31
Tuyau p218	70,45	28	0,09	0,15	0,14
Tuyau 1	673,5	55,4	1,86	0,77	8,08
Tuyau 2	91,64	28	0,12	0,2	0,27
Tuyau 4	156,72	35,2	-0,05	0,05	0,03
Tuyau 5	61,84	110,2	-7,98	0,84	0,37
Tuyau 6	36,67	176,2	31,4	1,29	0,26
Tuyau 7	83,38	176,2	30,92	1,27	0,58
Tuyau 8	96,93	66	-3,73	1,09	1,74
Tuyau 9	124,19	96,8	-7,47	1,01	1,12
Tuyau 11	105,35	44	-0,41	0,27	0,32
Tuyau 12	392,37	55,4	-1,51	0,63	3,14
Tuyau 13	158,49	28	0,21	0,35	1,11
Tuyau 14	156,54	79,2	-4,09	0,83	1,41
Tuyau 15	199,54	79,2	-4,78	0,97	2,39
Tuyau 16	77,76	28	0,1	0,17	0,16
Tuyau 17	106,12	66	-2,68	0,78	1,00
Tuyau 18	44,41	35,2	0,23	0,24	0,13
Tuyau 19	37,68	28	0,2	0,33	0,23
Tuyau 20	62,34	28	0,1	0,17	0,12
Tuyau 24	50,11	44	0,85	0,56	0,45
Tuyau 25	37,76	35,2	0,47	0,48	0,34
Tuyau 29	68,8	28	-0,13	0,21	0,21
Tuyau 30	67,13	28	-0,17	0,28	0,34
Tuyau 42	115,61	28	0,16	0,25	0,46
Tuyau 43	228,15	66	1,92	0,56	1,14
Tuyau 44	151,21	44	0,2	0,13	0,15

**Suite Tableau VI.9: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de
Pointe+incendie à l'horizon(2050)**

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau 45	25,82	44	1,17	0,77	0,41
Tuyau 46	42,31	44	0,84	0,55	0,38
Tuyau 47	22,71	35,2	0,56	0,58	0,30
Tuyau 48	67,29	35,2	0,09	0,09	0,07
Tuyau 49	129,68	35,2	0,17	0,18	0,26
Tuyau 50	97	44	0,88	0,58	0,87
Tuyau 51	277,54	28	0,38	0,61	5,00
Tuyau 54	63,16	28	0,09	0,14	0,06
Tuyau 56	57,63	35,2	-0,74	0,76	1,15
Tuyau 57	8,07	55,4	-1,22	0,5	0,05
Tuyau 58	21,31	28	-0,03	0,05	0,004
Tuyau 59	57,38	28	-0,31	0,5	0,75
Tuyau 60	27,39	176,2	-17,99	0,74	0,1
Tuyau 61	135,07	220,4	40,94	1,07	0,54
Tuyau 62	5,66	220,4	39,52	1,04	0,02
Tuyau 63	203,99	110,2	-6,7	0,7	0,82
Tuyau 64	117,74	55,4	1,38	0,57	0,82
Tuyau 65	188,04	28	0,25	0,41	1,69
Tuyau 66	5,17	35,2	0,85	0,87	0,13
Tuyau 67	137,21	28	0,19	0,3	0,69
Tuyau 68	122,55	28	0,17	0,27	0,49
Tuyau 69	272,51	176,2	26,58	1,09	1,36
Tuyau 70	270,07	176,2	22,96	0,94	1,08
Tuyau 71	52,6	141	21,98	1,41	0,58
Tuyau 72	28,03	141	21,7	1,39	0,31
Tuyau 73	32,31	141	21,49	1,38	0,36
Tuyau 74	80,56	28	0,11	0,18	0,16
Tuyau 76	24,2	66	1,25	0,37	0,06
Tuyau 78	108,83	28	0,15	0,24	0,44
Tuyau 79	197,69	79,2	2,62	0,53	0,79
Tuyau 80	171,07	66	2,04	0,6	1,03
Tuyau 81	28,25	28	0,04	0,06	0,01
Tuyau 82	196,12	28	0,27	0,43	1,96
Tuyau 83	125,88	28	0,17	0,28	0,63
Tuyau 84	561,76	176,2	20,47	0,84	1,69
Tuyau 85	56,65	110,2	18,97	1,99	1,59
Tuyau 86	21,62	110,2	18,13	1,9	0,56
Tuyau 87	69,5	110,2	17,09	1,79	1,60
Tuyau 88	244,09	35,2	0,33	0,34	1,22
Tuyau 89	275,25	35,2	0,37	0,38	1,65
Tuyau 90	336,46	44	0,45	0,3	1,01
Tuyau 93	168,53	28	0,23	0,37	1,35
Tuyau 26	232,38	35,2	0,31	0,32	1,16
Tuyau 55	145,26	28	0,2	0,32	0,87
Tuyau 75	4,76	55,4	1,82	0,75	0,05

**Suite Tableau VI.9: Résultats aux tronçons du réseau projeté en cas de
pointe+incendie à l'horizon (2050)**

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
Tuyau 77	319,74	110,2	5,96	0,63	1,28
Tuyau 96	33,63	55,4	1,42	0,59	0,24
Tuyau 97	33,58	55,4	1,06	0,44	0,13
Tuyau 98	97,21	28	0,13	0,21	0,29
Tuyau 99	5,35	55,4	1,94	0,8	0,07
Tuyau 100	195,67	28	0,26	0,43	0,20
Tuyau 103	113,68	28	0,16	0,27	0,45
Tuyau 104	52,49	66	-2,3	0,67	0,42
Tuyau 105	277,24	110,2	-5,89	0,62	0,83
Tuyau 106	1,75	79,2	3,14	0,64	0,01
Tuyau p100	138,66	28	0,19	0,3	0,83
Tuyau 109	45,81	35,2	1,34	1,38	2,66
Tuyau 110	29,83	35,2	0,88	0,91	0,84
Tuyau 112	125	28	0,17	0,27	0,63
Tuyau 113	131,18	28	0,18	0,29	0,66
Tuyau 114	22,3	277,6	59,15	0,98	0,07
Tuyau 3	187,35	28	0,25	0,41	1,69
Tuyau 10	754,55	79,2	2,69	0,55	3,02
Tuyau 21	450,56	44	0,61	0,4	2,25
Tuyau 36	81,41	28	-0,2	0,32	0,49
Tuyau 37	38,2	66	-3,47	1,01	0,61
Tuyau 38	42,23	35,2	-0,19	0,19	0,08
Tuyau 39	45,81	28	0,35	0,56	0,73
Tuyau 40	42,41	28	0,21	0,33	0,30
Tuyau 41	96,25	66	-4,06	1,19	2,02
Tuyau 91	84,03	28	-0,09	0,15	0,17
Tuyau 92	47,53	28	0,7	1,13	2,57
Tuyau 94	123,33	35,2	-0,26	0,27	0,37
Tuyau 101	20,39	66	-2,83	0,83	0,22
Tuyau 107	43,66	66	-3,05	0,89	0,52
Tuyau 111	82,84	28	0,09	0,14	0,08
Tuyau 116	44,21	35,2	-0,16	0,16	0,04
Tuyau 117	75,37	28	-0,03	0,05	0,02
Tuyau 22	410,99	35,2	0,56	0,57	4,93
Tuyau 23	327,01	110,2	8,94	0,94	2,29
Tuyau 27	3,91	110,2	8,35	0,87	0,02
Tuyau 28	55,76	28	0,08	0,12	0,06
Tuyau 31	14,33	66	5,39	1,57	0,49
Tuyau 32	34,27	66	5	1,46	1,03
Tuyau 33	119,62	28	0,16	0,26	0,48