الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR HYDRAULICS
"The MujahidAbdellah ARBAOUI"

المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵜ ⵜⴰⵖⵍⵉⵙⵜ ⵏ ⵜⵓⵙⵙⵉⵔⵜ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : ALIMENTATION EN EAU POTABLE

THEME :

Etude de diagnostic de système d'alimentation en eau potable de la ville de Taouzianet (W. Khenchla).

Présenté par :
HEDJAZI Hani Bader Eddine

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
ZAIBAK Issam	M.C.B	Président
HADJ SADOK Nabila	M.A.A	Examinatrice
TOUAHIR Sabah	M.A.A	Examinatrice
KADI Latifa	M.A.A	Promotrice

Session novembre 2025

Remerciements

Je souhaite exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont soutenu durant la réalisation de ce stage et l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens tout d'abord à adresser ma profonde gratitude à mon encadrante académique, **Mme KADI Latifa**, pour son encadrement exemplaire, ses conseils précieux et sa disponibilité. Sa rigueur, sa patience et ses orientations pertinentes ont été une source d'inspiration constante et m'ont permis de mener ce projet à bien.

Je remercie également l'ingénieur de stage, **M. ALLAOUI Abdelmalek**, pour son accompagnement au sein de l'entreprise. Ses conseils pratiques, sa disponibilité et sa bienveillance ont rendu cette expérience extrêmement enrichissante.

Enfin, j'exprime ma profonde gratitude à la direction de **l'ENSH** pour la qualité de l'encadrement pédagogique ainsi que pour l'opportunité qui m'a été offerte de mener à bien ce travail. Leur soutien constant et leur accompagnement tout au long de mon parcours académique ont constitué un apport précieux à l'aboutissement de ce mémoire.

Je reste reconnaissant envers tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réussite de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à **ma mère**, qui a sacrifié tout ce qu'elle avait pour moi et m'a toujours soutenu sans jamais faiblir.

À **mon père**, qui a passé des années de nuits sans relâche pour mon bien-être et mon avenir.

À **mon frère**, **Lamine** qui a rendu le fait d'avoir un frère comme un véritable "code de triche" dans la vie.

À **mes sœurs**, qui ont toujours été à mes côtés, telles des piliers soutenant une maison.

À l'Ingénieur **ALLAOUI Abdelmalek**, pour la justesse de ses orientations, sa générosité et son dévouement constant.

À mes amis proches, **Zakaria** et **Anes** pour leur soutien indéfectible et les moments inoubliables partagés à mes côtés.

À tous mes amis, **Hamza**, **Abdelmalek**, **Salas**, **Ahcine**, **Rafaa**, **Abdelwaheb** qui ont rendu ces dernières années plus agréables, plus légères et pleines de joie qu'elles n'auraient dû l'être.

À toutes les personnes que j'ai rencontrées et qui ont eu un impact positif sur moi, contribuant d'une manière ou d'une autre à mon cheminement personnel et académique.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تشخيص شبكة تزويد المياه الصالحة للشرب في بلدية تاوزيانت (ولاية خنشلة). أظهرت النتائج تراجع حالة الأنابيب، فقدان كبير للمياه، انخفاض سرعة التدفق وعدم انتظام الضغط. وقد تم اقتراح إعادة هيكلة الشبكة، واستبدال الأنابيب المصنوعة من متعدد كلوريد الفينيل والحديد الزهر بأنابيب متعدد الايثيلين عالي الكثافة، وزيادة إنتاج المياه لتلبية احتياجات السكان حتى عام 2055، وحماية نظام التزويد من الصدمات الهيدروليكية.

الكلمات المفتاحية : التشخيص - التدفق - نظام الجر - شبكة التوزيع - الآبار - المطرقة المائية

Résumé

Cette étude diagnostique le réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Taouzianet (wilaya de Khenchela). Les résultats montrent un vieillissement des conduites, d'importantes pertes d'eau, une faible vitesse d'écoulement et une pression irrégulière. Il est proposé de restructurer le réseau, de remplacer les conduites en PVC et en fonte ductile par des conduites en PEHD, d'augmenter la production d'eau pour satisfaire les besoins de la population à l'horizon 2055, et de protéger le système d'adduction contre les coups de bélier.

Mots clés : Diagnostic - débit - système d'adduction - réseau de distribution - forages - coup de bélier

Abstract

This study aims to assess the drinking water supply network of the municipality of Taouzianet (Khenchela Province). The results reveal aging pipelines, significant water losses, low flow velocity, and irregular pressure. It is proposed to restructure the network, replace PVC and ductile iron pipes with HDPE pipes, increase water production to meet the population's needs by 2055, and protect the supply system against water hammer.

Key words : Diagnosis – flow – transmission system - distribution networks – wells – water hammer

Table des matières

Introduction générale **2**

1 Présentation de la zone d'étude **3**
1.1 Introduction : 4
1.2 Présenation de la zone d'étude : 4
1.2.1 Situation géographique : 4
1.2.2 Situation géomorpholgique : 5
1.2.3 Situation climatique : 6
1.2.3.1 Pluviométrie : 6
1.2.3.2 Température : 7
1.2.3.3 Vent : 8
1.2.4 Situation géologique : 8
1.2.5 Sismicité : 8
1.3 Conclusion : 9

2 Estimation des besoins en eau **10**
2.1 Introduction : 11
2.2 Evolution démographique : 11
2.3 Evaluation de la consommation moyenne journalière : 11
2.3.1 Choix de la dotation : 11
2.3.2 Les besoins domestique : 12
2.3.3 Besoins d'équipements existants : 12
2.3.3.1 Besoins scolaires : 12
2.3.3.2 Besoins socioculturels : 13
2.3.3.3 Besoins administratifs : 13
2.3.3.4 Besoins commerciaux : 14
2.3.4 Besoins d'équipement projeté : 14
2.3.4.1 Besoins scolaires : 14
2.3.4.2 Besoins socioculturels : 14
2.3.4.3 Besoins administratifs : 15
2.3.4.4 Besoins commerciaux : 15
2.3.5 Les besoins totaux : 16
2.3.6 Evaluation des fuites : 16
2.4 Evaluation de la variation de la consommation journalier : 16
2.4.1 La consommation maximal journalière : 16

2.4.2 La consommation minimale journalière : 17
2.5 Evaluation de la variation de la consommation horaire : 17
2.5.1 La consommation moyenne horaire : 18
2.5.2 La consommation maximal horaire : 18
2.5.3 La consommation minimal horaire : 18
2.6 Évaluation du régime de consommation : 19
2.6.1 Régime de consommation actuelle : 19
2.6.2 Régime de consommation à l'horizon de 2055 : 20
2.7 Conclusion : 21

3 Diagnostic du système existant. 22
3.1 Introduction : 23
3.2 Diagnostic physique du réseau de distribution : 23
3.2.1 État de conduites de distribution : 23
3.2.2 État des regards de vannes : 24
3.2.3 État de la robinetterie : 25
3.3 Diagnostic hydraulique du réseau de distribution : 26
3.3.1 Bilan de ressources en eau : 26
3.3.2 Simulation du réseau de distribution par WaterGEMS : 27
3.3.2.1 Cas de pointe : 27
3.3.2.2 Cas d'incendie : 31
3.4 Discussion et recommandation globales : 34
3.5 Conclusion : 34

4 Étude de stockage 35
4.1 Introduction : 36
4.2 Caractéristique du réservoir : 36
4.2.1 Utilité du réservoir : 36
4.2.2 Classification des réservoirs : 36
4.2.3 Emplacement du réservoir : 36
4.2.4 L'équipement du réservoir : 37
4.3 Description des ouvrages de stockage existant : 38
4.4 Évaluation de volume nécessaire à l'agglomération : 39
4.4.1 Méthode analytique : 40
4.4.2 Calcul forfaitaire : 41
4.5 Conclusion : 42

5 Étude d'adduction 43
5.1 Introduction : 44
5.2 Généralité sur l'adduction : 44
5.2.1 Classification d'adduction : 44
5.2.2 Tracé d'adduction : 44
5.3 Étude d'adduction : 44

5.3.1 Ressources en eau : 44
5.3.2 Réseau d'adduction existant : 45
5.3.3 Caractéristique du réseau d'adduction : 45
5.3.3.1 La hauteur géométrique : 45
5.3.3.2 La hauteur manométrique : 46
5.3.3.3 La perte de charge : 46
5.3.3.4 La vitesse d'écoulement : 46
5.3.4 Vérification de système d'adduction à l'horizon 2025 : 47
5.3.5 Bilan de Ressources de l'eau 47
5.3.6 Vérification de système d'adduction à l'horizon 2055 : 48
5.4 Étude de pompage : 48
5.4.1 Choit de la pompe : 48
5.4.2 Point de fonctionnement des pompes : 49
5.4.2.1 Pompe de forage de Faies Ter P7L/3/20/10D : 49
5.4.2.2 Pompe de forage de Taouzianet P7L/3/24/12D : . . . 51
5.4.2.3 Pompe de piquage de transfert PM 150/ 4 C : 52
5.4.3 Réglage des pompes 53
5.5 Protection contre le coup de bélier : 55
5.5.1 Définition : 55
5.5.2 Les cause de coup de bélier : 55
5.5.3 Les risque dus aux coups de bélier : 55
5.5.3.1 Forte pression : 55
5.5.3.2 Pressions négative : 55
5.5.3.3 Fatigue de conduite : 55
5.5.4 Les moyen de protection contre le coup de bélier : 55
5.5.5 Étude de coup de bélier : 56
5.5.5.1 Calcul de coup de bélier : 56
5.5.5.2 Calcule de la célérité : 56
5.5.5.3 Évaluation de pression en cas de coup de bélier : . . . 57
5.5.5.4 Dimensionnement de réservoir d'air : 58
5.6 Conclusion : 61

6 Réhabilitation du système d'AEP 62
6.1 Introduction : 63
6.2 Généralité sur les réseaux de la distribution : 63
6.2.1 Type du réseau : 63
6.2.2 Principe du tracé du réseau : 63
6.3 Principe de dimensionnement : 63
6.3.1 Méthode analytique : 63
6.3.1.1 Calcul de débit en route : 63
6.3.1.2 Calcul de débit spécifique : 64
6.3.1.3 Calcul de débit au nœud : 64
6.3.1.4 Méthode de Unit Line : 64

6.4 Réhabilitation du réseau de distribution : 65
6.4.1 Variante 1 : 65
6.4.1.1 Cas de pointe : 65
6.4.1.2 Cas de pointe + incendie : 69
6.4.2 Variante 2 : 74
6.4.2.1 Cas de pointe : 74
6.4.2.2 Cas de pointe + incendie : 78
6.5 Conclusion : 81

7 Pose de canalisation et accessoires. 82
7.1 Introduction : 83
7.2 La pose de canalisation : 83
7.2.1 Principe de pose de canalisation : 83
7.2.2 Pose de canalisation de terrain ordinaire : 83
7.2.3 Pose de canalisations sans ouverture de tranché : 84
7.2.3.1 Pose par fonçage : 84
7.2.3.2 Pose par forage dirigé : 84
7.3 Accessoire du réseau d'AEP : 84
7.4 Stabilisation des conduites d'AEP 85
7.4.1 Techniques d'assemblage des conduites AEP 86
7.5 Conclusion : 88

8 Devis quantitatif et estimatif 89
8.1 Introduction : 90
8.2 Duré de traveaux : 90
8.3 Calcul du volumes de travaux : 91
8.3.1 Calcul de volume de décapage : 91
8.3.1.1 Calcul du profondeur de tranché : 92
8.3.1.2 Calcul de largeur de tranché : 92
8.3.2 Volume de déblais : 93
8.3.3 Volume de sable pour la génératrice inférieur de la conduite : . . 94
8.3.4 Volume de remblais : 95
8.4 Devis quantitatif et estimatif : 96
8.5 Conclusion : 97

Conclusion générale 99

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Précipitations moyennes mensuelles. (2000-2021) 7
Tableau 1.2 : Températures moyennes mensuelles. (1995-2005) 8

Tableau 2.1 : Répartition de la population pour différents horizons. 11
Tableau 2.2 : La dotation domestique en fonction de la population. 12
Tableau 2.3 : Besoin domestique moyenne de différent horizon. 12
Tableau 2.4 : Évaluation des besoins scolaires existants. 12
Tableau 2.5 : Évaluation des besoins socioculturels existants. 13
Tableau 2.6 : Évaluation des besoins administratifs existants. 13
Tableau 2.7 : Évaluation des besoins commerciaux existants. 14
Tableau 2.8 : Évaluation des besoins scolaires projeté. 14
Tableau 2.9 : Évaluation des besoins socioculturels projeté. 14
Tableau 2.10 : Évaluation des besoins administratifs projeté. 15
Tableau 2.11 : Évaluation des besoins commerciaux projeté. 15
Tableau 2.12 : Évaluation des besoins d'équipement. 15
Tableau 2.13 : Évaluation des besoins totale. 16
Tableau 2.14 : Évaluation de taux de fuite. 16
Tableau 2.15 : Evaluation de consommation minimal et maximal journalière. . . . 17
Tableau 2.16 : Valeur de β en fonction du nombre d'habitants. 17
Tableau 2.17 : Evaluation de consommation minimal et maximal horaire. 18
Tableau 2.18 : Evaluation de variation de consommation horaire à actuelle (2025). 19
Tableau 2.19 : Évaluation de la variation de la consommation horaire actuelle (2055). 20

Tableau 3.1 : Répartition des conduites en langueur et diamètre. 23
Tableau 3.2 : État de physique regards de vannes. 24
Tableau 3.3 : État de la robinetterie. 25
Tableau 3.4 : Production des ressources disponible. 26
Tableau 3.5 : Bilan ressources - besoins. 26
Tableau 3.6 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe. 28
Tableau 3.7 : Résultat de la simulation des pressions du réseau en cas de pointe. 29
Tableau 3.8 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie. . . 31
Tableau 3.9 : Résultat de la simulation des pressions du réseau en cas de pointe + incendie. 33
Tableau 3.10 : Résumé diagnostique et recommandations du réseau d'eau potable 34

Tableau 4.1 : Évaluation de la capacité de stockage nécessaire. 40

Tableau 5.1 : Caractéristique des forages du la zone d'étude. 45
Tableau 5.2 : La vitesse d'écoulement des conduites d'adduction F1-R2 et F2-R2. 47
Tableau 5.3 : Caractéristiques du réseau d'adduction du la zone d'étude à l'horizon 2025. 47
Tableau 5.4 : Production des ressources disponible. 48
Tableau 5.5 : Production des ressources disponible. 48
Tableau 5.6 : Caractéristiques du réseau d'adduction du la zone d'étude à l'horizon 2055. 48
Tableau 5.7 : Caractéristiques des pompes choisies selon *Caprari*. 49
Tableau 5.8 : Courbe caractéristique de la pompe P7L/3/20/10D. 49
Tableau 5.9 : Courbe caractéristique de la pompe P7L/3/24/12D. 51
Tableau 5.10 : Courbe caractéristique de la pompe PM 150/ 4 C. 52
Tableau 5.11 : Évaluation de coup de bélier 57
Tableau 5.12 : Profil en long de la conduite de refoulement selon la méthode de PUECH et MEUNIER 59

Tableau 6.1 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055. 66
Tableau 6.2 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055. 68
Tableau 6.3 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055. 70
Tableau 6.4 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055. 72
Tableau 6.5 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe à l'horizon 2055. 75
Tableau 6.6 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055 77
Tableau 6.7 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055 78
Tableau 6.8 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055. 80

Tableau 8.1 : Planification des opérations et durée des travaux 90
Tableau 8.2 : Ordonnancement des opérations et leurs relations 90
Tableau 8.3 : Les paramètres de chaque tâche selon la méthode CPM 91
Tableau 8.4 : Volume de décapage. 92
Tableau 8.5 : Volume de déblai. 94
Tableau 8.6 : Volume de sable pour la génératrice inférieur de la conduite. 95
Tableau 8.7 : Les diffirents volumes de travaux. 96
Tableau 8.8 : Devis quantitatif estimatif 97

Table des figures

Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude. 5
Figure 1.2 : Carte d'altitude de la commune de Taouzianet. 6
Figure 1.3 : Extrait de la carte des pluies moyennes annuelles du nord d'Algérie. 7
Figure 1.4 : Carte de zonage sismique du territoire national. 9

Figure 3.1 : Représentation de la répartition du matériau dans le réseau. 24
Figure 3.2 : L'état du regard du vanne n°15 Date :15/07/2025. 25
Figure 3.3 : L'état du regard du vanne n°31 (Date :15/07/2025). 25
Figure 3.4 : L'état de la robinetterie du regard n°3 et 4. 26
Figure 3.5 : Simulation du réseau en cas de pointe. 28
Figure 3.6 : Distribution des vitesses en cas de point à l'horizon de 2025. . . . 29
Figure 3.7 : Distribution des pressions en cas de point à l'horizon de 2025. . . . 30
Figure 3.8 : Simulation du réseau en cas de pointe + incendie. 31
Figure 3.9 : Distribution des vitesses en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2025. 32
Figure 3.10 : Distribution des pressions en cas de pointe+incendie à l'horizon de 2025. 33

Figure 4.1 : Schéma d'équipement du réservoir. 37
Figure 4.2 : Schémas de la matérialisation d'une réserve d'incendie. 38
Figure 4.3 : l'état extérieur du deux réservoir 2×1000 m^3. 38
Figure 4.4 : les chambres des vannes du réservoir 2×1000 m^3. 39
Figure 4.5 : Les réservoirs 2 x 300 m^3 et 300 m^3 surélevé. 39

Figure 5.1 : Schéma d'alimentation en eau de la zone d'étude. 45
Figure 5.2 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe P7L/3/20/10D. . 50
Figure 5.3 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe P7L/3/24/12D. . 51
Figure 5.4 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe PM 150/ 4 C. . . . 53
Figure 5.5 : Courbe réglage qualitatif de pompe P7L/3/24/12D. 54
Figure 5.6 : Profile en long absolue avec l'abaque de PUECH et MEUNIER. . 60

Figure 6.1 : Simulation du réseau en cas de pointe. 65
Figure 6.2 : Distribution des vitesses en cas de point à l'horizon de 2055. . . . 67
Figure 6.3 : Distribution des pressions en cas de point à l'horizon de 2055. . . . 69
Figure 6.4 : Simulation du réseau en cas de pointe. 70
Figure 6.5 : Distribution des vitesses en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055. 72

Figure 6.6 : Distribution des pressions en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055. 74
Figure 6.7 : Simulation du réseau en cas de pointe. 75
Figure 6.8 : Distribution des vitesses en cas de pointe à l'horizon de 2055. . . . 76
Figure 6.9 : Distribution des pressions en cas de pointe à l'horizon de 2055. . . 77
Figure 6.10 : Simulation du réseau en cas de pointe + incendie. 78
Figure 6.11 : Distribution des vitesses en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055. 79
Figure 6.12 : Distribution des pressions en cas de pointe à l'horizon de 2055. . . 81

Figure 7.1 : Schéma de pose de canalisation dans une terrain ordinaire. 84
Figure 7.2 : l'emplacement des blocs de butée autour de coudes et tés, en plan. 86
Figure 7.3 : Machine de soudage bout à bout 87

Figure 8.1 : Réseau a nœud et calcul du temps de réalisation du projet 91

Liste de planches

1. Plan de réseau de distribution existant
2. Plan de réseau d'adduction
3. Plan de réseau de distribution projeté
4. Profil en long de réseau d'adduction
5. Schéma détaille de nœuds

Introduction générale

Introduction générale

L'eau constitue une ressource vitale pour l'homme, indispensable au développement économique, social et sanitaire. Toutefois, dans de nombreuses régions, la rareté de l'eau et la dégradation des infrastructures hydrauliques posent des défis majeurs à la satisfaction des besoins en eau potable.

La commune de Taouzianet, située dans la wilaya de Khenchela se caractérise par un système d'alimentation en eau potable qui souffre de multiples contraintes : vétusté des conduites, pertes en eau significatives, pressions irrégulières et faibles vitesses d'écoulement. Ces problèmes engendrent non seulement un gaspillage de la ressource mais aussi une qualité de service insuffisante pour la population.

Ce travail de fin d'études s'inscrit dans la volonté de répondre à ces défis à travers un diagnostic détaillé du réseau existant et la proposition de solutions de réhabilitation adaptées. L'objectif principal est d'améliorer la performance hydraulique et la fiabilité du système d'AEP, tout en garantissant une gestion plus durable et rationnelle de la ressource. Plus spécifiquement, il s'agit d'identifier les principaux dysfonctionnements, de proposer des mesures techniques correctives, et d'estimer les coûts nécessaires à leur mise en œuvre.

Ce mémoire est structuré en deux parties complémentaires. La première est consacrée au diagnostic approfondi du système d'alimentation en eau potable (AEP) de Taouzianet, où sont analysés l'état des infrastructures existantes, les performances hydrauliques, les insuffisances relevées ainsi que les impacts sur la qualité et la continuité du service. Cette étape permet d'identifier avec précision les dysfonctionnements du réseau et de définir les besoins réels de la commune.

La seconde partie est dédiée aux solutions de réhabilitation à mettre en œuvre, en abordant à la fois leur dimensionnement technique et leur évaluation économique. Elle présente les choix retenus pour l'amélioration du système, tels que les travaux de renouvellement de conduites, l'optimisation des installations de pompage ou encore le renforcement des capacités de stockage, tout en détaillant les méthodes de calcul, les hypothèses adoptées, les quantités de travaux et les coûts estimés.

Cette analyse se conclut par l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif, permettant d'apprécier avec précision le budget global du projet et de justifier la pertinence des interventions proposées.

Chapitre 1

Présentation de la zone d'étude

1.1 Introduction :

L'objectif de ce chapitre et d'établir une vue d'ensemble sur la zone d'étude, qui correspond au chef-lieu de la commune de Taouzianet, située dans la wilaya de Khenchela, Nous couvrons les aspects géographique, climatique et géologique et ceci dans le but d'effectuer un bon diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable pour que les besoins de la population soient convenablement satisfaits.

1.2 Présenation de la zone d'étude :

1.2.1 Situation géographique :

La commune de Taouzianet appartient à la daïra de Kais, couvre une superficie de 165.05 Km². Elle est distante de 14 km du centre de daïra et 38 km du centre de la wilaya de Khenchela (D.R.E Khenchela).

La zone d'étude est traversée par la route nationale RN N° 88 reliant Batna-Khenchela et par le chemin de Wilaya CW N° 172 qui reliant Kais avec Chelia. L'agglomération est située à la Latitude de 35°30'37.75"N et longitude de 6°48'36.6 E. (Google Earth). La commune de Taouzianet est limitée :

- Au Nord par la commune d'Ouled Fadhal de la wilaya de Batna.
- Au Sud par la commune de Bouhmama
- À l'Est par les communes de Chelia et Remila
- À l'Ouest par les communes de Yabousse.



Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude.

Source :https://www.bing.com/maps/

1.2.2 Situation géomorpholgique :

La commune de Taouzianet est caractérisée par une mosaïque montagneuse, composée en général d'un relief plat sur la côte nord et un relief de forte pente sur la côte sud, la zone d'étude a un dénivelé de 53 m.

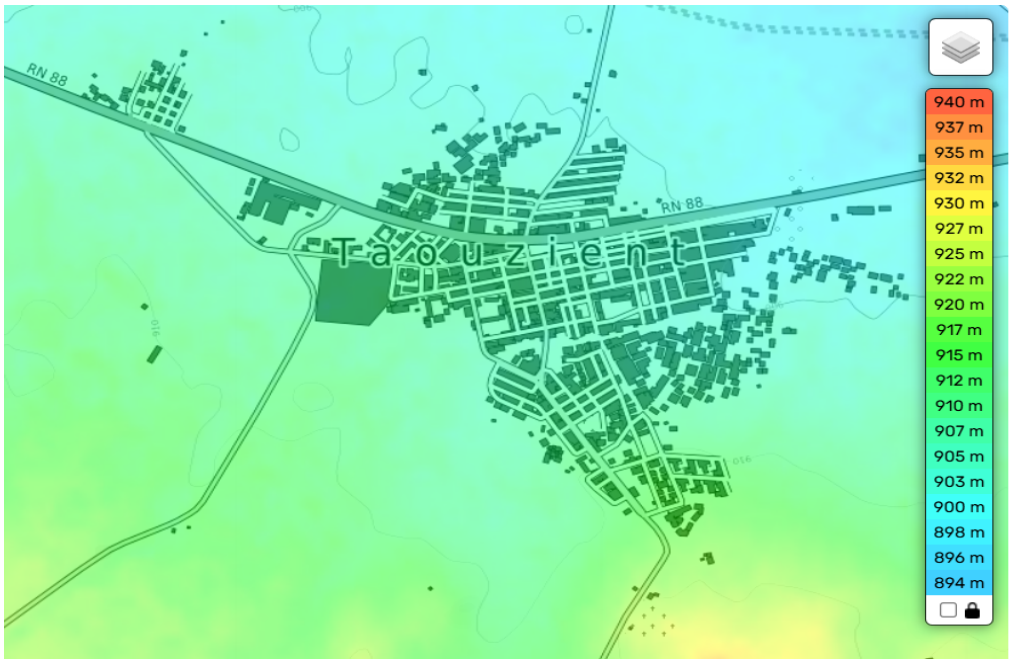


Figure 1.2 : Carte d'altitude de la commune de Taouzianet.
Source : https://fr-fr.topographic-map.com

1.2.3 Situation climatique :

La région de Taouzianet est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride dont un hiver rigoureux avec des températures basses pouvant descendre en dessous de 0° C, caractérisé par des précipitations sous forme de pluie et neige. L'été est particulièrement sec et très chaud caractérisé par des précipitations minimales avec une forte évaporation.

1.2.3.1 Pluviométrie :

La figure ci-dessous illustre la répartition des précipitations du la Wilaya de Khenchela qui tient en compte les variations pluviométriques de la région :

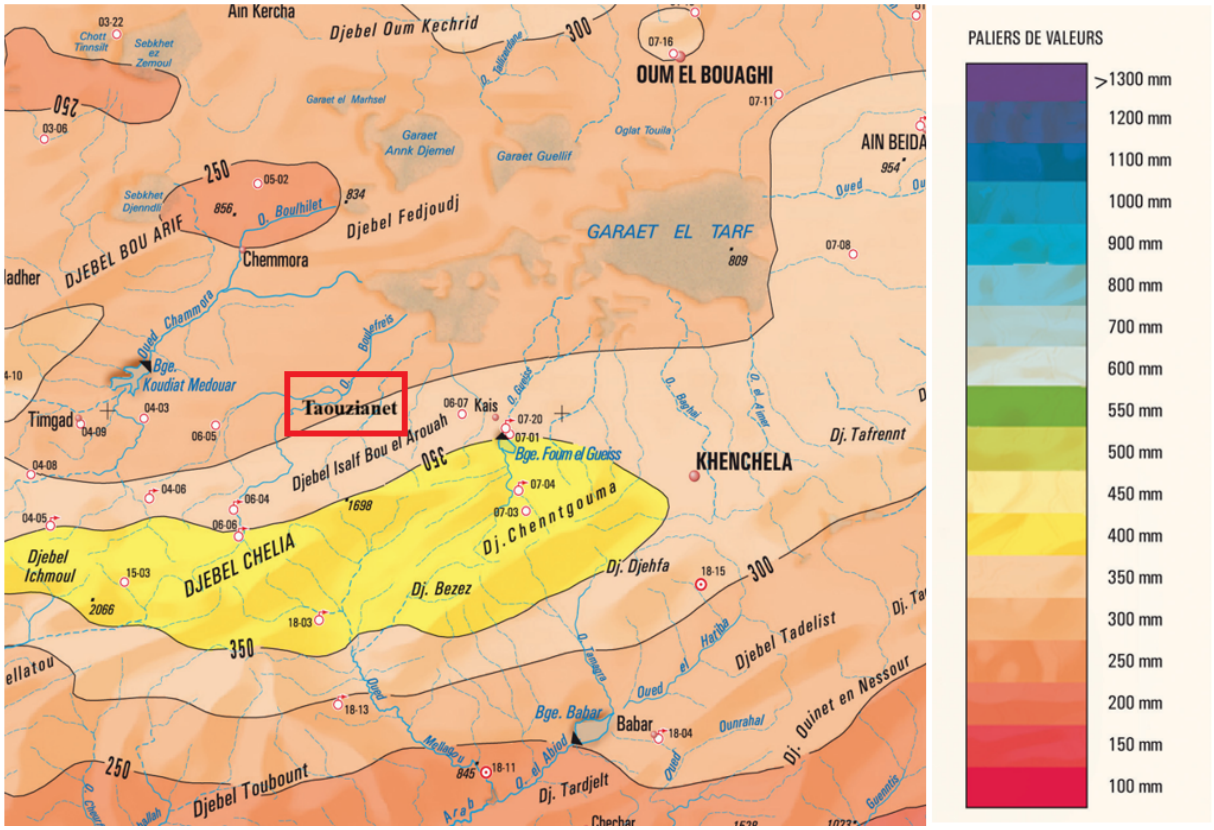


Figure 1.3 : Extrait de la carte des pluies moyennes annuelles du nord d'Algérie.
Source :ANRH, Alger 2005.

La carte pluviométrique montre que la zone de Taouzianet se situe dans une région à pluviométrie moyenne à modérée, généralement comprise entre 300 et 450 mm/an. Cette position intermédiaire résulte de l'influence du Djebel Chélia, situé plus au sud et marqué par des précipitations plus élevées (jusqu'à 600 mm/an et plus). Ainsi, Taouzianet bénéficie d'un apport pluviométrique non négligeable mais demeure en dessous des zones montagneuses plus humides, ce qui confirme la nécessité d'une gestion rigoureuse des ressources en eau disponibles.

La série pluviométrie de la zone d'étude est reporté dans le tableau 1.1 :

Tableau 1.1 : Précipitations moyennes mensuelles. (2000-2021)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P (mm)	47.9	29.7	31.2	33.9	37.3	28.5	43	41.2	41.9	20.9	17.7	23.5	396.7

Source : D.R.E Khenchela, 2025

1.2.3.2 Température :

La région de Taouzianet fait partie du climat semi-aride qui est caractérisé par un été chaud et un hiver frais. Le mois de juillet étant le mois le plus chaud avec une température maximale de 26.5 °C

et une température minimale de 6.8 °C au mois de Janvier. Les températures moyenne annuelle sont représentées par le tableau 1.2 :

Tableau 1.2 : Températures moyennes mensuelles. (1995-2005)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T(°C)	21.1	18	11.15	7.55	6.8	7.45	10.75	13.65	18.65	23.5	26.5	26.25	15.95

Source : D.R.E Khenchela, 2025

1.2.3.3 Vent :

Les vents de la région de Taouzianet sont de secteur Sud-ouest en hivers, et de secteur Nord-est en été, avec une vitesse du vent de :

- 28 m/s Nord-est.
- 34 m/s Sud -ouest.
- 40 m/s Sud -ouest (mois d'octobre et novembre)
- 40 m/s Nord-est (mois de juin).

Source : D.R.E Khenchela, 2025

1.2.4 Situation géologique :

La région de Taouzianet est généralement des formations géologiques traversées depuis le crétacé jusqu'au miocène. Elle est formée de : marne, calcaire massif et conglomérats. Les marnes sont riches en argile qui favorise les infiltrations et influent sur la rétention des eaux souterraine, le calcaire massif généralement composé de carbonate de calcium lié au phénomène karstique caractérise par le développement de cavités creusées par la circulation souterraine, Enfin, les conglomérats composés de fragment des roches ancienne indique l'érosion et le transport sédimentaire (D.R.E Khenchela).

1.2.5 Sismicité :

L'Algérie est divisé par des zones sismiques :

- Zone 0 : sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II a et II b : sismicité moyenne.
- Zone III : sismicité élevée.

La commune de Taouzianet de la Wilaya de Khenchela est située dans la zone I de carte de zonage du territorial national ou les activités sismiques sont faibles est ne nécessite pas de mesure spéciale et antisismique.

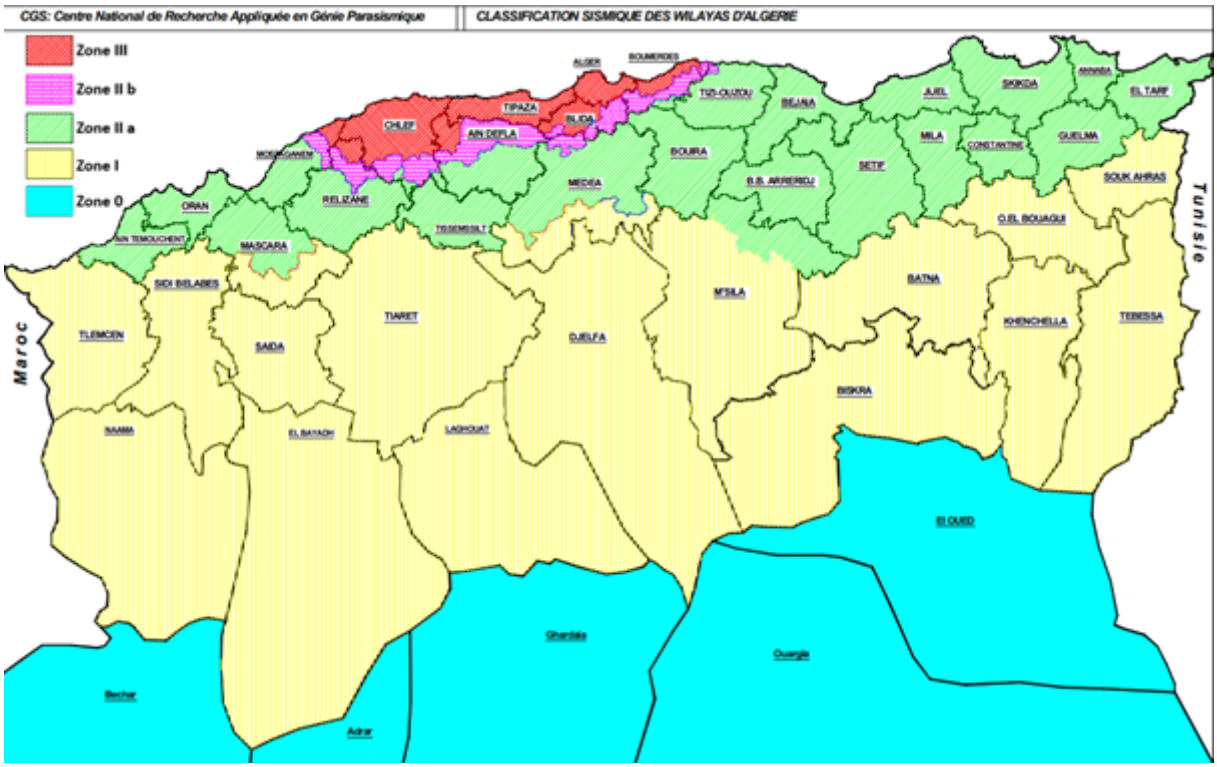


Figure 1.4 : Carte de zonage sismique du territoire national.

Source : Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique, Alger.

1.3 Conclusion :

La région de Taouzianet est caractérisée par un relief varié, un climat froid en hiver et chaud et sec en été, avec une activité sismique faible. La zone d'étude est composée d'un réseau majoritairement en PVC, alimenté par cinq réservoirs, approvisionnés par deux forages et une conduite de transfert partant du barrage Koudiet Medouar. Ces éléments géographiques, climatiques, géologiques offrent une vue globale sur la zone d'étude qui nous aidera à entamer un diagnostic précis et efficace pour réhabiliter le système d'alimentation en eau potable ainsi qu'à établir une stratégie pour la gestion des ressources en eau.

Chapitre 2

Estimation des besoins en eau

2.1 Introduction :

L'estimation des besoins en eau est une étape cruciale pour déterminer la quantité d'eau consommé par l'agglomération, et ainsi le dimensionnement du réseau d'AEP (Alimentation en Eau Potable). Cette étape tenir en compte les différentes catégories de consommation.

2.2 Evolution démographique :

L'estimation de la population de la zone d'étude est faite à l'horizon de 2055, avec un taux d'accroissement de 1.8% (Source : RGPH).

L'évolution démographique suit à la loi d'accroissement géométrique donnée par :

$$P_n = P_0(1+\tau)^n \tag{2.1}$$

Avec :

- P_n : Population à l'horizon donnée.
- P_0 : Population à l'année de référence.
- τ : Taux d'accroissement.
- n : Nombre d'année séparant les deux horizons.

L'évolution démographique de la ville zone d'étude est donnée par :

Tableau 2.1 : Répartition de la population pour différents horizons.

L'année de référence	**2008**	**2025**	**2055**
Population	10784	17618	30088

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3 Evaluation de la consommation moyenne journalière :

La consommation moyenne journalière est estimé par :

$$Q_{moy} = \frac{Dotation \times Nombre\,d'habitants}{1000}\,(m^3/j) \tag{2.2}$$

2.3.1 Choix de la dotation :

La dotation représente la norme de consommation moyenne attribuée à chaque groupe, exprimée en litres par jour et par habitant. Elle varie en fonction de plusieurs facteurs : le nombre d'habitants, l'importance et le type de l'agglomération (rurale ou urbaine), mais surtout la disponibilité des sources d'eau, qui constitue le critère déterminant. En effet, plus les ressources en eau sont limitées, plus la dotation doit être ajustée afin d'assurer une gestion durable et équilibrée de l'approvisionnement.

Le tableau suivant représente la relation entre la dotation domestique et le nombre d'habitants d'agglomération étudié :

Tableau 2.2 : La dotation domestique en fonction de la population.

Population agglomérée	Dotation recommandée
Moins de 10000	100 l/j/hab
De plus 10000 et moins de 20000	150 l/j/hab
De 20000 à 50000	180 l/j/hab

Source : D.R.E Khenchela, 2025

D'après les tableaux 2.1 et 2.2 :

- Une dotation de 150 l/hab/j a été retenue à l'horizon 2025. Cette valeur a servi de base pour l'établissement du diagnostic hydraulique du réseau.
- À l'horizon 2055, une dotation de 180 l/hab/j a été adoptée afin de planifier la réhabilitation du réseau et de répondre aux besoins futurs.

2.3.2 Les besoins domestique :

La consommation domestique de l'eau potable est distinguée par l'utilisation de l'eau pour la boisson, préparation des repas, le lavage de la vaisselle et le douche…etc. (Source B. SALAH 2014).

Tableau 2.3 : Besoin domestique moyenne de différent horizon.

Horizon	Population (Habitant)	Dotation (l/j/hab)	$Q_{moy\,j}$ (m^3/j)	$Q_{moy\,j}$ (l/s)
2025	17618	150	2642.7	30.59
2055	30088	180	5415.798	62.68

2.3.3 Besoins d'équipements existants :

2.3.3.1 Besoins scolaires :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.4 : Évaluation des besoins scolaires existants.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Lycée Boumaaraf Med Lakhdar	Élève	700	30	21.00	0.24
CEM Frères Akdhi	Élève	450	20	9.00	0.10
CEM Les Frères Maansri	Élève	450	20	9.00	0.10
École Primaire Frères Aissaoui	Élève	200	15	3.00	0.03
École Primaire Frères Zeroual	Élève	220	15	3.30	0.04

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
École Primaire Ben Achi Lakhdar	Élève	200	15	3.00	0.03
École Primaire Berkani	Élève	250	15	3.75	0.04
CFPA	Étudiant	170	30	5.10	0.06
Totale				**57.15**	**0.66**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.3.2 Besoins socioculturels :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.5 : Évaluation des besoins socioculturels existants.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Bibliothèque	Visiteur	143	15	2.15	0.02
Maison de Jeunes	Visiteur	437	15	6.56	0.08
Stade	m²	13000	1	13	0.15
Mosquée	Fidèle	770	5	3.85	0.04
Mosquée Aboubaker Sedik	Fidèle	752	5	3.76	0.04
Mosquée	Fidèle	1120	5	5.6	0.06
Totale				**22.61**	**0.262**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.3.3 Besoins administratifs :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.6 : Évaluation des besoins administratifs existants.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
APC	Employé	200	30	6.00	0.07
Gendarmerie	Agent	1840	15	27.60	0.32
Bureau de Poste	m²	66	15	0.99	0.01
Polyclinique	Visiteur	350	15	5.25	0.06
DSA	Employé	150	15	2.25	0.03
ADE	m²	150	15	2.25	0.03
Protection Civil	Agent	150	15	2.25	0.03
Totale				**44.34**	**0.51**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.3.4 Besoins commerciaux :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.7 : Évaluation des besoins commerciaux existants.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Centre Commercial	U	1	5000	5.00	0.06
Totale				**5.00**	**0.06**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.4 Besoins d'équipement projeté :

2.3.4.1 Besoins scolaires :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.8 : Évaluation des besoins scolaires projeté.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Lycée	Élève	700	30	21.00	0.24
École	Élève	300	15	4.50	0.05
CEM	Élève	450	20	9.00	0.10
École Primaire	Élève	300	15	4.50	0.05
CEM	Élève	450	20	9.00	0.10
École	Élève	300	15	4.50	0.05
École	Élève	300	15	4.50	0.05
CFPA	Élève	180	30	5.40	0.06
Totale				**66.90**	**0.77**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.4.2 Besoins socioculturels :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.9 : Évaluation des besoins socioculturels projeté.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Bibliothèque	Visiteur	150	15	2.25	0.03
Maison de Jeunes	Visiteur	145	15	2.18	0.03
Jardin d'enfants	m²	4900	1	4.9	0.06
Mosquée	Fidèle	1000	5	5	0.06
Mosquée	Fidèle	1000	5	5	0.06
Salle Polyvalente	m²	1200	1	1.2	0.01

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Salle de sport	m²	1700	5	8.5	0.1
Complexe de sport	U	1	10000	10	0.12
Jardin Publique	m²	6900	5	34.5	0.4
Totale				**45.03**	**0.52**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.4.3 Besoins administratifs :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.10 : Évaluation des besoins administratifs projeté.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
PMI	U	1	5000	5.00	0.06
Antenne APC	m²	1823	1	1.82	0.02
Antenne PTT	m²	1273	1	1.27	0.01
Siege APC	m²	2100	1	2.10	0.02
Totale				**52.95**	**0.61**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.4.4 Besoins commerciaux :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.11 : Évaluation des besoins commerciaux projeté.

Désignation	Unité	Nombre	Dotation (l/j/u)	Consommation (m^3/j)	Débit (l/s)
Cimenterie	U	1	10000	10.00	0.12
Station de Services	U	1	5000	5.00	0.06
Marché couvert	m²	3500	5	17.50	0.20
Abattoir	Abattoir	1	10000	10.00	0.12
Totale				**42.50**	**0.49**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des équipements requis.

Tableau 2.12 : Évaluation des besoins d'équipement.

Désignation	2025	2055
Besoins scolaire (m^3/j)	57.15	66.90
Besoins socioculturel (m^3/j)	22.61	45.03
Besoins administrative (m^3/j)	44.34	52.95
Besoins commerciaux (m^3/j)	5.00	42.50
Totale (m^3/j)	**129.1**	**207.38**

2.3.5 Les besoins totaux :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.13 : Évaluation des besoins totale.

Désignation	2025	2055
Besoins domestique (m^3/j)	2642.7	5415.798
Besoins d'équipement existant (m^3/j)	129.1	129.1
Besoins d'équipement projeté (m^3/j)	/	207.38
Totale (m3/j)	**2771.8**	**5752.278**

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.3.6 Evaluation des fuites :

Le système d'alimentation en eau potable est susceptible des fuites, ces dernières sont le résultat de la défaillance dans les accessoires, rupture de la veine liquide, branchement clandestin etc. Elle résulte de chute de pression, le mal alimentation en eau potable, gaspillage du l'eau et l'augmentation de coût d'exploitation. On choisit 15% comme un taux de fuites.

Tableau 2.14 : Évaluation de taux de fuite.

Désignation	Débit moyen journalier (m^3/j)	Taux de fuite %	Débit moyen journalier totale (m^3/j)
2025	2771.8	15	3187.564
2055	5752.278	15	6615.12

Source : D.R.E Khenchela, 2025

2.4 Evaluation de la variation de la consommation journalier :

Au cours d'année, une fluctuation dans la consommation journalière est inévitable liée directement d'activité humaine, la disponibilité des ressources en eau, le climat et les événement spéciales (comme les fêtes). Nous nous intéressons par la consommation journalière maximal et minimal.

2.4.1 La consommation maximal journalière :

Elle représente la plus forte consommation journalière dans une année, elle est caractérisée par un coefficient d'irrégularité maximal journalier $K_{\max j}$:

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moy j}} \cdot K_{\max j} \tag{2.3}$$

- $Q_{\max j}$: Consommation maximale journalière (m^3/j)
- $Q_{\text{moy j}}$: Consommation moyenne journalière (m^3/j)
- $K_{\max j}$: Coefficient d'irrégularité maximale journalière, généralement 1.1 à 1.3.

On prend 1.3 pour $K_{\max j}$

2.4.2 La consommation minimale journalière :

Elle représente la moins forte consommation journalière dans une année, elle est caractérisée par un coefficient d'irrégularité minimal journalière $K_{max\,j}$:

$$Q_{\text{min j}} = Q_{\text{moy j}} \cdot K_{\text{min j}} \tag{2.4}$$

- $Q_{\text{min j}}$: Consommation minimale journalière (m^3/j)
- $Q_{\text{moy j}}$: Consommation moyenne journalière (m^3/j)
- $K_{\text{min j}}$: Coefficient d'irrégularité minimale journalière, généralement entre 0.7 à 0.9.

Dans notre cas on prend 0.9 pour $K_{\text{min j}}$.

Tableau 2.15 : Evaluation de consommation minimal et maximal journalière.

Désignation	$Q_{\text{moy j}}$ (m^3/j)	$K_{\text{max j}}$	$Q_{\text{max j}}$ (m^3/j)	$K_{\text{min j}}$	$Q_{\text{min j}}$ (m^3/j)
2025	3187.564	1.3	4143.834	0.9	2868.808
2055	6615.12	1.3	8599.656	0.9	5953.608

2.5 Evaluation de la variation de la consommation horaire :

Dans le jour ou la consommation a atteint son point culminât, On note une fluctuation de la consommation dans le jour (marqué par des heures pointes et des heures creuses) majoritairement due à l'activité humaine et le régime de pompage. Nous nous intéressons par les heures pointes et les heurs creuse.

Ces fluctuations sont caractérisées par des coefficients d'irrégularité horaire $K_{\text{max h}}$ et $K_{\text{min h}}$, Ces dernière sont lui mémé en fonction de tel que :

$$K_{\text{max h}} = \alpha_{\text{max}} \cdot \beta_{\text{max}} \tag{2.5}$$
$$K_{\text{min h}} = \alpha_{\text{min}} \cdot \beta_{\text{min}} \tag{2.6}$$

α : tenant compte du développement industrielle, retard de consommation et des habitudes de la population, il varie de 1.2 à 1.4 pour α_{max} .Et de 0.4 à 0.6 pour α_{min}.

On prend : $\alpha_{\text{max}} = 1.3$ et $\alpha_{\text{min}} = 0.5$.

β : liée à l'accroissement de la population. Le tableau suivant représente la relation entre β et le nombre d'habitants :

Tableau 2.16 : Valeur de β en fonction du nombre d'habitants.

Nombre d'hab. ($\times 10^3$)	**1**	**1.5**	**2.5**	**4**	**6**	**10**	**20**	**30**	**100**	**300**	**1000**
β_{max}	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.03	1
β_{min}	0.1	0.1	0.1	0.2	0.25	0.4	0.5	0.6	0.7	0.83	1

Source : B. SALAH 2014

Dans notre cas :$\beta_{\text{max}} = 1.15$ et $\beta_{\text{min}} = 0.6$.

2.5.1 La consommation moyenne horaire :

La consommation moyenne horaire est estimé par :

$$Q_{\text{moy h}} = \frac{Q_{\text{max j}}}{24}\ (m^3/h) \tag{2.7}$$

2.5.2 La consommation maximal horaire :

Elle représente la consommation dans l'heure pointe, caractérisé par le coefficient d'irrégularité maximal horaire $K_{max\,h}$ (Coefficient de pointe) :

$$Q_{\text{max h}} = Q_{\text{moy h}} \cdot K_{\text{max h}} \tag{2.8}$$

- $Q_{\text{max h}}$: Consommation maximale horaire (m^3/j)
- $Q_{\text{moy h}}$: Consommation moyenne horaire (m^3/j)
- $K_{\text{max h}}$: Coefficient de pointe tel que :

$$\begin{aligned} K_{\text{max h}} &= \alpha_{\text{max}} \cdot \beta_{\text{max}} \\ K_{\text{max h}} &= 1.3 \cdot 1.15 \\ K_{\text{max h}} &= 1.5 \end{aligned} \tag{2.9}$$

2.5.3 La consommation minimal horaire :

Elle représente la consommation dans l'heure creuse, caractérisé par le coefficient d'irrégularité minimal horaire $K_{\text{min h}}$: :

$$Q_{\text{min h}} = Q_{\text{moy h}} \cdot K_{\text{min h}} \tag{2.10}$$

- $Q_{\text{min h}}$: Consommation minimale horaire (m^3/j)
- $Q_{\text{moy h}}$: Consommation moyenne horaire (m^3/j)
- $K_{\text{min h}}$: Coefficient d'irrégularité minimal. horaire tel que :

$$\begin{aligned} K_{\text{min h}} &= \alpha_{\text{min}} \cdot \beta_{\text{min}} \\ K_{\text{min h}} &= 0.5 \cdot 0.6 \\ K_{\text{min h}} &= 0.3 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Tableau 2.17 : Evaluation de consommation minimal et maximal horaire.

Désignation	$Q_{\text{moy h}}$ (m^3/h)	$K_{\text{max h}}$	$Q_{\text{max h}}$ (m^3/h)	$K_{\text{min h}}$	$Q_{\text{min h}}$ (m^3/h)
2025	172.66	1.5	258.99	0.3	51.80
2055	358.319	1.5	537.48	0.3	107.5

2.6 Évaluation du régime de consommation :

Au cours de jour, la consommation est subie une variation en fonction de temp, ou on note des heure creuse et des heures pointe. On peut illustrer ces variations par le graph du régime de consommation.

2.6.1 Régime de consommation actuelle :

Le tableau suivant représente la variation de débits horaire actuelle :

Tableau 2.18 : Evaluation de variation de consommation horaire à actuelle (2025).

Heures	Ch (%)	Consommation horaire (m^3/h)	Ch cumulé (%)	Consommation horaire cumulé (m^3/h)
0 – 1	1.50	**62.158**	1.50	62.158
1 – 2	1.50	62.158	3.00	124.315
2 – 3	1.50	62.158	4.50	186.473
3 – 4	1.50	62.158	6.00	248.630
4 – 5	2.50	103.596	8.50	352.226
5 – 6	3.50	145.034	12.00	497.260
6 – 7	4.50	186.473	16.50	683.733
7 – 8	5.50	227.911	22.00	911.643
8 – 9	6.25	258.990	28.25	1170.633
9 – 10	6.25	258.990	34.50	1429.623
10 – 11	6.25	**258.990**	40.75	1688.612
11 – 12	6.25	258.990	47.00	1947.602
12 – 13	5.00	207.192	52.00	2154.793
13 – 14	5.00	207.192	57.00	2361.985
14 – 15	5.50	227.911	62.50	2589.896
15 – 16	6.00	248.630	68.50	2838.526
16 – 17	6.00	248.630	74.50	3087.156
17 – 18	5.50	227.911	80.00	3315.067
18 – 19	5.00	207.192	85.00	3522.258
19 – 20	4.50	186.473	89.50	3708.731
20 – 21	4.00	165.753	93.50	3874.484
21 – 22	3.00	124.315	96.50	3998.799
22 – 23	2.00	82.877	98.50	4081.676
23 – 24	1.50	62.158	100.00	4143.834
Total	**100**	**4143.834**	/	/

D’apres le tableau 2.18 :

$$Q_{\text{max h}} = 258.990 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{min h}} = 62.158 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.6.2 Régime de consommation à l'horizon de 2055 :

Pour le régime de consommation à l'horizon 2055, deux types d'industries (cimenterie et abattoir) sont présents, mais ils n'ont aucune relation avec la consommation horaire, laquelle dépend uniquement du nombre d'habitants.

Donc le débit horaire industirelle est :

$$Q_{abbatoir} + Q_{cimenterie} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le tableau suivant représente la variation de débits horaire à l'horizon de 2055 :

Tableau 2.19 : Évaluation de la variation de la consommation horaire actuelle (2055).

Heures	Habitant		Industrielle		Totale	Cummulé	
	C_h (%)	Q_h (m^3/h)	C_h (%)	Q_h (m^3/h)	Q_T(m^3/h)	C_h (%)	Q_h (m^3/h)
0 – 1	1.5	**128.99**	0	0	128.99	1.5	128.99
1 – 2	1.5	128.99	0	0	128.99	3	257.99
2 – 3	1.5	128.99	0	0	128.99	4.5	386.98
3 – 4	1.5	128.99	0	0	128.99	6	515.98
4 – 5	2.5	214.99	0	0	214.99	8.5	730.97
5 – 6	3.5	300.99	0	0	300.99	12	1031.96
6 – 7	4.5	386.98	10	2	388.98	16.5	1420.94
7 – 8	5.5	472.98	10	2	474.98	22	1895.92
8 – 9	6.25	537.48	10	2	539.48	28.25	2435.40
9 – 10	6.25	**537.48**	10	2	539.48	34.5	2974.88
10 – 11	6.25	537.48	10	2	539.48	40.75	3514.36
11 – 12	6.25	537.48	10	2	539.48	47	4053.84
12 – 13	5	429.98	10	2	431.98	52	4485.82
13 – 14	5	429.98	10	2	431.98	57	4917.80
14 – 15	5.5	472.98	10	2	474.98	62.5	5392.79
15 – 16	6	515.98	10	2	517.98	68.5	5910.76
16 – 17	6	515.98	0	0	515.98	74.5	6426.74
17 – 18	5.5	472.98	0	0	472.98	80	6899.72
18 – 19	5	429.98	0	0	429.98	85	7329.71
19 – 20	4.5	386.98	0	0	386.98	89.5	7716.69
20 – 21	4	343.99	0	0	343.99	93.5	8060.68
21 – 22	3	257.99	0	0	257.99	96.5	8318.67
22 – 23	2	171.99	0	0	171.99	98.5	8490.66
23 – 24	1.5	128.99	0	0	128.99	100	8619.656
Total	100	**8599.656**		20	**8619.66**		

D'apres le tableau 2.19 :

$$Q_{\text{max h}} = 537.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{min h}} = 128.99 \text{ m}^3/\text{h}$$

D'après les tableaux 2.18 et 2.19. Ont conclue que nous estimation des besoins actuelle et à l'horizon de 2055 est précise.

2.7 Conclusion :

L'évaluation des besoins en eau est étroitement liée à la disponibilité des ressources. En effet, la quantité et la qualité de l'eau mobilisable influencent directement la manière dont les besoins sont estimés et satisfaits. Ainsi, l'étude des besoins ne se limite pas à quantifier la demande domestique et publique, mais doit également tenir compte des ressources réellement exploitables afin d'assurer un dimensionnement cohérent et une gestion durable du système d'AEP.

Chapitre 3

Diagnostic du système existant.

3.1 Introduction :

Le diagnostic des systèmes d'AEP représente une étape déterminante pour assurer un fonctionnement fiable et adapté. Il vise à analyser l'état actuel du système afin d'identifier ses forces et ses insuffisances. Dans ce chapitre, l'étude porte d'une part sur le diagnostic physique du réseau de distribution (état des conduites, chambres de vannes, etc.), et d'autre part sur le diagnostic hydraulique.

3.2 Diagnostic physique du réseau de distribution :

3.2.1 État de conduites de distribution :

L'évaluation technique du réseau a mis en évidence un certain nombre de dysfonctionnements et de contraintes :

- Le réseau de distribution de la commune de Taouzianet est constitué principalement de conduites en PEHD PN10, en PVC et, plus rarement, en fonte, ce qui correspond à la norme pour les réseaux de distribution.
- Les conduites en PEHD présentent globalement un bon état, car elles ont été récemment rénovées, avec des diamètres variants entre DN40 et DN200.
- Les conduites en PVC, de diamètres DN40 à DN200 reliées à 18 regards, sont en mauvais état. Leur remplacement est recommandé en raison de leur fragilité mécanique et du risque accru de rupture.
- Les conduites en fonte sont peu nombreuses. Leur usage dans les réseaux de distribution est limité en raison du risque élevé de corrosion, ce qui justifie également leur remplacement.

Le tableau suivant présente la répartition des conduites en longueur et diamètre :

Tableau 3.1 : Répartition des conduites en langueur et diamètre.

Materieu	Nombre	Longueur (m)	Diamètre nominale DN	Pourcentage (%)
Fonte ductile	5	732	200	1.08
PEHD	245	21804.6	40-200	53.15
PVC	211	15788	40-200	45.77
Totale	461	38324.6	/	100

La figure suivants représente la répartition des matériaux dans le réseau simulé :

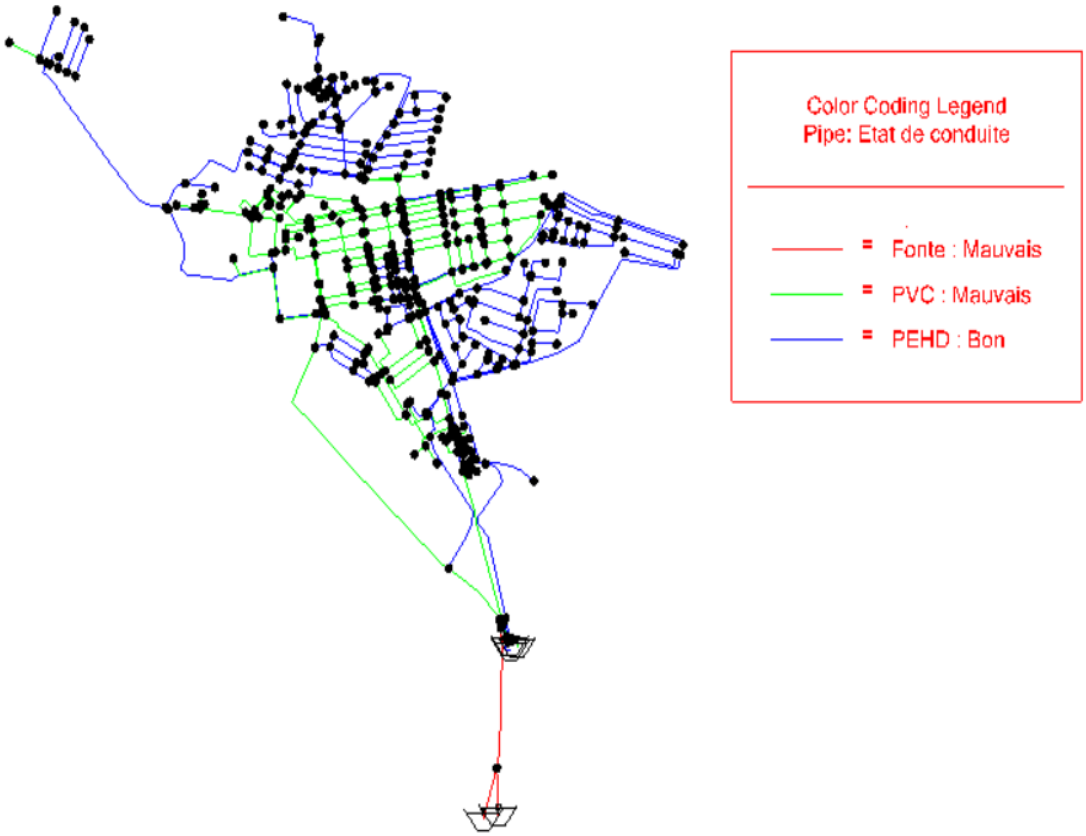


Figure 3.1 : Représentation de la répartition du matériau dans le réseau.

3.2.2 État des regards de vannes :

Avant de détailler l'état des regards de vannes, le tableau suivant présente les principales caractéristiques de ces ouvrages, ainsi que les observations relevées sur le terrain et les recommandations pour leur entretien et maintien en bon état :

Tableau 3.2 : État de physique regards de vannes.

Caractéristiques	Observations	Recommandations
• 57 regards inspectés. • Profondeur : 0.45–2.5 m. • Dimensions : 1.3×1.3 m. • Tampons en fonte ou béton armé.	• Parois globalement en bon état. • Dégradations liées à l'humidité. • Présence d'eau stagnante (mauvaise étanchéité/évacuation). • Déchets accumulés : argile, limon, branches, galets. • Gêne dans la manœuvre des vannes.	• Pompage de l'eau stagnante. • Nettoyage complet des regards obstrués. • Remplacement des tampons défectueux.

Les figures suivantes présentent l'état physique de quelques regards du réseau :



(a) Vue extérieur du regard de vanne n°15.



(b) Vue intérieur du regard du vanne n°15.

Figure 3.2 : L'état du regard du vanne n°15 Date :15/07/2025.



(a) Vue extérieur du regard du vanne n°31.



(b) Vue intérieur du regard du vanne n°31

Figure 3.3 : L'état du regard du vanne n°31 (Date :15/07/2025).

3.2.3 État de la robinetterie :

Le tableau ci-dessous résume l'état de la robinetterie du réseau, en précisant ses caractéristiques, les observations effectuées lors de l'inspection, et les recommandations pour assurer le bon fonctionnement et la durabilité des équipements :

Tableau 3.3 : État de la robinetterie.

Caractéristiques	Observations	Recommandations
• Vannes en fonte. • Pression nominale : PN16. • Diamètres : DN50 à DN200.	• État général satisfaisant. • Quelques fuites observées. • Certaines pièces altérées.	• Remplacement des pièces défectueuses. • Réparation ou renouvellement des raccordements. • Maintenance régulière pour limiter les fuites.

Les figures suivant représente l'état de robinetterie :



(a) Vue de la robinetterie du regard n°3



(b) Vue de la robinetterie du regard n°4.

Figure 3.4 : L'état de la robinetterie du regard n°3 et 4.

3.3 Diagnostic hydraulique du réseau de distribution :

Le diagnostic hydraulique consiste à évaluer le fonctionnement du réseau en vérifiant les pressions et les vitesses, notamment aux heures de pointe, afin d'identifier les anomalies du réseau (pressions inférieures aux valeurs admissibles, vitesses faibles, etc).

3.3.1 Bilan de ressources en eau :

La zone d'étude est alimentée à partir de trois sources. Ces dernières sont données dans le tableau suivant :

Tableau 3.4 : Production des ressources disponible.

Ressources	Production minimale ((m^3/j))	Production maximale ((m^3/j))
Forage de Faies Ter	259	864
Forage de Taouzianet	345.6	432
Piquage à partir de transfert de barrage	1000	1000

Nous commençons par réaliser un bilan ressources en eau - besoins afin de vérifier les disponibilités en eau. Nous supposons toutefois que la quantité d'eau produite est stable sur le long terme. Le tableau 3.5 illustre les résultats :

Tableau 3.5 : Bilan ressources - besoins.

Horizon	2025	2055
Besoins journalier (m^3/j)	4143.834	8599.656
Production (m^3/j)	2296	2296
Bilan (m^3/j)	- 1847.834	- 6303.656

D'après les tableaux 3.4 et 3.5, , il ressort que la zone d'étude traverse une crise aiguë en matière d'approvisionnement en eau. Les ressources disponibles ne répondent ni aux besoins actuels ni aux besoins futurs.

3.3.2 Simulation du réseau de distribution par WaterGEMS :

WaterGEMS est un logiciel de modélisation hydraulique utilisé pour simuler les systèmes d'AEP, composés de nœuds, conduites, vannes, pompes, réservoirs, etc. Il offre plusieurs fonctionnalités pour la gestion, la simulation et l'optimisation des réseaux :

- **Intégration AutoCAD** : WaterGEMS dispose d'une version intégrée directement dans AutoCAD, permettant de modifier, supprimer ou ajouter des éléments du réseau facilement.
- **Intégration SIG** : pour une meilleure visualisation et gestion spatiale du réseau.
- **Gestion de scénarios** : possibilité de créer et de suivre plusieurs scénarios afin de simuler le réseau dans différents cas (pointe de consommation, incendie, rupture de conduites, etc.).
- **Isolement de secteurs** : permet d'isoler n'importe quelle partie du réseau pour la simuler (fermeture de vanne, sectorisation, etc.).
- **Outils de traçage** : génération de différentes courbes nécessaires à l'analyse (courbes piézométriques, pression, vitesse, niveaux d'eau dans les réservoirs, etc.).
- **Gestion des pertes** : amélioration de la détection et de la gestion des pertes et fuites.

Le logiciel **WaterGEMS** constitue ainsi un outil simple et efficace pour simuler un réseau en utilisant différentes méthodes. Dans notre étude, nous avons adopté la méthode **Unit Line**, qui ne nécessite que le débit de consommation. Cette méthode est équivalente à la méthode analytique, puisqu'elle prend en compte le débit spécifique, le débit en conduite et le débit nodal.

3.3.2.1 Cas de pointe :

La figure suivante représente le résultat de la simulation du réseau en cas de pointe avec un débit de 71.94 l/s :

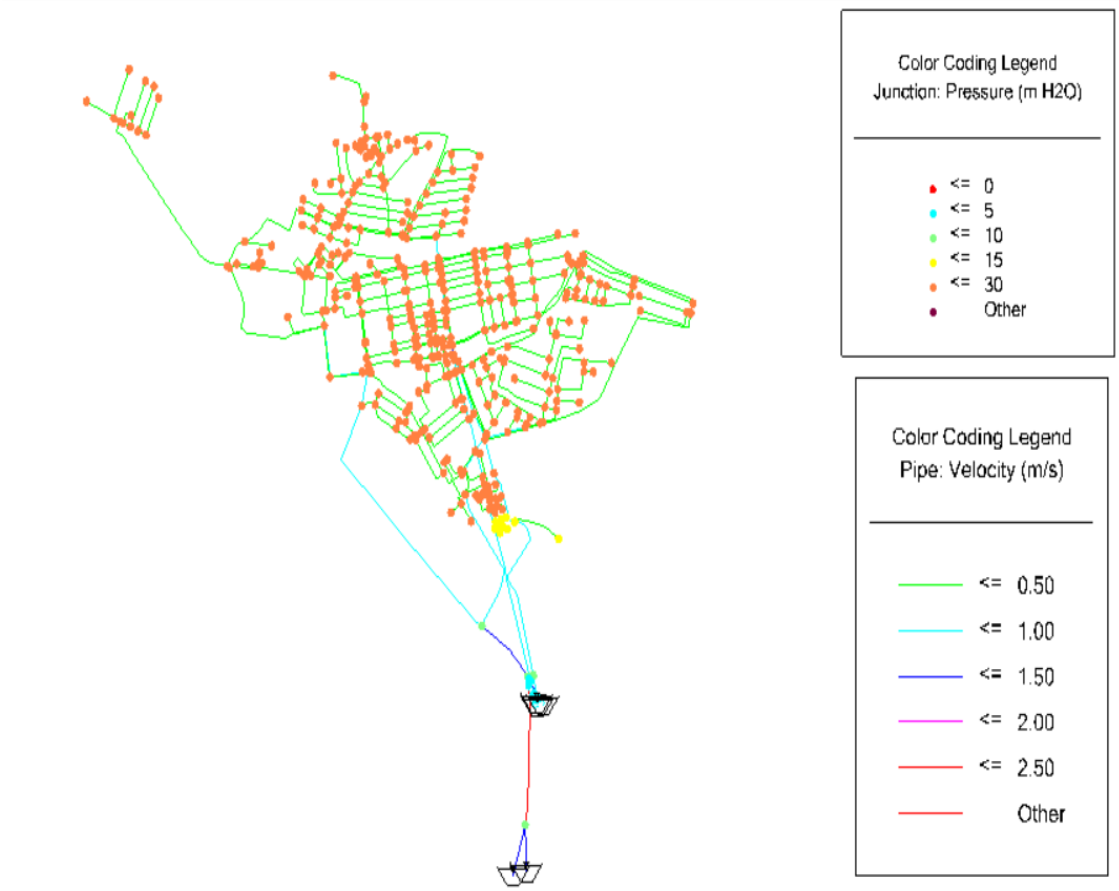


Figure 3.5 : Simulation du réseau en cas de pointe.

Le tableau suivant représente le résultat de la simulation des vitesses dans le cas de pointe actuelle (2025) :

Tableau 3.6 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe.

Pipe	Longueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P1	20	Fonte Ductile	200.0	0.02	0.00	0.00
P2	16	Fonte Ductile	200.0	52.06	1.66	0.24
P3	416	Fonte Ductile	200.0	82.49	2.63	15.73
P4	141	Fonte Ductile	200.0	44.48	1.42	1.58
P5	159	Fonte Ductile	200.0	38.96	1.24	1.37
P6	228	PVC	176.2	31.97	1.31	1.73
P7	611	PEHD	176.2	21.96	0.90	2.34
P8	173	PEHD	176.2	20.88	0.86	0.60
P9	107	PEHD	176.2	20.62	0.85	0.37
P10	87	PEHD	176.2	15.46	0.63	0.18
P11	178	PEHD	176.2	15.22	0.62	0.35
P12	899	PVC	176.2	19.58	0.80	2.80

Tableau 3.6 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe (suite).

Pipe	Longueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P13	105	PVC	176.2	17.50	0.72	0.27
P14	87	PEHD	176.2	10.10	0.41	0.08
P15	33	PVC	176.2	15.77	0.65	0.07

La suite de tableau est en annexe B.

La figure suivante présente la courbe des pourcentages des vitesse du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2025 :

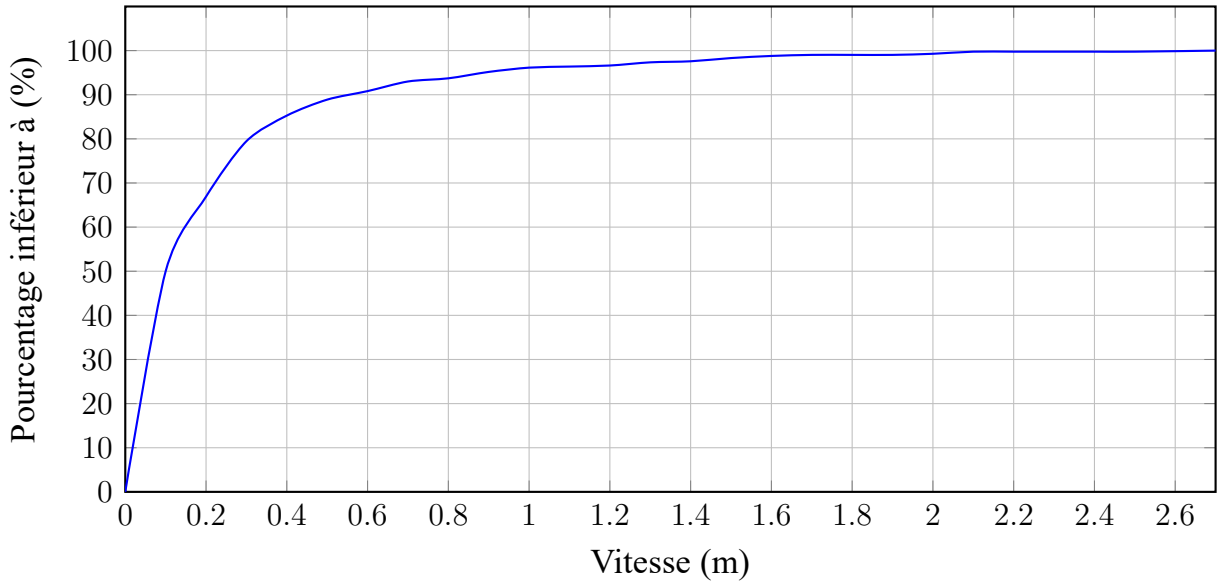


Figure 3.6 : Distribution des vitesses en cas de point à l'horizon de 2025.

On observe après la figure 3.6 que :

- 88.89% des conduites à une vitesse inférieur à 0.5 m/s.
- 9.42% des conduites à une vitesse entre 0.5 m/s et 1.5 m/s
- 1.69% des conduites à une vitesse supérieur à 1.5 m/s
- 0.24% des conduites à une vitesse supérieur à 2.5 m/s

On constate que la majorité des conduites présentent des vitesses d'écoulement très faibles, favorisant ainsi la stagnation de l'eau et la dégradation de sa qualité.

Tableau 3.7 : Résultat de la simulation des pressions du réseau en cas de pointe.

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-1	930.25	930.59	0.34

Tableau 3.7 : Résultat de la simulation des pressions du réseau en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-2	930.23	930.58	0.35
J-3	930.1	930.65	0.55
J-4	929.12	930.9	1.78
J-5	927.18	931.41	4.22
J-6	926.76	931.11	4.35
J-7	926.48	931.17	4.68
J-8	926.19	931.06	4.86
J-9	925.92	931.06	5.13
J-10	925.72	930.87	5.14
J-11	939.32	947.14	7.81
J-12	920.36	929.14	8.77
J-13	915.26	928.25	12.96
J-14	914.85	928.49	13.61
J-15	914.42	928.49	14.04

La suite de tableau est en annexe C.

La figure suivante présente la courbe des pourcentages des pression du réseau en cas de pointe :

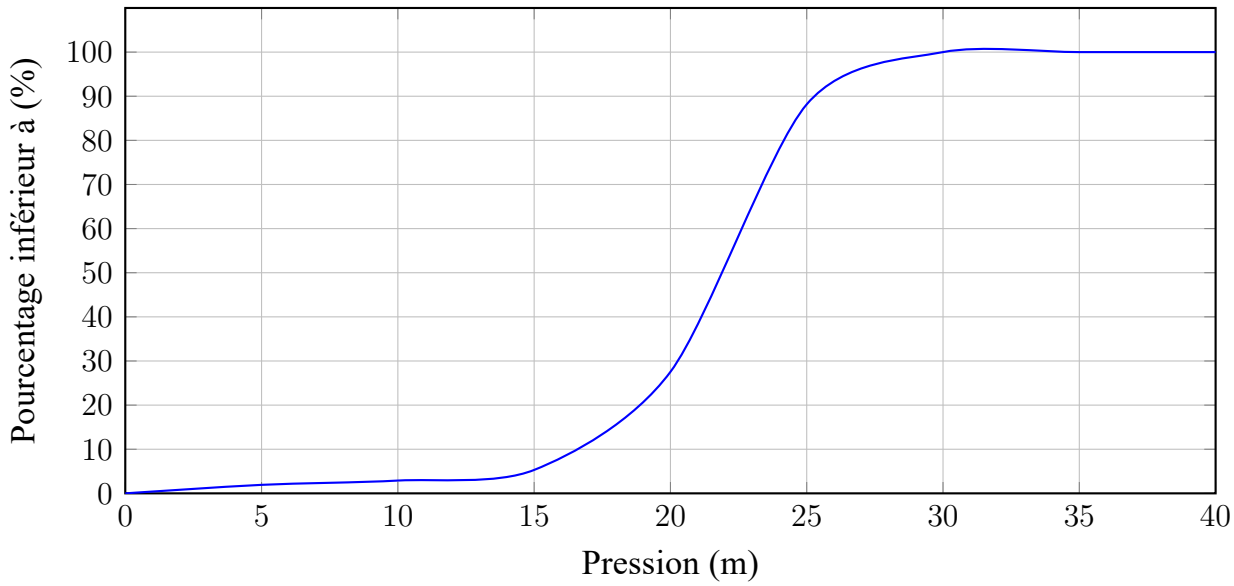


Figure 3.7 : Distribution des pressions en cas de point à l'horizon de 2025.

On observe d'après la figure 3.7 que

- 2.9% des pressions sont inférieur à 10 m.
- 96.86% des pression entre 10 m et 30 m. On remarque que la majorité du réseau est conforme aux normes de pression admissible.

  On remarque que la majorité du réseau est conforme aux normes de pression admissible.

3.3.2.2 Cas d'incendie :

Pour simuler le cas d'incendie on ajoute 17 l/s vers le nœud le plus défavorable dans le réseau (le plus éloigné) qui est le nœud J131.

La figure suivante illustré le résultat de simulation des vitesse et pressions en cas de pointe + incendie :

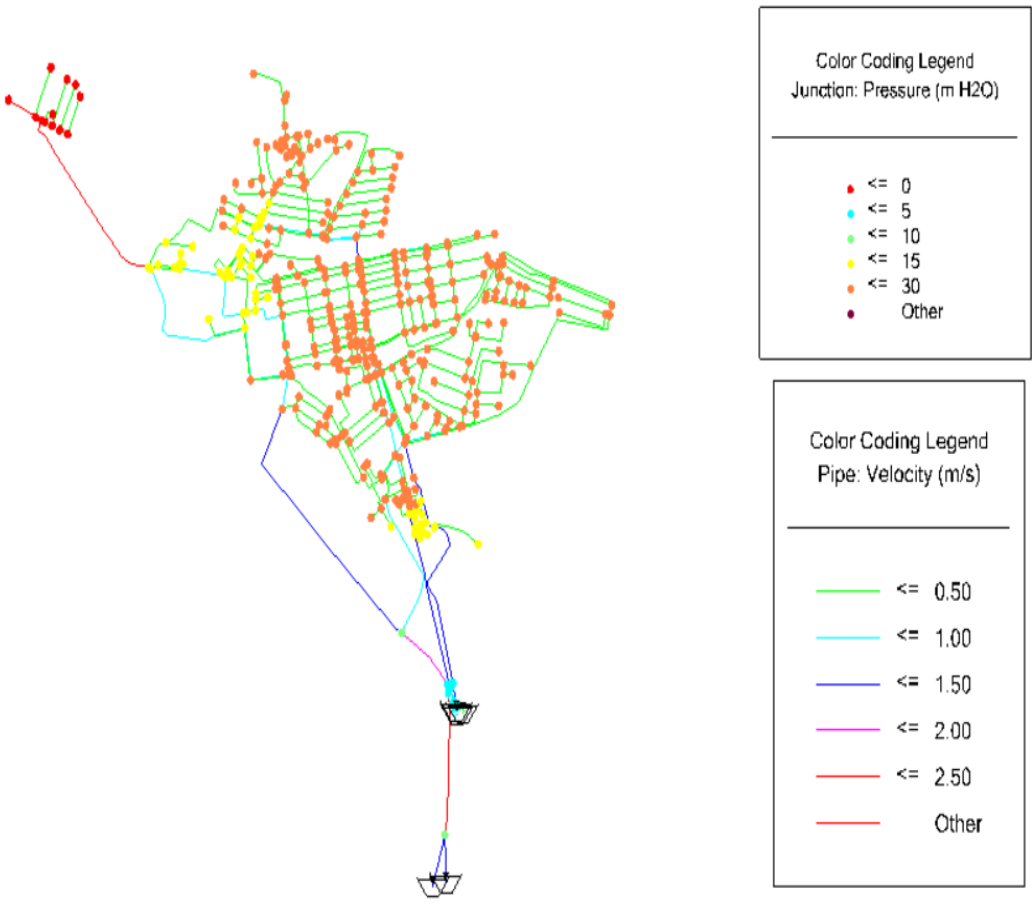


Figure 3.8 : Simulation du réseau en cas de pointe + incendie.

Le tableau suivant représente le résultat de la simulation des vitesses dans le cas de pointe + incendie à l'horizon de 2025 :

Tableau 3.8 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie.

Pipe	Longueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P1	20	Fonte Ductile	200	0.02	0	0
P2	16	Fonte Ductile	200	55.08	1.75	0.27
P3	416	Fonte Ductile	200	83.08	2.64	15.95
P4	141	Fonte Ductile	200	44.77	1.43	1.6
P5	159	Fonte Ductile	200	39.26	1.25	1.4
P6	228	PVC	176.2	39.8	1.63	2.57

Tableau 3.8 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Longueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P7	611	PEHD	176.2	27.79	1.14	3.58
P8	173	PEHD	176.2	26.71	1.1	0.94
P9	107	PEHD	176.2	26.45	1.08	0.57
P10	87	PEHD	176.2	22.97	0.94	0.36
P11	178	PEHD	176.2	22.72	0.93	0.72
P12	899	PVC	176.2	25.69	1.05	4.57
P13	105	PVC	176.2	23.61	0.97	0.46
P14	87	PEHD	176.2	11.82	0.48	0.11
P15	33	PVC	176.2	9.41	0.39	0.03

La suite de tableau est en Annexe D.

La figure suivante présente la courbe des pourcentages des vitesse du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2025 :

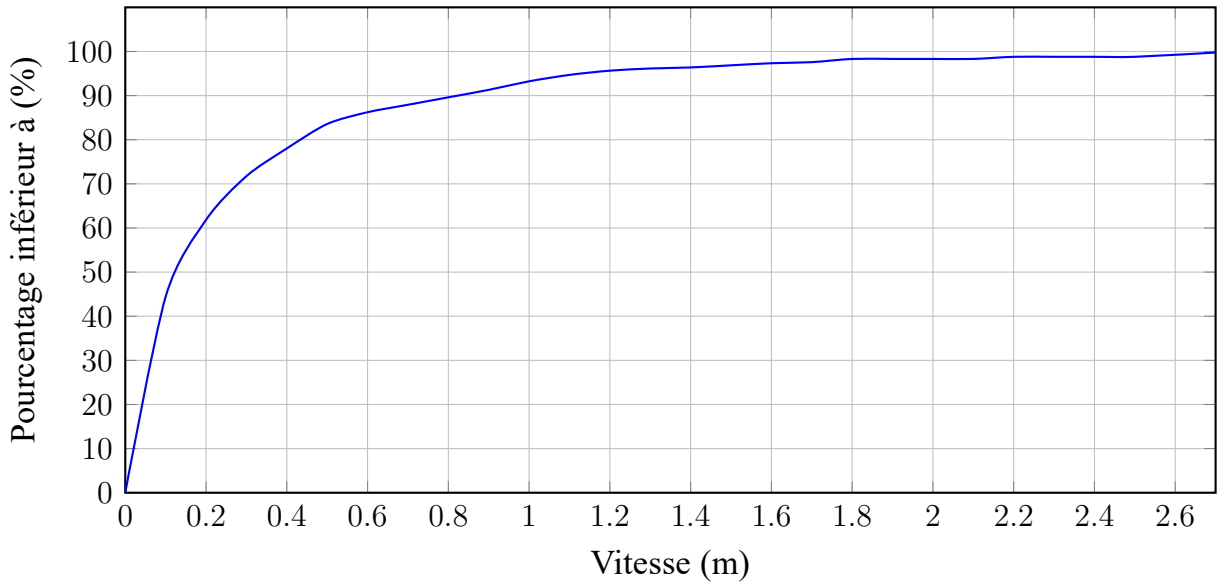


Figure 3.9 : Distribution des vitesses en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2025.

D'après la figure 3.9 et le tableau 3.8 on observe que :

- 83.57% des conduites avec une vitesse inférieure à 0.5m/s.
- 13.29% des conduites avec une vitesse entre 0.5 m/s et 1.5 m/s.
- 3.14% des conduites une vitesse supérieure à 1.5 m/s.
- Il existe une conduite avec une vitesse extrême de 13.09 m/s

Le tableau suivant présente les résultats de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe + incendie :

Tableau 3.9 : Résultat de la simulation des pressions du réseau en cas de pointe + incendie.

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-1	930.25	930.55	0.3
J-2	930.23	930.54	0.31
J-3	930.1	930.64	0.54
J-4	929.12	930.83	1.7
J-5	927.18	931.17	3.98
J-6	926.76	930.91	4.14
J-7	926.48	930.9	4.41
J-8	926.19	930.73	4.53
J-9	925.92	930.73	4.8
J-10	925.72	930.45	4.72
J-11	939.32	947.12	7.79
J-12	920.36	927.89	7.51
J-13	915.26	926.96	11.68
J-14	914.85	927.13	12.26
J-15	914.42	927.13	12.69

La suite de tableau est en annexe E.

La figure suivante présente la courbe des pourcentages des pression du réseau en cas de pointe :

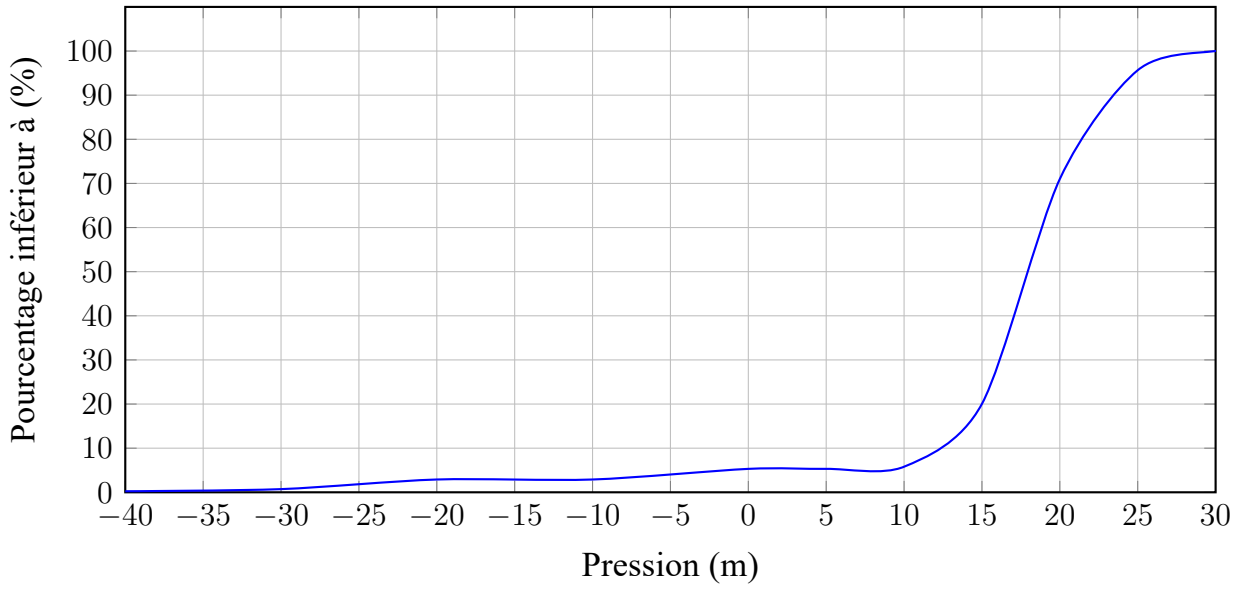


Figure 3.10 : Distribution des pressions en cas de pointe+incendie à l'horizon de 2025.

D'après le tableau 3.7 et la figure 3.10 :

- 2.9% des pression sont négative (dépression)
- 5.8% des pressions sont inférieur à 10 m.
- 94.20% des pression sont entre 10 m et 30 m

3.4 Discussion et recommandation globales :

Le tableau suivant résume le diagnostic et les recommandations pour le réseau d'eau potable, en mettant en évidence l'état du réseau de distribution, des regards de vannes et de la robinetterie, ainsi que les actions à entreprendre pour améliorer la performance, la sécurité et la fiabilité du système.

Tableau 3.10 : Résumé diagnostique et recommandations du réseau d'eau potable

Désignation	Observation	Recommandation
Réseau de distribution	• Principalement PEHD récent et PVC ancien • Fuites présentes • Vitesse faible dans beaucoup de conduites • Pression globalement conforme mais quelques nœuds faibles • Réseau dense et complexe	• Rénover les conduites PVC et fonte avec PEHD • Supprimer les fuites • Restructurer le réseau pour améliorer circulation et pression
Regard des vannes	• Nombreux regards noyés ou manquants • Eaux stagnantes favorisant maladies hydriques	• Curage et construction de regards supplémentaires • Entretien régulier pour éviter la contamination
Robinetterie	• Vannes en fonte PN16 DN50–DN200 • Majoritairement en bon état, quelques fuites	• Maintenance et réparation des fuites • Vérification des regards associés pour prévenir détérioration

3.5 Conclusion :

Le diagnostic du système d'AEP a permis d'analyser les défaillances affectant son bon fonctionnement. D'après l'évaluation physique et hydraulique, il ressort que le réseau de distribution de la commune de Taouzianet présente plusieurs problèmes : la dégradation des conduites en PVC et en fonte, regards noyés ou remplis de déchets, fuites sur certaines vannes, vitesses faibles dans la majorité du réseau, pressions négatives en cas de pointe combinée à un incendie, ainsi qu'une mauvaise structuration générale du réseau. Suite à ce diagnostic, il est recommandé de remplacer les conduites en PVC et en fonte par des conduites en PEHD, de procéder au nettoyage des regards, de traiter les fuites et de restructurer le réseau.

Chapitre 4

Étude de stockage

4.1 Introduction :

L'évaluation des volumes de stockage d'eau est essentielle pour assurer un approvisionnement fiable, tant pour la consommation quotidienne que pour la gestion des situations d'urgence, comme les incendies. Cette analyse combine deux méthodes : analytique et forfaitaire afin de déterminer avec précision les besoins en capacité des réservoirs. L'objectif est de garantir que les volumes disponibles permettent de répondre aux variations de la demande, tout en maintenant une réserve suffisante en cas de panne ou d'incident.

4.2 Caractéristique du réservoir :

4.2.1 Utilité du réservoir :

- **Emmagasinage :** : La plus importante utilité de réservoir est le stockage d'eau afin de la distribuer à l'agglomération.
- **Régulation de débits :** Le débit refoulé et plus faible que débit distribué en période de pointe, et plus élevé qu'en période de creuse, le réservoir est un régulateur de débit entre le deux.
- **Régulation des pressions :** Le réservoir assure une pression suffisante est plus ou moins constante le long de la journée.
- **Continuité :** Le réservoir assure une distribution continue 24/7 dans tous les cas (pointe, creuse, incendie, l'arrêt de pompe)
- **Sécurité :** Le réservoir est un élément de sécurité contre l'incendie.
- Brise de charge : Il permet de briser la charge dans le cas de distribution étagé
- **Réacteur de traitement :** Il assure un temp de contact avec l'agent désinfectant.
- **Réduction des investissements :** Le réservoir constitue un point d'équilibre qui permet de réduit les diamètres de canalisation maitrisasse qui réduit le cout d'investissement

4.2.2 Classification des réservoirs :

Les réservoirs sont classés selon :

- **Matériaux** : Métallique, Maçonnerie, Béton armé ou ordinaire.
- **Position sur le sol :** enterré, semi-enterré, sur le sol, surélevé : ce sont les châteaux d'eaux.
- F**orme de la cuve :** carrés, rectangulaires, circulaires.

4.2.3 Emplacement du réservoir :

- L'emplacement et la cote radier du réservoir dépend de la topographie.
- Le réservoir doit être placé le plus près possibles.
- Généralement, les pertes de charge sont plus grandes dans les réseaux de distribution que l'adduction, ce qui fait que plus le réservoir est éloigné, plus que sa hauteur est élevée.
- On essaye toujours d'exploiter le relief à proximité de l'agglomération pour utiliser un réservoir semi-enterré, qui est plus économique.

Source :(A. Daoud 2020)

4.2.4 L'équipement du réservoir :

- **Conduite d'arrivé :** Elle est généralement en siphon noyé ou par le bas à l'opposé de conduite de départ, ce qui favorise le brassage d'eau.
- **Conduite de départ :** Placé à l'opposé de la conduite d'arrivée, s'effectue à 15 ou 20 cm au-dessus du radier pour éviter l'introduction des matières et sables décantés dans la cuve, équipée par une vanne à survitesse et une crépine contre le phénomène de vortex.
- **Conduite du trop-plein :** Elle évacue l'excès de l'eau on cas de remplissage complet de la cuve.
- **Conduite de vidange :** Elle a pour fonction de vider le réservoir pour la maintenance ou nettoyage, se trouve au point le plus bas du réservoir, elle est munie de robinet vanne est généralement raccordé par la conduite du trop-plein, elle doit être nettoyée après chaque vidange pour éviter les dépôts du sable.
- **Conduite by-pass :** Relie la conduite de départ et la conduite d'arrivée pour assurer la distribution pendant le nettoyage, la réparation, l'entretien.
- **Matérialisation de la réserve d'incendie :** le système qui permet d'interrompre l'écoulement une fois le niveau d'incendie est atteint, on distingue deux systèmes :
  - **Système à siphon :** ce système a l'avantage de renouveler la réserve d'incendie, et éviter la stagnation d'eaux. Quand le niveau atteint son minimum, le siphon se désamorce, grâce à l'évent, pour que le réserve ne soit pas entamée.
  - **Système à deux prises :** : ce système est rarement utilisé du fait de l'existence d'une tranche d'eau morte, la réserve d'incendie n'est pas renouvelée.

Source : B. SALAH 2014

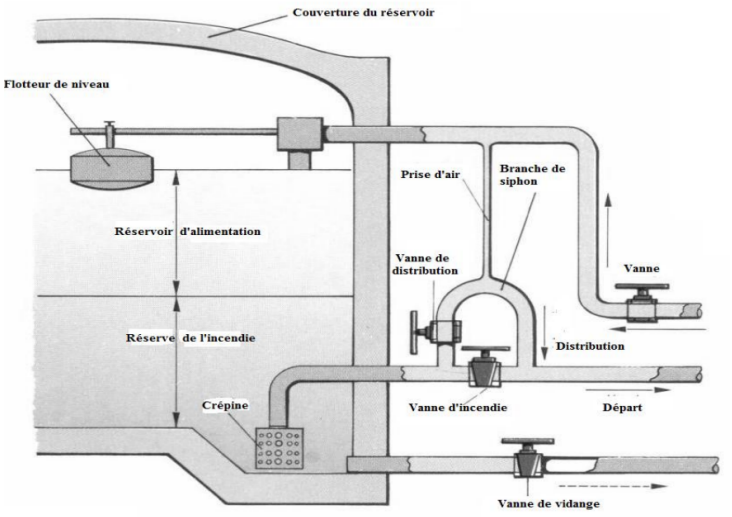
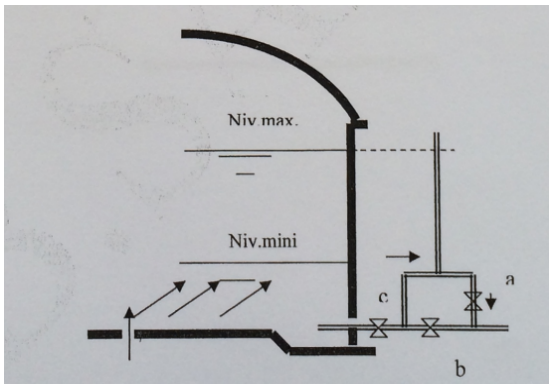
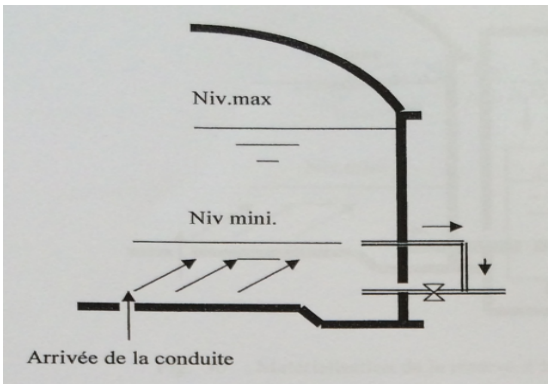


Figure 4.1 : Schéma d'équipement du réservoir.

Source : Baba Hamed, s.d.



(a) Schéma du système à siphon



(b) Schéma du système à deux prises

Figure 4.2 : Schémas de la matérialisation d'une réserve d'incendie.
Source : B. SALAH 2014

4.3 Description des ouvrages de stockage existant :

La zone d'étude comprend cinq réservoirs fonctionnants quotidiennement, répartis comme suit :

- Trois réservoirs, dont deux semi-enterrés et un surélevé, sont alimentés par les conduites de transfert, ainsi que par les forages de Faies Ter et de Taouzianet. Ces réservoirs, d'une capacité de 300 m³ chacun, sont situés à quelques mètres les uns des autres. Leur état général est bon, avec une structure et un équipement fonctionnel.
- Deux réservoirs semi-enterrés, d'une capacité de 1000 m³ chacun, sont respectivement alimentés par le forage de Faies Ter et le forage de Taouzianet. Ils sont également proches l'un de l'autre, à quelques mètres de distance, et sont situés à environ 500 mètres du groupe des réservoirs de 300 m³. Leur état est jugé satisfaisant, bien que des opérations de maintenance ponctuelle puissent être envisagées pour préserver leur bon fonctionnement.

La figure suivante décrit les ouvrages de stockage de la zone d'étude :





Figure 4.3 : l'état extérieur du deux réservoir 2×1000 m^3.





Figure 4.4 : les chambres des vannes du réservoir 2×1000 m^3.



Figure 4.5 : Les réservoirs 2 x 300 m^3 et 300 m^3 surélevé.

Les réservoirs étudiés présentent une bonne structure générale, avec des parois et couvertures intactes et des vannes principales visibles et accessibles. L'état extérieur est globalement satisfaisant, avec seulement quelques dépôts légers autour des regards d'accès. L'ensemble du site montre une disposition correcte des réservoirs, permettant un entretien et une maintenance aisés. Aucune fuite majeure n'a été observée, mais une maintenance régulière est recommandée pour préserver l'intégrité des installations et assurer le bon fonctionnement du réseau.

4.4 Évaluation de volume nécessaire à l'agglomération :

La détermination de la capacité de stockage est faite à partir de trois méthodes :

- **La méthode analytique :** consiste à évaluer la quantité d'eau entrant au réservoir, et la quantité

d'eau sortant qui en tenant compte du régime de pompage d'eau.

- **La méthode graphique :** repose sur la courbe de consommation horaire intégrale et la courbe de pompage d'eau.
- **Estimation Forfaitaire :** On prend forfaitairement, une capacité des réservoirs égale à :
  - 100% de la consommation journalière maximale de l'agglomération, dans le cas d'une commune rurale.
  - 50% de la consommation journalière maximale de l'agglomération, dans le cas d'une commune urbaine.
  - 25% de la consommation journalière maximale de l'agglomération, dans le cas d'une grande ville.

Source :A.DAOUD 2020

La méthode analytique et graphique reposent sur le même principe, donc on choisit la méthode analytique et le calcul forfaitaire.

4.4.1 Méthode analytique :

On choisit une durée de pompage de 20/24 heure, donc La capacité de stockage d'après la méthode analytique :

$$V_T = V_u + V_{inc} \tag{4.1}$$

$$V_u = \alpha \cdot Q_{\text{max j}} \tag{4.2}$$

Tel que :

- V_T : Volume totale de réservoir (m^3).
- V_u : Volume utile de réservoir (m^3).
- α : Fraction horaire du débit maximum journalier (%).
- V_{inc} : Réserve d'incendie estimé de 120 m^3 pendant 2 heurs.

Le tableau suivant représente la capacité de stockage par la méthode analytique :

Tableau 4.1 : Évaluation de la capacité de stockage nécessaire.

Heures	Consommation horaire (%)	Pompage (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0–1	1.5	0		1.5	8.5
1–2	1.5	0		1.5	7
2–3	1.5	0		1.5	5.5
3–4	1.5	0		1.5	4
4–5	2.5	5	2.5		6.5
5–6	3.5	5	1.5		8
6–7	4.5	5	0.5		8.5
7–8	5.5	5		0.5	8

Tableau 4.1 : Évaluation de la capacité de stockage nécessaire (suite)

Heures	Consommation horaire (%)	Pompage (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
8–9	6.25	5		1.25	6.75
9–10	6.25	5		1.25	5.5
10–11	6.25	5		1.25	4.25
11–12	6.25	5		1.25	3
12–13	5	5			3
13–14	5	5			3
14–15	5.5	5		0.5	2.5
15–16	6	5		1	1.5
16–17	6	5		1	0.5
17–18	5.5	5		0.5	0
18–19	5	5	0	0	0
19–20	4.5	5	0.5		0.5
20–21	4	5	1		1.5
21–22	3	5	2		3.5
22–23	2	5	3		6.5
23–24	1.5	5	3.5		10
Total	**100**	**100**	/	/	/

On a :

$$Q_{\text{max j}} = 8599.656 \text{ m}^3$$

Et d'après le tableau 4.1, α est le pourcentage maximal du volume du reste dans le réservoir, donc $\alpha = 10\%$

$$V_u = 0.1 \times 8599.65 \tag{4.3}$$

$$V_u = 859.96 \text{ m}^3 \tag{4.4}$$

Et d'après les équations 4.1, 4.4 :

$$V_T = 859.96 + 120$$

$$V_T = 979.96 \text{ m}^3$$

On choisit $V_N = 1000\,\text{m}^3$ comme une volume normalisé du réservoir.

4.4.2 Calcul forfaitaire :

Comme l'agglomération est le chef lieu, urbanisé on choisit forfaitairement $\alpha = 25\%$:

$$V_u = 0.25 \times 8599.656$$

$$V_u = 2149.914 \text{ m}^3 \tag{4.5}$$

Et d'après les équations 4.1, 4.4 et 4.5 :

$$V_T = 2149.914 + 120$$
$$V_T = 2269.914 \text{ m}^3$$

On choisit $V_N = 2300$ m^3 comme une volume forfaitaire pour notre agglomération.

L'inspection des réservoirs, présentée aux figures 4.4 et 4.5, a permis de constater que les ouvrages en béton armé se trouvent dans un bon état physique. La capacité totale de ces réservoirs est de 2900 m^3. Ce volume est donc suffisant pour répondre aux besoins de la population à l'horizon de 2055. Il est toutefois nécessaire de bien les entretenir.

4.5 Conclusion :

Le réservoir constitue un ouvrage essentiel d'accumulation, de stockage et de distribution de l'eau provenant de la source. Il assure plusieurs fonctions et comporte des équipements variés. Le volume de stockage a été évalué à partir de deux méthodes : analytique et forfaitaire. Bien que le calcul forfaitaire ait donné une capacité de 2300 m_3, nous disposons d'un volume de 2900 m_3, correspondant à la capacité totale des réservoirs existants.

Chapitre 5

Étude d’adduction

5.1 Introduction :

L'adduction est le transfert de l'eau depuis la source naturelle ou la station de traitement vers les réservoirs de stockage. Le bon fonctionnement de l'adduction consiste à assurer une pression adéquate, une hauteur manométrique suffisante pour remplir les réservoirs, une vitesse conforme aux normes, ainsi qu'une protection des conduites contre le régime transitoire.

5.2 Généralité sur l'adduction :

5.2.1 Classification d'adduction :

Le type d'adduction repose fortement sur la topographie de terrain, ce qui impacté le flux d'eaux écoulé :

- **Adduction gravitaire :** On trouve ce type dans les cas où la cote de point de captage d'eaux est supérieure à celle de point de distribution, on distingue deux écoulements : en charge et a surface libre dépend de la nature de terrain et les conditions du tracé.
- **Adduction par refoulement :** Ce type d'adduction est caractérisé par une cote du point de captage inférieure à celle de la distribution, ce qui nécessite un pompage pour amener l'eau vers les réservoirs de distribution, produisant ainsi un écoulement en charge.
- **Adduction mixte :** C'est une combinaison entre les adductions gravitaire et par refoulement, fortement exigée par la topographie. Ce type d'adduction nécessite des ouvrages intermédiaires pouvant recevoir l'eau par gravité ou par pompage, afin d'assurer un équilibre entre les deux types d'écoulement et garantir une bonne alimentation en eau.

5.2.2 Tracé d'adduction :

Pour un bon fonctionnement d'adduction :

- Le tracé doit être le plus direct possible, avec de longs alignements raccordés par des coudes bien ouverts.
- Assurer un tracé le plus court possible afin de réduire les frais d'établissement et d'exploitation.
- Éviter les profile horizontaux qui favorise l'accumulation d'air.
- Éviter les pentes et les contre pentes si possible.
- Éviter les terrains privés, les massifs boisés et les chemins de fer.
- Les conduites doivent être posées le long des voies de communication pour des raisons économiques : les travaux de terrassement et l'approvisionnement en conduites y sont moins coûteux, et la maintenance ultérieure y est facilitée.

5.3 Étude d'adduction :

5.3.1 Ressources en eau :

On distingue trois sources d'eau pour le remplissage du réservoir de distribution : deux forages et un piquage à partir de la conduite de transfert. L'alimentation en eau à partir du piquage de la conduite de transfert du barrage Koudiet Medaouar étant inconstante (1 à 2 fois par semaine), nous nous concentrons sur les deux forages, qui alimentent le réseau à partir des conduites d'adduction.

Tableau 5.1 : Caractéristique des forages du la zone d'étude.

Forage	Débit (L/s)	Cote de plan d'eau (m)	Profondeur d'eau (m)
Faies Ter	10	863.02	20
Taouzianet	5	859.06	15

5.3.2 Réseau d'adduction existant :

Le système d'alimentation en eau de la zone d'étude est structuré autour d'une double ressource, issue à la fois des forages et du transfert du barrage. Le réservoir R2 constitue l'élément central puisqu'il est alimenté par le forage de Faies Ter (F1), le forage de Taouzianet (F2) ainsi que par un piquage sur la conduite de transfert. À partir de R2, l'eau est redistribuée vers les réservoirs R1 et R3, assurant ainsi leur approvisionnement. Le réservoir R4, de son côté, reçoit une alimentation mixte provenant à la fois de R2 et directement du transfert du barrage, et joue un rôle de relais vers l'aval en alimentant le réservoir R5. Cette configuration en cascade et interconnectée garantit une meilleure fiabilité de la desserte et une continuité de l'approvisionnement dans l'ensemble du périmètre étudié. La figure suivant illustrer la situation du réseau d'adduction :

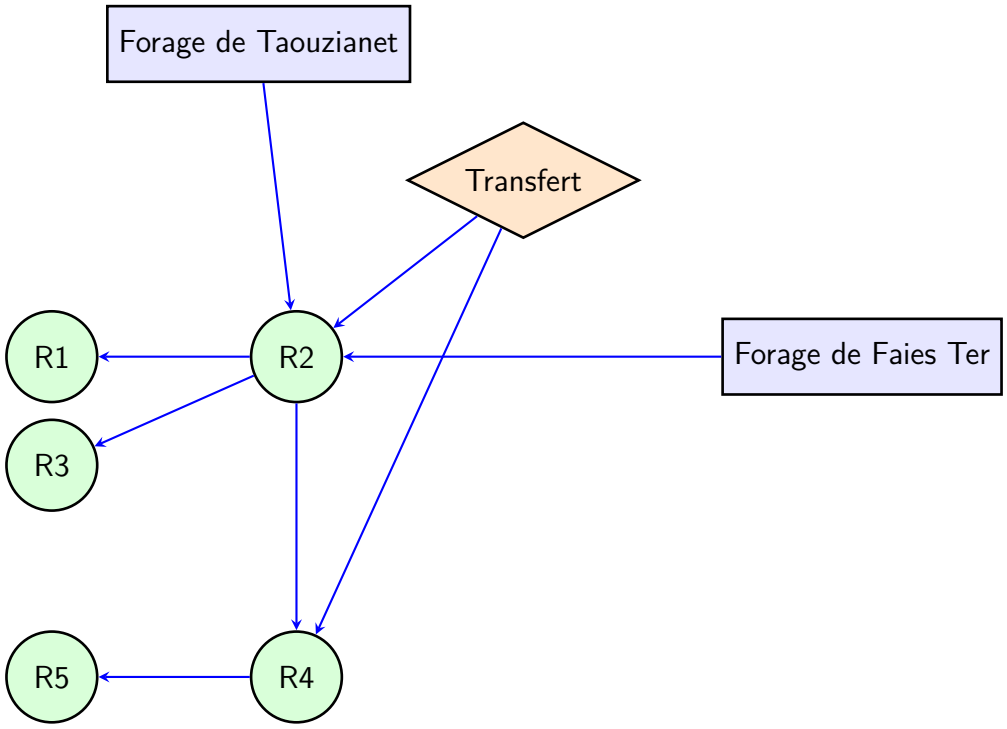


Figure 5.1 : Schéma d'alimentation en eau de la zone d'étude.

5.3.3 Caractéristique du réseau d'adduction :

5.3.3.1 La hauteur géométrique :

La hauteur géométrique représente le dénivelé entre le plan d'eau à l'aspiration et celui de trop plein de réservoir

$$Hg = Ctp - Cpe \tag{5.1}$$

Avec :

- H_g : Hauteur géométrique (m).
- C_{tp} : Cote de trop plein d'eau du réservoir (m).
- C_{pe} : Cote de plan d'eau à l'aspiration (m).

5.3.3.2 La hauteur manométrique :

La hauteur manométrique représenta l'énergie totale, fourni par la pompe :

$$H_{mt} = Hg + \Delta H \tag{5.2}$$

Avec :

- H_{mt} : Hauteur manométrique (m).
- ΔH : Perte de charge (m).

5.3.3.3 La perte de charge :

La perte de charge représente la perte d'énergie du au frottement des particule d'eau avec les parois de la conduite (perte de charge linière), ou avec les singularités du réseau (les coude, les vanne, etc.). Selon la loi de Darcy-Weisbach, la perte de charge est estimée par :

$$\Delta H_L = \frac{8 \cdot \lambda \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \tag{5.3}$$

On choisit la formule de Nikuradse pour calculer λ, tel que :

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \cdot \ln(\frac{\epsilon}{D}))^{-2} \tag{5.4}$$

Avec :

- Q : Débit (m^3/s).
- λ : Coefficient du frottement.
- L : Longueur de la conduite (m).
- D : Diamètre de la conduite (m).
- ϵ : La rugosité absolue (mm).

Les pertes de charge singulière sont estimées par :

$$\Delta H_S = (0.1 : 0.15) \cdot \Delta H_L \tag{5.5}$$

$$\Delta H = \Delta H_L + \Delta H_S \tag{5.6}$$

5.3.3.4 La vitesse d'écoulement :

La vitesse d'écoulement est calculée par :

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \tag{5.7}$$

Le tableau suivant représente les vitesses d'écoulement des conduites F1-R2 et F2-R2

Tableau 5.2 : La vitesse d'écoulement des conduites d'adduction F1-R2 et F2-R2.

Conduite	Débit (L/s)	Diamètre (mm)	e (mm)	Diamètre Intérieur (mm)	V (m/s)
F1-R2	10	200	18.2	163.6	0.47
F2-R2	5	125	11.4	102.2	0.61

5.3.4 Vérification de système d'adduction à l'horizon 2025 :

Le réseau d'adduction de la zone d'étude se compose principalement en 3 parts :

- Adduction par refoulement à partir de forage de Faies Ter
- Adduction par refoulement à partir de forage de Faies Taouzianet
- Adduction par refoulement à partir de piquage de transfert de barrage de Koudiet Medaour.

Tableau 5.3 : Caractéristiques du réseau d'adduction du la zone d'étude à l'horizon 2025.

Source	Cote de plan d'eau (m)	Cote de trop plein (m)	Diamètre (mm)	L (m)	λ	Hg (m)	ΔH	H_{mt}	V (m/s)
Faies Ter	863.12	946.41	200	5312.65	0.012	83.29	4.95	88.24	0.47
Taouzianet	859.06	946.41	125	7019.3	0.012	87.35	17.16	104.52	0.61
Transfert	898	948.85	315	2230.31	0.012	66.41	0.28	66.69	0.22

D'après les résultats présentés dans le tableau 5.3, les conduites d'adduction des forages de Faies Ter et Taouzianet présentent des paramètres conformes aux normes, aussi bien en termes de pertes de charge que de vitesse d'écoulement. En revanche, la conduite d'adduction issue du transfert du barrage présente des paramètres non conformes, nécessitant une réévaluation ou une correction.

5.3.5 Bilan de Ressources de l'eau

Selon les services des ressources en eau de la région, bien que le débit requis pour répondre aux besoins à l'horizon 2055 soit particulièrement important, aucune nouvelle source d'alimentation n'est disponible, hormis le barrage, sachant que la zone est déjà approvisionnée par trois sources. Par conséquent, la seule solution envisageable consiste à accroître le débit de production. Le tableau suivant représente le bilan de capacité d'adduction au différent horizon :

Tableau 5.4 : Production des ressources disponible.

Ressources	Production au 2025 (m^3/j)	Production au 2055 (m^3/j)
Faies Ter	864	1296
Taouzianet	432	691.2
Transfert de barrage	1000	6612.456
Totale	2296	8599.656

Source : D.R.E Khenchela

On refait le bilan de Ressources-besoins tel que :

Tableau 5.5 : Production des ressources disponible.

Horizon	2025	2055
Besoins journaliers (m^3/j)	4143.834	8599.656
Production (m^3/j)	2296	8599.656
Bilan (m^3/j)	1847.834	0

5.3.6 Vérification de système d'adduction à l'horizon 2055 :

Tableau 5.6 : Caractéristiques du réseau d'adduction du la zone d'étude à l'horizon 2055.

Source	**Cote de plan d'eau (m)**	**Cote de trop plein (m)**	**Diamètre (mm)**	**L (m)**	λ	**Hg (m)**	ΔH	H_{mt}	**V (m/s)**
Faies Ter	863.12	946.41	200	5312.65	0.012	83.29	11.14	94.43	0.71
Taouzianet	859.06	946.41	125	7019.3	0.012	87.35	44.47	131.82	0.98
Transfert	898	948.85	315	2230.31	0.012	66.41	28.65	95.06	2.22

Il ressort que le système d'adduction est bien dimensionné pour répondre efficacement aux besoins en eau à l'horizon 2055, présentant des vitesses d'écoulement optimales, des pertes de charge modérées, traduisant un bon comportement hydraulique de l'ensemble du réseau ainsi qu'un bon état physique des conduites à long terme.

5.4 Étude de pompage :

La pompe est un dispositif électromécanique dont le rôle est d'aspirer et de refouler un fluide, généralement de la zone la plus basse vers une zone plus élevée. Elle permet ainsi d'augmenter la pression et de faciliter le transport de l'eau à travers les conduites. Selon leur principe de fonctionnement, les pompes peuvent être classées en plusieurs catégories (pompes centrifuges, volumétriques, etc.), chacune étant adaptée à un usage spécifique dans les réseaux d'adduction et de distribution d'eau.

5.4.1 Choit de la pompe :

La pompe choisie doit être conforme aux critères suivants :

- H_{mt} et Débit suffisant.
- Rendement optimale
- $NPSH_r$ minimal
- Nombre de pompes minimal
- Puissance Absorbé minimale
- Vitesse de rotation minimale

D'après le logicielle de Caprari :

Tableau 5.7 : Caractéristiques des pompes choisies selon *Caprari*.

Source	Pompe	Débit (L/s)	H_{mt} (m)	Puissance absorbée (kW)	Rendement (%)	$NPSH_r$ (m)	Vitesse de rotation (tr/min)
Faies Ter	P7L/3/20/10D	15.8	95.6	19.4	76.6	2.87	2900
Taouzianet 1	P7L/3/24/12D	12.6	136	23.1	73.3	2.50	2900
Transfert	PM 150/ 4 C	79.06	96.9	96.5	79.1	2.88	1450

Le choix des pompes a été effectués de manière à assurer un fonctionnement hydraulique optimal, fiable et économe pour l'ensemble du système d'adduction. La pompe P7L/3/20/10D a été retenue pour le forage de Faies Ter en raison de sa capacité à fournir un débit stable, un bon rendement énergétique et une hauteur manométrique adaptée au captage. Pour le forage de Taouzinert 1, la pompe P7L/3/24/12D a été choisie pour sa pression élevée, son rendement satisfaisant et sa puissance maîtrisée, garantissant une alimentation continue sans surcharge. Enfin, la pompe de transfert PM 150/ 4 C a été sélectionnée pour refouler un débit important sur une longue distance, avec un excellent rendement hydraulique et une usure limitée grâce à son fonctionnement à vitesse modérée. L'ensemble de ces choix assure une exploitation équilibrée du réseau, répond efficacement aux besoins en eau de la commune et optimise les coûts d'exploitation à long terme.

5.4.2 Point de fonctionnement des pompes :

L'étude du point de fonctionnement de la pompe consiste à comparer la courbe caractéristique de la conduite avec celle de la pompe, afin de déterminer le débit de fonctionnement ainsi que la nécessité de réglage de pompe

5.4.2.1 Pompe de forage de Faies Ter P7L/3/20/10D :

Le tableau suivant représente la courbe caractéristique de pompe de type P7L/3/20/10D :

Tableau 5.8 : Courbe caractéristique de la pompe P7L/3/20/10D.

Débit (L/s)	H_P (m)	λ	H_g (m)	ΔH (m)	H_c (m)
0	150	0.013	83.29	0	83.29
4	145	0.013	83.29	0.85	84.14
8	132	0.013	83.29	3.42	86.71
10	125	0.013	83.29	5.45	88.74

Tableau 5.8 : Courbe caractéristique de la pompe P7L/3/20/10D (suite)

Débit (L/s)	H_P (m)	λ	H_g (m)	ΔH (m)	H_c (m)
12	115	0.013	83.29	7.69	90.98
14	102	0.013	83.29	10.62	93.91
16	87	0.013	83.29	13.67	96.96
18	70	0.013	83.29	17.50	100.79
20	52	0.013	83.29	21.36	104.65
22	40	0.013	83.29	26.09	109.38
24	30	0.013	83.29	30.76	114.05

La figure suivante représente le courbe de point de fonctionnement de la pompe P7L/3/20/10D :

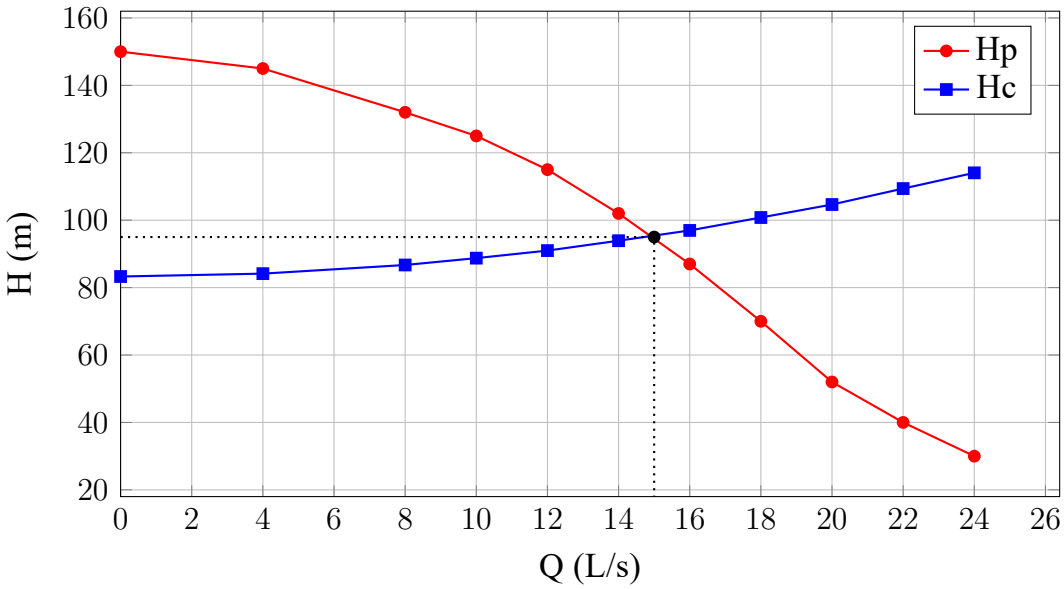


Figure 5.2 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe P7L/3/20/10D.

D'aprés la figure 5.2, le débit au point de fonctionnement est :

$$Q_{pf} = 15\,\text{L/s}$$

La pompe doit être situé dans la plage de fonctionnement tel que :

$$0.9 \cdot Q_{pf} < Q_{app} < 1.1 \cdot Q_{pf} \tag{5.8}$$

Alors :

$$13.5 < Q_{app} = 15 < 16.5$$

Donc, la condition est vérifiée. La pompe fonctionne dans sa plage de fonctionnement et ne nécessite donc aucun réglage.

5.4.2.2 Pompe de forage de Taouzianet P7L/3/24/12D :

Le tableau suivant représente la courbe caractéristique de pompe de type P7L/3/24/12D :

Tableau 5.9 : Courbe caractéristique de la pompe P7L/3/24/12D.

Débit (L/s)	H_P (m)	λ	H_g (m)	ΔH (m)	H_c (m)
0	185	0.012	87.35	0.00	87.35
2	175	0.012	83.29	2.75	86.04
4	165	0.012	83.29	10.99	94.28
6	155	0.012	83.29	24.72	108.01
8	145	0.012	83.29	43.94	127.23
10	135	0.012	83.29	68.66	151.95
12	125	0.012	83.29	98.88	182.17
14	115	0.012	83.29	134.58	217.87
16	100	0.012	83.29	175.78	259.07
18	85	0.012	83.29	222.47	305.76
20	70	0.012	83.29	274.65	357.94
22	55	0.012	83.29	332.33	415.62
24	40	0.012	83.29	395.50	478.79

La figure suivante représente le courbe de point de fonctionnement de la pompe P7L/3/24/12D :

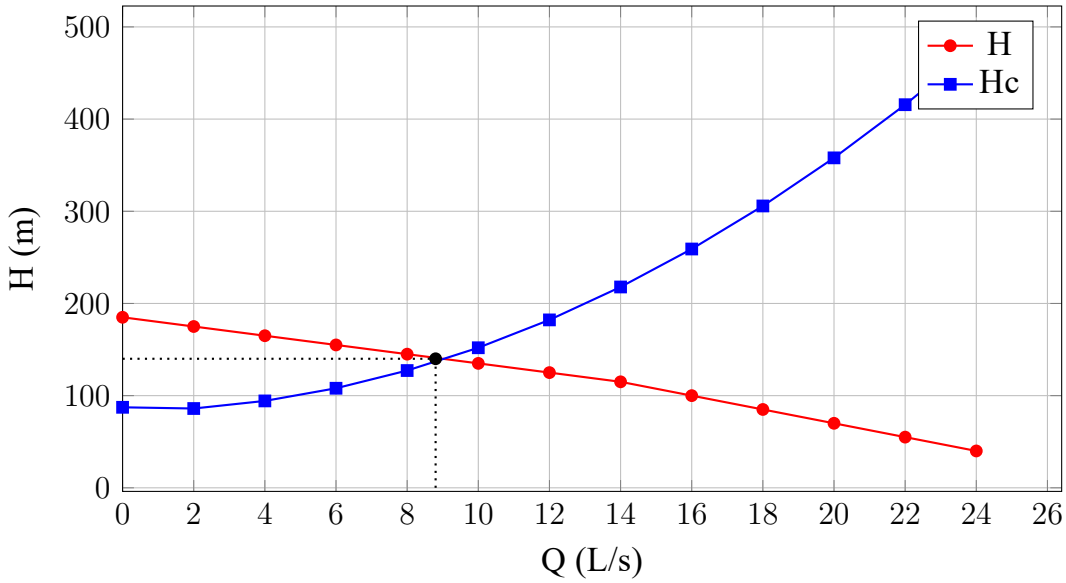


Figure 5.3 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe P7L/3/24/12D.

D'après la figure 5.3, le débit au point de fonctionnement est :

$$Q_{pf} = 8.8\,\text{L/s}$$

La pompe doit être situé dans la plage de fonctionnement tel que :

$$0.9 \cdot Q_{pf} < Q_{app} < 1.1 \cdot Q_{pf} \tag{5.9}$$

Alors :

$$Q_{app} = 12 > 9.68$$

Le débit appelé, est supérieur au débit du point de fonctionnement, une adaptation de pompe aux conditions de fonctionnement s'impose.

5.4.2.3 Pompe de piquage de transfert PM 150/ 4 C :

Le tableau suivant représente la courbe caractéristique de pompe de type PM 150/ 4 C :

Tableau 5.10 : Courbe caractéristique de la pompe PM 150/ 4 C.

Débit (L/s)	H_P (m)	λ	H_g (m)	ΔH (m)	H_c (m)
20	109	0.012	66.41	2.73	69.14
30	108	0.012	66.41	6.07	72.48
40	107	0.012	66.41	10.92	77.33
50	106	0.012	66.41	16.94	83.35
60	104	0.012	66.41	24.29	90.70
70	101	0.012	66.41	33.27	99.68
80	96	0.012	66.41	43.31	109.72
90	85	0.012	66.41	54.68	121.09
100	72	0.012	66.41	67.84	134.25
105	65	0.012	67.41	74.73	142.14

La figure suivante représente le courbe de point de fonctionnement de la pompe PM 150/ 4 C :

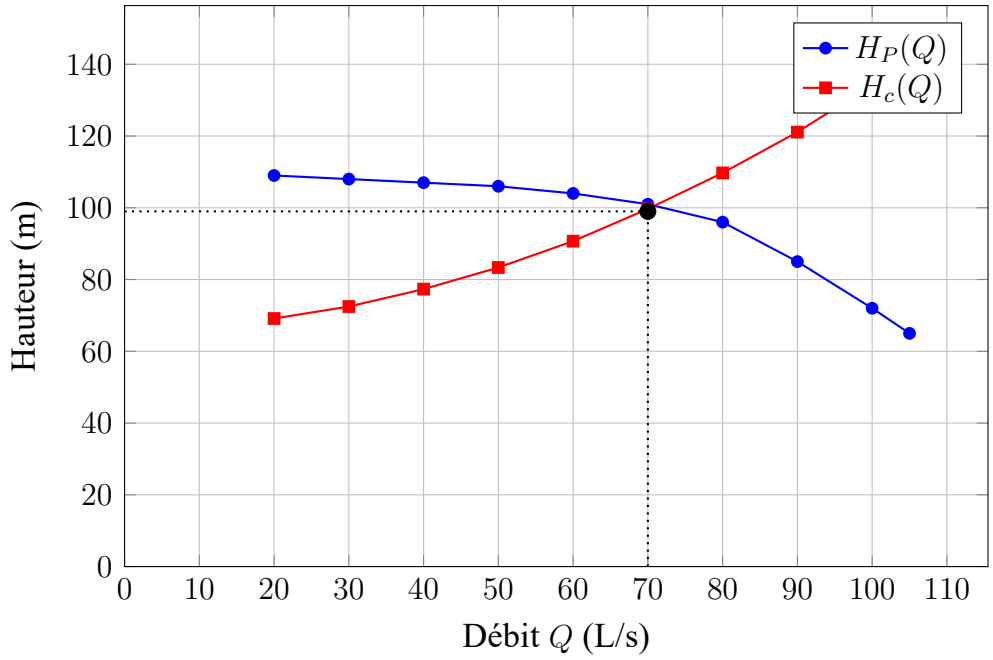


Figure 5.4 : Courbe de point de fonctionnement de la pompe PM 150/ 4 C.

D'après la figure 5.4, le débit au point de fonctionnement est :

$$Q_{pf} = 70\,\text{L/s}$$

La pompe doit être situé dans la plage de fonctionnement tel que :

$$0.9 \cdot Q_{pf} < Q_{app} < 1.1 \cdot Q_{pf} \tag{5.10}$$

Alors :

$$63\,\text{L/s} < Q_{app} = 76.5\,\text{L/s} < 77\,\text{L/s}$$

Donc, la condition est vérifiée. La pompe fonctionne dans sa plage de fonctionnement et ne nécessite donc aucun réglage.

5.4.3 Réglage des pompes

Les pompes de forage de Toauzianet nécessitent un réglage afin d'adapter leur fonctionnement aux conditions de service. Pour effectuer cette adaptation, on peut procéder à un réglage qualitatif, qui consiste à augmenter la vitesse de rotation de manière à refouler le débit souhaité. D'après la loi de similitude, on obtient l'équation suivant :

$$H = \frac{H_{app}}{Q_{app}} \cdot Q^2 \tag{5.11}$$

Tel que H_{app} : Hauteur manométrique (m) Q_{app} : Débit appelée

d'après la formule 5.11, l'équation devient :

$$H = \frac{131.82}{12} \times Q^2$$
$$H = 10.985 \cdot Q^2 \tag{5.12}$$

Alors le nouveau vitesse doit être :

$$n_2 = n_1 \cdot \sqrt{\frac{H_1}{H_{app}}} \tag{5.13}$$

tel que :

- n_1 : Vitesse de rotation initiale
- n_2 : Vitesse de rotation après le calage
- H_1 : Hauteur correspondent au point d'intersection entre la courbe proportionnelle et la courbe caractéristique de la pompe.
- H_{app} : Hauteur manométrique (m)

La figure suivante représente la réglage quantitatif :

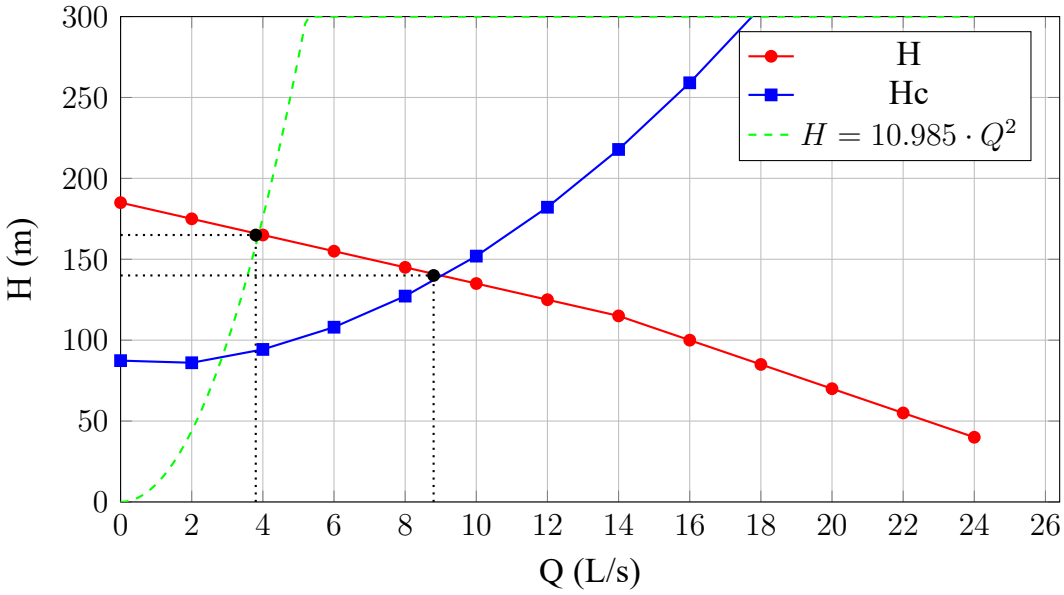


Figure 5.5 : Courbe réglage qualitatif de pompe P7L/3/24/12D.

D'après la figure 5.5, H_1=185 (m),donc après la formule 5.13 La vitesse de rotation est :

$$n_2 = 2900 \cdot \sqrt{\frac{165}{131.82}}$$
$$n_2 = 3244.51 \text{ tr/min}$$

Donc peut prendre un vitesse de rotation de 3450 tr/min pour assuré le bon fonctionnement de la pompe.

5.5 Protection contre le coup de bélier :

5.5.1 Définition :

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire extrême, appartenant au régime transitoire dans les conduites en charge (qu'elles soient de refoulement ou gravitaire). Il se manifeste par la formation et la propagation d'ondes de pression le long de la conduite. Le mouvement périodique de ces ondes provoque une dilatation de la conduite en cas de surpression et un rétrécissement en cas de dépression.

5.5.2 Les cause de coup de bélier :

Le coup de bélier principalement causé par plusieurs facteurs :

- Fermeture rapide de vannes.
- Arrêt ou démarrage brutale de groupe électropompes.
- • Présence des poches d'aire qui créent des oscillations de pression et augmenté l'intensité de coup de bélier.

5.5.3 Les risque dus aux coups de bélier :

Ce phénomène peut entraîner de graves conséquences : rupture ou implosion de la conduite, débordement, dégradation des matériaux, ainsi que des risques pour la sécurité des ouvrages et des personnes :

5.5.3.1 Forte pression :

Le coup de bélier survient notamment lors de l'ouverture trop rapide d'une vanne ou du démarrage brutal d'une pompe. Lorsque la surpression générée, additionnée à la pression initiale, dépasse la Pression Maximale Admissible (PMA) de la conduite, celle-ci risque de se fissurer ou de provoquer le déboîtement des joints. Ces défaillances peuvent entraîner non seulement des fuites et des pertes d'eau importantes, mais également des dommages aux équipements environnants et un arrêt partiel ou total du réseau.

5.5.3.2 Pressions négative :

Elle apparaît à la suite de la propagation d'ondes de pression ou lors d'un arrêt brusque de la pompe. Dans ce cas, la pression peut chuter en dessous de –10 m.c.e, entraînant une dépression susceptible de provoquer l'implosion de la conduite, l'aspiration des joints ainsi que le décollement de l'enduit interne de protection. De plus, cette dépression favorise l'apparition de cavitation.

5.5.3.3 Fatigue de conduite :

L'alternance entre les phases de surpression et de dépression fragilise progressivement la conduite, entraînant une fatigue des matériaux. Ce phénomène réduit sa résistance mécanique et, par conséquent, diminue sa durée de vie.

5.5.4 Les moyen de protection contre le coup de bélier :

- **Réservoir d'air** : Dispositif installé en aval d'une station de pompage, utilisant une couche d'air pour amortir l'excès d'énergie en cas de surpression et alimenter la veine liquide après l'arrêt de la pompe, afin de réduire la dépression.
- **Ventouse** : Il permettant d'évacuer ou introduit l'air dans la veine liquide, ce qui réduit le risque de coup de bélier et améliore le fonctionnement hydraulique de la conduite.

- **Soupape de décharge** : Ce moyen évacue une partie du débit en excès afin d'atténuer l'onde de surpression et préserver l'intégrité de la conduite.
- **Volant d'inertie** : Ce dispositif emmagasine de l'énergie cinétique et assure ainsi une alimentation en eau plus régulière en cas d'interruption soudaine, prolongeant le temps d'arrêt de la pompe.

5.5.5 Étude de coup de bélier :

5.5.5.1 Calcul de coup de bélier :

L'étude de coup de bélier consiste à évaluer les pressions qui se passent dans ce phénomène, a partir de valeur de coup de bélier :

$$b = \pm \frac{c \cdot V_0}{g} \tag{5.14}$$

Avec :

- b : Valeur de coupe de bélier (m)
- V_0 : vitesse d'écoulement dans le cas d'ouvert de vanne (m/s)
- c : La célérité d'onde coup de bélier (m/s)
- g : l'accélération de la pesanteur (m/s^2)

La formule 5.14 est applicable dans le cas où la fermeture de vanne est considérée brusque, de façon que :

$$T < \frac{2 \cdot L}{c} \tag{5.15}$$

5.5.5.2 Calcule de la célérité :

La célérité en cas d'un conduite non enterré et calculé à partir la formule suivante :

$$c = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K \cdot D}{E \cdot e}}} \tag{5.16}$$

Avec :

- K : Coefficient d'élasticité d'eau : $K = 2.07 \cdot 10^9$ Pa
- ρ : Masse volumique de l'eau : 1000 Kg/m^3
- D : Diamètre de conduite (mm)
- E : Module de Young de la conduite, pour le PEHD : $E = 1.4 \cdot 10^9$ Pa
- e : Épaisseur de la conduite (mm)

Dans note cas (conduite enterré), il faut tenir en compte l'effet de sol sur la propagation d'onde, on

calculé la célérité a partir de formule de Mr B. SALAH :

$$c = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{K \cdot 2 \cdot a \cdot (1-v_m)^2 (1-v_s)}{(1-v_m)^2 \cdot a \cdot E_s + E_m \cdot e (1-v_m)^2}}} \tag{5.17}$$

Tel que :

- K : Coefficient d'élasticité d'eau : $K = 2.07 \cdot 10^9$ Pa
- ρ : Masse volumique de l'eau : 1000 Kg/m^3
- a : rayon intérieur de la conduite (m)
- v_m : Coefficient de Poisson du matériau de la conduite (0.4 à 0.5 pour le PEHD)
- v_s : Coefficient de Poisson du sol entourant la conduite = 0,33
- E_m : module de Young du matériau de la conduite ($E = 1.4 \cdot 10^9$ Pa pour PEHD)
- E_s : module de Young du sol considéré ($E_s = 2 \cdot 10^8$ Pa)
- e_m : épaisseur de la conduite (m)

5.5.5.3 Évaluation de pression en cas de coup de bélier :

- **Cas de surpression** :

$$H_s = H_g + b \tag{5.18}$$

- **Cas de dépression**

$$H_d = H_g - b \tag{5.19}$$

Avec :

- H_s : Valeur maximale de pression (m)
- H_d : Valeur minimal de pression (m)
- b : valeur de coupe de bélier (m)
- H_g : Hauteur géométrique.

Tableau 5.11 : Évaluation de coup de bélier

Conduite	Diamètre (mm)	e (mm)	Hg (m)	Vitesse (m/s)	Célérité (m/s)	Coup de bélier (m)	H_s(m)	H_d(m)
F1R2	200	18.2	83.29	0.71	428.45	31.01	114.30	52.28
F2R2	125	11.4	87.35	0.98	475.45	47.50	134.85	39.85
Trans-fert	315	28.6	66.41	2.22	409.4	92.65	159.06	- 26.24

Les conduites F1–R2 et F2–R2 subissent des effets de coup de bélier, mais sans conséquence notable, donc aucune intervention n'est nécessaire. En revanche, la conduite située après le transfert présente une dépression, ce qui justifie l'installation d'un réservoir d'air pour équilibrer la pression et assurer un bon fonctionnement du réseau.

5.5.5.4 Dimensionnement de réservoir d'air :

Pour dimensionner le volume d'air, On utiliser la méthode de PUECH et MEUNIER, ce dernière repose sur trois nombre dimensionnelle :

1. **K**, qui caractérise les pertes de charge tel que :

$$K = \frac{H_{abs} - H_0}{H_0} \tag{5.20}$$

2. **A**, qui caractérise la conduite de refoulement :

$$A = \frac{c \cdot V_0}{g \cdot H_0} \tag{5.21}$$

3. **B** ; qui caractérise le volume d'air de réservoir anti-bélier :

$$B = \frac{V_0^2}{g \cdot H_0} \cdot \frac{L \cdot S}{U_0} \tag{5.22}$$

Tel que :

- H_{abs} : Pression de service absolue :

$$\begin{aligned} H_{abs} &= H_{mt} + 10\,\text{m} \\ H_{abs} &= 95.06 + 10 \\ H_{abs} &= 105.06\,\text{m} \end{aligned}$$

- H_0 : Pression statique absolue :

$$\begin{aligned} H_0 &= H_g + 10\,\text{m} \\ H_0 &= 66.41 + 10 \\ H_0 &= 76.41\,\text{m} \end{aligned}$$

- c : la célérité en (m/s).

- V_0 : la vitesse d'écoulement en régime permanent.
- L : Longueur de la conduite en (m)
- S : Section de la conduite (m^2)
- U_0 : Volume de d'air nécessaire (m^3)

La méthode consiste a calculé le nombre K et A, de tracé le profile en long de la conduite sur l'abaque afin de détermine le nombre B qui nous permet de détermine le volume U_0 tel que :

1. **Calcule de K :**

$$K = \frac{105.06 - 76.41}{76.41}$$
$$K = 0.374$$

2. **Calcule de A :**

$$A = \frac{409.4 \times 1.13}{9.81 \times 76.41}$$
$$A = 1.2$$

Donc on utilise l'abaque de K=0.4 et A=1.

Le tableau suivant représente le profile en long de la conduite selon la méthode de PUECH et MEUNIER :

Tableau 5.12 : Profil en long de la conduite de refoulement selon la méthode de PUECH et MEUNIER

Point	**Cote (m)**	**Longueur de conduite X (m)**	ΔZ (m)	$\frac{\Delta Z + 10}{H_g + 10}$	$\frac{X}{L}$
1	882.25	0	0	0.13	0.00
2	898.99	197.249	16.74	0.35	0.09
3	899.00	460.114	16.75	0.35	0.21
4	903.25	741.092	21.00	0.41	0.33
5	907.65	1042.366	25.40	0.46	0.47
6	930.00	1318.836	52.25	0.81	0.59
7	928.86	1713.216	46.61	0.74	0.77
8	948.66	2230.312	66.41	1.00	1.00

La figure suivant représente le profil en long absolu de la conduite avec l'abaque de PUECH et MEUNIER :

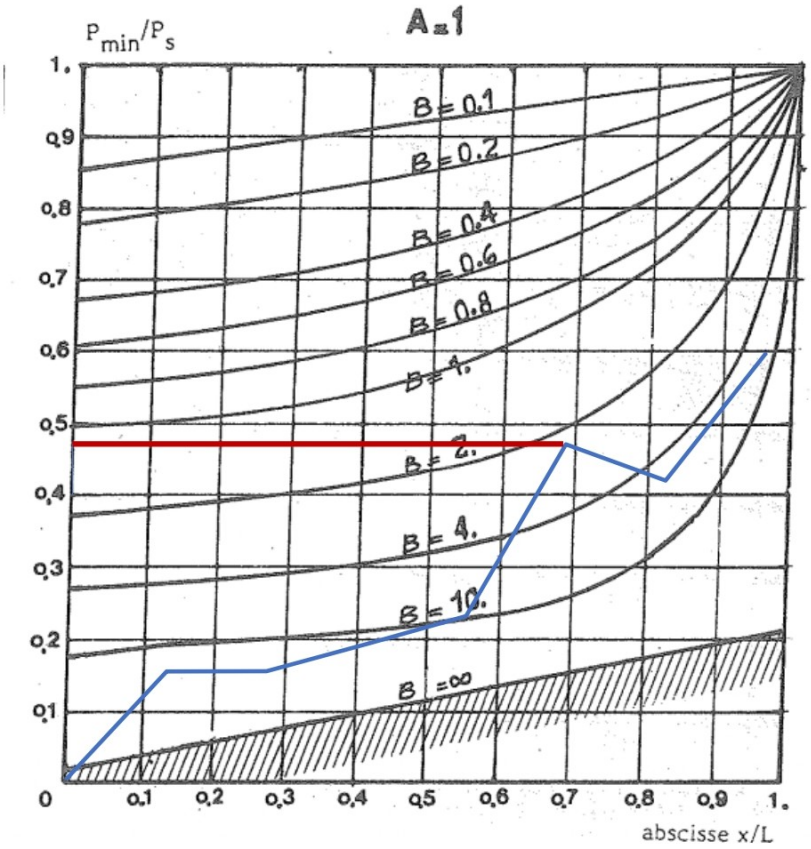


Figure 5.6 : Profile en long absolue avec l'abaque de PUECH et MEUNIER.

D'après la figure 5.6, Pour B=1, la conduite et totalement protégé contre onde de dépression. Alors ,d'après le formule 5.22, le volume d'air U_0 est :

$$U_0 = \frac{2.22^2}{9.81 \cdot 76.41} \cdot \frac{2230.312 \cdot 0.05217}{1}$$
$$U_0 = 0.3825\,\text{m}^3$$

D'après la figure 5.6, la valeur de $\frac{P_{min}}{H_0} = 0.4731$, alors $P_{min} = 36.15\,\text{m}$.

Avec :

$$U_{max} = \frac{U_0}{\frac{P_{min}}{H_0}} \tag{5.23}$$
$$U_{maj} = 1.3 \cdot U_{max} \tag{5.24}$$

Alors :

$$U_{max} = \frac{0.3825}{\frac{36.15}{76.41}}$$
$$U_{max} = 0.764\,\text{m}^3$$
$$U_{maj} = 1.3 \cdot U_{max}$$
$$U_{max} = 0.9932\,\text{m}^3$$

On conclue que la conduite d'adduction à partir de piquage de transfert de barrage, nécessite un réservoir anti-béliér de volume totale de 0.9932 m^3, on choist un volume normalisé de 1 m^3.

5.6 Conclusion :

L'étude d'adduction a mis en évidence que les conduites sont correctement dimensionnées pour assurer l'alimentation de la zone à l'horizon 2055. Les vitesses d'écoulement observées sont conformes aux normes, et les pertes de charge restent modérées.

Par ailleurs, l'agglomération de Taouzinert présente un déséquilibre significatif entre les besoins en eau et les ressources disponibles. Ce déficit ne peut être entièrement compensé par les ressources locales, la quantité d'eau requise étant trop importante. Une augmentation temporaire de la production des forages de Taouzinert et de Faies Ter est envisagée comme solution à court terme, tandis que la couverture durable du déficit sera assurée par l'alimentation en eau à partir du barrage.

L'analyse du pompage a montré qu'en raison de l'augmentation de la production d'eau, le système d'adduction nécessite l'installation de nouveaux modèles de pompes plus adaptés. Ces nouvelles pompes présentent des caractéristiques conformes aux exigences du réseau, notamment un débit adéquat, une hauteur manométrique totale suffisante, un bon rendement énergétique, une puissance convenable ainsi qu'un NPSH minimal, garantissant un fonctionnement sûr et efficace. Ces pompes ne nécessitent aucune intervention particulière, à l'exception de la pompe P7L/7/3/24/12D, qui requiert une augmentation de la vitesse de rotation jusqu'à 3450 tr/min.

Enfin, l'étude hydraulique a montré que les conduites d'adduction de Taouzinert et de Faies Ter présentent une bonne résistance au phénomène de coup de bélier. En revanche, la conduite située en aval du piquage de transfert demeure sensible aux ondes de dépression générées par ce phénomène. Il est donc nécessaire de mettre en place des dispositifs de protection adaptés. L'analyse du coup de bélier a permis de conclure que cette conduite doit être équipée de réservoirs d'air, installés en aval du piquage, d'un volume de 1 m^3.

Chapitre 6

Réhabilitation du système d'AEP

6.1 Introduction :

Dans ce chapitre, deux variantes du réseau de distribution sont étudiées afin d'identifier la solution la plus adaptée. Cette démarche s'inscrit dans le cadre de la réhabilitation du système, qui vise à corriger les insuffisances mises en évidence lors du diagnostic. Chaque variante propose des améliorations spécifiques, telles que l'ajustement des diamètres ou la restructuration du réseau de distribution, permettant de comparer leurs performances et de retenir l'option la plus efficace et la plus fiable.

6.2 Généralité sur les réseaux de la distribution :

6.2.1 Type du réseau :

Il existe trois types de réseau de distribution :

- **Réseau ramifié :** Il se compose des conduites principales à laquelle sont raccordées conduites secondaires, utilisés lorsque les consommateurs sur la ligne sont bien définis. En cas de terrain accidenté, ce type de réseau est souvent privilégié, car il n'assure aucun retour d'alimentation. Il est plus économique, nécessite moins d'accessoires et est facile à réaliser. Cependant, il présente une accumulation des pertes de charge au point le plus éloigné, ce qui entraîne une augmentation importante de la pression.
- **Réseau maillé :** Il assure une alimentation en retour, favorisé plus dans les zones ou le terrain est relativement plat, offrent une maillure distribution des débits et pressions. Toutefois, ce réseau est complexe à calculé et moins économie car il nécessite beaucoup d'accessoires.
- **Réseau mixte :** Ce type de réseau constitue une combinaison des configurations ramifié et maille.

6.2.2 Principe du tracé du réseau :

- Tracé les conduites de maniéré parallèle avec les routes.
- Éviter les contre pente le plus possible.
- Déterminer les zones le plus dense de la population.
- Réduire le nombre d'obstacle (roche, voie verré)
- Assurer une bonne répartition de débit

6.3 Principe de dimensionnement :

6.3.1 Méthode analytique :

Cette méthode reliée fortement sur les calcule analytique de chaque débit, tel qu'ont tapé le débit de chaque nœud au logiciel de simulation :

6.3.1.1 Calcul de débit en route :

Il est déterminé selon :

$$Q_{\text{max h}} = \sum Q_r + \sum Q_{cc}$$

Tel que :

- $Q_{\text{max h}}$: Débit de pointe

- Q_r : représente le débit en route
- Q_{cc} : Débit concentré demandé généralement par les usines ou les établissements.

Dans notre cas, à l'horizon de 2055 :

$$Q_{cc} = Q_{\text{abattoir}} + Q_{\text{cimenterie}}$$
$$Q_{cc} = 0.12 + 0.12$$
$$Q_{cc} = 0.24 \text{ L/s}$$

Alors :

$$\sum Q_r = Q_{\text{max h}} - Q_{cc} \tag{6.1}$$
$$\sum Q_r = 149.3 - 0.24$$
$$\sum Q_r = 148.06 \text{ L/s}$$

6.3.1.2 Calcul de débit spécifique :

Le débit spécifique est un débit unitaire exprimé par litre/s/m tel que :

$$q_{sp} = \frac{\Sigma Q_r}{\Sigma L_i} \tag{6.2}$$

Tel que :
ΣL_i : représente la somme des langueurs des traçons qui assurent un débit en route.

6.3.1.3 Calcul de débit au nœud :

Le débit aux nœuds représente le débit accumulé au chaque nœud noté (débit nodale) estimé par :

$$Q_n = \frac{\Sigma Q_r}{2} \tag{6.3}$$

Tel que

$$Q_r = q_{sp} \cdot L_i \tag{6.4}$$

Avec :

- Q_n : Débit nodale (L/s).
- Q_r : Débit en route de tronçon. liée au nœud (L/s)

6.3.1.4 Méthode de Unit Line :

La méthode analytique reste toujours valable et est largement utilisée pour dimensionner le réseau avec le logiciel EPANET. Toutefois, afin de gagner du temps, le logiciel WaterGEMS propose une fonction appelée méthode Unit Line. Cette dernière nécessite uniquement le débit de consommation (débit de pointe), selon les principes suivants :

- La méthode Unit Line est composée de deux mots : Unit (unité) et Line (ligne). Elle est basée sur la longueur de la conduite tracée et le débit de consommation.
- Elle calcule le débit unitaire de chaque conduite (équivalent au débit spécifique) afin de déterminer le débit dans le réseau.

- Cette fonction requiert la valeur d'un facteur K. Par exemple, si $K = 0{,}5$, le débit au nœud correspond à 50 % du débit de la conduite reliée à ce nœud.
- Le logiciel, par défaut, assimile un diamètre standard (154,4 mm) pour la validation du réseau.
- Pour dimensionner le réseau, on utilise les diamètres disponibles sur le marché et on calcule leur débit en fonction de la vitesse requise (généralement comprise entre 0,5 et 1,5 m/s).
- On compare ensuite le débit de chaque conduite avec le diamètre dont le débit est le plus proche, tout en respectant la vitesse admissible.

Cette méthode permet un gain de temps considérable, en particulier pour les grands réseaux, où la méthode classique s'avère très chronophage.

6.4 Réhabilitation du réseau de distribution :

Pour la réhabilitation du réseau de distribution on propose deux variants du réseau mixte tel que :

6.4.1 Variante 1 :

Cette variante correspond à un réseau mixte dérivé du réseau existant, légèrement réaménagé tout en conservant sa structure générale. Elle se caractérise par un nombre élevé de nœuds et de ramifications secondaires, avec l'ajout de la partie projetée du réseau.

6.4.1.1 Cas de pointe :

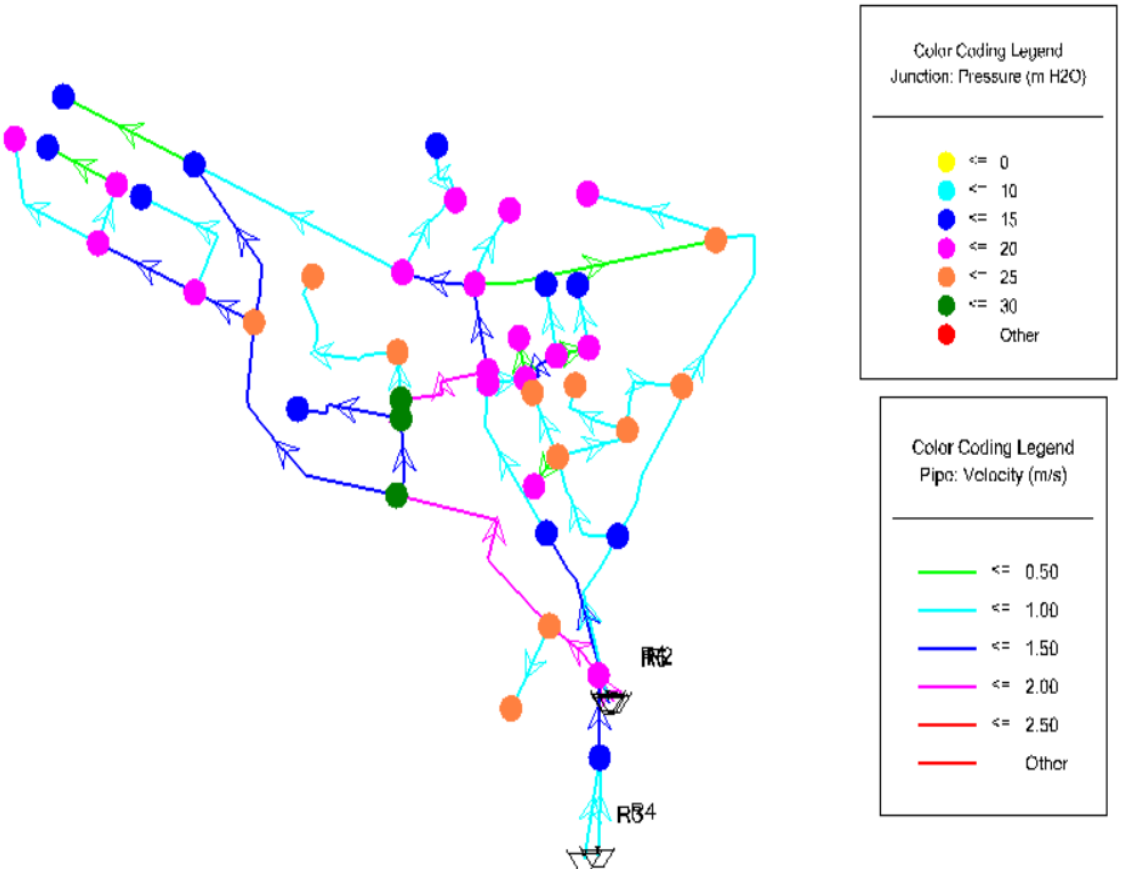


Figure 6.1 : Simulation du réseau en cas de pointe.

Le résultat de simulation en cas de point est représenté au tableau suivant :

Tableau 6.1 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055.

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-1	583	PEHD	220.2	-29.88	0.78	1.36
P1	583	PEHD	220.2	36.80	0.97	1.99
P2	584	PEHD	66.0	2.43	0.71	4.93
P3	227	PEHD	44.0	0.94	0.62	2.49
P4	291	PEHD	110.2	6.54	0.69	1.23
P5	304	PEHD	55.4	1.26	0.52	1.85
P6	338	PEHD	55.4	1.40	0.58	2.48
P7	275	PEHD	44.0	1.14	0.75	4.26
P8	318	PEHD	79.2	3.23	0.65	1.85
P9	153	PEHD	110.2	5.50	0.58	0.47
P10	335	PEHD	176.2	19.00	0.78	1.37
P11	319	PEHD	176.2	19.51	0.80	1.38
P12	265	PEHD	176.2	31.97	1.31	2.99
P13	104	PEHD	176.2	42.58	1.75	1.37
P14	229	PEHD	44.0	0.95	0.63	2.55
P15	403	PEHD	141.0	12.42	0.80	1.65
P16	133	PEHD	44.0	0.55	0.36	0.56
P17	1,265	PEHD	141.0	12.59	0.81	7.60
P18	519	PEHD	66.0	2.16	0.63	5.15
P19	275	PEHD	141.0	17.00	1.09	2.96
P20	245	PEHD	220.4	71.57	1.88	2.82
P21	605	PEHD	176.2	31.25	1.28	4.51
P22	285	PEHD	176.2	26.31	1.08	1.55
P23	380	PEHD	110.0	16.11	1.70	8.35
P24	553	PEHD	176.2	23.92	0.98	2.53
P25	39	PEHD	141.0	13.13	0.84	0.18
P26	833	PEHD	220.4	64.45	1.69	7.91
P27	60	PEHD	141.0	24.08	1.54	0.82
P28	140	PEHD	110.2	7.75	0.81	0.81
P29	134	PEHD	44.0	0.56	0.37	0.58
P30	164	PEHD	76.2	5.37	1.18	2.89
P31	124	PEHD	79.2	2.23	0.45	0.37
P32	206	PEHD	44.0	0.86	0.56	1.90
P33	234	PEHD	44.0	0.97	0.64	2.70
P34	528	PEHD	66.0	2.20	0.64	3.72
P35	919	PEHD	79.2	0.88	0.18	0.53

Tableau 6.1 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe à l'horizon 2055 (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P36	302	PEHD	44.0	1.38	0.91	6.50
P37	257	PEHD	176.2	28.86	1.18	1.66
P38	417	PEHD	44.0	1.73	1.14	13.58
P39	928	PEHD	176.2	27.20	1.12	5.37
P40	242	PEHD	141.0	17.08	1.09	1.77
P41	517	PEHD	55.4	2.15	0.89	8.14
P42	396	PEHD	110.2	10.13	1.06	3.70
P43	599	PEHD	55.4	2.77	1.15	14.88
P44	200	PEHD	66.0	3.33	0.97	2.99
P45	286	PEHD	79.2	1.31	0.27	0.34
P46	855	PEHD	110.2	7.75	0.81	4.91
P47	538	PEHD	110.2	2.24	0.23	0.34

La figure suivant représente une distribution des vitesse en cas de pointe :

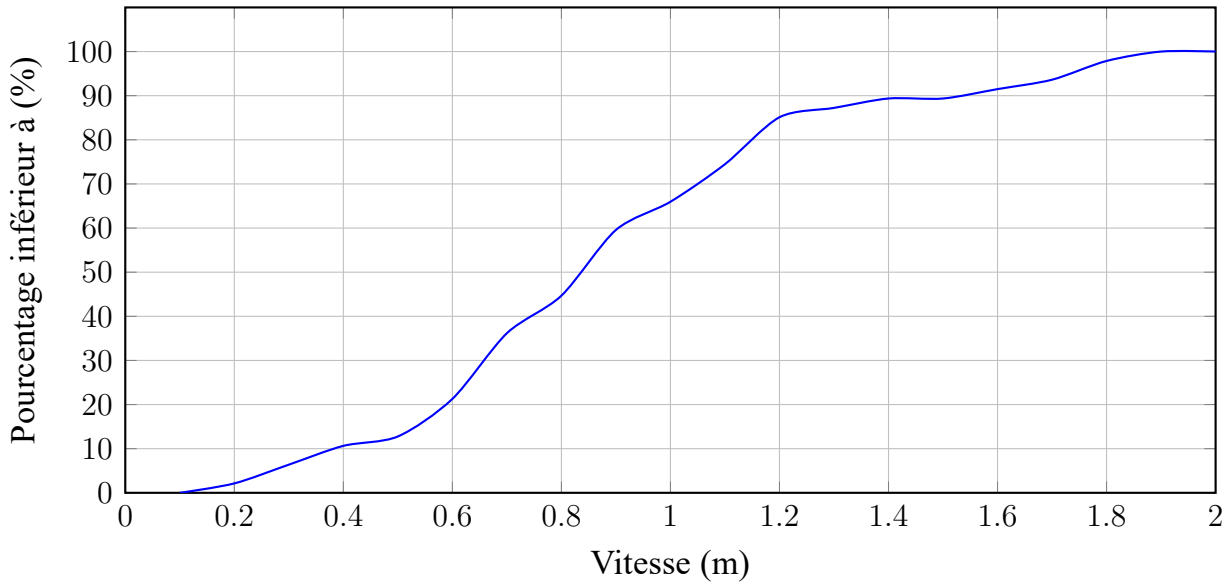


Figure 6.2 : Distribution des vitesses en cas de point à l'horizon de 2055.

D'après le tableau 6.1 et la figure 6.2

- 12,77% des conduites ont une vitesse inférieure à 0,5 m/s.
- 76,59% des vitesses conforme aux normes (0.5 m/s à 1.5 m/s)
-

Le tableau suivant représente la résulta de simulation de pressions en cas de points :

Tableau 6.2 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055.

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézoemétrique (m)	Pression (m)
J1	898.95	917.14	18
J2	899.01	903.49	4
J3	899.75	913.42	14
J4	900.21	856.11	44
J5	900.24	900.95	1
J6	900.30	910.87	11
J7	901.23	872.36	29
J8	901.98	922.94	21
J9	902.00	923.57	22
J10	902.08	914.90	13
J11	902.28	914.94	13
J12	902.53	912.20	10
J13	902.85	905.35	2
J14	903.40	914.53	11
J15	904.00	917.79	14
J16	904.00	924.16	20
J17	904.04	915.13	11
J18	904.19	917.10	13
J19	904.27	925.42	21
J20	904.27	918.60	14
J21	904.34	917.20	13
J22	904.37	912.64	8
J23	904.81	915.65	11
J24	905.00	923.66	19
J25	905.14	930.05	25
J26	905.35	926.65	21
J27	905.37	918.14	13
J28	905.61	925.56	20
J29	906.00	929.06	23
J30	906.58	928.59	22
J31	906.80	923.79	17
J32	907.00	920.09	13
J33	907.97	931.98	24
J34	907.98	916.47	8
J35	908.00	926.09	18
J36	909.41	916.77	7

Tableau 6.2 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055 (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézoemétrique (m)	Pression (m)
J37	911.26	923.12	12
J38	914.79	934.64	20
J39	915.82	928.30	12
J40	919.74	941.14	21
J41	926.12	944.37	18
J42	936.50	947.55	11

La figure suivante représente une distribution de pressions en cas de pointe :

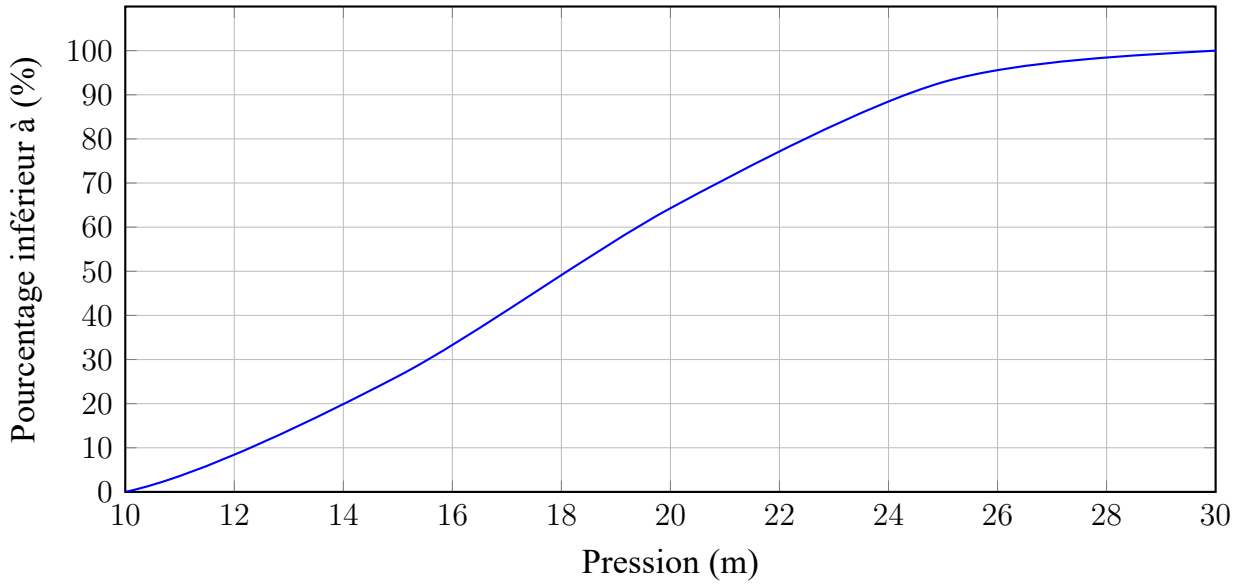


Figure 6.3 : Distribution des pressions en cas de point à l'horizon de 2055.

A partir de tableau 6.2 et la figure 6.3 Il n'existe aucun nœud avec un pression inférieur a 10 m.

6.4.1.2 Cas de pointe + incendie :

La figure suivante représente la simulation de réseau de distribution en cas de pointe + incendie :

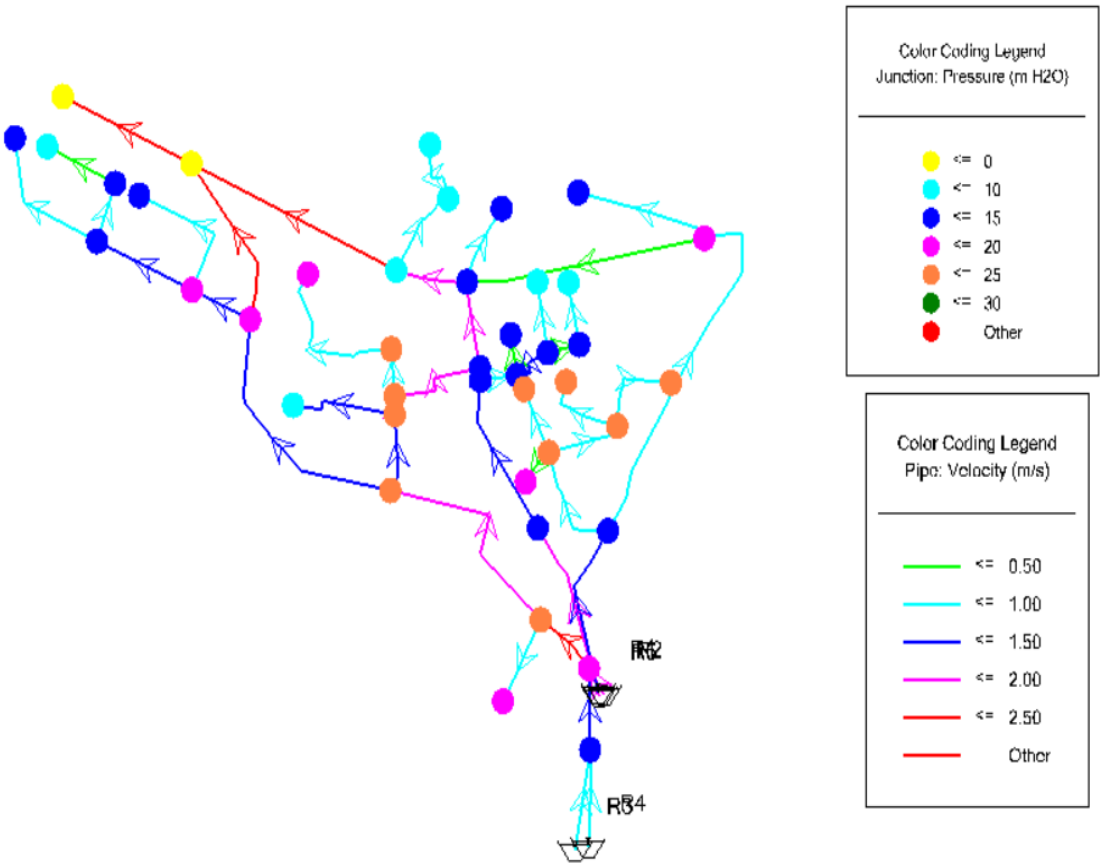


Figure 6.4 : Simulation du réseau en cas de pointe.

Le résultat de simulation en cas de pointe + incendie est représentent dans le tableau suivant :

Tableau 6.3 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055.

Pipe	Longueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P1	583	PEHD	220.2	39.54	1.04	2.27
P2	584	PEHD	66.0	2.43	0.71	4.93
P3	227	PEHD	44.0	0.94	0.62	2.49
P4	291	PEHD	110.2	6.54	0.69	1.23
P5	304	PEHD	55.4	1.26	0.52	1.85
P6	338	PEHD	55.4	1.40	0.58	2.48
P7	275	PEHD	44.0	1.14	0.75	4.26
P8	318	PEHD	79.2	3.23	0.65	1.85
P9	153	PEHD	110.2	5.50	0.58	0.47
P10	335	PEHD	176.2	19.51	0.80	1.45
P11	319	PEHD	176.2	20.03	0.82	1.45
P12	265	PEHD	176.2	33.00	1.35	3.18

Tableau 6.3 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055 (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P13	104	PEHD	176.2	46.87	1.92	1.63
P14	229	PEHD	44.0	0.95	0.63	2.55
P15	403	PEHD	141.0	12.42	0.80	1.65
P16	133	PEHD	44.0	0.55	0.36	0.56
P17	1,265	PEHD	141.0	15.34	0.98	11.16
P18	519	PEHD	66.0	2.16	0.63	5.15
P19	275	PEHD	141.0	31.21	2.00	9.78
P20	245	PEHD	220.4	76.89	2.02	3.22
P21	605	PEHD	176.2	40.19	1.65	7.17
P22	285	PEHD	176.2	37.78	1.55	3.01
P23	380	PEHD	110.0	18.64	1.96	10.92
P24	553	PEHD	176.2	32.86	1.35	4.53
P25	39	PEHD	141.0	22.07	1.41	0.45
P26	833	PEHD	220.4	69.77	1.83	9.16
P27	60	PEHD	141.0	26.60	1.70	0.99
P28	140	PEHD	110.2	7.75	0.81	0.81
P29	134	PEHD	44.0	0.56	0.37	0.58
P30	164	PEHD	76.2	5.37	1.18	2.89
P31	124	PEHD	79.2	2.23	0.45	0.37
P32	206	PEHD	44.0	0.86	0.56	1.90
P33	234	PEHD	44.0	0.97	0.64	2.70
P34	528	PEHD	66.0	2.20	0.64	3.72
P35	919	PEHD	79.2	1.86	0.38	2.01
P36	302	PEHD	44.0	1.38	0.91	6.50
P37	257	PEHD	176.2	31.39	1.29	1.93
P38	417	PEHD	44.0	1.73	1.14	13.58
P39	928	PEHD	176.2	30.00	1.23	6.43
P40	242	PEHD	141.0	17.08	1.09	1.77
P41	517	PEHD	55.4	2.15	0.89	8.14
P42	396	PEHD	110.2	10.13	1.06	3.70
P43	599	PEHD	55.4	5.56	2.31	53.20
P44	200	PEHD	66.0	3.33	0.97	2.99
P45	286	PEHD	79.2	1.31	0.27	0.34
P46	855	PEHD	110.2	21.96	2.30	32.99
P47	538	PEHD	110.2	19.24	2.02	16.24

La figure suivante représente la distribution des vitesses en cas de pointe + incendie :

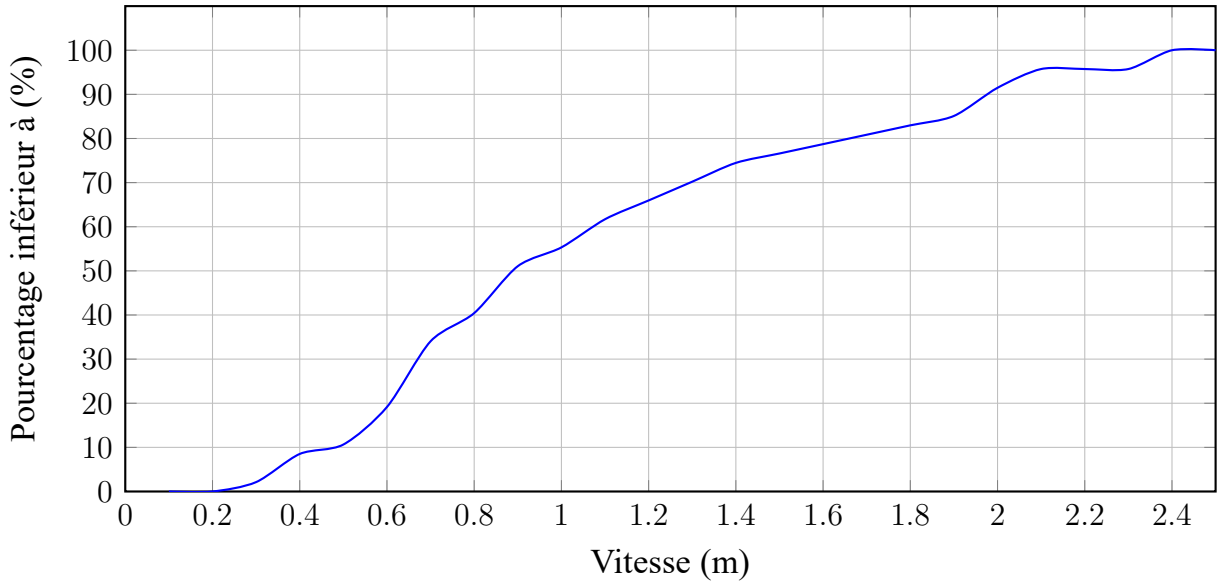


Figure 6.5 : Distribution des vitesses en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055.

D'après le tableau 6.3 et la figure 6.5 :

- 10.6% des vitesse sont inférieur a 0.5 m/s
- 23.4 % des vitesse sont supérieur à 1.5 m/s

Le tableau suivant représente la résulta de simulation de la pression en cas de point + incendie :

Tableau 6.4 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055.

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-1	898.95	921.28	22.28
J-2	899.01	910.53	11.5
J-3	899.75	918.65	18.86
J-4	900.21	867.36	-32.78
J-5	900.24	908.73	8.47
J-6	900.3	916.75	16.42
J-7	901.23	883	-18.2
J-8	901.98	925.2	23.17
J-9	902	925.64	23.59
J-10	902.08	919.86	17.74
J-11	902.28	923.28	20.96
J-12	902.53	917.95	15.39
J-13	902.85	911.84	8.97
J-14	903.4	919.6	16.16
J-15	904	921.89	17.85

Tableau 6.4 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055 (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-16	904	926.05	22.01
J-17	904.04	919.76	15.69
J-18	904.19	924.85	20.62
J-19	904.27	926.95	22.64
J-20	904.27	922.45	18.15
J-21	904.34	921.47	17.1
J-22	904.37	918.26	13.86
J-23	904.81	923.63	18.78
J-24	905	928.93	23.89
J-25	905.14	933.62	28.42
J-26	905.35	927.82	22.42
J-27	905.37	922.16	16.76
J-28	905.61	930.59	24.93
J-29	906	932.74	26.69
J-30	906.58	932.41	25.78
J-31	906.8	929.36	22.52
J-32	907	926.82	19.78
J-33	907.97	935.27	27.25
J-34	907.98	924.06	16.05
J-35	908	927.42	19.38
J-36	909.41	924.65	15.21
J-37	911.26	925.47	14.19
J-38	914.79	938.52	23.68
J-39	915.82	928.98	13.13
J-40	919.74	942.42	22.63
J-41	926.12	944.89	18.74
J-42	936.5	947.75	11.23

La figure suivante représente une distribution de pressions en cas de pointe :

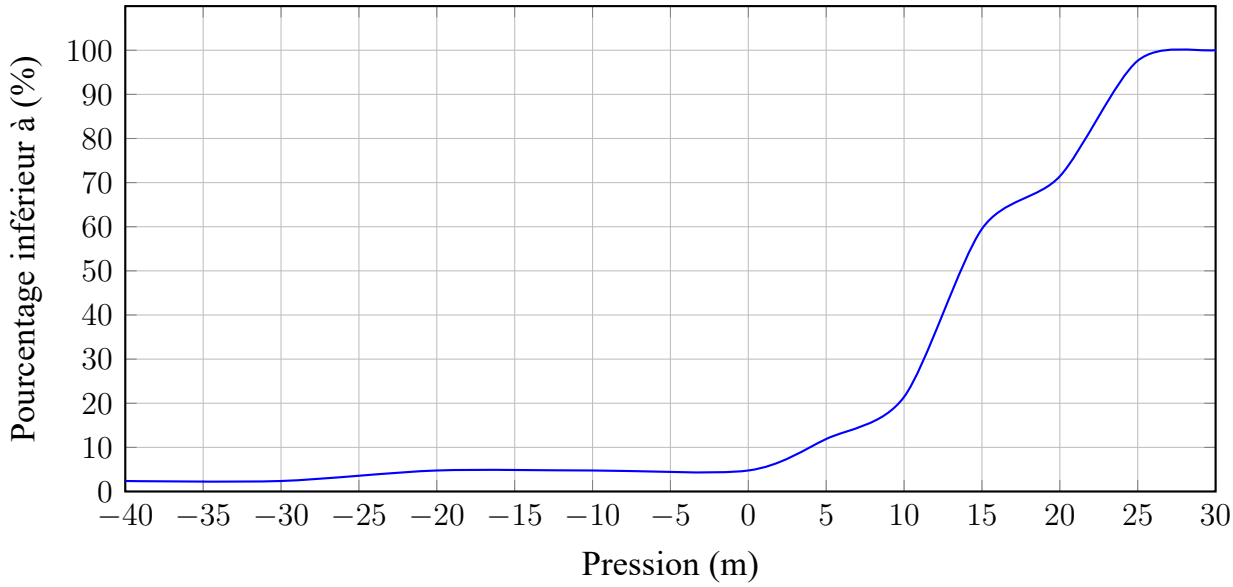


Figure 6.6 : Distribution des pressions en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055.

A partir de tableau 6.4 et la figure 6.6 :

- 4.76% des pressions sont inférieur à 0 m.
- 21.43% des pressions sont inférieur à 10 m.

On conclut que, malgré le fait que cette variante offre une bonne répartition des pressions et des vitesses (100 % des nœuds présentent une pression comprise entre 10 et 30 m, et 76,59 % des vitesses se situent entre 0,5 m/s et 1,5 m/s), elle n'est pas conforme aux normes en cas d'incendie (pressions négatives, vitesses supérieures à 1,5 m/s). Cela pose un problème aussi bien pour la durabilité des matériaux que pour la sécurité des usagers. C'est pourquoi une deuxième variante est proposée.

6.4.2 Variante 2 :

Cette variante consiste à réduire au maximum les nœuds et les ramifications, tout en conservant les nœuds essentiels pour le contrôle et l'isolement du réseau. Elle vise également la restructuration du tracé afin d'assurer une meilleure répartition de la pression et de la vitesse, tout en réduisant l'encombrement des éléments du réseau.

6.4.2.1 Cas de pointe :

La figure suivante représente la simulation des vitesses et pressions du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055 :

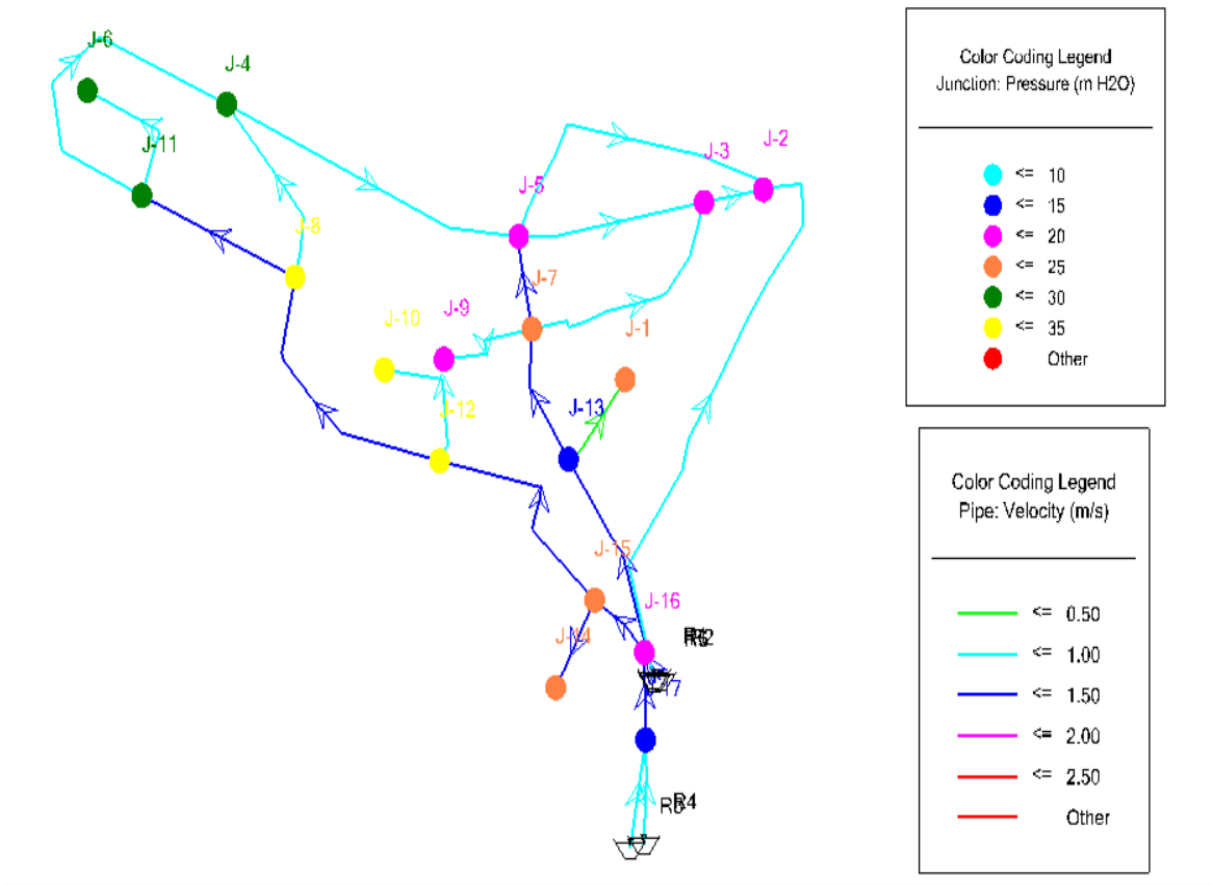


Figure 6.7 : Simulation du réseau en cas de pointe.

Le résultat de simulation en cas de pointe + incendie est représentent dans le tableau suivant :

Tableau 6.5 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe à l'horizon 2055.

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P1	1,169	PEHD	110.2	7.44	0.78	6.23
P2	335	PEHD	176.2	17.54	0.72	1.18
P3	319	PEHD	176.2	18.01	0.74	1.18
P4	265	PEHD	176.2	27.73	1.14	2.27
P5	104	PEHD	220.4	41.72	1.09	0.44
P6	843	PEHD	96.8	5.04	0.68	5.96
P7	330	PEHD	66.0	1.64	0.48	1.93
P8	1,848	PEHD	141.0	13.67	0.88	13.02
P9	1,274	PEHD	176.2	13.92	0.57	2.95
P10	245	PEHD	262.6	65.88	1.22	1.03
P11	758	PEHD	262.6	58.20	1.07	2.54
P12	438	PEHD	220.4	45.20	1.18	2.17

Tableau 6.5 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe à l'horizon 2055 (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P13	285	PEHD	176.2	28.60	1.17	1.81
P14	380	PEHD	66.0	1.89	0.55	2.04
P15	833	PEHD	262.6	57.40	1.06	2.72
P16	223	PEHD	79.2	4.19	0.85	2.08
P17	696	PEHD	110.2	7.91	0.83	4.15
P18	302	PEHD	44.0	1.62	1.07	8.74
P19	474	PEHD	66.0	2.36	0.69	3.78
P20	939	PEHD	220.4	43.88	1.15	4.40
P21	619	PEHD	176.2	28.44	1.17	3.89
P22	501	PEHD	79.2	2.61	0.53	2.00
P23	630	PEHD	79.2	4.56	0.93	6.84
P24	1,164	PEHD	79.2	3.23	0.66	6.79

La figure suivante représente la distribution des vitesses en cas de pointe à l'horizon de 2055 :

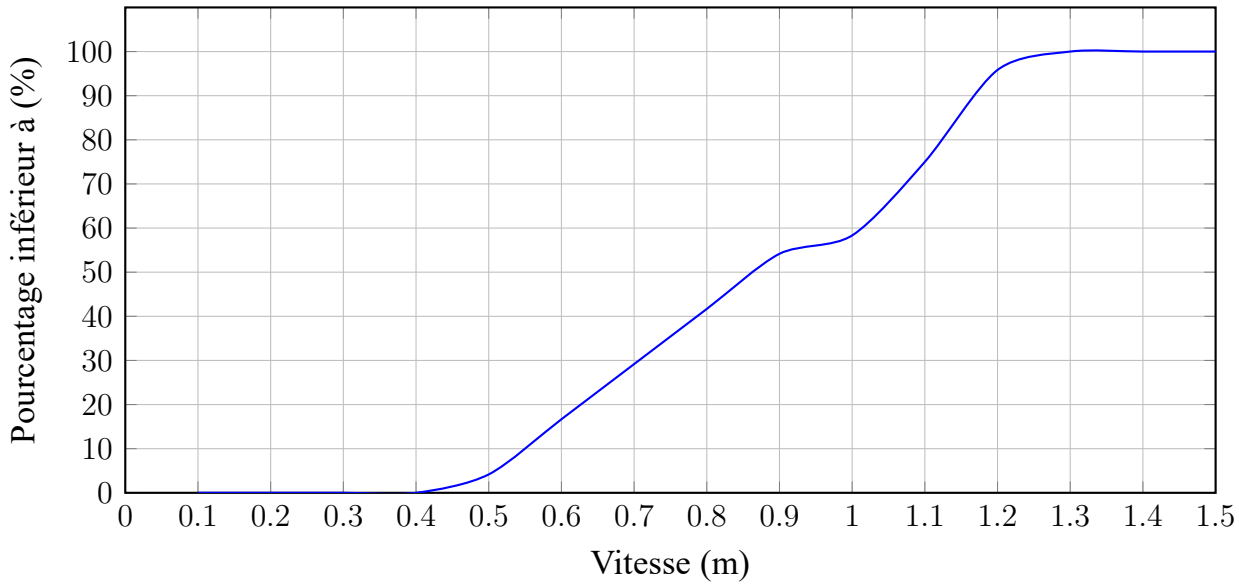


Figure 6.8 : Distribution des vitesses en cas de pointe à l'horizon de 2055.

D'après le tableau 6.5 et la figure 6.8 :

- 4.6% des conduite à une vitesse inférieure à 0.5 m/s (1 conduite avec une vitesse de 0.48 m/s)
- La majorité des vitesses (95.6%) conforme au norme (entre 0.5 m/s et 1.5 m/s)

Le tableau suivant représente le résultat de simulation de pression en cas de pointe :

Tableau 6.6 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe à l'horizon de 2055

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézoemétrique (m)	Pression (m)
J1	902.71	925.82	23
J2	898.95	917.55	19
J3	900.18	919.63	19
J4	901.23	930.56	29
J5	904.04	923.77	20
J6	904.81	931.52	27
J7	905.37	925.58	20
J8	905.61	937.41	32
J9	906.00	923.54	18
J10	906.18	938.02	32
J11	906.80	933.52	27
J12	907.97	941.80	34
J13	914.50	927.75	13
J14	914.79	935.79	21
J15	919.74	944.53	25
J16	926.12	945.56	19
J17	936.50	947.82	11

La figure ci-dessous représente la distribution des pressions :

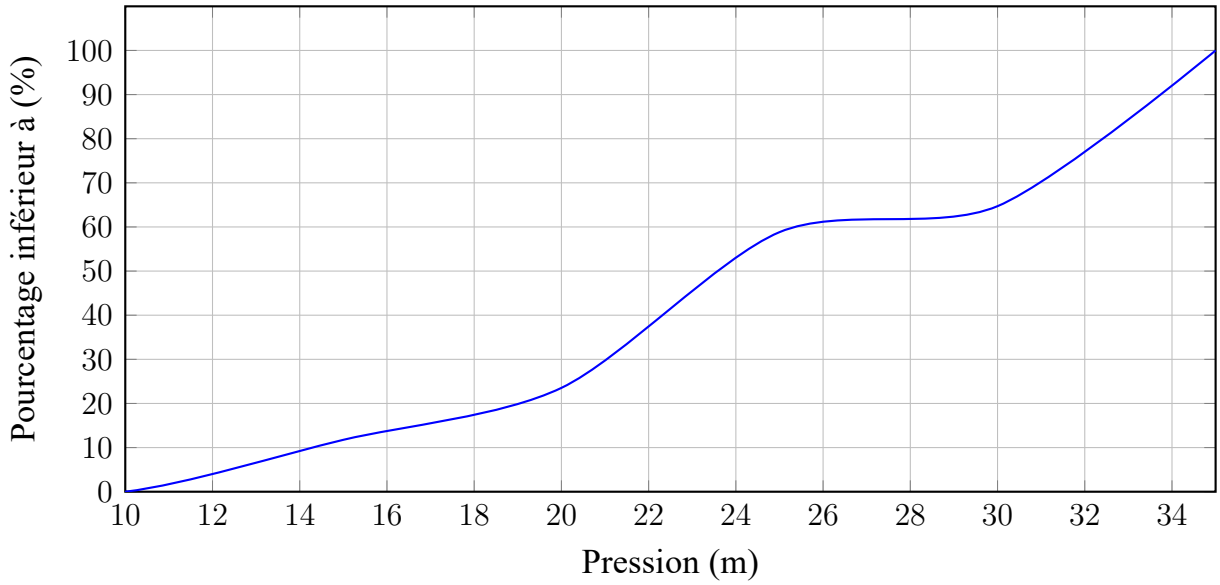


Figure 6.9 : Distribution des pressions en cas de pointe à l'horizon de 2055.

D'après le tableau 6.6 et la figure 6.6, les pressions de réseau conforme aux normes (supérieur à 10 m).

6.4.2.2 Cas de pointe + incendie :

La simulation de réseau en cas de pointe + incendie est présenté par la figure suivante :

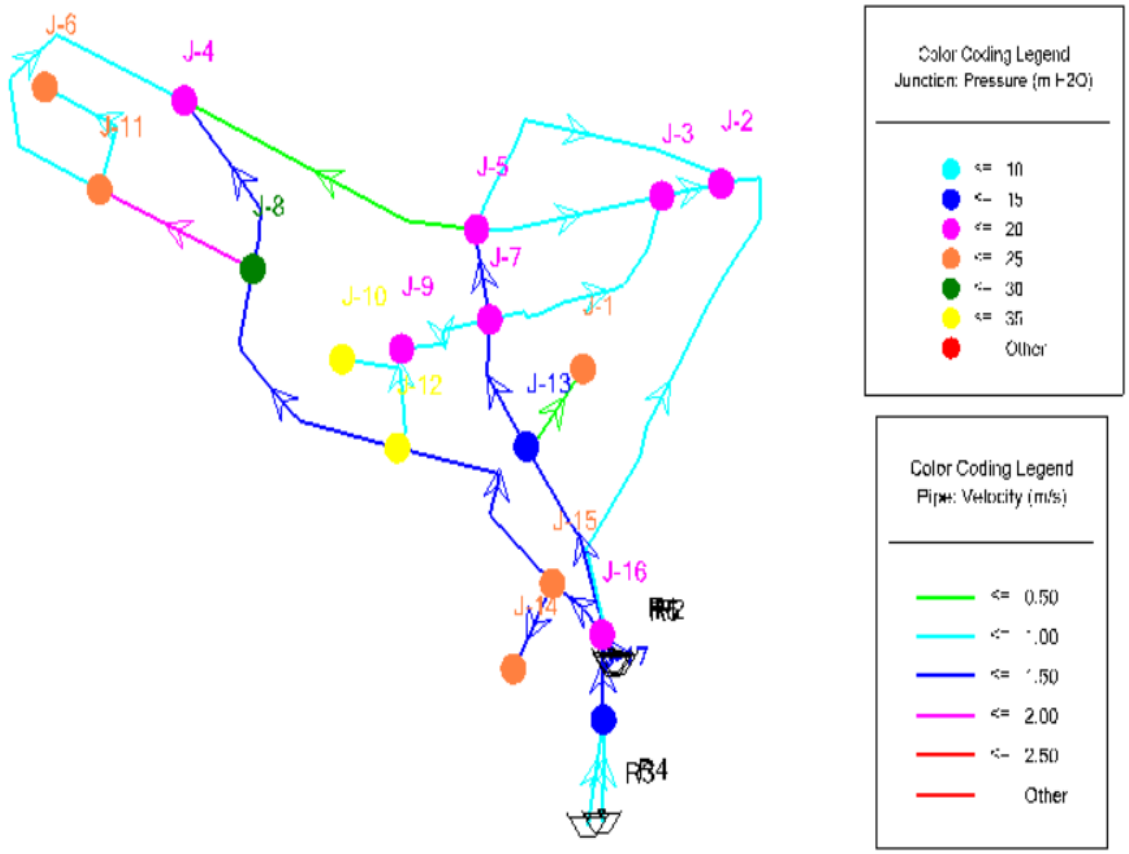


Figure 6.10 : Simulation du réseau en cas de pointe + incendie.

Les résultats de simulation de la vitesse sont représentés au tableau suivant :

Tableau 6.7 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P1	1,169	PEHD	110.2	7.12	0.75	5.75
P2	335	PEHD	176.2	18.03	0.74	1.24
P3	319	PEHD	176.2	18.51	0.76	1.24
P4	265	PEHD	176.2	28.72	1.18	2.43
P5	104	PEHD	220.4	52.30	1.37	0.67
P6	843	PEHD	96.8	5.16	0.70	6.25
P7	330	PEHD	66.0	1.64	0.48	1.93
P8	1,848	PEHD	141.0	14.18	0.91	14.00

(suite)

Tableau 6.7 : Résultat de la simulation du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055 (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P9	1,274	PEHD	176.2	23.17	0.95	7.95
P10	245	PEHD	262.6	77.46	1.43	1.39
P11	758	PEHD	262.6	63.11	1.17	2.95
P12	438	PEHD	220.4	50.11	1.31	2.62
P13	285	PEHD	176.2	33.39	1.37	2.40
P14	380	PEHD	66.0	1.89	0.55	2.04
P15	833	PEHD	262.6	68.97	1.27	3.82
P16	223	PEHD	79.2	4.00	0.81	1.91
P17	696	PEHD	110.2	7.59	0.80	3.85
P18	302	PEHD	44.0	1.62	1.07	8.74
P19	474	PEHD	66.0	2.36	0.69	3.78
P20	939	PEHD	220.4	55.45	1.45	6.76
P21	619	PEHD	176.2	37.69	1.55	6.52
P22	501	PEHD	79.2	2.61	0.53	2.00
P23	630	PEHD	79.2	6.88	1.40	14.46
P24	1,164	PEHD	79.2	2.20	0.45	3.42

La distribution de vitesse en cas de pointe + incendie et représenté par la figure suivante :

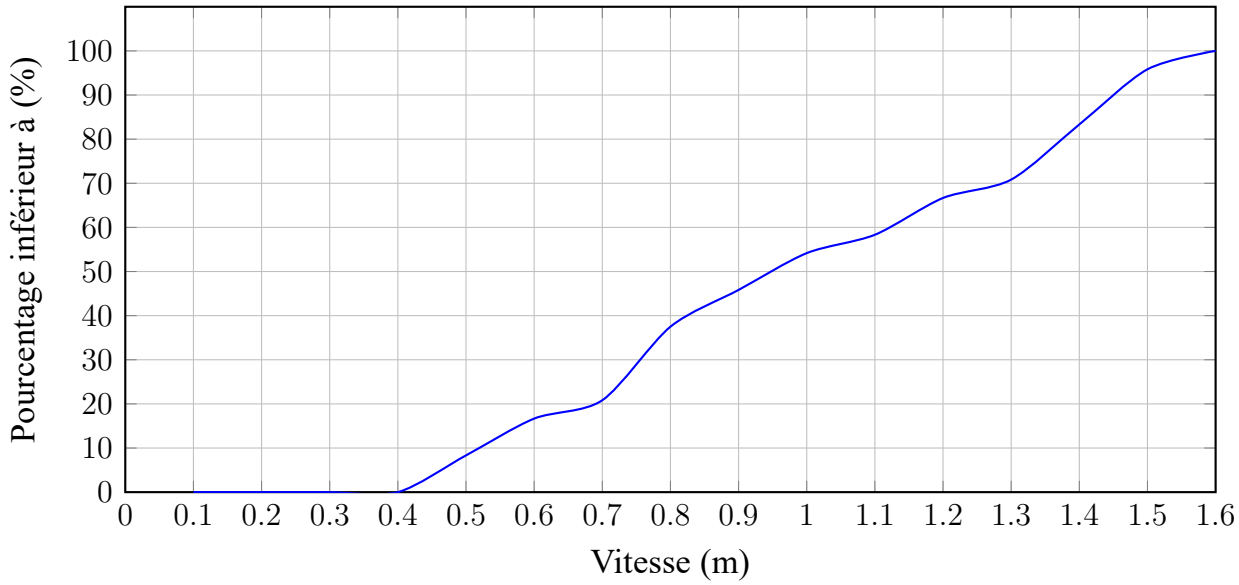


Figure 6.11 : Distribution des vitesses en cas de pointe + incendie à l'horizon de 2055.

A partir de tableau 6.7 et la figure 6.11 :

- 8.33% des conduites ont une vitesse inférieure à 0.5 m/s

- 91.67% des conduites ont des vitesses entre 0.5 m/s et 1.6 m/s (la norme dans le cas d'incendie et entre 0.5 m/s et 2 m/s)

Le tableau suivant représente la simulation des pressions en cas de pointe + incendie :

Tableau 6.8 : Résultat de la simulation de la pression du réseau en cas de pointe + incendie à l'horizon 2055.

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézoemétrique (m)	Pression (m)
J1	902.71	925.41	23
J2	898.95	916.57	18
J3	900.18	918.48	18
J4	901.23	918.91	18
J5	904.04	922.32	18
J6	904.81	924.85	20
J7	905.37	924.72	19
J8	905.61	933.37	28
J9	906.00	922.68	17
J10	906.18	936.35	30
J11	906.80	926.85	20
J12	907.97	940.13	32
J13	914.50	927.34	13
J14	914.79	935.20	20
J15	919.74	943.94	24
J16	926.12	945.33	19
J17	936.50	947.76	11

Les figures suivantes représentent la distribution des pressions en cas de pointe + incendie :

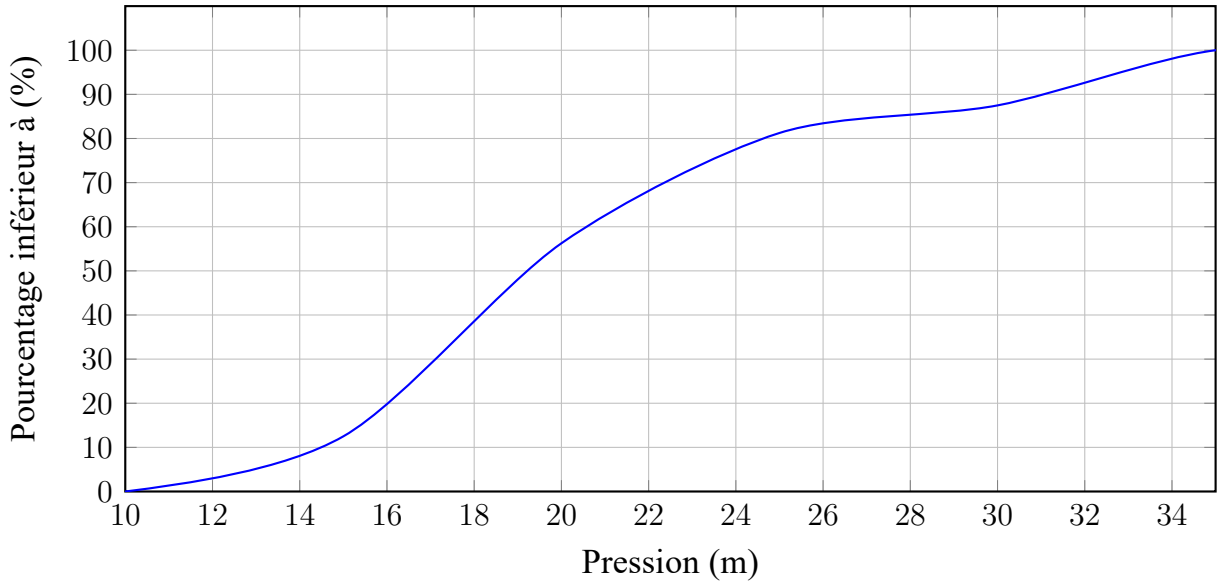


Figure 6.12 : Distribution des pressions en cas de pointe à l'horizon de 2055.

D'après le tableau 6.8 et la figure 6.12, le réseau a des pressions admissible (supérieur a 10 m).

En conclusion, la variante 2 a été retenue. Elle permet d'assurer des vitesses et des pressions admissibles dans différents scénarios d'exploitation, notamment en période de pointe et en cas de demande incendie. De plus, cette variante présente une structure plus cohérente et mieux organisée, intégrant la partie projetée tout en réduisant les nœuds et les ramifications inutiles. Elle offre ainsi un réseau plus fiable, plus équilibré et plus adapté aux exigences de fonctionnement futures.

6.5 Conclusion :

L'analyse comparative montre que la première variante assure une répartition satisfaisante des pressions et des vitesses en période de pointe, mais qu'elle se révèle inadaptée au scénario d'incendie en raison de l'apparition de dépressions au niveau de plusieurs nœuds. À l'inverse, la deuxième variante présente de meilleures performances globales : elle garantit une répartition plus homogène des vitesses et des pressions, avec seulement 4 % des vitesses inférieures à 0,5 m/s et 100 % des pressions supérieures à 10 m, aussi bien en période de pointe qu'en situation combinant pointe et demande incendie. Ainsi, la deuxième variante constitue l'option la plus fiable et la mieux adaptée aux exigences de sécurité et de performance du réseau.

Chapitre 7

Pose de canalisation et accessoires.

7.1 Introduction :

La pose des canalisations se fait sur les emplacements préalablement planifiés pour les différents tronçons. La configuration du terrain détermine le mode de pose adopté ainsi que les moyens nécessaires pour leur mise en place. Le bon fonctionnement du système d'alimentation en eau potable ne dépend pas seulement de la pose des canalisations et de leur implantation, mais aussi des accessoires nécessaires. Chacun de ces accessoires joue un rôle crucial dans le réseau, notamment lors de l'étape de mise en service.

7.2 La pose de canalisation :

7.2.1 Principe de pose de canalisation :

- La pose des conduites se fait généralement dans des tranchées, élargies au niveau des emplacements réservés aux accessoires et aux joints.
- L'installation des canalisations dans des tranchées facilite le déplacement des ouvriers et contribue à de meilleures conditions de travail.
- Le tracé est conçu de manière que :
  - La conduite doit être posé avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange et points hauts pour l'évacuation de l'air entraîné.
  - Prévoir un changement de pente tous les 200 à 400 mm, avec des pentes de quelques millimètres.
- Lors de la mise en place des conduites d'AEP, il est nécessaire de tenir compte des obstacles éventuels :
  - Éloigner la conduite d'environ 10 cm des obstacles solides (par exemple les roches),
  - Maintenir une distance d'au moins 30 cm des canalisations électriques,
  - Respecter un écart minimal de 60 cm par rapport aux canalisations de gaz,
  - En présence d'un réseau d'assainissement, placer la conduite au-dessus de celui-ci avec un décalage de 45°.
- La profondeur des tranchées dépend du climat :
  - Environ 1 m dans les zones tempérées, –
  - Entre 1,25 m et 1,50 m dans les régions à climat rigoureux.

Source : B. SALAH 2014

7.2.2 Pose de canalisation de terrain ordinaire :

Dans un terrain ordinaire, la pose de canalisation est généralement réalisée dans des tranchées dont la largeur standard est d'environ 60 cm, afin de permettre une installation sûre et un accès suffisant pour les travaux de raccordement et de contrôle. La profondeur de la tranchée doit être soigneusement définie pour accueillir le lit de pose de la canalisation tout en garantissant un recouvrement minimal du remblai d'au moins 80 cm, ce qui contribue à protéger la conduite contre les charges superficielles et les risques de tassement.

Le lit de sable sur lequel repose la canalisation doit avoir une épaisseur comprise entre 15 et 20 cm, assurant ainsi un support homogène et souple qui absorbe les petites irrégularités du fond de tranchée et

réduit les contraintes ponctuelles sur la conduite. Cette couche de sable joue un rôle essentiel dans la protection mécanique de la canalisation et dans le maintien de son alignement correct lors du remblaiement.

Avant toute mise en fouille et installation des conduites, il est impératif de procéder à une inspection minutieuse des canalisations afin de détecter et éliminer les tronçons endommagés, fissurés ou présentant des défauts pouvant résulter de chocs ou de manipulations lors du transport. Cette étape préventive permet d'éviter des problèmes futurs tels que des fuites ou des ruptures prématurées et garantit la durabilité et la sécurité de l'ensemble du réseau.

La figure ci-dessous décrit la pose de canalisation dans un terrain ordinaire :

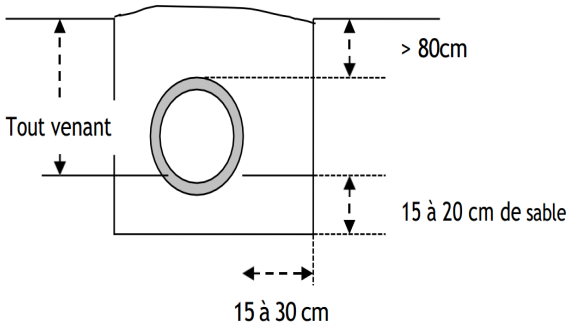


Figure 7.1 : Schéma de pose de canalisation dans une terrain ordinaire.
Source : B. SALAH 2014

7.2.3 Pose de canalisations sans ouverture de tranché :

Généralement dans les conduites d'adduction, les route, les rivières et les voies verré pose un obstacle sur la pose de canalisation, donc certaine technique doit être nécessaire :

7.2.3.1 Pose par fonçage :

Le fonçage consiste à pousser mécaniquement une canalisation (acier, fonte ductile, PEHD, etc.) dans le sol, en partant d'une fosse de départ vers une fosse d'arrivée, sans perturber la surface. Le terrain est progressivement décompacté ou excavé par l'avant du tube à l'aide d'un outil adapté (tête de fonçage, tarière, vérins hydrauliques).

7.2.3.2 Pose par forage dirigé :

Le forage dirigé consiste à réaliser un forage pilote guidé selon un tracé prédéfini, puis à élargir progressivement le trou à l'aide d'alésoirs jusqu'au diamètre requis, avant de tirer la canalisation (PEHD, acier, etc.) à travers le forage, permettant ainsi de franchir des obstacles comme les routes, les voies ferrées ou les rivières sans perturber la surface.

7.3 Accessoire du réseau d'AEP :

Les principaux équipements et organes utilisés dans un réseau d'alimentation en eau potable (AEP) sont les suivants :

- **Robinet-vannes :** Les robinet-vannes permettent d'isoler des tronçons pour contrôler le réseau et ajuster les débits. La vanne à opercule est un dispositif complètement ouvert ou fermé, très étanche

et fiable, mais encombrant et lent à manœuvrer. Elle peut nécessiter un by-pass pour équilibrer la pression avant ouverture. La vanne papillon permet à la fois le sectionnement et le réglage du débit. Elle présente un encombrement réduit, une installation simple et une faible perte de charge. Elle est adaptée aux conduites de diamètres moyens à grands et est souvent motorisée pour les grands diamètres, bien que son étanchéité soit légèrement inférieure à celle de la vanne à opercule.

- **Ventouse :** La ventouse est installée aux points hauts du réseau afin d'évacuer l'air accumulé et de prévenir le coup de bélier. Elle protège le réseau contre les désordres hydrauliques liés aux variations de pression et améliore le rendement en éliminant les poches d'air. Ces dispositifs sont généralement placés dans des regards accessibles pour faciliter leur entretien et leur surveillance régulière.
- **Clapet anti-retour :** Le clapet anti-retour empêche tout reflux d'eau et assure la protection des pompes et du réseau. Il se ferme automatiquement sous l'effet de la pression inverse, évitant les risques d'endommagement des conduites, de désamorçage des pompes ou de perturbation du réseau hydraulique.
- **Poteaux d'incendie :** Les poteaux d'incendie ont des diamètres normés de 80, 100 ou 150 mm et doivent être alimentés par des conduites de même diamètre capables d'assurer un débit minimal de 17 L/s sous une pression de 1 bar. La disposition du réseau et la réserve incendie doivent permettre aux pompiers la disponibilité de 120 m^3 d'eau sur une période de deux heures. Leur emplacement est choisi pour minimiser la longueur des branchements aux conduites principales et ils sont vidés après utilisation pour éviter le gel.
- **Pièces spéciales de raccordement :** Les pièces spéciales de raccordement permettent de dévier ou d'ajouter un débit, de changer le diamètre ou la direction d'une conduite et d'intégrer des organes de régulation. Les cônes relient des conduites de diamètres différents et de sens perpendiculaire, tandis que les croix de jonction permettent le croisement de canalisations selon un angle perpendiculaire. Les coudes changent la direction des conduites et existent avec différents angles (90°, 45°, 22°30′, 11°15′), généralement installés sur des supports de butée. Les tés permettent d'ajouter ou de soutirer un débit et sont utilisés dans les réseaux maillés, ramifiés et dans les piquages des canalisations d'adduction.

7.4 Stabilisation des conduites d'AEP

La stabilisation des conduites vise à maintenir les tuyaux en position, à absorber les contraintes mécaniques et à prévenir les déplacements dus à la pression interne, aux forces du sol ou aux variations de température. Une bonne stabilisation assure la durabilité du réseau et évite les fuites ou ruptures. Les principaux moyens de stabilisation sont les suivants :

- **Supports et butées :** Les supports (ou cales) maintiennent les conduites alignées dans les tranchées. Les butées sont placées aux points de changement de direction, tels que coudes, tés ou raccords, afin d'absorber les efforts de poussée ou de traction créés par la pression interne. Pour les grands diamètres ou les sols meubles, des butées renforcées ou des plots en béton peuvent être nécessaires.
- **Enrobage et lit de pose :** Les conduites sont posées sur un lit de sable ou de gravier fin pour assurer un appui uniforme et protéger contre les aspérités du sol. L'enrobage (terre ou sable autour de la canalisation) contribue à maintenir la canalisation stable et à répartir les charges.
- **Ancrage :** Pour les conduites soumises à de fortes pressions ou changements de direction, un ancrage est réalisé avec des chevilles, massifs en béton ou brides de fixation. Les ancrages sont indispensables pour les conduites à forte pression, les coudes de grand diamètre ou les zones de relief important.

- **Gestion des contraintes thermiques :** Les tuyaux en PEHD ou PVC peuvent se dilater sous l'effet de la température. La stabilisation doit permettre une dilatation contrôlée avec des joints flexibles ou des points de dilatation. Des guides et supports fixes limitent les mouvements indésirables.
- **Protection contre les mouvements de terrain :** Sur les sols instables ou sujets au tassement, des semelles de béton ou des drains peuvent stabiliser le terrain autour de la conduite. Les tranchées doivent être compactées après pose pour éviter déformations ou affaissements.
- **Points particuliers :** Les changements de direction, coudes et tés nécessitent toujours des butées ou ancrages. Les regards et chambres doivent être dimensionnés pour que la canalisation reste stable et que les organes tels que vannes, ventouses ou clapets fonctionnent correctement.

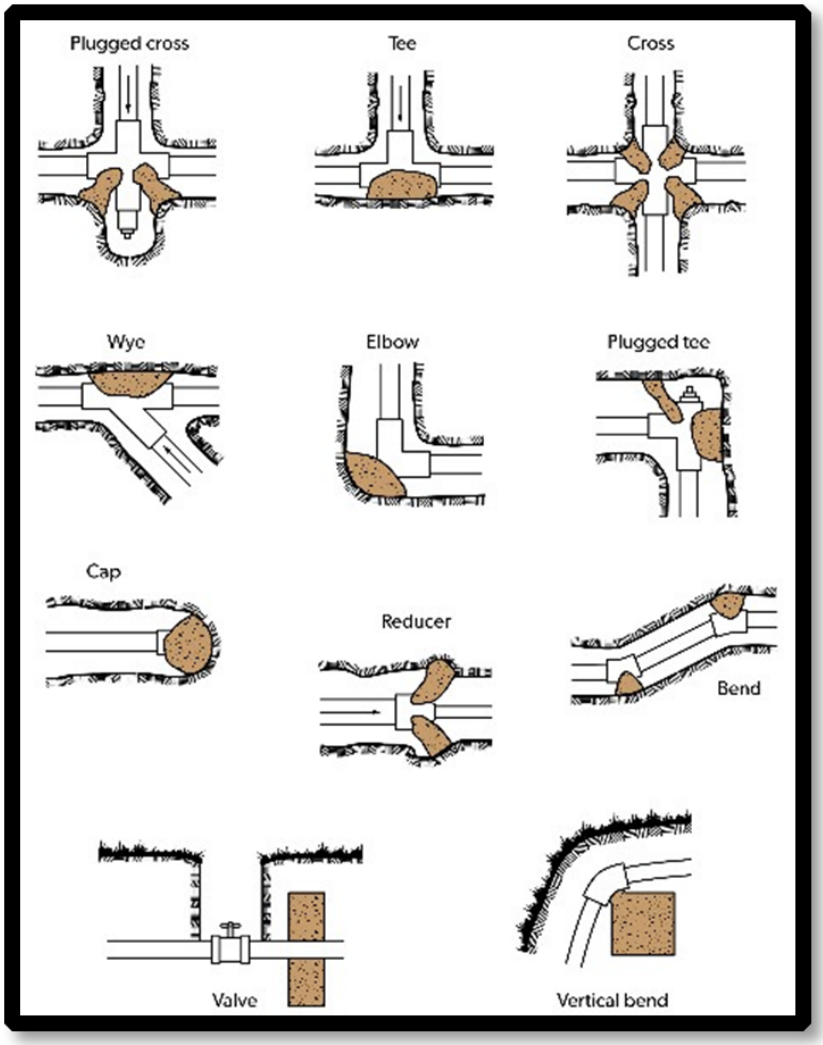


Figure 7.2 : l'emplacement des blocs de butée autour de coudes et tés, en plan.
Source : BC campus Open Publishing

7.4.1 Techniques d'assemblage des conduites AEP

L'assemblage des conduites AEP (Alimentation en Eau Potable) dépend du type de matériau utilisé et des conditions d'installation. Les principales techniques sont les suivantes :

- **Soudage bout à bout :** Utilisé principalement pour les conduites en PEHD, ce procédé consiste à

chauffer les extrémités des tuyaux puis à les assembler sous pression pour créer un joint étanche et homogène. Cette technique est adaptée aux conduites enterrées ou en grandes longueurs.

- **Soudage par électrofusion :** Les tuyaux ou accessoires en PEHD peuvent être assemblés à l'aide de manchons électrofusibles. Une résistance électrique chauffe le manchon et fond légèrement le matériau, assurant un joint étanche et solide. Cette méthode est idéale pour les raccords complexes ou en terrain difficile d'accès.
- **Branchement mécanique :** Pour certaines conduites en PEHD ou en fonte, des raccords mécaniques (manchons, brides, joints caoutchouc) permettent l'assemblage sans soudure. Cette technique facilite le démontage et la maintenance des sections de réseau.
- **Bride et boulonnage :** Utilisé principalement pour les gros diamètres ou les conduites en fonte, ce procédé consiste à assembler les tuyaux à l'aide de brides et boulons, souvent avec un joint intercalé. Cette technique est robuste et permet le démontage en cas de maintenance.
- **Raccords à compression :** Les tuyaux peuvent être assemblés avec des raccords à compression ou à visser, permettant un montage rapide et sans outils spécialisés. Cette méthode est souvent utilisée pour les branchements particuliers ou les réseaux secondaires.

Chaque technique d'assemblage doit être choisie en fonction du matériau, du diamètre, de la pression de service et des conditions d'installation, afin d'assurer l'étanchéité, la durabilité et la facilité de maintenance du réseau.



Figure 7.3 : Machine de soudage bout à bout
Source : CPH Hydraulique

7.5 Conclusion :

Ce chapitre a présenté les méthodes de pose de canalisations en terrain ordinaire ainsi que les techniques de pose sans tranchée. Il a également décrit les principaux accessoires et pièces de raccordement, essentiels au fonctionnement et à la gestion des réseaux, en soulignant leur rôle dans l'assurance de la continuité hydraulique et de la durabilité des ouvrages. La nature de terrain nous exige de choisir la pose de canalisations de terrain ordinaire pour notre projet

Chapitre 8

Devis quantitatif et estimatif

8.1 Introduction :

L'établissement du devis quantitatif et estimatif constitue une étape cruciale dans la planification d'un projet de pose de canalisations. Il permet de recenser, chiffrer et évaluer l'ensemble des travaux nécessaires, depuis le décapage du terrain jusqu'à la mise en place finale des canalisations. Un devis précis assure une estimation fiable des coûts, facilite la planification des ressources et contribue à la maîtrise budgétaire du projet, tout en garantissant que les travaux pourront être exécutés dans le respect des normes et des délais prévus.

8.2 Duré de traveaux :

L'estimation de la durée des travaux est réalisée selon la méthode CPM (Critical Path Method). Elle consiste à représenter les tâches par des nœuds et des flèches, illustrant leur enchaînement et le flux de progression dans le temps. Il est essentiel de s'assurer que toutes les tâches sont exécutées dans le bon ordre, respectent les délais prévus, sont clairement définies avec leurs durées respectives, et utilisent les ressources disponibles de manière optimale afin de réduire les coûts. Le tableau suivant présente les différentes tâches de travaux :

Tableau 8.1 : Planification des opérations et durée des travaux

Notation	Opération	Durée (j)
A	Décapage de la couche de terre végétale ou goudron	40
B	Exécution des tranchées du réseau et des fouilles pour les regards	100
C	Pose du lit de sable	40
D	Pose des conduits	50
E	Assemblage et raccordement des conduites	40
F	Essais d'étanchéité	30
G	Remblais des tranchées	40
H	Nivellement et compactage	30

Le tableau suivant représente l'ordonnancement des tâches :

Tableau 8.2 : Ordonnancement des opérations et leurs relations

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

Le tableau suivant présente les principaux paramètres pour déterminer le chemin critique :

Tableau 8.3 : Les paramètres de chaque tâche selon la méthode CPM

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

- **DCP :** date de commencement au plus tôt
- **TR :** temps de réalisation
- **DCPP :** date de commencement au plus tard DCPP = DFPP − TR
- **DFP :** date de finition au plus tôt DFP = DCP + TR
- **DFPP :** date de finition au plus tard
- **MT :** marge totale

Il faut déterminer le chemin critique (ou la marge totale égale à 0) pour détermine la duré totale de projet La figure suivante représente le réseau à nœuds pour déterminer le chemin critique.

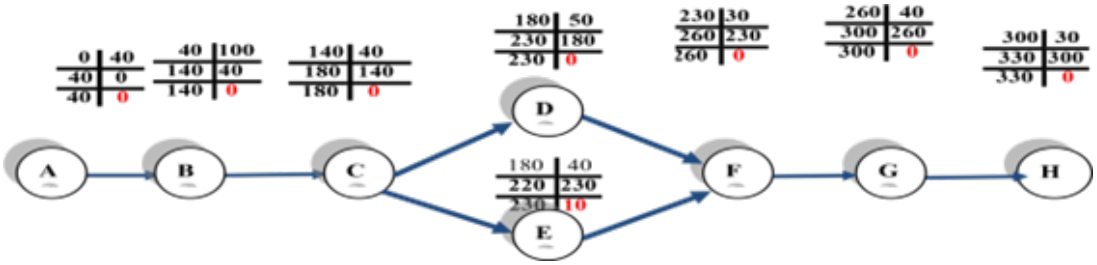


Figure 8.1 : Réseau a nœud et calcul du temps de réalisation du projet

Selon la figure 8.1, le chemin critique est : A-B-C-D-F-G-H. La durée totale du projet est estimée à **330 jours.**

8.3 Calcul du volumes de travaux :

8.3.1 Calcul de volume de décapage :

Le décapage de végétation est l'opération qui consiste à enlever la couche superficielle du sol contenant la végétation, les racines, la terre végétale et les débris organiques, tel que :

$$V_{\text{déc}} = B \cdot H_{min} \cdot l_{tr} \tag{8.1}$$

Tel que :

- $V_{déc}$: Volume de décapage de la couche végétale ou godron (m^3).
- B : Largeur de tranché (m).
- H_{min} : profondeur de la génératrice supérieur de la conduite (m)
- l_{tr} : Longueur de tranché (égale à langueur de la conduite)

8.3.1.1 Calcul du profondeur de tranché :

Elle est déterminée de façon qu'une distance suffisante soit aménagée au-dessus de la génératrice supérieure du tuyau pour assurer la protection de la conduite contre les dégâts qui pourraient être causés par le gel, et ceux d'écrasement sous l'effet de charge et de surcharge.

$$H_{tr} = D + e + H_{min} \tag{8.2}$$

Avec :

- H_{tr} : profondeur de tranché (m)
- D : Diamètre extérieur de la conduite (m)
- e : épaisseur de lit de sable tel que :
  - e = 15 cm pour les diamètre inférieur à 200 mm
  - e = 20 cm pour 200 mm < D < 600 mm
  - e = 30 cm pour D > 600 mm
- H_{min} : Hauteur de la génératrice supérieur de la conduite (entre 80 cm et 1.2 m), on prend H_{min}=1 m.

8.3.1.2 Calcul de largeur de tranché :

La largeur de la tranchée doit être au minimum 0,60 m et cela, pour faciliter les travaux. Elle sera calculée en fonction du diamètre de la conduite tel que :

$$B = D + 2 \cdot c \tag{8.3}$$

Avec :

- B : Largeur de tranché (m)
- D : Diamètre extérieur de conduite (m)
- c : la distance entre le tranché et la conduite tel que :
  - Si DN ≤ 400 mm : c = 0.3 (m).
  - Si DN > 400 mm : c = 0.5 (m).

Le tableau suivant représente le volume de décapage pour le différents diamètres :

Tableau 8.4 : Volume de décapage.

DN (mm)	L (m)	H_{min} (m)	e (m)	H_{tr} (m)	B (m)	$V_{déc}$ (m^3)
50	302	1	0.15	1.2	0.65	196.3
75	1184	1	0.15	1.225	0.675	799.2
90	2518	1	0.15	1.24	0.69	1737.42
110	843	1	0.15	1.26	0.71	598.53
125	1865	1	0.15	1.275	0.725	1352.125

(suite)

DN (mm)	L (m)	H_{min} (m)	e (m)	H_{tr} (m)	B (m)	$V_{déc}$ (m^3)
160	1848	1	0.15	1.31	0.76	1404.48
200	3097	1	0.2	1.4	0.8	2477.6
250	1481	1	0.2	1.45	0.85	1258.85
300	1836	1	0.2	1.5	0.9	1652.4

8.3.2 Volume de déblais :

Le volume de déblais correspond à la quantité de sol excavée lors de travaux de terrassement (tranchées, fouilles, carrières, décapage, etc.), tel que :

$$V_{\text{déb}} = B \cdot H_{tr} \cdot l_{tr} \tag{8.4}$$

Tel que

- $V_{déc}$: Volume de déblais. (m^3).
- B : Largeur de tranché (m).
- H_{tr} : Profondeur de la tranche (m)
- l_{tr} : Longueur de tranché (égale à langueur de la conduite)

Le tableau suivant présente les volume de déblais pour chaque diamétre :

Tableau 8.5 : Volume de déblai.

DN (mm)	L (m)	H_{min} (m)	e (m)	H_{tr} (m)	B (m)	$V_{déb}$ (m^3)
50	302	1	0.15	1.2	0.65	235.56
75	1184	1	0.15	1.225	0.675	979.02
90	2518	1	0.15	1.24	0.69	2154.40
110	843	1	0.15	1.26	0.71	754.15
125	1865	1	0.15	1.275	0.725	1723.96
160	1848	1	0.15	1.31	0.76	1839.87
200	3097	1	0.2	1.4	0.8	3468.64
250	1481	1	0.2	1.45	0.85	1825.33
300	1836	1	0.2	1.5	0.9	2478.60

8.3.3 Volume de sable pour la génératrice inférieur de la conduite :

Le lit de sable constitue la génératrice inférieure de la conduite. Son rôle est de protéger la canalisation contre les contraintes mécaniques ponctuelles, d'assurer une pente spécifique et de stabiliser la conduite, le volume est calculé par :

$$V_{ls} = B \cdot e \cdot l_{tr} \tag{8.5}$$

Tel que

- $V_{déc}$: Volume de déblais. (m^3).
- B : Largeur de tranché (m).
- e : Épaisseur de lit de sable
- l_{tr} : Longueur de tranché (égale à longueur de la conduite)

le tableau suivant représente le volume de sable pour la génératrice inférieur de la conduite selon le diamètre :

Tableau 8.6 : Volume de sable pour la génératrice inférieur de la conduite.

DN (mm)	L (m)	H_{min} (m)	e (m)	H_{tr} (m)	B (m)	V_{ls} (m^3)
50	302	1	0.15	1.2	29.45	29.45
75	1184	1	0.15	1.225	119.88	119.88
90	2518	1	0.15	1.24	260.61	260.61
110	843	1	0.15	1.26	89.78	89.78
125	1865	1	0.15	1.275	202.82	202.82
160	1848	1	0.15	1.31	210.67	210.67
200	3097	1	0.2	1.4	495.52	495.52
250	1481	1	0.2	1.45	251.77	251.77
300	1836	1	0.2	1.5	330.48	330.48

8.3.4 Volume de remblais :

Le remblai est l'ensemble des matériaux (terre, sable, grave, enrochements, matériaux sélectionnés ou traités) utilisés pour remplir une excavation ou pour surélever un terrain afin de donner au sol la forme et la résistance souhaitées, le volume de remblais est calculé par :

$$V_{\text{rem}} = V_{\text{déb}} - V_{\text{c}} - V_{\text{ls}} \tag{8.6}$$

Tel que

- V_{rem} : Volume de remblais. (m^3).
- $V_{déb}$: Volume de déblais. (m^3).
- V_{ls} : Volume de lit de sable. (m^3).
- V_c : Volume de occupé par la conduite. (m^3) calculé par :

$$V_c = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \tag{8.7}$$

Avec :

  - D : Diamètre extérieure de la conduite (m^3)
  - L : Longueur de la conduite (m).

Le tableau suivant représente le volume de remblais avec les différents volumes de travaux :

Tableau 8.7 : Les diffirents volumes de travaux.

DN (mm)	L (m)	$V_{déc}$ (m^3)	$V_{déb}$ (m^3)	V_{ls} (m^3)	V_{rem} (m^3)
50	302	196.3	235.56	29.45	205.52
75	1184	799.2	979.02	119.88	853.91
90	2518	1737.42	2154.40	260.61	1877.78
110	843	598.53	754.15	89.78	656.36
125	1865	1352.125	1723.96	202.82	1498.27
160	1848	1404.48	1839.87	210.67	1592.06
200	3097	2477.6	3468.64	495.52	2875.87
250	1481	1258.85	1825.33	251.77	1500.90
300	1836	1652.4	2478.60	330.48	2018.41
Totale	14974	11476.91	15459.53	1990.98	13079.08

8.4 Devis quantitatif et estimatif :

Après le détermination de différent volumes de travaux (décapage, déblai, lit de sable, remblai) on fait le devis estimatif de projet :

Tableau 8.8 : Devis quantitatif estimatif

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1	Décapage	m^3	11476.91	300.000	3,443,071.500
2	Déblais en terrains	m^3	15459.53	2,000.000	30,919,058.550
3	Mise en place du lit de sable fin	m^3	1990.98	80.000	159,278.260
4	Remblaiement de la tranchée	m^3	13079.08	50.00	653,953.94
5	**Conduite de PN10**				
5.1	DN300	ML	1836	4,850	8,904,600.00
5.2	DN250	ML	1481	3,050	4,517,050.00
5.3	DN200	ML	3097	1,900	5,884,300.00
5.4	DN160	ML	1848	1,260	2,328,480.00
5.5	DN125	ML	1865	790	1,473,350.00
5.6	DN110	ML	843	615	518,445.00
5.7	DN90	ML	2518	422	1,062,596.00
5.8	DN75	ML	1184	297	351,648.00
5.9	DN50	ML	302	128	38,656.00
6	**Réalisation des regards en béton armé**				
6.1	Dimension int. (1.5 × 1.5 × H m) pour vannes (DN125 à DN300)	U	12	150,000.00	1,800,000.00
7	**Fourniture et pose de vannes en fonte**				
7.1	DN300 PN16	U	5	220,000.00	1,100,000.00
7.2	DN250 PN16	U	2	200,000.00	400,000.00
7.3	DN200 PN16	U	8	180,000.00	1,440,000.00
7.4	DN150 PN16	U	1	150,000.00	150,000.00
7.5	DN125 PN16	U	9	140,000.00	1,260,000.00
7.6	DN50 PN16	U	1	30,000.00	30,000.00
Totale	**TOTAL HT**				**66,434,487.25**
	TVA 19%				**12,622,552.58**
	TOTAL TTC				**79,057,039.82**

Donc le devis totale en est : **Soixante-dix-neuf millions cinquante-sept mille trente-neuf dinars et quatre-vingt-deux centimes (DA).**

8.5 Conclusion :

L'établissement du devis quantitatif et estimatif constitue une étape déterminante pour garantir une évaluation fiable et complète du coût d'un projet. Ce chapitre présente de manière détaillée les différents volumes de travaux à réaliser, notamment le décapage, les déblais, la pose du lit de sable et les remblais afin de déterminer, avec précision, les quantités nécessaires et les dépenses associées. L'ensemble de ces analyses permet d'estimer le coût global du projet, évalué à 79,057039.82 DA.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le diagnostic minutieux du système d'alimentation en eau potable de la ville de Taouzianet a mis en évidence plusieurs dysfonctionnements, notamment liés à l'ancienneté des canalisations, aux pertes en eau importantes, aux vitesses d'écoulement très faibles ainsi qu'aux pressions irrégulières relevées dans certaines zones du réseau.

Pour remédier à ces insuffisances, plusieurs solutions ont été proposées dans le cadre de la restructuration et de la réhabilitation du système d'AEP. La première consiste à remplacer les conduites existantes en PVC et en fonte ductile par des conduites en PEHD, garantissant une meilleure durabilité et une résistance accrue aux contraintes hydrauliques. La restructuration du réseau de distribution a également été recommandée afin d'assurer des pressions et des vitesses adéquates pour les besoins actuels et futurs, y compris en situation de pointe ou en cas d'incendie.

Par ailleurs, le curage des regards existants, vise à réduire les risques de contamination et à améliorer la qualité du service. L'augmentation de la quantité d'eau produite par les sources locales constitue également une mesure essentielle pour répondre à la demande croissante. De plus, la protection de la conduite d'adduction issue du transfert du barrage de Koudiet Medaouer contre les coups de bélier, notamment par l'installation de réservoirs d'air, a été identifiée comme une intervention prioritaire pour sécuriser l'alimentation.

Enfin, une organisation rationnelle des chantiers, fondée sur la détermination précise des volumes de travaux, a été préconisée afin d'assurer une réalisation optimale du projet. Cette planification permet une meilleure coordination des équipes, une gestion efficace des ressources et une réduction des perturbations durant les travaux. Elle contribue ainsi à garantir une exécution conforme aux exigences techniques et une maîtrise des coûts, estimés à 79,057,039.82 DA.

Ce travail constitue ainsi une contribution à l'amélioration durable du service d'eau potable de la ville, tout en ouvrant des perspectives pour de futures études intégrant la modélisation hydraulique et l'optimisation des ressources disponibles.

Référence bibliographique

[1] D.R.E Khenchela - 2025.

[2] SALAH, B. Alimentation En Eau Potable Des Agglomérations, ENSH - 2014 .

[3] A.DAOUD Réésevoir de stockage et de distribution de l'eau potable, Université de Batna 2 - 2020. https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/daoud_ali/files/stockage_de_leau_potable.pdf

[4] BAAZI Chiraz Diagnostic et réhabilitation du système d'alimentation en eau potable de la localité de SELMANA(W.TISSEMSILT), ENSH - 2024

Annexes

Annexe A : Répartition des consommations horaires (en %) en fonction du nombre d'habitants.

Heures	Nombres d'habitants				Agglomération de type rural
	Moins de 10 000	De 10 001 à 50 000	De 50 001 à 100 000	Plus de 100 000	
0–1	1,00	1,50	3,00	3,35	0,75
1–2	1,00	1,50	3,20	3,25	0,75
2–3	1,00	1,50	2,50	3,30	1,00
3–4	1,00	1,50	2,60	3,20	1,00
4–5	2,00	2,50	3,50	3,25	3,00
5–6	3,00	3,50	4,10	3,40	5,50
6–7	5,00	4,50	4,50	3,85	5,50
7–8	6,50	5,50	4,90	4,45	5,50
8–9	6,50	6,25	4,90	5,20	3,50
9–10	5,50	6,25	5,60	5,05	3,50
10–11	4,50	6,25	4,80	4,85	6,00
11–12	5,50	6,25	4,70	4,60	8,50
12–13	7,00	5,00	4,40	4,60	8,50
13–14	7,00	5,00	4,10	4,55	6,00
14–15	5,50	5,50	4,20	4,75	5,00
15–16	4,50	6,00	4,40	4,70	5,00
16–17	5,00	6,00	4,30	4,65	3,50
17–18	6,50	5,50	4,10	4,35	3,50
18–19	6,50	5,00	4,50	4,40	6,00
19–20	5,00	4,50	4,50	4,30	6,00
20–21	4,50	4,00	4,50	4,30	6,00
21–22	3,00	3,00	4,80	4,20	3,00
22–23	2,00	2,00	4,60	3,75	2,00
23–24	1,00	1,50	3,30	3,70	1,00
Total	100	100	100	100	100

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe.

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-16	40	PVC	176.2	-6.98	0.29	0.02
P-17	490	PVC	44	0.46	0.3	1.48
P-18	44	PVC	79.2	1.49	0.3	0.06
P-19	218	PVC	152.4	0.2	0.01	0
P-20	50	PVC	141	0.3	0.02	0
P-21	36	PEHD	35.2	0.03	0.03	0
P-22	5	PVC	55.4	0.62	0.26	0.01
P-23	94	PVC	79.2	1.38	0.28	0.12
P-24	32	PEHD	55.4	0.03	0.01	0
P-25	31	PEHD	141	2.35	0.15	0.01
P-26	21	PEHD	141	2.81	0.18	0.01
P-27	37	PEHD	141	1.87	0.12	0.01
P-28	39	PEHD	141	1.91	0.12	0.01
P-29	39	PEHD	141	2.35	0.15	0.01
P-30	31	PVC	141	-2.03	0.13	0.01
P-31	47	PVC	141	-1.61	0.1	0.01
P-32	23	PVC	141	-12.67	0.81	0.1
P-33	179	PVC	141	-11.01	0.71	0.58
P-34	79	PEHD	141	1.44	0.09	0.01
P-35	149	PEHD	141	2.09	0.13	0.03
P-36	8	PEHD	141	32.19	2.06	0.19
P-37	5	PEHD	141	32.24	2.06	0.11
P-38	63	PEHD	141	-19.74	1.26	0.58
P-39	15	PEHD	141	30.02	1.92	0.3
P-40	40	PVC	141	14.64	0.94	0.21
P-41	473	PVC	141	-14.88	0.95	2.62
P-42	58	PEHD	141	10.35	0.66	0.17
P-43	18	PVC	141	24.83	1.59	0.25
P-44	133	PVC	141	-0.29	0.02	0
P-45	64	PVC	141	-9.53	0.61	0.16
P-46	87	PVC	141	-8.76	0.56	0.19
P-47	121	PEHD	141	-8.5	0.54	0.25
P-48	154	PEHD	141	-8.24	0.53	0.29
P-49	21	PEHD	141	-10.36	0.66	0.06
P-50	108	PVC	141	3.16	0.2	0.04
P-51	42	PVC	141	0.04	0	0
P-52	7	PEHD	141	-3.84	0.25	0

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-53	8	PEHD	141	18.7	1.2	0.07
P-54	12	PEHD	141	6.08	0.39	0.01
P-55	30	PVC	141	-23.19	1.49	0.37
P-56	4	PVC	141	-18.19	1.17	0.03
P-57	22	PEHD	141	0.73	0.05	0
P-58	54	PEHD	141	-5	0.32	0.04
P-59	187	PEHD	141	-2.55	0.16	0.04
P-60	43	PEHD	141	1.5	0.1	0
P-61	197	PEHD	141	0.18	0.01	0
P-62	37	PEHD	141	0.75	0.05	0
P-63	41	PEHD	141	1.11	0.07	0
P-64	31	PEHD	141	1.34	0.09	0
P-65	112	PVC	141	-7.47	0.48	0.18
P-66	15	PVC	141	-5.98	0.38	0.02
P-67	17	PVC	141	-23.23	1.49	0.21
P-68	62	PEHD	141	-14.12	0.9	0.31
P-69	45	PEHD	141	-13.54	0.87	0.21
P-70	31	PEHD	141	-13.31	0.85	0.14
P-71	68	PVC	141	-10.73	0.69	0.21
P-72	20	PEHD	141	0.02	0	0
P-73	22	PEHD	141	1.52	0.1	0
P-74	24	PEHD	141	2.58	0.17	0.01
P-75	24	PEHD	141	3.34	0.21	0.01
P-76	35	PEHD	141	3.92	0.25	0.02
P-77	27	PEHD	141	4.32	0.28	0.02
P-78	80	PVC	141	0.98	0.06	0
P-79	40	PVC	141	1.31	0.08	0
P-80	36	PVC	141	2.81	0.18	0.01
P-81	131	PVC	141	4.85	0.31	0.1
P-82	127	PEHD	141	9.91	0.63	0.34
P-83	456	PEHD	141	10.91	0.7	1.45
P-84	34	PVC	141	-8.23	0.53	0.07
P-85	84	PEHD	141	-4.64	0.3	0.06
P-86	239	PVC	141	-9.12	0.58	0.55
P-87	18	PVC	141	-16.15	1.03	0.12
P-88	20	PEHD	141	3.37	0.22	0.01
P-89	23	PEHD	141	1.03	0.07	0

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-90	417	PEHD	141	1.44	0.09	0.04
P-91	44	PEHD	141	-2.42	0.16	0.01
P-92	516	PEHD	141	-5.15	0.33	0.43
P-93	10	PEHD	141	-5	0.32	0.01
P-94	103	PEHD	141	2.12	0.14	0.02
P-95	6	PEHD	110.2	14.76	1.55	0.11
P-96	957	PEHD	110.2	-3.1	0.32	1.05
P-97	30	PEHD	110.2	-1.41	0.15	0.01
P-98	206	PEHD	110.2	0.19	0.02	0
P-99	228	PEHD	110.2	2.62	0.27	0.19
P-100	73	PEHD	110.2	2.49	0.26	0.05
P-101	10	PEHD	110.2	4.15	0.44	0.02
P-102	57	PEHD	110.2	4.68	0.49	0.13
P-103	67	PEHD	110.2	4.93	0.52	0.17
P-104	83	PEHD	110.2	5.21	0.55	0.23
P-105	1,279	PEHD	110.2	2.64	0.28	1.06
P-106	121	PEHD	110.2	-2.26	0.24	0.08
P-107	137	PEHD	110.2	-2.02	0.21	0.07
P-108	76	PVC	102.2	0.07	0.01	0
P-109	100	PVC	102.2	0.32	0.04	0
P-110	78	PVC	102.2	0.37	0.05	0
P-111	25	PVC	96.8	0.02	0	0
P-112	26	PVC	96.8	-0.18	0.02	0
P-113	65	PEHD	96.8	-0.53	0.07	0.01
P-114	63	PVC	96.8	0.06	0.01	0
P-115	46	PVC	96.8	-3.63	0.49	0.12
P-116	198	PVC	96.8	-1.13	0.15	0.07
P-117	182	PEHD	96.8	0.17	0.02	0
P-118	43	PEHD	96.8	-1.21	0.16	0.02
P-119	11	PEHD	96.8	1.63	0.22	0.01
P-120	87	PVC	96.8	1.93	0.26	0.08
P-121	35	PVC	96.8	1.15	0.16	0.01
P-122	187	PVC	96.8	-0.77	0.1	0.03
P-123	22	PVC	96.8	-0.14	0.02	0
P-124	62	PVC	96.8	-0.06	0.01	0
P-125	109	PVC	96.8	0.22	0.03	0
P-126	101	PEHD	96.8	0.09	0.01	0

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-127	97	PEHD	96.8	-0.44	0.06	0.01
P-128	625	PEHD	96.8	-2.2	0.3	0.69
P-129	31	PEHD	96.8	-0.15	0.02	0
P-130	38	PEHD	96.8	0.23	0.03	0
P-131	70	PEHD	96.8	0.07	0.01	0
P-132	74	PEHD	96.8	0.25	0.03	0
P-133	7	PEHD	96.8	0.51	0.07	0
P-134	14	PVC	79.2	-1.32	0.27	0.02
P-135	12	PVC	79.2	-1.3	0.26	0.01
P-136	65	PEHD	79.2	0.06	0.01	0
P-137	69	PEHD	79.2	0.25	0.05	0
P-138	221	PEHD	79.2	0.21	0.04	0.01
P-139	223	PEHD	79.2	0.21	0.04	0.01
P-140	83	PEHD	79.2	0.08	0.02	0
P-141	123	PEHD	79.2	-1.18	0.24	0.12
P-142	14	PEHD	79.2	0.29	0.06	0
P-143	25	PEHD	79.2	0.39	0.08	0
P-144	60	PEHD	79.2	1.09	0.22	0.05
P-145	49	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-146	151	PEHD	79.2	0.29	0.06	0.01
P-147	3	PEHD	79.2	0.53	0.11	0
P-148	41	PEHD	79.2	-0.4	0.08	0.01
P-149	24	PVC	79.2	0.32	0.06	0
P-150	25	PEHD	79.2	0.6	0.12	0.01
P-151	27	PVC	79.2	-0.03	0.01	0
P-152	47	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-153	87	PVC	79.2	0.08	0.02	0
P-154	36	PEHD	79.2	0.31	0.06	0
P-155	38	PEHD	79.2	1.7	0.35	0.07
P-156	176	PVC	79.2	0.16	0.03	0
P-157	158	PEHD	79.2	0.99	0.2	0.11
P-158	131	PVC	79.2	1.26	0.26	0.14
P-159	68	PVC	79.2	0.06	0.01	0
P-160	20	PVC	79.2	3.21	0.65	0.11
P-161	77	PVC	79.2	0.07	0.01	0
P-162	42	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-163	33	PVC	79.2	-0.03	0.01	0

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-164	5	PVC	79.2	2.27	0.46	0.02
P-165	69	PVC	79.2	0.02	0	0
P-166	88	PVC	79.2	-2.11	0.43	0.24
P-167	32	PVC	79.2	0.47	0.09	0.01
P-168	127	PVC	79.2	-1.55	0.31	0.2
P-169	34	PVC	79.2	-0.9	0.18	0.02
P-170	252	PEHD	79.2	1.78	0.36	0.5
P-171	90	PEHD	79.2	0.67	0.14	0.03
P-172	44	PEHD	79.2	0.04	0.01	0
P-173	49	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-174	57	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-175	41	PEHD	79.2	0.24	0.05	0
P-176	92	PEHD	79.2	0.09	0.02	0
P-177	19	PEHD	79.2	0.47	0.09	0
P-178	208	PEHD	79.2	0.19	0.04	0.01
P-179	133	PEHD	79.2	0.12	0.03	0
P-180	40	PEHD	79.2	0.66	0.13	0.01
P-181	175	PEHD	79.2	0.16	0.03	0
P-182	84	PEHD	79.2	0.08	0.02	0
P-183	48	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-184	56	PEHD	79.2	0.3	0.06	0.01
P-185	151	PEHD	79.2	0.14	0.03	0
P-186	169	PEHD	79.2	0.16	0.03	0
P-187	28	PEHD	79.2	1.5	0.3	0.04
P-188	21	PEHD	79.2	2	0.41	0.05
P-189	43	PEHD	79.2	1.8	0.37	0.09
P-190	47	PEHD	79.2	2.14	0.43	0.13
P-191	46	PEHD	79.2	1.54	0.31	0.07
P-192	46	PEHD	79.2	0.89	0.18	0.03
P-193	148	PVC	79.2	0.34	0.07	0.02
P-194	189	PVC	79.2	1.08	0.22	0.16
P-195	175	PVC	79.2	-0.95	0.19	0.12
P-196	20	PVC	79.2	-0.66	0.13	0.01
P-197	157	PVC	79.2	-1.38	0.28	0.2
P-198	25	PVC	79.2	-1.01	0.2	0.02
P-199	79	PEHD	79.2	0.07	0.01	0
P-200	117	PEHD	79.2	-0.26	0.05	0.01

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-201	93	PVC	79.2	0.09	0.02	0
P-202	141	PVC	79.2	-0.08	0.02	0
P-203	36	PVC	79.2	-0.47	0.1	0.01
P-204	44	PVC	79.2	-0.18	0.04	0
P-205	84	PVC	79.2	-1.22	0.25	0.09
P-206	42	PVC	79.2	0.65	0.13	0.01
P-207	41	PVC	79.2	2.02	0.41	0.1
P-208	18	PVC	79.2	0.31	0.06	0
P-209	39	PVC	79.2	0.36	0.07	0
P-210	47	PVC	79.2	2.25	0.46	0.14
P-211	35	PVC	79.2	1.52	0.31	0.05
P-212	17	PVC	79.2	0.91	0.18	0.01
P-213	130	PVC	79.2	0.9	0.18	0.08
P-214	22	PVC	79.2	2.51	0.51	0.08
P-215	22	PVC	79.2	1.78	0.36	0.04
P-216	129	PVC	79.2	0.6	0.12	0.04
P-217	23	PVC	79.2	1.34	0.27	0.03
P-218	129	PVC	79.2	0.4	0.08	0.02
P-219	35	PVC	79.2	1.12	0.23	0.03
P-220	129	PVC	79.2	0.23	0.05	0.01
P-221	27	PVC	79.2	1.07	0.22	0.02
P-222	39	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-223	167	PVC	79.2	0.3	0.06	0.02
P-224	140	PVC	79.2	0.15	0.03	0
P-225	83	PVC	79.2	0.53	0.11	0.02
P-226	53	PVC	79.2	0.4	0.08	0.01
P-227	53	PVC	79.2	0.33	0.07	0.01
P-228	35	PVC	79.2	-0.11	0.02	0
P-229	120	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-230	82	PVC	79.2	0.3	0.06	0.01
P-231	52	PVC	79.2	0.37	0.07	0.01
P-232	27	PVC	79.2	-0.11	0.02	0
P-233	81	PVC	79.2	0.14	0.03	0
P-234	52	PVC	79.2	0.4	0.08	0.01
P-235	24	PVC	79.2	0.15	0.03	0
P-236	56	PVC	79.2	0.45	0.09	0.01
P-237	83	PVC	79.2	1.12	0.23	0.07

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-238	39	PVC	79.2	-0.93	0.19	0.02
P-239	83	PVC	79.2	-1.34	0.27	0.1
P-240	35	PVC	79.2	0.17	0.03	0
P-241	85	PVC	79.2	-1.4	0.28	0.11
P-242	128	PVC	79.2	0.09	0.02	0
P-243	130	PVC	79.2	-1.34	0.27	0.16
P-244	18	PVC	79.2	-2.14	0.43	0.05
P-245	24	PVC	79.2	-0.02	0	0
P-246	177	PVC	79.2	0.31	0.06	0.02
P-247	43	PVC	79.2	0.69	0.14	0.02
P-248	10	PVC	79.2	1.21	0.25	0.01
P-249	98	PVC	79.2	0	0	0
P-250	79	PVC	79.2	0.21	0.04	0
P-251	78	PVC	79.2	0.19	0.04	0
P-252	21	PVC	79.2	0.14	0.03	0
P-253	44	PVC	79.2	0.37	0.07	0.01
P-254	47	PVC	79.2	-0.04	0.01	0
P-255	16	PVC	79.2	-0.13	0.03	0
P-256	97	PVC	79.2	0.32	0.07	0.01
P-257	126	PVC	79.2	0.12	0.02	0
P-258	80	PVC	79.2	0.54	0.11	0.02
P-259	17	PVC	79.2	1.86	0.38	0.04
P-260	57	PVC	79.2	-0.18	0.04	0
P-261	16	PVC	79.2	1.25	0.25	0.02
P-262	7	PVC	79.2	1.5	0.31	0.01
P-263	30	PEHD	79.2	0.46	0.09	0.01
P-264	55	PVC	79.2	1.06	0.21	0.04
P-265	21	PVC	79.2	-0.08	0.02	0
P-266	77	PVC	79.2	1.28	0.26	0.09
P-267	54	PVC	79.2	1.79	0.36	0.11
P-268	78	PVC	79.2	0.58	0.12	0.02
P-269	24	PVC	79.2	1.06	0.22	0.02
P-270	78	PVC	79.2	0.71	0.14	0.03
P-271	138	PVC	79.2	0.13	0.03	0
P-272	53	PEHD	79.2	1.09	0.22	0.05
P-273	93	PVC	79.2	0.88	0.18	0.05
P-274	9	PEHD	79.2	-0.32	0.06	0

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-275	64	PVC	79.2	0.06	0.01	0
P-276	46	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-277	50	PVC	79.2	0.25	0.05	0
P-278	114	PEHD	79.2	0.11	0.02	0
P-279	10	PEHD	79.2	0.14	0.03	0
P-280	80	PEHD	79.2	0.43	0.09	0.01
P-281	8	PEHD	79.2	-0.07	0.01	0
P-282	87	PEHD	79.2	-1.09	0.22	0.07
P-283	17	PEHD	79.2	-1.05	0.21	0.01
P-284	14	PEHD	79.2	-0.22	0.04	0
P-285	74	PEHD	79.2	-0.04	0.01	0
P-286	166	PVC	79.2	0.15	0.03	0
P-287	158	PVC	79.2	-0.48	0.1	0.03
P-288	13	PVC	79.2	0.67	0.14	0
P-289	194	PVC	79.2	-1.51	0.31	0.29
P-290	4	PVC	79.2	-0.64	0.13	0
P-291	61	PVC	79.2	0.06	0.01	0
P-292	12	PEHD	79.2	1.05	0.21	0.01
P-293	26	PEHD	79.2	-0.53	0.11	0.01
P-294	30	PEHD	79.2	0.92	0.19	0.02
P-295	31	PEHD	79.2	0.58	0.12	0.01
P-296	32	PEHD	79.2	0.25	0.05	0
P-297	109	PEHD	66	-0.1	0.03	0
P-298	94	PEHD	66	0.88	0.26	0.13
P-299	16	PEHD	66	-0.75	0.22	0.02
P-300	3	PEHD	66	0.28	0.08	0
P-301	76	PEHD	66	0.63	0.19	0.06
P-302	35	PEHD	66	0.93	0.27	0.05
P-303	28	PEHD	66	1.14	0.33	0.06
P-304	56	PEHD	66	0.66	0.19	0.05
P-305	26	PEHD	66	0.02	0.01	0
P-306	213	PEHD	66	0.48	0.14	0.1
P-307	29	PEHD	61.4	1.43	0.48	0.13
P-308	80	PVC	55.4	0.07	0.03	0
P-309	25	PVC	55.4	-0.44	0.18	0.02
P-310	107	PEHD	55.4	0.1	0.04	0
P-311	44	PEHD	55.4	0.33	0.14	0.03

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-312	35	PEHD	55.4	0.52	0.22	0.04
P-313	44	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-314	40	PEHD	55.4	0.67	0.28	0.08
P-315	17	PEHD	55.4	0.02	0.01	0
P-316	24	PEHD	55.4	0.19	0.08	0.01
P-317	36	PEHD	55.4	0.28	0.12	0.02
P-318	8	PEHD	55.4	1.03	0.43	0.04
P-319	40	PEHD	55.4	0.18	0.07	0.01
P-320	31	PEHD	55.4	-0.03	0.01	0
P-321	46	PEHD	55.4	0.11	0.05	0
P-322	24	PEHD	55.4	0.02	0.01	0
P-323	14	PEHD	55.4	0.01	0.01	0
P-324	38	PEHD	55.4	0.04	0.01	0
P-325	23	PEHD	55.4	0.25	0.1	0.01
P-326	48	PEHD	55.4	-0.04	0.02	0
P-327	45	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-328	19	PEHD	55.4	-0.16	0.07	0
P-329	15	PEHD	55.4	0.01	0.01	0
P-330	47	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-331	32	PVC	55.4	0.26	0.11	0.01
P-332	175	PEHD	55.4	0.16	0.07	0.03
P-333	20	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-334	72	PEHD	55.4	-0.07	0.03	0
P-335	48	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-336	51	PEHD	55.4	0.05	0.02	0
P-337	68	PVC	55.4	0.06	0.03	0
P-338	58	PVC	55.4	0.29	0.12	0.03
P-339	88	PVC	55.4	0.55	0.23	0.12
P-340	80	PVC	55.4	0.07	0.03	0
P-341	47	PVC	55.4	0.04	0.02	0
P-342	75	PVC	55.4	0.07	0.03	0
P-343	97	PVC	55.4	0.09	0.04	0
P-344	17	PVC	55.4	0.34	0.14	0.01
P-345	44	PVC	55.4	0.04	0.02	0
P-346	120	PEHD	55.4	0.11	0.05	0.01
P-347	39	PEHD	55.4	0.34	0.14	0.02
P-348	38	PEHD	55.4	0.52	0.22	0.05

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-349	27	PEHD	55.4	0.68	0.28	0.06
P-350	198	PEHD	55.4	0.27	0.11	0.08
P-351	268	PEHD	55.4	0.25	0.1	0.1
P-352	209	PEHD	55.4	0.2	0.08	0.05
P-353	183	PEHD	55.4	0.17	0.07	0.03
P-354	151	PEHD	55.4	0.14	0.06	0.02
P-355	161	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-356	51	PEHD	55.4	1.05	0.44	0.22
P-357	159	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-358	164	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-359	275	PEHD	55.4	0.26	0.11	0.1
P-360	143	PEHD	55.4	0.25	0.1	0.05
P-361	261	PEHD	55.4	0.24	0.1	0.09
P-362	246	PEHD	55.4	0.23	0.1	0.08
P-363	77	PEHD	55.4	0.46	0.19	0.08
P-364	124	PEHD	55.4	0.12	0.05	0.01
P-365	25	PEHD	55.4	0.02	0.01	0
P-366	101	PEHD	55.4	-0.28	0.11	0.04
P-367	30	PEHD	55.4	0.03	0.01	0
P-368	116	PEHD	55.4	-0.17	0.07	0.02
P-369	33	PVC	55.4	0.03	0.01	0
P-370	24	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-371	64	PVC	55.4	0.17	0.07	0.01
P-372	21	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-373	20	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-374	20	PVC	55.4	0.1	0.04	0
P-375	27	PVC	55.4	0.03	0.01	0
P-376	16	PVC	55.4	0.18	0.08	0
P-377	17	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-378	14	PVC	55.4	0.24	0.1	0
P-379	30	PVC	55.4	0.03	0.01	0
P-380	21	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-381	22	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-382	22	PVC	55.4	0.1	0.04	0
P-383	15	PVC	55.4	0.19	0.08	0
P-384	15	PVC	55.4	0.01	0.01	0
P-385	15	PVC	55.4	0.25	0.1	0.01

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-386	48	PVC	55.4	0.05	0.02	0
P-387	18	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-388	14	PVC	55.4	0.14	0.06	0
P-389	213	PVC	55.4	0.2	0.08	0.05
P-390	85	PVC	55.4	0.08	0.03	0
P-391	139	PVC	55.4	-0.13	0.06	0.01
P-392	146	PVC	55.4	0.43	0.18	0.13
P-393	31	PVC	55.4	0.59	0.24	0.05
P-394	154	PVC	55.4	0.14	0.06	0.02
P-395	168	PVC	55.4	0.16	0.07	0.03
P-396	79	PEHD	55.4	0.07	0.03	0
P-397	74	PEHD	55.4	0.07	0.03	0
P-398	11	PEHD	55.4	0.3	0.12	0.01
P-399	179	PVC	55.4	0.17	0.07	0.03
P-400	77	PVC	55.4	-0.07	0.03	0
P-401	180	PVC	55.4	0.17	0.07	0.03
P-402	119	PVC	55.4	0.11	0.05	0.01
P-403	51	PEHD	55.4	0.05	0.02	0
P-404	147	PEHD	55.4	0.14	0.06	0.02
P-405	145	PEHD	55.4	0.14	0.06	0.01
P-406	119	PEHD	55.4	0.11	0.05	0.01
P-407	155	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-408	104	PEHD	51.4	0.1	0.05	0.01
P-409	49	PEHD	44	0.05	0.03	0
P-410	160	PEHD	44	0.15	0.1	0.07
P-411	26	PEHD	44	0.02	0.02	0
P-412	75	PEHD	44	0.42	0.28	0.19
P-413	11	PEHD	44	0.01	0.01	0
P-414	16	PEHD	44	0.01	0.01	0
P-415	19	PEHD	44	0.02	0.01	0
P-416	29	PEHD	44	0.09	0.06	0
P-417	15	PEHD	44	0.01	0.01	0
P-418	43	PEHD	44	0.04	0.03	0
P-419	31	PEHD	44	0.03	0.02	0
P-420	44	PEHD	44	0.17	0.11	0.02
P-421	46	PEHD	44	0.04	0.03	0
P-422	87	PEHD	44	0.08	0.05	0.01

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-423	60	PEHD	44	0.06	0.04	0
P-424	135	PEHD	44	0.13	0.08	0.04
P-425	35	PEHD	44	0.03	0.02	0
P-426	83	PEHD	44	0.08	0.05	0.01
P-427	42	PEHD	44	0.04	0.03	0
P-428	24	PEHD	44	0.02	0.01	0
P-429	11	PEHD	44	0.13	0.09	0
P-430	71	PEHD	44	0.07	0.04	0.01
P-431	58	PEHD	44	0.05	0.04	0
P-432	70	PEHD	44	0.22	0.15	0.06
P-433	40	PEHD	44	0.04	0.02	0
P-434	73	PEHD	44	0.07	0.04	0.01
P-435	11	PVC	44	0.01	0.01	0
P-436	52	PEHD	44	0.05	0.03	0
P-437	128	PEHD	44	0.12	0.08	0.03
P-438	62	PVC	44	0.06	0.04	0
P-439	101	PVC	44	0.09	0.06	0.01
P-440	20	PVC	44	0.32	0.21	0.03
P-441	113	PVC	40.8	-0.11	0.08	0.03
P-442	26	PEHD	35.2	0.02	0.03	0
P-443	27	PEHD	35.2	0.02	0.03	0
P-444	56	PEHD	35.2	0.05	0.05	0.01
P-445	46	PVC	35.2	0.04	0.04	0.01
P-446	20	PEHD	35.2	0.02	0.02	0
P-447	51	PEHD	35.2	0.05	0.05	0.01
P-448	61	PEHD	35.2	0.06	0.06	0.01
P-449	52	PEHD	35.2	0.05	0.05	0.01
P-450	46	PEHD	35.2	0.04	0.04	0.01
P-451	33	PEHD	35.2	0.03	0.03	0
P-452	14	PEHD	35.2	0.01	0.01	0
P-453	13	PVC	35.2	0.01	0.01	0
P-454	30	PVC	35.2	0.03	0.03	0
P-455	14	PVC	35.2	0.09	0.1	0.01
P-456	53	PVC	35.2	0.05	0.05	0.01
P-457	10	PVC	35.2	0.01	0.01	0
P-458	46	PVC	35.2	0.16	0.17	0.07
P-459	491	PEHD	141	0.46	0.03	0.01

(suite)

Annexe B : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-460	35	PEHD	44	0.03	0.02	0
P-461	27	PEHD	44	0.03	0.02	0

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe.

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-16	914.23	928.49	14.23
J-17	914.14	928.49	14.32
J-18	914.03	928.49	14.43
J-19	913.94	928.49	14.52
J-20	913.64	928.25	14.58
J-21	913.55	928.49	14.91
J-22	913.54	928.5	14.93
J-23	913.04	928.18	15.11
J-24	912.95	928.18	15.2
J-25	912.64	928.19	15.51
J-26	912.61	928.18	15.54
J-27	912.48	928.18	15.67
J-28	908.23	924.43	16.17
J-29	911.29	927.69	16.37
J-30	911.65	928.18	16.49
J-31	911.52	928.18	16.62
J-32	911.44	928.18	16.7
J-33	910.84	927.69	16.82
J-34	910.84	927.98	17.1
J-35	908.3	925.46	17.13
J-36	910.8	927.97	17.14
J-37	907.88	925.05	17.14
J-38	907.85	925.06	17.17
J-39	910.9	928.17	17.24
J-40	907.67	925.05	17.35
J-41	908	925.46	17.42
J-42	910.13	927.69	17.53
J-43	910.59	928.17	17.55
J-44	907.39	925.05	17.63
J-45	910.01	927.97	17.93
J-46	909.84	927.97	18.1
J-47	906.81	925.05	18.2
J-48	909.87	928.17	18.27
J-49	907.1	925.48	18.34
J-50	907.04	925.47	18.4
J-51	906.7	925.17	18.44
J-52	906.76	925.24	18.44
J-53	906.56	925.04	18.44
J-54	906.7	925.24	18.5

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-55	909.12	927.7	18.54
J-56	906.88	925.47	18.56
J-57	909.19	927.83	18.61
J-58	907	925.67	18.63
J-59	906.33	925.05	18.68
J-60	906.64	925.47	18.8
J-61	908.8	927.64	18.81
J-62	906.19	925.05	18.82
J-63	906.57	925.46	18.86
J-64	906.07	925.02	18.91
J-65	906.22	925.19	18.93
J-66	906.64	925.67	18.99
J-67	906.12	925.21	19.05
J-68	906	925.09	19.05
J-69	906	925.11	19.08
J-70	905.97	925.11	19.1
J-71	905.81	924.98	19.13
J-72	905.79	924.97	19.14
J-73	906	925.19	19.15
J-74	906.07	925.26	19.15
J-75	906	925.19	19.15
J-76	906	925.19	19.15
J-77	906	925.2	19.16
J-78	905.7	924.97	19.23
J-79	906.4	925.68	19.24
J-80	905.68	924.98	19.26
J-81	906.1	925.46	19.32
J-82	905.79	925.17	19.34
J-83	904.94	924.32	19.34
J-84	905.52	924.97	19.41
J-85	906	925.46	19.42
J-86	904.88	924.34	19.42
J-87	905.49	924.97	19.44
J-88	906.75	926.25	19.46
J-89	905.54	925.09	19.51
J-90	905.37	924.97	19.56
J-91	908	927.61	19.57
J-92	908	927.62	19.58

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-93	908	927.62	19.58
J-94	906.02	925.67	19.61
J-95	908.08	927.74	19.62
J-96	905.31	924.97	19.62
J-97	906	925.67	19.63
J-98	906	925.67	19.63
J-99	905.29	924.97	19.64
J-100	906.56	926.27	19.67
J-101	906.05	925.78	19.69
J-102	906	925.79	19.75
J-103	905.16	924.97	19.77
J-104	907.73	927.56	19.79
J-105	907.77	927.61	19.8
J-106	906	925.86	19.82
J-107	905.16	925.09	19.88
J-108	907	926.95	19.91
J-109	905.71	925.67	19.92
J-110	905.03	925.02	19.95
J-111	904.34	924.34	19.95
J-112	907	927	19.96
J-113	905.76	925.77	19.97
J-114	904.93	924.96	19.99
J-115	904.27	924.35	20.03
J-116	904.21	924.31	20.06
J-117	904.17	924.32	20.11
J-118	905.6	925.77	20.13
J-119	907.65	927.83	20.14
J-120	905.5	925.68	20.14
J-121	904.1	924.34	20.2
J-122	906.01	926.27	20.22
J-123	905.74	926.05	20.27
J-124	905.59	925.9	20.27
J-125	904.63	924.97	20.3
J-126	904.66	925.01	20.31
J-127	905.91	926.27	20.32
J-128	905.44	925.82	20.34
J-129	905.88	926.25	20.33
J-130	905.52	925.92	20.35

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-131	903.91	924.31	20.35
J-132	907.33	927.78	20.41
J-133	905.33	925.82	20.44
J-134	907.09	927.61	20.48
J-135	907	927.55	20.5
J-136	906.38	926.94	20.52
J-137	906.96	927.54	20.54
J-138	906.92	927.55	20.58
J-139	905.19	925.94	20.71
J-140	905.17	925.93	20.72
J-141	905.49	926.25	20.72
J-142	906	926.77	20.73
J-143	905.17	926.01	20.8
J-144	905.14	926.01	20.83
J-145	905.11	926.02	20.86
J-146	905	925.92	20.87
J-147	904.1	925.03	20.88
J-148	905	925.93	20.89
J-149	904.76	925.7	20.89
J-150	905.1	926.07	20.93
J-151	905	926	20.96
J-152	905.01	926.02	20.96
J-153	903.96	924.97	20.97
J-154	903.29	924.3	20.97
J-155	905	926.02	20.97
J-156	905	926.02	20.97
J-157	904.98	926	20.98
J-158	904.98	926	20.98
J-159	903.93	924.96	20.99
J-160	904.69	925.76	21.03
J-161	905.69	926.77	21.04
J-162	905.55	926.64	21.05
J-163	905.86	926.97	21.06
J-164	904.56	925.67	21.07
J-165	903.19	924.31	21.07
J-166	904.8	925.91	21.07
J-167	903.86	924.98	21.08
J-168	904.78	925.95	21.12

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-169	905.45	926.63	21.13
J-170	904.41	925.61	21.15
J-171	904.81	926.02	21.17
J-172	904.77	926	21.19
J-173	904.36	925.62	21.22
J-174	904.73	926	21.22
J-175	903.64	924.94	21.26
J-176	904.39	925.71	21.27
J-177	904.5	925.82	21.27
J-178	903.69	925.01	21.28
J-179	905.66	926.98	21.28
J-180	905.81	927.16	21.31
J-181	904.63	926	21.33
J-182	904.25	925.64	21.34
J-183	902.9	924.3	21.36
J-184	903.55	924.95	21.36
J-185	904.38	925.86	21.44
J-186	904.52	926.02	21.46
J-187	903.45	924.96	21.46
J-188	904.25	925.77	21.48
J-189	904.21	925.74	21.49
J-190	904.48	926.02	21.5
J-191	904.07	925.64	21.52
J-192	905.2	926.77	21.52
J-193	903.64	925.27	21.58
J-194	904.14	925.76	21.58
J-195	904.37	926.01	21.6
J-196	904.19	925.83	21.6
J-197	904.03	925.67	21.6
J-198	903.27	924.92	21.6
J-199	904.12	925.8	21.63
J-200	902.61	924.29	21.64
J-201	904	925.69	21.64
J-202	904	925.69	21.64
J-203	905.31	927	21.65
J-204	905.29	926.99	21.66
J-205	904.31	926.01	21.66
J-206	903.24	924.96	21.67

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-207	904.29	926	21.67
J-208	904.2	925.91	21.67
J-209	904.24	925.97	21.69
J-210	905.03	926.77	21.69
J-211	904.28	926.02	21.7
J-212	904.26	926.01	21.71
J-213	903.21	924.97	21.71
J-214	904	925.76	21.72
J-215	904.25	926.02	21.73
J-216	905.35	927.17	21.77
J-217	903.26	925.08	21.78
J-218	903.1	924.95	21.81
J-219	905.67	927.55	21.83
J-220	905.21	927.1	21.85
J-221	905.37	927.28	21.86
J-222	903.16	925.07	21.86
J-223	903	924.91	21.87
J-224	905.22	927.16	21.9
J-225	905.19	927.13	21.9
J-226	903.98	925.94	21.91
J-227	904.34	926.29	21.91
J-228	903.98	925.95	21.93
J-229	902.97	924.95	21.93
J-230	904.03	926.02	21.95
J-231	904.01	926	21.95
J-232	904	926	21.95
J-233	904	926	21.96
J-234	904	926	21.96
J-235	904.34	926.34	21.96
J-236	903.1	925.12	21.98
J-237	903.04	925.07	21.98
J-238	904.08	926.14	22.02
J-239	904.06	926.18	22.07
J-240	902.95	925.09	22.09
J-241	903.86	926	22.1
J-242	902.92	925.07	22.11
J-243	904.05	926.3	22.2
J-244	903.01	925.27	22.21

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-245	903.77	926.03	22.21
J-246	902.67	924.95	22.24
J-247	903.72	926	22.23
J-248	904.27	926.57	22.26
J-249	902.89	925.2	22.27
J-250	903.35	925.68	22.28
J-251	904.61	926.94	22.28
J-252	904.14	926.55	22.37
J-253	903.04	925.48	22.39
J-254	902.75	925.2	22.41
J-255	903.14	925.64	22.45
J-256	903.11	925.64	22.48
J-257	904.01	926.54	22.49
J-258	903.16	925.71	22.5
J-259	902.39	924.94	22.5
J-260	903.09	925.68	22.54
J-261	903.3	925.93	22.58
J-262	903	925.68	22.63
J-263	903	925.68	22.63
J-264	904	926.75	22.7
J-265	902.97	925.72	22.71
J-266	904.37	927.13	22.71
J-267	904.01	926.81	22.75
J-268	904	926.81	22.76
J-269	904	926.81	22.76
J-270	904	926.81	22.77
J-271	903	925.82	22.78
J-272	901.91	924.78	22.83
J-273	903	925.92	22.87
J-274	903	925.92	22.87
J-275	903	925.92	22.87
J-276	903.88	926.82	22.9
J-277	903.48	926.42	22.9
J-278	903.51	926.46	22.9
J-279	903.55	926.5	22.91
J-280	902.95	925.92	22.92
J-281	904	926.96	22.92
J-282	904.02	926.99	22.92

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-283	902.63	925.61	22.93
J-284	901.97	924.97	22.95
J-285	901.91	924.91	22.95
J-286	902.69	925.7	22.96
J-287	902.6	925.62	22.97
J-288	902.02	925.07	23
J-289	902.49	925.55	23.01
J-290	903.01	926.07	23.01
J-291	904	927.06	23.01
J-292	904	927.06	23.01
J-293	903.92	927	23.03
J-294	903.38	926.51	23.08
J-295	901.92	925.07	23.1
J-296	902.56	925.71	23.1
J-297	901.91	925.07	23.11
J-298	903.62	926.81	23.14
J-299	902.73	925.95	23.17
J-300	903.1	926.34	23.19
J-301	902.94	926.21	23.22
J-302	902.29	925.61	23.27
J-303	902.29	925.63	23.29
J-304	902.41	925.76	23.3
J-305	902.45	925.82	23.33
J-306	901.59	925	23.36
J-307	902.45	925.89	23.39
J-308	903.25	926.77	23.48
J-309	903.26	926.81	23.5
J-310	902.38	925.97	23.54
J-311	902.01	925.63	23.57
J-312	902.01	925.63	23.57
J-313	902.12	925.84	23.67
J-314	901.9	925.63	23.68
J-315	901.81	925.64	23.78
J-316	902.1	925.97	23.82
J-317	902.51	926.4	23.85
J-318	901.08	924.99	23.86
J-319	901.04	924.95	23.86
J-320	902.49	926.41	23.87

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-321	902.03	925.99	23.91
J-322	902.11	926.08	23.92
J-323	901.96	925.97	23.96
J-324	901.98	925.99	23.96
J-325	902.17	926.19	23.97
J-326	901.58	925.63	24
J-327	903.02	927.09	24.02
J-328	900.99	925.06	24.02
J-329	902	926.07	24.02
J-330	900.96	925.06	24.05
J-331	902.85	926.94	24.05
J-332	900.83	924.95	24.07
J-333	902.82	926.94	24.07
J-334	900.92	925.06	24.09
J-335	900.8	924.95	24.1
J-336	902.21	926.38	24.12
J-337	900.85	925.07	24.17
J-338	902.78	927.01	24.18
J-339	902.54	926.81	24.22
J-340	901.72	925.99	24.22
J-341	900.72	924.99	24.22
J-342	901.81	926.08	24.22
J-343	900.53	924.83	24.25
J-344	900.71	925.06	24.3
J-345	900.72	925.06	24.29
J-346	900.17	924.59	24.37
J-347	900.17	924.59	24.37
J-348	902.11	926.57	24.41
J-349	901.89	926.35	24.41
J-350	902	926.46	24.41
J-351	901.58	926.07	24.44
J-352	902.41	926.94	24.48
J-353	901.09	925.62	24.48
J-354	900.42	925.06	24.59
J-355	900.18	924.83	24.6
J-356	901.7	926.4	24.65
J-357	900.14	924.88	24.69
J-358	900.31	925.06	24.7

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-359	900.19	924.99	24.75
J-360	902.29	927.08	24.74
J-361	899.65	924.52	24.82
J-362	902.13	927.05	24.87
J-363	900.02	924.99	24.92
J-364	900.02	925.06	24.99
J-365	901.27	926.31	24.99
J-366	899.75	924.88	25.08
J-367	900.28	925.61	25.28
J-368	899.45	924.88	25.38
J-369	899.43	924.99	25.51
J-370	899.35	924.91	25.51
J-371	899.4	924.98	25.53
J-372	899.15	924.89	25.68
J-373	899.18	924.94	25.71
J-374	899.73	925.61	25.83
J-375	899.05	924.95	25.85
J-376	899.09	924.99	25.85
J-377	899.47	925.58	26.05
J-378	899.75	925.93	26.13
J-379	898.67	924.89	26.17
J-380	898.61	924.89	26.22
J-381	899.83	926.12	26.24
J-382	899.8	926.11	26.26
J-383	899.6	925.93	26.27
J-384	898.55	924.89	26.29
J-385	899.22	925.61	26.33
J-386	899.56	926.05	26.44
J-387	898.39	924.89	26.44
J-388	899.37	925.92	26.5
J-389	899.2	925.91	26.66
J-390	899.38	926.1	26.67
J-391	898.89	925.62	26.68
J-392	899.08	925.83	26.7
J-393	898.98	925.79	26.76
J-394	898.7	925.57	26.82
J-395	899.03	925.92	26.84
J-396	898.68	925.62	26.89

Annexe C : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe (suite)

Nœud	Cote de terrain (m)	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-397	898.95	926.07	27.06
J-398	898.38	925.54	27.11
J-399	898.68	925.92	27.18
J-400	898.19	925.55	27.3
J-401	898.37	925.74	27.31
J-402	898.32	925.7	27.33
J-403	898.37	925.79	27.36
J-404	898.13	925.7	27.51
J-405	898.3	925.87	27.52
J-406	898	925.65	27.59
J-407	898.24	925.92	27.63
J-408	897.84	925.59	27.69
J-409	897.73	925.55	27.76
J-410	897.47	925.58	28.05
J-411	897.67	925.79	28.06
J-412	897.44	925.64	28.14
J-413	897.3	925.6	28.24
J-414	900	925.06	25.01

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie.

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-16	40	PVC	176.2	-6.47	0.27	0.02
P-17	490	PVC	44	0.46	0.3	1.48
P-18	44	PVC	79.2	2.5	0.51	0.16
P-19	218	PVC	152.4	0.2	0.01	0
P-20	50	PVC	141	0.3	0.02	0
P-21	36	PEHD	35.2	0.03	0.03	0
P-22	5	PVC	55.4	0.59	0.25	0.01
P-23	94	PVC	79.2	1.34	0.27	0.11
P-24	32	PEHD	55.4	0.03	0.01	0
P-25	31	PEHD	141	2.35	0.15	0.01
P-26	21	PEHD	141	2.81	0.18	0.01
P-27	37	PEHD	141	1.87	0.12	0.01
P-28	39	PEHD	141	1.91	0.12	0.01
P-29	39	PEHD	141	2.35	0.15	0.01
P-30	31	PVC	141	-4.25	0.27	0.02
P-31	47	PVC	141	-3.83	0.25	0.02
P-32	23	PVC	141	-16.02	1.03	0.15
P-33	179	PVC	141	-14.4	0.92	0.93
P-34	79	PEHD	141	1.44	0.09	0.01
P-35	149	PEHD	141	2.09	0.13	0.03
P-36	8	PEHD	141	40.02	2.56	0.28
P-37	5	PEHD	141	40.07	2.57	0.17
P-38	63	PEHD	141	-14.94	0.96	0.35
P-39	15	PEHD	141	27.58	1.77	0.26
P-40	40	PVC	141	8.86	0.57	0.09
P-41	473	PVC	141	-18.22	1.17	3.77
P-42	58	PEHD	141	12.68	0.81	0.24
P-43	18	PVC	141	21.38	1.37	0.19
P-44	133	PVC	141	-2.5	0.16	0.03
P-45	64	PVC	141	-12.69	0.81	0.27
P-46	87	PVC	141	-11.95	0.77	0.32
P-47	121	PEHD	141	-15.25	0.98	0.7
P-48	154	PEHD	141	-15	0.96	0.86
P-49	21	PEHD	141	-16.98	1.09	0.14
P-50	108	PVC	141	1.78	0.11	0.01
P-51	42	PVC	141	0.04	0	0
P-52	7	PEHD	141	-5.4	0.35	0.01

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-53	8	PEHD	141	22.97	1.47	0.1
P-54	12	PEHD	141	-1.64	0.1	0
P-55	30	PVC	141	-34.08	2.18	0.73
P-56	4	PVC	141	-27.37	1.75	0.07
P-57	22	PEHD	141	0.73	0.05	0
P-58	54	PEHD	141	-11.9	0.76	0.2
P-59	187	PEHD	141	-9.45	0.61	0.46
P-60	43	PEHD	141	1.5	0.1	0
P-61	197	PEHD	141	0.18	0.01	0
P-62	37	PEHD	141	0.75	0.05	0
P-63	41	PEHD	141	1.11	0.07	0
P-64	31	PEHD	141	0.34	0.02	0
P-65	112	PVC	141	-13.36	0.86	0.51
P-66	15	PVC	141	-12.88	0.82	0.07
P-67	17	PVC	141	-34.13	2.19	0.42
P-68	62	PEHD	141	-17.47	1.12	0.46
P-69	45	PEHD	141	-16.88	1.08	0.31
P-70	31	PEHD	141	-16.66	1.07	0.21
P-71	68	PVC	141	-18.88	1.21	0.58
P-72	20	PEHD	141	0.02	0	0
P-73	22	PEHD	141	2.05	0.13	0
P-74	24	PEHD	141	3.44	0.22	0.01
P-75	24	PEHD	141	4.41	0.28	0.01
P-76	35	PEHD	141	5.08	0.33	0.03
P-77	27	PEHD	141	5.44	0.35	0.02
P-78	80	PVC	141	1.36	0.09	0.01
P-79	40	PVC	141	1.8	0.12	0.01
P-80	36	PVC	141	3.89	0.25	0.02
P-81	131	PVC	141	6.57	0.42	0.17
P-82	127	PEHD	141	11.58	0.74	0.45
P-83	456	PEHD	141	12.63	0.81	1.88
P-84	34	PVC	141	-11.62	0.74	0.12
P-85	84	PEHD	141	-5.35	0.34	0.07
P-86	239	PVC	141	-14.73	0.94	1.3
P-87	18	PVC	141	-24.67	1.58	0.25
P-88	20	PEHD	141	2.11	0.14	0

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-89	23	PEHD	141	-7.12	0.46	0.03
P-90	417	PEHD	141	-6.71	0.43	0.55
P-91	44	PEHD	141	-2.06	0.13	0.01
P-92	516	PEHD	141	-12.26	0.79	2.02
P-93	10	PEHD	141	-13.85	0.89	0.05
P-94	103	PEHD	141	-6.03	0.39	0.11
P-95	6	PEHD	110.2	14.76	1.55	0.11
P-96	957	PEHD	110.2	-3.1	0.32	1.05
P-97	30	PEHD	110.2	-1.41	0.15	0.01
P-98	206	PEHD	110.2	0.19	0.02	0
P-99	228	PEHD	110.2	2.62	0.27	0.19
P-100	73	PEHD	110.2	2.49	0.26	0.05
P-101	10	PEHD	110.2	4.15	0.44	0.02
P-102	57	PEHD	110.2	4.68	0.49	0.13
P-103	67	PEHD	110.2	4.93	0.52	0.17
P-104	83	PEHD	110.2	5.21	0.55	0.23
P-105	1,279	PEHD	110.2	2.64	0.28	1.06
P-106	121	PEHD	110.2	-4.81	0.5	0.29
P-107	137	PEHD	110.2	-4.57	0.48	0.3
P-108	76	PVC	102.2	0.56	0.07	0.01
P-109	100	PVC	102.2	0.82	0.1	0.02
P-110	78	PVC	102.2	0.84	0.1	0.01
P-111	25	PVC	96.8	0.02	0	0
P-112	26	PVC	96.8	-0.18	0.02	0
P-113	65	PEHD	96.8	-1.78	0.24	0.05
P-114	63	PVC	96.8	0.06	0.01	0
P-115	46	PVC	96.8	-4.52	0.61	0.18
P-116	198	PVC	96.8	-1.13	0.15	0.07
P-117	182	PEHD	96.8	0.17	0.02	0
P-118	43	PEHD	96.8	-1.21	0.16	0.02
P-119	11	PEHD	96.8	1.63	0.22	0.01
P-120	87	PVC	96.8	2.91	0.4	0.16
P-121	35	PVC	96.8	1.59	0.22	0.02
P-122	187	PVC	96.8	-1.29	0.18	0.08
P-123	22	PVC	96.8	-0.14	0.02	0
P-124	62	PVC	96.8	-0.06	0.01	0

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-125	109	PVC	96.8	0.22	0.03	0
P-126	101	PEHD	96.8	0.09	0.01	0
P-127	97	PEHD	96.8	-2.17	0.29	0.1
P-128	625	PEHD	96.8	-19.2	2.61	33.5
P-129	31	PEHD	96.8	1.1	0.15	0.01
P-130	38	PEHD	96.8	1.48	0.2	0.02
P-131	70	PEHD	96.8	0.07	0.01	0
P-132	74	PEHD	96.8	0.25	0.03	0
P-133	7	PEHD	96.8	-0.74	0.1	0
P-134	14	PVC	79.2	-1.18	0.24	0.01
P-135	12	PVC	79.2	-1.15	0.23	0.01
P-136	65	PEHD	79.2	0.06	0.01	0
P-137	69	PEHD	79.2	0.25	0.05	0
P-138	221	PEHD	79.2	0.21	0.04	0.01
P-139	223	PEHD	79.2	0.21	0.04	0.01
P-140	83	PEHD	79.2	0.08	0.02	0
P-141	123	PEHD	79.2	-2.19	0.44	0.35
P-142	14	PEHD	79.2	0.09	0.02	0
P-143	25	PEHD	79.2	0.2	0.04	0
P-144	60	PEHD	79.2	1.09	0.22	0.05
P-145	49	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-146	151	PEHD	79.2	0.29	0.06	0.01
P-147	3	PEHD	79.2	0.53	0.11	0
P-148	41	PEHD	79.2	-0.4	0.08	0.01
P-149	24	PVC	79.2	0.32	0.06	0
P-150	25	PEHD	79.2	0.6	0.12	0.01
P-151	27	PVC	79.2	-0.03	0.01	0
P-152	47	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-153	87	PVC	79.2	0.08	0.02	0
P-154	36	PEHD	79.2	0.31	0.06	0
P-155	38	PEHD	79.2	1.56	0.32	0.06
P-156	176	PVC	79.2	0.16	0.03	0
P-157	158	PEHD	79.2	2.24	0.45	0.47
P-158	131	PVC	79.2	2.51	0.51	0.48
P-159	68	PVC	79.2	0.06	0.01	0
P-160	20	PVC	79.2	4.04	0.82	0.17

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-161	77	PVC	79.2	0.07	0.01	0
P-162	42	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-163	33	PVC	79.2	-0.03	0.01	0
P-164	5	PVC	79.2	3.16	0.64	0.03
P-165	69	PVC	79.2	0.16	0.03	0
P-166	88	PVC	79.2	-2.84	0.58	0.4
P-167	32	PVC	79.2	0.47	0.09	0.01
P-168	127	PVC	79.2	-3.64	0.74	0.9
P-169	34	PVC	79.2	-2.99	0.61	0.17
P-170	252	PEHD	79.2	2.44	0.49	0.87
P-171	90	PEHD	79.2	1.93	0.39	0.21
P-172	44	PEHD	79.2	0.04	0.01	0
P-173	49	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-174	57	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-175	41	PEHD	79.2	0.24	0.05	0
P-176	92	PEHD	79.2	0.09	0.02	0
P-177	19	PEHD	79.2	0.47	0.09	0
P-178	208	PEHD	79.2	0.19	0.04	0.01
P-179	133	PEHD	79.2	0.12	0.03	0
P-180	40	PEHD	79.2	0.66	0.13	0.01
P-181	175	PEHD	79.2	0.16	0.03	0
P-182	84	PEHD	79.2	0.08	0.02	0
P-183	48	PEHD	79.2	0.05	0.01	0
P-184	56	PEHD	79.2	0.3	0.06	0.01
P-185	151	PEHD	79.2	0.14	0.03	0
P-186	169	PEHD	79.2	0.16	0.03	0
P-187	28	PEHD	79.2	1.5	0.3	0.04
P-188	21	PEHD	79.2	2	0.41	0.05
P-189	43	PEHD	79.2	1.8	0.37	0.09
P-190	47	PEHD	79.2	2.14	0.43	0.13
P-191	46	PEHD	79.2	1.54	0.31	0.07
P-192	46	PEHD	79.2	0.89	0.18	0.03
P-193	148	PVC	79.2	0.34	0.07	0.02
P-194	189	PVC	79.2	1.31	0.27	0.22
P-195	175	PVC	79.2	-2.68	0.54	0.72
P-196	20	PVC	79.2	-2.39	0.49	0.07

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-197	157	PVC	79.2	-1.38	0.28	0.2
P-198	25	PVC	79.2	-1.01	0.2	0.02
P-199	79	PEHD	79.2	0.07	0.01	0
P-200	117	PEHD	79.2	-0.26	0.05	0.01
P-201	93	PVC	79.2	0.09	0.02	0
P-202	141	PVC	79.2	0.23	0.05	0.01
P-203	36	PVC	79.2	0.44	0.09	0.01
P-204	44	PVC	79.2	0.42	0.08	0.01
P-205	84	PVC	79.2	-1.67	0.34	0.15
P-206	42	PVC	79.2	1.04	0.21	0.03
P-207	41	PVC	79.2	2.87	0.58	0.19
P-208	18	PVC	79.2	0.03	0.01	0
P-209	39	PVC	79.2	0.08	0.02	0
P-210	47	PVC	79.2	3.1	0.63	0.25
P-211	35	PVC	79.2	2.13	0.43	0.09
P-212	17	PVC	79.2	1.46	0.3	0.02
P-213	130	PVC	79.2	1.23	0.25	0.13
P-214	22	PVC	79.2	3.56	0.72	0.15
P-215	22	PVC	79.2	2.49	0.51	0.08
P-216	129	PVC	79.2	0.8	0.16	0.06
P-217	23	PVC	79.2	1.86	0.38	0.05
P-218	129	PVC	79.2	0.5	0.1	0.03
P-219	35	PVC	79.2	1.53	0.31	0.05
P-220	129	PVC	79.2	0.18	0.04	0
P-221	27	PVC	79.2	1.53	0.31	0.04
P-222	39	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-223	167	PVC	79.2	0.45	0.09	0.03
P-224	140	PVC	79.2	0.15	0.03	0
P-225	83	PVC	79.2	0.66	0.13	0.03
P-226	53	PVC	79.2	0.9	0.18	0.03
P-227	53	PVC	79.2	0.7	0.14	0.02
P-228	35	PVC	79.2	-0.71	0.14	0.01
P-229	120	PVC	79.2	-0.11	0.02	0
P-230	82	PVC	79.2	0.3	0.06	0.01
P-231	52	PVC	79.2	0.58	0.12	0.01
P-232	27	PVC	79.2	-0.4	0.08	0

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-233	81	PVC	79.2	0.12	0.02	0
P-234	52	PVC	79.2	0.63	0.13	0.02
P-235	24	PVC	79.2	0.44	0.09	0
P-236	56	PVC	79.2	0.71	0.14	0.02
P-237	83	PVC	79.2	1.6	0.33	0.14
P-238	39	PVC	79.2	-1.41	0.29	0.05
P-239	83	PVC	79.2	-1.95	0.4	0.19
P-240	35	PVC	79.2	-0.07	0.01	0
P-241	85	PVC	79.2	-2.03	0.41	0.21
P-242	128	PVC	79.2	-0.32	0.06	0.01
P-243	130	PVC	79.2	-1.87	0.38	0.28
P-244	18	PVC	79.2	-3.1	0.63	0.1
P-245	24	PVC	79.2	0.47	0.1	0
P-246	177	PVC	79.2	0.76	0.15	0.08
P-247	43	PVC	79.2	0.91	0.19	0.03
P-248	10	PVC	79.2	1.89	0.38	0.02
P-249	98	PVC	79.2	0.1	0.02	0
P-250	79	PVC	79.2	0.63	0.13	0.03
P-251	78	PVC	79.2	0.4	0.08	0.01
P-252	21	PVC	79.2	0.16	0.03	0
P-253	44	PVC	79.2	0.59	0.12	0.01
P-254	47	PVC	79.2	-0.04	0.01	0
P-255	16	PVC	79.2	-0.19	0.04	0
P-256	97	PVC	79.2	0.48	0.1	0.02
P-257	126	PVC	79.2	0.12	0.02	0
P-258	80	PVC	79.2	0.7	0.14	0.03
P-259	17	PVC	79.2	2.68	0.54	0.07
P-260	57	PVC	79.2	-0.18	0.04	0
P-261	16	PVC	79.2	1.78	0.36	0.03
P-262	7	PVC	79.2	2.03	0.41	0.02
P-263	30	PEHD	79.2	0.46	0.09	0.01
P-264	55	PVC	79.2	1.4	0.28	0.07
P-265	21	PVC	79.2	-0.08	0.02	0
P-266	77	PVC	79.2	1.62	0.33	0.13
P-267	54	PVC	79.2	2.28	0.46	0.17
P-268	78	PVC	79.2	0.77	0.16	0.04

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-269	24	PVC	79.2	1.36	0.28	0.03
P-270	78	PVC	79.2	1.01	0.2	0.06
P-271	138	PVC	79.2	0.13	0.03	0
P-272	53	PEHD	79.2	1.09	0.22	0.05
P-273	93	PVC	79.2	0.88	0.18	0.05
P-274	9	PEHD	79.2	-0.28	0.06	0
P-275	64	PVC	79.2	0.06	0.01	0
P-276	46	PVC	79.2	0.04	0.01	0
P-277	50	PVC	79.2	0.25	0.05	0
P-278	114	PEHD	79.2	0.11	0.02	0
P-279	10	PEHD	79.2	-0.36	0.07	0
P-280	80	PEHD	79.2	-0.07	0.01	0
P-281	8	PEHD	79.2	-0.67	0.14	0
P-282	87	PEHD	79.2	-1.55	0.31	0.14
P-283	17	PEHD	79.2	-2.12	0.43	0.05
P-284	14	PEHD	79.2	-0.41	0.08	0
P-285	74	PEHD	79.2	-0.23	0.05	0
P-286	166	PVC	79.2	0.15	0.03	0
P-287	158	PVC	79.2	-0.48	0.1	0.03
P-288	13	PVC	79.2	-1.42	0.29	0.02
P-289	194	PVC	79.2	-3.25	0.66	1.12
P-290	4	PVC	79.2	-0.64	0.13	0
P-291	61	PVC	79.2	0.06	0.01	0
P-292	12	PEHD	79.2	1.05	0.21	0.01
P-293	26	PEHD	79.2	-17.53	3.56	3.13
P-294	30	PEHD	79.2	0.92	0.19	0.02
P-295	31	PEHD	79.2	0.58	0.12	0.01
P-296	32	PEHD	79.2	0.25	0.05	0
P-297	109	PEHD	66	-0.1	0.03	0
P-298	94	PEHD	66	0.88	0.26	0.13
P-299	16	PEHD	66	-0.75	0.22	0.02
P-300	3	PEHD	66	0.28	0.08	0
P-301	76	PEHD	66	0.63	0.19	0.06
P-302	35	PEHD	66	0.93	0.27	0.05
P-303	28	PEHD	66	1.14	0.33	0.06
P-304	56	PEHD	66	0.66	0.19	0.05

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-305	26	PEHD	66	0.02	0.01	0
P-306	213	PEHD	66	0.48	0.14	0.1
P-307	29	PEHD	61.4	1.43	0.48	0.13
P-308	80	PVC	55.4	0.07	0.03	0
P-309	25	PVC	55.4	-0.41	0.17	0.02
P-310	107	PEHD	55.4	0.1	0.04	0
P-311	44	PEHD	55.4	0.33	0.14	0.03
P-312	35	PEHD	55.4	0.52	0.22	0.04
P-313	44	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-314	40	PEHD	55.4	0.67	0.28	0.08
P-315	17	PEHD	55.4	0.02	0.01	0
P-316	24	PEHD	55.4	0.19	0.08	0.01
P-317	36	PEHD	55.4	0.28	0.12	0.02
P-318	8	PEHD	55.4	1.03	0.43	0.04
P-319	40	PEHD	55.4	0.18	0.07	0.01
P-320	31	PEHD	55.4	-0.03	0.01	0
P-321	46	PEHD	55.4	0.11	0.05	0
P-322	24	PEHD	55.4	0.02	0.01	0
P-323	14	PEHD	55.4	0.01	0.01	0
P-324	38	PEHD	55.4	0.04	0.01	0
P-325	23	PEHD	55.4	0.25	0.1	0.01
P-326	48	PEHD	55.4	-0.04	0.02	0
P-327	45	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-328	19	PEHD	55.4	-0.16	0.07	0
P-329	15	PEHD	55.4	0.01	0.01	0
P-330	47	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-331	32	PVC	55.4	0.45	0.19	0.03
P-332	175	PEHD	55.4	0.16	0.07	0.03
P-333	20	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-334	72	PEHD	55.4	-0.07	0.03	0
P-335	48	PEHD	55.4	0.04	0.02	0
P-336	51	PEHD	55.4	0.05	0.02	0
P-337	68	PVC	55.4	0.06	0.03	0
P-338	58	PVC	55.4	0.29	0.12	0.03
P-339	88	PVC	55.4	0.55	0.23	0.12
P-340	80	PVC	55.4	0.07	0.03	0

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-341	47	PVC	55.4	0.04	0.02	0
P-342	75	PVC	55.4	0.07	0.03	0
P-343	97	PVC	55.4	0.09	0.04	0
P-344	17	PVC	55.4	0.34	0.14	0.01
P-345	44	PVC	55.4	0.04	0.02	0
P-346	120	PEHD	55.4	0.11	0.05	0.01
P-347	39	PEHD	55.4	0.34	0.14	0.02
P-348	38	PEHD	55.4	0.52	0.22	0.05
P-349	27	PEHD	55.4	0.68	0.28	0.05
P-350	198	PEHD	55.4	0.27	0.11	0.08
P-351	268	PEHD	55.4	0.25	0.1	0.1
P-352	209	PEHD	55.4	0.2	0.08	0.05
P-353	183	PEHD	55.4	0.17	0.07	0.03
P-354	151	PEHD	55.4	0.14	0.06	0.02
P-355	161	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-356	51	PEHD	55.4	1.05	0.44	0.22
P-357	159	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-358	164	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-359	275	PEHD	55.4	0.26	0.11	0.1
P-360	143	PEHD	55.4	0.25	0.1	0.05
P-361	261	PEHD	55.4	0.24	0.1	0.09
P-362	246	PEHD	55.4	0.23	0.1	0.08
P-363	77	PEHD	55.4	0.46	0.19	0.08
P-364	124	PEHD	55.4	0.12	0.05	0.01
P-365	25	PEHD	55.4	0.02	0.01	0
P-366	101	PEHD	55.4	-0.28	0.11	0.04
P-367	30	PEHD	55.4	0.03	0.01	0
P-368	116	PEHD	55.4	-0.17	0.07	0.02
P-369	33	PVC	55.4	0.03	0.01	0
P-370	24	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-371	64	PVC	55.4	0.17	0.07	0.01
P-372	21	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-373	20	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-374	20	PVC	55.4	0.1	0.04	0
P-375	27	PVC	55.4	0.03	0.01	0
P-376	16	PVC	55.4	0.18	0.08	0

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-377	17	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-378	14	PVC	55.4	0.24	0.1	0
P-379	30	PVC	55.4	0.03	0.01	0
P-380	21	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-381	22	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-382	22	PVC	55.4	0.1	0.04	0
P-383	15	PVC	55.4	0.19	0.08	0
P-384	15	PVC	55.4	0.01	0.01	0
P-385	15	PVC	55.4	0.25	0.1	0.01
P-386	48	PVC	55.4	0.05	0.02	0
P-387	18	PVC	55.4	0.02	0.01	0
P-388	14	PVC	55.4	0.14	0.06	0
P-389	213	PVC	55.4	0.2	0.08	0.05
P-390	85	PVC	55.4	0.08	0.03	0
P-391	139	PVC	55.4	-0.1	0.04	0.01
P-392	146	PVC	55.4	0.62	0.26	0.25
P-393	31	PVC	55.4	0.81	0.34	0.08
P-394	154	PVC	55.4	0.14	0.06	0.02
P-395	168	PVC	55.4	0.16	0.07	0.03
P-396	79	PEHD	55.4	0.07	0.03	0
P-397	74	PEHD	55.4	0.07	0.03	0
P-398	11	PEHD	55.4	0.3	0.12	0.01
P-399	179	PVC	55.4	0.17	0.07	0.03
P-400	77	PVC	55.4	-0.07	0.03	0
P-401	180	PVC	55.4	0.17	0.07	0.03
P-402	119	PVC	55.4	0.11	0.05	0.01
P-403	51	PEHD	55.4	0.05	0.02	0
P-404	147	PEHD	55.4	0.14	0.06	0.02
P-405	145	PEHD	55.4	0.14	0.06	0.01
P-406	119	PEHD	55.4	0.11	0.05	0.01
P-407	155	PEHD	55.4	0.15	0.06	0.02
P-408	104	PEHD	51.4	0.1	0.05	0.01
P-409	49	PEHD	44	0.05	0.03	0
P-410	160	PEHD	44	0.15	0.1	0.07
P-411	26	PEHD	44	0.02	0.02	0
P-412	75	PEHD	44	0.42	0.28	0.19

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-413	11	PEHD	44	0.01	0.01	0
P-414	16	PEHD	44	0.01	0.01	0
P-415	19	PEHD	44	0.02	0.01	0
P-416	29	PEHD	44	0.09	0.06	0
P-417	15	PEHD	44	0.01	0.01	0
P-418	43	PEHD	44	0.04	0.03	0
P-419	31	PEHD	44	0.03	0.02	0
P-420	44	PEHD	44	0.17	0.11	0.02
P-421	46	PEHD	44	0.04	0.03	0
P-422	87	PEHD	44	0.08	0.05	0.01
P-423	60	PEHD	44	0.06	0.04	0
P-424	135	PEHD	44	0.13	0.08	0.04
P-425	35	PEHD	44	0.03	0.02	0
P-426	83	PEHD	44	0.08	0.05	0.01
P-427	42	PEHD	44	0.04	0.03	0
P-428	24	PEHD	44	0.02	0.01	0
P-429	11	PEHD	44	0.13	0.09	0
P-430	71	PEHD	44	0.07	0.04	0.01
P-431	58	PEHD	44	0.05	0.04	0
P-432	70	PEHD	44	0.22	0.15	0.06
P-433	40	PEHD	44	0.04	0.02	0
P-434	73	PEHD	44	0.07	0.04	0.01
P-435	11	PVC	44	0.01	0.01	0
P-436	52	PEHD	44	0.05	0.03	0
P-437	128	PEHD	44	0.12	0.08	0.03
P-438	62	PVC	44	0.06	0.04	0
P-439	101	PVC	44	0.09	0.06	0.01
P-440	20	PVC	44	0.32	0.21	0.03
P-441	113	PVC	40.8	-17.11	13.08	326.07
P-442	26	PEHD	35.2	0.02	0.03	0
P-443	27	PEHD	35.2	0.02	0.03	0
P-444	56	PEHD	35.2	0.05	0.05	0.01
P-445	46	PVC	35.2	0.04	0.04	0.01
P-446	20	PEHD	35.2	0.02	0.02	0
P-447	51	PEHD	35.2	0.05	0.05	0.01
P-448	61	PEHD	35.2	0.06	0.06	0.01

(suite)

Annexe D : Résultat de la simulation du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

Pipe	Lon-gueur (m)	Matériau	D_{Int} (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
P-449	52	PEHD	35.2	0.05	0.05	0.01
P-450	46	PEHD	35.2	0.04	0.04	0.01
P-451	33	PEHD	35.2	0.03	0.03	0
P-452	14	PEHD	35.2	0.01	0.01	0
P-453	13	PVC	35.2	0.01	0.01	0
P-454	30	PVC	35.2	0.03	0.03	0
P-455	14	PVC	35.2	0.09	0.1	0.01
P-456	53	PVC	35.2	0.05	0.05	0.01
P-457	10	PVC	35.2	0.01	0.01	0
P-458	46	PVC	35.2	0.16	0.17	0.07
P-459	491	PEHD	141	0.46	0.03	0.01
P-460	35	PEHD	44	0.03	0.02	0
P-461	27	PEHD	44	0.03	0.02	0

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-16	914.23	927.13	12.88
J-17	914.14	927.14	12.97
J-18	914.03	927.13	13.08
J-19	913.94	927.14	13.17
J-20	913.64	926.96	13.3
J-21	913.55	927.13	13.56
J-22	913.54	927.14	13.57
J-23	913.04	926.68	13.61
J-24	912.95	926.68	13.7
J-25	912.64	926.69	14.02
J-26	912.61	926.68	14.04
J-27	912.48	926.68	14.17
J-28	908.23	921.14	12.88
J-29	911.29	926	14.68
J-30	911.65	926.68	15
J-31	911.52	926.68	15.12
J-32	911.44	926.68	15.2
J-33	910.84	926	15.13
J-34	910.84	926.37	15.5
J-35	908.3	921.14	12.81
J-36	910.8	926.37	15.54
J-37	907.88	919.29	11.39
J-38	907.85	919.3	11.43
J-39	910.9	926.67	15.74
J-40	907.67	919.29	11.6
J-41	908	921.16	13.13
J-42	910.13	926	15.84
J-43	910.59	926.67	16.05
J-44	907.39	919.23	11.82
J-45	910.01	926.37	16.33
J-46	909.84	926.37	16.5
J-47	906.81	919.29	12.45
J-48	909.87	926.67	16.77
J-49	907.1	921.32	14.19
J-50	907.04	921.32	14.25
J-51	906.7	920.02	13.29
J-52	906.76	920.93	14.15
J-53	906.56	919.08	12.49

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-54	906.7	920.94	14.21
J-55	909.12	926.01	16.85
J-56	906.88	921.14	14.24
J-57	909.19	926.16	16.93
J-58	907	922.24	15.21
J-59	906.33	919.13	12.77
J-60	906.64	921.32	14.65
J-61	908.8	926.02	17.19
J-62	906.19	919.23	13.01
J-63	906.57	921.31	14.71
J-64	906.07	919.19	13.09
J-65	906.22	920.89	14.64
J-66	906.64	922.25	15.58
J-67	906.12	920.9	14.75
J-68	906	920.78	14.75
J-69	906	920.81	14.78
J-70	905.97	920.81	14.81
J-71	905.81	919.74	13.91
J-72	905.79	919.79	13.97
J-73	906	920.88	14.85
J-74	906.07	920.95	14.85
J-75	906	920.89	14.86
J-76	906	920.89	14.86
J-77	906	920.9	14.87
J-78	905.7	919.78	14.05
J-79	906.4	922.22	15.79
J-80	905.68	919.78	14.07
J-81	906.1	921.3	15.17
J-82	905.79	920.01	14.19
J-83	904.94	882.43	-22.47
J-84	905.52	919.81	14.26
J-85	906	921.3	15.27
J-86	904.88	882.45	-22.39
J-87	905.49	919.77	14.26
J-88	906.75	923.22	16.44
J-89	905.54	920.78	15.21
J-90	905.37	919.78	14.38
J-91	908	925.89	17.86

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-92	908	925.9	17.86
J-93	908	925.9	17.86
J-94	906.02	922.23	16.18
J-95	908.08	926.01	17.89
J-96	905.31	919.78	14.44
J-97	906	922.24	16.21
J-98	906	922.24	16.21
J-99	905.29	919.77	14.45
J-100	906.56	923.24	16.64
J-101	906.05	922.46	16.37
J-102	906	922.48	16.45
J-103	905.16	919.77	14.58
J-104	907.73	925.84	18.08
J-105	907.77	925.89	18.08
J-106	906	922.59	16.55
J-107	905.16	920.78	15.59
J-108	907	924.77	17.74
J-109	905.71	922.24	16.5
J-110	905.03	919.19	14.13
J-111	904.34	885.57	-18.73
J-112	907	924.86	17.82
J-113	905.76	922.45	16.66
J-114	904.93	919.76	14.8
J-115	904.27	885.58	-18.65
J-116	904.21	885.54	-18.63
J-117	904.17	885.55	-18.58
J-118	905.6	922.01	16.37
J-119	907.65	926.15	18.46
J-120	905.5	922.28	16.74
J-121	904.1	885.57	-18.49
J-122	906.01	923.24	17.2
J-123	905.74	922.84	17.06
J-124	905.59	922.65	17.03
J-125	904.63	919.77	15.11
J-126	904.66	920.06	15.37
J-127	905.91	923.24	17.3
J-128	905.44	922.52	17.05
J-129	905.88	923.22	17.31

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-130	905.52	922.62	17.07
J-131	903.91	556.38	-346.83
J-132	907.33	926.11	18.74
J-133	905.33	922.52	17.16
J-134	907.09	925.89	18.76
J-135	907	925.83	18.79
J-136	906.38	925.11	18.69
J-137	906.96	925.82	18.82
J-138	906.92	925.83	18.87
J-139	905.19	922.64	17.42
J-140	905.17	922.63	17.43
J-141	905.49	923.22	17.7
J-142	906	924.94	18.91
J-143	905.17	922.84	17.64
J-144	905.14	922.71	17.53
J-145	905.11	922.85	17.71
J-146	905	922.63	17.59
J-147	904.1	920.24	16.1
J-148	905	922.65	17.62
J-149	904.76	922.3	17.51
J-150	905.1	922.85	17.72
J-151	905	922.84	17.8
J-152	905.01	922.82	17.78
J-153	903.96	919.8	15.81
J-154	903.29	885.54	-17.72
J-155	905	922.85	17.82
J-156	905	922.85	17.82
J-157	904.98	922.83	17.82
J-158	904.98	922.83	17.82
J-159	903.93	919.76	15.8
J-160	904.69	922.43	17.7
J-161	905.69	924.94	19.21
J-162	905.55	924.82	19.23
J-163	905.86	924.78	18.88
J-164	904.56	922.26	17.67
J-165	903.19	885.54	-17.61
J-166	904.8	922.62	17.79
J-167	903.86	919.86	15.96

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-168	904.78	922.65	17.83
J-169	905.45	924.8	19.31
J-170	904.41	922.18	17.73
J-171	904.81	922.88	18.03
J-172	904.77	922.84	18.03
J-173	904.36	922.18	17.78
J-174	904.73	922.83	18.07
J-175	903.64	919.74	16.07
J-176	904.39	922.33	17.9
J-177	904.5	922.52	17.98
J-178	903.69	920.06	16.34
J-179	905.66	924.84	19.14
J-180	905.81	925.08	19.23
J-181	904.63	922.84	18.17
J-182	904.25	922.23	17.94
J-183	902.9	885.53	-17.33
J-184	903.55	919.75	16.17
J-185	904.38	922.58	18.17
J-186	904.52	922.87	18.32
J-187	903.45	919.76	16.27
J-188	904.25	922.45	18.16
J-189	904.21	922.4	18.15
J-190	904.48	922.88	18.36
J-191	904.07	922.23	18.12
J-192	905.2	924.94	19.7
J-193	903.64	921.01	17.34
J-194	904.14	922.43	18.25
J-195	904.37	922.85	18.44
J-196	904.19	922.55	18.33
J-197	904.03	922.26	18.2
J-198	903.27	919.72	16.41
J-199	904.12	922.52	18.36
J-200	902.61	885.53	-17.05
J-201	904	922.3	18.26
J-202	904	922.3	18.26
J-203	905.31	924.81	19.46
J-204	905.29	924.8	19.47
J-205	904.31	922.84	18.5

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-206	903.24	919.76	16.48
J-207	904.29	922.83	18.51
J-208	904.2	922.62	18.39
J-209	904.24	922.82	18.54
J-210	905.03	924.94	19.87
J-211	904.28	922.87	18.56
J-212	904.26	922.84	18.55
J-213	903.21	919.78	16.54
J-214	904	922.43	18.39
J-215	904.25	922.87	18.59
J-216	905.35	925.34	19.95
J-217	903.26	920.5	17.21
J-218	903.1	919.75	16.62
J-219	905.67	925.83	20.12
J-220	905.21	925.09	19.84
J-221	905.37	925.45	20.04
J-222	903.16	920.44	17.24
J-223	903	919.71	16.68
J-224	905.22	925.33	20.07
J-225	905.19	925.3	20.07
J-226	903.98	922.77	18.75
J-227	904.34	923.26	18.89
J-228	903.98	922.8	18.78
J-229	902.97	919.75	16.75
J-230	904.03	922.88	18.81
J-231	904.01	922.84	18.79
J-232	904	922.83	18.8
J-233	904	922.84	18.8
J-234	904	922.84	18.8
J-235	904.34	923.31	18.93
J-236	903.1	920.53	17.4
J-237	903.04	920.49	17.41
J-238	904.08	923.15	19.03
J-239	904.06	923.21	19.11
J-240	902.95	920.5	17.52
J-241	903.86	922.84	18.94
J-242	902.92	920.49	17.54
J-243	904.05	923.27	19.18

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-244	903.01	921.01	17.97
J-245	903.77	922.89	19.09
J-246	902.67	919.75	17.05
J-247	903.72	922.83	19.07
J-248	904.27	924.74	20.43
J-249	902.89	920.85	17.93
J-250	903.35	922.28	18.89
J-251	904.61	925.11	20.46
J-252	904.14	924.73	20.54
J-253	903.04	921.59	18.51
J-254	902.75	920.85	18.07
J-255	903.14	922.27	19.09
J-256	903.11	922.24	19.09
J-257	904.01	923.95	19.9
J-258	903.16	922.36	19.16
J-259	902.39	919.74	17.32
J-260	903.09	922.28	19.15
J-261	903.3	922.75	19.41
J-262	903	922.28	19.24
J-263	903	922.28	19.24
J-264	904	924.36	20.32
J-265	902.97	922.39	19.38
J-266	904.37	925.3	20.89
J-267	904.01	924.48	20.43
J-268	904	924.48	20.44
J-269	904	924.48	20.44
J-270	904	924.48	20.44
J-271	903	922.58	19.54
J-272	901.91	919.99	18.05
J-273	903	922.74	19.7
J-274	903	922.74	19.7
J-275	903	922.74	19.7
J-276	903.88	924.52	20.6
J-277	903.48	924.6	21.07
J-278	903.51	924.63	21.08
J-279	903.55	924.67	21.08
J-280	902.95	922.74	19.75
J-281	904	924.78	20.73

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-282	904.02	924.8	20.74
J-283	902.63	922.18	19.51
J-284	901.97	919.77	17.77
J-285	901.91	919.71	17.77
J-286	902.69	922.34	19.61
J-287	902.6	922.21	19.57
J-288	902.02	920.48	18.43
J-289	902.49	921.89	19.36
J-290	903.01	923.02	19.97
J-291	904	925.23	21.19
J-292	904	925.23	21.19
J-293	903.92	925.17	21.21
J-294	903.38	924.68	21.26
J-295	901.92	920.48	18.53
J-296	902.56	922.36	19.76
J-297	901.91	920.48	18.54
J-298	903.62	924.49	20.83
J-299	902.73	922.79	20.02
J-300	903.1	924.51	21.36
J-301	902.94	924.38	21.39
J-302	902.29	922.18	19.85
J-303	902.29	922.24	19.91
J-304	902.41	922.46	20.01
J-305	902.45	922.58	20.09
J-306	901.59	920.21	18.58
J-307	902.45	922.69	20.2
J-308	903.25	924.45	21.16
J-309	903.26	924.49	21.18
J-310	902.38	924.14	21.71
J-311	902.01	922.24	20.19
J-312	902.01	922.25	20.2
J-313	902.12	922.61	20.45
J-314	901.9	922.25	20.3
J-315	901.81	922.27	20.41
J-316	902.1	922.83	20.69
J-317	902.51	924.58	22.02
J-318	901.08	920.19	19.08
J-319	901.04	919.75	18.67

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-320	902.49	924.58	22.04
J-321	902.03	924.16	22.08
J-322	902.11	923.05	20.89
J-323	901.96	922.83	20.83
J-324	901.98	922.88	20.86
J-325	902.17	924.36	22.14
J-326	901.58	922.25	20.63
J-327	903.02	925.26	22.19
J-328	900.99	920.48	19.45
J-329	902	923.02	20.98
J-330	900.96	920.48	19.48
J-331	902.85	925.12	22.22
J-332	900.83	919.75	18.88
J-333	902.82	925.11	22.25
J-334	900.92	920.48	19.52
J-335	900.8	919.75	18.91
J-336	902.21	924.55	22.3
J-337	900.85	920.48	19.59
J-338	902.78	925.18	22.35
J-339	902.54	924.48	21.9
J-340	901.72	922.88	21.12
J-341	900.72	920.2	19.44
J-342	901.81	923.05	21.19
J-343	900.53	920.04	19.47
J-344	900.71	920.47	19.72
J-345	900.72	920.48	19.72
J-346	900.17	919.8	19.59
J-347	900.17	919.8	19.59
J-348	902.11	924.74	22.58
J-349	901.89	924.52	22.59
J-350	902	924.64	22.59
J-351	901.58	923.03	21.4
J-352	902.41	925.11	22.66
J-353	901.09	922.23	21.1
J-354	900.42	920.48	20.02
J-355	900.18	920.04	19.82
J-356	901.7	924.58	22.83
J-357	900.14	920.09	19.91

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-358	900.31	920.47	20.12
J-359	900.19	920.19	19.96
J-360	902.29	925.26	22.92
J-361	899.65	919.73	20.04
J-362	902.13	925.22	23.04
J-363	900.02	920.2	20.14
J-364	900.02	920.47	20.41
J-365	901.27	924.48	23.17
J-366	899.75	920.09	20.3
J-367	900.28	922.21	21.89
J-368	899.45	920.09	20.6
J-369	899.43	920.2	20.72
J-370	899.35	920.12	20.72
J-371	899.4	920.19	20.75
J-372	899.15	920.1	20.9
J-373	899.18	920.15	20.93
J-374	899.73	922.21	22.44
J-375	899.05	919.75	20.66
J-376	899.09	920.2	21.07
J-377	899.47	922.15	22.63
J-378	899.75	924.1	24.3
J-379	898.67	920.1	21.39
J-380	898.61	920.1	21.44
J-381	899.83	924.29	24.41
J-382	899.8	924.28	24.43
J-383	899.6	924.1	24.45
J-384	898.55	920.1	21.51
J-385	899.22	922.18	22.91
J-386	899.56	924.22	24.61
J-387	898.39	920.1	21.66
J-388	899.37	924.1	24.68
J-389	899.2	924.08	24.83
J-390	899.38	924.27	24.84
J-391	898.89	922.24	23.3
J-392	899.08	924	24.87
J-393	898.98	923.96	24.93
J-394	898.7	923.74	24.99
J-395	899.03	924.1	25.01

Annexe E : Résultat de la simulation des pressions du réseau existant en cas de pointe + incendie (suite)

N°	Nœud	Cote Piézométrique (m)	Pression (m)
J-396	898.68	922.24	23.51
J-397	898.95	924.24	25.24
J-398	898.38	923.72	25.28
J-399	898.68	924.09	25.36
J-400	898.19	923.72	25.48
J-401	898.37	923.91	25.49
J-402	898.32	923.87	25.5
J-403	898.37	923.96	25.54
J-404	898.13	923.87	25.69
J-405	898.3	924.04	25.69
J-406	898	923.82	25.77
J-407	898.24	924.1	25.8
J-408	897.84	923.76	25.87
J-409	897.73	923.72	25.94
J-410	897.47	923.75	26.22
J-411	897.67	923.96	26.24
J-412	897.44	923.81	26.32
J-413	897.3	923.77	26.42
J-414	900	920.43	20.39

Annexe F : Prix des conduite en PEHD

DN (mm)	PN 10		PN 16		PN 20		PN 25	
	EP (mm)	Prix TTC	EP (mm)	Prix TTC	EP (mm)	Prix TTC	EP (mm)	Prix TTC
20	1.9	32 DA	2	41 DA	2.3	47 DA	3	48 DA
25	2	41 DA	2.3	53.5 DA	3	64 DA	3.5	68 DA
32	2	59 DA	3	82 DA	3.6	93 DA	4.4	111 DA
40	2.4	89.5 DA	3.7	125 DA	4.5	144 DA	5.5	166 DA
50	3	128 DA	4.6	185 DA	5.6	220 DA	6.9	270 DA
63	3.8	210 DA	5.8	299 DA	7.1	355 DA	8.6	420 DA
75	4.5	297 DA	6.8	420 DA	8.4	500 DA	10.3	590 DA
90	5.4	422 DA	8.2	580 DA	10.1	720 DA	12.3	850 DA
110	6.6	615 DA	10	875 DA	12.3	1096 DA	15.1	1280 DA
125	7.4	790 DA	11.4	1120 DA	14	1350 DA	17.1	1620 DA
160	9.5	1260 DA	14.6	1820 DA	17.9	2250 DA	21.9	2650 DA
200	11.9	1900 DA	18.2	2900 DA	22.4	3370 DA	27.4	4100 DA
250	14.8	3050 DA	22.7	4350 DA	27.9	5400 DA	34.2	6400 DA

315	18.7	4850 DA	28.6	7200 DA	35.2	8750 DA	43.1	10300 DA
400	23.7	7500 DA	36.3	11450 DA	44.7	14000 DA	54.7	17250 DA
500	29.7	11900 DA	45.4	17500 DA	55.8	21500 DA		26400 DA
630	37.4		57.2					
710	42.1		64.5					
800	47.4		72.6					

Source :www.vmhdz.com

Annexe G : Fiche technique de la pompe de forage Faies Ter

caprari
Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

SELECTION INDICATIVE; contacter nos service commerciaux pour un projet complet.

P7L/3/20/10D

Caractéristiques requises

Débit	15 l/s
Hauteur de refoulement	94.4 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1

Caractéristiques de la pompe

Débit	15.8 l/s
Hauteur de refoulement	95.6 m
Puissance absorbée	19.4 kW
Rendement	76.6%
Hauteur manométrique H(Q=0)	155 m
Orif. de refoulement	80 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

Limites opérationnelles

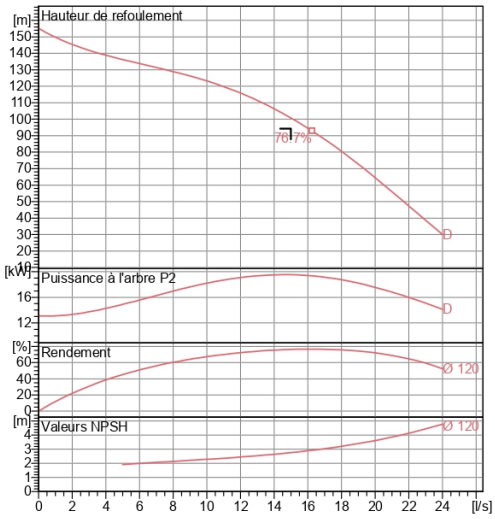
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m³
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s

Caractéristiques générales

Poids	Sur dem. kg

Matériaux

CONSTRUCTION POMPE	.
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Arbre pompe	Acier
Palier	Caoutchouc
LIGNE D'ARBRE	.
Tube colonne	Acier
Arbre	Acier
Douille arbre	Acier cromé
Manchons	Acier inox
Roulements	Caoutchouc
GROUPE COMANDE	.
Bas	Fonte ou Acier
Lanterne de liaison	Fonte ou Acier
Crépine	Acier galvanisé

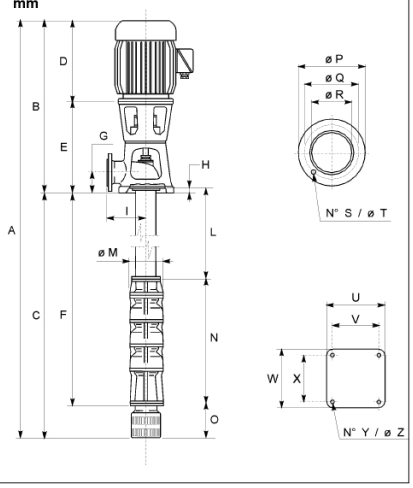


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

C = 4843
D = 605
DN = 80
F = 4665
L = 3050
M = 168
N = 1615
No = 4
O = 178
P = 200
Q = 160
R = 80
T = 18



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°

Annexe H : Fiche technique de la pompe de forage de Taouzianet

caprari
Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

SELECTION INDICATIVE; contacter nos service commerciaux pour un projet complet.

P7L/3/24/12D

Caractéristiques requises

Débit	12 l/s
Hauteur de refoulement	132 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1

Caractéristiques de la pompe

Débit	12.6 l/s
Hauteur de refoulement	136 m
Puissance absorbée	23.1 kW
Rendement	73.3%
Hauteur manométrique H(Q=0)	186 m
Orif. de refoulement	100 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	45 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

Limites opérationnelles

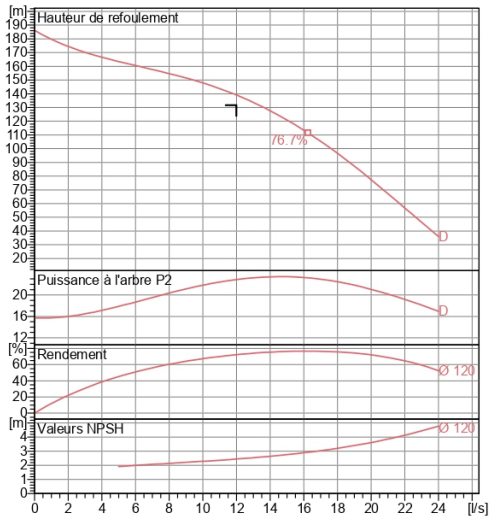
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m³
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s

Caractéristiques générales

Poids	Sur dem. kg

Matériaux

CONSTRUCTION POMPE	.
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Arbre pompe	Acier
Palier	Caoutchouc
LIGNE D'ARBRE	.
Tube colonne	Acier
Arbre	Acier
Douille arbre	Acier cromé
Manchons	Acier inox
Roulements	Caoutchouc
GROUPE COMANDE	.
Bas	Fonte ou Acier
Lanterne de liaison	Fonte ou Acier
Crépine	Acier galvanisé

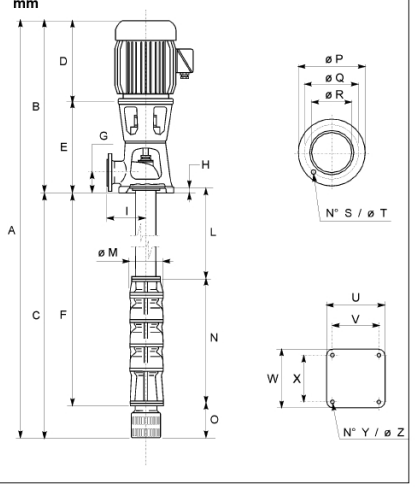


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

C = 5113
D = 656
DN = 100
F = 4935
L = 3050
M = 168
N = 1885
No = 8
O = 178
P = 220
Q = 180
R = 100
T = 18



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°

Annexe I : Fiche technique de la pompe de piquage de transfert

caprari
Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

PM 150/ 4 C

Caractéristiques requises

Débit	76.5 l/s
Hauteur de refoulement	95.1 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1

Caractéristiques de la pompe

Débit	79.1 l/s
Hauteur de refoulement	96.9 m
Puissance absorbée	96.5 kW
Rendement	79.1%
Hauteur manométrique H(Q=0)	129 m
Orif. de refoulement	150 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	110 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

Limites opérationnelles

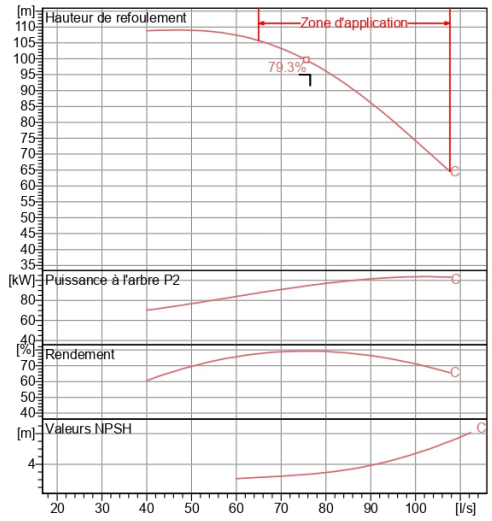
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m³
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s

Caractéristiques générales

Poids	1720 kg

Matériaux

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

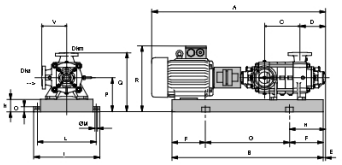


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions **mm**

A = 2565
B = 2115
C = 610
D = 351
DNa = 200
DNm = 150
E = 241
F = 350
G = 1415
H = 591
I = 870
L = 820
M = 20
N = 160
O = 42
P = 475
Q = 845
R = 941
V = 370



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°

Annexe J : Abaque de PUECH et MEUNIER

DIMENSIONNEMENT DE BALLONS ANTI-BELIER

PROTECTION CONTRE LES DEPRESSIONS

DETERMINATION DU COEFFICIENT B

(Définissant le volume d'air initial dans le ballon)

K = 0.4

