



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : ALIMENTATION EN EAU POTABLE

THEME :

**Restructuration du système d'alimentation en eau potable
des communes de Birkhadem et Saoula (W. Alger)**

Présenté par :

ZOUAGUI Sonia

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJOUDAR/HALLAL Dahbia	M.C.A	Président
TOUAHIR Sabah	M.A.A	Examineur
BOUNNAH Younes	M.A.A	Examineur
DERNOUNI Youcef	M.A.A	Examineur
MOKRANE Wahiba	M.C.B	Promotrice

Session septembre 2024

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie Allah, le Tout-Puissant, pour la force, le courage et la patience qu'Il m'a accordée.

Je remercie fortement ma promotrice, Mme.Mokrane pour ces conseils précieux, son aide, et sa disponibilité, qui ont été essentiels pour la réussite de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma gratitude aux ingénieurs de la SEAAL, M.Belkhir Idir, M.Zidouni Abd EL Azize, et M.Hanifi Brahim, pour l'aide généreuse qu'ils m'ont apportée.

Ainsi, Je souhaite exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail

Je remercie chaleureusement l'ensemble des enseignants de l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique pour leur guidance, leurs éclairages, leur engagement à faire de moi un ingénieur compétent. Leur enseignement m'a également permis de développer une véritable passion pour le domaine de l'hydraulique.

Enfin, je souhaite exprimer toute ma reconnaissance et mon amour à ma mère, mon père, et mes trois petites sœurs pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de mon parcours universitaire.

Dédicace

À mes parents, qui m'ont accompagné et soutenu tout au long de ma vie, avec amour, patience, et bienveillance. Merci pour votre présence constante et votre foi en moi.

A mes trois petites sœurs ; Selma, Maya et Ryma. Pour la joie et le bonheur que vous me procurez, votre présence et innocence m'ont aidé à gérer les moments de difficulté et de stress.

A mes deux meilleurs amis, Imen et Sarah, qui ont été à mes côtés depuis le jour de notre rencontre. Votre amitié est une force qui m'a porté dans les moments les plus difficiles, je suis profondément reconnaissant de vous avoir dans ma vie.

Une grande dédicace à Tous mes amis de l'ENSH, Nour EL Houda, Nesrine, Wissem, et Firas, pour leur aide précieuse et leurs contributions dans la réalisation de ce travail .et tous ceux que Je n'ai pas cités mais que Je n'ai pas oubliés.

À mes chers cousins et cousines, qui ont rempli ma vie de rires, et de souvenirs inoubliables. Merci d'avoir été bien plus que de la famille.



Zouagui Sonia

Sommaire

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	20
I.1 Situation géographique	20
I.2 Situation topographique	21
I.3 Situation climatologique	21
I.3.1 Température.....	21
I.3.2 Pluviométrie	21
I.3.3 Humidité.....	21
I.3.4 Vents	22
I.4 Situation géologique	22
I.5 Séismicité	22
I.6 Situation hydrographique	23
I.7 Situation hydraulique	24
I.7.1 Ressources en eau	24
I.7.2 Qualité de la ressource	24
I.7.3 Ouvrage de stockages	24
I.7.4 Stations de pompages 'Campagne Semmar'	25
I.8 Situation démographique	25
Conclusion.....	25

Chapitre II : Estimation des besoins en eau

Introduction.....	27
II.1 Evaluations démographique.....	27
II.2 Evaluation des débits.....	27
II.2.1 Catégorie des besoins	27
II.2.2 Consommation unitaire et choix de la dotation	28
II.2.3 Détermination de la consommation moyenne journalière :.....	28
II.2.4 Majoration de la consommation journalière :	29
II.2.5 Variation de la consommation journalière :.....	29
II.2.6 Variation de la consommation horaire :	30

II.2.7 Etude de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitants	32
II.3 Bilan de ressources en eau et les besoins :	34
Conclusion.....	34

Chapitre III : Etude de stockage

Introduction.....	36
III.1 Rôle des réservoirs : [2].....	36
III.2 Classification des réservoirs :	36
III.2.1 Classification selon la situation des lieux : [1]	36
III.2.2 Classification selon la forme géométrique :	36
III.3 Équipement hydraulique des réservoirs :.....	36
III.3.1 Conduite d'arrivée :.....	37
III.3.2 Conduite de départ :	37
III.3.3 Conduite de trop plein :	38
III.3.4 Conduite de vidange :.....	38
III.3.5 By-pass entre adduction et distribution :.....	39
III.4 Capacité et dimensionnement du réservoir :.....	39
III.4.1 Méthode graphique :	39
III.4.2 Méthode analytique.....	40
III.4.3 Calcul du volume du réservoir :.....	40
Conclusion.....	42

Chapitre IV : Diagnostic physique du système actuel d'AEP

Introduction.....	44
IV.1 Présentation générale de la situation existante :.....	44
IV.2 Ressources en eau :	44
IV.2.1 Station de pompage GARIDI :	44
IV.2.2 Forage :.....	47
IV.2.3 Adduction :.....	48
IV.3 Complexe compagne semmar :.....	48
IV.3.1 Ouvrage de stockage :.....	48
IV.3.2 Station de pompage compagne Semmar :	49
IV.4 Etat physique du réseau de distribution :.....	52
IV.4.1 Classification des conduites	52

Conclusion.....	54
-----------------	----

Chapitre V : Diagnostic Hydraulique du système actuel d'AEP

Introduction.....	56
V.1 Diagnostic hydraulique de la conduite d'adduction.....	56
V.1.1 Calcul de la vitesse.....	56
V.1.2 Calcul des pertes de charges.....	56
V.1.3 Détermination de la hauteur manométrique totale :.....	58
V.2 Diagnostic hydraulique du réseau de distribution.....	58
V.3 Modélisation hydraulique : [1].....	59
V.4 Description du logiciel EPANET [3].....	59
V.5 Classification des réseaux :.....	59
V.5.1 Réseau ramifié.....	59
V.5.2 Réseau maillé.....	59
V.5.3 Réseau mixte.....	59
V.6 Calcul hydraulique du réseau de distribution :.....	59
V.6.1 Détermination du débit spécifique :.....	59
V.6.2 Calcul des débits en route :.....	60
V.6.3 Calcul des débits nodaux :.....	60
V.7 Résultats de la simulation :.....	62
V.7.1 Cas de pointe actuel :.....	62
V.7.2 Cas de pointe + incendie actuel :.....	63
V.7.3 Cas de pointe futur :.....	64
V.7.4 Cas de pointe + incendie (Horizon futur) :.....	66
V.8 Interprétation du résultat de la simulation :.....	67
Conclusion.....	71

Chapitre VI : Etude de l'adduction et du système de pompage

Introduction.....	73
VI.1 Types d'adduction [1].....	73
VI.2 Choix du tracé.....	73
VI.3 Choix des matériaux de canalisation.....	73
VI.3.1 Acier.....	74
VI.3.2 Fonte ductile.....	74

VI.3.3	Polyéthylène Haute Densité (PEHD) [4]	74
VI.4	Calcul hydraulique :	74
VI.4.1	Cas gravitaire :	74
VI.4.2	Cas refoulement :	75
VI.5	Détermination des diamètres d'adduction :	78
VI.5.1	Tronçon (SP GARIDI -Réservoir 5000m3) :	78
VI.5.2	Tronçon (Forage pitavey -Réservoir 5000m3) :	80
VI.5.3	Tronçon (SP Compagne Semmar - CHE 2500m3) :	83
VI.6	Etude du pompage :	85
VI.6.1	Choix du type de la pompe :	85
VI.6.2	Choix du nombre de pompes	86
VI.6.3	Couplage des pompes :	86
VI.6.4	Courbe caractéristique de la conduite.	86
VI.6.5	Point de fonctionnement d'une pompe :	86
VI.6.6	Modes de réglage :	87
VI.6.7	Condition de non-cavitation [5].....	88
VI.6.8	Choix du moteur électrique :	90
VI.7	Dimensionnement de la pompe du projet :	91
VI.7.1	Tronçon « SP GARIDI - Réservoir 5000m3 ».	91
VI.7.2	Tronçon (SP Compagne Semmar - CHE 2500m3) :	96
	Conclusion :	100

Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution

	Introduction.....	102
VII.1	Description du réseau de distribution projeté.....	102
VII.2	Choix du type de réseau	102
VII.3	Choix du type de matériaux	102
VII.4	Calcul hydraulique du nouveau système d'AEP	102
VII.4.1	Calcul des débits pour le réseau projeté.....	103
VII.4.2	Résultats de la simulation :	104
VII.4.3	Interprétation des résultats de simulation (cas de pointe).....	110
VII.4.4	Interprétation des résultats de simulation (cas de pointe + incendie).....	110
VII.4.5	Comparaison entre le réseau existant et le réseau projeté	111
	Conclusion :	113

Chapitre VIII : Pose et protections des canalisations

Introduction :.....	115
VIII.1 Principes de pose de canalisation :	115
VIII.2 Type de pose de conduite :.....	115
VIII.2.1 Pose en terre :.....	115
VIII.2.2 Pose en galerie : [7].....	116
VIII.3 Les accessoires et pièces spéciales [2].....	116
VIII.3.1 Les robinets vanne :.....	117
VIII.3.2 Les clapets.....	118
VIII.3.3 Les ventouses	118
VIII.3.4 Bouches et poteaux d'incendie [2].....	119
VIII.3.5 Les régulateurs de pression.....	119
VIII.3.6 Organes de mesures :.....	119
VIII.3.7 Les pièces spéciales de raccordements : [1]	120
VIII.4 Protection des conduites contre le coup de bélier.....	120
VIII.4.1 Les causes du coup de bélier :.....	120
VIII.4.2 Les risques dus aux coups de bélier :	120
VIII.4.3 Protection contre le coup de bélier	120
VIII.4.4 Calcul de la charge en tenant compte du coup de bélier :	121
VIII.4.5 Calcul des réservoirs d'air	122
Conclusion.....	125

Chapitre IX: Organisation de chantier

Introduction.....	127
IX.1 Différents travaux à entreprendre :.....	127
IX.2 Les engins de terrassement utilisé : [8]	127
IX.3 Calcul des volumes des travaux	127
IX.3.1 Décapage de la couche végétale ou la couche du goudron	127
IX.3.2 Largeur de la tranchée.....	127
IX.3.3 Calcul du volume de la tranchée (déblai) :.....	128
IX.3.4 Calcul du volume de lit de sable.....	130
IX.3.5 Volume du remblai compacté.....	131
IX.3.6 Volume de terre à évacuer :.....	132

IX.4	Devis estimatif et quantitatif du projet :	133
IX.5	Planification des travaux :	135
IX.5.1	Définitions des tâches et leurs durées :	135
	Conclusion :	137

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Températures maximales, minimales, moyennes mensuelles et moyenne interannuelle	21
Tableau I.2 : précipitations moyennes mensuelles	21
Tableau I.3 : L'humidité relative en pourcentage	22
Tableau I.4 : Vitesse moyenne mensuelle et annuelle du vent (2006-2015).....	22
Tableau I.5 : résultats d'analyse des eaux sortie de la SDEM + SPIK + mélange SP Garidi 2020.....	24
Tableau I.6 : Evolution de la population.....	25
Tableau II.1 : Evolution de la population pour les différents horizons	27
Tableau II.2 : Besoins domestiques	28
Tableau II.3 : Besoins des équipements	28
Tableau II.4 : Récapitulation de la consommation moyenne pour les différents horizons	29
Tableau II.5 : Consommation journalière majorée pour les différents horizons	29
Tableau II.6 : Consommation maximale journalière pour les différents horizons.....	30
Tableau II.7 : Consommation minimale journalière pour les différents horizons	30
Tableau II.8 : Consommation moyenne horaire pour les différents horizons	31
Tableau II.9 : Variation de β_{max} en fonction du nombre d'habitants	31
Tableau II.10 : Débit maximale horaire pour les différents horizons	31
Tableau II.11 : Variation de β_{min} en fonction de nombre d'habitant.....	32
Tableau II.12 : Débit minimal horaire pour les différents horizons.....	32
Tableau II.13 : Variation du débit horaire a l'état actuelle.....	33
Tableau II.14 : Variation du débit horaire à l'horizon 2054.....	33
Tableau II.15 : Bilan de ressources en eau et les besoins	34
Tableau III.1 : Evaluation du volume résiduel du château d'eau	41
Tableau III.2 : Evaluation du volume résiduel du réservoir semi enterré	42
Tableau IV.1 : Caractéristiques des GEPH SP Garidi vers Bir Khadem	44
Tableau IV.2 : Caractéristiques du forage Pitavey	48
Tableau IV.3 : Caractéristiques du réseau d'adduction	48
Tableau IV.4 : Caractéristiques du Réservoir 2*5000m3	48
Tableau IV.5 : Caractéristiques du Réservoir 2*1000m3	49
Tableau IV.6 : Caractéristiques des GEPH SP compagne semmar (réservoirs vers Château d'eau).....	50
Tableau IV.7 : Répartition des longueurs des par nature du matériau	52
Tableau IV.8 : La répartition des longueurs des tronçons de conduites par diamètres	53
Tableau V.1 : Détermination de la HMT du tronçon SP GARDID – Réservoir 5000m3.....	58
Tableau V.2 : Détermination de la HMT du tronçon Forage Pitavey – Réservoir 5000m3.....	58
Tableau V.3 : Détermination de débit spécifique	60

Tableau V.4 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024)	61
Tableau V.5 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054).....	61
Tableau V.6 : Etat des nœuds (charge et pression) : Cas de pointe actuel (2024).....	62
Tableau V.7 : Etat des tronçons (Vitesse et perte de charge) : Cas de pointe actuel (2024).....	62
Tableau V.8 : état des nœuds (charge et pression) : Cas de pointe + incendie actuel (2024)	63
Tableau V.9 : Etat des tronçons (Vitesse et perte de charge) : Cas de pointe + incendie actuel (2024).....	64
Tableau V.10 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054)	65
Tableau V.11 : état des tronçons (Vitesse et charge) : Cas de pointe long terme (2054).....	65
Tableau V.12 : Etat des nœuds (charge et pression) : Cas de pointe + incendie (2054)	66
Tableau V.13 : état des tronçons (Vitesse et charge) : Cas de pointe + incendie (2054).....	67
Tableau VI.1 : Coefficients en fonction du type de tuyauterie et du régime d'écoulement.....	75
Tableau VI.2 : Calcul de la HMT	79
Tableau VI.3 : Les frais d'exploitation	79
Tableau VI.4 : Les frais d'amortissement	79
Tableau VI.5 : Calcul du bilan	80
Tableau VI.6 : Calcul de la HMT	81
Tableau VI.7 : Les frais d'exploitation	81
Tableau VI.8 : Les frais d'amortissement	82
Tableau VI.9 : Calcul du bilan	82
Tableau VI.10 : Calcul de la HMT	83
Tableau VI.11 : Les frais d'exploitation	83
Tableau VI.12 : Les frais d'amortissement	84
Tableau VI.13 : Calcul du bilan.....	84
Tableau VI.14 : Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre	91
Tableau VI.15 : La puissance de moteur électrique.....	92
Tableau VI.16 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement	94
Tableau VI.17 : Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre	96
Tableau VI.18 : La puissance de moteur électrique.....	96
Tableau VI.19 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement	98
Tableau VII.1 : Récapitulatif des débits de calcul pour le cas de pointe	103
Tableau VII.2 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 1).....	103
Tableau VII.3 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 2).....	104
Tableau VII.4 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe.....	104
Tableau VII.5 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe.....	105
Tableau VII.6 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 ; Cas de pointe.....	106
Tableau VII.7 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 ; Cas de pointe.....	106
Tableau VII.8 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 ; Cas de pointe + incendie.....	107

Tableau VII.9 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe + incendie.....	108
Tableau VII.10 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 ; Cas de pointe + incendie.....	109
Tableau VII.11 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie.....	109
Tableau VII.12 : Pourcentage de validation des résultats de simulation.....	110
Tableau VIII.1 : caractéristiques des tronquons de refoulement	123
Tableau VIII.2 : calcul de la célérité d'onde	123
Tableau VIII.3 : Résultats du calcul du coup de bélier	123
Tableau VIII.4 : Profil en long de la conduite de refoulement	124
Tableau VIII.5 : Profil en long de la conduite de refoulement.....	124
Tableau IX.1 : volume de la couche végétale ou goudron à décaper pour l'adduction	128
Tableau IX.2 : volume de la couche végétale ou goudron à décaper pour le réseau de distribution	128
Tableau IX.3 : volume du déblai de la conduite l'adduction.....	129
Tableau IX.4 : volume du déblai du réseau de distribution.....	129
Tableau IX.5 : Volume du lit de sable de la conduite d'adduction.....	130
Tableau IX.6 : Volume du lit de sable du réseau de distribution.....	130
Tableau IX.7 : le volume du remblai de la conduite d'adduction.....	131
Tableau IX.8 : volume du remblai du réseau de distribution	131
Tableau IX.9 : Volume de l'excédentaire de la conduite d'adduction.....	132
Tableau IX.10 : Volume de l'excédentaire du réseau de distribution.....	132
Tableau IX.11 : Tableau des devis estimatifs et quantitatif du projet d'adduction	133
Tableau IX.12 : Tableau des devis estimatifs et quantitatif du projet du réseau de distribution	134
Tableau IX.13 : temps de réalisation des opérations de réseau de distribution	135
Tableau IX.14 : temps de réalisation des opérations de la conduite d'adduction.....	135

Liste des figures

Figure I.2 : Image satellite de la zone d'étude « Birkhadem - Saoula » (source : Google Earth).....	20
Figure I.8 : Carte de zonage sismique du territoire national	23
Figure I.9 : Carte des ressources de la wilaya d'Alger – Horizon 2015 (SEAAL).....	23
Figure III.1 : Schéma d'équipement des réservoirs	37
Figure III.2 : conduite de départ	38
Figure III.3 : Conduite de trop-plein.....	38
Figure III.4 : conduite de vidange.....	39
Figure III.5 : conduite de By-pass	39
Figure IV.1 : Schéma représentatif de la situation existante	44
Figure IV.2 : L'état des équipements de mesure (Date : 21/05/2024).....	46
Figure IV.3 : L'état a l'intérieure de la station de pompage (Date : 21/05/2024)	46
Figure IV.4 : Armoire électrique (Date : 21/05/2024).....	46
Figure IV.5 : Moteurs d'entrainement des pompes (Date : 21/05/2024)	47
Figure IV.6 : Schéma représentatif de la station de pompage	49
Figure IV.7 : L'état a l'intérieure de la station de pompage	50
Figure IV.8 : Chambre de vanne à l'extérieur et a l'intérieure	51
Figure IV.9 : Chambre de vanne à l'intérieure	51
Figure IV.10 : Répartition linéaire des conduites de distributions selon la nature de matériau	52
Figure IV.11 : La répartition des longueurs des tronçons de conduites par diamètres	54
Figure V.1 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe actuel).....	63
Figure V.2 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe + incendie actuel).....	64
Figure V.3 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe long terme)	66
Figure V.4 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe + incendie à long terme).....	67
Figure V.5 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe actuel)	68
Figure V.6 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe + incendie actuel)	68
Figure V.7 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe à long terme)	69
Figure V.8 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe + incendie à long terme)	69
Figure V.9 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe actuel)	70
Figure V.10 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe + incendie actuel)	70
Figure V.11 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe à long terme)	70
Figure V.12 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe + incendie à long terme)	71
Figure VI.4 : La courbe d'optimisation du diamètre économique.....	80
Figure VI.5 : La courbe d'optimisation du diamètre économique.....	82
Figure VI.6 : La courbe d'optimisation du diamètre économique.....	85

Figure VI.7 : Graphe représentatif de la détermination de point de fonctionnement.....	87
Figure VI.8 : Pompe de type Omega	92
Figure VI.9 : Les courbes caractéristiques de la pompe de la station de pompage GARIDI de type Omega 250-480 B.....	93
Figure VI.10 : le point de fonctionnement de la pompe du refoulement (SP GARIDI - Réservoir 5000m3)..	94
Figure VI.11 : Les courbes caractéristiques de la pompe de la pompage Compagne Semmar de type Omega 200-320 C.....	97
Figure VI.12 : le point de fonctionnement de la pompe du refoulement (SP GARIDI - Réservoir 5000m3)..	98
Figure VII.1 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 1 (cas de pointe)	106
Figure VII.2 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 2 (cas de pointe)	107
Figure VII.3 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 1 (cas de pointe + incendie).....	108
Figure VII.4 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 2 (cas de pointe + incendie).....	110
Figure VII.5 : Zone de distribution de pression avant la restructuration	111
Figure VII.6 : Zone 1 après la restructuration	112
Figure VII.7 : Zone 2 après la restructuration	112
Figure VIII.1 : Pose de canalisation en terrien ordinaire [2].....	115
Figure VIII.3 : Traversée d'une route par une conduite en galerie [2]	116
Figure VIII.4 : Traversée de la route Nationale n°1 par deux conduites.....	116
Figure VIII.10 : vannes à opercule	117
Figure VIII.11 : vanne papillon	117
Figure VIII.12 : Clapet anti retour	118
Figure VIII.13 : ventouse simple	118
Figure VIII.14 : Bouches et poteaux d'incendie.....	119
Figure IX.1 : Réseau de planification des tâches pour distribution	136
Figure IX.2 : Réseau de planification des tâches pour l'adduction	136

Liste des planches

Planche N°1 : Plan de masse plus le réseau projeté.

Planche N°2 : Plan topographique plus conduite d'adduction.

Planche N°3 : Profil en long de l'adduction « SP GARIDI - R5000m3 ».

Planche N°4 : Profil en long de l'adduction « forage Pitavey - R5000m3 ».

Planche N°5 : Plan de la station de pompage GARIDI.

ملخص

تؤثر زيادة الاستهلاك وتوسع المناطق الحضرية ومشاكل التدفق والضغط تأثيرًا سلبيًا على إمدادات مياه الشرب. والهدف من هذه الدراسة هو إعادة هيكلة نظام إمدادات مياه الشرب في بلديتي بئر خادم والسحاولة (على مستوى منطقة سمار)، من أجل تحسين إمدادات المياه لسكان هذه المنطقة.

واستنادًا إلى نتائج التشخيص الفيزيائي والهيدروليكي لنظام الإمداد بالمياه الحالي، نقتراح إعادة تأهيل شبكة الإمداد ونظام الضخ، وصيانة مرافق التخزين وإعادة هيكلة شبكة التوزيع بحلول عام 2054. الكلمات المفتاحية : بئر خادم، السحاولة، إعادة هيكلة، التشخيص.

Résumé

L'augmentation de la consommation, l'extension des zones urbaines, ainsi que les problèmes de débit et de pression, ont un impact négatif sur l'alimentation en eau potable. Cette étude a pour objectif de restructurer le système d'alimentation en eau potable des communes de Birkhadem et Saoula (étage Campagne Semmar), afin d'améliorer l'approvisionnement en eau des habitants de cette région.

D'après les constats issus du diagnostic physique ainsi que hydraulique du système d'AEP actuel nous proposons une réhabilitation du réseau d'adduction et du système de pompage, en maintenant les ouvrages de stockage avec la restructuration du réseau de distribution à l'horizon 2054.

Mots clés : Birkhadem, Saoula, restructurer, diagnostic.

Abstract

Increased consumption, the expansion of urban areas, and flow and pressure problems are having a negative impact on the drinking water supply. The aim of this study is to restructure the drinking water supply system in the communes of Birkhadem and Saoula (Campagne Semmar level), in order to improve water supply for the region's inhabitants.

Based on the findings of the physical and hydraulic diagnosis of the current water supply system, we propose to rehabilitate the conveyance network and pumping system, while maintaining the storage facilities, and to restructure the distribution network by 2054.

Keywords : Birkhadem, Saoula, restructure, diagnosis.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau, essentielle à la vie, compte parmi les richesses naturelles ayant une importance considérable pour le développement social et économique de toute civilisation. Comme de nombreux autres pays, l'Algérie souffre d'une insuffisance d'approvisionnement en eau potable, principalement due à la croissance démographique et à l'élévation du niveau de vie.

Le réseau de distribution d'eau potable est essentiel pour répondre aux besoins des habitants en fournissant une eau de qualité, avec une pression et une vitesse qui répondent aux normes techniques.

Quoi qu'il en soit, une gestion efficace d'un système d'alimentation en eau potable, fondée sur un bon dimensionnement de ce dernier et sur une gestion rigoureuse des différentes composantes du projet, pourrait apporter une solution durable à ce problème et améliorer considérablement la qualité de vie des habitants.

Dans le cadre de ce mémoire, l'objectif est de faire une étude de restructuration du système d'alimentation en eau potable de la zone campagne de Semmar, commune de Birkhadem et la partie nord de Saoula. À travers une évaluation précise des besoins en eau et un diagnostic hydraulique du fonctionnement du système existant, le but du présent travail est d'éliminer le déficit et assurer un débit suffisant et une pression admissible pour tous les abonnés et aussi proposer des solutions pour une bonne gestion du système.

Notre étude est organisée en neuf chapitres abordant de manière progressive les différentes phases de l'étude.

1. Présentation de la zone d'étude.
2. Estimation des besoins en eau.
3. Etude de stockage.
4. Diagnostic physique du système actuel d'AEP.
5. Diagnostic hydraulique du système actuel d'AEP.
6. Etude d'adduction et du système de pompage
7. Dimensionnement du réseau de distribution
8. Pose et protections des canalisations
9. Organisation de chantier

L'étude est couronnée par une conclusion générale dans laquelle les principaux résultats et recommandations sont rappelés.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction

Avant d'entamer tout projet de réseau d'approvisionnement en eau potable, il est indispensable d'identifier les différents facteurs pouvant affecter ce réseau. Ces éléments nous permettront de prendre les dispositions nécessaires et de formuler des recommandations appropriées lors de la mise en œuvre du projet, notamment en tenant compte de la situation géographique, géologique, hydrographique, topographique, climatologique et hydraulique. Ce chapitre est consacré à l'étude de ces différents facteurs afin de dimensionner efficacement le réseau d'alimentation en eau potable de notre zone d'étude.

I.1 Situation géographique

Notre zone d'étude se compose de la commune de Birkhadem et la partie nord de la commune de Saoula. Elle s'étend sur une superficie de 10 km² et se situe à environ 10 km au sud du centre-ville d'Alger.

Cette zone est délimitée :

- Au nord : par la commune de Bir Mourad Raïs.
- A l'Est : par les communes de Kouba, Aïn Naadja et Djasr Kasentina.
- Au sud : par la commune de Bir touta.
- A l'Ouest : par les communes de Khraicia, Draria et Baba Hassen.

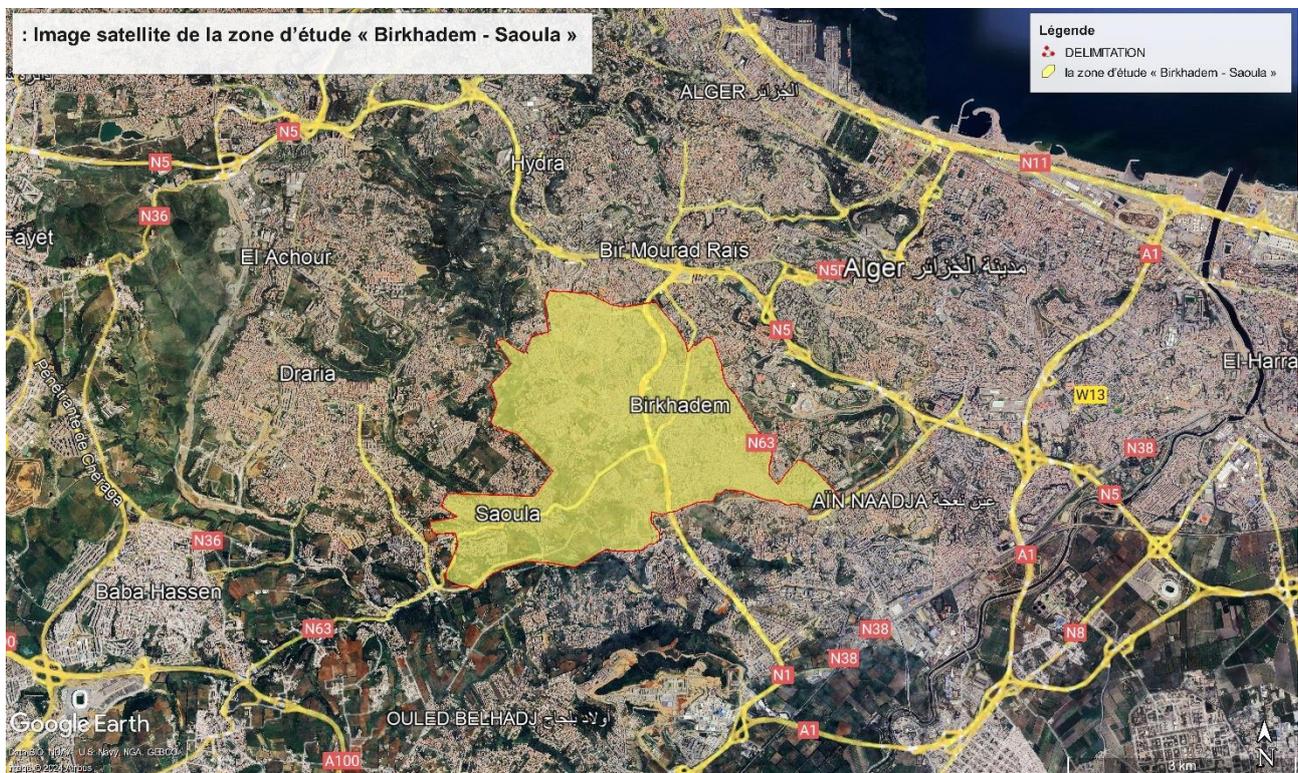


Figure I.1 : Image satellite de la zone d'étude « Birkhadem - Saoula » (source : Google Earth)

I.2 Situation topographique

Notre zone d'étude se distingue par un terrain qui descend progressivement du Nord au Sud. Avec une altitude qui varie entre 60 m et 170 m NGA et des pentes qui varient entre 2% et 25%.

I.3 Situation climatologique

La région de Birkhadem - Saoula bénéficie d'un climat tempéré méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs. Les hivers sont longs, frais, venteux et partiellement nuageux.

I.3.1 Température

La température est un facteur essentiel à prendre en considération, car elle exerce un impact sur la viscosité et la qualité de l'eau. Ce tableau représente les observations de la température de BIRKHADEM et SAOULA.

Tableau I.1 : Températures maximales, minimales, moyennes mensuelles et moyenne interannuelle

Mois T(°c)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moyenne interannuelle
Min(°C)	17.7	14.4	9.7	6.9	5.5	5.3	7.1	9.3	12.9	16.4	19.1	20.1	12.1
Max(°C)	29.7	26.5	20.7	17.7	17.3	17.5	20	22	25	29.2	31.7	32.6	24.2
Moy(°C)	23.7	20.5	15.2	12.3	11.4	11.4	13.6	15.7	18.9	22.8	25.4	26.3	18.1

(Source : ONM, 2006-2015)

Le tableau montre un climat méditerranéen ou semi-aride, avec des étés chauds et des hivers modérés.

I.3.2 Pluviométrie

Les moyennes mensuelles des précipitations (en mm) sont présentées dans le tableau ci-dessous pour une période allant de 2011 à 2019.

Tableau I.2 : précipitations moyennes mensuelles

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pluie moyenne mensuelle (mm)	26,81	56,72	163,1	107,46	121,18	96	90,1	70,66	40,05	14,25	1,13	8,56

(Source : ANRH, 2011-2019)

Le tableau montre des précipitations maximales en automne et en hiver, avec un pic en novembre (163,1 mm), et des mois d'été très secs, notamment en juillet (1,13 mm). Cela reflète un climat méditerranéen.

I.3.3 Humidité

L'humidité de l'air est la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère, elle est généralement exprimée en pourcentage sous forme d'humidité relative.

Le taux moyen d'humidité relative de la zone de Birkhadem - Saoula s'élève à 75.5% d'après l'ONM tout au long de l'année.

Tableau I.3 : L'humidité relative en pourcentage

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Humidité relative (%)	72	75	78	80	79	81	77	76	77	71	70	70

(Source : ONM, 2006-2015)

Les données sur l'humidité relative indiquent des niveaux élevés tout au long de l'année, atteignant un maximum de 81 % en février. Cette humidité constante peut causer des problèmes de corrosion des infrastructures.

I.3.4 Vents

Les valeurs de la vitesse mensuelles et annuelle du vent, sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.4 : Vitesse moyenne mensuelle et annuelle du vent (2006-2015)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuelle
Vitesse du vent (km/h)	10.5	9.5	10.2	9.7	9.7	9.8	10.3	11	10.5	10.9	10.8	10.4	10.3

(Source : ONM, 2006-2015)

Les données montrent que les vents sont modérés tout au long de l'année.

I.4 Situation géologique

Le rapport géologique fournit des informations précieuses permettant de choisir les trajets pour les pipelines en évitant les zones de failles et les formations rocheuses instables, ainsi que d'identifier les risques tels que les glissements de terrain.

Notre zone d'étude est caractérisée par des formations du quaternaire et du tertiaire, comprenant (SEAAL) :

- Des formations anciennes et sahéliennes, sols marneux et argileux.
- Des alluvions récentes, principalement composées de limons argileux ;
- Des argiles sahéliennes et des marnes du Plaisancien.

Il est essentiel de prendre en compte les sols marneux et argileux pour la stabilité des infrastructures.

I.5 Séismicité

En accord avec les règles parasismiques algériennes de 1999 modifiées en 2003, Le territoire algérien est divisé en quatre zones sismiques :

- Zone O : sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II : sismicité moyenne.
- Zone III : sismicité forte.

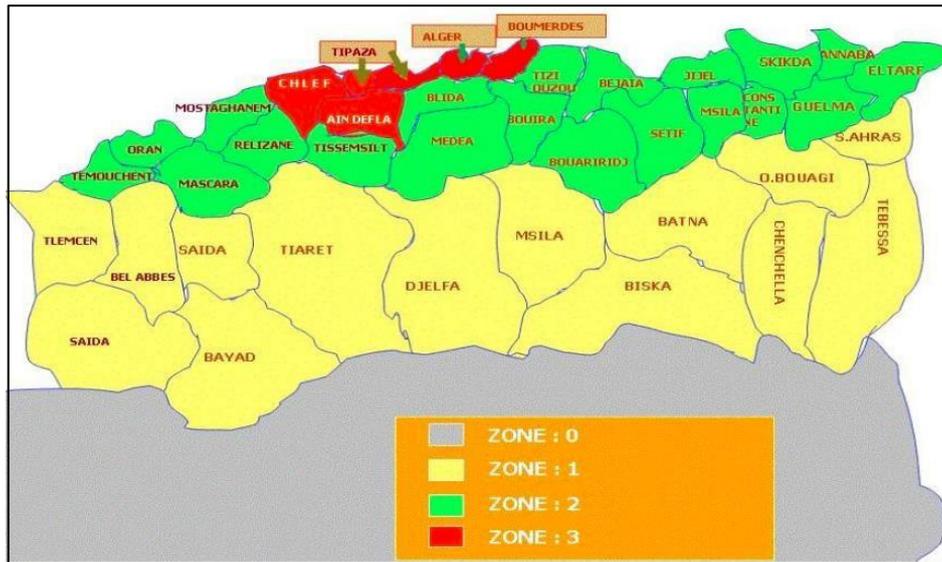


Figure I.2 : Carte de zonage sismique du territoire national

(https://www.memoireonline.com/12/22/13600/m_Etude-damenagement-dun-centre-denfouissement-technique--Ras-el-Oued-wilaya-de-Bordj-bo7.html)

Ainsi, notre zone d'étude est caractérisée par une forte sismicité. Ce qui nécessite de concevoir des infrastructures adaptées pour résister aux tremblements de terre.

I.6 Situation hydrographique

La situation hydrographique de notre zone d'étude se caractérise par un réseau hydrographique limité. Le site du projet ne dispose pas de cours d'eau permanents remarquables, en raison des précipitations rarement abondantes et irrégulières, ce qui limite l'approvisionnement en eau de surface.

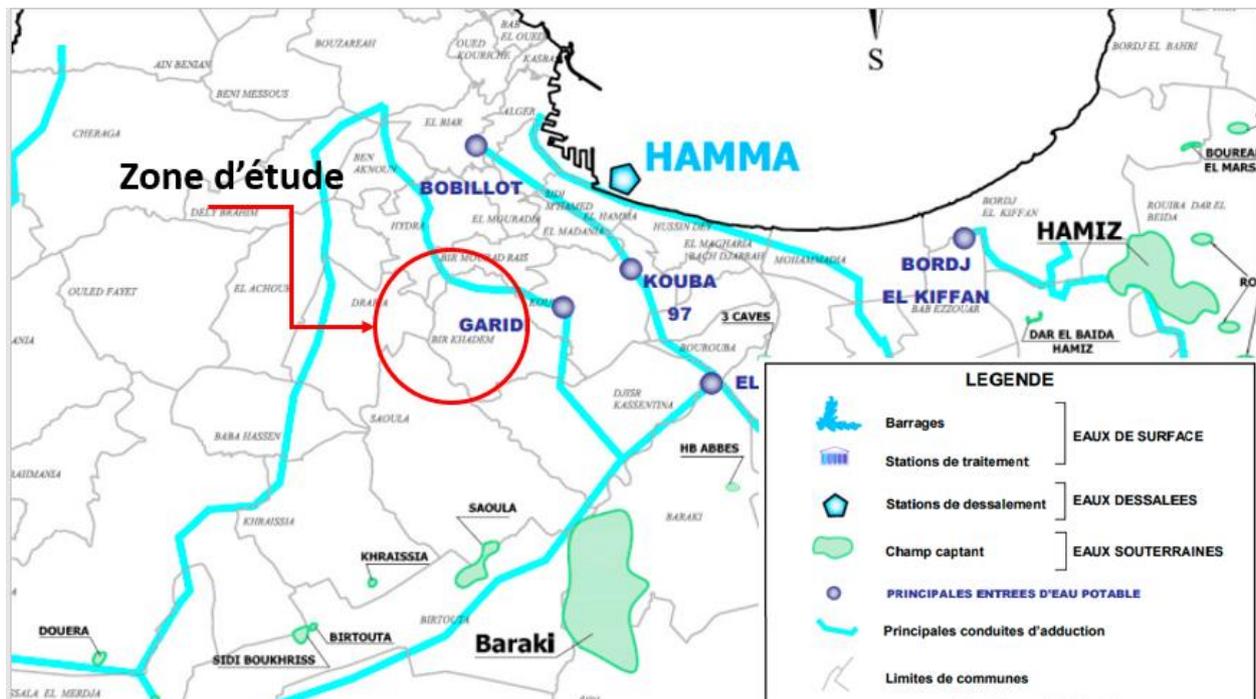


Figure I.3 : Carte des ressources de la wilaya d'Algier – Horizon 2015 (SEAL)

I.7 Situation hydraulique

I.7.1 Ressources en eau

L'alimentation des ouvrages de stockages est assurée par le forage Pitavey ainsi que par la station de pompage GARIDI 1 KOUBA, depuis le début de l'année 1990.

I.7.2 Qualité de la ressource

La station de pompage GARIDI reçoit un mélange d'eaux provenant de deux sources principales : celles acheminées par la station de dessalement du Hamma et celles fournies par le système SPIK. Ce dernier résulte du traitement des eaux de surface provenant du barrage d'Isser-Keddara ainsi que du barrage de Taksebt.

Le tableau ci-dessous résume les valeurs moyennes de certains paramètres de qualité pour l'année 2020 :

Tableau I.5 : résultats d'analyse des eaux sortie de la SDEM + SPIK + mélange SP Garidi 2020

Paramètres	SDEM Hamma	SPIK	SP Garidi (mélange)
Chlorures (mg/l)	417,00	153.1	128,00
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	894,67	1306	1024,25
PH	10,13	7.61	9,22
Température ($^{\circ}\text{C}$)	17,00	17,9	18,25
TH ($^{\circ}\text{F}$)	37,00	41.9	37,00
Turbidité (NTU)	1,08	0,88	1,27

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

Les paramètres de qualité de l'eau du SP Garidi présentent des préoccupations, notamment une concentration de chlorures et de conductivité, qui dépassent les normes recommandées. Le pH de 9,22 doit également être ajusté. Malgré ces préoccupations, l'eau est généralement acceptable, mais un traitement supplémentaire est nécessaire pour assurer sa potabilité.

I.7.3 Ouvrage de stockages

Les divers ouvrages de stockage de la zone d'étude sont :

- Deux réservoirs d'un volume de 5000 m³ chacun.
- Deux réservoirs d'un volume de 1000 m³ chacun.
- Un château d'eau d'une capacité de 2500 m³.

I.7.4 Stations de pompes 'Campagne Semmar'

La station de pompage 'Compagne Semmar' est équipée principalement de :

- Deux pompes en parallèles.
- Une pompe de secours.

I.8 Situation démographique

L'étude de la démographie est essentielle car elle nous permet d'évaluer le développement urbain. Selon les données du dernier recensement en 2008 et avec un taux d'accroissement de 0,5% (SEAAL), nous obtenons :

Tableau I.6 : Evolution de la population

Horizon	2008	2024
Population	112549	121898

(Source : SEAAL)

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons cherché à décrire la région d'étude comme un site dont le relief s'incline de manière graduelle du nord au sud, avec un climat tempéré méditerranéen, un sol constitué de formations telles que des alluvions récentes, des argiles sahéliennes et des marnes du Plaisancien. Notre zone d'étude est caractérisée par une forte sismicité, une croissance démographique d'un taux de 0,5 % et des ressources en eau mobilisées variant entre les eaux du barrage de Taksept et celle de la station de dessalement d'El Hamma. Ces données sont nécessaires pour la poursuite du projet afin de diagnostiquer correctement le réseau d'AEP existant et de répondre aux besoins de notre agglomération.

Chapitre II : Estimation des besoins

Introduction

Dans ce chapitre, nous évaluons les besoins en eau potable de notre zone d'étude « Campagne Semmar ». Ces besoins seront estimés pour la période actuelle et future afin de servir de base pour le dimensionnement du système d'approvisionnement en eau potable. Cette évaluation, de la quantité d'eau potable demandée, dépend de plusieurs facteurs, notamment l'évolution de la population, les différents équipements et le niveau de vie des habitants. De plus, elle peut varier d'une période à l'autre et d'une agglomération à une autre, selon le volume d'eau disponible.

II.1 Evaluations démographique

Selon le recensement de 2008, la population est de 112549 habitants, Pour projeter la population future, nous utilisons la formule suivante :

$$P_n = P_0(1 + \tau)^n \quad (\text{II-1})$$

Avec :

P_n : population à l'horizon futur ;

P_0 : Population actuelle ;

τ : Taux d'accroissement de la population en % ;

n : Nombre d'années séparant les deux horizons.

Selon SEAAL, le taux d'accroissement de la zone, concernée par le présent projet, est de 0,5%.

A travers le tableau ci-après, nous présentons la taille de la population estimée, pour différents termes :

Tableau II.1 : Evolution de la population pour les différents horizons

	2008	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
Taux d'accroissement(%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nombre d'habitants	90267	97766	100736	105887	113545

II.2 Evaluation des débits

II.2.1 Catégorie des besoins

L'eau potable est une ressource essentielle à de nombreux aspects de la vie quotidienne. Les différentes catégories de consommation d'eau potable peuvent être regroupées en plusieurs grandes classifications, chacune représentant les besoins spécifiques des consommateurs tels que :

- Besoins domestiques.
- Besoins administratifs.
- Besoins commerciaux.

- Besoins industriels.

II.2.2 Consommation unitaire et choix de la dotation

Pour chaque catégorie de consommateur, cette norme unitaire (dotation) est définie comme étant le rapport entre le débit journalier et par unité de consommateur. La dotation représente la quantité moyenne d'eau consommée par habitant par jour, et dépend principalement de :

- La disponibilité des ressources hydriques.
- Le confort de l'agglomération.
- L'accroissement démographique.

En conformité avec ce qui a été cité, nous optons pour une dotation de 150 l/hab/j.

II.2.3 Détermination de la consommation moyenne journalière :

La consommation moyenne journalière Q_{moyj} est définie comme étant le produit de la dotation moyenne journalière par le nombre de consommateurs d'où :

$$Q_{moyj} = \frac{N_i * Dot}{1000} \quad (II-2)$$

Avec :

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

N_i : Nombre de consommateurs dans chaque catégorie ;

Dot : Dotation journalière (l/j/hab).

Pour répondre aux besoins des équipements tels que les sièges administratifs, les écoles et les centres de santé, nous suivons les recommandations de la SEAAL, en les estimant avec un taux de 30% de la consommation domestique.

Les résultats de calcul obtenus sont présentés dans les tableaux ci-après :

Tableau II.2 : Besoins domestiques

	Actuel	Court terme	Moyen terme	Long terme
Horizon	2024	2030	2040	2054
Population	97766	100736	105887	113545
Consommation domestique (m ³ /j)	14664,88	15110,37	15883,11	17031,80

Tableau II.3 : Besoins des équipements

	Actuel	Court terme	Moyen terme	Long terme
Horizon	2024	2030	2040	2054
Consommation des équipement (m ³ /j)	4399,47	4533,11	4764,93	5109,54

II.2.3.1 Consommation moyenne totale

Les besoins totaux moyens sont calculés en additionnant les besoins domestiques et ceux des équipements. Le tableau suivant présente les résultats obtenus, pour les différents horizons :

Tableau II.4 : Récapitulation de la consommation moyenne pour les différents horizons

Catégorie de consommateur	Consommation moyenne journalière [m ³ /j]			
	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
Domestique	14664,88	15110,37	15883,11	17031,80
Équipement	4399,47	4533,11	4764,93	5109,54
Totaux	19064,36	19643,48	20648,05	22141,34

II.2.4 Majoration de la consommation journalière :

Les fuites dans les conduites d'eau peuvent entraîner des pertes importantes de quantité d'eau. Pour tenir compte de ces pertes, nous majorons le débit moyen journalier de consommation, par la considération d'un coefficient de fuite pour compenser les pertes d'eau, garantir la disponibilité suffisante d'eau et assurer la fiabilité du système, tel que :

$$Q_{moy.j.maj} = Q_{moy.j} * K_f \quad (\text{II-3})$$

Avec :

$Q_{moy.j.maj}$: Débit moyen journalier majoré (m³/j) ;

K_f : coefficient de fuite ($K_f=1+\text{taux de fuite}$) ;

$Q_{moy.j}$: Débit moyen journalier (m³/j).

Tableau II.5 : Consommation journalière majorée pour les différents horizons

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
K_f	1,2	1,2	1,2	1,2
Débit moyen journalier majoré (m ³ /j)	22877,23	23572,18	24777,66	26569,61

II.2.5 Variation de la consommation journalière :

Pour un dimensionnement adéquat, il est nécessaire de comprendre le régime de consommation de l'agglomération. Cette variation est caractérisée par des coefficients d'irrégularité (maximums et minimums) $K_{max, j}$ et $K_{min, j}$.

II.2.5.1 Consommation maximale journalière ($Q_{max, j}$) :

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

$$Q_{max.j} = K_{max.j} * Q_{moy.j.maj} \quad (\text{II-4})$$

Avec :

$Q_{\max.j}$: débit journalier maximal (m^3/j) ;

$K_{\max.j}$: coefficient d'irrégularité maximal journalier, dépend de l'importance de la ville et varie généralement entre 1.1 et 1.3. [1]

Tableau II.6 : Consommation maximale journalière pour les différents horizons

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
$K_{\max.j}$	1,2	1,2	1,2	1,2
Débit maximal journalier (m^3/j)	27452,67	28286,62	29733,20	31883,54

II.2.5.2 Consommation minimale journalière ($Q_{\min.j}$) :

De même, le débit minimal correspond à la demande d'eau la plus basse enregistrée lors de la journée la moins chargée de l'année, Il est calculé à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{\min.j} = K_{\min.j} * Q_{\text{moy.j.maj}} \quad (\text{II-5})$$

Avec :

$Q_{\min.j}$: débit journalier minimal (m^3/j) ;

$K_{\min.j}$: coefficient d'irrégularité minimal journalier, varie entre 0.7 et 0.9. [1]

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II.7 : Consommation minimale journalière pour les différents horizons

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
$K_{\min.j}$	0,8	0,8	0,8	0,8
Débit minimal journalier (m^3/j)	18301,78	18857,74	19822,13	21255,69

II.2.6 Variation de la consommation horaire :

II.2.6.1 Débit moyen horaire

Le débit moyen horaire représente la consommation totale de la journée la plus chargée, divisée par 24 heures, qui est donnée par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy.h}} = \frac{Q_{\max.j}}{24} \quad (\text{II-6})$$

Avec :

$Q_{\text{moy.h}}$: débit moyen horaire (m^3/h).

Tableau II.8 : Consommation moyenne horaire pour les différents horizons

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
Débit moyen horaire (m ³ /h)	1143,86	1178,61	1238,88	1328,48

II.2.6.2 Consommation maximale horaire (Q_{max h})

C'est le débit de consommation pendant l'heure de pointe de la journée la plus chargée, il est indispensable dans les différents calculs du réseau de distribution, Il est défini par la relation suivante :

$$Q_{max.h} = K_{max.h} * Q_{moy.h} \quad (\text{II-7})$$

Avec :

Q_{max.h} : débit horaire maximal (m³/h) ;

K_{max h} : Coefficient d'irrégularité maximum horaire.

- Le Coefficient d'irrégularité horaire maximal k_{max h} est donne par :

$$K_{max.h} = \alpha_{max} * \beta_{max} \quad (\text{II-8})$$

Avec :

α_{max} : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et de régime du travail, il varie de 1,2 à 1,5 (pour notre cas on prend α_{max} = 1,5) ;

β_{max} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population .

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

Nombre d'hab. *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

D'après le tableau on peut déduire β_{max} de chaque horizon et calculer K_{max.h}.

Tableau II.10 : Débit maximale horaire pour les différents horizons

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
K _{max h}	1,65	1,65	1,65	1,65
Débit maximal horaire (m ³ /h)	1887,371258	1944,704896	2044,157362	2191,993136

II.2.6.3 Consommation minimale horaire (Q_{min h})

C'est le débit minimal consommé pendant une heure durant la journée la plus chargée, le calcul de ce débit nous permet de déterminer la gamme de conduite avec pression nominale convenable. Il est donné par la formule suivante :

$$Q_{min.h} = K_{min.h} * Q_{moy.h} \quad (\text{II-9})$$

Avec :

$Q_{min.h}$: débit horaire minimal (m^3/h) ;

$K_{min.h}$: coefficient d'irrégularité minimal horaire.

➤ Le Coefficient d'irrégularité horaire minimal $k_{min h}$ est donne par :

$$K_{min.h} = \alpha_{min} * \beta_{min} \quad (\text{II-10})$$

Avec :

α_{min} : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du régime de travail, il varie de 0,4 à 0,6 (pour notre cas on prend $\alpha_{min} = 0,5$) ;

β_{min} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population.

Tableau II.11 : Variation de β_{min} en fonction de nombre d'habitant.

Nombre d'hab. * 10 ³	1	1,5	2,5	4	6	10	20	30	100	300	1000
β_{min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,83	1

D'après le tableau ci-dessus, on peut déduire β_{min} et calculé $K_{min.h}$.

Tableau II.12 : Débit minimal horaire pour les différents horizons

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
$K_{min h}$	0,35	0,35	0,35	0,35
Débit minimal horaire (m^3/h)	343,16	353,58	371,66	398,54

II.2.7 Etude de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitants

Le débit horaire d'une agglomération varie en fonction de son importance. Cette variation des débits horaires est exprimée en pourcentage (%) par rapport au débit maximal journalier de l'agglomération. Exprimée par la relation suivante :

$$Q_{h,i} = C_{h,i} \% \times Q_{max,j} \quad (\text{II-11})$$

Avec :

$Q_{max.h}$: débit maximal horaire estimé en (m^3 /h).

$C_{h,i}$: coefficient de consommation horaire (%).

$Q_{max.j}$: débit maximal journalier estimé en (m^3 /j).

Pour notre cas la classification est toujours plus de 100 000 habitants, les débits horaires obtenus par la formule précédente seront présentés dans les tableaux suivants :

Tableau II.13 : Variation du débit horaire a l'état actuelle

Heures	Consommation		Consommation cumulée	
	En (%)	En (m ³ /h)	En (%)	En (m ³ /h)
00-01	3,35	919,66	3,35	919,66
01-02	3,25	892,21	6,6	1811,88
02-03	3,3	905,94	9,9	2717,81
03-04	3,2	878,49	13,1	3596,30
04-05	3,25	892,21	16,35	4488,51
05-06	3,4	933,39	19,75	5421,90
06-07	3,85	1056,93	23,6	6478,83
07-08	4,45	1221,64	28,05	7700,47
08-09	5,2	1427,54	33,25	9128,01
09-10	5,05	1386,36	38,3	10514,37
10-11	4,85	1331,45	43,15	11845,83
11-12	4,6	1262,82	47,75	13108,65
12-13	4,6	1262,82	52,35	14371,47
13-14	4,55	1249,10	56,9	15620,57
14-15	4,75	1304,00	61,65	16924,57
15-16	4,7	1290,28	66,35	18214,85
16-17	4,65	1276,55	71	19491,40
17-18	4,35	1194,19	75,35	20685,59
18-19	4,4	1207,92	79,75	21893,51
19-20	4,3	1180,46	84,05	23073,97
20-21	4,3	1180,46	88,35	24254,44
21-22	4,2	1153,01	92,55	25407,45
22-23	3,75	1029,48	96,3	26436,92
23-00	3,7	1015,75	100	27452,67

- Le débit maximum horaire de pointe est de 1427,54 m³/h et survient entre 08h et 09h.
- Le débit minimum horaire de pointe est de 878,49 m³/h et survient entre 03h et 04h.

Tableau II.14 : Variation du débit horaire à l'horizon 2054

Heures	Consommation		Consommation cumulée	
	En (%)	En (m ³ /h)	En (%)	En (m ³ /h)
00-01	3,35	1068,10	3,35	1068,10
01-02	3,25	1036,21	6,6	2104,31
02-03	3,3	1052,16	9,9	3156,47
03-04	3,2	1020,27	13,1	4176,74
04-05	3,25	1036,21	16,35	5212,96
05-06	3,4	1084,04	19,75	6297,00
06-07	3,85	1227,52	23,6	7524,51
07-08	4,45	1418,82	28,05	8943,33
08-09	5,2	1657,94	33,25	10601,28
09-10	5,05	1610,12	38,3	12211,39
10-11	4,85	1546,35	43,15	13757,75
11-12	4,6	1466,64	47,75	15224,39
12-13	4,6	1466,64	52,35	16691,03
13-14	4,55	1450,70	56,9	18141,73
14-15	4,75	1514,47	61,65	19656,20
15-16	4,7	1498,53	66,35	21154,73
16-17	4,65	1482,58	71	22637,31

17-18	4,35	1386,93	75,35	24024,24
18-19	4,4	1402,88	79,75	25427,12
19-20	4,3	1370,99	84,05	26798,11
20-21	4,3	1370,99	88,35	28169,10
21-22	4,2	1339,11	92,55	29508,21
22-23	3,75	1195,63	96,3	30703,85
23-00	3,7	1179,69	100	31883,54

- Le débit maximum horaire de pointe est de 1657,94 m³/h et survient entre 08h et 09h.
- Le débit minimum horaire de pointe est de 1020,27 m³/h et survient entre 03h et 04h.

II.3 Bilan de ressources en eau et les besoins :

Après avoir calculé la consommation maximale journalière, il est nécessaire de vérifier si nos sources d'eau peuvent répondre à la demande de notre agglomération à long terme. Nous allons évaluer l'équilibre entre les ressources en eau disponibles et les besoins.

Selon le **Rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais**, le volume d'eau destiné à alimenter notre zone d'étude peut atteindre jusqu'à 30 000 m³/j.

Tableau II.15 : Bilan de ressources en eau et les besoins

Horizon	Actuel 2024	Court terme 2030	Moyen terme 2040	Long terme 2054
Besoins journaliers (m ³ /j)	27452,67	28286,62	29733,20	31883,54
Production (m ³ /j) Forages + source	30 000	30 000	30 000	30 000
Bilan (m ³ /j)	2 547	1 713	267	-1884

En se référant au tableau précédent, on constate que :

- Les ressources sont actuellement suffisantes et il y aura un surplus d'ici 2040
- À partir de 2054, le déficit atteindra 1900 (m³ /j) et il va falloir mobiliser une autre source.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de déterminer tous les débits journaliers (maximum et minimum), avec un débit de pointe actuel de 1427,54 m³/h et de 1657,94 m³/h à long terme. Il en ressort que les ressources actuelles sont suffisantes pour répondre à l'intégralité des besoins en eau potable jusqu'en 2040.

Afin d'assurer une distribution efficace de cette quantité d'eau aux consommateurs, il est indispensable d'effectuer un diagnostic global du système d'alimentation en eau potable de notre zone d'étude Birkhadem – Saoula, c'est l'objectif des chapitres suivants.

Chapitre III : Etude de stockage

Introduction

Les réservoirs jouent un rôle indispensable dans l'amélioration des conditions de distribution de l'eau et la sécurisation de son approvisionnement. Ils doivent être étanches, tout en assurant une coordination entre le régime d'adduction et le régime de distribution.

L'étude de stockage se focalise sur deux infrastructures : le réservoir semi-enterré, destiné à la zone basse (zone 2), et le château d'eau, qui dessert la zone haute (zone 1).

III.1 Rôle des réservoirs : [2]

Le réservoir joue un rôle crucial en tant qu'infrastructure intermédiaire entre les réseaux d'adduction et les réseaux de distribution. Sa présence est indispensable pour garantir les points suivants :

- Régularisation du fonctionnement de la station de pompage.
- Assurer la continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.
- Gain d'énergie au niveau de la station de pompage.
- Coordination du débit d'apport d'eau avec le débit de distribution.
- Garantir les niveaux de pression requis dans chaque zone du réseau.
- Fonctionner comme un élément de réduction de pression lors d'une distribution étagée.
- Garantir la disponibilité de la réserve d'incendie.
- Jouer le rôle de relais.

III.2 Classification des réservoirs :

III.2.1 Classification selon la situation des lieux : [1]

- Réservoirs enterrés ;
- Réservoirs semi-enterrés ;
- Réservoirs surélevés.

III.2.2 Classification selon la forme géométrique :

- Réservoir cylindrique ;
- Réservoir rectangulaire ou carré ;
- Réservoir sphérique.

III.3 Équipement hydraulique des réservoirs :

Le réservoir doit être équipé des éléments suivants :

- Une conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- Une conduite de départ ou de distribution.
- Une conduite de vidange.

- Une conduite de trop-plein.
- Une conduite by-pass.

Ces conduites sont commandées dans une chambre de manœuvre

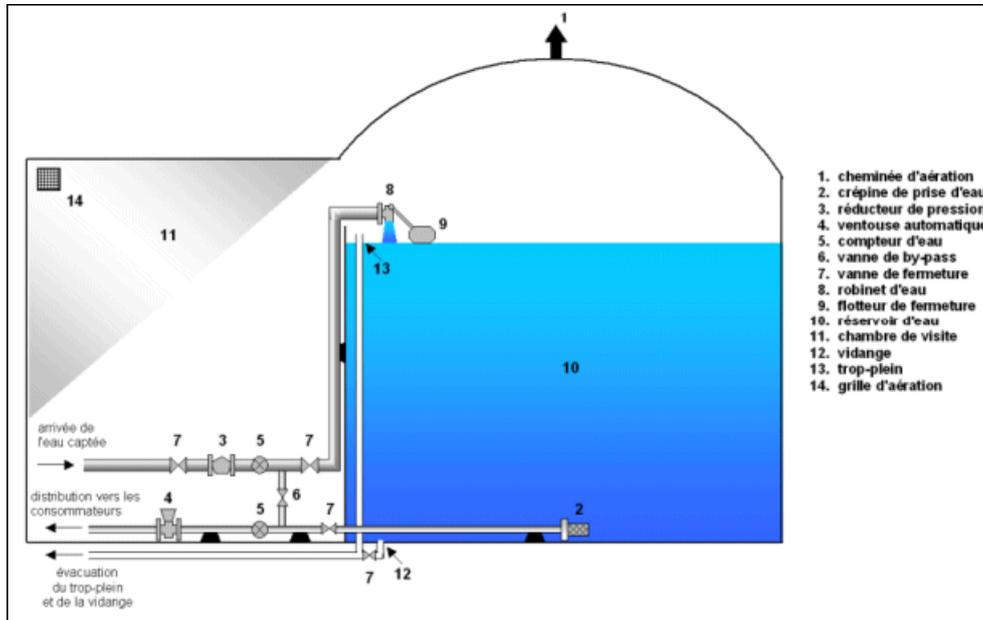


Figure III.1 : Schéma d'équipement des réservoirs

(<http://siaep.faye.free.fr>)

III.3.1 Conduite d'arrivée :

On retrouve quatre configurations possibles pour le placement de l'arrivée de l'adduction dans un réservoir :

- Arrivée par siphon noyée : Cette arrivée d'eau favorise le renouvellement et le brassage positionnée toujours à l'opposé de la conduite de départ.
- Arrivée par surverse.
- Arrivée par le fond.
- Arrivée par le bas.

III.3.2 Conduite de départ :

Cette conduite est installée à l'opposé de la conduite d'arrivée, à une hauteur de 0,15 m à 0,12 m au-dessus du radier, afin d'éviter l'entrée des matières en suspension. Son extrémité est équipée d'une crépine courbée pour prévenir le phénomène de vortex et l'infiltration d'air dans la conduite. De plus, elle est dotée d'une vanne à survitesse, qui permet de gérer et de limiter le débit sortant en cas de variations soudaines de la demande.

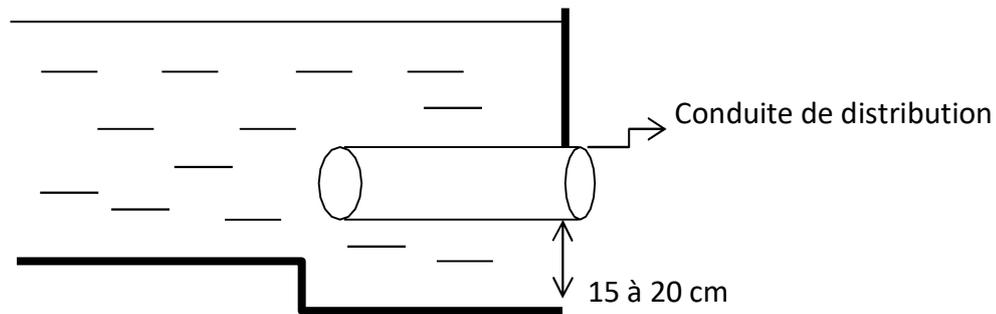


Figure III.2 : conduite de départ

III.3.3 Conduite de trop plein :

La conduite de trop-plein a pour rôle d'évacuer le surplus d'eau arrivant au réservoir lorsque le niveau atteint sa limite maximale, notamment en cas de défaillance du système d'arrêt ou si la pompe ne s'arrête pas. Cette conduite ne doit pas comporter de robinet-vanne et doit déboucher directement dans un exutoire. Si le réservoir est compartimenté, chaque cuve doit être équipée de sa propre conduite de trop-plein.

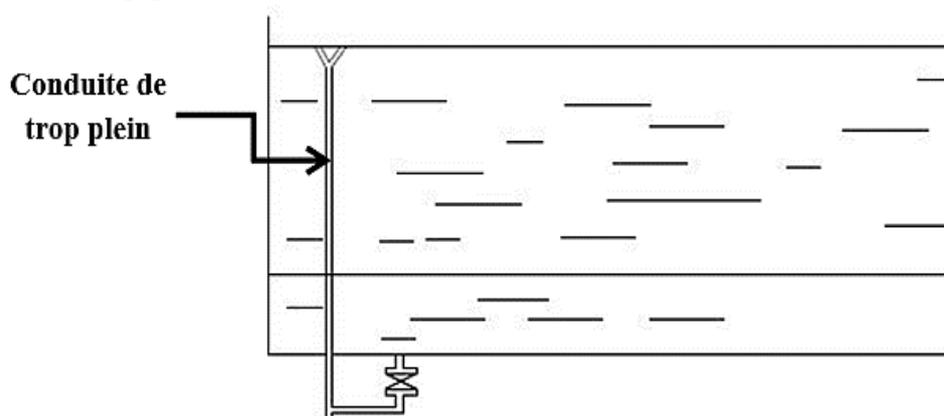


Figure III.3 : Conduite de trop-plein

III.3.4 Conduite de vidange :

Elle permet la vidange du réservoir en cas de nettoyage ou de réparation. Placée au point le plus bas du radier, elle est équipée d'un robinet-vanne et se raccorde généralement à la conduite de trop-plein. Le robinet-vanne doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter les dépôts de sable et les difficultés de manœuvre. À la sortie des deux conduites (trop-plein et vidange), un joint hydraulique est prévu pour empêcher l'entrée d'insectes et d'animaux dans le réservoir.

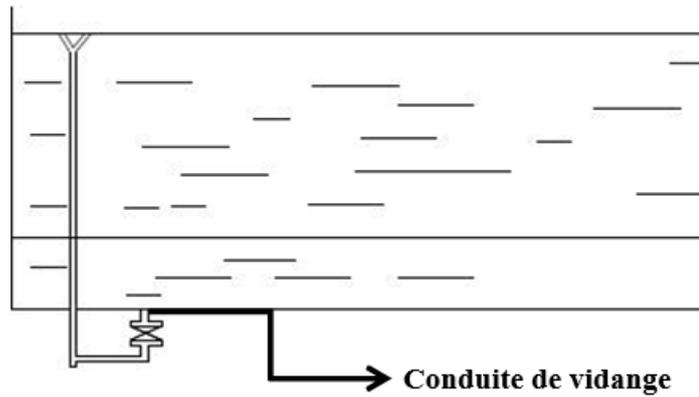


Figure III.4 : conduite de vidange

III.3.5 By-pass entre adduction et distribution :

Pour assurer la continuité de la distribution lors de travaux de maintenance ou de la vidange de la cuve, un tronçon de conduite appelé bypass relie la conduite d'adduction à celle de distribution.

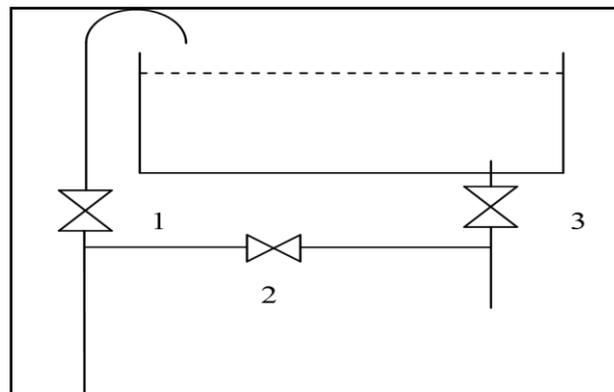


Figure III.5 : conduite de By-pass

En temps normal, les vannes 1 et 3 sont ouvertes et 2 est fermée. En by-pass, on ferme 1 et 3 et on ouvre 2.

III.4 Capacité et dimensionnement du réservoir :

La capacité du réservoir doit être déterminée de manière à répondre pleinement à leurs besoins opérationnels. Deux méthodes de calcul sont couramment utilisées à cet effet :

- Méthode analytique.
- Méthode graphique.

III.4.1 Méthode graphique :

La méthode graphique est basée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l'apport de la station de pompage ; en additionnant en valeur absolue les écarts de deux extrêmes de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtiendra le résidu maximal journalier :

$$V_r = Q_{max.j} \times \frac{R_{max}}{100} \quad (\text{III-1})$$

Avec :

V_r : le volume de régulation (m³) ;

$Q_{max.j}$: La consommation maximale journalière (m³/j) ;

R_{max} : Résidu maximal dans le réservoir en (%).

Tel que, le résidu se calcule de la manière suivante :

$$R_{max} = |V^-| + |V^+| \quad (\text{III-2})$$

Pour le calcul du volume total, en ajoute le volume de la réserve d'incendie (120 m³).

$$V_t = V_r + V_{inc} \quad (\text{III-3})$$

Avec :

V_r : capacité résiduelle du réservoir (m³) ;

V_t : capacité totale du réservoir (m³) ;

V_{inc} : volume d'incendie estimé à 120 m³.

III.4.2 Méthode analytique

La méthode analytique tient compte des débits d'apport et des débits de départ du réservoir. Cette méthode consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir. Le volume résiduel est calculé par la formule suivante :

$$V_r = \frac{a \times Q_{max.j}}{100} \quad (\text{III-4})$$

Avec :

V_r : capacité résiduelle du réservoir (m³) ;

a : Représente le maximum des restes de $Q_{max.j}$ en pourcentage ;

$Q_{max.j}$: La consommation maximale journalière (m³/j).

Dont le volume total sera :

$$V_t = V_r + V_{inc} \quad (\text{III-5})$$

III.4.3 Calcul du volume du réservoir :

La détermination analytique de la capacité du réservoir d'alimentation exige deux régimes distincts :

- Le régime de consommation de notre agglomération, qui dépend du nombre d'habitants.

- Le régime d'apport d'eau à partir de la station de pompage GARIDI et du Forage Pitavey que nous avons fixé à raison de 20 heures d'apport.

➤ **Château d'eau vers zone 1 :**

Tableau III.1 : Evaluation du volume résiduel du château d'eau

Heures	Consommation d'eau (%)	Refoulement d'eau (%)	Arrivée d'eau au réservoir (%)	Départ d'eau du réservoir (%)	Reste d'eau dans le réservoir en (%)
00-01	3	5	2	-	10,8
01-02	3,2	0	-	3,2	7,6
02-03	2,5	0	-	2,5	5,1
03-04	2,6	0	-	2,6	2,5
04-05	3,5	0	-	3,5	-1
05-06	4,1	5	0,9	-	-0,1
06-07	4,5	5	0,5	-	0,4
07-08	4,9	5	0,1	-	0,5
08-09	4,9	5	0,1	-	0,6
09-10	5,6	5	-	0,6	0
10-11	4,8	5	0,2	-	0,2
11-12	4,7	5	0,3	-	0,5
12-13	4,4	5	0,6	-	1,1
13-14	4,1	5	0,9	-	2
14-15	4,2	5	0,8	-	2,8
15-16	4,4	5	0,6	-	3,4
16-17	4,3	5	0,7	-	4,1
17-18	4,1	5	0,9	-	5
18-19	4,5	5	0,5	-	5,5
19-20	4,5	5	0,5	-	6
20-21	4,5	5	0,5	-	6,5
21-22	4,8	5	0,2	-	6,7
22-23	4,6	5	0,4	-	7,1
23-00	3,3	5	1,7	-	8,8

Selon le tableau on trouve → **a = 10,8 %**

Actuel 2024 : $V_t = V_r + V_{inc} = 960,26 + 120 = 1080,29 \text{ m}^3$

Long Terme 2054 : $V_t = V_r + V_{inc} = 1115,28 + 120 = 1235,28 \text{ m}^3$

La capacité du château d'eau actuel est de 2500 m³. Selon nos calculs, cette capacité est suffisante pour répondre aux besoins actuels et à long terme.

➤ Réservoir semi enterré vers zone 2 :

Tableau III.2 : Evaluation du volume résiduel du réservoir semi enterré

Heures	Consommation d'eau (%)	Refoulement d'eau (%)	Arrivée d'eau au réservoir (%)	Départ d'eau du réservoir (%)	Reste d'eau dans le réservoir en (%)
00-01	1,5	5	3,5	-	13,5
01-02	1,5	0	-	1,5	12
02-03	1,5	0	-	1,5	10,5
03-04	1,5	0	-	1,5	9
04-05	2,5	0	-	2,5	6,5
05-06	3,5	5	1,5	-	8
06-07	4,5	5	0,5	-	8,5
07-08	5,5	5	-	0,5	8
08-09	6,25	5	-	1,25	6,8
09-10	6,25	5	-	1,25	5,5
10-11	6,25	5	-	1,25	4,3
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
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
23-00	1,5	5	3,5	-	10

Selon le tableau on trouve → $a = 13,5 \%$

Actuel 2024 : $V_t = V_r + V_{inc} = 2309,26 + 120 = 2429,26 \text{ m}^3$

Long Terme 2054 : $V_t = V_r + V_{inc} = 2681,97 + 120 = 2801,97 \text{ m}^3$

Le réservoir semi-enterré actuel a une capacité de 5000 m³. Nos calculs montrent que cette capacité est suffisante pour les besoins présents et futurs.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons calculé la capacité du réservoir et du château d'eau pour chaque zone, à partir du débit maximal journalier, et on a conclu que les deux ouvrages existants sont largement suffisants pour assurer une distribution d'eau efficace et stable dans chaque zone.

*Chapitre IV : Diagnostic
physique du système actuel
d'AEP*

Introduction

Un système d'alimentation en eau potable vise à produire et distribuer de façon continue de l'eau potable aux populations dans les conditions de pression de service requises. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de disposer d'ouvrages et d'équipements de production et de distribution en bon état de fonctionnement. Ce chapitre débutera par l'identification de l'état physique du réseau de distribution et des ouvrages existants, ainsi que l'évaluation des conditions de fonctionnement de ce système.

IV.1 Présentation générale de la situation existante :

Le système d'alimentation en eau commence à partir de la station de pompage GARIDI cette station est principalement alimentée par les eaux du projet SPIK, et celles de la SDEM Hamma, plus d'une arrivée du forage Pitavey. La station de pompage de Birkhadem refoule ensuite l'eau vers le château d'eau, avec un volume moyen journalier de 30 000 m³.

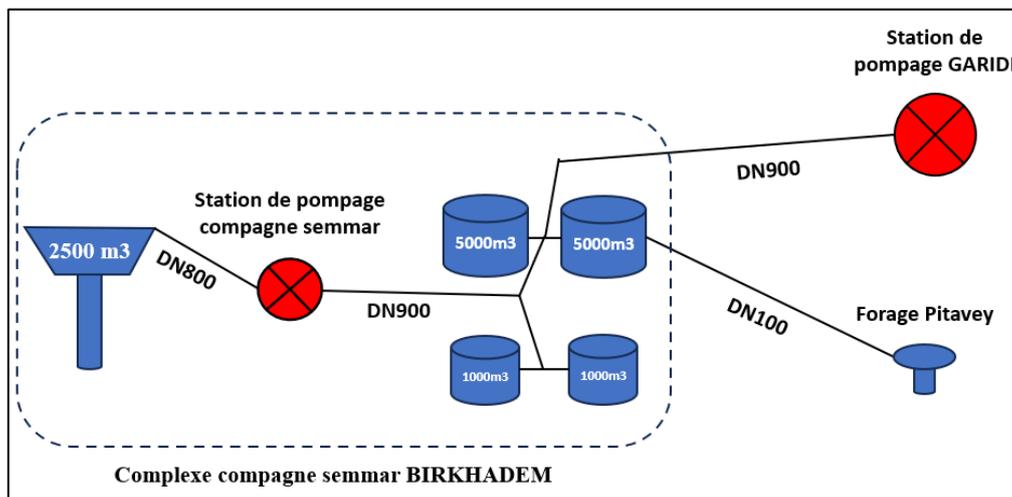


Figure IV.1 : Schéma représentatif de la situation existante

IV.2 Ressources en eau :

IV.2.1 Station de pompage GARIDI :

La réalisation et la mise en service de la station de pompage ont eu lieu en 1989 à Garidi 01 - Sidi Garidi. Cette station est principalement alimentée par les eaux du SPIK et celles de la SDEM Hamma, le tableau ci-dessous représente les caractéristiques des groupes électropompes hydraulique de la station de pompage GARIDI :

Tableau IV.1 : Caractéristiques des GEPH SP Garidi vers Bir Khadem

Transfert	Groupes		Pompes		Moteurs			
	Service	Secours	Q [m ³ /h]	Hmt [m]	U [v]	P [kw]	I [A]	V [tr/mn]
RV BIR KHADEM	2	1	1295	48	5500	235	30	1475

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

IV.2.1.1 Instrumentation de quantité et qualité

- Capteurs de niveau : Deux sont installés dans chaque compartiment du réservoir.
- Appareils de mesure : Présence de manomètres en amont et en aval de chaque GEPH, ainsi qu'un capteur principal sur chaque départ des collecteurs de refoulement.
- Capteurs de chlore : Capteur de chlore résiduel sur le collecteur d'aspiration de la salle des machines.
- Mesure de turbidité : Non disponible, mais utilisé au besoin avec un turbidimètre portatif.
- Mesure de débit :
 - Conduite d'arrivée SDEM : un débitmètre de type CI (Canne à Insertion) DN900
 - Conduites de départ : BKh : un DEM (Débitmètre Electromagnétique) DN900

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

IV.2.1.2 Systèmes de protection hydrauliques :

Afin d'assurer la sécurité et la durabilité des installations hydrauliques, un dispositif de prévention contre le coup de bélier est implanté, notamment à travers l'utilisation de ballons anti-bélier. Il y a deux ballons pour le bras Birkhadem, voici les caractéristiques de ces dispositifs :

- Capacité : 25 m³ chacun
- Ps=25.8 bar ;
- Pe=38.7 bar ;
- Année de mise en service :1989 ;
- 01 compresseur de 3460 l/min.

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

IV.2.1.3 Etat physique de la station de pompage GARIDI

Les résultats de notre diagnostic physique sont représentés par les figures ci-après :





Figure IV.2 : L'état des équipements de mesure (Date : 21/05/2024)

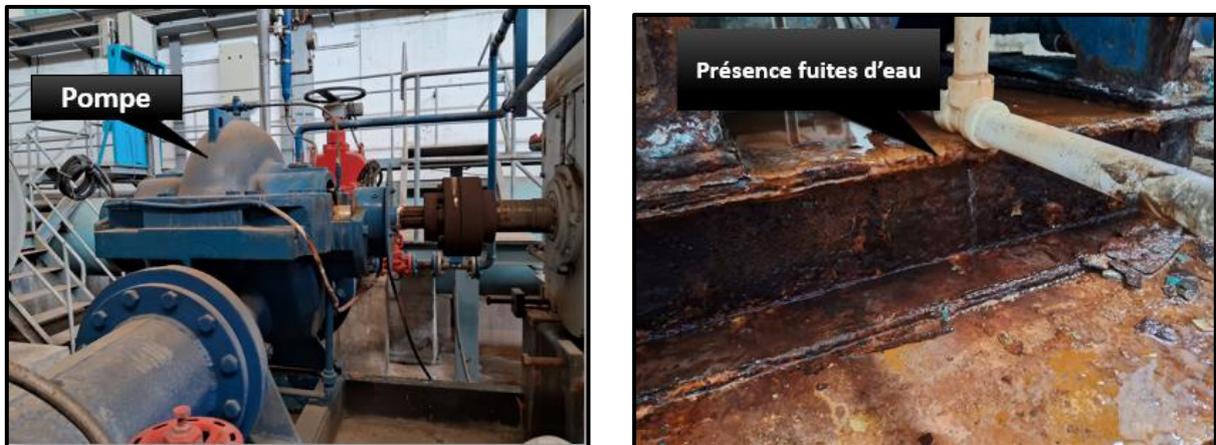


Figure IV.3 : L'état à l'intérieur de la station de pompage (Date : 21/05/2024)



Figure IV.4 : Armoire électrique (Date : 21/05/2024)



Figure IV.5 : Moteurs d'entraînement des pompes (Date : 21/05/2024)

Constats :

- Les pompes sont dans un état de dégradation à cause des fuites au niveau des joints, qui ont entraîné la corrosion des composants ;
- Les équipements présentent des signes d'oxydation (rouille) ;
- Trois manomètres sont hors service ;
- Trois manomètres sont en bon état ;
- Présence de fuites d'eau au niveau des joints et des raccords ;
- Les armoires électriques sont en bon état.

Recommandation

- Remplacer les pièces défectueuses ou envisager le remplacement complet des pompes si elles sont irréparables.
- Nettoyer et retirer la rouille avec des produits antirouille adaptés.
- Appliquer un traitement de surface (comme une peinture anticorrosion) pour prévenir de futures oxydations.
- Remplacer les manomètres défectueux par de nouveaux.
- Réparer les fuites en resserrant les joints ou en remplaçant les tuyaux endommagés.

IV.2.2 Forage :

Le forage Pitavey alimente les réservoirs 2*5000 m³ de compagnie Semmar via une arrivée DN 100. Le tableau suivant représente les caractéristiques du forage :

Tableau IV.2 : Caractéristiques du forage Pitavey

Coordonnée	36°43'10"N	3°02'39"E
Cote terrain (m)	113	
Niveau statique (m)	44	
Débit d'exploitation (m ³ /h)	60	
HMT (m)	150	
Etat de l'ouvrage	Bon état	

(Source : SEAAL, centre de production)

IV.2.3 Adduction :

Deux conduites d'adduction alimentent les réservoirs de 2 x 5000 m³. L'une provient de la station de pompage GARIDI et l'autre du forage Pitavey. Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques des deux adductions :

Tableau IV.3 : Caractéristiques du réseau d'adduction

Adduction	Nœud de départ	Nœud d'arrivée	Nature (diamètre en mm)	Linéaire (ml)
Principale	Station de pompage GARIDI	Réservoir 5000m ³	Acier DN900	4304,68
Secondaire	Forage pitavey	Réservoir 5000m ³	Fonte ductile DN 100	1123,06

(Source : SEAAL, centre de production)

IV.3 Complexe campagne semmar :**IV.3.1 Ouvrage de stockage :**

Le complexe Compagne Semmar dispose de quatre réservoirs circulaires : deux de 1000 m³ et deux de 5000 m³ déjà, ainsi qu'un château d'eau d'une capacité de 2500 m³. Ils déversent dans un trop plein de DN 900 en acier, et disposent d'un système de vidange commun DN 400 en acier.

➤ **Les réservoirs 2*5000 m³** : sont alimentés de Garidi via une arrivée en acier DN 900 chacun + une arrivée DN 100 du forage Pitavey, Les deux réservoirs 5000m³ desservent la partie campagne Semmar BIRKHADEM.

Tableau IV.4 : Caractéristiques du Réservoir 2*5000m³

Capacité	2*5000 m ³
Type	Semi enterré
Cote trop plein	165m
Cote radier	160 m
Année de réalisation	2008
Zones de service	Birkhadem – Saoula
Etat de l'ouvrage	Bon état

(Source : SEAAL)

- Les réservoirs de 2*1000 m³ ne sont plus en service en raison de fissures.

Tableau IV.5 : Caractéristiques du Réservoir 2*1000m³

Capacité	2*1000 m ³
Type	Semi enterré
Cote trop plein	165m
Cote radier	160 m
Année de réalisation	2000
Zones de service	Birkhadem – Saoula
Etat de l'ouvrage	Hors service (En cours de travaux)

(Source : SEAAL)

- **Château d'eau** De capacité de 2500 m³ avec une cote trop plein 190m et cote radier 176m, le château collecte les eaux des réservoirs via la station de pompage, par une conduite DN800.

IV.3.2 Station de pompage compagne Semmar :

La station de pompage aspire depuis les deux réservoirs 2*5000 via une conduite DN900 en Acier et refoule vers le château d'eau via une conduite DN800 avec un volume journalier moyen de 30 000 m³ qui alimente par la suite notre zone d'étude gravitairement

La salle des machines est dotée de trois (03) GEPH, avec un fonctionnement de : trois (02) GEPH en marche et un (01) en secours (02 + 01) Le collecteur d'aspiration de la salle des machines est en acier DN800 Raccordé à la conduite DN800 de la sortie des réservoirs.

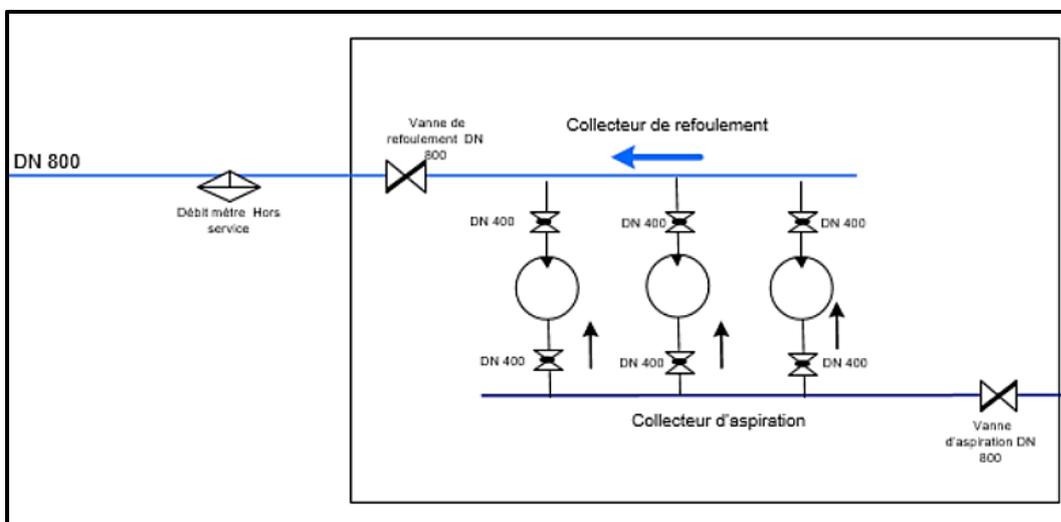


Figure IV.6 : Schéma représentatif de la station de pompage

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

Tableau IV.6 : Caractéristiques des GEPH SP compagne semmar (réservoirs vers Château d'eau)

Transfert	Groupes		Pompes		Moteurs			
	Service	Secours	Q [m ³ /h]	HMT [m]	U [v]	P [kw]	I [A]	V [tr/mn]
CE BIR KHADEM	2	1	1224	45	380	220	395	1480

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

IV.3.2.1 Instrumentation de quantité et qualité

- Capteurs de niveau : Deux capteurs indiquant le niveau des réservoirs et une autre indiquant le niveau du château d'eau.
- Appareils de mesure : Six manomètres en amont et en aval de chaque GEPH, ainsi qu'un sur le collecteur de refoulement.
- Capteurs de chlore : Présence d'un capteur de chlore sur le collecteur de refoulement.
- Mesure de turbidité : Non disponible, mais utilisé au besoin avec un turbidimètre portatif.
- Mesure de débit : Inexistant

(Source : rapport de fonctionnement des SP du Centre des Usines Relais – Version « A »)

IV.3.2.2 Dispositifs de sécurité hydrauliques

Il existe un total de trois (03) clapets anti-retours, chacun étant positionné individuellement sur la conduite de refoulement avant chaque GEPH.

IV.3.2.3 Etat physique de la station de pompage compagne Semmar :

Le diagnostic physique, pour cette station, est montré à travers les figures suivantes.



Figure IV.7 : L'état à l'intérieure de la station de pompage

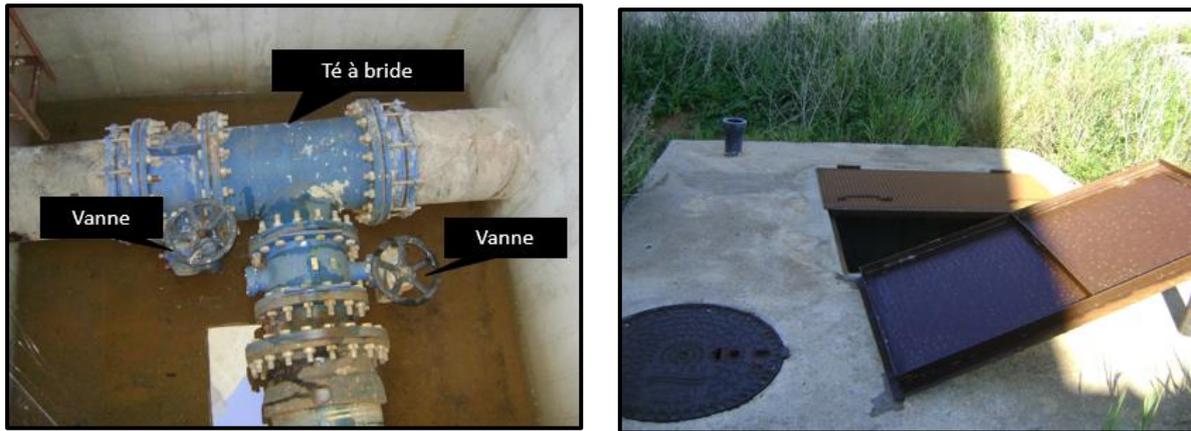


Figure IV.8 : Chambre de vanne à l'extérieur et a l'intérieure

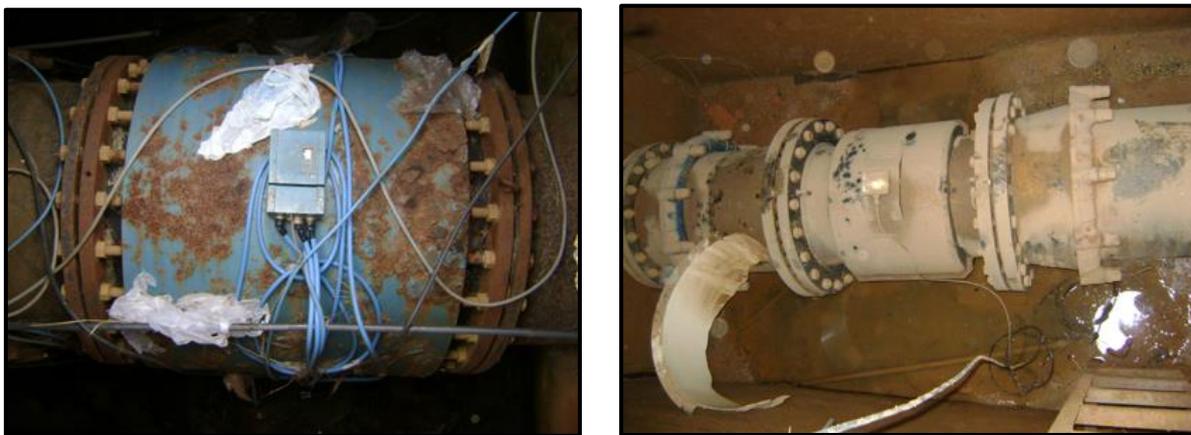


Figure IV.9 : Chambre de vanne à l'intérieure

Constats :

- Les pompes sont en bon état ;
- Les équipements présentent des signes d'oxydation (rouille) ;
- Présence de graves fuites d'eau ;
- Négligence totale de l'état des chambres.

Recommandation

- Nettoyer les chambres des vannes de tous corps étrangers ;
- Nécessité des travaux de réparation et de peinture du mur des chambre des vannes et du bâtiment de la station de pompage ;
- Appliquer un traitement de surface pour prévenir de futures oxydations.
- Réparer les fuites en resserrant les joints ou en remplaçant les tuyaux endommagés.
- Installation d'appareil de mesure de débit

IV.4 Etat physique du réseau de distribution :

Le réseau de distribution de notre zone d'étude couvre presque entièrement la commune de Birkhadem ainsi que la partie nord de la commune de Saoula. Ce réseau est de type mixte, combinant différents types de conduites fabriquées à partir de divers matériaux, notamment l'acier, la fonte ductile, le polyéthylène haute densité (PEHD), l'acier galvanisé et l'amiante-ciment. Avec une longueur totale de 165 275,51 mètres linéaires.

IV.4.1 Classification des conduites

IV.4.1.1 Selon le type de matériau :

Cette classification permet une meilleure compréhension de la diversité des matériaux utilisés dans le réseau. Le tableau ci-dessous présente la répartition des longueurs des conduites de distribution par nature du matériau utilisé :

Tableau IV.7 : Répartition des longueurs des par nature du matériau

Type du matériau	Longueur totale (m)	Longueur totale (%)
FD	78441,65	65,79
PEHD	19575,89	16,41
AMC	3498,32	2,93
AG	15963,81	13,38
PVC	945,75	0,79
AC	803,89	0,67
FONTE	770,95	0,64
TOTALE	119229,31	100

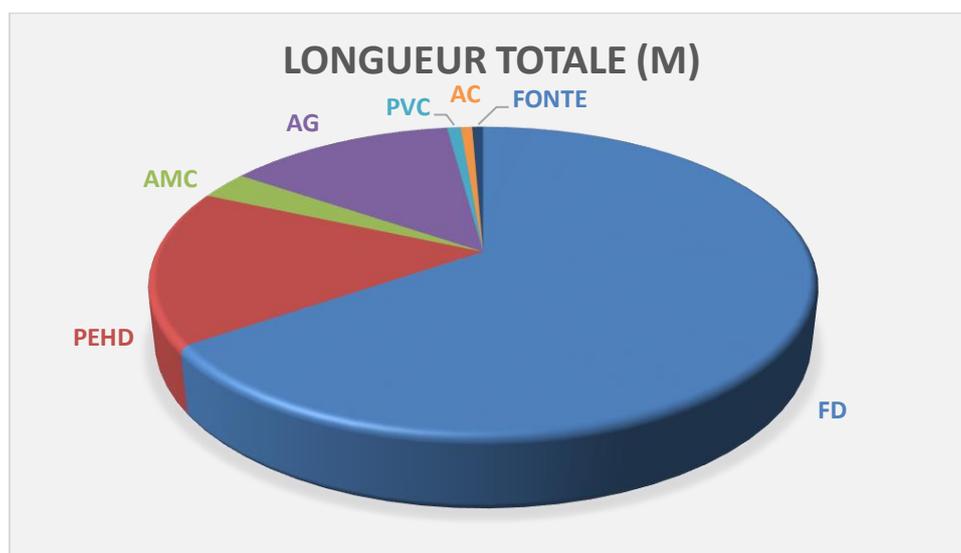


Figure IV.10 : Répartition linéaire des conduites de distributions selon la nature de matériau

Remarque :

- Le réseau de distribution est composé de divers matériaux, principalement de la fonte ductile, du PEHD et de l'acier galvanisé.
- Bien que les conduites en amiante-ciment (AMC) et en acier galvanisé (AG) soient durables et résistantes à la corrosion, elles posent des risques sérieux pour la santé publique. Par conséquent, elles doivent être remplacées à court terme.

IV.4.1.2 Selon le diamètre :

Cette répartition permet de comprendre comment les différents diamètres contribuent à l'efficacité et à la capacité du système de distribution. Le tableau ci-dessous illustre la répartition des longueurs des conduites de distribution en fonction de leur diamètre

Tableau IV.8 : La répartition des longueurs des tronçons de conduites par diamètres

Diamètre extérieur (mm)	Longueur totale (m)	Longueur totale (%)
DN 50	5514,57	4,63
DN 60	4530,41	3,80
DN 63	2902,45	2,43
DN 75	139,01	0,12
DN 80	10491,32	8,80
DN 90	5455,29	4,58
DN 100	35835,54	30,06
DN 102	355,44	0,30
DN 110	5816,77	4,88
DN 125	110,07	0,09
DN 150	16316,79	13,69
DN 160	1131,65	0,95
DN 200	15428,54	12,94
DN 250	972,10	0,82
DN 300	4954,09	4,16
DN 315	3350,97	2,81
DN 400	3421,75	2,87
DN 500	2502,54	2,10
TOTALE	119229,31	100,00

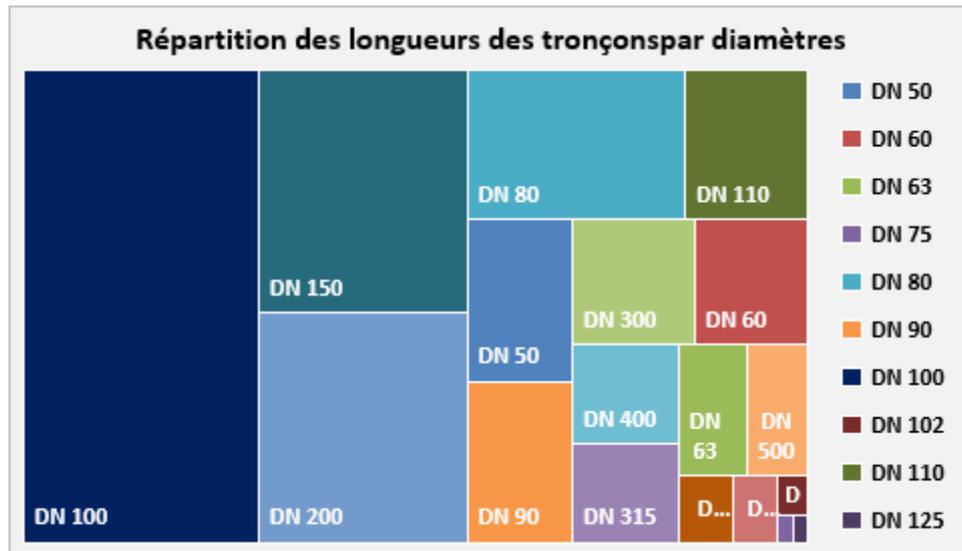


Figure IV.11 : La répartition des longueurs des tronçons de conduites par diamètres

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons établi un diagnostic physique du système d’approvisionnement en eau potable de la zone de projet, en examinant notamment les ouvrages de stockage, les deux stations de pompage et le forage de Pitavey, en plus du réseau de distribution. Ce diagnostic a révélé plusieurs points importants :

- Les deux stations de pompage nécessitent un entretien, y compris des peintures des équipements et des murs des, ainsi que ;
- La réparation des fuites existantes ;
- Le remplacement des équipements endommagés ;
- Environ 17% des matériaux utilisés dans le réseau, tels que l'amiante-ciment et l'acier galvanisé, posent des risques sérieux pour la santé publique, ce qui doit être remplacé.

Les résultats de ces diagnostics permettent de prendre des mesures pour améliorer la performance, la fiabilité et la durabilité du système d’alimentation en éliminant toutes les anomalies identifiées.

***Chapitre V : Diagnostic
hydraulique du système actuel
d'AEP***

Introduction

Ce chapitre vise à établir un état des lieux du système d'alimentation en eau potable de notre zone d'étude, en se basant sur les données et les documents fournis par les services techniques de SEAAL. Ce diagnostic va permettre de connaître le comportement hydraulique de ce système des points de vue de la vitesse, des surpressions ou des sous-pressions.

V.1 Diagnostic hydraulique de la conduite d'adduction

Comme il est déjà mentionné, dans le chapitre précédent, notre système d'adduction se compose de deux conduites d'adduction qui alimentent les deux réservoirs 5000 m³. L'une provient de la station de pompage GARIDI et l'autre du forage Pitavey. Nous allons donc mener une étude pour vérifier l'état hydraulique des deux conduites d'adduction.

V.1.1 Calcul de la vitesse.

La vitesse d'écoulement dans un tuyau cylindrique, se calcule selon la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (\text{V-1})$$

Avec :

V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

Q : débit véhiculé par la conduite (m³/s) ;

D : diamètre de la conduite (m).

V.1.2 Calcul des pertes de charges.

Les pertes de charge représentent une portion de l'énergie mécanique de l'eau qui se transforme en chaleur en raison des frottements entre les particules de l'eau et les parois des canalisations.

Elles se présentent sous deux formes :

- Les pertes de charge linéaires ;
- Les pertes de charge singulières.

V.1.2.1 Les pertes de charges linéaire ΔH_L :

L'expression des pertes de charge linéaires est donnée par la formule DARCY WEISBACH :

$$\Delta H_L = \lambda \times L \times \frac{v^2}{2 \times g \times D} \quad (\text{V-2})$$

Avec :

ΔH_L : pertes de charge linéaires (m) ;

L : longueur de la conduite (m) ;

g : accélération de la pesanteur ($g=9.81\text{m/s}^2$) ;

- ❖ λ : Coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement. Déterminé à partir de la formule de COLBROOK-WHITE :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log \left[\frac{K}{3,71 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right] \quad (\text{V-3})$$

Où :

- ❖ **K** : rugosité de la conduite, qui représente la hauteur moyenne des aspérités de la surface des parois en contact avec l'eau, elle croît avec l'âge de la conduite [article 2020 FRICTION FACTOR EQUATIONS ACCURACY FOR SINGLE AND TWO-PHASE FLOWS] :

$$K = K_0 + \alpha \times t_s \quad (\text{V-4})$$

Avec :

K₀ : rugosité absolue de la conduite neuve ;

α : coefficient de vieillissement des conduites déterminé à partir de l'abaque de Mr Peter LAMONT;

t_s : temps de service (dans notre cas t= 35ans).

- ❖ **Re** : nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{V-5})$$

Avec :

V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

D : diamètre de la conduite (m).

ν : viscosité cinématique de l'eau $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

V.1.2.2 Perte de charge singulière :

Elles sont provoquées par les coudes, vannes, clapets...etc. et sont estimées à 5% 10% des pertes de charge linéaires pour le PEHD et à 10% des pertes de charge linéaires, dans le cas d'une adduction :

$$\Delta H_S = 0,1 \times \Delta H_L \quad (\text{V-6})$$

Avec :

ΔH_S : Perte de charge singulière (m) ;

ΔH_L : Perte de charge linéaire (m).

V.1.2.3 Pertes de charge totales ΔH_T :

Elles représentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad (\text{V-7})$$

Avec :

ΔH_T : Perte de charge totale (m) ;

ΔH_S : Perte de charge singulière (m) ;

ΔH_L : Perte de charge linéaire (m).

V.1.3 Détermination de la hauteur manométrique totale :

Le calcul de la hauteur manométrique est présenté dans les tableaux suivants pour les deux adductions :

Tableau V.1 : Détermination de la HMT du tronçon SP GARDID – Réservoir 5000m³

Hg (m)	D (mm)	V (m/s)	Re	Lambda	ΔHL (m)	ΔHT (m)	HMT (m)
35	900	1,13	1017805,69	0,018381	5,73	6,30	41,30

Tableau V.2 : Détermination de la HMT du tronçon Forage Pitavey – Réservoir 5000m³

Hg (m)	D (mm)	V (m/s)	Re	Lambda	ΔHL (m)	ΔHT (m)	HMT (m)
121	100	2,12	210105,71	0,039566	101,99	112,18	228,18

Constats :

- La hauteur manométrique totale (HMT) de la pompe installée dans le forage de pitavey est insuffisante.
- En revanche, La hauteur manométrique totale (HMT) des pompes de la station de pompage GARDIDI est suffisante. Mais comme nous l'avons indiqué dans le chapitre précédent, Les pompes sont dans un état de dégradation et ne répondent pas aux besoins en termes de pression et de débit.

Recommandations :

- Il est recommandé soit de remplacer la pompe du forage de Pitavey par une pompe ayant une hauteur manométrique totale (HMT) suffisante, soit de réduire les pertes de charge en modifiant le diamètre et le type de matériau des canalisations.
- Si les pompes de la station de pompage GARDIDI sont trop dégradées pour être réparées efficacement. Il est recommandé de les remplacer.

V.2 Diagnostic hydraulique du réseau de distribution

L'étude de diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable nous permet d'évaluer le fonctionnement hydraulique du réseau. Pour ce faire, une simulation du comportement hydraulique du réseau de distribution à l'horizon actuel et futur sera effectuée à l'aide du logiciel EPANET, afin de déterminer les vitesses et les pressions du réseau existant. À cet effet, nous procéderons d'abord à la détermination de :

- La longueur et du diamètre actuel de chaque tronçon,
- Les débits spécifiques,
- Les débits en route,
- Les débits aux nœuds.

V.3 Modélisation hydraulique : [1]

La modélisation hydraulique de l'écoulement dans le réseau d'eau potable représente son fonctionnement spatial et temporel à l'aide d'un logiciel. Cette méthode permet de simuler le déplacement de l'eau à travers le réseau dans différents scénarios et conditions, incluant les périodes de pointe, les incendies, et divers autres contextes, en évaluant les débits et les pressions.

V.4 Description du logiciel EPANET [3]

EPANET est un logiciel de simulation des réseaux hydrauliques, permettant d'analyser le débit, la pression et la qualité de l'eau sur de longues périodes. Il peut être utilisé pour diverses applications telles que le calibrage des modèles hydrauliques ou la planification de l'entretien des canalisations. Disponible sur Windows, il offre un environnement intégré pour l'édition de données et l'affichage des résultats sous divers formats (cartes, tableaux, graphiques).

V.5 Classification des réseaux :

V.5.1 Réseau ramifié

Il s'agit d'un réseau avec une structure en arborescence, composé d'une conduite principale et de conduites secondaires (branches) partant de nœuds de charge définis, tels que des réservoirs. Chaque point du réseau ne peut être alimenté que d'une seule manière. Bien que l'eau circule dans une seule direction, ce type de réseau, présente un inconvénient majeur en termes de sécurité et de souplesse en cas de rupture ou d'accident sur la conduite principale. En effet, ce type de réseau est généralement convenable pour l'agglomération de type rural où les habitants sont dispersés.

V.5.2 Réseau maillé

Le réseau maillé est constitué d'une série de tronçons disposés de manière à former des boucles fermées. Cette structure est recommandée dans les réseaux de distribution d'eau où les abonnés sont concentrés. Ce type de réseau offre une meilleure sécurité en cas de rupture de conduite et assure une distribution uniforme des débits et des pressions. Cependant, sa mise en place est coûteuse, nécessitant plus d'accessoires, et son calcul est plus complexe que celui des réseaux ramifiés.

V.5.3 Réseau mixte

Il se présente comme un réseau maillé, comportant des ramifications permettant d'alimenter quelques zones isolées de la ville. En milieu rural, le réseau est principalement constitué de ramifications, tandis qu'en milieu urbain, les mailles sont plus prédominantes.

V.6 Calcul hydraulique du réseau de distribution :

V.6.1 Détermination du débit spécifique :

Le débit spécifique se calcule en tenant compte de l'hypothèse selon laquelle la répartition des habitants est homogène le long du réseau de distribution. Il est donné par la formule suivante :

$$q_{sp} = \frac{Q_p}{\sum L_i} \quad (\text{V-8})$$

Avec :

q_{sp} : le débit spécifique (l/s/ml) ;

Q_p : débit de pointe (l/s) ;

$\sum L_i$: Somme des longueurs des tronçons assurant un service en route (ml).

Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.3 : Détermination de débit spécifique

L'horizon	2024	2054
Q_p (l/s)	396,53	460,53
q_{sp} (l/s/ml)	0,00663	0,00770
$\sum L_i$ (ml)	59769,62	

V.6.2 Calcul des débits en route :

C'est le débit consommé d'une façon uniforme le long d'un tronçon. Sa valeur est déterminée par la formule suivante :

$$Q_{r-i} = q_s * L_{i-j} \quad (V-9)$$

Avec :

Q_{r-i} : débit en route de chaque tronçon (l/s) ;

q_s : le débit spécifique (l/s/ml) ;

L_{i-j} : la longueur du tronçon i-j (m).

V.6.3 Calcul des débits nœuds :

Le débit au nœud représente la moitié des débits consommés dans les tronçons adjacents au nœud considéré. Il est calculé selon la formule suivante :

$$Q_{ni} = 0,5 \sum Q_{ri} + \sum Q_{conc} \quad (V-10)$$

Avec :

Q_{ni} : le débit au nœud considéré ;

$\sum Q_{ri}$: Somme des débits en route des tronçons reliés au nœud i ;

$\sum Q_{conc}$: Somme des débits concentrés au nœud i (l/s).

V.6.3.1 Cas de pointe :

Les tableaux ci-dessous résument les résultats de calcul des débits en route et aux nœuds pour le cas de pointe : (**voir annexe 1 et annexe 2**)

Cas actuel :

Tableau V.4 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N1	N1-N2	p1	540,4	3,59	2,98
	N1-N100	p90	328,1	2,18	
	N1-N39	p175	28,76	0,19	
N2	N1-N2	p1	540,4	3,59	3,80
	N2-N13	p25	223,8	1,48	
	N2-N72	p88	380,1	2,52	
N3	N3-N4	p2	457,3	3,03	1,52
N4	N3-N4	p2	457,3	3,03	1,87
	N4-N7	p4	40,75	0,27	
	N50-N4	p85	64,84	0,43	
N5	N5-N6	p3	570,2	3,78	2,67
	N5-N62	p43	169,4	1,12	
	N5-N67	p73	65,38	0,43	
N6	N5-N6	p3	570,2	3,78	5,36
	N6-N25	p15	286,7	1,90	
	N6-N68	p55	758,1	5,03	

Cas de pointe futur :

Tableau V.5 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N1	N1-N2	p1	540,4	4,16	3,46
	N1-N100	p90	328,1	2,53	
	N1-N39	p175	28,76	0,22	
N2	N1-N2	p1	540,4	4,16	4,41
	N2-N13	p25	223,8	1,72	
	N2-N72	p88	380,1	2,93	
N3	N3-N4	p2	457,3	3,52	1,76
N4	N3-N4	p2	457,3	3,52	2,17
	N4-N7	p4	40,75	0,31	
	N50-N4	p85	64,84	0,50	
N5	N5-N6	p3	570,2	4,39	3,10
	N5-N62	p43	169,4	1,31	
	N5-N67	p73	65,38	0,50	
N6	N5-N6	p3	570,2	4,39	6,22
	N6-N25	p15	286,7	2,21	
	N6-N68	p55	758,1	5,84	

V.6.3.2 Cas de pointe + incendie :

Nous effectuons les mêmes étapes de calcul pour le cas de pointe, sauf que le débit d'incendie (17 l/s) est ajouté en tant que débit concentré au point le plus défavorable. Le point (N28) est identifié comme étant le plus défavorable

V.7 Résultats de la simulation :

Après avoir introduit les différents paramètres hydrauliques de notre réseau - diamètres, rugosité, et débits nodaux - nous lançons la simulation et on extrait l'état des nœuds et des arcs de notre réseau, qui seront résumés dans les tableaux suivants.

V.7.1 Cas de pointe actuel :

Le tableau suivant présente la charge et la pression pour chaque nœud : (voir annexe 3)

Tableau V.6 : Etat des nœuds (charge et pression) : Cas de pointe actuel (2024)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	2,98	190,74	81,91
n2	132,82	3,8	191,69	58,87
n3	111,85	1,52	180,86	69,01
n4	98,80	1,87	181,2	82,4
n5	84,79	2,67	174,65	89,87
n6	106,75	5,36	175,59	68,84
n7	100,33	0,96	180,55	80,23
n8	94,36	1,43	173,63	79,27
n9	110,35	2,88	173,92	63,57
Tank1-n159	176	- 396,62	184	8

Le tableau suivant donne le débit, la vitesse et la perte de charge pour chaque tronçon : (voir annexe 4)

Tableau V.7 : Etat des tronçons (Vitesse et perte de charge) : Cas de pointe actuel (2024)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-44,29	0,63	1,75
p2	457,3	100	-1,52	0,19	0,75
p3	570,2	200	-14,57	0,46	1,64
p4	40,75	200	46,16	1,47	15,92
p5	431,9	100	-1,43	0,18	0,66
p6	2,76	200	-82,09	2,61	49,97
p7	265,4	400	-123,29	0,98	2,95
p8	163,7	150	-5,67	0,32	1,16
p9	750,1	200	-2,49	0,08	0,06
p10	84,44	150	22,95	1,3	18,12

La figure suivante représente la pression et la vitesse dans le réseau existant pour le cas de pointe actuel :

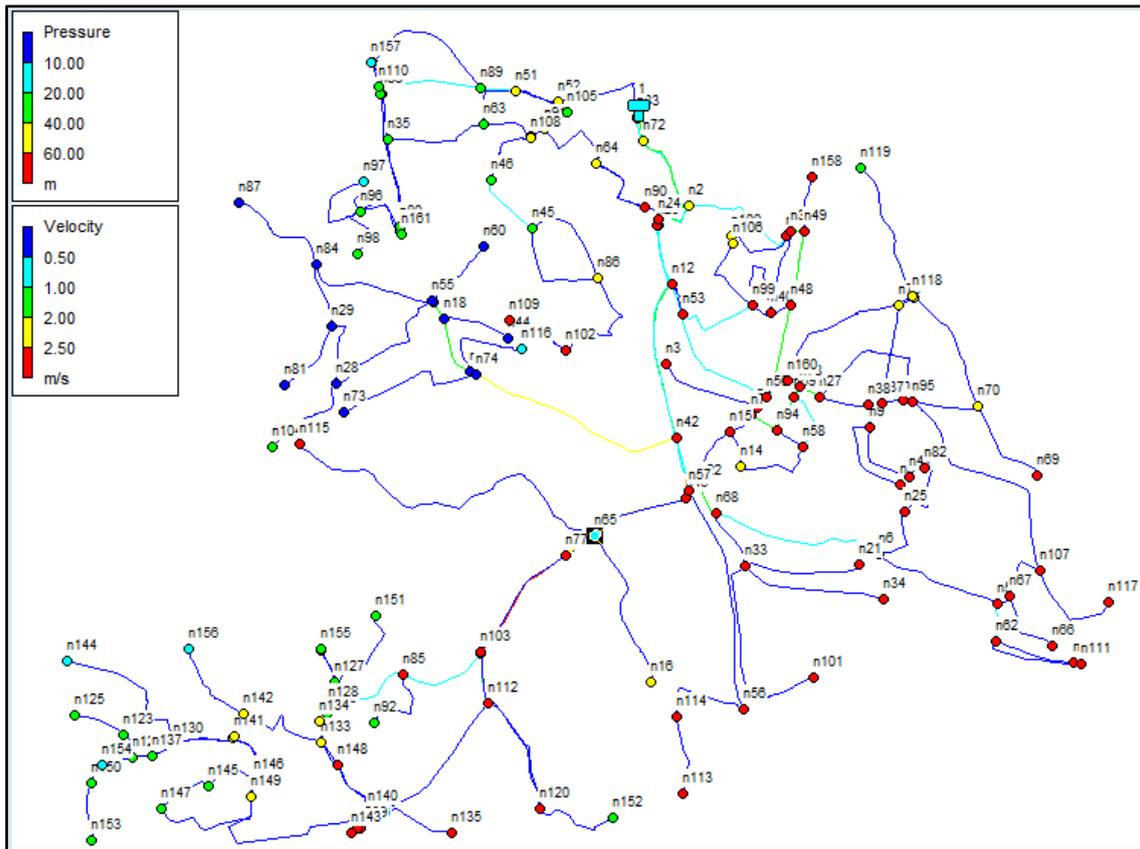


Figure V.1 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe actuel)

V.7.2 Cas de pointe + incendie actuel :

Le tableau suivant présent la charge et la pression pour chaque nœud : (voir annexe 5)

Tableau V.8 : état des nœuds (charge et pression) : Cas de pointe + incendie actuel (2024)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	2,98	190,04	81,21
n2	132,82	3,8	191,05	58,23
n3	111,85	1,52	179,32	67,46
n4	98,80	1,87	179,66	80,85
n5	84,79	2,67	173,02	88,23
n6	106,75	5,36	173,94	67,19
n7	100,33	0,96	178,94	78,62
n8	94,36	1,43	172	77,64
n9	110,35	2,88	172,29	61,94
Tank1-N159	176	-413,62	184	8

Le tableau suivant donne le débit, la vitesse et la perte de charge pour chaque tronçon : (voir annexe 6)

Tableau V.9 : Etat des tronçons (Vitesse et perte de charge) : Cas de pointe + incendie actuel (2024)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-45,71	0,65	1,87
p2	457,3	100	-1,52	0,19	0,75
p3	570,2	200	-14,49	0,46	1,62
p4	40,75	200	48,49	1,54	17,55
p5	431,9	100	-1,43	0,18	0,66
p6	2,76	200	-82,09	2,61	49,97
p7	265,4	400	-132,42	1,05	3,39
p8	163,7	150	-5,67	0,32	1,16
p9	750,1	200	-2,49	0,08	0,06
p10	84,44	150	39,95	2,26	54,45

La figure suivante représente la pression et la vitesse dans le réseau existant pour le cas de pointe + incendie actuel :

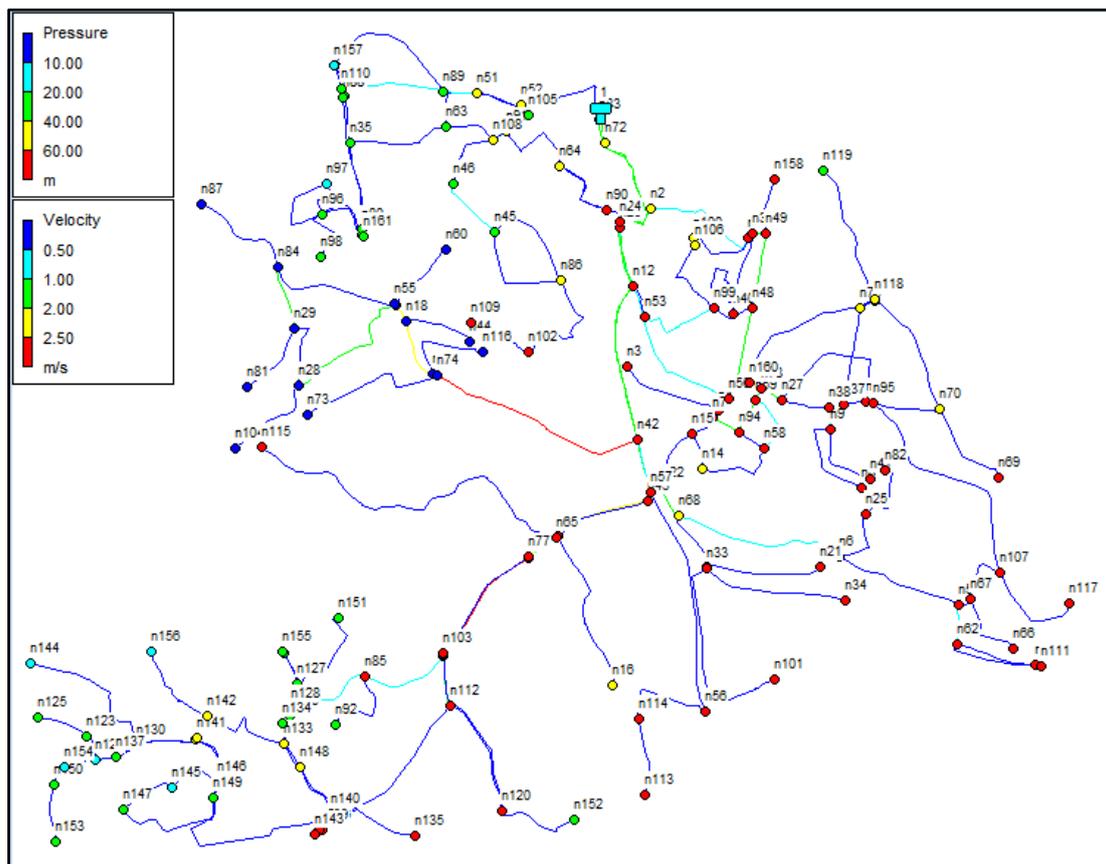


Figure V.2 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe + incendie actuel)

V.7.3 Cas de pointe futur :

Le tableau suivant présent la charge et la pression pour chaque nœud : (voir annexe 7)

Tableau V.10 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	3,46	188,26	79,42
n2	132,82	4,41	189,53	56,71
n3	111,85	1,76	175,03	63,18
n4	98,80	2,17	175,49	76,68
n5	84,79	3,1	166,7	81,91
n6	106,75	6,22	167,95	61,2
n7	100,33	1,11	174,62	74,29
n8	94,36	1,66	165,33	70,97
n9	110,35	3,34	165,71	55,36
n10	87,98	2,4	131,23	43,25
Tank1-N159	176	-460,53	184	8

Le tableau suivant donne le débit, la vitesse et la perte de charge pour chaque tronçon : (voir annexe 8)

Tableau V.11 : état des tronçons (Vitesse et charge) : Cas de pointe long terme (2054)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-51,35	0,73	2,35
p2	457,3	100	-1,76	0,22	0,99
p3	570,2	200	-16,94	0,54	2,2
p4	40,75	200	53,47	1,7	21,31
p5	431,9	100	-1,66	0,21	0,88
p6	2,76	200	-95,34	3,03	67,32
p7	265,4	400	-142,75	1,14	3,94
p8	163,7	150	-6,59	0,37	1,56
p9	750,1	200	-2,89	0,09	0,07
p10	84,44	150	26,66	1,51	24,38

La figure suivante représente la pression et la vitesse dans le réseau existant pour le cas de pointe à long terme :

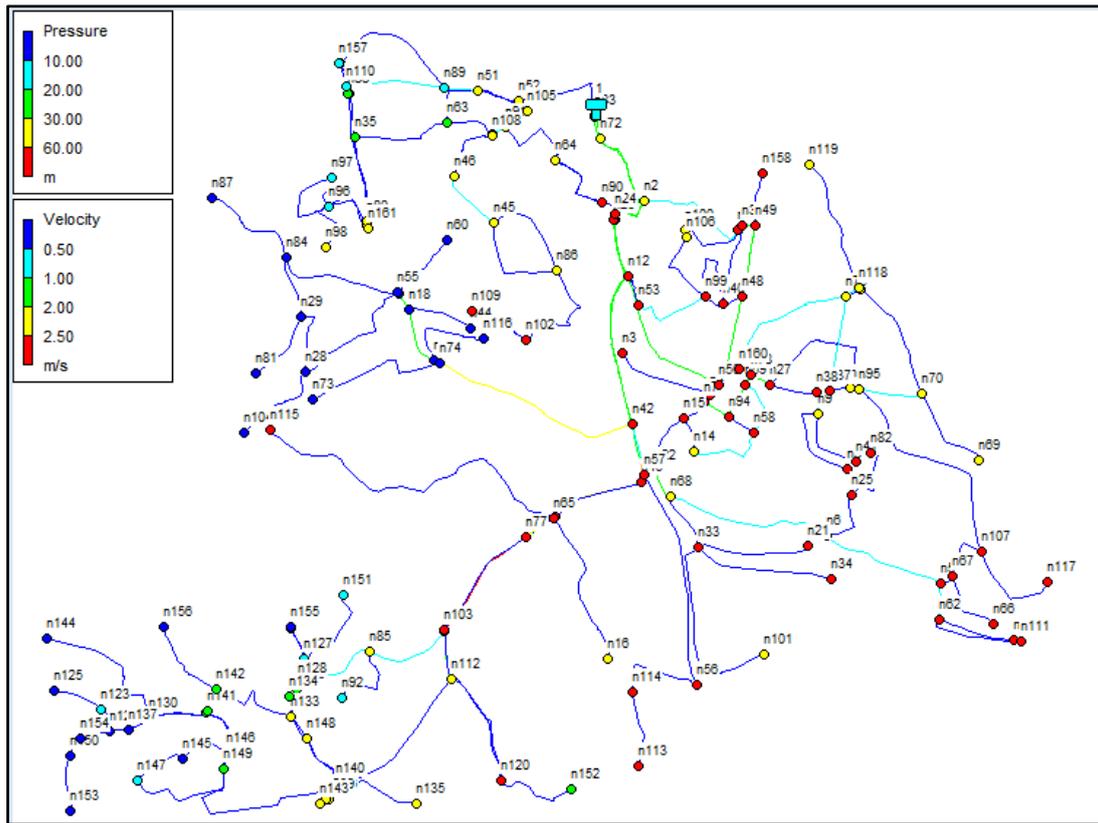


Figure V.3 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe long terme)

V.7.4 Cas de pointe + incendie (Horizon futur) :

Le tableau suivant présent la charge et la pression pour chaque nœud : (voir annexe 9)

Tableau V.12 : Etat des nœuds (charge et pression) : Cas de pointe + incendie (2054)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	3,46	187,45	78,62
n2	132,82	4,41	188,79	55,97
n3	111,85	1,76	173,26	61,41
n4	98,80	2,17	173,72	74,91
n5	84,79	3,1	164,82	80,03
n6	106,75	6,22	166,06	59,31
n7	100,33	1,11	172,77	72,45
n8	94,36	1,66	163,46	69,1
n9	110,35	3,34	163,84	53,49
Tank1-N159	176	-477,53	184	8

Le tableau suivant donne le débit, la vitesse et la perte de charge pour chaque tronçon : (voir annexe 10)

Tableau V.13 : état des tronçons (Vitesse et charge) : Cas de pointe + incendie (2054)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-52,76	0,75	2,47
p2	457,3	100	-1,76	0,22	0,99
p3	570,2	200	-16,86	0,54	2,18
p4	40,75	200	55,78	1,78	23,18
p5	431,9	100	-1,66	0,21	0,88
p6	2,76	200	-95,34	3,03	67,32
p7	265,4	400	-151,88	1,21	4,45
p8	163,7	150	-6,59	0,37	1,56
p9	750,1	200	-2,89	0,09	0,07
p10	84,44	150	43,66	2,47	64,97

La figure suivante représente la pression et la vitesse dans le réseau existant pour le cas de pointe + incendie long terme :

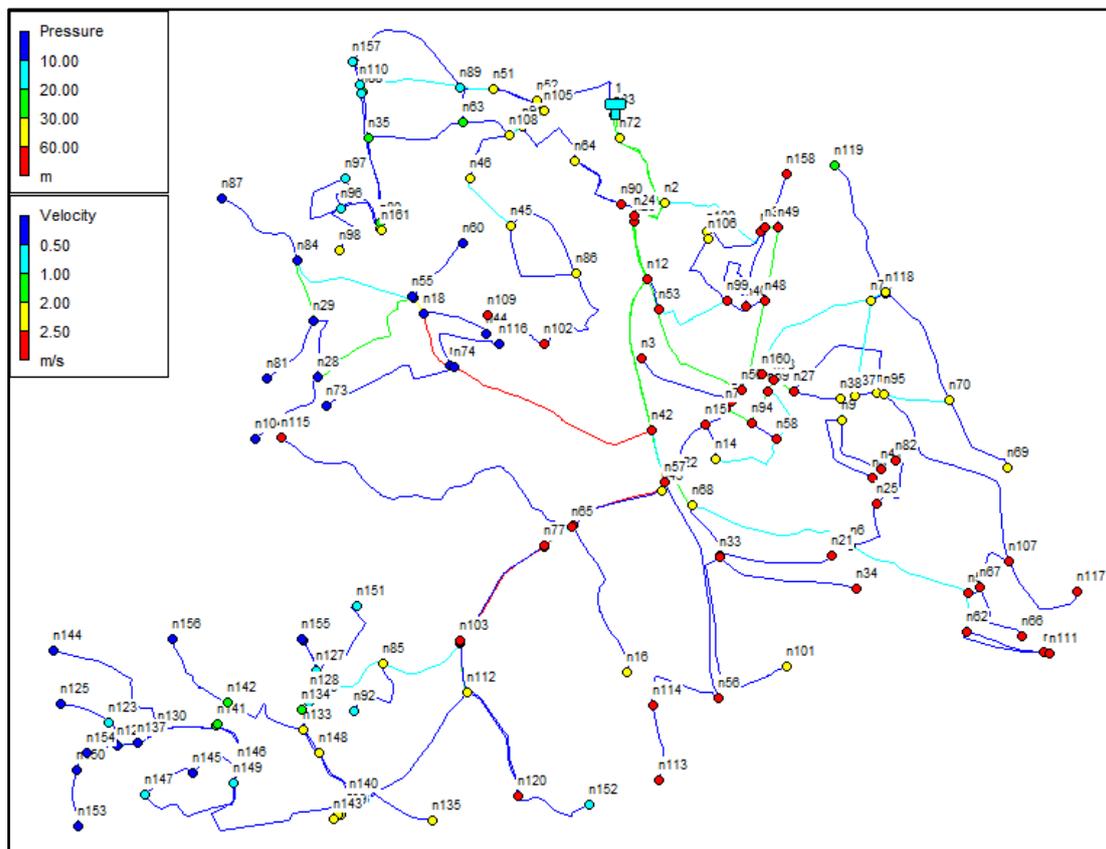


Figure V.4 : Variation de vitesse et de pression (cas de pointe + incendie à long terme)

V.8 Interprétation du résultat de la simulation :

La vérification des vitesses au niveau des tronçons et les pressions au niveau des nœuds exige les considérations suivantes :

- L'intervalle des pressions acceptables est limité entre 1 et 6 bars : les pressions supérieures à 6 bars risquent de créer des fuites.
- L'intervalle des vitesses acceptables est limité entre 0.5 et 1.5 m/s : les vitesses inférieures à 0.5 m/s favorisent la formation des dépôts. Et celles supérieures à 1,5 m/s permettent d'envisager des augmentations de consommation (Valiron, 1994).

a) Par rapport à la vitesse :

Les figures suivantes illustrent la répartition des vitesses dans le réseau de distribution pour chaque cas :

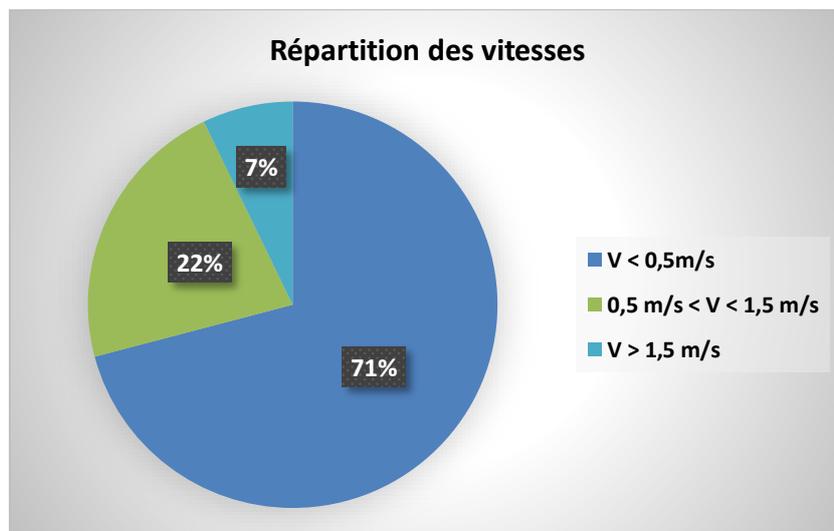


Figure V.5 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe actuel)

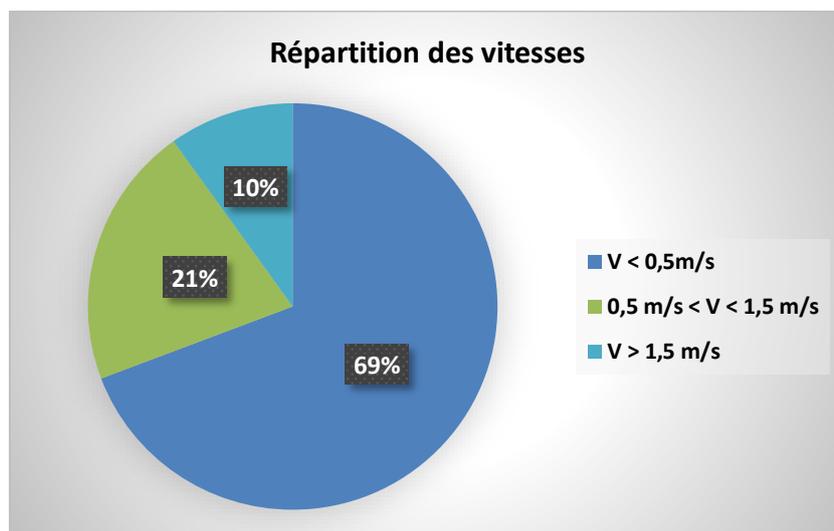


Figure V.6 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe + incendie actuel)

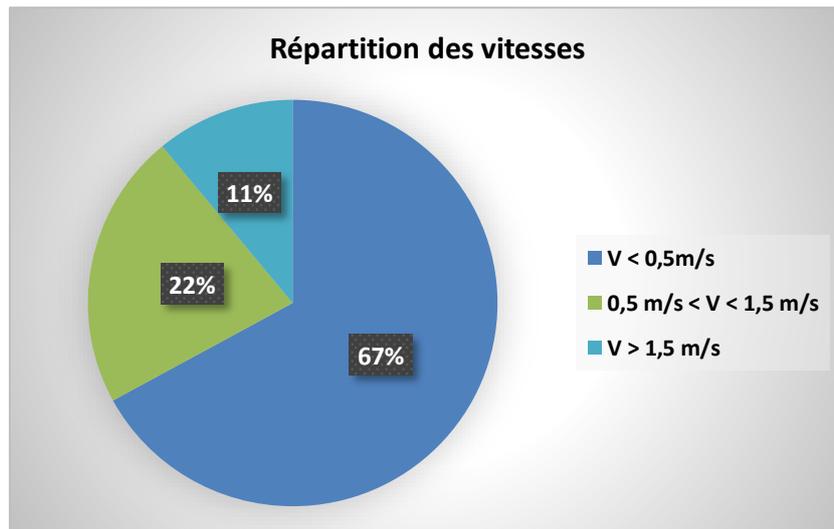


Figure V.7 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe à long terme)

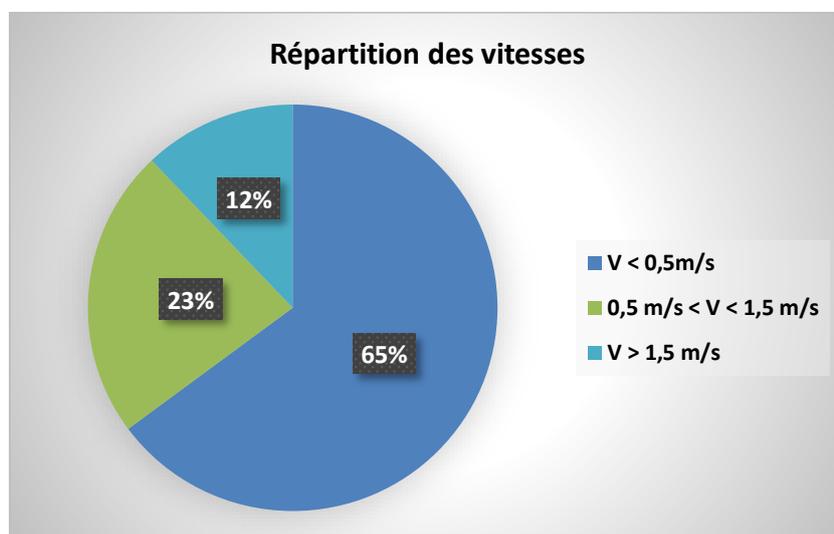


Figure V.8 : Répartition des vitesses dans le réseau (cas de pointe + incendie à long terme)

D'après l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon les figures précédentes, il n'y a pas de grande différence entre les quatre cas. En moyenne, 68% des canalisations risquent d'avoir des problèmes de dépôts en raison de faibles vitesses d'écoulement (vitesse $< 0,5 \text{ m/s}$). Seulement 22% des canalisations ont une vitesse se situant dans les normes (entre 0,5 et 1,5 m/s), tandis que 10% des conduits ont une vitesse supérieure à 1,5 m/s.

b) Par rapport à la pression :

Les figures suivantes montrent la répartition des pressions dans le réseau de distribution pour chaque cas :

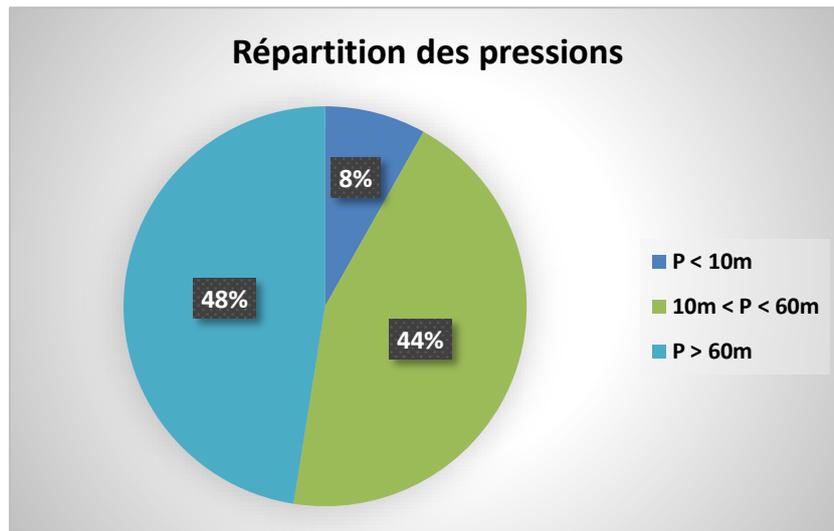


Figure V.9 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe actuel)

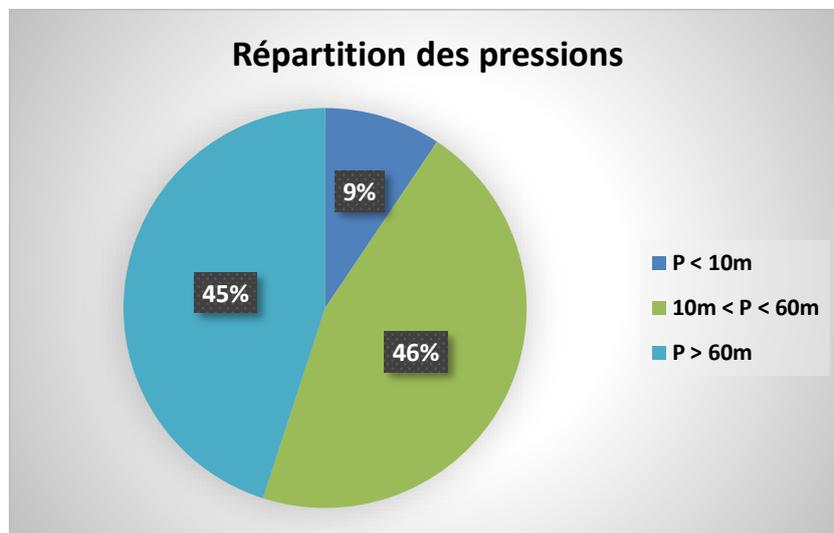


Figure V.10 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe + incendie actuel)

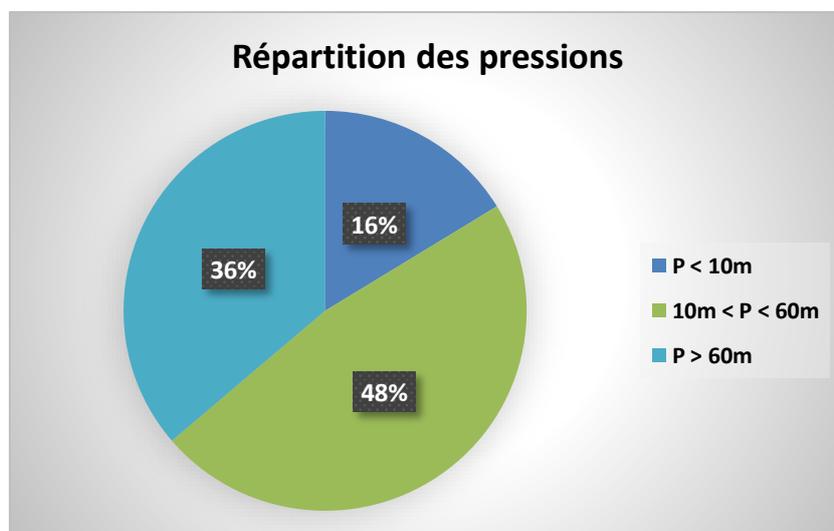


Figure V.11 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe à long terme)

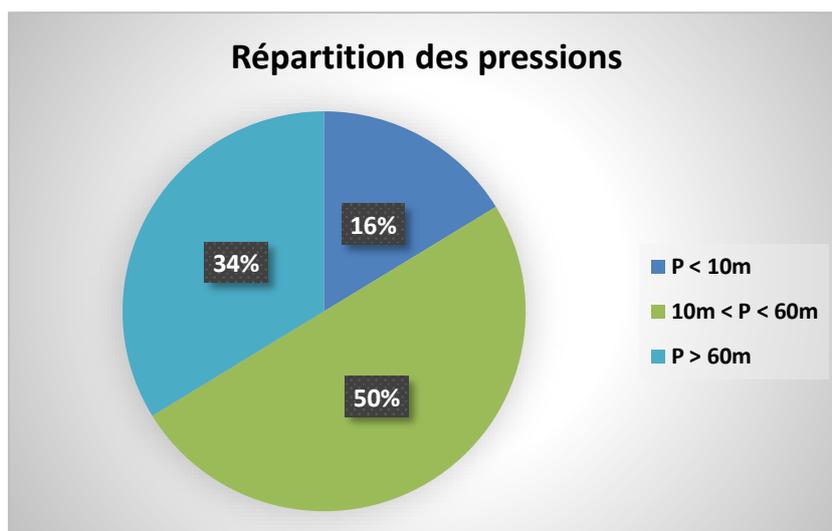


Figure V.12 : Répartition des pressions dans le réseau (cas de pointe + incendie à long terme)

Les résultats de la simulation ont révélé un problème de pression dans le réseau. Actuellement, environ 48%, en cas de pointe, des nœuds présentent une pression élevée, et ce chiffre passe à 36%, en cas de pointe, à long terme. Environ 8% des nœuds ont une pression inférieure à 10 m dans l'état actuel, qui augmente à 16% à long terme, dont 9% sont négative (dépression).

Conclusion

Le diagnostic hydraulique révèle que la hauteur manométrique totale (HMT) de la pompe du forage de Pitavey est insuffisante. Bien que les pompes de la station de pompage GARDIDI disposent d'une HMT adéquate, sont trop dégradées pour répondre aux besoins. Une intervention est donc nécessaire pour améliorer la performance du système d'adduction.

Par ailleurs, la simulation hydraulique du réseau réalisée avec le logiciel Epanet a révélé des surpressions et des pressions négatives apparaissent sur la moitié des nœuds, et environ 68% des tronçons présentent des vitesses d'écoulement faibles (vitesse < 0,5 m/s), favorisant l'accumulation de sédiments dans les canalisations. Ces résultats indiquent que notre réseau de distribution nécessite une réhabilitation urgente. Pour assurer un service de distribution d'eau fiable et efficace pour tous les abonnés.

*Chapitre VI : Etude de
l'adduction et du système de
pompage*

Introduction

L'adduction est le processus de transport de l'eau du point de captage vers les zones d'utilisation, souvent distantes. Cela peut se faire par des canalisations souterraines ou aériennes, nécessitant parfois l'utilisation de pompes pour surmonter les différences de niveau. L'objectif est de maintenir un approvisionnement en eau potable tout en limitant les pertes et en répondant aux besoins des consommateurs.

VI.1 Types d'adduction [1]

Selon leur mode de fonctionnement, on peut classer les adductions de la manière suivante :

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

VI.2 Choix du tracé

Le choix du tracé s'effectue en considérant des impératifs techniques, économiques et topographiques, qui peuvent être résumés de la manière suivante :

- Opter pour un itinéraire aussi court et direct que possible et d'avoir des alignements longs et des raccordements avec des coudes largement ouverts.
- Éviter de traverser des propriétés privées.
- Dans le cas d'une adduction mixte, il est primordial de chercher à raccourcir autant que possible le tronçon de refoulement.
- Éviter les profils horizontaux en les remplaçant par un profil avec des montées lentes suivies de descentes rapides ;
- Réduire autant que possible les pentes et les contre-pentes, car elles peuvent entraîner des poches d'air difficiles à éliminer
- Il est recommandé de suivre les bordures des routes pour faciliter la pose et la maintenance des tuyaux, ainsi que l'accès rapide pour l'entretien.

VI.3 Choix des matériaux de canalisation

Le choix du matériau des conduites utilisé dépend de leur faisabilité technique (pression supportée) ainsi qu'économique (coût et disponibilité sur le marché). Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, PEHD et le PVC.

Dans ce projet, nous avons choisi des conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) pour le tronçon entre le forage Pitavey et le réservoir de 5000 m³ grâce à leurs avantages techniques et économiques. Cependant pour le tronçon reliant la station de pompage GARIDI au même réservoir, nous avons opté pour des conduites en acier en raison de leur résistance aux contraintes.

VI.3.1 Acier

Les tuyaux en acier sont plus légers que ceux en fonte, d'où l'économie le transport et la pose. Ils offrent une bonne résistance aux contraintes, telles que les chocs et l'écrasement. Cependant, ils nécessitent des mesures de prévention contre la corrosion, ce qui implique généralement l'application de revêtements intérieurs et extérieurs.

VI.3.2 Fonte ductile

La fonte ductile est un matériau qui combine la résistance de la fonte avec la ductilité du fer forgé, Généralement fabriquée par moulage, ce qui la rend facile à l'installation. La fonte ductile présente une résistance naturelle à la corrosion et offre une capacité élevée à supporter la pression.

VI.3.3 Polyéthylène Haute Densité (PEHD) [4]

Ces tuyaux sont fabriqués par extrusion à partir de matières première thermoplastique. Les accessoires d'assemblage quant à eux sont produit par injection. Les tuyaux en PE sont disponibles dans différentes dimensions et classes de pression, allant de 10 à 25 bars. Les avantages des conduites en PEHD sont :

- Flexibilité ;
- Etanchéité ;
- Poids réduit ;
- Grande Résistance à l'abrasion ;
- Excellente résistance chimique ;
- Paramètres hydrauliques avantageux ;
- Longue durée de vie.

VI.4 Calcul hydraulique :

VI.4.1 Cas gravitaire :

La formule la plus utilisée pour le diamètre avantageux. Dans le cas d'un écoulement gravitaire est celle de DARCY-WEISBAKH [2] :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \times L \times Q^\beta}{\Delta H}} \quad (\text{VI-1})$$

Avec :

L : longueur de la conduite (m) ;

ΔH : charge disponible (m) ;

Q : débit véhiculé (m^3/s) ;

K, m, β : Coefficients dépendant du type de la tuyauterie et du régime d'écoulement.

Tableau VI.1 : Coefficients en fonction du type de tuyauterie et du régime d'écoulement

Matériaux	K'	m	B
Fonte	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Acier	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Plastique	0,001052	4,772	1,77

(Source : polycopie Salah Boualem 2014)

VI.4.2 Cas refoulement :

Pour le calcul des diamètres économiques de refoulement, on utilise en première approximation les deux formules approchées de BRESS et BONNIN :

- Formule de Jacques BONNIN
$$D = \sqrt{Q} \quad (\text{VI-2})$$

- Formule de Charles BRESS
$$D = 1,5 \times \sqrt{Q} \quad (\text{VI-3})$$

Avec :

D : diamètre économique de la conduite (m) ;

Q : débit véhiculé (m³/s).

↳ Remarque :

Les deux formules citées ci-dessus sont valable pour les petits projets et pour des conditions particulières et pour des projets moyens à importants, le calcul technico-économique peut être envisagé.

VI.4.2.1 Calcul technico-économique

1) Calcul des pertes de charges

Elles se présentent sous deux formes :

- Les pertes de charge linéaires ;
- Les pertes de charge singulières.

2) Les pertes de charges linéaire ΔH_L

L'expression des pertes de charge linéaires est donnée par la formule DARCY WEISBACH :

$$\Delta H_L = \lambda \times L \times \frac{v^2}{2 \times g \times D} \quad (\text{VI-4})$$

Avec :

ΔH_L : pertes de charge linéaires (m) ;

L : longueur de la conduite (m) ;

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

λ : Coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement.

Le coefficient de frottement λ est déterminé à partir de la formule de COLBROOK-WHITE :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log \left[\frac{K}{3,71 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right] \quad (\text{VI-5})$$

Où :

K : rugosité de la conduite.

Les valeurs de rugosité utilisées sont :

- En PEHD : $K = 0,01 \text{ mm}$.
- En acier : $K = 0,1 \text{ mm}$.
- ❖ **Re** : nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{VI-6})$$

t : température de l'eau ;

$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

3) Perte de charge singulière ΔH_s

Les singularités rencontrées sur les canalisations sont généralement des changements de la section de la conduite ou des changements de la direction de l'écoulement, et sont estimées de 5% à 10% des pertes de charge linéaires pour l'adduction :

4) Pertes de charge totales ΔH_T

Elles représentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad (\text{VI-7})$$

Avec :

ΔH_T : Perte de charge totale (m) ;

ΔH_S : Perte de charge singulière (m) ;

ΔH_L : Perte de charge linéaire (m).

5) Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

La hauteur manométrique totale est calculée comme suit :

$$HMT = H_g + \Delta H_T \quad (\text{VI-8})$$

Avec :

H_g : hauteur géométrique (m) ;

ΔH_T : pertes de charges totales (m).

6) Puissance de pompage

La puissance de pompage est donnée par la relation suivante :

$$P_a = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta} \quad (\text{VI-9})$$

Avec :

P_a : puissance absorbée par la pompe (kw) ;

HMT : hauteur manométrique totale (m) ;

Q : débit à transiter (m^3/s) ;

η : rendement de la pompe (%).

7) Energie consommée par la pompe

L'Energie annuelle consommée par la pompe se calcule comme suit :

$$E = P_a \times T \times 365 \quad (\text{VI-10})$$

Avec :

E : énergie consommée par la pompe (kwh) ;

P_a : puissance absorbée par la pompe (kw) ;

T : temps de pompage (dans notre cas $T=20h$).

8) Frais d'exploitation

Données selon la formule ci-dessous :

$$F_{exp} = E \times e \quad (\text{VI-11})$$

Avec :

F_{exp} : frais d'exploitation (DA) ;

E : énergie consommée par la pompe (kWh) ;

e : prix d'un kWh, ($e=4.47DA$, Imposé par la SONELGAZ).

9) Frais d'amortissement

Le frais d'exploitation se calcul comme suit :

$$F_{am} = P_u \times L \times A \quad (\text{VI-12})$$

Avec :

F_{am} : frais d'amortissement (DA) ;

P_u : prix du mètre linéaire de la conduite (DA/ml) ;

L : longueur de la conduite (m).

A : amortissement annuel :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad (\text{VI-13})$$

Avec :

i : taux d'intérêt annuel (annuité), $i=8\%$;

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

Donc $A=0.089$

10) Frais d'investissement

Le frais d'investissement se calcul par la formule suivante :

$$F_{inv} = F_{am} + P_u \times L \quad (\text{VI-14})$$

Avec :

F_{inv} : frais d'investissement (DA) ;

P_u : prix du mètre linéaire de la conduite (DA/ml) ;

L : longueur de la conduite (m).

11) Bilan économique

Le bilan sera calculé par la formule ci-dessous :

$$BL = F_{exp} + F_{inv} \quad (\text{VI-15})$$

Avec :

F_{exp} : Les frais d'exploitation (DA) ;

F_{inv} : Les frais d'investissement (DA) ;

BL : Le bilan (DA).

VI.5 Détermination des diamètres d'adduction :

VI.5.1 Tronçon (SP GARIDI -Réservoir 5000m3) :

VI.5.1.1 Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 41472 m³ /j
- Longueur de la conduite : 4304,68 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir 5000m³ BIRKHADEM : 165 m.
- Cote de sortie axe pompe : 130 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 35 m.
- Le matériau de la conduite : Acier et la Pression de fonctionnement admissible (régime permanent) PFA est entre 25bars et 22bars.

VI.5.1.2 Calcul du diamètre économique

Les diamètres nominaux choisis sont : 450mm, 500mm, 600mm, 700mm, 800mm, 900mm, 1000mm, 1100mm.

VI.5.1.3 Calcul de la hauteur manométrique total (HMT) :

Les valeurs de la hauteur manométrique totale (HMT) pour chaque diamètre nominal (DN) sont données dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : Calcul de la HMT

D ext (mm)	D int (mm)	PFA (m)	V (m/s)	Re	λ Colebrook	DHt (m)	Hg (m)	HMT (m)
457	450	25	2,68	1194583	0,0148	59,61	35	94,61
508	500	25	2,17	1075125	0,0149	35,49	35	70,49
610	600	24	1,51	895937	0,0147	14,05	35	49,05
711	700	23	1,11	767946	0,0146	6,45	35	41,45
813	800	22	0,85	671953	0,0145	3,30	35	38,30
914	900	22	0,67	597292	0,0145	1,59	35	36,59
1016	1000	22	0,54	537562	0,0146	0,94	35	35,94
1118	1100	23	0,45	488693	0,0146	0,59	35	35,59

VI.5.1.4 Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.3 : Les frais d'exploitation

D int (mm)	HMT (m)	Puissance (KW)	Energie totale (KWh)	Frais d'exploitation (DA)
450	94,61	488,58	3566665,56	15942995,06
500	70,49	364,02	2657368,49	11878437,15
600	49,05	253,32	1849223,72	8266030,04
700	41,45	214,07	1562701,67	6985276,45
800	38,30	197,79	1443880,33	6454145,07
900	36,59	188,98	1379546,54	6166573,04
1000	35,94	185,62	1355054,24	6057092,44
1100	35,59	183,79	1341679,08	5997305,48

VI.5.1.5 Calcul des frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.4 : Les frais d'amortissement

D int (mm)	Prix unit (DA)	Longueur de la conduite (m)	Anuité	Frais d'amortissement (DA)
450	29565,00	4304,68	0,089	11304877,73
500	32906,25	4304,68	0,089	12582483,77
600	37125,00	4304,68	0,089	14195622,72
700	40758,75	4304,68	0,089	15585073,06
800	44538,75	4304,68	0,089	17030445,56
900	48318,75	4304,68	0,089	18475818,05
1000	52098,75	4304,68	0,089	19921190,55
1100	55878,75	4304,68	0,089	21366563,05

VI.5.1.6 Calcul du bilan :

Le tableau suivant présente le calcul du bilan :

Tableau VI.5 : Calcul du bilan

D int (mm)	Frais d'exploitation (DA)	Frais d'investissement (DA)	Bilan (DA)
450	15942995,06	138572741,93	154515736,99
500	11878437,15	154233360,02	166111797,18
600	8266030,04	174006867,72	182272897,76
700	6985276,45	191038449,01	198023725,47
800	6454145,07	208755511,91	215209656,98
900	6166573,04	226472574,80	232639147,84
1000	6057092,44	244189637,70	250246730,14
1100	5997305,48	261906700,60	267904006,08

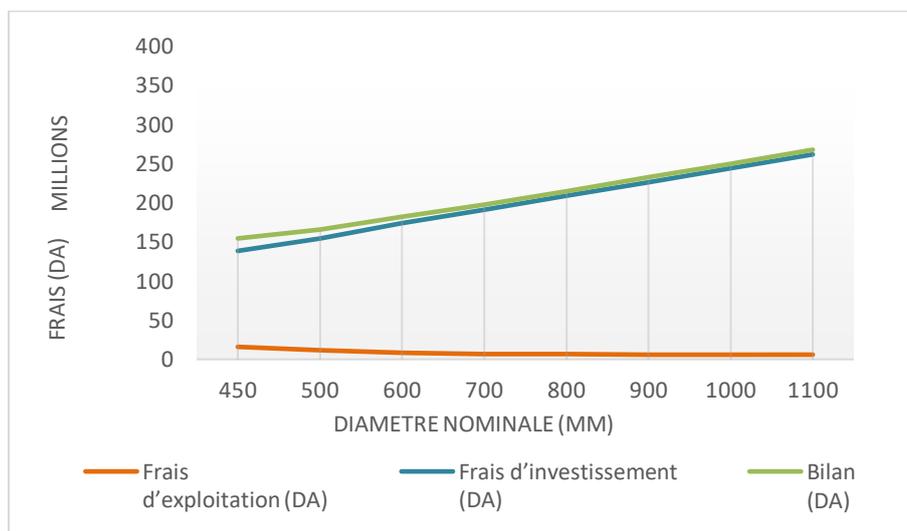


Figure VI.1 : La courbe d'optimisation du diamètre économique

D'après le calcul du bilan, La sélection d'une conduite de DN600 avec un PFA de 24bars et un cout total de 182272897,76 DA est motivée par son caractère économique et technique. Avec une vitesse d'écoulement admissible de 1,51 m/s.

Bien que les conduites de diamètre 450 mm et 500 mm soient plus économiques, leur vitesse d'écoulement ne respecte pas les vitesses admissibles, ce qui justifie le choix du DN600.

VI.5.2 Tronçon (Forage pitavey -Réservoir 5000m3) :

VI.5.2.1 Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 1200 m³ /j
- Longueur de la conduite : 1123,06 m.

- Cote trop-plein CTP du réservoir 5000m³ BIRKHADEM : 165 m.
- Niveau statique : 44 m
- Cote de sortie axe pompe : 113 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 121 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN25.

VI.5.2.2 Calcul du diamètre économique

Les diamètres nominaux choisis sont : 110mm, 125mm, 140mm, 160mm, 180mm, 200mm, 225mm, 250mm.

VI.5.2.3 Calcul de la hauteur manométrique total (HMT) :

Les valeurs de la hauteur manométrique totale (HMT) pour chaque diamètre nominal (DN) sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.6 : Calcul de la HMT

D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	V (m/s)	Re	λ Colebrook	DH _{tot} (m)	Hg (m)	HMT (m)
110	79,8	3,33	263290	0,0101	88,18	121	209,18
125	90,8	2,57	231394	0,0102	46,76	121	167,76
140	101,6	2,06	206797	0,0103	26,98	121	147,98
160	116,2	1,57	180814	0,0105	14,01	121	135,01
180	130,8	1,24	160631	0,0106	7,88	121	128,88
200	145,2	1,01	144701	0,0108	4,75	121	125,75
225	163,4	0,79	128584	0,0110	2,68	121	123,68
250	181,6	0,64	115697	0,0112	1,61	121	122,61

VI.5.2.4 Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.7 : Les frais d'exploitation

D _{ext} (mm)	HMT (m)	Puissance (KW)	Energie totale (KWh)	Frais d'exploitation (DA)
110	209,18	45,60	332881,45	1487980,07
125	167,76	36,57	266967,46	1193344,56
140	147,98	32,26	235489,26	1052637,00
160	135,01	29,43	214862,64	960435,98
180	128,88	28,10	205104,36	916816,48
200	125,75	27,41	200119,09	894532,33
225	123,68	26,96	196828,81	879824,77
250	122,61	26,73	195122,52	872197,66

VI.5.2.5 Calcul des frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.8 : Les frais d'amortissement

D _{ext} (mm)	Prix unit (DA)	Longueur de la conduite (m)	Anuité	Frais d'amortissement (DA)
110	2189,42	1123,06	0,089	218413,34
125	3189,04	1123,06	0,089	318133,97
140	4368,81	1123,06	0,089	435826,10
160	7010,56	1123,06	0,089	699363,21
180	10904,17	1123,06	0,089	1087784,05
200	16845,14	1123,06	0,089	1680446,53
225	26554,35	1123,06	0,089	2649023,12
250	42566,62	1123,06	0,089	4246383,75

VI.5.2.6 Calcul du bilan :

Le tableau suivant présente le calcul du bilan :

Tableau VI.9 : Calcul du bilan

D _{ext} (mm)	Frais d'exploitation (DA)	Frais d'investissement (DA)	Bilan (DA)
110	1487980,07	1487980,07	2677263,36
125	1193344,56	1193344,56	3899617,23
140	1052637,00	1052637,00	5342261,85
160	960435,98	960435,98	8572642,73
180	916816,48	916816,48	13333821,21
200	894532,33	894532,33	20598549,46
225	879824,77	879824,77	32471151,43
250	872197,66	872197,66	52051252,01

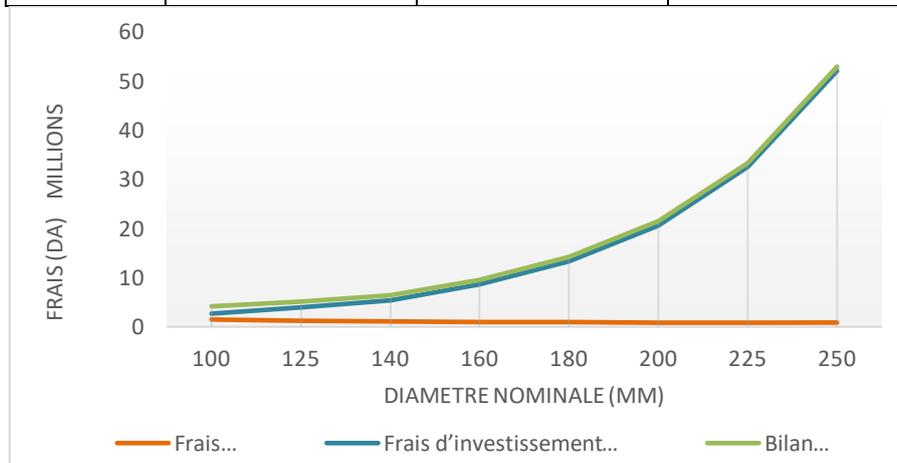


Figure VI.2 : La courbe d'optimisation du diamètre économique

La sélection d'une conduite en PEHD de DN140 avec une pression nominale PN25 et un cout total de 5342261,85 DA est motivée par son caractère économique. Et techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de de 2,06 m/s. Bien que ce diamètre ne soit pas le plus économique en termes de coût initial, il permet d'éviter de changer la pompe (qui répond parfaitement aux besoins), ce qui justifie son adoption dans ce projet.

VI.5.3 Tronçon (SP Compagne Semmar - CHE 2500m3) :

VI.5.3.1 Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 10326,65 m³ /j
- Longueur de la conduite : 82 m.
- Cote trop-plein CTP du Château d'eau 2500m³ : 190 m.
- Cote de sortie axe pompe : 160 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 30 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

VI.5.3.2 Calcul du diamètre économique

Les diamètres nominaux choisis sont : 280mm, 315mm, 355mm,400mm, 450mm, 500mm,560mm, 630mm.

VI.5.3.3 Calcul de la hauteur manométrique total (HMT) :

Les valeurs de la hauteur manométrique totale (HMT) pour chaque diamètre nominal (DN) sont données dans le tableau suivant :

Tableau VI.10 : Calcul de la HMT

D ext (mm)	D int (mm)	V (m/s)	Re	λ Colebrook	DHt (m)	Hg (m)	HMT (m)
280	229,2	3,48	788862	0,0129	3,13	30	33,13
315	257,8	2,75	701347	0,0133	1,79	30	31,79
355	290,4	2,17	622615	0,0134	1,00	30	31,00
400	327,4	1,70	552252	0,0136	0,56	30	30,56
450	368,2	1,35	491057	0,0138	0,31	30	30,31
500	409,2	1,09	441855	0,0140	0,17	30	30,17
560	458,2	0,87	394603	0,0143	0,10	30	30,10
630	515,6	0,69	350674	0,0145	0,06	30	30,06

VI.5.3.4 Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.11 : Les frais d'exploitation

D _{ext} (mm)	HMT (m)	Puissance (KW)	Energie totale (KWh)	Frais d'exploitation (DA)
280	33,13	55,49	405095,35	1810776,21

315	31,79	53,25	388696,09	1737471,52
355	31,00	51,92	379026,73	1694249,50
400	30,56	51,18	373617,58	1670070,58
450	30,31	50,78	370657,65	1656839,68
500	30,17	50,54	368910,72	1649030,91
560	30,10	50,42	368029,96	1645093,92
630	30,06	50,34	367505,91	1642751,40

VI.5.3.5 Calcul des frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.12 : Les frais d'amortissement

D _{ext} (mm)	Prix unit (DA)	Longueur de la conduite (m)	Anuité	Frais d'amortissement (DA)
280	14538,30	82,00	0,089	105894,79
315	18400,31	82,00	0,089	134025,09
355	23414,80	82,00	0,089	170549,88
400	29717,60	82,00	0,089	216458,53
450	37545,17	82,00	0,089	273473,37
500	46130,83	82,00	0,089	336010,02
560	58127,34	82,00	0,089	423390,80
630	73641,93	82,00	0,089	536396,74

VI.5.3.6 Calcul du bilan :

Le tableau suivant présente le calcul du bilan :

Tableau VI.13 : Calcul du bilan

D _{ext} (mm)	Frais d'exploitation (DA)	Frais d'investissement (DA)	Bilan (DA)
280	1810776,21	1298035,39	3108811,60
315	1737471,52	1642850,51	3380322,03
355	1694249,50	2090563,48	3784812,98
400	1670070,58	2653301,73	4323372,31
450	1656839,68	3352177,31	5009016,99
500	1649030,91	4118738,08	5767769,00
560	1645093,92	5189832,68	6834926,59
630	1642751,40	6575035,00	8217786,40

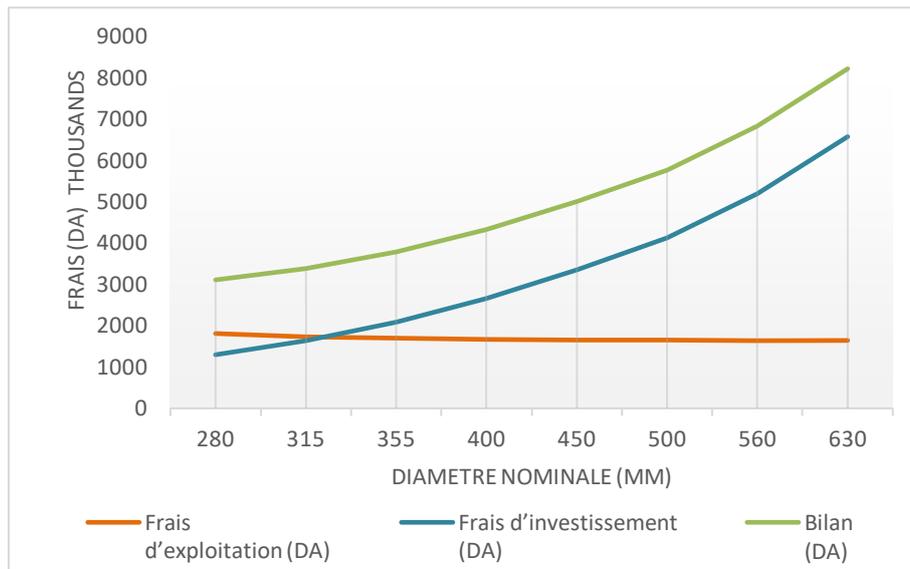


Figure VI.3 : La courbe d'optimisation du diamètre économique

La sélection d'une conduite en PEHD de DN315 avec une pression nominale PN16 et un cout total de 3380322,03DA est motivée par son caractère économique. Et techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de de 2,74 m/s.

Bien que la conduite de diamètre 280 mm est plus économiques, sa vitesse d'écoulement ne respecte pas les vitesses admissibles, ce qui justifie le choix du DN600.

VI.6 Etude du pompage :

Après avoir calculé le diamètre économique de la conduite d'adduction du forage Pitavey, les résultats indiquent que la pompe est suffisante pour le diamètre choisi. Par conséquent, le remplacement de la pompe n'est pas nécessaire.

En revanche, la pompe actuelle de la station de pompage GARIDI ne fonctionne pas correctement (comme mentionné dans le chapitre précédent) et l'HMT n'est pas suffisante, rendant son remplacement indispensable. De même, la pompe de la station de pompage « Campagne Semmar » doit également être remplacée afin de satisfaire aux demandes du réseau projeté.

VI.6.1 Choix du type de la pompe :

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit appelé et la HMT ;
- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale.

VI.6.2 Choix du nombre de pompes

Les critères de choix du nombre de pompe sont :

- Nombre minimal de pompes ;
- Meilleur rendement ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Vitesse de rotation élevée ;
- (NPSH)_r minimal.

VI.6.3 Couplage des pompes :

Dans le cas où la pompe placée ne fournit pas le débit et la charge nécessaire pour l'élévation d'eau au point voulu, nous ferons appel au couplage des pompes. Le couplage des pompes en série est utilisé lorsqu'on veut augmenter la hauteur, et le débit reste constant, ou en parallèle dans le cas où le débit fourni par une seule pompe est insuffisant, donc les débits s'ajoutent pour la même hauteur totale.

VI.6.4 Courbe caractéristique de la conduite.

La courbe caractéristique de la conduite représente les variations de la perte de charge total en fonction du débit d'une canalisation pour un diamètre D et une longueur L. Cette courbe est donnée selon la formule suivante :

$$H_T = H_g + RQ^2 \quad (\text{VI-16})$$

Avec :

H_T : Charge totale en fonction du débit en (m) ;

H_g : hauteur géométrique en (m) ;

Q : Débit (m³/j) ;

R : Résistance de la conduite (s².m⁻⁵) elle est donnée par :

$$R = \frac{8 * \lambda * l}{g * \pi^2 * D^{5.3}} \quad (\text{VI-17})$$

Avec :

λ : Coefficient de perte de charge ;

L : Longueur de la conduite(m) ;

g : Accélération de la pesanteur (m²×s⁻¹) ;

D : Diamètre de la conduite(m).

VI.6.5 Point de fonctionnement d'une pompe :

Le point de fonctionnement du système pompe-conduite, est déterminé par l'intersection de deux courbes caractéristiques ; la courbe caractéristique de la pompe installée [H-Q] (fournie par le constructeur) et la courbe caractéristique de la conduite de refoulement [Hc-Q] (fournie par

l'installateur). Ce point se trouve dans la zone non cavitation-elle et le débit lui correspondant dans la plage de bon fonctionnement pour un rendement optimal.

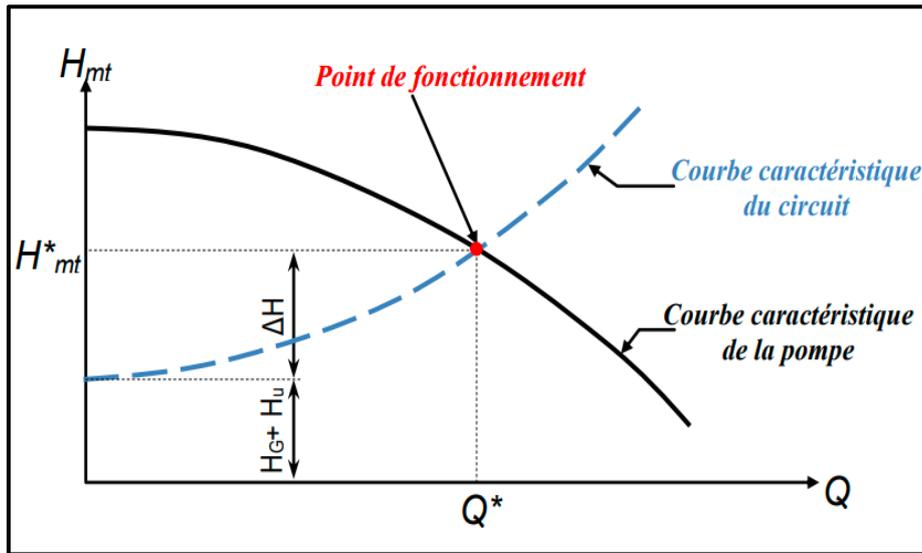


Figure VI.4 : Graphe représentatif de la détermination de point de fonctionnement

(<https://www.technologuepro.com>)

VI.6.6 Modes de réglage :

Les modes de réglage dépendent du débit appelé par rapport au débit fournis par la pompe. Si le débit appelé est inférieur ou supérieur, nous ajustons le fonctionnement ou le dimensionnement des pompes pour qu'elles fonctionnent de manière optimale. Alors nous distinguons les modes de réglage suivants :

VI.6.6.1 Débit disponible > Débit appelé :

➤ **Réglage qualitatif :**

Si la pompe est variable c'est à dire qu'on a un moteur à vitesse variable. On peut réduire la vitesse de rotation de la pompe, la diminution de cette dernière, entrainera la diminution du débit, donc la nouvelle vitesse de rotation se calcul comme suite :

$$N' = N \times \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} \quad (VI-18)$$

Avec :

N : La vitesse de rotation de la pompe (tr / min) ;

N' : La nouvelle vitesse de rotation (tr / min) .

L'équation de la courbe de proportionnalité est égale : $H = a \times Q^2$ (VI-19)

Avec :

$$a = \frac{H_{app}}{Q_{app}^2} \quad (VI-20)$$

➤ **Réglage quantitatif :**

Appelé aussi vannage, il s'agit de la fermeture partielle du robinet de la vanne de refoulement. Le rendement de l'installation après vannages est :

$$n_{ap,va}^{inst} = n_{av,va}^{inst} \times \frac{H_{app}}{H_{app} + H_v} \quad (\text{VI-21})$$

Avec :

$n_{ap,va}^{inst}$: Rendement de l'installation après le vannage (%) ;

$n_{av,va}^{inst}$: Rendement de l'installation avant le vannage (%) ;

H_{app} : hauteur manométrique appelée (m) ;

H_v : différence entre la hauteur H' et la hauteur appelée.

$$H_v = H' - H_{app} \quad (\text{VI-22})$$

Avec :

H' : hauteur correspondante à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de pompe (H-Q) en (m).

➤ **Diminution de temps de pompage :**

Dans le cas où le pompage s'effectuerait dans un réservoir. Le nouveau temps de pompage s'obtiendra avec la formule suivante :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} \times t_f \quad (\text{VI-23})$$

Avec :

t' : nouveau temps de fonctionnement de la station de pompage par jour (h);

t_f : temps prévu de fonctionnement de la station de pompage par jour (h);

Q_{pf} : débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m³/h).

➤ **Changement du type de la pompe :** si cela est possible.

VI.6.6.2 Débit disponible < Débit appelé :

Dans ce cas, deux types de réglages sont possibles :

- **Qualitatif :** Cela se réalise par l'augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.
- **Couplage des pompes :** En couplant les pompes, on augmente le débit total disponible, ce qui permet de répondre à la demande plus efficacement.
- **Changement du type de la pompe.**

VI.6.7 Condition de non-cavitation [5]

La cavitation est un phénomène qui se produit lorsque la pression absolue à l'entrée de la pompe est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la condition suivante doit être vérifiée :

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Avec :

$NPSH_d$: la charge nette d'aspiration disponible, fournie par l'installateur (m) ;

$NPSH_r$: la charge nette d'aspiration requise par le constructeur (m).

$$(NPSH)_{disponible} = (NPSH)_{requis} + r \quad (VI-24)$$

Avec :

r : marge de sécurité, $r = (0,1 - 0,5)$ m.

L'application de la condition de non-cavitation se fait selon le type d'installation, pour choisir le type d'installation approprié, il est d'abord nécessaire de calculer la hauteur d'aspiration admissible :

$$\text{Installation en charge : } h_{asp}^{adm} = NPSH_d - Pa + Tv + \frac{v^2}{2g} + Dh_{asp} \quad (VI-25)$$

$$\text{Installation en aspiration : } h_{asp}^{adm} = -NPSH_d + Pa - Tv - \frac{v^2}{2g} - Dh_{asp} \quad (VI-26)$$

Avec :

h_{asp}^{adm} : hauteur d'aspiration en (m) ;

Tv : tension de vapeur d'eau (m.c.e) ;

Pa : pression atmosphérique (m.c.e) ;

Dh_{asp} : perte de charge d'aspiration en (m) :

$$DH_{asp} = (1.1 \div 1.15) \times DH_{lin} \quad (VI-27)$$

DH_{asp}^{lin} : Perte de charge linéaire à l'aspiration (m), elle sera estimée pour le collecteur et la conduite d'aspiration moyennant la formule suivante :

$$DH_{asp}^{lin} = 0,001735 \times \left(\frac{Lr \times Q_{app}^2}{D_c^{5,3}} + \frac{lr \times Q_a^2}{D_a^{5,3}} \right) \quad (VI-28)$$

Avec :

Lr : longueur du collecteur de refoulement, $Lr = 10$ m ;

lr : longueur de la conduite de refoulement, $lr = 1,5$ m ;

Q_a : débit refoulé par une seule pompe (m³/s) ;

$$Q_a = \frac{Q_{app}}{n} \quad (VI-29)$$

Avec :

n : nombre de pompes en parallèles.

D_c : diamètre du collecteur d'aspiration (m),

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times Q_{app}}{\pi \times Vc}} \quad (VI-30)$$

Avec :

Vc : vitesse d'écoulement dans le collecteur d'aspiration (m/s),

D_a : diamètre de la conduite d'aspiration

$$D_a > da$$

Avec :

da : diamètre de la tubulure d'aspiration (mm).

VI.6.7.1 Calage des pompes : [5]

↪ Installation en aspiration

La cote de l'axe de la pompe est donnée par :

$$\nabla_{axe} = \nabla_{min} + ha - s \quad (\text{VI-31})$$

↪ Installation en charge

La cote de l'axe de la pompe est donnée par :

$$\nabla_{axe} = \nabla_{min} - ha + s \quad (\text{VI-32})$$

Avec :

∇_{axe} : Niveau de l'axe de la pompe (mNGA) ;

∇_{min} : Niveau minimal du plan d'eau d'aspiration (mNGA) ;

s : marge de sécurité, $s = (0,1 - 0,3)$ m.

VI.6.8 Choix du moteur électrique :

VI.6.8.1 Critère de choix du moteur électrique :

Les critères de sélection d'un moteur électrique comprennent :

- Position de l'arbre de transmission
- Puissance absorbée minimale
- Tension d'alimentation

VI.6.8.2 Vitesse de rotation du moteur :

La vitesse de rotation du moteur est calculée avec la formule suivante :

$$N_m = N_p \pm 200 \text{ tr/mn} \quad (\text{VI-33})$$

Avec :

N_m : vitesse de rotation du moteur (tr/mn) ;

N_p : vitesse de rotation de la pompe (tr/mn).

VI.6.8.3 Puissance fournie par le moteur :

La puissance fournie par le moteur est calculée selon la formule suivante :

$$P_m = \frac{\varpi \times Q_{app} \times HMT \times K}{\eta_p \times \eta_{acc} \times \eta_m} \quad (\text{VI-34})$$

Avec :

P_m : Puissance du moteur (W) ;

ϖ : Poids volumique de l'eau, $\varpi = 9810 \text{ N/m}^3$;

Q_{app} : Débit refoulé par une pompe ;

HMT : Hauteur manométrique totale minimum ;

η_p : Rendement de la pompe ;

η_{acc} : Rendement de l'accouplement ;

η_m : Rendement du moteur, $\eta_m = (12-95) \%$;

K : coefficient correcteur, il est fonction de la puissance de la pompe.

VI.7 Dimensionnement de la pompe du projet :

Pour le choix des pompes à installer, nous utiliserons le site du constructeur Allemand KSB « KSB EasySelect », il suffit d'introduire les données requises de la pompe et on aura le choix de plusieurs pompes et leurs caractéristiques.

VI.7.1 Tronçon « SP GARIDI - Réservoir 5000m³ ».

Les données nécessaires pour le choix de la pompe sont :

- ✓ Q = 1534,18 m³/h;
- ✓ H_g = 35 m;
- ✓ H_{mt} = 48,17 m.

Le nombre, le type et les caractéristiques des pompes pour ce tronçon sont notés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.14 : Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre

NP	Type de pompe	Q _{demandé} (m ³ /h)	Q _{fournis} (m ³ /h)	HMT (m)	Pabs (kw)	η (%)	NPSH (m)	Vitesse de rotation (tr/min)	Nombre d'étage
2	Omega 250-480 B	767,10	767,56	49,12	126,27	81,14	2,91	1485	1
3	Omega 200-520 B	511,4	530,91	49,19	91,15	77,89	2,2	1480	1
4	KWP K 200-200-0400 K	383,55	383,72	48,18	67,05	74,81	3,63	1479	1
5	Gamma 150-460	306,84	307,58	48,23	57,48	79,26	3,74	1477	1

D'après le tableau précédent, on opte pour un nombre de pompe égale à deux (02) plus une (01) pompe de secours, car elle présente les meilleures caractéristiques en ce qui concerne le rendement, la vitesse de rotation et la puissance absorbée.

La pompe choisie est de type **Omega 250-480 B** de la marque allemande KSB, c'est une pompe à volute à plan de joint axial pour installation horizontale ou verticale, monocellulaire avec roue à double flux.

➤ **Choix du moteur électrique :**

Les paramètres utilisés pour le calcul sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.15 : La puissance de moteur électrique

Puissance de pompe (KW)	K	η_{acc} (%)	η_m (%)	Pm calculée (KW)	Pm normalisée (KW)
126,27	1,1	93	80	187	200

La pompe choisie, de type Omega 250-480 B, pour le tronçon « SP GARIDI - Réservoir 5000 m³ » est représentée dans la figure ci-dessous.



Figure VI.5 : Pompe de type Omega

Les courbes caractéristiques de la pompe de la station de pompage GARIDI sont représentées dans la figure ci-dessous.

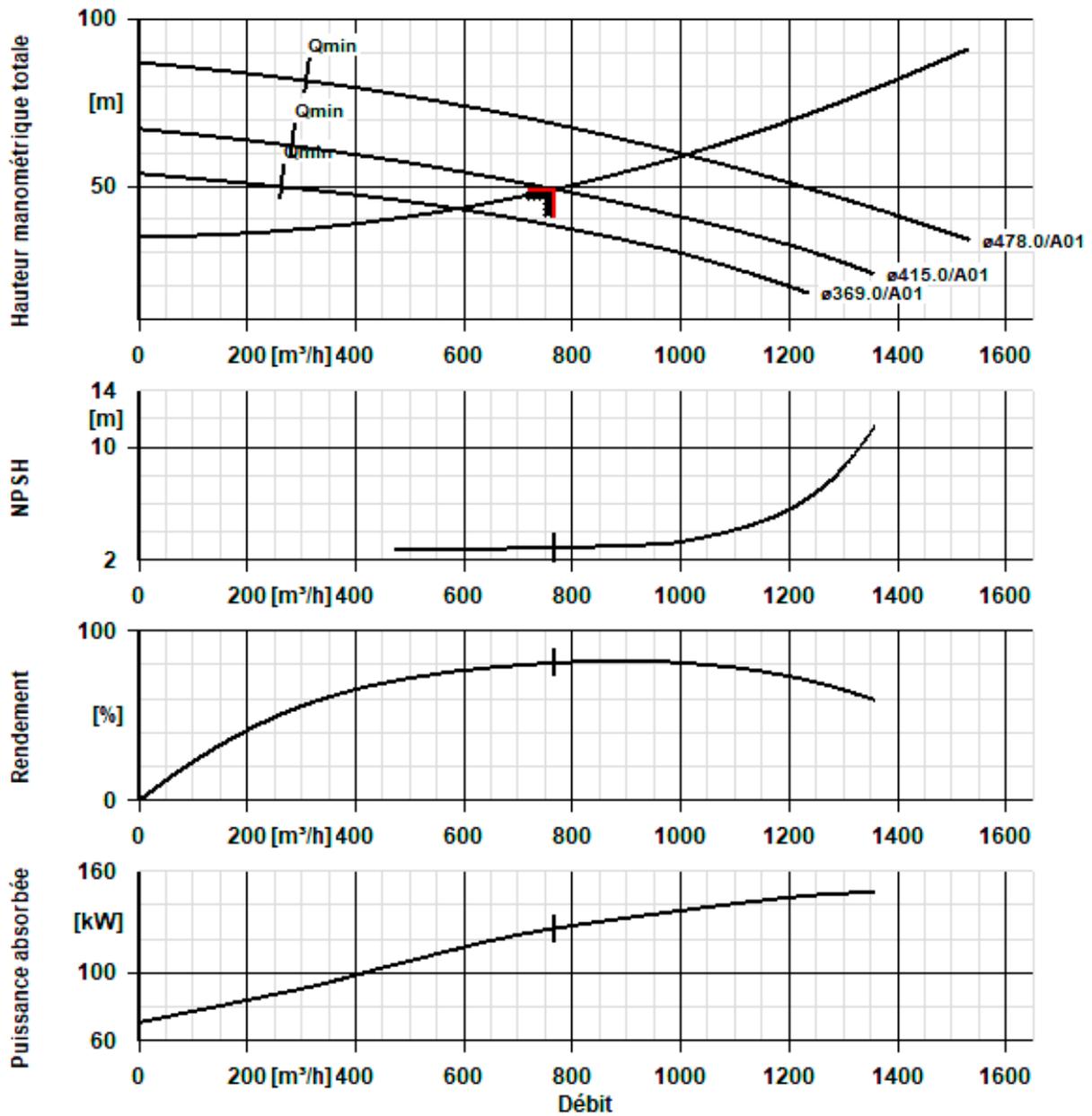


Figure VI.6 : Les courbes caractéristiques de la pompe de la station de pompage GARIDI de type Omega 250-

480 B

➤ **Courbe caractéristique de la conduite de refoulement**

Le tableau suivant présente les paramètres à calculer pour la courbe caractéristique de la conduite de refoulement :

Tableau VI.16 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement

N°	Q(l/s)	Q(m3/h)	R	RQ2	DH	HC	HP
1	0	0	74,49	0	0	35,00	68
2	55,6	100	74,49	0,23	0,25	35,25	66
3	111,1	200	74,49	0,92	1,01	36,01	64
4	166,7	300	74,49	2,07	2,28	37,28	62
5	222,2	400	74,49	3,68	4,05	39,05	60
6	277,8	500	74,49	5,75	6,32	41,32	57,5
7	333,3	600	74,49	8,28	9,10	44,10	55
8	388,9	700	74,49	11,27	12,39	47,39	52
9	444,4	800	74,49	14,71	16,19	51,19	49,5
10	500,0	900	74,49	18,62	20,49	55,49	46
11	555,6	1000	74,49	22,99	25,29	60,291	42
12	611,1	1100	74,49	27,82	30,60	65,60	38
13	666,7	1200	74,49	33,10	36,41	71,42	33
14	722,2	1300	74,49	38,85	42,74	77,74	28
15	777,8	1400	74,49	45,06	49,57	84,57	22

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement de la pompe sont donnés sur la figure suivante :

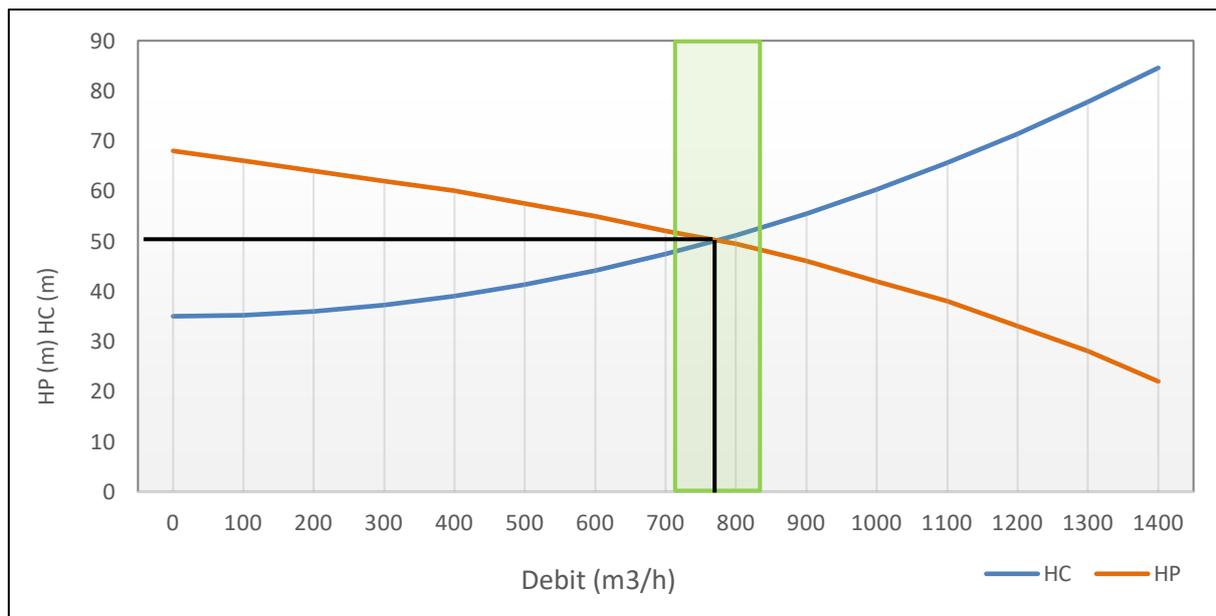


Figure VI.7 : le point de fonctionnement de la pompe du refoulement (SP GARIDI - Réservoir 5000m3)

Le graphe précédent nous permet de déterminer la hauteur H_p ainsi que le débit Q_p au point de fonctionnement :

- ✓ $H_p = 49 \text{ m}$
- ✓ $Q_p = 770 \text{ m}^3/\text{h} = 210,27 \text{ l/s}$

Le débit Q_p se situe dans la plage optimale de bon fonctionnement de la pompe ($\pm 10\% Q_{app}$), par conséquent, la pompe fonctionne dans des conditions conformes et ne nécessite aucun mode de réglage.

➤ **Type d'installation :**

Données de base :

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = \mathbf{2,91 \text{ m}}$.
- La pression atmosphérique : $Pat = 10,33 - 0,00139 * H \Rightarrow Pat = \mathbf{10,15 \text{ mce}}$
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^\circ = 20 \text{ }^\circ\text{C}$: $T_v = \mathbf{0,24 \text{ mce}}$
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $Da = 1,3 * da$

Tel que : $da = 300 \text{ mm} \Rightarrow Da = \mathbf{390 \text{ mm}}$

On prend un diamètre normaliser, donc $Da = \mathbf{400 \text{ mm}}$

- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 \times 0,213}{\pi \times 0,4^2} \Rightarrow V_a = \mathbf{1,7 \text{ m/s}}$
- Diamètre du collecteur d'aspiration :

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times 0,426}{\pi \times 1,7}} \Rightarrow D_c = 565 \text{ mm}$$

$$\text{On pose } D_c = \mathbf{600 \text{ mm}} \Rightarrow V_c = \frac{4 \times 0,426}{\pi \times 0,6^2} \Rightarrow V_c = \mathbf{1,51 \text{ m/s}}$$

La condition de la vitesse d'écoulement est vérifiée.

- La perte de charge linéaire à l'aspiration sachant que :

$$DH_{asp}^{lin} = 0,001735 \times \left(\frac{10 \times 0,426^2}{0,6^{5,3}} + \frac{1,5 \times 0,213^2}{0,4^{5,3}} \right) \Rightarrow DH_{asp}^{lin} = \mathbf{0,06 \text{ m}}$$

- La perte de charge totale à l'aspiration : $DH_{asp} = 1,15 \times 0,06 \Rightarrow DH_{asp} = \mathbf{0,072 \text{ m}}$
- La hauteur d'aspiration admissible cas d'installation en charge :

$$h_{asp}^{adm} = 2,91 - 10,15 + 0,24 + \frac{1,7^2}{2g} + 0,072 = \mathbf{-6,28 \text{ m}}$$

$h_{asp}^{adm} < 0 \Rightarrow$ Donc on change le type d'installation.

- La hauteur d'aspiration admissible cas d'installation en aspiration :

$$h_{asp}^{adm} = 2,91 + 10,15 - 0,24 - \frac{1,7^2}{2g} - 0,072 = \mathbf{6,28\ m}$$

- Le niveau minimum du plan d'aspiration :

$$\nabla_{axe} = 131,7 + 6,28 - 0,2 = \mathbf{137,87\ m}$$

VI.7.2 Tronçon (SP Compagne Semmar - CHE 2500m3) :

Les données nécessaires pour le choix de la pompe sont :

- ✓ Q = 516,33 m3/h;
- ✓ Hg = 33 m;
- ✓ Hmt = 31,79 m.

Le nombre, le type et les caractéristiques des pompes pour ce tronçon sont notés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.17 : Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre

NP	Type de pompe	Q _{demandé} (m3/h)	Q _{fournis} (m3/h)	HMT (m)	Pabs (kw)	η (%)	NPSH (m)	Vitesse de rotation (tr/min)	Nombre d'étage
1	Omega 200-320 C	516,33	516,45	31,80	52,99	84,26	2,54	1474	1
2	Omega 125-365 B	258,17	285,87	31,82	29,01	77,15	2,55	1464	1
3	Omega 150-460 A	172,11	172,66	31,8	20,39	71,26	1,97	962	1
4	Omega 125-365 A	129,08	131,10	31,85	16,88	67,24	2,27	1460	1

D'après le tableau précédent, on opte pour un nombre de pompe égale à un (01) plus une (01) pompe de secours, car elle présente les meilleures caractéristiques en ce qui concerne le rendement, la vitesse de rotation et la puissance absorbée.

La pompe choisie est de type **Omega 200-320 C** de la marque allemande KSB, c'est une pompe à volute à plan de joint axial pour installation horizontale ou verticale, monocellulaire avec roue à double flux.

➤ **Choix du moteur électrique :**

Les paramètres utilisés pour le calcul sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.18 : La puissance de moteur électrique

Puissance de pompe (KW)	K	η _{acc} (%)	η _m (%)	Pm calculée (KW)	Pm normalisée (KW)
52,99	1,2	93	80	85	90

Les dimensions de pompe choisie, de type **Omega 200-320 C**, pour le tronçon « **SP Compagne Semmar – château d'eau 2500m³** » est représenté dans annexe (voir annexe ;22-24-25).

Les courbes caractéristiques de la pompe de la station de pompage Compagne Semmar sont représentées dans la figure ci-dessous.

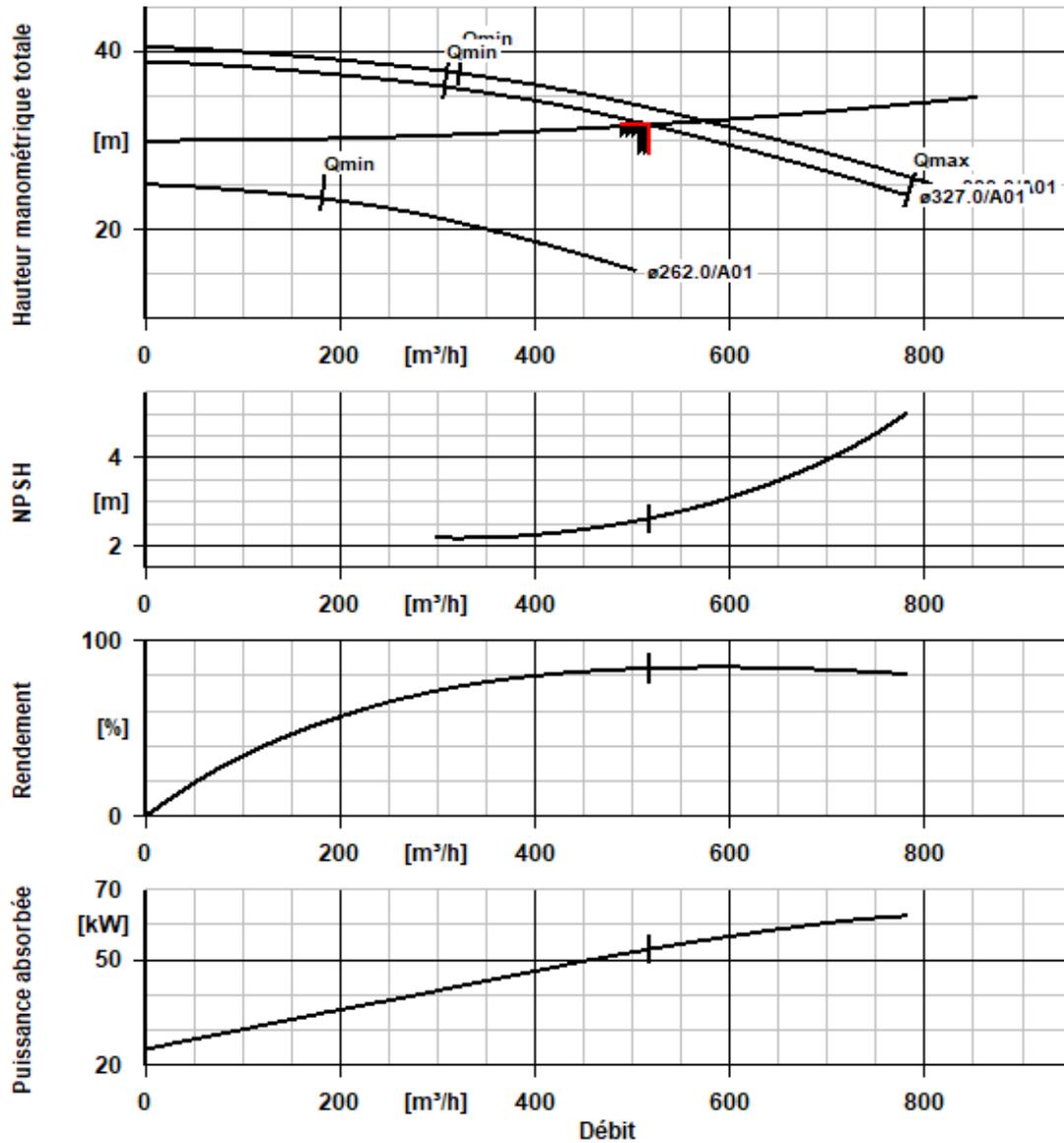


Figure VI.8 : Les courbes caractéristiques de la pompe de la pompe Compagne Semmar de type Omega 200-320 C

➤ **Courbe caractéristique de la conduite de refoulement**

Le tableau suivant présente les paramètres à calculer pour la courbe caractéristique de la conduite de refoulement :

Tableau VI.19 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement

N°	Q(l/s)	Q(m3/h)	Q(m3/s)	R	RQ2	DH	HC	HP
1	0,0	0	0,00	1,28	0,00	0,00	30,00	68
2	55,6	100	0,06	1,28	0,00	0,00	30,00	66
3	111,1	200	0,11	1,28	0,02	0,02	30,02	64
4	166,7	300	0,17	1,28	0,04	0,04	30,04	62
5	222,2	400	0,22	1,28	0,06	0,07	30,07	60
6	277,8	500	0,28	1,28	0,10	0,11	30,11	57,5
7	333,3	600	0,33	1,28	0,14	0,16	30,16	55
8	388,9	700	0,39	1,28	0,19	0,21	30,21	52
9	444,4	800	0,44	1,28	0,25	0,28	30,28	49,5

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement de la pompe sont donnés sur la figure suivante :

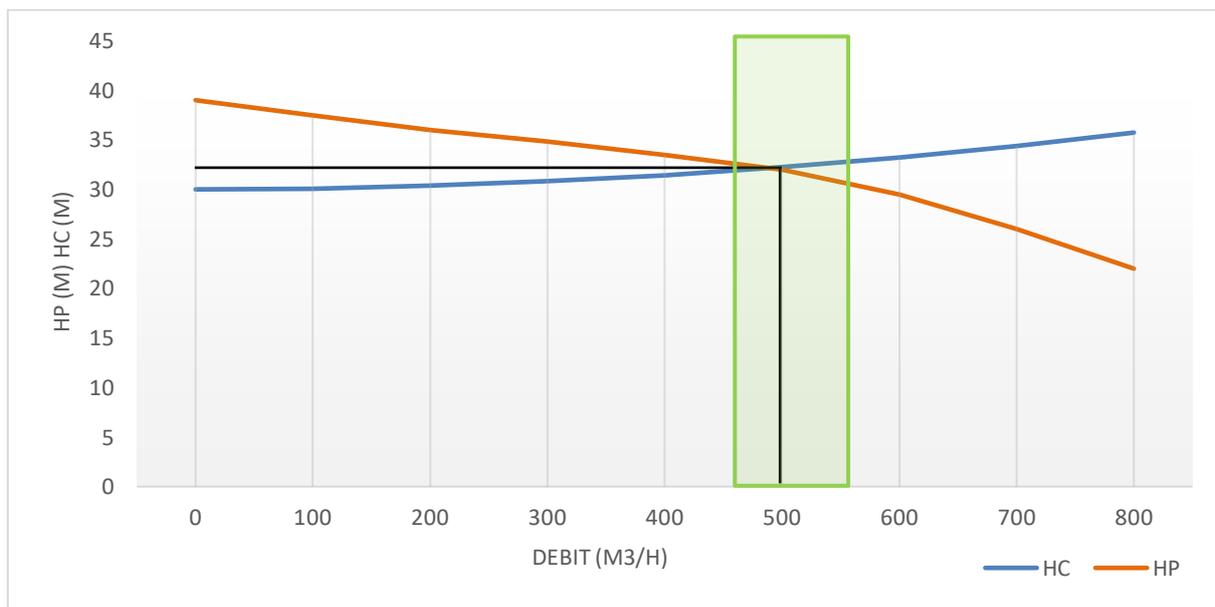


Figure VI.9 : le point de fonctionnement de la pompe du refoulement (SP GARIDI - Réservoir 5000m3)

Le graphe précède nous permet de déterminer la hauteur H_p ainsi que le débit Q_p au point de fonctionnement :

- ✓ $H_p = 32 \text{ m}$
- ✓ $Q_p = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 138,88 \text{ l/s}$

Le débit Q_p se situe dans la plage optimale de bon fonctionnement de la pompe ($\pm 10\% Q_{app}$), par conséquent, la pompe fonctionne dans des conditions conformes et ne nécessite aucun mode de réglage.

➤ **Type d'installation :**

Données de base :

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 2,54 \text{ m}$.
- La pression atmosphérique : $Pat = 10,33 - 0,00139 * H \Rightarrow Pat = 10,10 \text{ mce}$
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^\circ = 20 \text{ }^\circ\text{C}$: $T_v = 0,24 \text{ mce}$

Tel que : $d_a = 250 \text{ mm} \Rightarrow D_a = 325 \text{ mm}$

On prend un diamètre normaliser, donc $D_a = 350 \text{ mm}$

- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 \times 0,143}{\pi \times 0,35^2} \Rightarrow V_a = 1,48 \text{ m/s}$
- Diamètre du collecteur d'aspiration : Étant donné que nous avons opté pour une seule pompe, le diamètre de la conduite d'aspiration est identique à celui du collecteur d'aspiration.

Donc $\Rightarrow D_c = 350 \text{ mm}$ avec un vitesse $V_c = 1,48 \text{ m/s}$

La condition de la vitesse d'écoulement est vérifiée.

- La perte de charge linéaire à l'aspiration sachant que :

$$DH_{asp}^{lin} = 0,001052 \times \left(\frac{10 \times 0,143^{1,77}}{0,35^{4,77}} + \frac{1,5 \times 0,143^{1,77}}{0,35^{4,77}} \right) \Rightarrow DH_{asp}^{lin} = 0,05 \text{ m}$$

- La perte de charge totale à l'aspiration : $DH_{asp} = 1,15 \times 0,06 \Rightarrow DH_{asp} = 0,066 \text{ m}$
- La hauteur d'aspiration admissible cas d'installation en charge :

$$h_{asp}^{adm} = 2,54 - 10,10 + 0,24 + \frac{1,48^2}{2g} + 0,066 = -6,64 \text{ m}$$

$h_{asp}^{adm} < 0 \Rightarrow$ Donc on change le type d'installation.

- La hauteur d'aspiration admissible cas d'installation en aspiration :

$$h_{asp}^{adm} = 2,54 + 10,10 - 0,24 - \frac{1,48^2}{2g} - 0,066 = 6,64 \text{ m}$$

- Le niveau minimum du plan d'aspiration :

$$\nabla_{axe} = 163 + 6,64 - 0,2 = 169,44 \text{ m}$$

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons abordé les aspects essentiels de notre étude, notamment le calcul des diamètres économique pour les tronçons en refoulement. Suite à cette analyse technico-économique, on a constaté qu'il est nécessaire de sélectionner une nouvelle pompe pour la station de pompage GARIDI, de même pour la station de pompage Compagne Semmar et notre choix s'est porté sur des pompes de type Omega de la marque KSB.

Chapitre VII :
Dimensionnement du réseau de
distribution

Introduction

L'objectif principal d'un réseau de distribution est d'amener l'eau aux différentes catégories de consommateurs, et à tous les points de l'agglomération, tout en répondant aux besoins en débit et en pression. Pour cela, les différents tronçons des canalisations du réseau doivent être dimensionnées avec des diamètres optimaux.

VII.1 Description du réseau de distribution projeté

Pour résoudre les problèmes de pression dans le réseau existant d'AEP, nous restructurons le réseau d'alimentation en eau potable et on opte pour un réseau étagé.

La zone basse, qui souffrait de surpressions, sera désormais alimentée par un réservoir semi enterré (déjà existant), ce qui permettra de réguler la pression de manière optimale. Et la zone haute, qui avait des problèmes de dépression, continuera d'être alimentée par le château d'eau.

VII.2 Choix du type de réseau

Selon la disposition et la dimension de l'agglomération, nous pouvons distinguer trois types de réseaux de distribution :

- Réseau ramifié ;
- Réseau maillé ;
- Réseau mixte.

Pour optimiser l'utilisation de l'infrastructure et assurer une distribution efficace de l'eau, on a choisi de mettre en place un réseau mixte, qui combine à la fois des mailles et des ramifications. Pour les deux zones du réseau de distribution.

VII.3 Choix du type de matériaux

Le choix du type de matériaux doit répondre à plusieurs exigences :

- La pression supportée.
- La résistance à l'agressivité du sol et l'étanchéité du matériau.
- Le prix d'achat et la disponibilité sur le marché.
- Facilité du transport et la pose des canalisations.
- La compatibilité avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes, etc.).

Dans le cadre de ce projet, on a opté pour des conduites en PEHD PN16 pour les deux zones en raison des avantages de ce type de matériau.

VII.4 Calcul hydraulique du nouveau système d'AEP

Après avoir divisé notre zone d'étude en deux, nous procédons au calcul des débits de dimensionnement des canalisations.

VII.4.1 Calcul des débits pour le réseau projeté

Le calcul hydraulique se fera à long terme (2054) pour deux cas :

- ❖ Cas de pointe
- ❖ Cas de pointe plus incendie

D'après le tableau de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitant (voir annexe 21) ; les résultats, de calcul des débits, sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 : Récapitulatif des débits de calcul pour le cas de pointe

Désignation	Zone 1	Zone 2
Débit de pointe (l/s)	179,28	309,03
Débit concentré (l/s)	0	0
Somme des longueurs des tronçons de distribution (m)	22658,88	24836,51
Débit spécifique (l/s/ml)	0,0079122	0,0124427

Les résultats de calculs des débits en route et aux nœuds pour le cas de pointe dans les deux zones, sont récapitulés dans le tableau suivant : (voir annexe 11 et annexe 12)

Tableau VII.2 : Calculs des débits routes et nœuds (réseau projeté zone 1)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
Tank 1	Tank1-N2	p1	175,6	0	-179,28
N2	Tank1-N2	p1	175,6	0	4,619
	N2-N10	p11	679,9	5,3795	
	N2-N12	p12	487,7	3,8588	
N3	N3-N4	p2	413,2	3,2693	4,212
	N3-N5	p3	377,1	2,9837	
	N3-N7	p5	144,1	1,1402	
	N3-N12	p44	130,3	1,0310	
N4	N3-N4	p2	413,2	3,2693	3,129
	N4-N5	p51	377,7	2,9884	
N5	N3-N5	p3	377,1	2,9837	4,157
	N5-N6	p4	296,1	2,3428	
	N4-N5	p51	377,7	2,9884	
N6	N5-N6	p4	296,1	2,3428	3,294
	N6-N7	p7	442,9	3,5043	
	N6-N9	p8	93,56	0,7403	

Tableau VII.3 : Calculs des débits routes et nœuds (réseau projeté zone 2)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
Tank1	Tank1-N2	p1	19,59	0	-309,01
N2	Tank1-N2	p1	19,59	0	7,6268
	N2-N3	p2	683	8,4984	
	N2-N5	p4	542,9	6,7552	
N3	N2-N3	p2	683	8,4984	14,3029
	N3-N4	p3	531	6,6071	
	N3-N5	p5	526,9	6,5561	
	N3-N21	p22	558,1	6,9443	
N4	N3-N4	p3	531	6,6071	7,9111
	N4-N7	p7	297,4	3,7005	
	N4-N6	p14	443,2	5,5146	
N5	N2-N5	p4	542,9	6,7552	8,2738
	N3-N5	p5	526,9	6,5561	
	N5-N6	p6	260,1	3,2364	
N6	N5-N6	p6	260,1	3,2364	6,7595
	N4-N6	p14	443,2	5,5146	
	N6-N14	p15	383,2	4,7681	

Pour le cas de pointe plus incendie, nous reprenons les mêmes étapes de calcul, en ajoutant le débit d'incendie (17 l/s) en tant que débit concentré au point le plus défavorable.

- Zone 1 : Le point (N42) est identifié comme étant le plus défavorable
- Zone 2 : Le point (N36) est identifié comme étant le plus défavorable

VII.4.2 Résultats de la simulation :

VII.4.2.1 Cas de pointe :

➤ Zone 1 :

Les résultats des charges et pressions du réseau dans la zone 1 pour le cas de pointe sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 13)

Tableau VII.4 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	145,74	4,62	185,82	40,08
n3	172,83	4,21	184,93	12,09
n4	158,59	3,13	184,32	25,72
n5	170,87	4,16	183,48	12,6
n6	160,95	3,29	182,42	21,46
n7	164,02	3,19	184,63	20,6

n8	147,58	2,82	184,35	36,77
n9	160,95	4,3	182,24	21,28
Tank 1	176	-179,28	184	8

Les résultats des vitesses et pertes de charge du réseau dans la zone 1, cas de pointe sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 14)

Tableau VII.5 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	175,6	515,6	179,28	0,86	1
p2	413,2	130,8	5,77	0,43	1,48
p3	377,1	229,2	-43,6	1,06	3,84
p4	296,1	229,2	42,08	1,02	3,6
p5	144,1	257,8	-42,4	0,81	2,06
p6	218,6	90	1,94	0,3	1,28
p7	442,9	204,6	-37,28	1,13	5
p8	93,56	327,4	76,07	0,9	1,88
p9	154,7	327,4	-69,32	0,82	1,59
p10	214,4	40,8	0,85	0,65	13,08

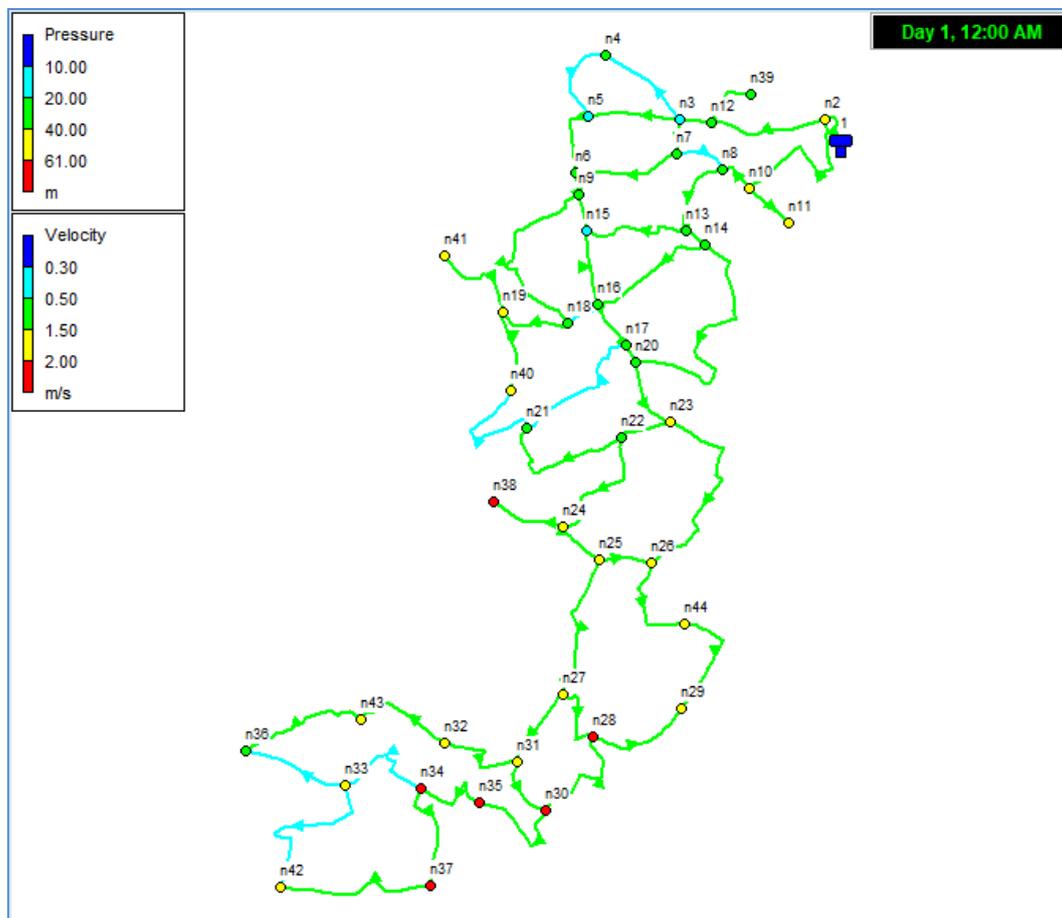


Figure VII.1 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 1 (cas de pointe)

➤ Zone 2 :

Les résultats des charges et pressions du réseau dans la zone 2 pour le cas de pointe sont présentés dans le tableau : (voir annexe 15)

Tableau VII.6 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 ; Cas de pointe

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	152,77	7,63	162,95	10,18
n3	132,45	14,3	161,75	29,3
n4	113,73	7,91	160,6	46,87
n5	124,99	8,27	162,46	37,46
n6	148,28	6,76	161,69	13,41
n7	106,09	9,44	159,56	53,47
n8	114,88	5,77	158,95	44,06
n9	118,28	5,82	157,49	39,21
Tank 1	160	-309,01	163	3

Les résultats des vitesses et pertes de charge du réseau dans la zone 2, cas de pointe sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 16)

Tableau VII.7 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 ; Cas de pointe

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	19,59	515,6	309,01	1,48	2,72
p2	683	458,2	177,81	1,08	1,75
p3	531	368,2	112,23	1,05	2,17
p4	542,9	458,2	123,57	0,75	0,9
p5	526,9	204,6	18,07	0,55	1,34
p6	260,1	327,4	97,22	1,15	2,95
p7	297,4	409,2	192,4	1,46	3,5
p8	348,3	327,4	117,7	1,4	4,2
p9	387	163,6	14,33	0,68	2,59
p10	191,6	368,2	137,8	1,29	3,17

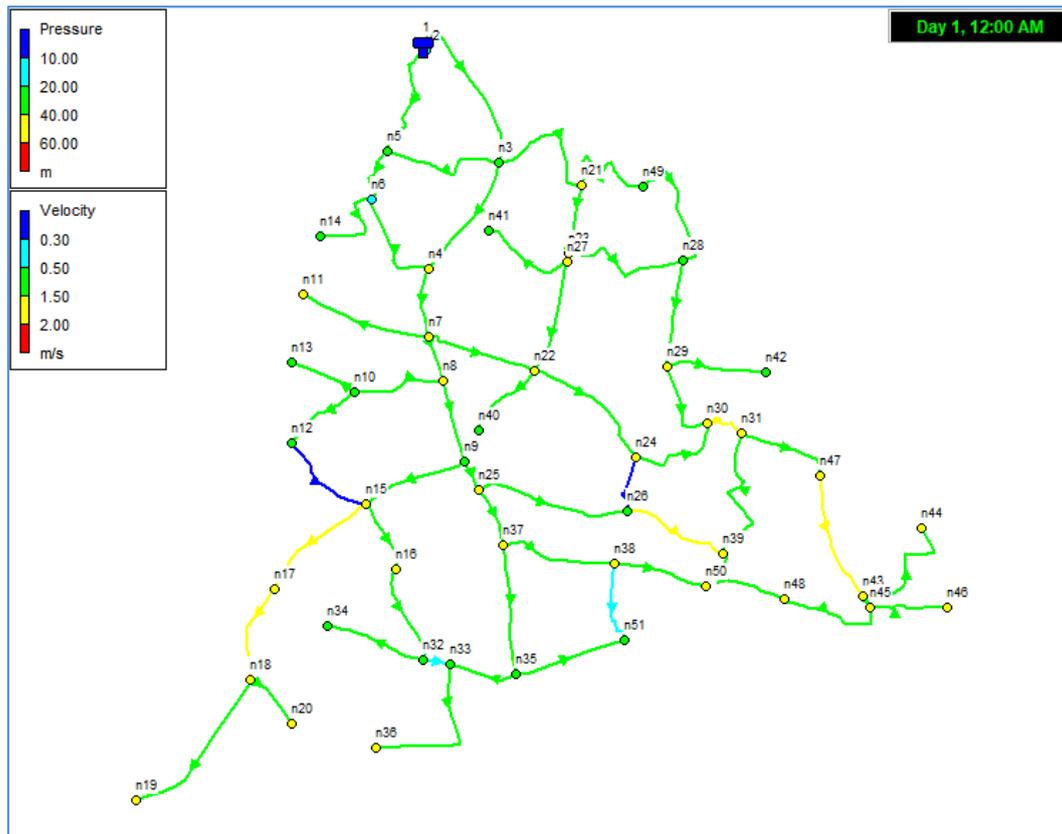


Figure VII.2 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 2 (cas de pointe)

VII.4.2.2 Cas de pointe + incendie

➤ Zone 1 :

Les résultats des charges et pressions du réseau dans la zone 1 pour le cas de pointe plus incendie sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 17)

Tableau VII.8 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 ; Cas de pointe + incendie

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	145,74	4,62	185,79	40,05
n3	172,83	4,21	184,73	11,89
n4	158,59	3,13	184,04	25,45
n5	170,87	4,16	182,98	12,11
n6	160,95	3,29	181,67	20,71
n7	164,02	3,19	184,37	20,35
n8	147,58	2,82	184,04	36,45
n9	160,95	4,3	181,45	20,49
Tank 1	176	-196,28	184	8

Les résultats des vitesses et pertes de charge du réseau dans la zone 1, cas de pointe plus incendie sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 18)

Tableau VII.9 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe + incendie

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	175,6	515,6	196,28	0,94	1,18
p2	413,2	130,8	6,15	0,46	1,66
p3	377,1	229,2	-48,35	4,64	
p4	296,1	229,2	47,21	1,14	4,44
p5	144,1	257,8	-46,91	0,9	2,48
p6	218,6	90	2,14	0,34	1,53
p7	442,9	204,6	-41,58	1,26	6,11
p8	93,56	327,4	85,51	1,02	2,33
p9	154,7	327,4	-76,68	0,91	1,91
p10	214,4	40,8	0,85	0,65	13,08

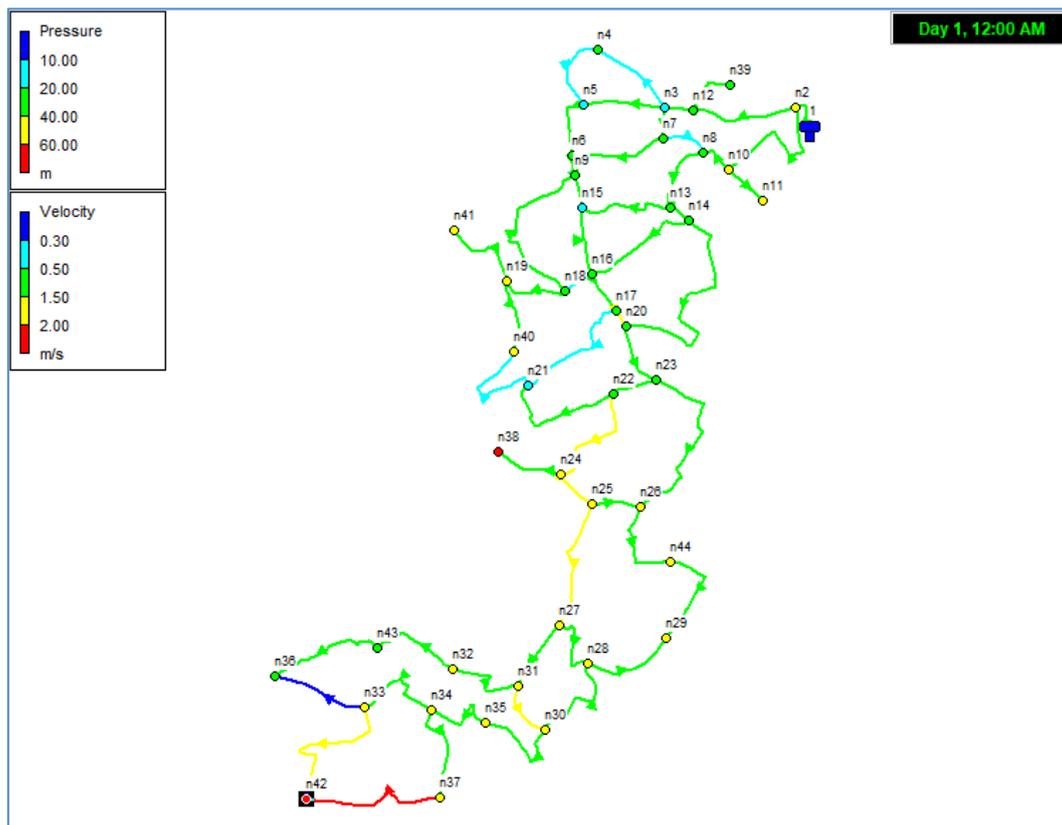


Figure VII.3 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 1 (cas de pointe + incendie)

➤ **Zone 2 :**

Les résultats des charges et pressions du réseau dans la zone 2 pour le cas de pointe plus incendie sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 19)

Tableau VII.10 : Etat des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 ; Cas de pointe + incendie

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	152,77	7,63	162,94	10,17
n3	132,46	14,30	161,63	29,17
n4	113,73	7,91	160,29	46,56
n5	125,00	8,27	162,40	37,40
n6	148,28	6,76	161,54	13,25
n7	106,09	9,44	159,09	53,00
n8	114,89	5,77	158,34	43,45
n9	118,28	5,82	156,51	38,23
Tank 1	160,00	-326,01	163,00	3,00

Les résultats des vitesses et pertes de charge du réseau dans la zone 2, cas de pointe plus incendie sont présentés dans le tableau suivant : (voir annexe 20)

Tableau VII.11 : Etat des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	19,59	515,6	326,01	1,56	3,01
p2	683	458,2	187,42	1,14	1,92
p3	531	368,2	121,52	1,14	2,51
p4	542,9	458,2	130,96	0,79	1
p5	526,9	204,6	19	0,58	1,47
p6	260,1	327,4	103,69	1,23	3,32
p7	297,4	409,2	208,16	1,58	4,05
p8	348,3	327,4	133,15	1,58	5,27
p9	387	163,6	15,32	0,73	2,93
p10	191,6	368,2	154,23	1,45	3,9

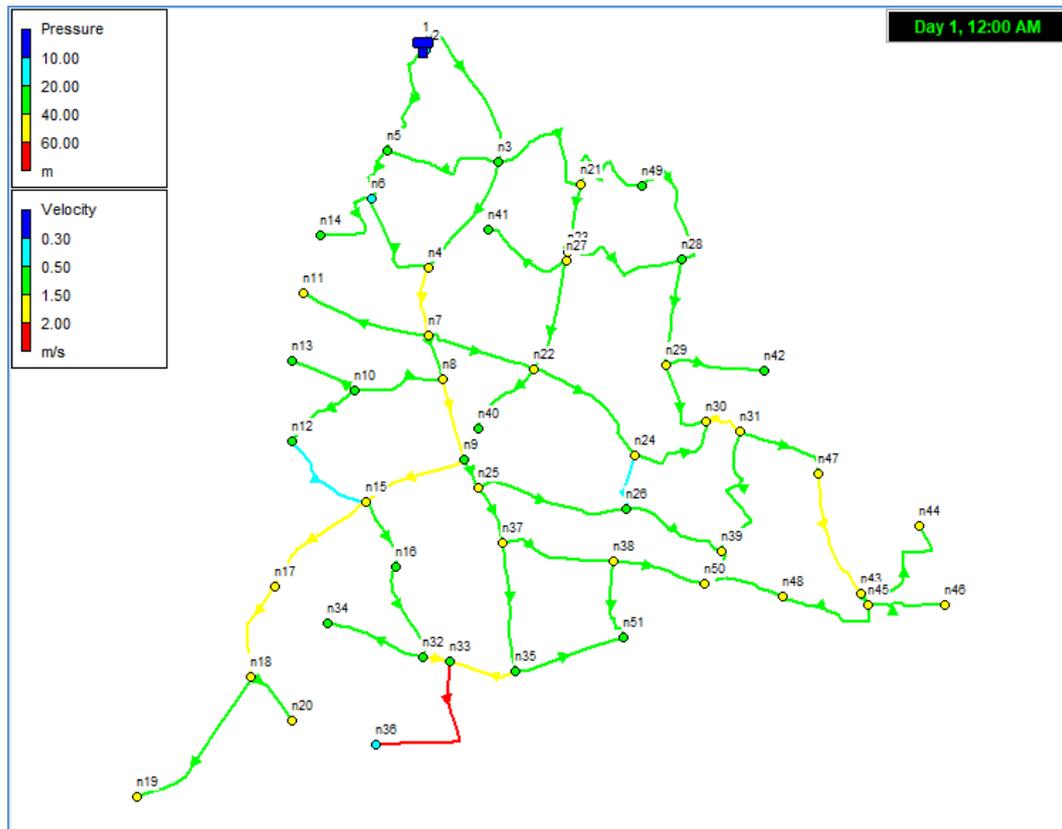


Figure VII.4 : Résultats de simulation des pressions et vitesses du réseau projeté de la zone 2 (cas de pointe + incendie)

VII.4.3 Interprétation des résultats de simulation (cas de pointe)

Les pourcentages de validation des résultats pour chaque zone sont représentés dans le tableau suivant :

⇒ Pour un intervalle : $\begin{cases} \text{vitesse : } 0,5 \text{ m/s} - 1,5 \text{ m/s} \\ \text{pression : } 10\text{m} - 61 \text{ m} \end{cases}$

Tableau VII.12 : Pourcentage de validation des résultats de simulation

Pourcentage de validation	Pressions (%)	Vitesse (%)
Zone 1	85,10	86,36
Zone 2	100	88,52

VII.4.4 Interprétation des résultats de simulation (cas de pointe + incendie)

Dans le cas de pointes + incendie, le réseau répond de manière satisfaisante :

- ↪ Les pressions se maintiennent entièrement dans les normes, variant entre 1 bar et 6 bars.
- ↪ Par ailleurs, les vitesses observées sur l'ensemble du réseau restent dans la plage acceptable.

VII.4.5 Comparaison entre le réseau existant et le réseau projeté

Dans cette partie nous comparons l'état du réseau avant et après la restructuration à travers les figures ci-après :

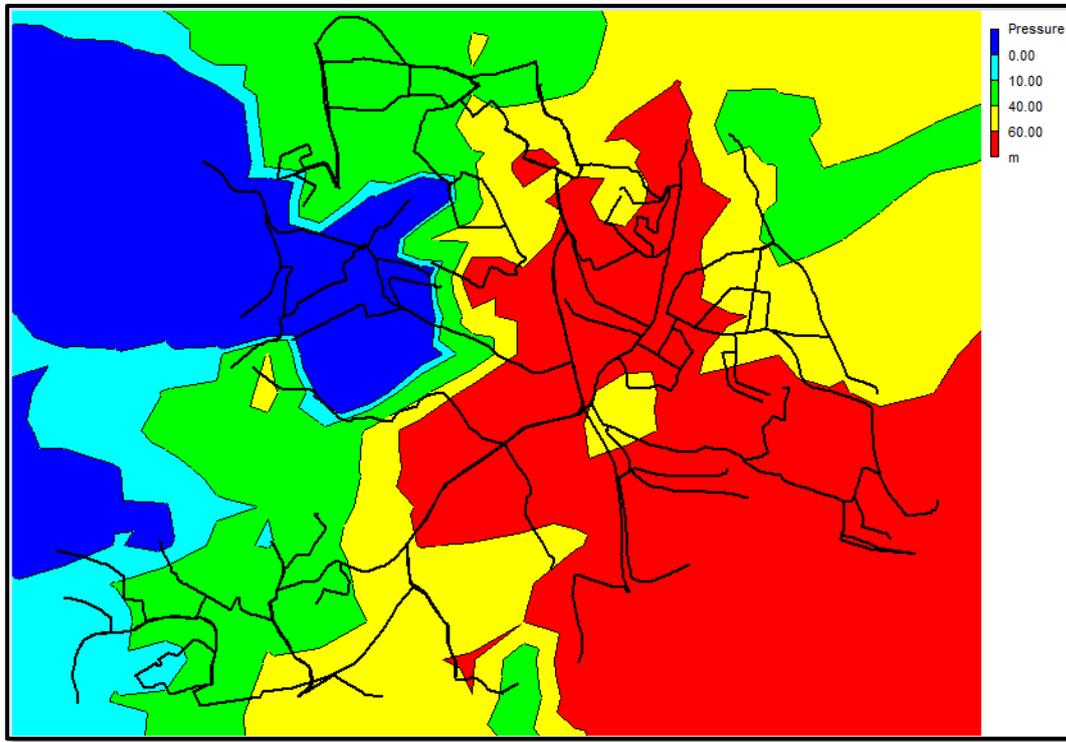


Figure VII.5 : Zone de distribution de pression avant la restructuration

On remarque que la majorité du réseau de distribution n'est pas conforme aux normes de pression.

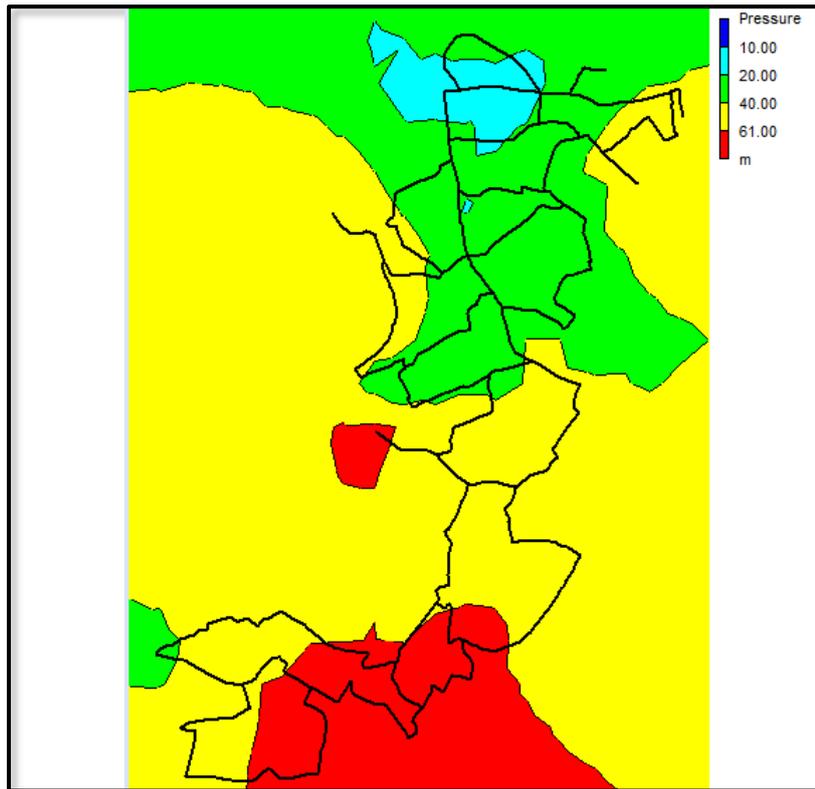


Figure VII.6 : Zone 1 après la restructuration

Nous avons choisi de tolérer une légère surpression dans quelques nœuds, considérée comme non problématique, étant donné que le réseau est constitué de conduites en PEHD PN16, capables de résister à ces conditions. Cette décision vise à garantir une pression minimale suffisante au point le plus défavorable, même dans le cas de pointe plus incendie.

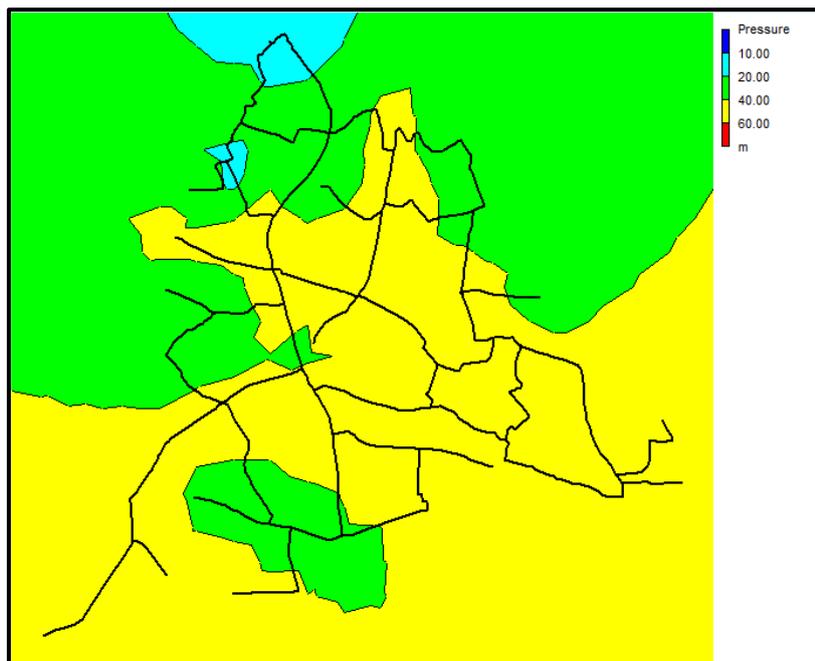


Figure VII.7 : Zone 2 après la restructuration

Nous constatons une grande amélioration des pressions après la restructuration. Cela témoigne du succès de la proposition que nous avons mise en place

Conclusion :

En conclusion, la restructuration du réseau en réseau étagé a résolu les problèmes dans le système existant. Cette variante permet de mieux gérer les pressions tout en réduisant l'utilisation d'énergie de la station de pompage qui alimentait le château d'eau, ce qui apporte aussi un avantage économique.

L'analyse réalisée avec le logiciel EPANET a montré que la plupart des vitesses se situent dans une plage acceptable de 0,5 m/s à 1,5 m/s, tandis que les pressions aux nœuds variaient entre 10 et 60 m.c.e. pour chaque zone, que ce soit en cas de pointe ou en cas de pointe plus incendie. Malgré quelques surpressions tolérées, le réseau en PEHD PN16 est conçu pour supporter ces conditions sans problème.

***Chapitre VIII : Pose et
protection des canalisations***

Introduction :

La pose et la protection des canalisations sont des étapes importantes dans la mise en place d'un système d'eau potable (AEP). Dans ce chapitre, nous définissons les étapes nécessaires pour garantir une durée de vie optimale et un bon fonctionnement de ce dernier tout en proposant les différents accessoires à intégrer.

VIII.1 Principes de pose de canalisation :

Les canalisations sont généralement posées sous terre dans des tranchées à l'exception de certains cas. La méthode d'installation varie selon le type de terrain. Les tranchées doivent être assez larges (au moins 60 cm) pour permettre le travail des ouvriers et doivent être correctement nivelées. [2]

Il est important de poser les canalisations avec une légère pente pour faciliter la vidange et l'évacuation de l'air. Un tracé en dents de scie est souvent utilisé, avec des pentes et des changements de niveau réguliers. L'épaisseur du remblai au-dessus des canalisations varie selon les régions, allant de 1 à 1,5 mètres, pour protéger contre le gel. Les canalisations doivent également être installées à une distance sécuritaire des autres réseaux.

VIII.2 Type de pose de conduite :

VIII.2.1 Pose en terre :

C'est la méthode la plus courante pour la pose de conduites. Ces dernières sont enterrées dans des tranchées creusées dans le sol. Avec les dimensions suivantes :

- Une distance de 0,6 à 1,20 m doit être aménagée au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite. Pour éviter les dégâts qui pourraient être causés par le gel.
- Un lit de pose d'épaisseur 0,15 à 0,20 bien pilonné et nivelé.

Sachant que, la région de notre projet d'étude possède un terrain ordinaire, stable et sans caractéristiques exceptionnelles.

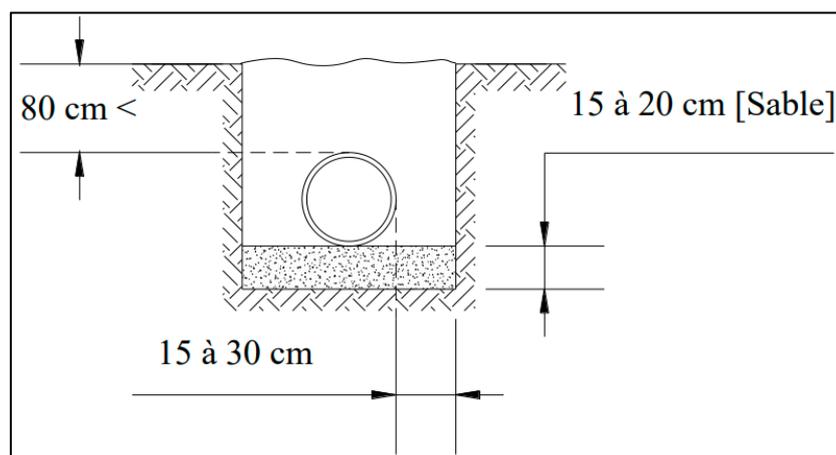


Figure VIII.1 : Pose de canalisation en terrain ordinaire [2]

VIII.2.2 Pose en galerie : [7]

Dans le cadre de notre projet, plusieurs traversées de route sont prévues. Donc les canalisations d'eau seront placées dans des galeries, elles reposent sur des tasseaux en maçonnerie. Afin de les protéger contre les vibrations et les surcharges. Quand il s'agit de diamètres importants, on dispose provisoirement chaque tuyau sur des madriers en bois et on effectue un calage sur ces madriers correspondant au profil en long. Les calages doivent être bien soignés et très solides et avec des robinets vannes placés des deux côtés de la route.

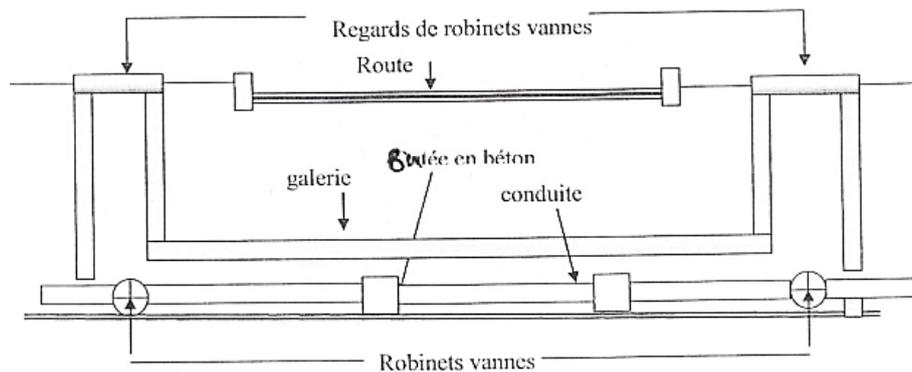


Figure VIII.2 : Traversée d'une route par une conduite en galerie [2]

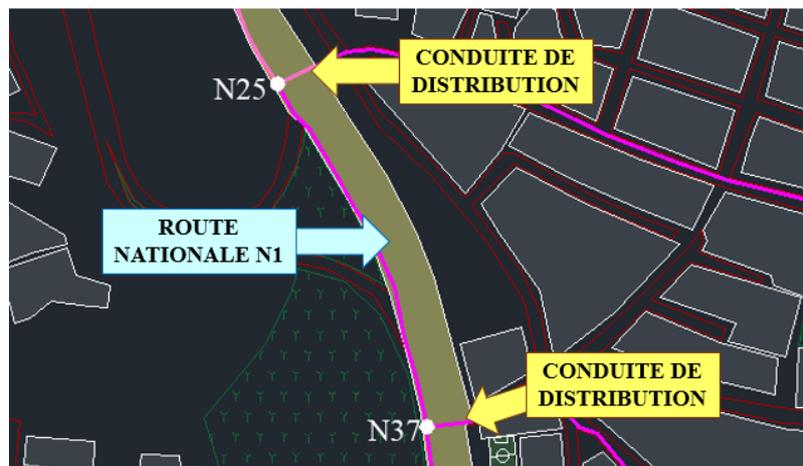


Figure VIII.3 : Traversée de la route Nationale n°1 par deux conduites

VIII.3 Les accessoires et pièces spéciales [2]

Pour garantir le bon fonctionnement hydraulique d'un système d'AEP d'eau, il est essentiel de l'équiper d'organes accessoires qui ont pour rôles :

- ✓ Assurer un bon écoulement ;
- ✓ Réguler les pressions et mesurer les débits ;
- ✓ Protéger les canalisations ;
- ✓ Soutirer les débits ;
- ✓ Purger les canalisations ;
- ✓ Vidanger les canalisations ;
- ✓ Isoler les canalisations ;

- ✓ Changer les sens d'écoulement.

VIII.3.1 Les robinets vanne :

a) Robinets vannes à opercule

Ces des dispositifs de sectionnement utilisés pour les manœuvres lentes sur les gros diamètres. L'obturation se fait par une rotation de 90° de la partie tronconique. Ce type de robinet-vanne est souvent court-circuité pour faciliter l'ouverture.



Figure VIII.4 : vannes à opercule

(<https://www.ramus-industrie.com>)

b) Vannes papillons :

Les vannes à survitesse, utilisées généralement au niveau des réservoirs d'eau, se ferment sous l'effet de la pression et ne sont jamais placées à l'aval. Elles offrent une faible perte.

La manœuvre de l'obturateur est limitée à 60° pour une régulation optimale. Légères et peu encombrantes, elles servent au sectionnement et au réglage des débits. Les robinets-vannes de 200 à 300 mm sont souvent motorisés, tandis que les vannes papillons sont utilisées pour les diamètres de 350 mm et plus.



Figure VIII.5 : vanne papillon

(<https://www.ramus-industrie.com>)

VIII.3.2 Les clapets

Les clapets servent à diriger l'écoulement dans un seul sens. Couramment utilisés dans les stations de pompage, ils sont généralement placés à la sortie des pompes et entre les robinets de sectionnement. On les trouve aussi sur les canalisations de distribution.

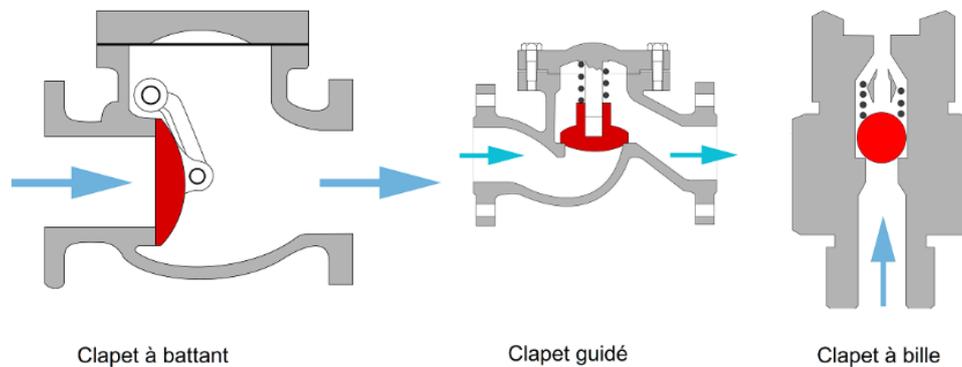


Figure VIII.6 : Clapet anti retour

(<https://www.mesdepanneurs.fr>)

VIII.3.3 Les ventouses

Les ventouses simples assurent le dégazage des conduites à haute pression et sont installées aux points hauts pour évacuer l'air accumulé. Elles doivent être vérifiées régulièrement.

Les ventouses automatiques évacuent aussi l'air lors de la mise en eau de la canalisation, évitant la dépression dans les canalisations.



Figure VIII.7 : ventouse simple

(<https://www.cph-hydro.com>)

VIII.3.4 Bouches et poteaux d'incendie [2]

Leur diamètre est normalisé à 80, 100, ou 150 mm. Ils doivent être alimentés par des conduites avec le même diamètre, avec un débit minimal de 17 L/s sous 1 bar et fournir 120 m³ d'eau.

Pour les protéger contre le gel, ils doivent être vidés après usage. La distance entre les poteaux ne doit pas dépasser 200 m, ou 100 m dans les zones à haut risque d'incendie.

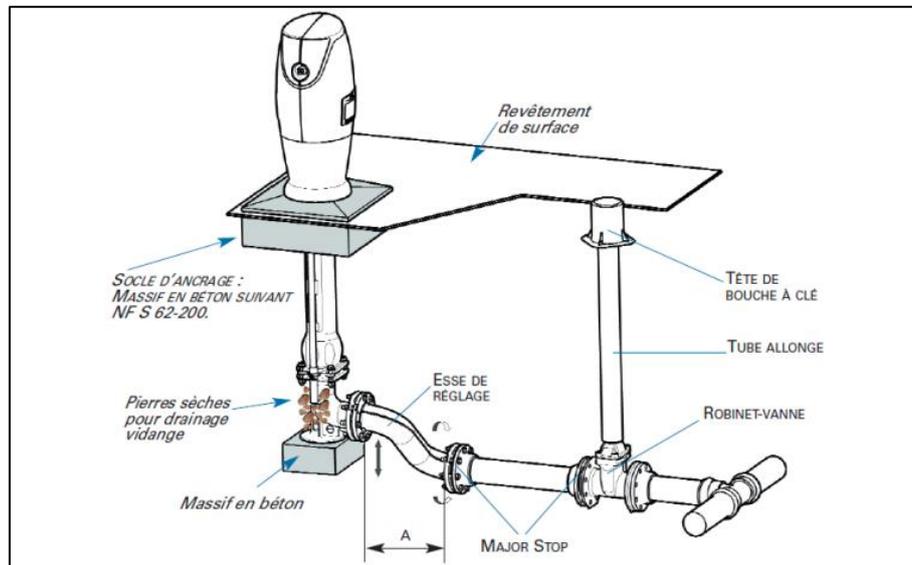


Figure VIII.8 : Bouches et poteaux d'incendie

(<https://www.ville-la-grand.fr>)

VIII.3.5 Les régulateurs de pression

Les régulateurs de pression, qu'ils soient en aval ou amont, sont des organes de vannage imposant une perte de charge variable pour maintenir une pression constante, peu importe le débit et la pression amont.

VIII.3.6 Organes de mesures :

a) **Mesure de débit** : Pour évaluer l'efficacité du réseau de distribution et contrôler la consommation, il est nécessaire d'installer des dispositifs de mesure de débit à des emplacements appropriés. Parmi les différents dispositifs disponibles, on trouve le diaphragme, le tube de Venturi, la tuyère, et les débitmètres électroniques.

b) **Mesure de pression** :

Les appareils les plus utilisés en grande installation sont :

- **Manomètres à aiguilles** : utilisés aussi dans les laboratoires de recherche, avec mouvement transmis soit par secteur denté soit levier ou membrane. L'avantage de la transmission est faciles à étalonner, mais s'usent rapidement en cas de vibrations.

- **Manomètres à soufflet** : l'organe actif est un élément élastique en forme de soufflet, qui se déforme sous pression. Ils sont sans risque de gel comparé aux manomètres à liquide. Mais ils sont sensibles aux vibrations et ne supportent pas le surchauffage.

VIII.3.7 Les pièces spéciales de raccords : [1]

Voici les différents types de raccords et leur fonction dans un réseau d'AEP :

- ↪ **Les cônes** : installer en cas de changement de diamètre de la conduite.
- ↪ **Les coudes** : Utilisés pour changer la direction de la conduite.
- ↪ **Les tés** : Servent à introduire ou soutirer un débit supplémentaire dans la conduite.
- ↪ **Les croix de jonction** : Utilisées pour croiser des canalisations perpendiculaires.
- ↪ **Les manchons** : Sont mis en œuvre pour monter des accessoires (robinets, vannes), joindre des sections de tuyaux et prolonger des conduites.

VIII.4 Protection des conduites contre le coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire résultant d'un écoulement non permanent dans une conduite. Chaque tranche d'eau dans la conduite subit des variations de pression et de vitesse à des moments distincts, entraînant la propagation d'ondes de pression.

VIII.4.1 Les causes du coup de bélier :

Les causes les plus fréquentes sont les suivantes :

- L'ouverture ou la fermeture brusque des vannes dans les conduites en charge à écoulement gravitaire ;
- La mise en marche ou l'arrêt des pompes dans les conduites en charge par refoulement ;
- Le remplissage ou la vidange d'un système d'AEP ;
- La modification de la vitesse d'une pompe ;
- La disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage.

VIII.4.2 Les risques dus aux coups de bélier :

Les conséquences principales sont :

- Aspiration des joints ;
- Fissuration ou rupture des conduites, et dislocation des joints ;
- Détérioration du revêtement interne de la conduite ;
- Phénomène de cavitation ;
- Fatigue de la conduite.

VIII.4.3 Protection contre le coup de bélier

On ne peut pas éliminer le phénomène du coup de bélier mais on peut le réduire en utilisant des

appareils et des systèmes de protection. Ils existent différents moyens de protection des installations contre le coup de bélier :

- ✓ Vanne à fermeture lente ;
- ✓ Soupape de décharge ;
- ✓ Cheminée d'équilibre ;
- ✓ Réservoir d'air ;
- ✓ Volant d'inertie.

VIII.4.4 Calcul de la charge en tenant compte du coup de bélier :

- Charge en surpression :

$$H_s = H_g + b \quad (\text{VIII-1})$$

- Charge en dépression :

$$H_d = H_g - b \quad (\text{VIII-2})$$

Avec :

H_s : Valeur maximal de la surpression (m) ;

H_d : Valeur maximal de la dépression (m) ;

b : pression dû au coup de bélier ;

H_g : hauteur géométrique.

La valeur maximale du coup de bélier est donnée par la formule de (JOUKOSKI) :

$$b = \frac{C \times V_0}{g} \quad (\text{VIII-3})$$

Avec :

V_0 : vitesse moyenne de refoulement en (m/s) ;

C : célérité d'onde en (m/s) ;

g : Accélération de la pesanteur (m/s²).

Les ondes de surpression et de dépression sont caractérisées par une vitesse de Propagation donnée par la formule améliorée par Pr B. SALAH :

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K \times 2 \times a \times (1 - \mu_m^2) \times (1 - \mu_s)}{(1 - \mu_m^2) \times a \times E_s + E_m \times e_m \times (1 - \mu_s)}}} \quad (\text{VIII-4})$$

Avec :

C : célérité d'onde en (m/s) ;

K : Coefficient d'élasticité de l'eau ; $K = 2,07 \times 10^9$ Pascal ;

ρ : Masse volumique de l'eau ; $\rho = 1000$ kg / m³ ;

E_m : module de Young du matériau de la conduite ;
 E_s : module de Young du sol ; $E_s = 2 \cdot 10^8$ Pascal ;
 μ_m : coefficient de poisson du matériau ;
 μ_s : coefficient de poisson du sol entourant la conduite $\mu_m = 0,33$;
 e_m : Epaisseur de la conduite (m) ;
 a : rayon intérieur de la conduite (m).

VIII.4.5 Calcul des réservoirs d'air

On distingue différentes méthodes de calcul :

1. Méthode de VIBERT.

La méthode de VIBERT donne de bons résultats pour les petites installations et risque de donner des volumes de réservoirs d'air important dans le cas de grandes installations.

2. Méthode de BERGERON.

La méthode de BERGERON est la plus répandue, elle donne de bons résultats que ça soit pour les petites ou pour les grandes installations.

Nous utilisons un programme Excel pour calculer les différents paramètres du réservoir d'air.

3. Méthode de Puech et Meunier

La méthode de Puech et Meunier est particulièrement adaptée aux adductions de moyenne et grande envergure, elle consiste à superposer la courbe du profil en long de la conduite sur les courbes de B existantes et s'appuie sur l'utilisation des trois nombres adimensionnels suivants :

↳ **K** caractérise les pertes de charge :

$$K = \frac{H_{abs} - H_0}{H_0} \quad (\text{VIII-5})$$

Avec :

H_0 : pression statique absolue ; $H_0 = H_g + 10$ (m) ;

H_{abs} : Hauteur manométrique totale absolue :

$$H_{abs} = HMT + 10 \quad (\text{VIII-6})$$

↳ **A** caractérise la conduite de refoulement :

$$A = \frac{c \times V_0}{g \times H_0} \quad (\text{VIII-7})$$

Avec :

c : célérité d'onde de choc (m/s) ;

V_0 : vitesse d'écoulement en régime permanent (m/s) ;

g : accélération de pesanteur (m/s²).

↪ **B caractérise le volume d'air du réservoir anti-bélier :**

$$B = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{U_0} \quad (\text{VIII-8})$$

Avec :

U_0 : volume d'air initial (m³) ;

L : longueur totale de la conduite de refoulement (m) ;

S : section de la conduite de refoulement (m).

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1 : caractéristiques des tronçons de refoulement

Tronçon	Type de matériau	D (mm)	S (m ²)	V (m/s)	L (m)	Hg (m)
SP GARIDI-R5000m ³	ACIER	600	0,283	1,05	4304,68	35
SP SEMMAR-CHE2500m ³	PEHD PN16	315	0,051	2,74	81,96	30
Forage Pitavey-R5000m ³	PEHD PN25	140	0,0081	2,05	1123,06	121

Tableau VIII.2 : calcul de la célérité d'onde

Tronçon	K (Pa) (*10 ⁹)	ρ (Kg/m ³)	a (m)	μ_m	μ_s	Es (Pa) (*10 ⁸)	Em (Pa) (*10 ¹¹)	em (m)	C (m/s)
SP GARIDI-R5000m ³	2,07	1000	0,6	0,3	0,33	2	2	0,005	1005,55
SP SEMMAR-CHE2500m ³	2,07	1000	0,128	0,46	0,33	2	0,031	0,028	650,82
Forage Pitavey-R5000m ³	2,07	1000	0,0508	0,46	0,33	2	0,031	0,0192	532,4

Tableau VIII.3 : Résultats du calcul du coup de bélier

Tronçon	b (m)	Hg (m)	Hs (mce)	Hd (mce)
SP GARIDI-R5000m ³	107,62	35	142,62	-72,62
SP SEMMAR-CHE2500m ³	110,92	30	140,92	-80,92
Forage Pitavey-R5000m ³	111,25	121	232,25	9,74

D'après les résultats obtenus, la dépression dans deux tronçons « SP GARIDI-R5000m³ » et « SP SEMMAR-CHE2500m³ » est inférieure à 0 m, ce qui indique un risque de dépression. Par conséquent, l'installation d'un réservoir anti-bélier est nécessaire pour protéger la conduite.

➤ **Calcul de la capacité du réservoir anti-bélier de la station de pompage GARIDI :**

Voici les résultats des paramètres pour la méthode de Puech et Meunier :

- $h_0 = 45$ m ;
- $H_{abs} = 59,12$;

- $K \approx 0,2$;
- $A \approx 2$.

Tableau VIII.4 : Profil en long de la conduite de refoulement

DZ	0	2	13	25	5	9	9	12	25	9	29
x	0	430	860	1290	1720	2150	2580	3010	3440	3870	4300
$\frac{(\Delta Z + 10)}{(H_0 + 10)}$	0,18	0,22	0,42	0,64	0,27	0,35	0,35	0,40	0,64	0,35	0,71
X/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1

Selon la projection sur l'abaque de PUECH et MEUNIER (voir annexe 33), le paramètre $B = 0,4$

On trouve graphiquement : $P_{\min}/H_0 = 0,71 \rightarrow P_{\min} = 31,95 \text{ m}$

$$D'où U_0 = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{B} = 11 \text{ m}^3$$

$$U_{Max} = U_0 \left(\frac{H_{abs}}{P_{min}} \right)^{1,2} = 18 \text{ m}^3$$

$$U = 1,3 U_{max} = 23,4 \text{ m}^3$$

Le volume normalisé du réservoir d'air est de 25 m^3 . Sachant qu'il y a déjà deux réservoirs d'air de 25 m^3 chacun pour le bras de Birkhadem, cela est largement suffisant. Par conséquent, la construction d'un nouveau réservoir d'air n'est pas nécessaire.

➤ **Calcul de la capacité du réservoir anti-bélier de la station de pompage Compagne Semmar :**

Voici les résultats des paramètres pour la méthode de Puech et Meunier :

- $h_0 = 40 \text{ m}$;
- $H_{abs} = 41,8 \text{ m}$;
- $K \approx 0,2$;
- $A \approx 2$.

Tableau VIII.5 : Profil en long de la conduite de refoulement

DZ	0	0	0	0	30
x	0	20,5	41	61,5	82
$\frac{(\Delta Z + 10)}{(H_0 + 10)}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8
X/L	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00

Selon la projection sur l'abaque de PUECH et MEUNIER (voir annexe 34), le paramètre $B = 2$

On trouve graphiquement : $P_{\min}/H_0 = 0,8 \rightarrow P_{\min} = 32 \text{ m}$

$$D'où U_0 = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{B} = 0,038 \text{ m}^3$$

$$U_{Max} = U_0 \left(\frac{H_{abs}}{P_{min}} \right)^{\frac{1}{1,2}} = 0,047 \text{ m}^3$$

$$U = 1,3 U_{max} = 0,061 \text{ m}^3$$

Nous optons donc pour un réservoir anti bélier de volume normalisé **100 litres**

Conclusion

L'objectif de ce chapitre consiste à exposer les différents types de pose de canalisations, ainsi que les accessoires et les pièces spéciales dans un réseau d'AEP visant à assurer la durabilité des accessoires et une longue vie du réseau. De plus, la protection contre le coup de bélier a été abordée, avec la projection d'un réservoir d'air de 100 litres pour la station de pompage « Campagne Semmar ».

Chapitre IX : Organisation de chantier

Introduction

L'objectif principal, de ce chapitre, est de présenter une planification des travaux devant être entrepris pour la réalisation de notre projet. Nous allons prévoir l'ensemble des tâches, en optimisant l'utilisation des ressources humaines et matérielles, dans le but de réaliser le projet dans les meilleurs délais avec un cout minimal.

IX.1 Différents travaux à entreprendre :

Les opérations nécessaires pour la mise en place des conduites d'adduction et du réseau de distribution sont les suivants :

- ✓ Décapage de la couche végétal ou goudron
- ✓ Exécution des tranchées
- ✓ Pose du lit de sable
- ✓ Pose des conduites
- ✓ Epreuve de joint et de la canalisation
- ✓ Remblayage des tranchées
- ✓ Nivellement et compactage

IX.2 Les engins de terrassement utilisé : [8]

Pour le terrassement des tranchées destinées à la pose des canalisations d'eau potable, les engins suivants sont couramment utilisés :

- Pelle hydraulique
- Bulldozer
- Chargeuse
- Compacteur

IX.3 Calcul des volumes des travaux

IX.3.1 Décapage de la couche végétale ou la couche du goudron

Le volume de la couche à décapier est calculé par la formule suivante :

$$V = B \times L \times h \quad (\text{IX-1})$$

Avec :

V : volume de la couche (m) ;

B : largeur de la tranchée (m) ;

h : hauteur de la couche varie entre 0,1 m à 0,2 m ;

L : longueur totale des tranchées (m).

IX.3.2 Largeur de la tranchée

Elle est calculée en fonction du diamètre extérieure, en ajoutant 30 cm de chaque côté de la conduite pour faciliter les travaux.

$$B = D_{ext} + (0.3 \times 2) \quad (\text{IX-2})$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m) ;

D_{ext} : Diamètre extérieur de la conduite (m).

Les résultats trouvés sont représentés dans le tableau IX.1 et tableau IX.2 :

Tableau IX.1 : volume de la couche végétale ou goudron à décaper pour l'adduction

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Btr(m)	h (m)	Vdéc (m3)
140	1123,06	0,74	0,15	124,65
600	4304,68	1,2	0,15	774,84
315	82	0,92	0,15	11,25
Volume totale				910,76

Tableau IX.2 : volume de la couche végétale ou goudron à décaper pour le réseau de distribution

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Btr(m)	h(m)	Vdéc (m3)
50	969,50	0,65	0,15	94,53
63	3603,42	0,66	0,15	358,36
75	2642,90	0,68	0,15	267,59
90	4889,50	0,69	0,15	506,06
110	3152,80	0,71	0,15	335,77
125	5455,50	0,73	0,15	593,29
160	3217,50	0,76	0,15	366,80
180	2869,29	0,78	0,15	335,71
200	5848,60	0,80	0,15	701,83
225	275,20	0,83	0,15	34,06
250	2893,50	0,85	0,15	368,92
280	2652,00	0,88	0,15	350,06
315	1537,00	0,92	0,15	210,95
355	983,02	0,96	0,15	140,82
400	3329,66	1,00	0,15	499,45
450	1652,70	1,05	0,15	260,30
500	297,40	1,10	0,15	49,07
560	1225,90	1,16	0,15	213,31
630	195,19	1,23	0,15	36,01
Volume totale				5722,89

IX.3.3 Calcul du volume de la tranchée (déblai) :

Le volume du déblai excavé sera calculé par les sections partielles des tranchées de chaque diamètre par les relations ci-dessous :

$$V_d = S \times L \quad (\text{IX-3})$$

La surface rectangulaire de la tranchée se calcul comme suite :

$$S = B \times H_{tr} \quad (\text{IX-4})$$

$$H_{tr} = D + H + es \quad (\text{IX-5})$$

Avec :

Vd : volume du déblai (m³) ;

S : la surface rectangulaire de la tranchée (m²) ;

H_{tr} : la profondeur de la tranchée (m) ;

es : [20 à 30cm] épaisseur de lit du pose (e = 0.2m) ;

H : [80 à 120cm] distance verticale au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.

Les volumes de trancher a excave sont récapituler dans le tableau IX.3 et tableau IX.4 :

Tableau IX.3 : volume du déblai de la conduite l'adduction

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Btr(m)	Htr (m)	Str (m ²)	Vd (m ³)
140	1123,06	0,74	1,09	0,81	905,86
600	4304,68	1,20	1,55	1,86	8006,70
315	82	0,92	1,27	1,16	0,17
Volume totale					8912,74

Tableau IX.4 : volume du déblai du réseau de distribution

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Btr(m)	Htr (m)	Str (m ²)	Vd (m ³)
50	969,50	0,65	1,00	0,65	630,18
63	3603,42	0,66	1,01	0,67	2420,13
75	2642,90	0,68	1,03	0,69	1828,56
90	4889,50	0,69	1,04	0,72	3508,71
110	3152,80	0,71	1,06	0,75	2372,80
125	5455,50	0,73	1,08	0,78	4251,88
160	3217,50	0,76	1,11	0,84	2714,28
180	2869,29	0,78	1,13	0,88	2528,99
200	5848,60	0,80	1,15	0,92	5380,71
225	275,20	0,83	1,18	0,97	266,77
250	2893,50	0,85	1,20	1,02	2951,37
280	2652,00	0,88	1,23	1,08	2870,52
315	1537,00	0,92	1,27	1,16	1779,04
355	983,02	0,96	1,31	1,25	1225,11
400	3329,66	1,00	1,35	1,35	4495,04
450	1652,70	1,05	1,40	1,47	2429,47
500	297,40	1,10	1,45	1,60	474,35
560	1225,90	1,16	1,51	1,75	2147,29
630	195,19	1,23	1,58	1,94	379,33
Volume totale					44654,53

IX.3.4 Calcul du volume de lit de sable

On calcul ce volume en utilisant la formule suivante :

$$V_{ls} = es \times B \times L \quad (\text{IX-6})$$

Avec :

V_{ls} : volume de lit de sable (m³) ;

es : l'épaisseur de la couche de sable (0.15 m) ;

B : largeur de la tranchée (m) ;

L : longueur de la conduite (m).

On résume le calcul du volume du lit de sable dans les tableaux ci-dessous :

Tableau IX.5 : Volume du lit de sable de la conduite d'adduction

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Btr(m)	es (m)	Vls (m ³)
140	1123,06	0,74	0,15	124,66
600	4304,68	1,20	0,15	774,84
315	82	0,92	0,15	1,95
Volume totale				901,46

Tableau IX.6 : Volume du lit de sable du réseau de distribution

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Btr(m)	es (m)	Vls (m ³)
50	969,50	0,65	0,15	94,53
63	3603,42	0,66	0,15	358,36
75	2642,90	0,68	0,15	267,59
90	4889,50	0,69	0,15	506,06
110	3152,80	0,71	0,15	335,77
125	5455,50	0,73	0,15	593,29
160	3217,50	0,76	0,15	366,80
180	2869,29	0,78	0,15	335,71
200	5848,60	0,80	0,15	701,83
225	275,20	0,83	0,15	34,06
250	2893,50	0,85	0,15	368,92
280	2652,00	0,88	0,15	350,06
315	1537,00	0,92	0,15	210,95
355	983,02	0,96	0,15	140,82
400	3329,66	1,00	0,15	499,45
450	1652,70	1,05	0,15	260,30
500	297,40	1,10	0,15	49,07
560	1225,90	1,16	0,15	213,31
630	195,19	1,23	0,15	36,01
Volume totale				5722,89

IX.3.5 Volume du remblai compacté

Le volume du remblai est calculé en soustrayant le volumes de la conduite et du lit de sable du volume du déblais. Le remblai, est posé en couches de 20 à 30 cm avec de la terre purgée de pierres, peut être effectué manuellement ou avec un chargeur.

$$V_r = V_d - V_c - V_{ls} \quad (\text{IX-7})$$

Sachant que le volume de la conduite ce calcul comme suivant :

$$V_c = \frac{\pi D^2}{4} \times L \quad (\text{IX-8})$$

Avec :

V_r : volume du remblai ;

V_c : volume de la conduite (m) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

L : longueur de la conduite (m).

Le volume du remblai est calculé sont résumé dans les tableau suivant :

Tableau IX.7 : le volume du remblai de la conduite d'adduction

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Sc (m2)	Vc (m3)	Vd (m3)	Vls (m3)	Vr (m3)
140	1123,06	0,0154	17,29	124,66	124,66	763,91
600	4304,68	0,2827	1217,08	774,84	774,84	6014,78
315	82	0,2931	0,23	11,25	1,95	0,30
Volume totale						6778,99

Tableau IX.8 : volume du remblai du réseau de distribution

Diamètre extérieur(mm)	Longueur (m)	Sc (m2)	Vc (m3)	Vd (m3)	Vls (m3)	Vr (m3)
50	969,50	0,0020	1,90	94,53	94,53	533,75
63	3603,42	0,0031	11,23	358,36	358,36	2050,53
75	2642,90	0,0044	11,68	267,59	267,59	1549,29
90	4889,50	0,0064	31,10	506,06	506,06	2971,54
110	3152,80	0,0095	29,96	335,77	335,77	2007,06
125	5455,50	0,0123	66,95	593,29	593,29	3591,65
160	3217,50	0,0201	64,69	366,80	366,80	2282,80
180	2869,29	0,0254	73,01	335,71	335,71	2120,27
200	5848,60	0,0314	183,73	701,83	701,83	4495,15
225	275,20	0,0398	10,94	34,06	34,06	221,77
250	2893,50	0,0491	142,03	368,92	368,92	2440,42
280	2652,00	0,0616	163,29	350,06	350,06	2357,17
315	1537,00	0,0779	119,78	210,95	210,95	1448,31
355	983,02	0,0990	97,30	140,82	140,82	987,00

400	3329,66	0,1257	418,41	499,45	499,45	3577,19
450	1652,70	0,1590	262,84	260,30	260,30	1906,33
500	297,40	0,1963	58,39	49,07	49,07	366,89
560	1225,90	0,2463	301,93	213,31	213,31	1632,05
630	195,19	0,3117	60,84	36,01	36,01	282,48
Volume totale						36821,63

IX.3.6 Volume de terre à évacuer :

Le volume de terre à évacuer est déterminé en fonction du volume de déblais et volume de remblai tel que :

$$V_{eva} = Kf \times (V_d - V_r) \quad (\text{IX-9})$$

Avec :

V_{eva} : volume de terre a evacuer (m) ;

Kf : coefficient de foisonnement du sol ; $Kf = 1,3$.

Les volumes trouver sont représentés dans le tableau IX.9 et tableau IX.10 :

Tableau IX.9 : Volume de l'excédentaire de la conduite d'adduction

Diamètre extérieur(mm)	Vd (m3)	Vr (m3)	Kf	Veva(m3)
140	124,66	763,91	1,30	184,53
600	774,84	6014,78	1,30	2589,50
315	11,25	0,30	1,3	0,23
Volume totale				2774,26

Tableau IX.10 : Volume de l'excédentaire du réseau de distribution

Diamètre extérieur(mm)	Vd (m3)	Vr (m3)	Kf	Veva(m3)
50	94,53	533,75	1,30	125,36
63	358,36	2050,53	1,30	480,47
75	267,59	1549,29	1,30	363,05
90	506,06	2971,54	1,30	698,32
110	335,77	2007,06	1,30	475,45
125	593,29	3591,65	1,30	858,30
160	366,80	2282,80	1,30	560,93
180	335,71	2120,27	1,30	531,34
200	701,83	4495,15	1,30	1151,24
225	34,06	221,77	1,30	58,50
250	368,92	2440,42	1,30	664,24
280	350,06	2357,17	1,30	667,36
315	210,95	1448,31	1,30	429,95
355	140,82	987,00	1,30	309,55
400	499,45	3577,19	1,30	1193,21
450	260,30	1906,33	1,30	680,09
500	49,07	366,89	1,30	139,70

560	213,31	1632,05	1,30	669,81
630	36,01	282,48	1,30	125,91
Volume totale				10182,77

IX.4 Devis estimatif et quantitatif du projet :

Le devis estimatifs et quantitatifs du projet est représenté dans les tableaux suivants :

Tableau IX.11 : Tableau des devis estimatifs et quantitatif du projet d'adduction

	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	Déblai	m3	9823,50	400	3929398,071
	Lit de sable	m3	901,46	1500	1352184,121
	Remblai	m3	6778,99	400	2711595,28
Fourniture transport et pose des conduites	PEHD PE100 Ø 140 PN 25	ml	1123,06	5100	5727606
	Acier Ø600	ml	4304,68	37120	159789721,6
	Accessoires	unité			980000
Station de pompage	Pompe OMEGA	unité	2	2100000	4200000
	Pompe OMEGA	unité	3	3700000	11100000
	Réservoir anti bélier 100 L	unité	1	200000	200000
MONTAT TOTAL (HT)					189990505,1
TVA 19%					36098195,96
Montant TOTAL (TTC)					226 088 701,04 DA

Le cout total du projet de l'adduction est estimé à :

Deux cent vingt-six millions quatre-vingt-huit mille sept cent un dinar et quatre centimes.

Tableau IX.12 : Tableau des devis estimatifs et quantitatif du projet du réseau de distribution

	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	Déblai	m3	50377,41	400	20150964
	Lit de sable	m3	5722,8	1500	8584200
	Remblai	m3	36821,62	400	14728648
Fourniture transport et pose des conduites	PEHD PE100 Ø 50 PN16	ml	969,5	490	475055
	PEHD PE100 Ø 63 PN16	ml	3603,42	780	2810667,6
	PEHD PE100 Ø 75 PN16	ml	2642,9	1000	2642900
	PEHD PE100 Ø 90 PN16	ml	4889,5	1590	7774305
	PEHD PE100 Ø 110 PN16	ml	3152,8	2320	7314496
	PEHD PE100 Ø 125 PN16	ml	5455,5	2920	15930060
	PEHD PE100 Ø 160 PN16	ml	3217,5	4770	15347475
	PEHD PE100 Ø 180 PN16	ml	2869,29	6030	17301818,7
	PEHD PE100 Ø 200 PN16	ml	5848,6	7440	43513584
	PEHD PE100 Ø 225 PN16	ml	275,2	9420	2592384
	PEHD PE100 Ø 250 PN16	ml	2893,5	11590	33535665
	PEHD PE100 Ø 280 PN16	ml	2652	14530	38533560
	PEHD PE100 Ø 315 PN16	ml	1537	18400	28280800
	PEHD PE100 Ø 355 PN16	ml	983,02	23410	23012498,2
	PEHD PE100 Ø 400 PN16	ml	3329,66	29710	98924198,6
	PEHD PE100 Ø 450 PN16	ml	1652,7	37540	62042358
	PEHD PE100 Ø 500 PN16	ml	297,4	46130	13719062
	PEHD PE100 Ø 560 PN16	ml	1225,9	58120	71249308
	PEHD PE100 Ø 630 PN 6	ml	195,19	73640	14373791,6
Accessoires		Unité			15051000
MONTAT TOTAL (HT)					557888798,7
TVA 19%					105998871,8
Montant TOTAL (TTC)					663 887 670,45 DA

Le cout total du projet du réseau de distribution est estimé à :

Six cent quarante-cinq millions neuf cent soixante-seize mille neuf cent quatre-vingts dinars et quarante-cinq centimes.

IX.5 Planification des travaux :

Avant de commencer les travaux, il est nécessaire de réaliser une étude théorique, appelée planification. Cette dernière vise à garantir que les travaux sont effectués dans un ordre correct des tâches, sans retard, et de la manière la plus économique possible, afin de maximiser les bénéfices. Cette planification s'effectue à l'aide de la méthode CPM.

IX.5.1 Définitions des tâches et leurs durées :

Les tâches de réalisation de réseau de distribution et leurs durées sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau IX.13 : temps de réalisation des opérations de réseau de distribution

Notation	Opération	Durée (j)
A	Décapage de la couche de goudron	11
B	Exécution des tranchées	80
C	Pose du lit de sable	48
D	Pose des conduites	96
E	Montage et raccordement des conduites	53
F	Essais d'étanchéités	45
G	Remblayage des tranchées	62
H	Nivellement et compactage	45

Tableau IX.14 : temps de réalisation des opérations de la conduite d'adduction

Notation	Opération	Durée (j)
A	Décapage de la couche de goudron	2
B	Exécution des tranchées	16
C	Pose du lit de sable	8
D	Pose des conduites	11
E	Montage et raccordement des conduites	7
F	Essais d'étanchéités	5
G	Remblayage des tranchées	12
H	Nivellement et compactage	5

Les tableaux précédents vont être représentés par des réseaux à nœuds :

Avec :

Tr : temp de réalisation.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DFP : date de finition au plus tôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFPP : date de finition au plus tard.

MT : marge totale.

DCP	Tr
DFP	DCPP
DFPP	MT

✓ Réseau à nœud de la distribution :

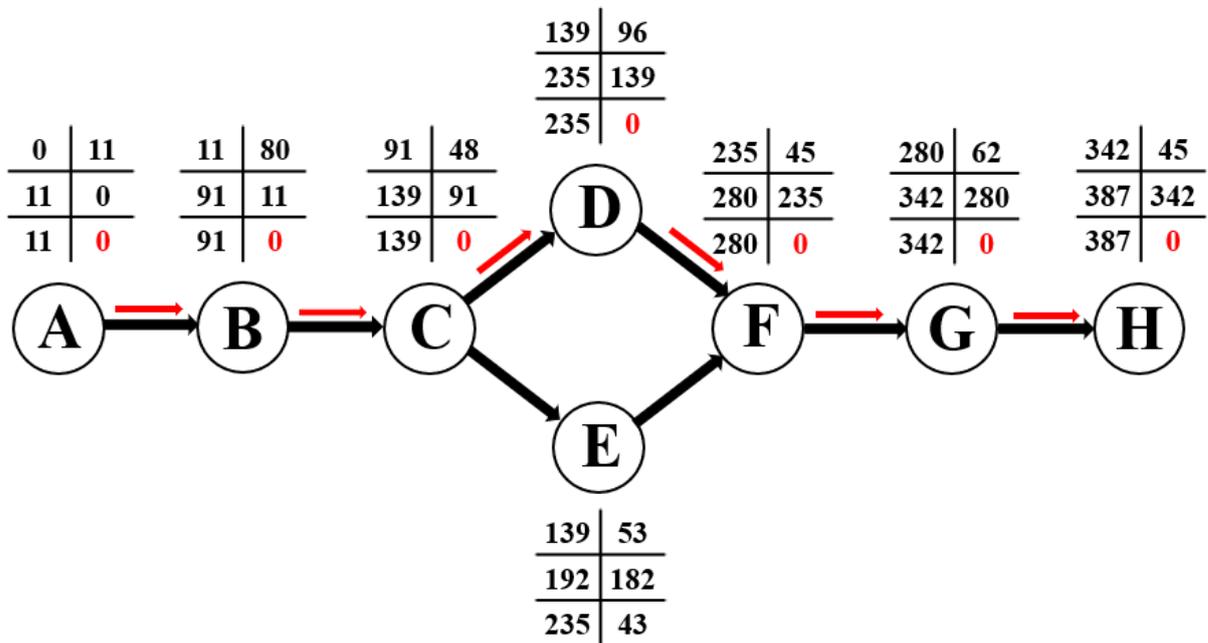


Figure IX.1 : Réseau de planification des tâches pour distribution

Chemin critique : A-B-C-D-F-G-H. C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTP).
Donc la durée de réalisation du réseau de distribution est estimée à 1 an et 22 jours.

✓ Réseau à nœud de l'adduction :

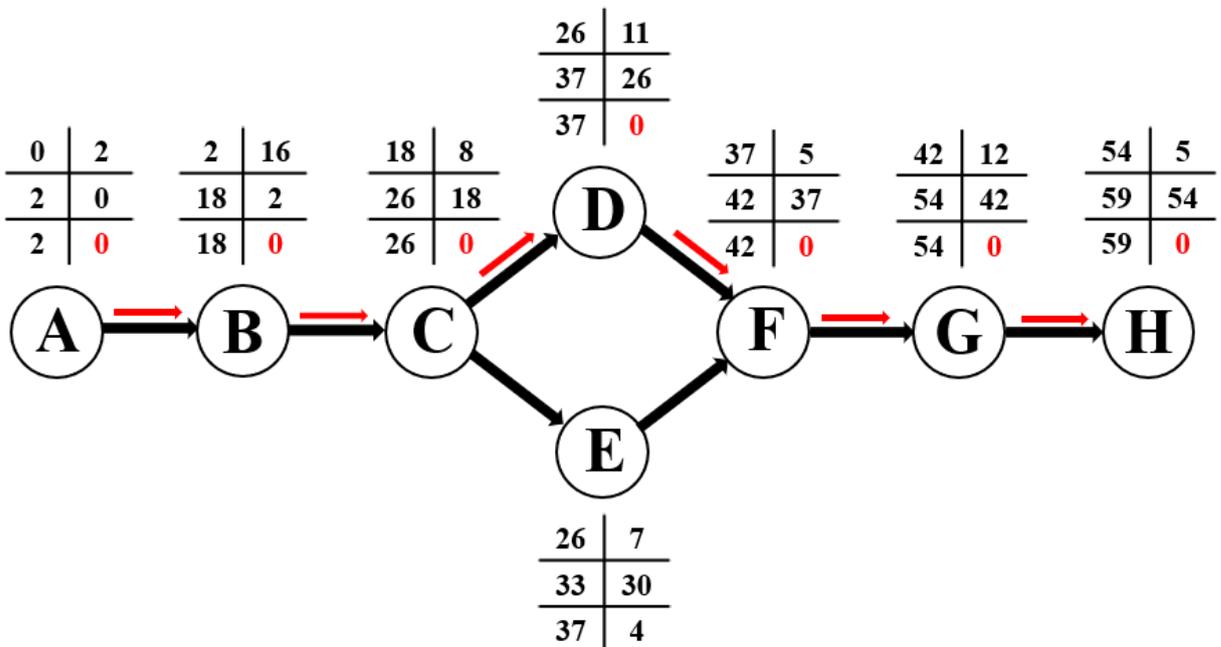


Figure IX.2 : Réseau de planification des tâches pour l'adduction

Chemin critique : A-B-C-D-F-G-H. La durée de réalisation de la conduite d'adduction est estimée à deux mois.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons calculé les différents volumes des travaux du réseau de distribution et de la conduite d'adduction, puis nous avons déterminé le cout total des différents travaux de notre projet. Qui est de **663 887 670,45 DA**, avec une durée de réalisation estimée à 1 an et 22 jours pour le réseau de distribution, tandis que celle de la conduite d'adduction un cout total de **226 088 701,04 DA** et une dure estimer a à deux mois.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le projet de restructurations du système d'alimentation en eau potable de l'étage Campagne Semmar (Birkhadem-Saoula) est l'objectif principal de ce modeste travail que nous avons établi dans le cadre du présent mémoire de fin d'études.

Après avoir collecté et analysé toutes les données nécessaires, le diagnostic physique et hydraulique a permis de mettre en évidence plusieurs non seulement les anomalies existantes, mais également les éléments en bon état de fonctionnement. Il en ressort les points suivants :

- Les deux stations de pompage, ne répondent pas aux besoins de notre projet et nécessitent un remplacement.
- Le forage Pitevey et la pompe sont dans un bon état et fonctionnent correctement.
- Les deux réservoirs de 5000 m³ et le château d'eau sont en bon état et suffisent à répondre aux besoins de la zone avec la variante du réseau projeté. En revanche Les deux réservoirs de 1000 m³ sont à l'arrêt, mais cela n'affecte pas le fonctionnement du système.
- Des anomalies ont été constatées concernant les vitesses et les pressions

Notre étude, projetée à l'horizon 2054, prend en compte une population estimée à 113 545 habitants, avec un taux de croissance de 0,5 % selon les données transmises par SEAAL. Les solutions suivantes ont été retenues :

- ✓ Il sera nécessaire de rechercher de nouvelles sources d'eau supplémentaires au-delà de 2040.
- ✓ Les conduites d'adduction ont été dimensionnées en fonction des diamètres économiques, avec des pressions et des vitesses admissibles.
- ✓ Le dimensionnement de la station de pompage et de ses équipements a été réalisé à l'aide d'un catalogue numérique KSB.
- ✓ Pour protéger les conduites de refoulement contre le coup de bélier, un réservoir d'air anti-bélier ont été prévus à la sortie de la station de pompage campagne Semmar.
- ✓ Concernant le réseau de distribution, un réseau en étage a été conçu, tenant compte de la nature du relief, en utilisant du PEHD PN16. Le dimensionnement a été effectué à l'aide du logiciel de simulation hydraulique EPANET, qui a permis de garantir des pressions et des vitesses acceptables.

Enfin, la réalisation de ce projet est estimée à 663 887 670,45 DA, avec une durée de réalisation de 1 an et 22 jours pour le réseau de distribution. La conduite d'adduction, quant à elle, est évaluée à un coût total de 221 161 116,34 DA, avec une durée de réalisation estimée à deux mois.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] L. KADI, Cour AEP 2, ENSH, 2024.
- [2] S. BOUALEM, Polycopie AEP, ENSH, 2014.
- [3] EPANET MANUEL de l'UTILISATEUR.
- [4] CHIALI, Catalogue des conduites en PEHD, 2024.
- [5] W. MOKRANE, polycopie Systeme de pompage, ENSH, 2022.
- [6] DUPONT, Hydraulique urbaine Tome II, Paris: édition Eyrolles, 1977.
- [7] La pose des canalisations pour l'adduction et la distribution de l'eau potable.
Fondation de l'eau, 1990.
- [8] K. DJILALI, Organisation De Chantier, ENSH, 2018.

Annexes

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N1	N1-N2	p1	540,4	3,59	2,98
	N1-N100	p90	328,1	2,18	
	N1-N39	p175	28,76	0,19	
N2	N1-N2	p1	540,4	3,59	3,80
	N2-N13	p25	223,8	1,48	
	N2-N72	p88	380,1	2,52	
N3	N3-N4	p2	457,3	3,03	1,52
N4	N3-N4	p2	457,3	3,03	1,87
	N4-N7	p4	40,75	0,27	
	N50-N4	p85	64,84	0,43	
N5	N5-N6	p3	570,2	3,78	2,67
	N5-N62	p43	169,4	1,12	
	N5-N67	p73	65,38	0,43	
N6	N5-N6	p3	570,2	3,78	5,36
	N6-N25	p15	286,7	1,90	
	N6-N68	p55	758,1	5,03	
N7	N4-N7	p4	40,75	0,27	0,96
	N7-N15	p64	121,5	0,81	
	N7-N94	p100	126,7	0,84	
N8	N8-N9	p5	431,9	2,87	1,43
N9	N8-N9	p5	431,9	2,87	2,88
	N41-N9	p26	334,9	2,22	
	N9-N38	p108	100,6	0,67	
N10	N10-N11	p6	2,76	0,02	2,07
	N85-N10	p70	394,6	2,62	
	N10-N112	p112	226,6	1,50	
N11	N10-N11	p6	2,76	0,02	4,48
	N11-N61	p42	577,3	3,83	
	N11-N120	p130	769,9	5,11	
N12	N12-N13	p7	265,4	1,76	3,72
	N42-N12	p27	706,9	4,69	
	N12-N53	p36	149,2	0,99	
N13	N12-N13	p7	265,4	1,76	1,64
	N13-N23	p13	3,776	0,03	
	N2-N13	p25	223,8	1,48	
N14	N14-N15	p8	163,7	1,09	1,75
	N14-N58	p97	363,7	2,41	

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N15	N15-N22	p12	282,7	1,88	1,88
	N14-N15	p8	163,7	1,09	
	N7-N15	p64	121,5	0,81	
N16	N16-N17	p9	750,1	4,98	2,49
N17	N16-N17	p9	750,1	4,98	3,94
	N17-N65	p46	9,869	0,07	
	N17-N43	p107	427,4	2,84	
N18	N18-N19	p10	84,44	0,56	2,22
	N18-N44	p30	305,4	2,03	
	N18-N54	p37	279,6	1,85	
N19	N18-N19	p10	84,44	0,56	1,44
	N19-N55	p38	5,88	0,04	
	N19-N60	p41	343,2	2,28	
N20	N20-N21	p11	517,7	3,43	2,68
	N20-N33	p52	5,882	0,04	
	N20-N68	p54	283,6	1,88	
N21	N20-N21	p11	517,7	3,43	1,72
N22	N15-N22	p12	282,7	1,88	1,76
	N22-N43	p28	92,41	0,61	
	N22-N68	p48	155,7	1,03	
N23	N13-N23	p13	3,776	0,03	3,31
	N23-N24	p14	27,8	0,18	
	N23-N50	p34	965,9	6,41	
N24	N24-N64	p45	441,9	2,93	1,56
	N23-N24	p14	27,8	0,18	
N25	N6-N25	p15	286,7	1,90	2,02
	N82-N25	p66	321,6	2,13	
N26	N26-N37	p24	93,17	0,62	2,65
	N26-N27	p16	669,9	4,44	
	N26-N95	p82	35,87	0,24	
N27	N26-N27	p16	669,9	4,44	3,26
	N27-N78	p58	99,18	0,66	
	N38-N27	p69	212,6	1,41	
N28	N28-N29	p17	321,1	2,13	4,57
	N28-N55	p72	623,2	4,13	
	N28-N104	p95	432,2	2,87	

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N29	N28-N29	p17	321,1	2,13	3,14
	N81-N29	p61	341,3	2,26	
	N29-N84	p121	284,8	1,89	
N30	N30-N31	p18	3,346	0,02	1,61
	N30-N36	p29	40,06	0,27	
	N30-N89	p92	441,5	2,93	
N31	N30-N31	p18	3,346	0,02	0,47
	N31-N32	p19	102,7	0,68	
	N110-N31	p109	35,59	0,24	
N32	N31-N32	p19	102,7	0,68	2,46
	N32-N89	p76	639,2	4,24	
N33	N33-N34	p20	638,1	4,23	5,17
	N20-N33	p52	5,882	0,04	
	N33-N101	p91	914,1	6,06	
N34	N33-N34	p20	638,1	4,23	2,12
N35	N35-N36	p21	201	1,33	3,43
	N63-N35	p44	446,4	2,96	
	N35-N80	p102	388	2,57	
N36	N35-N36	p21	201	1,33	0,83
	N30-N36	p29	40,06	0,27	
	N36-N88	p75	8,782	0,06	
N37	N37-N75	p53	434,4	2,88	1,97
	N37-N38	p22	66,32	0,44	
	N26-N37	p24	93,17	0,62	
N38	N38-N27	p69	212,6	1,41	1,26
	N37-N38	p22	66,32	0,44	
	N9-N38	p108	100,6	0,67	
N39	N39-N40	p23	657,2	4,36	2,47
	N39-N49	p174	58,62	0,39	
	N1-N39	p175	28,76	0,19	
N40	N39-N40	p23	657,2	4,36	2,18
N41	N41-N9	p26	334,9	2,22	1,11
N42	N42-N12	p27	706,9	4,69	6,51
	N42-N43	p81	285,8	1,90	
	N42-N74	p117	969,3	6,43	
N43	N22-N43	p28	92,41	0,61	2,67
	N42-N43	p81	285,8	1,90	
	N17-N43	p107	427,4	2,84	
N44	N18-N44	p30	305,4	2,03	1,01

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N45	N45-N46	p31	295,9	1,96	4,14
	N45-N86	p71	475,4	3,15	
	N45-N86	p124	475,9	3,16	
N46	N45-N46	p31	295,9	1,96	2,00
	N46-N47	p32	307	2,04	
N47	N46-N47	p32	307	2,04	1,87
	N47-N108	p111	3,152	0,02	
	N47-N52	p103	253	1,68	
N48	N48-N49	p33	332,7	2,21	3,14
	N48-N50	p65	418,6	2,78	
	N48-N99	p87	195,7	1,30	
N49	N48-N49	p33	332,7	2,21	2,11
	N49-N158	p168	246	1,63	
	N39-N49	p174	58,62	0,39	
N50	N23-N50	p34	965,9	6,41	4,81
	N48-N50	p65	418,6	2,78	
	N50-N4	p85	64,84	0,43	
N51	N51-N52	p35	205,5	1,36	1,17
	N51-N89	p122	146,2	0,97	
N52	N51-N52	p35	205,5	1,36	3,17
	N52-N83	p67	496,4	3,29	
	N47-N52	p103	253	1,68	
N53	N12-N53	p36	149,2	0,99	1,78
	N53-N99	p181	387	2,57	
N54	N18-N54	p37	279,6	1,85	2,43
	N54-N74	p118	23,22	0,15	
	N54-N116	p119	429,3	2,85	
N55	N19-N55	p38	5,88	0,04	4,03
	N55-N84	p68	586,3	3,89	
	N28-N55	p72	623,2	4,13	
N56	N56-N57	p39	1013	6,72	4,79
	N114-N56	p126	432	2,87	
N57	N57-N77	p63	628,3	4,17	11,86
	N56-N57	p39	1013	6,72	
	N57-N71	p59	1935	12,84	
N58	N58-N59	p40	280,9	1,86	2,59
	N58-N94	p89	135,9	0,90	
	N14-N58	p97	363,7	2,41	

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N59	N58-N59	p40	280,9	1,86	1,64
	N59-N94	p80	158,1	1,05	
	N59-N78	p179	56,04	0,37	
N60	N19-N60	p41	343,2	2,28	1,14
N61	N61-N65	p62	150,3	1,00	2,42
	N61-N77	p57	2,27	0,02	
	N11-N61	p42	577,3	3,83	
N62	N5-N62	p43	169,4	1,12	3,15
	N62-N76	p56	354,6	2,35	
	N62-N111	p110	424,8	2,82	
N63	N63-N105	p99	525,1	3,48	4,00
	N63-N35	p44	446,4	2,96	
	N63-N108	p105	232,9	1,55	
N64	N24-N64	p45	441,9	2,93	1,47
N65	N17-N65	p46	9,869	0,07	5,76
	N61-N65	p62	150,3	1,00	
	N65-N115	p116	1576	10,46	
N66	N66-N67	p47	332,7	2,21	1,10
N67	N66-N67	p47	332,7	2,21	2,16
	N5-N67	p73	65,38	0,43	
	N67-N107	p104	252	1,67	
N68	N22-N68	p48	155,7	1,03	3,97
	N20-N68	p54	283,6	1,88	
	N6-N68	p55	758,1	5,03	
N69	N69-N70	p49	426,3	2,83	1,41
N70	N69-N70	p49	426,3	2,83	4,30
	N70-N93	p79	572,8	3,80	
	N70-N95	p98	298,2	1,98	
N71	N71-N72	p50	107,8	0,72	6,80
	N57-N71	p59	1935	12,84	
	N83-N71	p115	5,796	0,04	
N72	N71-N72	p50	107,8	0,72	1,62
	N2-N72	p88	380,1	2,52	
N73	N73-N74	p51	671,4	4,45	2,23
N74	N73-N74	p51	671,4	4,45	5,52
	N42-N74	p117	969,3	6,43	
	N54-N74	p118	23,22	0,15	
N75	N37-N75	p53	434,4	2,88	1,68
	N75-N93	p127	72,66	0,48	
N76	N62-N76	p56	354,6	2,35	1,18

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N77	N61-N77	p57	2,27	0,02	3,99
	N57-N77	p63	628,3	4,17	
	N77-N103	p94	572,5	3,80	
N78	N27-N78	p58	99,18	0,66	0,72
	N78-N160	p177	60,91	0,40	
	N59-N78	p179	56,04	0,37	
N79	N79-N80	p60	22,54	0,15	1,93
	N79-N98	p86	559,4	3,71	
N80	N79-N80	p60	22,54	0,15	2,14
	N80-N96	p83	235,6	1,56	
	N35-N80	p102	388	2,57	
N81	N81-N29	p61	341,3	2,26	1,13
N82	N82-N25	p66	321,6	2,13	1,07
N83	N52-N83	p67	496,4	3,29	1,67
	N83-N159	p172	24,49		
	N83-N71	p115	5,796	0,04	
N84	N55-N84	p68	586,3	3,89	4,48
	N84-N87	p74	480,5	3,19	
	N29-N84	p121	284,8	1,89	
N85	N85-N92	p78	396,2	2,63	3,89
	N85-N10	p70	394,6	2,62	
	N85-N128	p163	380,8	2,53	
N86	N45-N86	p71	475,4	3,15	5,13
	N86-N102	p93	593,9	3,94	
	N45-N86	p124	475,9	3,16	
N87	N84-N87	p74	480,5	3,19	1,59
N88	N36-N88	p75	8,782	0,06	2,22
	N88-N110	p125	37,96	0,25	
	N161-N88	p180	623,2	4,13	
N89	N32-N89	p76	639,2	4,24	4,07
	N30-N89	p92	441,5	2,93	
	N51-N89	p122	146,2	0,97	
N90	N90-N91	p77	756,4	5,02	2,51
N91	N90-N91	p77	756,4	5,02	3,14
	N105-N91	p114	122,7	0,81	
	N91-N108	p123	67,94	0,45	
N92	N85-N92	p78	396,2	2,63	1,31
N93	N70-N93	p79	572,8	3,80	2,17
	N75-N93	p127	72,66	0,48	
	N93-N118	p128	8,875	0,06	

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N94	N59-N94	p80	158,1	1,05	1,40
	N58-N94	p89	135,9	0,90	
	N7-N94	p100	126,7	0,84	
N95	N26-N95	p82	35,87	0,24	4,56
	N70-N95	p98	298,2	1,98	
	N95-N107	p176	1042	6,91	
N96	N80-N96	p83	235,6	1,56	2,75
	N96-N97	p84	175,6	1,17	
	N96-N97	p96	418,3	2,78	
N97	N96-N97	p84	175,6	1,17	1,97
	N96-N97	p96	418,3	2,78	
N98	N79-N98	p86	559,4	3,71	1,86
N99	N48-N99	p87	195,7	1,30	3,22
	N99-N106	p101	387,6	2,57	
	N53-N99	p181	387	2,57	
N100	N1-N100	p90	328,1	2,18	1,09
N101	N33-N101	p91	914,1	6,06	3,03
N102	N86-N102	p93	593,9	3,94	2,93
	N102-N109	p106	289,8	1,92	
N103	N77-N103	p94	572,5	3,80	1,90
N104	N28-N104	p95	432,2	2,87	1,43
N105	N63-N105	p99	525,1	3,48	2,15
	N105-N91	p114	122,7	0,81	
N106	N99-N106	p101	387,6	2,57	1,29
N107	N67-N107	p104	252	1,67	5,81
	N107-N117	p120	456,8	3,03	
	N95-N107	p176	1042	6,91	
N108	N63-N108	p105	232,9	1,55	1,01
	N47-N108	p111	3,152	0,02	
	N91-N108	p123	67,94	0,45	
N109	N102-N109	p106	289,8	1,92	0,96
N110	N110-N31	p109	35,59	0,24	0,61
	N88-N110	p125	37,96	0,25	
	N110-N157	p166	109,2	0,72	
N111	N62-N111	p110	424,8	2,82	1,41
N112	N10-N112	p112	226,6	1,50	10,23
	N112-N152	p159	925,2	6,14	
	N112-N138	p167	1931	12,81	
N113	N113-N114	p113	341,8	2,27	1,13

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N114	N113-N114	p113	341,8	2,27	2,57
	N114-N56	p126	432	2,87	
N115	N65-N115	p116	1576	10,46	5,23
N116	N54-N116	p119	429,3	2,85	1,42
N117	N107-N117	p120	456,8	3,03	1,52
N118	N93-N118	p128	8,875	0,06	4,47
	N118-N119	p129	623,6	4,14	
	N118-N160	p173	713,8	4,74	
N119	N118-N119	p129	623,6	4,14	2,07
N120	N11-N120	p130	769,9	5,11	2,55
N121	N121-N122	p131	11,33	0,08	1,70
	N121-N143	p146	126,4	0,84	
	N121-N133	p149	373,6	2,48	
N122	N121-N122	p131	11,33	0,08	0,35
	N122-N140	p147	3,185	0,02	
	N122-N136	p170	89,86	0,60	
N123	N123-N124	p132	119,4	0,79	1,55
	N123-N125	p133	228	1,51	
	N123-N124	p157	120,8	0,80	
N124	N124-N137	p144	88,35	0,59	1,87
	N124-N150	p155	235,4	1,56	
	N123-N124	p132	119,4	0,79	
	N123-N124	p157	120,8	0,80	
N125	N123-N125	p133	228	1,51	0,76
N126	N126-N127	p134	147,1	0,98	0,65
	N126-N134	p169	49,47	0,33	
N127	N126-N127	p134	147,1	0,98	2,49
	N127-N151	p156	445,3	2,95	
	N127-N155	p164	157,4	1,04	
N128	N128-N129	p135	269,7	1,79	2,45
	N85-N128	p163	380,8	2,53	
	N128-N132	p178	88,94	0,59	
N129	N128-N129	p135	269,7	1,79	0,89
N130	N130-N131	p136	262,6	1,74	4,27
	N130-N144	p148	689,5	4,57	
	N130-N154	p162	334	2,22	
N131	N130-N131	p136	262,6	1,74	1,70
	N131-N141	p142	10,91	0,07	
	N131-N146	p151	238,6	1,58	

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N132	N132-N133	p137	99	0,66	0,64
	N132-N134	p138	3,512	0,02	
	N128-N132	p178	88,94	0,59	
N133	N132-N133	p137	99	0,66	3,06
	N133-N142	p143	448,8	2,98	
	N121-N133	p149	373,6	2,48	
N134	N132-N134	p138	3,512	0,02	0,89
	N134-N126	P169	49,47	0,33	
	N134-N148	P182	216,74	1,44	
N135	N135-N136	p139	455,6	3,02	1,51
N136	N135-N136	p139	455,6	3,02	1,81
	N122-N136	p170	89,86	0,60	
N137	N137-N138	p140	372,5	2,47	1,53
	N124-N137	p144	88,35	0,59	
N138	N137-N138	p140	372,5	2,47	7,66
	N112-N138	p167	1931	12,81	
	N138-N141	p171	6,625	0,04	
N139	N139-N140	p141	94,78	0,63	0,42
	N139-N143	p158	32,02	0,21	
N140	N139-N140	p141	94,78	0,63	1,19
	N122-N140	p147	3,185	0,02	
	N140-N148	p153	260,1	1,73	
N141	N131-N141	p142	10,91	0,07	0,41
	N141-N142	p145	106,6	0,71	
	N138-N141	p171	6,625	0,04	
N142	N133-N142	p143	448,8	2,98	3,16
	N141-N142	p145	106,6	0,71	
	N142-N156	p165	398,6	2,64	
N143	N121-N143	p146	126,4	0,84	0,53
	N139-N143	p158	32,02	0,21	
N144	N130-N144	p148	689,5	4,57	2,29
N145	N145-N146	p150	255,5	1,70	1,85
	N145-N147	p152	300,8	2,00	
N146	N145-N146	p150	255,5	1,70	1,88
	N131-N146	p151	238,6	1,58	
	N146-N149	p154	72,55	0,48	
N147	N145-N147	p152	300,8	2,00	2,82
	N147-N149	p161	547,9	3,64	
N148	N140-N148	p153	260,1	1,73	1,58
	N134-N148	p182	216,74	1,44	

ANNEXES 01 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe - 2024) (suites)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
N149	N146-N149	p154	72,55	0,48	2,06
	N147-N149	p161	547,9	3,64	
N150	N124-N150	p155	235,4	1,56	0,78
N151	N127-N151	p156	445,3	2,95	1,48
N152	N112-N152	p159	925,2	6,14	3,07
N153	N153-N154	p160	353,8	2,35	1,17
N154	N153-N154	p160	353,8	2,35	2,28
	N130-N154	p162	334	2,22	
N155	N127-N155	p164	157,4	1,04	0,52
N156	N142-N156	p165	398,6	2,64	1,32
N157	N110-N157	p166	109,2	0,72	0,36
N158	N49-N158	p168	246	1,63	0,82
R-N159	N83-R-N159	p172	24,49	0	0
N160	N118-N160	p173	713,8	4,74	2,57
	N78-N160	p177	60,91	0,40	
N161	N161-N88	p180	623,2	4,13	2,07

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N1	N1-N2	p1	540,4	4,16	3,46
	N1-N100	p90	328,1	2,53	
	N1-N39	p175	28,76	0,22	
N2	N1-N2	p1	540,4	4,16	4,41
	N2-N13	p25	223,8	1,72	
	N2-N72	p88	380,1	2,93	
N3	N3-N4	p2	457,3	3,52	1,76
N4	N3-N4	p2	457,3	3,52	2,17
	N4-N7	p4	40,75	0,31	
	N50-N4	p85	64,84	0,5	
N5	N5-N6	p3	570,2	4,39	3,1
	N5-N62	p43	169,4	1,31	
	N5-N67	p73	65,38	0,5	
N6	N5-N6	p3	570,2	4,39	6,22
	N6-N25	p15	286,7	2,21	
	N6-N68	p55	758,1	5,84	
N7	N4-N7	p4	40,75	0,31	1,11
	N7-N15	p64	121,5	0,94	
	N7-N94	p100	126,7	0,98	
N8	N8-N9	p5	431,9	3,33	1,66
N9	N8-N9	p5	431,9	3,33	3,34
	N41-N9	p26	334,9	2,58	
	N9-N38	p108	100,6	0,78	
N10	N10-N11	p6	2,76	0,02	2,4
	N85-N10	p70	394,6	3,04	
	N10-N112	p112	226,6	1,75	
N11	N10-N11	p6	2,76	0,02	5,2
	N11-N61	p42	577,3	4,45	
	N11-N120	p130	769,9	5,93	
N12	N12-N13	p7	265,4	2,04	4,32
	N42-N12	p27	706,9	5,45	
	N12-N53	p36	149,2	1,15	
N13	N12-N13	p7	265,4	2,04	1,9
	N13-N23	p13	3,776	0,03	
	N2-N13	p25	223,8	1,72	
N14	N14-N15	p8	163,7	1,26	2,03
	N14-N58	p97	363,7	2,8	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N15	N15-N22	p12	282,7	2,18	2,19
	N14-N15	p8	163,7	1,26	
	N7-N15	p64	121,5	0,94	
N16	N16-N17	p9	750,1	5,78	2,89
N17	N16-N17	p9	750,1	5,78	4,57
	N17-N65	p46	9,869	0,08	
	N17-N43	p107	427,4	3,29	
N18	N18-N19	p10	84,44	0,65	2,58
	N18-N44	p30	305,4	2,35	
	N18-N54	p37	279,6	2,15	
N19	N18-N19	p10	84,44	0,65	1,67
	N19-N55	p38	5,88	0,05	
	N19-N60	p41	343,2	2,64	
N20	N20-N21	p11	517,7	3,99	3,11
	N20-N33	p52	5,882	0,05	
	N20-N68	p54	283,6	2,19	
N21	N20-N21	p11	517,7	3,99	1,99
N22	N15-N22	p12	282,7	2,18	2,05
	N22-N43	p28	92,41	0,71	
	N22-N68	p48	155,7	1,2	
N23	N13-N23	p13	3,776	0,03	3,84
	N23-N24	p14	27,8	0,21	
	N23-N50	p34	965,9	7,44	
N24	N24-N64	p45	441,9	3,4	1,81
	N23-N24	p14	27,8	0,21	
N25	N6-N25	p15	286,7	2,21	2,34
	N82-N25	p66	321,6	2,48	
N26	N26-N37	p24	93,17	0,72	3,08
	N26-N27	p16	669,9	5,16	
	N26-N95	p82	35,87	0,28	
N27	N26-N27	p16	669,9	5,16	3,78
	N27-N78	p58	99,18	0,76	
	N38-N27	p69	212,6	1,64	
N28	N28-N29	p17	321,1	2,47	5,3
	N28-N55	p72	623,2	4,8	
	N28-N104	p95	432,2	3,33	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N29	N28-N29	p17	321,1	2,47	3,65
	N81-N29	p61	341,3	2,63	
	N29-N84	p121	284,8	2,19	
N30	N30-N31	p18	3,346	0,03	1,87
	N30-N36	p29	40,06	0,31	
	N30-N89	p92	441,5	3,4	
N31	N30-N31	p18	3,346	0,03	0,55
	N31-N32	p19	102,7	0,79	
	N110-N31	p109	35,59	0,27	
N32	N31-N32	p19	102,7	0,79	2,86
	N32-N89	p76	639,2	4,93	
N33	N33-N34	p20	638,1	4,92	6
	N20-N33	p52	5,882	0,05	
	N33-N101	p91	914,1	7,04	
N34	N33-N34	p20	638,1	4,92	2,46
N35	N35-N36	p21	201	1,55	3,99
	N63-N35	p44	446,4	3,44	
	N35-N80	p102	388	2,99	
N36	N35-N36	p21	201	1,55	0,96
	N30-N36	p29	40,06	0,31	
	N36-N88	p75	8,782	0,07	
N37	N37-N75	p53	434,4	3,35	2,29
	N37-N38	p22	66,32	0,51	
	N26-N37	p24	93,17	0,72	
N38	N38-N27	p69	212,6	1,64	1,46
	N37-N38	p22	66,32	0,51	
	N9-N38	p108	100,6	0,78	
N39	N39-N40	p23	657,2	5,06	2,87
	N39-N49	p174	58,62	0,45	
	N1-N39	p175	28,76	0,22	
N40	N39-N40	p23	657,2	5,06	2,53
N41	N41-N9	p26	334,9	2,58	1,29
N42	N42-N12	p27	706,9	5,45	7,56
	N42-N43	p81	285,8	2,2	
	N42-N74	p117	969,3	7,47	
N43	N22-N43	p28	92,41	0,71	3,1
	N42-N43	p81	285,8	2,2	
	N17-N43	p107	427,4	3,29	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N44	N18-N44	p30	305,4	2,35	1,18
N45	N45-N46	p31	295,9	2,28	4,8
	N45-N86	p71	475,4	3,66	
	N45-N86	p124	475,9	3,67	
N46	N45-N46	p31	295,9	2,28	2,32
	N46-N47	p32	307	2,37	
N47	N46-N47	p32	307	2,37	2,17
	N47-N108	p111	3,152	0,02	
	N47-N52	p103	253	1,95	
N48	N48-N49	p33	332,7	2,56	3,65
	N48-N50	p65	418,6	3,23	
	N48-N99	p87	195,7	1,51	
N49	N48-N49	p33	332,7	2,56	2,46
	N49-N158	p168	246	1,9	
	N39-N49	p174	58,62	0,45	
N50	N23-N50	p34	965,9	7,44	5,58
	N48-N50	p65	418,6	3,23	
	N50-N4	p85	64,84	0,5	
N51	N51-N52	p35	205,5	1,58	1,35
	N51-N89	p122	146,2	1,13	
N52	N51-N52	p35	205,5	1,58	3,68
	N52-N83	p67	496,4	3,82	
	N47-N52	p103	253	1,95	
N53	N12-N53	p36	149,2	1,15	2,07
	N53-N99	p181	387	2,98	
N54	N18-N54	p37	279,6	2,15	2,82
	N54-N74	p118	23,22	0,18	
	N54-N116	p119	429,3	3,31	
N55	N19-N55	p38	5,88	0,05	4,68
	N55-N84	p68	586,3	4,52	
	N28-N55	p72	623,2	4,8	
N56	N56-N57	p39	1013	7,81	5,57
	N114-N56	p126	432	3,33	
N57	N57-N77	p63	628,3	4,84	13,78
	N56-N57	p39	1013	7,81	
	N57-N71	p59	1935	14,91	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N58	N58-N59	p40	280,9	2,16	3,01
	N58-N94	p89	135,9	1,05	
	N14-N58	p97	363,7	2,8	
N59	N58-N59	p40	280,9	2,16	1,91
	N59-N94	p80	158,1	1,22	
	N59-N78	p179	56,04	0,43	
N60	N19-N60	p41	343,2	2,64	1,32
N61	N61-N65	p62	150,3	1,16	2,81
	N61-N77	p57	2,27	0,02	
	N11-N61	p42	577,3	4,45	
N62	N5-N62	p43	169,4	1,31	3,66
	N62-N76	p56	354,6	2,73	
	N62-N111	p110	424,8	3,27	
N63	N63-N105	p99	525,1	4,05	4,64
	N63-N35	p44	446,4	3,44	
	N63-N108	p105	232,9	1,79	
N64	N24-N64	p45	441,9	3,4	1,7
N65	N17-N65	p46	9,869	0,08	6,69
	N61-N65	p62	150,3	1,16	
	N65-N115	p116	1576	12,14	
N66	N66-N67	p47	332,7	2,56	1,28
N67	N66-N67	p47	332,7	2,56	2,5
	N5-N67	p73	65,38	0,5	
	N67-N107	p104	252	1,94	
N68	N22-N68	p48	155,7	1,2	4,61
	N20-N68	p54	283,6	2,19	
	N6-N68	p55	758,1	5,84	
N69	N69-N70	p49	426,3	3,28	1,64
N70	N69-N70	p49	426,3	3,28	5
	N70-N93	p79	572,8	4,41	
	N70-N95	p98	298,2	2,3	
N71	N71-N72	p50	107,8	0,83	7,89
	N57-N71	p59	1935	14,91	
	N83-N71	p115	5,796	0,04	
N72	N71-N72	p50	107,8	0,83	1,88
	N2-N72	p88	380,1	2,93	
N73	N73-N74	p51	671,4	5,17	2,59

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N74	N73-N74	p51	671,4	5,17	6,41
	N42-N74	p117	969,3	7,47	
	N54-N74	p118	23,22	0,18	
N75	N37-N75	p53	434,4	3,35	1,95
	N75-N93	p127	72,66	0,56	
N76	N62-N76	p56	354,6	2,73	1,37
N77	N61-N77	p57	2,27	0,02	4,63
	N57-N77	p63	628,3	4,84	
	N77-N103	p94	572,5	4,41	
N78	N27-N78	p58	99,18	0,76	0,83
	N78-N160	p177	60,91	0,47	
	N59-N78	p179	56,04	0,43	
N79	N79-N80	p60	22,54	0,17	2,24
	N79-N98	p86	559,4	4,31	
N80	N79-N80	p60	22,54	0,17	2,49
	N80-N96	p83	235,6	1,82	
	N35-N80	p102	388	2,99	
N81	N81-N29	p61	341,3	2,63	1,31
N82	N82-N25	p66	321,6	2,48	1,24
N83	N52-N83	p67	496,4	3,82	1,93
	N83-N159	p172	24,49		
	N83-N71	p115	5,796	0,04	
N84	N55-N84	p68	586,3	4,52	5,21
	N84-N87	p74	480,5	3,7	
	N29-N84	p121	284,8	2,19	
N85	N85-N92	p78	396,2	3,05	4,51
	N85-N10	p70	394,6	3,04	
	N85-N128	p163	380,8	2,93	
N86	N45-N86	p71	475,4	3,66	5,95
	N86-N102	p93	593,9	4,58	
	N45-N86	p124	475,9	3,67	
N87	N84-N87	p74	480,5	3,7	1,85
N88	N36-N88	p75	8,782	0,07	2,58
	N88-N110	p125	37,96	0,29	
	N161-N88	p180	623,2	4,8	
N89	N32-N89	p76	639,2	4,93	4,73
	N30-N89	p92	441,5	3,4	
	N51-N89	p122	146,2	1,13	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N90	N90-N91	p77	756,4	5,83	2,91
N91	N90-N91	p77	756,4	5,83	3,65
	N105-N91	p114	122,7	0,95	
	N91-N108	p123	67,94	0,52	
N92	N85-N92	p78	396,2	3,05	1,53
N93	N70-N93	p79	572,8	4,41	2,52
	N75-N93	p127	72,66	0,56	
	N93-N118	p128	8,875	0,07	
N94	N59-N94	p80	158,1	1,22	1,62
	N58-N94	p89	135,9	1,05	
	N7-N94	p100	126,7	0,98	
N95	N26-N95	p82	35,87	0,28	5,3
	N70-N95	p98	298,2	2,3	
	N95-N107	p176	1042	8,03	
N96	N80-N96	p83	235,6	1,82	3,2
	N96-N97	p84	175,6	1,35	
	N96-N97	p96	418,3	3,22	
N97	N96-N97	p84	175,6	1,35	2,29
	N96-N97	p96	418,3	3,22	
N98	N79-N98	p86	559,4	4,31	2,16
N99	N48-N99	p87	195,7	1,51	3,74
	N99-N106	p101	387,6	2,99	
	N53-N99	p181	387	2,98	
N100	N1-N100	p90	328,1	2,53	1,26
N101	N33-N101	p91	914,1	7,04	3,52
N102	N86-N102	p93	593,9	4,58	3,4
	N102-N109	p106	289,8	2,23	
N103	N77-N103	p94	572,5	4,41	2,21
N104	N28-N104	p95	432,2	3,33	1,67
N105	N63-N105	p99	525,1	4,05	2,5
	N105-N91	p114	122,7	0,95	
N106	N99-N106	p101	387,6	2,99	1,49
N107	N67-N107	p104	252	1,94	6,75
	N107-N117	p120	456,8	3,52	
	N95-N107	p176	1042	8,03	
N108	N63-N108	p105	232,9	1,79	1,17
	N47-N108	p111	3,152	0,02	
	N91-N108	p123	67,94	0,52	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N109	N102-N109	p106	289,8	2,23	1,12
N110	N110-N31	p109	35,59	0,27	0,7
	N88-N110	p125	37,96	0,29	
	N110-N157	p166	109,2	0,84	
N111	N62-N111	p110	424,8	3,27	1,64
N112	N10-N112	p112	226,6	1,75	11,88
	N112-N152	p159	925,2	7,13	
	N112-N138	p167	1931	14,88	
N113	N113-N114	p113	341,8	2,63	1,32
N114	N113-N114	p113	341,8	2,63	2,98
	N114-N56	p126	432	3,33	
N115	N65-N115	p116	1576	12,14	6,07
N116	N54-N116	p119	429,3	3,31	1,65
N117	N107-N117	p120	456,8	3,52	1,76
N118	N93-N118	p128	8,875	0,07	5,19
	N118-N119	p129	623,6	4,8	
	N118-N160	p173	713,8	5,5	
N119	N118-N119	p129	623,6	4,8	2,4
N120	N11-N120	p130	769,9	5,93	2,97
N121	N121-N122	p131	11,33	0,09	1,97
	N121-N143	p146	126,4	0,97	
	N121-N133	p149	373,6	2,88	
N122	N121-N122	p131	11,33	0,09	0,4
	N122-N140	p147	3,185	0,02	
	N122-N136	p170	89,86	0,69	
N123	N123-N124	p132	119,4	0,92	1,8
	N123-N125	p133	228	1,76	
	N123-N124	p157	120,8	0,93	
N124	N124-N137	p144	88,35	0,68	2,17
	N124-N150	p155	235,4	1,81	
	N123-N124	p132	119,4	0,92	
	N123-N124	p157	120,8	0,93	
N125	N123-N125	p133	228	1,76	0,88
N126	N126-N127	p134	147,1	1,13	0,76
	N126-N134	p169	49,47	0,38	
N127	N126-N127	p134	147,1	1,13	2,89
	N127-N151	p156	445,3	3,43	
	N127-N155	p164	157,4	1,21	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N128	N128-N129	p135	269,7	2,08	2,85
	N85-N128	p163	380,8	2,93	
	N128-N132	p178	88,94	0,69	
N129	N128-N129	p135	269,7	2,08	1,04
N130	N130-N131	p136	262,6	2,02	4,95
	N130-N144	p148	689,5	5,31	
	N130-N154	p162	334	2,57	
N131	N130-N131	p136	262,6	2,02	1,97
	N131-N141	p142	10,91	0,08	
	N131-N146	p151	238,6	1,84	
N132	N132-N133	p137	99	0,76	0,74
	N132-N134	p138	3,512	0,03	
	N128-N132	p178	88,94	0,69	
N133	N132-N133	p137	99	0,76	3,55
	N133-N142	p143	448,8	3,46	
	N121-N133	p149	373,6	2,88	
N134	N132-N134	p138	3,512	0,03	1,04
	N134-N126	P169	49,47	0,38	
	N134-N148	P182	216,74	1,67	
N135	N135-N136	p139	455,6	3,51	1,76
N136	N135-N136	p139	455,6	3,51	2,1
	N122-N136	p170	89,86	0,69	
N137	N137-N138	p140	372,5	2,87	1,78
	N124-N137	p144	88,35	0,68	
N138	N137-N138	p140	372,5	2,87	8,9
	N112-N138	p167	1931	14,88	
	N138-N141	p171	6,625	0,05	
N139	N139-N140	p141	94,78	0,73	0,49
	N139-N143	p158	32,02	0,25	
N140	N139-N140	p141	94,78	0,73	1,38
	N122-N140	p147	3,185	0,02	
	N140-N148	p153	260,1	2	
N141	N131-N141	p142	10,91	0,08	0,48
	N141-N142	p145	106,6	0,82	
	N138-N141	p171	6,625	0,05	
N142	N133-N142	p143	448,8	3,46	3,68
	N141-N142	p145	106,6	0,82	
	N142-N156	p165	398,6	3,07	

ANNEXES 02 : résultat de calcul des débits en route et des débits nodaux (cas de pointe – 2054) (suite)

Nœud	N-N	Tronçon	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N143	N121-N143	p146	126,4	0,97	0,61
	N139-N143	p158	32,02	0,25	
N144	N130-N144	p148	689,5	5,31	2,66
N145	N145-N146	p150	255,5	1,97	2,14
	N145-N147	p152	300,8	2,32	
N146	N145-N146	p150	255,5	1,97	2,18
	N131-N146	p151	238,6	1,84	
	N146-N149	p154	72,55	0,56	
N147	N145-N147	p152	300,8	2,32	3,27
	N147-N149	p161	547,9	4,22	
N148	N140-N148	p153	260,1	2	1,84
	N134-N148	p182	216,74	1,67	
N149	N146-N149	p154	72,55	0,56	2,39
	N147-N149	p161	547,9	4,22	
N150	N124-N150	p155	235,4	1,81	0,91
N151	N127-N151	p156	445,3	3,43	1,72
N152	N112-N152	p159	925,2	7,13	3,56
N153	N153-N154	p160	353,8	2,73	1,36
N154	N153-N154	p160	353,8	2,73	2,65
	N130-N154	p162	334	2,57	
N155	N127-N155	p164	157,4	1,21	0,61
N156	N142-N156	p165	398,6	3,07	1,54
N157	N110-N157	p166	109,2	0,84	0,42
N158	N49-N158	p168	246	1,9	0,95
R-N159	N83-R-N159	p172	24,49	0	0
N160	N118-N160	p173	713,8	5,5	2,98
	N78-N160	p177	60,91	0,47	
N161	N161-N88	p180	623,2	4,8	2,4

ANNEXES 03 : état des nœuds dans Cas de pointe actuel (2024)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	2,98	190,74	81,91
n2	132,82	3,8	191,69	58,87
n3	111,85	1,52	180,86	69,01
n4	98,8	1,87	181,2	82,4
n5	84,79	2,67	174,65	89,87
n6	106,75	5,36	175,59	68,84
n7	100,33	0,96	180,55	80,23
n8	94,36	1,43	173,63	79,27
n9	110,35	2,88	173,92	63,57
n10	87,98	2,07	148,31	60,34
n11	88,12	4,48	148,45	60,33
n12	115,88	3,72	189,98	74,1
n13	123,27	1,64	190,76	67,49
n14	120,46	1,75	180,36	59,9
n15	109,05	1,88	180,55	71,5
n16	123,2	2,49	182,24	59,04
n17	111,25	3,94	182,28	71,03
n18	148,49	2,22	128,79	-19,7
n19	154,73	1,44	127,26	-27,47
n20	105,03	2,68	178,58	73,55
n21	105,81	1,72	178,09	72,28
n22	124,4	1,76	180,66	56,26
n23	122,78	3,31	190,24	67,46
n24	124,28	1,56	190,23	65,96
n25	88,81	2,02	175,48	86,68
n26	108,21	2,65	174,8	66,59
n27	94,08	3,26	175,05	80,97
n28	155,96	4,57	126,01	-29,95
n29	126,12	3,14	125,99	-0,13
n30	170,98	1,61	192,65	21,68
n31	171,12	0,47	192,65	21,53
n32	173,97	2,46	192,67	18,7
n33	104,81	5,17	178,58	73,77
n34	83,13	2,12	177,67	94,55
n35	161,05	3,43	192,33	31,28
n36	170,12	0,83	192,56	22,44
n37	106,55	1,97	174,8	68,24
n38	105,36	1,26	174,81	69,45

ANNEXES 03 : état des nœuds dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n39	109,87	2,47	190,39	80,52
n40	107,86	2,18	189,41	81,55
n41	96,99	1,11	173,78	76,79
n42	111,36	6,51	183,31	71,95
n43	116,31	2,67	182,42	66,11
n44	125,2	1,01	128,66	3,47
n45	151,92	4,14	190,79	38,87
n46	160,28	2	192,58	32,3
n47	147,36	1,87	192,64	45,28
n48	105,99	3,14	187,17	81,19
n49	112,24	2,11	189,84	77,59
n50	98,18	4,81	182,39	84,21
n51	152,83	1,17	194,4	41,56
n52	151,8	3,17	194,54	42,75
n53	111,38	1,78	189,97	78,59
n54	141,99	2,43	135,37	-6,62
n55	154,76	4,03	127,18	-27,58
n56	112,1	4,79	191,28	79,18
n57	119,3	11,86	191,4	72,1
n58	108,69	2,59	178,65	69,96
n59	98,1	1,64	176,78	78,68
n60	147,75	1,14	127,11	-20,64
n61	104,42	2,42	182,43	78,01
n62	76,23	3,15	173,59	97,36
n63	163,45	4	192,38	28,93
n64	141,46	1,47	189,92	48,46
n65	110,55	5,76	182,28	71,73
n66	71,69	1,1	174,5	102,81
n67	80,65	2,16	174,63	93,99
n68	118,05	3,97	178,64	60,59
n69	109,52	1,41	173,77	64,25
n70	124,3	4,3	174,05	49,75
n71	158,61	6,8	194,64	36,03
n72	147,52	1,62	194,46	46,93
n73	139,75	2,23	135,95	-3,8
n74	138,56	5,52	136,08	-2,48
n75	125,63	1,68	172,8	47,17
n76	74,74	1,18	173,42	98,69

ANNEXES 03 : état des nœuds dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n77	104,43	3,99	184,1	79,68
n78	98,02	0,72	176,01	77,99
n79	158,73	1,93	191,98	33,25
n80	159,65	2,14	191,98	32,34
n81	128,73	1,13	125,84	-2,89
n82	96,63	1,07	175,39	78,76
n83	159,33	1,67	194,67	35,33
n84	123,04	4,48	126,79	3,75
n85	83,89	3,89	147,43	63,54
n86	145,56	5,13	190,64	45,08
n87	127,5	1,59	126,78	-0,72
n88	170,59	2,22	192,52	21,93
n89	172,17	4,07	193,59	21,42
n90	120,09	2,51	192,41	72,32
n91	145,59	3,14	192,46	46,87
n92	110,13	1,31	146,77	36,63
n93	126,06	2,17	172,79	46,73
n94	105,35	1,4	178,66	73,32
n95	110,31	4,56	174,79	64,48
n96	171,42	2,75	191,79	20,37
n97	172,7	1,97	191,76	19,07
n98	158,37	1,86	191,9	33,53
n99	118,06	3,22	187,31	69,25
n100	132,63	1,09	190,61	57,98
n101	111,99	3,03	178,57	66,58
n102	107,62	2,93	190,31	82,69
n103	88,86	1,9	184,1	95,24
n104	96,86	1,43	125,72	28,86
n105	152,68	2,15	192,42	39,74
n106	136,03	1,29	187,07	51,04
n107	83,52	5,81	174,62	91,1
n108	147,28	1,01	192,62	45,34
n109	117,83	0,96	190,2	72,38
n110	171,68	0,61	192,52	20,84
n111	74,43	1,41	173,31	98,89
n112	75,09	10,23	147,35	72,26
n113	104,94	1,13	191,15	86,21
n114	113,19	2,57	191,18	77,99

ANNEXES 03 : état des nœuds dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n115	105,93	5,23	180,72	74,79
n116	117,86	1,42	135,05	17,19
n117	89,89	1,52	174,57	84,68
n118	126,12	4,47	172,77	46,64
n119	132,12	2,07	171,92	39,8
n120	66,03	2,55	146,89	80,87
n121	78,17	1,7	145,29	67,12
n122	77,62	0,35	145,29	67,68
n123	113,75	1,55	145,25	31,5
n124	124,47	1,87	145,3	20,83
n125	119,58	0,76	145,1	25,53
n126	105,58	0,65	145,3	39,72
n127	112,57	2,49	145,29	32,73
n128	106,44	2,45	145,55	39,1
n129	117,71	0,89	145,54	27,83
n130	111,66	4,27	146,17	34,52
n131	100,78	1,7	146,2	45,42
n132	104,67	0,64	145,31	40,65
n133	94,21	3,06	145,34	51,13
n134	104,56	0,89	145,3	40,74
n135	77,11	1,51	144,3	67,19
n136	75,48	1,81	145,28	69,8
n137	117,6	1,53	145,96	28,36
n138	100,47	7,66	146,4	45,93
n139	76,02	0,42	145,29	69,27
n140	77,66	1,19	145,29	67,63
n141	99,87	0,41	146,2	46,34
n142	101,14	3,16	145,61	44,47
n143	76,5	0,53	145,29	68,79
n144	134,29	2,29	146,03	11,75
n145	125,79	1,85	146,14	20,35
n146	106,94	1,88	146,15	39,21
n147	112,02	2,82	146,04	34,02
n148	85,04	1,58	145,3	60,26
n149	105,9	2,06	146,15	40,25
n150	123,54	0,78	145,25	21,71
n151	106,57	1,48	145,06	38,49
n152	107,81	3,07	147,33	39,52

ANNEXES 03 : état des nœuds dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n153	122,53	1,17	145,66	23,13
n154	128,23	2,28	146,17	17,93
n155	117,79	0,52	145,29	27,5
n156	128,66	1,32	145,6	16,94
n157	175,23	0,36	192,52	17,29
n158	118,49	0,82	189,84	71,35
n160	101,73	2,57	176,01	74,28
n161	158,05	2,07	191,68	33,62
R-N159	176	-396,62	184	8

ANNEXES 04 : état des tronçons dans Cas de pointe actuel (2024)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-44,29	0,63	1,75
p2	457,3	100	-1,52	0,19	0,75
p3	570,2	200	-14,57	0,46	1,64
p4	40,75	200	46,16	1,47	15,92
p5	431,9	100	-1,43	0,18	0,66
p6	2,76	200	-82,09	2,61	49,97
p7	265,4	400	-123,29	0,98	2,95
p8	163,7	150	-5,67	0,32	1,16
p9	750,1	200	-2,49	0,08	0,06
p10	84,44	150	22,95	1,3	18,12
p11	517,7	100	1,72	0,22	0,95
p12	282,7	200	-7	0,22	0,39
p13	3,776	100	21,65	2,76	137,72
p14	27,8	150	-3,03	0,17	0,35
p15	286,7	150	-3,09	0,17	0,36
p16	669,9	300	-20,42	0,29	0,39
p17	321,1	150	1,25	0,07	0,07
p18	3,346	200	-2,15	0,07	0,04
p19	102,7	200	-3,88	0,12	0,13
p20	638,1	100	2,12	0,27	1,42
p21	201	200	-12,32	0,39	1,18
p22	66,32	200	-5,43	0,17	0,24
p23	657,2	100	2,18	0,28	1,5
p24	93,17	200	0,41	0,01	0

ANNEXES 04 : état des tronçons dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p25	223,8	400	-146,57	1,17	4,15
p26	334,9	100	-1,11	0,14	0,41
p27	706,9	300	-103,73	1,47	9,43
p28	92,41	200	-50,47	1,61	19
p29	40,06	200	-17,15	0,55	2,25
p30	305,4	90	-1,01	0,16	0,41
p31	295,9	150	-13,16	0,74	6,03
p32	307	300	-15,16	0,21	0,22
p33	332,7	200	-32,64	1,04	8,01
p34	965,9	150	15,31	0,87	8,13
p35	205,5	300	-28,19	0,4	0,72
p36	149,2	400	-15,84	0,13	0,05
p37	279,6	150	26,18	1,48	23,52
p38	5,88	150	20,37	1,15	14,3
p39	1013	257,8	-8,49	0,16	0,11
p40	280,9	100	4,69	0,6	6,66
p41	343,2	100	-1,14	0,15	0,43
p42	577,3	200	-89,12	2,84	58,85
p43	169,4	100	-5,74	0,73	6,29
p44	446,4	150	1,76	0,1	0,12
p45	441,9	100	-1,47	0,19	0,7
p46	9,869	200	0,13	0	0
p47	332,7	100	-1,1	0,14	0,4
p48	155,7	200	-41,71	1,33	13,02
p49	426,3	100	-1,41	0,18	0,65
p50	107,8	493,7	196,29	1,03	1,69
p51	671,4	150	-2,23	0,13	0,19
p52	5,882	300	-10,32	0,15	0,1
p53	434,4	100	-3,88	0,49	4,59
p54	283,6	300	14,72	0,21	0,2
p55	758,1	200	-23,02	0,73	4,02
p56	354,6	100	-1,18	0,15	0,46
p57	2,27	130,8	102,66	7,64	737,77
p58	99,18	200	-35,79	1,14	9,62
p59	1935	409,2	-128,9	0,98	1,68
p60	22,54	200	-3,79	0,12	0,12
p61	341,3	100	-1,13	0,14	0,42

ANNEXES 04 : état des tronçons dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p62	150,3	200	11,12	0,35	0,97
p63	628,3	257,8	108,55	2,08	11,61
p64	121,5	200	0,55	0,02	0
p65	418,6	200	39,05	1,24	11,43
p66	321,6	100	-1,07	0,14	0,29
p67	496,4	500	-62,96	0,32	0,25
p68	586,3	200	9,09	0,29	0,65
p69	212,6	200	-12,11	0,39	1,14
p70	394,6	200	-17,1	0,54	2,24
p71	475,4	200	-6,17	0,2	0,31
p72	623,2	150	7,25	0,41	1,87
p73	65,38	200	-6,16	0,2	0,31
p74	480,5	200	-1,59	0,05	0,02
p75	8,782	100	-4	0,51	4,88
p76	639,2	150	-6,34	0,36	1,44
p77	756,4	200	-2,51	0,08	0,06
p78	396,2	73,6	-1,31	0,31	1,67
p79	572,8	100	-2,66	0,34	2,2
p80	158,1	200	-39,89	1,27	11,92
p81	285,8	300	-59,44	0,84	3,13
p82	35,87	300	-17,36	0,25	0,28
p83	235,6	150	4,72	0,27	0,81
p84	175,6	100	0,68	0,09	0,16
p85	64,84	200	49,55	1,58	18,32
p86	559,4	150	-1,86	0,11	0,14
p87	195,7	200	-9,55	0,3	0,72
p88	380,1	400	-194,67	1,55	7,28
p89	135,9	200	-3,35	0,11	0,1
p90	328,1	100	-1,09	0,14	0,4
p91	914,1	300	-3,03	0,04	0,01
p92	441,5	200	-16,61	0,53	2,12
p93	593,9	150	-3,89	0,22	0,56
p94	572,5	257,8	1,9	0,04	0,01
p95	432,2	100	-1,43	0,18	0,66
p96	418,3	150	-1,29	0,07	0,07
p97	363,7	100	-3,92	0,5	4,7
p98	298,2	150	-8,37	0,47	2,48

ANNEXES 04 : état des tronçons dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p99	525,1	100	-0,46	0,06	0,08
p100	126,7	200	-44,64	1,42	14,9
p101	387,6	90	1,29	0,2	0,62
p102	388	200	-10,65	0,34	0,89
p103	253	200	-31,6	1,01	7,51
p104	252	200	-2,9	0,09	0,07
p105	232,9	150	5,3	0,3	1,02
p106	289,8	90	-0,96	0,15	0,37
p107	427,4	200	-6,3	0,2	0,32
p108	100,6	100	-5,42	0,69	8,86
p109	35,59	61,4	-1,26	0,43	3,71
p110	424,8	100	1,41	0,18	0,65
p111	3,152	150	-14,57	0,82	7,38
p112	226,6	257,8	-62,92	1,21	4,24
p113	341,8	130,8	-1,13	0,08	0,08
p114	122,7	150	-2,61	0,15	0,26
p115	5,796	493,7	331,99	1,73	4,64
p116	1576	150	5,23	0,3	0,99
p117	969,3	150	37,78	2,14	48,73
p118	23,22	150	30,03	1,7	30,88
p119	429,3	90	-1,42	0,22	0,74
p120	456,8	150	-1,52	0,09	0,09
p121	284,8	100	-3,02	0,38	2,82
p122	146,2	200	-27,02	0,86	5,51
p123	67,94	150	-8,26	0,47	2,41
p124	475,9	150	-2,85	0,16	0,31
p125	37,96	100	-0,29	0,04	0,03
p126	432	163,6	-3,7	0,18	0,23
p127	72,66	150	2,2	0,12	0,19
p128	8,875	100	2,69	0,34	2,24
p129	623,6	100	2,07	0,26	1,35
p130	769,9	100	-2,55	0,32	2,03
p131	11,33	200	2,24	0,07	0,05
p132	119,4	100	-1,16	0,15	0,45
p133	228	80	-0,76	0,15	0,63
p134	147,1	250	4,49	0,09	0,04
p135	269,7	300	0,89	0,01	0

ANNEXES 04 : état des tronçons dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p136	262,6	300	-10,01	0,14	0,1
p137	99	150	-2,66	0,15	0,27
p138	3,512	150	-10,58	0,6	3,93
p139	455,6	73,6	-1,51	0,35	2,15
p140	372,5	146	-6,49	0,39	1,2
p141	94,78	250	-0,35	0,01	0
p142	10,91	300	-20,32	0,29	0,38
p143	448,8	200	-10,26	0,33	0,59
p144	88,35	100	-4,96	0,63	7,44
p145	106,6	146	14,74	0,88	5,59
p146	126,4	200	-0,6	0,02	0
p147	3,185	200	1,43	0,05	0,02
p148	689,5	150	-2,29	0,13	0,2
p149	373,6	200	-4,54	0,14	0,13
p150	255,5	200	-2,39	0,08	0,05
p151	238,6	250	-8,61	0,18	0,19
p152	300,8	80	0,54	0,11	0,33
p153	260,1	250	-2,97	0,06	0,02
p154	72,55	250	-4,34	0,09	0,05
p155	235,4	100	-0,78	0,1	0,21
p156	445,3	100	-1,48	0,19	0,52
p157	120,8	100	-1,15	0,15	0,44
p158	32,02	146	0,07	0	0
p159	925,2	257,8	-3,07	0,06	0,02
p160	353,8	80	-1,17	0,23	1,44
p161	547,9	150	-2,28	0,13	0,2
p162	334	300	-3,45	0,05	0,01
p163	380,8	150	11,9	0,67	4,95
p164	157,4	250	-0,52	0,01	0
p165	398,6	200	1,32	0,04	0,02
p166	109,2	100	0,36	0,05	0,05
p167	1931	400	49,62	0,39	0,49
p168	246	200	-0,82	0,03	0,01
p170	89,86	200	3,32	0,11	0,09
p171	6,625	146	35,47	2,12	30,24
p172	24,49	300	396,62	5,61	136,12
p173	713,8	100	-3,85	0,49	4,54

ANNEXES 04 : état des tronçons dans Cas de pointe actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p174	58,62	200	-35,57	1,13	9,5
p175	28,76	200	-40,22	1,28	12,11
p176	1042	200	-4,43	0,14	0,16
p177	60,91	300	6,42	0,09	0,04
p178	88,94	150	8,56	0,48	2,59
p179	56,04	200	-42,94	1,37	13,79
p180	623,2	100	-2,07	0,26	1,35
p181	387	150	14,06	0,8	6,87
p169	49,47	300	-5,14	0,07	0,02
p182	216,74	300	-4,55	0,06	0,02

ANNEXES 05 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie actuel (2024)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	2,98	190,04	81,21
n2	132,82	3,8	191,05	58,23
n3	111,85	1,52	179,32	67,46
n4	98,8	1,87	179,66	80,85
n5	84,79	2,67	173,02	88,23
n6	106,75	5,36	173,94	67,19
n7	100,33	0,96	178,94	78,62
n8	94,36	1,43	172	77,64
n9	110,35	2,88	172,29	61,94
n10	87,98	2,07	146,81	58,83
n11	88,12	4,48	146,94	58,82
n12	115,88	3,72	189,1	73,21
n13	123,27	1,64	190	66,72
n14	120,46	1,75	178,75	58,29
n15	109,05	1,88	178,94	69,88
n16	123,2	2,49	180,54	57,34
n17	111,25	3,94	180,59	69,33
n18	148,49	2,22	62,81	-85,68
n19	154,73	1,44	58,21	-96,51
n20	105,03	2,68	176,91	71,88
n21	105,81	1,72	176,42	70,61

ANNEXES 05 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n22	124,4	1,76	178,99	54,58
n23	122,78	3,31	189,45	66,67
n24	124,28	1,56	189,44	65,16
n25	88,81	2,02	173,84	85,03
n26	108,21	2,65	173,17	64,96
n27	94,08	3,26	173,43	79,35
n28	155,96	21,57	50,44	-105,52
n29	126,12	3,14	50,66	-75,46
n30	170,98	1,61	192,36	21,38
n31	171,12	0,47	192,36	21,24
n32	173,97	2,46	192,38	18,41
n33	104,81	5,17	176,91	72,1
n34	83,13	2,12	176,01	92,88
n35	161,05	3,43	192,04	30,99
n36	170,12	0,83	192,27	22,15
n37	106,55	1,97	173,17	66,61
n38	105,36	1,26	173,18	67,82
n39	109,87	2,47	189,67	79,8
n40	107,86	2,18	188,69	80,83
n41	96,99	1,11	172,15	75,16
n42	111,36	6,51	181,26	69,9
n43	116,31	2,67	180,59	64,28
n44	125,2	1,01	62,68	-62,51
n45	151,92	4,14	190,5	38,58
n46	160,28	2	192,29	32,01
n47	147,36	1,87	192,35	44,99
n48	105,99	3,14	186,17	80,18
n49	112,24	2,11	189,07	76,82
n50	98,18	4,81	180,96	82,78
n51	152,83	1,17	194,1	41,27
n52	151,8	3,17	194,25	42,46
n53	111,38	1,78	189,09	77,71
n54	141,99	2,43	80,58	-61,41
n55	154,76	4,03	57,93	-96,83
n56	112,1	4,79	190,71	78,62
n57	119,3	11,86	190,83	71,53
n58	108,69	2,59	177,04	68,34
n59	98,1	1,64	175,16	77,06

ANNEXES 05 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n60	147,75	1,14	58,06	-89,68
n61	104,42	2,42	180,92	76,5
n62	76,23	3,15	171,95	95,72
n63	163,45	4	192,09	28,64
n64	141,46	1,47	189,13	47,66
n65	110,55	5,76	180,59	70,04
n66	71,69	1,1	172,86	101,17
n67	80,65	2,16	173	92,35
n68	118,05	3,97	176,97	58,92
n69	109,52	1,41	172,14	62,62
n70	124,3	4,3	172,42	48,12
n71	158,61	6,8	194,35	35,74
n72	147,52	1,62	194,14	46,62
n73	139,75	2,23	82,2	-57,55
n74	138,56	5,52	82,33	-56,23
n75	125,63	1,68	171,17	45,54
n76	74,74	1,18	171,79	97,05
n77	104,43	3,99	182,79	78,36
n78	98,02	0,72	174,38	76,36
n79	158,73	1,93	191,69	32,96
n80	159,65	2,14	191,69	32,04
n81	128,73	1,13	50,52	-78,22
n82	96,63	1,07	173,74	77,12
n83	159,33	1,67	194,38	35,04
n84	123,04	4,48	56,96	-66,08
n85	83,89	3,89	145,92	62,04
n86	145,56	5,13	190,35	44,79
n87	127,5	1,59	56,95	-70,55
n88	170,59	2,22	192,23	21,64
n89	172,17	4,07	193,3	21,13
n90	120,09	2,51	192,12	72,03
n91	145,59	3,14	192,16	46,58
n92	110,13	1,31	145,26	35,13
n93	126,06	2,17	171,16	45,1
n94	105,35	1,4	177,05	71,7
n95	110,31	4,56	173,16	62,85
n96	171,42	2,75	191,5	20,08
n97	172,7	1,97	191,47	18,78

ANNEXES 05 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n98	158,37	1,86	191,61	33,24
n99	118,06	3,22	186,32	68,26
n100	132,63	1,09	189,91	57,28
n101	111,99	3,03	176,9	64,91
n102	107,62	2,93	190,02	82,4
n103	88,86	1,9	182,79	93,93
n104	96,86	1,43	50,15	-46,71
n105	152,68	2,15	192,13	39,45
n106	136,03	1,29	186,07	50,05
n107	83,52	5,81	172,98	89,46
n108	147,28	1,01	192,33	45,05
n109	117,83	0,96	189,91	72,08
n110	171,68	0,61	192,23	20,55
n111	74,43	1,41	171,68	97,25
n112	75,09	10,23	145,84	70,76
n113	104,94	1,13	190,59	85,64
n114	113,19	2,57	190,61	77,43
n115	105,93	5,23	179,03	73,1
n116	117,86	1,42	80,26	-37,59
n117	89,89	1,52	172,94	83,05
n118	126,12	4,47	171,14	45,01
n119	132,12	2,07	170,29	38,17
n120	66,03	2,55	145,38	79,36
n121	78,17	1,7	143,78	65,61
n122	77,62	0,35	143,78	66,17
n123	113,75	1,55	143,74	29,99
n124	124,47	1,87	143,79	19,32
n125	119,58	0,76	143,59	24,02
n126	105,58	0,65	143,79	38,21
n127	112,57	2,49	143,79	31,22
n128	106,44	2,45	144,04	37,59
n129	117,71	0,89	144,04	26,33
n130	111,66	4,27	144,67	33,01
n131	100,78	1,7	144,69	43,91
n132	104,67	0,64	143,81	39,14
n133	94,21	3,06	143,83	49,62
n134	104,56	0,89	143,79	39,23
n135	77,11	1,51	142,8	65,68

ANNEXES 05 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n136	75,48	1,81	143,78	68,29
n137	117,6	1,53	144,45	26,85
n138	100,47	7,66	144,9	44,43
n139	76,02	0,42	143,78	67,76
n140	77,66	1,19	143,78	66,12
n141	99,87	0,41	144,7	44,83
n142	101,14	3,16	144,1	42,96
n143	76,5	0,53	143,78	67,28
n144	134,29	2,29	144,53	10,24
n145	125,79	1,85	144,63	18,84
n146	106,94	1,88	144,65	37,71
n147	112,02	2,82	144,53	32,51
n148	85,04	1,58	143,79	58,75
n149	105,9	2,06	144,64	38,74
n150	123,54	0,78	143,74	20,2
n151	106,57	1,48	143,56	36,99
n152	107,81	3,07	145,83	38,01
n153	122,53	1,17	144,15	21,62
n154	128,23	2,28	144,66	16,43
n155	117,79	0,52	143,79	25,99
n156	128,66	1,32	144,09	15,44
n157	175,23	0,36	192,23	17
n158	118,49	0,82	189,07	70,58
n160	101,73	2,57	174,38	72,65
n161	158,05	2,07	191,39	33,33
R-N159	176	-413,62	184	8

ANNEXES 06 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie actuel (2024)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-45,71	0,65	1,87
p2	457,3	100	-1,52	0,19	0,75
p3	570,2	200	-14,49	0,46	1,62
p4	40,75	200	48,49	1,54	17,55
p5	431,9	100	-1,43	0,18	0,66
p6	2,76	200	-82,09	2,61	49,97
p7	265,4	400	-132,42	1,05	3,39
p8	163,7	150	-5,67	0,32	1,16
p9	750,1	200	-2,49	0,08	0,06
p10	84,44	150	39,95	2,26	54,45
p11	517,7	100	1,72	0,22	0,95
p12	282,7	200	-4,75	0,15	0,19
p13	3,776	100	22,26	2,83	145,61
p14	27,8	150	-3,03	0,17	0,35
p15	286,7	150	-3,09	0,17	0,36
p16	669,9	300	-20,47	0,29	0,39
p17	321,1	150	-4,34	0,25	0,69
p18	3,346	200	-2,15	0,07	0,04
p19	102,7	200	-3,88	0,12	0,13
p20	638,1	100	2,12	0,27	1,42
p21	201	200	-12,32	0,39	1,18
p22	66,32	200	-5,46	0,17	0,24
p23	657,2	100	2,18	0,28	1,5
p24	93,17	200	0,39	0,01	0
p25	223,8	400	-156,32	1,24	4,71
p26	334,9	100	-1,11	0,14	0,41
p27	706,9	300	-112,57	1,59	11,09
p28	92,41	200	-48,14	1,53	17,3
p29	40,06	200	-17,15	0,55	2,25
p30	305,4	90	-1,01	0,16	0,41
p31	295,9	150	-13,16	0,74	6,03
p32	307	300	-15,16	0,21	0,22
p33	332,7	200	-34,06	1,08	8,72
p34	965,9	150	15,92	0,9	8,79
p35	205,5	300	-28,19	0,4	0,72
p36	149,2	400	-16,13	0,13	0,06
p37	279,6	150	43,18	2,44	63,56

ANNEXES 06 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p38	5,88	150	37,37	2,11	47,68
p39	1013	257,8	-8,49	0,16	0,11
p40	280,9	100	4,7	0,6	6,68
p41	343,2	100	-1,14	0,15	0,43
p42	577,3	200	-89,12	2,84	58,85
p43	169,4	100	-5,74	0,73	6,29
p44	446,4	150	1,76	0,1	0,12
p45	441,9	100	-1,47	0,19	0,7
p46	9,869	200	5,96	0,19	0,29
p47	332,7	100	-1,1	0,14	0,4
p48	155,7	200	-41,63	1,33	12,97
p49	426,3	100	-1,41	0,18	0,65
p50	107,8	493,7	207,46	1,08	1,88
p51	671,4	150	-2,23	0,13	0,19
p52	5,882	300	-10,32	0,15	0,1
p53	434,4	100	-3,88	0,49	4,59
p54	283,6	300	14,72	0,21	0,2
p55	758,1	200	-22,94	0,73	3,99
p56	354,6	100	-1,18	0,15	0,46
p57	2,27	130,8	108,49	8,07	823,77
p58	99,18	200	-35,87	1,14	9,66
p59	1935	409,2	-134,73	1,02	1,82
p60	22,54	200	-3,79	0,12	0,12
p61	341,3	100	-1,13	0,14	0,42
p62	150,3	200	16,95	0,54	2,2
p63	628,3	257,8	114,38	2,19	12,79
p64	121,5	200	2,8	0,09	0,07
p65	418,6	200	40,77	1,3	12,44
p66	321,6	100	-1,07	0,14	0,29
p67	496,4	500	-62,96	0,32	0,25
p68	586,3	200	14,68	0,47	1,66
p69	212,6	200	-12,14	0,39	1,15
p70	394,6	200	-17,1	0,54	2,24
p71	475,4	200	-6,17	0,2	0,31
p72	623,2	150	18,66	1,06	12,02
p73	65,38	200	-6,08	0,19	0,3
p74	480,5	200	-1,59	0,05	0,02

ANNEXES 06 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p75	8,782	100	-4	0,51	4,88
p76	639,2	150	-6,34	0,36	1,44
p77	756,4	200	-2,51	0,08	0,06
p78	396,2	73,6	-1,31	0,31	1,67
p79	572,8	100	-2,66	0,34	2,2
p80	158,1	200	-39,96	1,27	11,96
p81	285,8	300	-51,28	0,73	2,34
p82	35,87	300	-17,43	0,25	0,28
p83	235,6	150	4,72	0,27	0,81
p84	175,6	100	0,68	0,09	0,16
p85	64,84	200	51,88	1,65	20,07
p86	559,4	150	-1,86	0,11	0,14
p87	195,7	200	-9,84	0,31	0,76
p88	380,1	400	-205,84	1,64	8,13
p89	135,9	200	-3,36	0,11	0,1
p90	328,1	100	-1,09	0,14	0,4
p91	914,1	300	-3,03	0,04	0,01
p92	441,5	200	-16,61	0,53	2,12
p93	593,9	150	-3,89	0,22	0,56
p94	572,5	257,8	1,9	0,04	0,01
p95	432,2	100	-1,43	0,18	0,66
p96	418,3	150	-1,29	0,07	0,07
p97	363,7	100	-3,92	0,5	4,7
p98	298,2	150	-8,37	0,47	2,48
p99	525,1	100	-0,46	0,06	0,08
p100	126,7	200	-44,72	1,42	14,95
p101	387,6	90	1,29	0,2	0,62
p102	388	200	-10,65	0,34	0,89
p103	253	200	-31,6	1,01	7,51
p104	252	200	-2,82	0,09	0,07
p105	232,9	150	5,3	0,3	1,02
p106	289,8	90	-0,96	0,15	0,37
p107	427,4	200	-0,47	0,01	0
p108	100,6	100	-5,42	0,69	8,86
p109	35,59	61,4	-1,26	0,43	3,71
p110	424,8	100	1,41	0,18	0,65
p111	3,152	150	-14,57	0,82	7,37

ANNEXES 06 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p112	226,6	257,8	-62,92	1,21	4,24
p113	341,8	130,8	-1,13	0,08	0,08
p114	122,7	150	-2,61	0,15	0,26
p115	5,796	493,7	348,99	1,82	5,11
p116	1576	150	5,23	0,3	0,99
p117	969,3	150	54,78	3,1	102,06
p118	23,22	150	47,03	2,66	75,33
p119	429,3	90	-1,42	0,22	0,74
p120	456,8	150	-1,52	0,09	0,09
p121	284,8	100	-8,61	1,1	22,11
p122	146,2	200	-27,02	0,86	5,51
p123	67,94	150	-8,26	0,47	2,41
p124	475,9	150	-2,85	0,16	0,31
p125	37,96	100	-0,29	0,04	0,03
p126	432	163,6	-3,7	0,18	0,23
p127	72,66	150	2,2	0,12	0,19
p128	8,875	100	2,68	0,34	2,24
p129	623,6	100	2,07	0,26	1,35
p130	769,9	100	-2,55	0,32	2,03
p131	11,33	200	2,24	0,07	0,05
p132	119,4	100	-1,16	0,15	0,45
p133	228	80	-0,76	0,15	0,63
p134	147,1	250	4,49	0,09	0,04
p135	269,7	300	0,89	0,01	0
p136	262,6	300	-10,01	0,14	0,1
p137	99	150	-2,66	0,15	0,27
p138	3,512	150	-10,58	0,6	3,93
p139	455,6	73,6	-1,51	0,35	2,15
p140	372,5	146	-6,49	0,39	1,2
p141	94,78	250	-0,35	0,01	0
p142	10,91	300	-20,32	0,29	0,38
p143	448,8	200	-10,26	0,33	0,59
p144	88,35	100	-4,96	0,63	7,44
p145	106,6	146	14,74	0,88	5,59
p146	126,4	200	-0,6	0,02	0
p147	3,185	200	1,43	0,05	0,02
p148	689,5	150	-2,29	0,13	0,2

ANNEXES 06 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie actuel (2024) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p149	373,6	200	-4,54	0,14	0,13
p150	255,5	200	-2,39	0,08	0,05
p151	238,6	250	-8,61	0,18	0,19
p152	300,8	80	0,54	0,11	0,33
p153	260,1	250	-2,97	0,06	0,02
p154	72,55	250	-4,34	0,09	0,05
p155	235,4	100	-0,78	0,1	0,21
p156	445,3	100	-1,48	0,19	0,52
p157	120,8	100	-1,15	0,15	0,44
p158	32,02	146	0,07	0	0
p159	925,2	257,8	-3,07	0,06	0,02
p160	353,8	80	-1,17	0,23	1,44
p161	547,9	150	-2,28	0,13	0,2
p162	334	300	-3,45	0,05	0,01
p163	380,8	150	11,9	0,67	4,95
p164	157,4	250	-0,52	0,01	0
p165	398,6	200	1,32	0,04	0,02
p166	109,2	100	0,36	0,05	0,05
p167	1931	400	49,62	0,39	0,49
p168	246	200	-0,82	0,03	0,01
p170	89,86	200	3,32	0,11	0,09
p171	6,625	146	35,47	2,12	30,24
p172	24,49	300	413,62	5,85	148,01
p173	713,8	100	-3,86	0,49	4,54
p174	58,62	200	-36,99	1,18	10,26
p175	28,76	200	-41,64	1,33	12,98
p176	1042	200	-4,51	0,14	0,17
p177	60,91	300	6,43	0,09	0,04
p178	88,94	150	8,56	0,48	2,59
p179	56,04	200	-43,02	1,37	13,84
p180	623,2	100	-2,07	0,26	1,35
p181	387	150	14,35	0,81	7,16
p169	49,47	300	-5,14	0,07	0,02
p182	216,74	300	-4,55	0,06	0,02

ANNEXES 07 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	3,46	188,26	79,42
n2	132,82	4,41	189,53	56,71
n3	111,85	1,76	175,03	63,18
n4	98,8	2,17	175,49	76,68
n5	84,79	3,1	166,7	81,91
n6	106,75	6,22	167,95	61,2
n7	100,33	1,11	174,62	74,29
n8	94,36	1,66	165,33	70,97
n9	110,35	3,34	165,71	55,36
n10	87,98	2,4	131,23	43,25
n11	88,12	5,2	131,42	43,29
n12	115,88	4,32	187,24	71,36
n13	123,27	1,9	188,28	65,01
n14	120,46	2,03	174,36	53,9
n15	109,05	2,19	174,62	65,56
n16	123,2	2,89	176,93	53,73
n17	111,25	4,57	176,98	65,73
n18	148,49	2,58	104,87	-43,62
n19	154,73	1,67	102,81	-51,92
n20	105,03	3,11	171,97	66,94
n21	105,81	1,99	171,32	65,51
n22	124,4	2,05	174,77	50,37
n23	122,78	3,84	187,59	64,81
n24	124,28	1,81	187,57	63,3
n25	88,81	2,34	167,81	79,01
n26	108,21	3,08	166,88	58,68
n27	94,08	3,78	167,23	73,15
n28	155,96	5,3	101,13	-54,82
n29	126,12	3,65	101,1	-25,02
n30	170,98	1,87	190,81	19,83
n31	171,12	0,55	190,81	19,69
n32	173,97	2,86	190,83	16,86
n33	104,81	6	171,97	67,16
n34	83,13	2,46	170,76	87,63
n35	161,05	3,99	190,37	29,32
n36	170,12	0,96	190,69	20,56
n37	106,55	2,29	166,88	60,33
n38	105,36	1,46	166,91	61,55

ANNEXES 07 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n39	109,87	2,87	187,79	77,92
n40	107,86	2,53	186,48	78,62
n41	96,99	1,29	165,53	68,53
n42	111,36	7,56	178,33	66,97
n43	116,31	3,1	177,14	60,84
n44	125,2	1,18	104,7	-20,49
n45	151,92	4,8	188,31	36,38
n46	160,28	2,32	190,7	30,43
n47	147,36	2,17	190,79	43,43
n48	105,99	3,65	183,48	77,49
n49	112,24	2,46	187,05	74,8
n50	98,18	5,58	177,08	78,9
n51	152,83	1,35	193,15	40,31
n52	151,8	3,68	193,34	41,55
n53	111,38	2,07	187,23	75,85
n54	141,99	2,82	113,73	-28,26
n55	154,76	4,68	102,7	-52,06
n56	112,1	5,57	189,03	76,93
n57	119,3	13,78	189,18	69,88
n58	108,69	3,01	172,06	63,37
n59	98,1	1,91	169,55	71,45
n60	147,75	1,32	102,61	-45,13
n61	104,42	2,81	177,19	72,78
n62	76,23	3,66	165,28	89,05
n63	163,45	4,64	190,44	26,99
n64	141,46	1,7	187,16	45,7
n65	110,55	6,69	176,98	66,43
n66	71,69	1,28	166,49	94,8
n67	80,65	2,5	166,67	86,02
n68	118,05	4,61	172,04	54
n69	109,52	1,64	165,51	55,99
n70	124,3	5	165,88	41,58
n71	158,61	7,89	193,47	34,86
n72	147,52	1,88	193,23	45,71
n73	139,75	2,59	114,52	-25,23
n74	138,56	6,41	114,69	-23,87
n75	125,63	1,95	164,21	38,58
n76	74,74	1,37	165,06	90,33

ANNEXES 07 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n77	104,43	4,63	179,47	75,04
n78	98,02	0,83	168,51	70,49
n79	158,73	2,24	189,9	31,17
n80	159,65	2,49	189,91	30,26
n81	128,73	1,31	100,91	-27,82
n82	96,63	1,24	167,69	71,06
n83	159,33	1,93	193,51	34,18
n84	123,04	5,21	102,18	-20,86
n85	83,89	4,51	129,89	46,01
n86	145,56	5,95	188,11	42,55
n87	127,5	1,85	102,17	-25,33
n88	170,59	2,58	190,63	20,04
n89	172,17	4,73	192,06	19,89
n90	120,09	2,91	190,48	70,39
n91	145,59	3,65	190,54	44,95
n92	110,13	1,53	129,02	18,89
n93	126,06	2,52	164,2	38,14
n94	105,35	1,62	172,08	66,73
n95	110,31	5,3	166,87	56,57
n96	171,42	3,2	189,65	18,23
n97	172,7	2,29	189,61	16,92
n98	158,37	2,16	189,8	31,43
n99	118,06	3,74	183,67	65,61
n100	132,63	1,26	188,09	55,45
n101	111,99	3,52	171,95	59,96
n102	107,62	3,4	187,67	80,05
n103	88,86	2,21	179,46	90,61
n104	96,86	1,67	100,75	3,89
n105	152,68	2,5	190,5	37,81
n106	136,03	1,49	183,35	47,33
n107	83,52	6,75	166,65	83,13
n108	147,28	1,17	190,76	43,48
n109	117,83	1,12	187,53	69,7
n110	171,68	0,7	190,63	18,95
n111	74,43	1,64	164,91	90,49
n112	75,09	11,88	128,95	53,86
n113	104,94	1,32	188,86	83,91
n114	113,19	2,98	188,9	75,71

ANNEXES 07 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n115	105,93	6,07	174,9	68,97
n116	117,86	1,65	113,31	-4,54
n117	89,89	1,76	166,59	76,7
n118	126,12	5,19	164,17	38,04
n119	132,12	2,4	163,04	30,92
n120	66,03	2,97	129,32	63,29
n121	78,17	1,97	126,45	48,28
n122	77,62	0,4	126,45	48,84
n123	113,75	1,8	126,19	12,44
n124	124,47	2,17	126,26	1,79
n125	119,58	0,88	126	6,42
n126	105,58	0,76	126,47	20,89
n127	112,57	2,89	126,46	13,89
n128	106,44	2,85	126,88	20,44
n129	117,71	1,04	126,88	9,17
n130	111,66	4,95	127,44	15,79
n131	100,78	1,97	127,47	26,7
n132	104,67	0,74	126,49	21,82
n133	94,21	3,55	126,51	32,3
n134	104,56	1,04	126,47	21,91
n135	77,11	1,76	125,16	48,05
n136	75,48	2,1	126,44	50,96
n137	117,6	1,78	127,14	9,54
n138	100,47	8,9	127,73	27,26
n139	76,02	0,49	126,45	50,43
n140	77,66	1,38	126,45	48,79
n141	99,87	0,48	127,48	27,62
n142	101,14	3,68	126,79	25,65
n143	76,5	0,61	126,45	49,95
n144	134,29	2,66	127,25	-7,03
n145	125,79	2,14	127,4	1,6
n146	106,94	2,18	127,42	20,47
n147	112,02	3,27	127,27	15,24
n148	85,04	1,84	126,46	41,43
n149	105,9	2,39	127,41	21,51
n150	123,54	0,91	126,19	2,66
n151	106,57	1,72	126,16	19,59
n152	107,81	3,56	128,93	21,11

ANNEXES 07 : état des nœuds dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n153	122,53	1,36	126,76	4,23
n154	128,23	2,65	127,43	-0,8
n155	117,79	0,61	126,46	8,67
n156	128,66	1,54	126,79	-1,87
n157	175,23	0,42	190,62	15,39
n158	118,49	0,95	187,04	68,56
n160	101,73	2,98	168,51	66,78
n161	158,05	2,4	189,51	31,45
R-N159	176	-460,53	184	8

ANNEXES 08 : état des tronçons dans Cas de pointe long terme (2054)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-51,35	0,73	2,35
p2	457,3	100	-1,76	0,22	0,99
p3	570,2	200	-16,94	0,54	2,2
p4	40,75	200	53,47	1,7	21,31
p5	431,9	100	-1,66	0,21	0,88
p6	2,76	200	-95,34	3,03	67,32
p7	265,4	400	-142,75	1,14	3,94
p8	163,7	150	-6,59	0,37	1,56
p9	750,1	200	-2,89	0,09	0,07
p10	84,44	150	26,66	1,51	24,38
p11	517,7	100	1,99	0,25	1,25
p12	282,7	200	-8,24	0,26	0,54
p13	3,776	100	25,09	3,19	184,75
p14	27,8	150	-3,51	0,2	0,46
p15	286,7	150	-3,58	0,2	0,48
p16	669,9	300	-23,71	0,34	0,52
p17	321,1	150	1,45	0,08	0,09
p18	3,346	200	-2,48	0,08	0,06
p19	102,7	200	-4,51	0,14	0,17
p20	638,1	100	2,46	0,31	1,89
p21	201	200	-14,32	0,46	1,58

ANNEXES 08 : état des tronçons dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p22	66,32	200	-6,31	0,2	0,32
p23	657,2	100	2,53	0,32	2
p24	93,17	200	0,48	0,02	0
p25	223,8	400	-169,74	1,35	5,55
p26	334,9	100	-1,29	0,16	0,55
p27	706,9	300	-120,06	1,7	12,6
p28	92,41	200	-58,71	1,87	25,66
p29	40,06	200	-19,9	0,63	3,02
p30	305,4	90	-1,18	0,19	0,53
p31	295,9	150	-15,27	0,86	8,09
p32	307	300	-17,59	0,25	0,29
p33	332,7	200	-37,82	1,2	10,72
p34	965,9	150	17,74	1	10,88
p35	205,5	300	-32,74	0,46	0,97
p36	149,2	400	-18,37	0,15	0,07
p37	279,6	150	30,42	1,72	31,68
p38	5,88	150	23,67	1,34	19,26
p39	1013	257,8	-9,87	0,19	0,15
p40	280,9	100	5,45	0,69	8,95
p41	343,2	100	-1,32	0,17	0,57
p42	577,3	200	-103,51	3,29	79,29
p43	169,4	100	-6,67	0,85	8,36
p44	446,4	150	2,05	0,12	0,16
p45	441,9	100	-1,7	0,22	0,93
p46	9,869	200	0,67	0,02	0,01
p47	332,7	100	-1,28	0,16	0,54
p48	155,7	200	-48,43	1,54	17,5
p49	426,3	100	-1,64	0,21	0,86
p50	107,8	493,7	227,37	1,19	2,24
p51	671,4	150	-2,59	0,15	0,26
p52	5,882	300	-11,98	0,17	0,14
p53	434,4	100	-4,5	0,57	6,15
p54	283,6	300	17,08	0,24	0,27
p55	758,1	200	-26,74	0,85	5,4
p56	354,6	100	-1,37	0,17	0,61
p57	2,27	130,8	119,75	8,91	1003,21
p58	99,18	200	-41,55	1,32	12,92

ANNEXES 08 : état des tronçons dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p59	1935	409,2	-150,24	1,14	2,22
p60	22,54	200	-4,4	0,14	0,16
p61	341,3	100	-1,31	0,17	0,56
p62	150,3	200	13,43	0,43	1,4
p63	628,3	257,8	126,59	2,43	15,45
p64	121,5	200	0,54	0,02	0
p65	418,6	200	45,24	1,44	15,29
p66	321,6	100	-1,24	0,16	0,38
p67	496,4	500	-73,1	0,37	0,33
p68	586,3	200	10,57	0,34	0,87
p69	212,6	200	-14,06	0,45	1,53
p70	394,6	200	-21,13	0,67	3,4
p71	475,4	200	-7,16	0,23	0,41
p72	623,2	150	8,42	0,48	2,51
p73	65,38	200	-7,17	0,23	0,41
p74	480,5	200	-1,85	0,06	0,03
p75	8,782	100	-4,62	0,59	6,48
p76	639,2	150	-7,37	0,42	1,93
p77	756,4	200	-2,91	0,09	0,07
p78	396,2	73,6	-1,53	0,36	2,2
p79	572,8	100	-3,09	0,39	2,94
p80	158,1	200	-46,3	1,47	16,01
p81	285,8	300	-68,61	0,97	4,16
p82	35,87	300	-20,15	0,29	0,38
p83	235,6	150	5,49	0,31	1,09
p84	175,6	100	0,79	0,1	0,22
p85	64,84	200	57,4	1,83	24,53
p86	559,4	150	-2,16	0,12	0,18
p87	195,7	200	-11,07	0,35	0,96
p88	380,1	400	-225,49	1,79	9,75
p89	135,9	200	-3,89	0,12	0,13
p90	328,1	100	-1,26	0,16	0,52
p91	914,1	300	-3,52	0,05	0,01
p92	441,5	200	-19,29	0,61	2,84
p93	593,9	150	-4,52	0,26	0,75
p94	572,5	257,8	2,21	0,04	0,01
p95	432,2	100	-1,67	0,21	0,9

ANNEXES 08 : état des tronçons dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p96	418,3	150	-1,5	0,08	0,09
p97	363,7	100	-4,56	0,58	6,32
p98	298,2	150	-9,73	0,55	3,33
p99	525,1	100	-0,53	0,07	0,1
p100	126,7	200	-51,81	1,65	20,02
p101	387,6	90	1,49	0,23	0,8
p102	388	200	-12,38	0,39	1,19
p103	253	200	-36,68	1,17	10,09
p104	252	200	-3,39	0,11	0,1
p105	232,9	150	6,16	0,35	1,36
p106	289,8	90	-1,12	0,18	0,49
p107	427,4	200	-6,79	0,22	0,37
p108	100,6	100	-6,29	0,8	11,88
p109	35,59	61,4	-1,48	0,5	4,95
p110	424,8	100	1,64	0,21	0,86
p111	3,152	150	-16,92	0,96	9,91
p112	226,6	257,8	-71,81	1,38	10,07
p113	341,8	130,8	-1,32	0,1	0,11
p114	122,7	150	-3,03	0,17	0,35
p115	5,796	493,7	385,5	2,01	6,2
p116	1576	150	6,07	0,34	1,32
p117	969,3	150	43,89	2,48	65,65
p118	23,22	150	34,89	1,97	41,6
p119	429,3	90	-1,65	0,26	0,96
p120	456,8	150	-1,76	0,1	0,12
p121	284,8	100	-3,51	0,45	3,78
p122	146,2	200	-31,39	1	7,42
p123	67,94	150	-9,59	0,54	3,24
p124	475,9	150	-3,31	0,19	0,41
p125	37,96	100	-0,36	0,05	0,05
p126	432	163,6	-4,3	0,2	0,3
p127	72,66	150	2,55	0,14	0,25
p128	8,875	100	3,12	0,4	3
p129	623,6	100	2,4	0,31	1,8
p130	769,9	100	-2,97	0,38	2,73
p131	11,33	200	2,24	0,07	0,05
p132	119,4	100	-1,34	0,17	0,59

ANNEXES 08 : état des tronçons dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p133	228	80	-0,88	0,18	0,83
p134	147,1	250	5,22	0,11	0,06
p135	269,7	300	1,04	0,01	0
p136	262,6	300	-11,62	0,16	0,13
p137	99	150	-2,3	0,13	0,21
p138	3,512	150	-12,77	0,72	5,69
p139	455,6	73,6	-1,76	0,41	2,82
p140	372,5	146	-7,54	0,45	1,58
p141	94,78	250	-0,51	0,01	0
p142	10,91	300	-23,57	0,33	0,51
p143	448,8	200	-10,66	0,34	0,63
p144	88,35	100	-5,76	0,73	9,99
p145	106,6	146	15,88	0,95	6,44
p146	126,4	200	-0,59	0,02	0
p147	3,185	200	2,02	0,06	0,04
p148	689,5	150	-2,66	0,15	0,27
p149	373,6	200	-4,8	0,15	0,15
p150	255,5	200	-2,77	0,09	0,07
p151	238,6	250	-9,98	0,2	0,25
p152	300,8	80	0,63	0,13	0,44
p153	260,1	250	-3,91	0,08	0,03
p154	72,55	250	-5,03	0,1	0,07
p155	235,4	100	-0,91	0,12	0,28
p156	445,3	100	-1,72	0,22	0,68
p157	120,8	100	-1,34	0,17	0,58
p158	32,02	146	-0,02	0	0
p159	925,2	257,8	-3,56	0,07	0,02
p160	353,8	80	-1,36	0,27	1,92
p161	547,9	150	-2,64	0,15	0,27
p162	334	300	-4,01	0,06	0,02
p163	380,8	150	15,09	0,85	7,91
p164	157,4	250	-0,61	0,01	0
p165	398,6	200	1,54	0,05	0,02
p166	109,2	100	0,42	0,05	0,07
p167	1931	400	56,37	0,45	0,63
p168	246	200	-0,95	0,03	0,01
p170	89,86	200	3,86	0,12	0,13

ANNEXES 08 : état des tronçons dans Cas de pointe long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p171	6,625	146	39,93	2,38	38,06
p172	24,49	300	460,53	6,52	183,4
p173	713,8	100	-4,47	0,57	6,08
p174	58,62	200	-41,23	1,31	12,72
p175	28,76	200	-46,63	1,48	16,24
p176	1042	200	-5,12	0,16	0,22
p177	60,91	300	7,45	0,11	0,06
p178	88,94	150	11,2	0,63	4,4
p179	56,04	200	-49,83	1,59	18,53
p180	623,2	100	-2,4	0,31	1,8
p181	387	150	16,3	0,92	9,21
p169	49,47	300	-5,98	0,08	0,03
p182	216,74	300	-5,75	0,08	0,03

ANNEXES 09 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie long terme (2054)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n1	108,83	3,46	187,45	78,62
n2	132,82	4,41	188,79	55,97
n3	111,85	1,76	173,26	61,41
n4	98,8	2,17	173,72	74,91
n5	84,79	3,1	164,82	80,03
n6	106,75	6,22	166,06	59,31
n7	100,33	1,11	172,77	72,45
n8	94,36	1,66	163,46	69,1
n9	110,35	3,34	163,84	53,49
n10	87,98	2,4	129,5	41,52
n11	88,12	5,2	129,69	41,56
n12	115,88	4,32	186,22	70,34
n13	123,27	1,9	187,4	64,13
n14	120,46	2,03	172,51	52,05
n15	109,05	2,19	172,76	63,71
n16	123,2	2,89	174,98	51,78
n17	111,25	4,57	175,03	63,78
n18	148,49	2,58	30,3	-118,18

ANNEXES 09 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suites)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n19	154,73	1,67	24,82	-129,91
n20	105,03	3,11	170,05	65,03
n21	105,81	1,99	169,4	63,59
n22	124,4	2,05	172,85	48,44
n23	122,78	3,84	186,67	63,89
n24	124,28	1,81	186,66	62,38
n25	88,81	2,34	165,92	77,12
n26	108,21	3,08	165,01	56,8
n27	94,08	3,78	165,36	71,28
n28	155,96	22,3	16,05	-139,91
n29	126,12	3,65	16,25	-109,87
n30	170,98	1,87	190,47	19,49
n31	171,12	0,55	190,47	19,35
n32	173,97	2,86	190,49	16,52
n33	104,81	6	170,05	65,25
n34	83,13	2,46	168,84	85,72
n35	161,05	3,99	190,03	28,99
n36	170,12	0,96	190,35	20,23
n37	106,55	2,29	165,01	58,46
n38	105,36	1,46	165,03	59,68
n39	109,87	2,87	186,96	77,09
n40	107,86	2,53	185,64	77,78
n41	96,99	1,29	163,66	66,66
n42	111,36	7,56	175,96	64,6
n43	116,31	3,1	175,04	58,73
n44	125,2	1,18	30,14	-95,06
n45	151,92	4,8	187,97	36,05
n46	160,28	2,32	190,37	30,09
n47	147,36	2,17	190,45	43,09
n48	105,99	3,65	182,32	76,34
n49	112,24	2,46	186,16	73,91
n50	98,18	5,58	175,44	77,26
n51	152,83	1,35	192,81	39,98
n52	151,8	3,68	193,01	41,21
n53	111,38	2,07	186,21	74,83
n54	141,99	2,82	51,71	-90,27
n55	154,76	4,68	24,48	-130,27
n56	112,1	5,57	188,37	76,27

ANNEXES 09 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suites)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n57	119,3	13,78	188,52	69,22
n58	108,69	3,01	170,21	61,52
n59	98,1	1,91	167,69	69,59
n60	147,75	1,32	24,62	-123,13
n61	104,42	2,81	175,46	71,05
n62	76,23	3,66	163,4	87,17
n63	163,45	4,64	190,11	26,65
n64	141,46	1,7	186,25	44,78
n65	110,55	6,69	175,04	64,48
n66	71,69	1,28	164,61	92,92
n67	80,65	2,5	164,79	84,14
n68	118,05	4,61	170,13	52,08
n69	109,52	1,64	163,64	54,12
n70	124,3	5	164,01	39,71
n71	158,61	7,89	193,13	34,52
n72	147,52	1,88	192,87	45,34
n73	139,75	2,59	53,67	-86,08
n74	138,56	6,41	53,84	-84,72
n75	125,63	1,95	162,34	36,71
n76	74,74	1,37	163,18	88,45
n77	104,43	4,63	177,97	73,54
n78	98,02	0,83	166,65	68,62
n79	158,73	2,24	189,57	30,83
n80	159,65	2,49	189,57	29,92
n81	128,73	1,31	16,06	-112,67
n82	96,63	1,24	165,8	69,17
n83	159,33	1,93	193,17	33,84
n84	123,04	5,21	23,31	-99,73
n85	83,89	4,51	128,16	44,27
n86	145,56	5,95	187,78	42,21
n87	127,5	1,85	23,29	-104,21
n88	170,59	2,58	190,29	19,7
n89	172,17	4,73	191,72	19,56
n90	120,09	2,91	190,15	70,05
n91	145,59	3,65	190,2	44,61
n92	110,13	1,53	127,29	17,15
n93	126,06	2,52	162,33	36,27
n94	105,35	1,62	170,23	64,88

ANNEXES 09 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suites)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n95	110,31	5,3	165	54,69
n96	171,42	3,2	189,31	17,89
n97	172,7	2,29	189,28	16,58
n98	158,37	2,16	189,46	31,09
n99	118,06	3,74	182,52	64,46
n100	132,63	1,26	187,28	54,65
n101	111,99	3,52	170,04	58,05
n102	107,62	3,4	187,33	79,71
n103	88,86	2,21	177,96	89,1
n104	96,86	1,67	15,66	-81,19
n105	152,68	2,5	190,16	37,48
n106	136,03	1,49	182,21	46,18
n107	83,52	6,75	164,77	81,25
n108	147,28	1,17	190,42	43,15
n109	117,83	1,12	187,19	69,36
n110	171,68	0,7	190,3	18,61
n111	74,43	1,64	163,03	88,61
n112	75,09	11,88	127,22	52,13
n113	104,94	1,32	188,2	83,26
n114	113,19	2,98	188,24	75,06
n115	105,93	6,07	172,95	67,02
n116	117,86	1,65	51,3	-66,55
n117	89,89	1,76	164,71	74,82
n118	126,12	5,19	162,3	36,17
n119	132,12	2,4	161,17	29,05
n120	66,03	2,97	127,59	61,56
n121	78,17	1,97	124,72	46,55
n122	77,62	0,4	124,72	47,11
n123	113,75	1,8	124,46	10,71
n124	124,47	2,17	124,53	0,06
n125	119,58	0,88	124,27	4,69
n126	105,58	0,76	124,74	19,15
n127	112,57	2,89	124,73	12,16
n128	106,44	2,85	125,15	18,7
n129	117,71	1,04	125,15	7,44
n130	111,66	4,95	125,71	14,05
n131	100,78	1,97	125,74	24,97
n132	104,67	0,74	124,76	20,09

ANNEXES 09 : état des nœuds dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suites)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m.c.e)	Pression (m.c.e)
n133	94,21	3,55	124,78	30,57
n134	104,56	1,04	124,74	20,18
n135	77,11	1,76	123,43	46,31
n136	75,48	2,1	124,71	49,23
n137	117,6	1,78	125,41	7,81
n138	100,47	8,9	126	25,53
n139	76,02	0,49	124,72	48,7
n140	77,66	1,38	124,72	47,06
n141	99,87	0,48	125,75	25,88
n142	101,14	3,68	125,06	23,92
n143	76,5	0,61	124,72	48,22
n144	134,29	2,66	125,52	-8,76
n145	125,79	2,14	125,67	-0,13
n146	106,94	2,18	125,68	18,74
n147	112,02	3,27	125,53	13,51
n148	85,04	1,84	124,73	39,69
n149	105,9	2,39	125,68	19,78
n150	123,54	0,91	124,46	0,92
n151	106,57	1,72	124,43	17,86
n152	107,81	3,56	127,2	19,38
n153	122,53	1,36	125,02	2,49
n154	128,23	2,65	125,7	-2,53
n155	117,79	0,61	124,73	6,94
n156	128,66	1,54	125,05	-3,6
n157	175,23	0,42	190,29	15,06
n158	118,49	0,95	186,16	67,67
n160	101,73	2,98	166,64	64,92
n161	158,05	2,4	189,17	31,12
R-N159	176	-477,53	184	8

ANNEXES 10 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie long terme (2054)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	540,4	300	-52,76	0,75	2,47
p2	457,3	100	-1,76	0,22	0,99
p3	570,2	200	-16,86	0,54	2,18
p4	40,75	200	55,78	1,78	23,18
p5	431,9	100	-1,66	0,21	0,88
p6	2,76	200	-95,34	3,03	67,32
p7	265,4	400	-151,88	1,21	4,45
p8	163,7	150	-6,59	0,37	1,56
p9	750,1	200	-2,89	0,09	0,07
p10	84,44	150	43,66	2,47	64,97
p11	517,7	100	1,99	0,25	1,25
p12	282,7	200	-6,01	0,19	0,29
p13	3,776	100	25,7	3,27	193,79
p14	27,8	150	-3,51	0,2	0,46
p15	286,7	150	-3,58	0,2	0,48
p16	669,9	300	-23,76	0,34	0,52
p17	321,1	150	-4,16	0,24	0,64
p18	3,346	200	-2,48	0,08	0,06
p19	102,7	200	-4,51	0,14	0,17
p20	638,1	100	2,46	0,31	1,89
p21	201	200	-14,32	0,46	1,58
p22	66,32	200	-6,33	0,2	0,32
p23	657,2	100	2,53	0,32	2
p24	93,17	200	0,45	0,01	0
p25	223,8	400	-179,48	1,43	6,2
p26	334,9	100	-1,29	0,16	0,55
p27	706,9	300	-128,9	1,82	14,51
p28	92,41	200	-56,4	1,8	23,7
p29	40,06	200	-19,9	0,63	3,02
p30	305,4	90	-1,18	0,19	0,53
p31	295,9	150	-15,27	0,86	8,09
p32	307	300	-17,59	0,25	0,29
p33	332,7	200	-39,23	1,25	11,53
p34	965,9	150	18,35	1,04	11,63
p35	205,5	300	-32,74	0,46	0,97
p36	149,2	400	-18,66	0,15	0,07
p37	279,6	150	47,42	2,68	76,58

ANNEXES 10 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p38	5,88	150	40,67	2,3	56,42
p39	1013	257,8	-9,87	0,19	0,15
p40	280,9	100	5,46	0,69	8,98
p41	343,2	100	-1,32	0,17	0,57
p42	577,3	200	-103,51	3,29	79,29
p43	169,4	100	-6,67	0,85	8,36
p44	446,4	150	2,05	0,12	0,16
p45	441,9	100	-1,7	0,22	0,93
p46	9,869	200	6,52	0,21	0,34
p47	332,7	100	-1,28	0,16	0,54
p48	155,7	200	-48,35	1,54	17,45
p49	426,3	100	-1,64	0,21	0,86
p50	107,8	493,7	238,52	1,25	2,45
p51	671,4	150	-2,59	0,15	0,26
p52	5,882	300	-11,98	0,17	0,14
p53	434,4	100	-4,5	0,57	6,15
p54	283,6	300	17,08	0,24	0,27
p55	758,1	200	-26,66	0,85	5,37
p56	354,6	100	-1,37	0,17	0,61
p57	2,27	130,8	125,6	9,35	1103,41
p58	99,18	200	-41,63	1,33	12,97
p59	1935	409,2	-156,09	1,19	2,38
p60	22,54	200	-4,4	0,14	0,16
p61	341,3	100	-1,31	0,17	0,56
p62	150,3	200	19,28	0,61	2,83
p63	628,3	257,8	132,44	2,54	16,8
p64	121,5	200	2,78	0,09	0,07
p65	418,6	200	46,94	1,49	16,45
p66	321,6	100	-1,24	0,16	0,38
p67	496,4	500	-73,1	0,37	0,33
p68	586,3	200	16,18	0,52	2,01
p69	212,6	200	-14,08	0,45	1,53
p70	394,6	200	-21,13	0,67	3,4
p71	475,4	200	-7,16	0,23	0,41
p72	623,2	150	19,81	1,12	13,53
p73	65,38	200	-7,09	0,23	0,4
p74	480,5	200	-1,85	0,06	0,03

ANNEXES 10 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p75	8,782	100	-4,62	0,59	6,47
p76	639,2	150	-7,37	0,42	1,93
p77	756,4	200	-2,91	0,09	0,07
p78	396,2	73,6	-1,53	0,36	2,2
p79	572,8	100	-3,08	0,39	2,94
p80	158,1	200	-46,37	1,48	16,06
p81	285,8	300	-60,45	0,86	3,24
p82	35,87	300	-20,23	0,29	0,38
p83	235,6	150	5,49	0,31	1,09
p84	175,6	100	0,79	0,1	0,22
p85	64,84	200	59,71	1,9	26,53
p86	559,4	150	-2,16	0,12	0,18
p87	195,7	200	-11,36	0,36	1,01
p88	380,1	400	-236,64	1,88	10,73
p89	135,9	200	-3,9	0,12	0,13
p90	328,1	100	-1,26	0,16	0,52
p91	914,1	300	-3,52	0,05	0,01
p92	441,5	200	-19,29	0,61	2,84
p93	593,9	150	-4,52	0,26	0,75
p94	572,5	257,8	2,21	0,04	0,01
p95	432,2	100	-1,67	0,21	0,9
p96	418,3	150	-1,5	0,08	0,09
p97	363,7	100	-4,56	0,58	6,32
p98	298,2	150	-9,72	0,55	3,33
p99	525,1	100	-0,53	0,07	0,1
p100	126,7	200	-51,89	1,65	20,08
p101	387,6	90	1,49	0,23	0,8
p102	388	200	-12,38	0,39	1,19
p103	253	200	-36,68	1,17	10,09
p104	252	200	-3,31	0,11	0,09
p105	232,9	150	6,16	0,35	1,36
p106	289,8	90	-1,12	0,18	0,49
p107	427,4	200	-0,94	0,03	0,01
p108	100,6	100	-6,29	0,8	11,88
p109	35,59	61,4	-1,48	0,5	4,95
p110	424,8	100	1,64	0,21	0,86
p111	3,152	150	-16,92	0,96	9,91

ANNEXES 10 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p112	226,6	257,8	-71,81	1,38	10,07
p113	341,8	130,8	-1,32	0,1	0,11
p114	122,7	150	-3,03	0,17	0,35
p115	5,796	493,7	402,5	2,1	6,74
p116	1576	150	6,07	0,34	1,32
p117	969,3	150	60,89	3,45	125,99
p118	23,22	150	51,89	2,94	91,62
p119	429,3	90	-1,65	0,26	0,96
p120	456,8	150	-1,76	0,1	0,12
p121	284,8	100	-9,12	1,16	24,76
p122	146,2	200	-31,39	1	7,42
p123	67,94	150	-9,59	0,54	3,24
p124	475,9	150	-3,31	0,19	0,41
p125	37,96	100	-0,36	0,05	0,05
p126	432	163,6	-4,3	0,2	0,3
p127	72,66	150	2,55	0,14	0,25
p128	8,875	100	3,11	0,4	2,99
p129	623,6	100	2,4	0,31	1,8
p130	769,9	100	-2,97	0,38	2,73
p131	11,33	200	2,24	0,07	0,05
p132	119,4	100	-1,34	0,17	0,59
p133	228	80	-0,88	0,18	0,83
p134	147,1	250	5,22	0,11	0,06
p135	269,7	300	1,04	0,01	0
p136	262,6	300	-11,62	0,16	0,13
p137	99	150	-2,3	0,13	0,21
p138	3,512	150	-12,77	0,72	5,69
p139	455,6	73,6	-1,76	0,41	2,82
p140	372,5	146	-7,54	0,45	1,58
p141	94,78	250	-0,51	0,01	0
p142	10,91	300	-23,57	0,33	0,51
p143	448,8	200	-10,66	0,34	0,63
p144	88,35	100	-5,76	0,73	9,99
p145	106,6	146	15,88	0,95	6,44
p146	126,4	200	-0,59	0,02	0
p147	3,185	200	2,02	0,06	0,04
p148	689,5	150	-2,66	0,15	0,27

ANNEXES 10 : état des tronçons dans Cas de pointe + incendie long terme (2054) (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p149	373,6	200	-4,8	0,15	0,15
p150	255,5	200	-2,77	0,09	0,07
p151	238,6	250	-9,98	0,2	0,25
p152	300,8	80	0,63	0,13	0,44
p153	260,1	250	-3,91	0,08	0,03
p154	72,55	250	-5,03	0,1	0,07
p155	235,4	100	-0,91	0,12	0,28
p156	445,3	100	-1,72	0,22	0,68
p157	120,8	100	-1,34	0,17	0,58
p158	32,02	146	-0,02	0	0
p159	925,2	257,8	-3,56	0,07	0,02
p160	353,8	80	-1,36	0,27	1,92
p161	547,9	150	-2,64	0,15	0,27
p162	334	300	-4,01	0,06	0,02
p163	380,8	150	15,09	0,85	7,91
p164	157,4	250	-0,61	0,01	0
p165	398,6	200	1,54	0,05	0,02
p166	109,2	100	0,42	0,05	0,07
p167	1931	400	56,37	0,45	0,63
p168	246	200	-0,95	0,03	0,01
p170	89,86	200	3,86	0,12	0,13
p171	6,625	146	39,93	2,38	38,06
p172	24,49	300	477,53	6,76	197,16
p173	713,8	100	-4,48	0,57	6,09
p174	58,62	200	-42,64	1,36	13,6
p175	28,76	200	-48,04	1,53	17,23
p176	1042	200	-5,2	0,17	0,22
p177	60,91	300	7,46	0,11	0,06
p178	88,94	150	11,2	0,63	4,4
p179	56,04	200	-49,91	1,59	18,59
p180	623,2	100	-2,4	0,31	1,8
p181	387	150	16,59	0,94	9,53
p169	49,47	300	-5,98	0,08	0,03
p182	216,74	300	-5,75	0,08	0,03

ANNEXES 11 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 1)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
Tank 1	Tank 1-N2	p1	175,6	0	
N2	N1-N2	p1	175,6	0	4,619
	N2-N10	p11	679,9	5,379	
	N2-N12	p12	487,7	3,858	
N3	N3-N4	p2	413,2	3,269	4,212
	N3-N5	p3	377,1	2,983	
	N3-N7	p5	144,1	1,14	
	N3-N12	p44	130,3	1,031	
N4	N3-N4	p2	413,2	3,269	3,129
	N4-N5	p51	377,7	2,988	
N5	N3-N5	p3	377,1	2,983	4,157
	N5-N6	p4	296,1	2,342	
	N4-N5	p51	377,7	2,988	
N6	N5-N6	p4	296,1	2,342	3,294
	N6-N7	p7	442,9	3,504	
	N6-N9	p8	93,56	0,74	
N7	N3-N7	p5	144,1	1,14	3,187
	N7-N8	p6	218,6	1,729	
	N6-N7	p7	442,9	3,504	
N8	N7-N8	p6	218,6	1,729	2,82
	N8-N10	p9	154,7	1,224	
	N8-N13	p13	339,4	2,685	
N9	N6-N9	p8	93,56	0,74	4,303
	N9-N15	p19	150,6	1,191	
	N9-N18	p20	843,4	6,673	
N10	N8-N10	p9	154,7	1,224	4,15
	N10-N11	p10	214,4	1,696	
	N2-N10	p11	679,9	5,379	
N11	N10-N11	p10	214,4	1,696	0,848
N12	N2-N12	p12	487,7	3,858	3,402
	N3-N12	p44	130,3	1,031	
	N12-N39	p45	242	1,914	
N13	N8-N13	p13	339,4	2,685	3,58
	N13-N14	p14	107,3	0,849	
	N13-N15	p15	458,2	3,625	

ANNEXES 11 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 1) (suite)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N14	N13-N14	p14	107,3	0,849	7,005
	N14-N16	p17	535,3	4,235	
	N14-N20	p25	1128	8,925	
N15	N13-N15	p15	458,2	3,625	3,643
	N15-N16	p16	312,1	2,469	
	N9-N15	p19	150,6	1,191	
N16	N15-N16	p16	312,1	2,469	4,769
	N14-N16	p17	535,3	4,235	
	N16-N17	p18	207,3	1,64	
	N16-N18	p21	150,9	1,194	
N17	N16-N17	p18	207,3	1,64	3,533
	N17-N20	p23	80,72	0,638	
	N21-N17	p48	605	4,786	
N18	N9-N18	p20	843,4	6,673	5,198
	N16-N18	p21	150,9	1,194	
	N18-N19	p22	319,6	2,528	
N19	N18-N19	p22	319,6	2,528	4,182
	N19-N40	p46	346,8	2,744	
	N19-N41	p47	390,7	3,091	
N20	N17-N20	p23	80,72	0,638	6,002
	N14-N20	p25	1128	8,925	
	N20-N23	p28	308,4	2,44	
N21	N21-N22	p24	626,3	4,955	7,045
	N21-N17	p48	605	4,786	
	N21-N40	p52	549,5	4,347	
N22	N21-N22	p24	626,3	4,955	5,456
	N22-N23	p26	209,7	1,659	
	N22-N24	p27	543,1	4,297	
N23	N22-N23	p26	209,7	1,659	5,568
	N20-N23	p28	308,4	2,44	
	N23-N26	p31	889,4	7,037	
N24	N22-N24	p27	543,1	4,297	4,202
	N24-N25	p42	200,8	1,588	
	N24-N38	p43	318,2	2,517	
N25	N25-N26	p29	226,2	1,789	4,243
	N25-N27	p30	645,6	5,108	
	N24-N25	p42	200,8	1,588	

ANNEXES 11 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 1) (suite)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N26	N25-N26	p29	226,2	1,789	6,139
	N23-N26	p31	889,4	7,037	
	N26-N44	p53	436,1	3,45	
N27	N25-N27	p30	645,6	5,108	5,25
	N27-N28	p33	337,2	2,668	
	N27-N31	p35	344,2	2,723	
N28	N28-N29	p32	430,4	3,405	5,19
	N27-N28	p33	337,2	2,668	
	N28-N30	p34	544,2	4,305	
N29	N28-N29	p32	430,4	3,405	3,733
	N29-N44	p54	513,1	4,059	
N30	N28-N30	p34	544,2	4,305	5,141
	N30-N31	p37	275,2	2,177	
	N30-N35	p55	480,2	3,799	
N31	N27-N31	p35	344,2	2,723	4,047
	N31-N32	p36	403,7	3,194	
	N30-N31	p37	275,2	2,177	
N32	N31-N32	p36	403,7	3,194	3,307
	N32-N43	p50	432,2	3,419	
N33	N33-N34	p38	457,7	3,621	6,473
	N33-N36	p40	436,2	3,451	
	N33-N42	p57	742,4	5,874	
N34	N33-N34	p38	457,7	3,621	5,15
	N34-N35	p39	375,4	2,97	
	N34-N37	p41	468,7	3,708	
N35	N34-N35	p39	375,4	2,97	3,385
	N30-N35	p55	480,2	3,799	
N36	N33-N36	p40	436,2	3,451	3,946
	N36-N43	p56	561,3	4,441	
N37	N34-N37	p41	468,7	3,708	4,449
	N37-N42	p49	655,9	5,189	
N38	N24-N38	p43	318,2	2,517	1,259
N39	N12-N39	p45	242	1,914	0,957
N40	N19-N40	p46	346,8	2,744	3,546
	N21-N40	p52	549,5	4,347	

ANNEXES 11 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 1) (suite)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N41	N19-N41	p47	390,7	3,091	1,546
N42	N37-N42	p49	655,9	5,189	5,532
	N33-N42	p57	742,4	5,874	
N43	N32-N43	p50	432,2	3,419	3,93
	N36-N43	p56	561,3	4,441	
N44	N26-N44	p53	436,1	3,45	3,755
	N29-N44	p54	513,1	4,059	

ANNEXES 12 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 2)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
Tank 1	Tank 1-N2	p1	19,59		
N2	N1-N2	p1	19,59		7,6268
	N2-N3	p2	683	8,498	
	N2-N5	p4	542,9	6,755	
N3	N2-N3	p2	683	8,498	14,3029
	N3-N4	p3	531	6,607	
	N3-N5	p5	526,9	6,556	
	N3-N21	p22	558,1	6,944	
N4	N3-N4	p3	531	6,607	7,9111
	N4-N7	p7	297,4	3,7	
	N4-N6	p14	443,2	5,515	
N5	N2-N5	p4	542,9	6,755	8,2738
	N3-N5	p5	526,9	6,556	
	N5-N6	p6	260,1	3,236	
N6	N5-N6	p6	260,1	3,236	6,7595
	N4-N6	p14	443,2	5,515	
	N6-N14	p15	383,2	4,768	
N7	N4-N7	p7	297,4	3,7	9,4403
	N7-N8	p10	191,6	2,384	
	N7-N11	p11	550,8	6,853	
	N7-N22	p23	477,6	5,943	

ANNEXES 12 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 2) (suite)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N8	N8-N9	p8	348,3	4,334	5,7666
	N8-N10	p9	387	4,815	
	N7-N8	p10	191,6	2,384	
N9	N8-N9	p8	348,3	4,334	5,8201
	N9-N15	p16	452,7	5,633	
	N9-N25	p26	134,5	1,674	
N10	N8-N10	p9	387	4,815	6,3209
	N10-N12	p12	343	4,268	
	N10-N13	p13	286	3,559	
N11	N7-N11	p11	550,8	6,853	3,4267
N12	N10-N12	p12	343	4,268	4,7438
	N12-N15	p58	419,5	5,22	
N13	N10-N13	p13	286	3,559	1,7793
N14	N6-N14	p15	383,2	4,768	2,384
N15	N9-N15	p16	452,7	5,633	10,6336
	N15-N16	p17	308,4	3,837	
	N15-N17	p18	528,6	6,577	
	N12-N15	p58	419,5	5,22	
N16	N15-N16	p17	308,4	3,837	4,5746
	N16-N32	p49	426,9	5,312	
N17	N15-N17	p18	528,6	6,577	5,8686
	N17-N18	p19	414,7	5,16	
N18	N17-N18	p19	414,7	5,16	8,6763
	N18-N19	p20	717,7	8,93	
	N18-N20	p21	262,2	3,262	
N19	N18-N19	p20	717,7	8,93	4,4651
N20	N18-N20	p21	262,2	3,262	1,6312
N21	N3-N21	p22	558,1	6,944	8,2346
	N21-N23	p24	286,9	3,57	
	N21-N49	p54	478,6	5,955	
N22	N7-N22	p23	477,6	5,943	11,7932
	N22-N24	p25	590,1	7,342	
	N22-N40	p41	350,1	4,356	
	N22-N27	p42	477,8	5,945	
N23	N21-N23	p24	286,9	3,57	5,4928
	N23-N27	p28	36,29	0,452	
	N23-N28	p29	559,7	6,964	

ANNEXES 12 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 2) (suite)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N24	N22-N24	p25	590,1	7,342	7,8874
	N24-N26	p30	255	3,173	
	N24-N30	p32	422,7	5,26	
N25	N9-N25	p26	134,5	1,674	6,4192
	N25-N26	p27	642,5	7,994	
	N25-N37	p38	254,8	3,17	
N26	N25-N26	p27	642,5	7,994	8,4206
	N24-N26	p30	255	3,173	
	N26-N39	p40	456	5,674	
N27	N23-N27	p28	36,29	0,452	5,7329
	N22-N27	p42	477,8	5,945	
	N27-N41	p43	407,4	5,069	
N28	N23-N28	p29	559,7	6,964	9,6587
	N28-N29	p31	446,3	5,553	
	N28-N49	p59	546,5	6,8	
N29	N28-N29	p31	446,3	5,553	7,6187
	N29-N30	p44	362,3	4,508	
	N29-N42	p45	416	5,176	
N30	N24-N30	p32	422,7	5,26	5,9227
	N30-N31	p33	167	2,078	
	N29-N30	p44	362,3	4,508	
N31	N30-N31	p33	167	2,078	7,842
	N31-N47	p50	399,4	4,97	
	N31-N39	p51	694,1	8,637	
N32	N32-N33	p34	114	1,418	6,0273
	N32-N34	p35	427,9	5,324	
	N16-N32	p49	426,9	5,312	
N33	N32-N33	p34	114	1,418	6,7489
	N33-N35	p36	284,1	3,535	
	N33-N36	p37	686,7	8,544	
N34	N32-N34	p35	427,9	5,324	2,6621
N35	N33-N35	p36	284,1	3,535	8,0753
	N35-N37	p60	540	6,719	
	N35-N51	p61	473,9	5,897	
N36	N33-N36	p37	686,7	8,544	4,2722

ANNEXES 12 : Calculs des débits routes et nodaux (réseau projeté zone 2) (suite)

Nœud	N-N	Tronçons	Longueur (m)	Qr (l/s)	Qn (l/s)
N37	N25-N37	p38	254,8	3,17	7,9907
	N37-N38	p39	489,6	6,092	
	N35-N37	p60	540	6,719	
N38	N37-N38	p39	489,6	6,092	7,717
	N38-N50	p55	391,2	4,868	
	N38-N51	p56	359,6	4,474	
N39	N26-N39	p40	456	5,674	9,6033
	N31-N39	p51	694,1	8,637	
	N39-N48	p52	393,5	4,896	
N40	N22-N40	p41	350,1	4,356	2,1781
N41	N27-N41	p43	407,4	5,069	2,5346
N42	N29-N42	p45	416	5,176	2,5881
N43	N43-N44	p46	551	6,856	7,1584
	N43-N45	p47	50,42	0,627	
	N47-N43	p53	549,2	6,834	
N44	N43-N44	p46	551	6,856	3,428
N45	N43-N45	p47	50,42	0,627	5,2945
	N45-N46	p48	334,6	4,163	
	N45-N48	p57	466	5,798	
N46	N45-N46	p48	334,6	4,163	2,0817
N47	N31-N47	p50	399,4	4,97	5,9016
	N47-N43	p53	549,2	6,834	
N48	N39-N48	p52	393,5	4,896	5,3473
	N45-N48	p57	466	5,798	
N49	N21-N49	p54	478,6	5,955	6,3775
	N28-N49	p59	546,5	6,8	
N50	N38-N50	p55	391,2	4,868	2,4338
N51	N38-N51	p56	359,6	4,474	5,1855
	N35-N51	p61	473,9	5,897	

ANNEXES 13 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	145,74	4,62	185,82	40,08
n3	172,83	4,21	184,93	12,09
n4	158,59	3,13	184,32	25,72
n5	170,87	4,16	183,48	12,6
n6	160,95	3,29	182,42	21,46
n7	164,02	3,19	184,63	20,6
n8	147,58	2,82	184,35	36,77
n9	160,95	4,3	182,24	21,28
n10	140,04	4,15	184,6	44,56
n11	126,88	0,85	181,79	54,91
n12	152,92	3,4	185,14	32,21
n13	158,14	3,58	183,83	25,68
n14	159,29	7,01	183,69	24,39
n15	163,27	3,64	182,06	18,79
n16	152,74	4,77	181,39	28,64
n17	154,62	3,53	180,83	26,21
n18	142,68	5,2	180,52	37,84
n19	122,58	4,18	179,6	57,02
n20	148,44	6	180,47	32,03
n21	156,69	7,04	177,71	21,02
n22	143,59	5,46	179,04	35,45
n23	138,23	5,57	179,56	41,33
n24	120,8	4,2	175,8	55
n25	111,78	4,24	174,76	60,97
n26	113,29	6,14	171,47	58,17
n27	111,27	5,25	170,51	59,23
n28	94,98	5,19	161,13	66,14
n29	99,788	3,73	154,82	55,03
n30	102,96	5,14	167,92	64,95
n31	109,27	4,05	169,98	60,7
n32	106,15	3,31	169,02	60,87
n33	106,04	6,47	166,06	60,02
n34	102,11	5,15	166,77	64,65
n35	102,14	3,38	167,2	65,06
n36	125,57	3,95	163,93	38,36
n37	99,93	4,45	165,85	65,92

ANNEXES 13 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n38	108,65	1,26	173,03	64,37
n39	145,01	0,96	181,21	36,2
n40	127,47	3,55	174,88	47,41
n41	122,01	1,55	177,51	55,5
n42	105,66	5,53	163,56	57,9
n43	121,92	3,93	168,13	46,2
n44	117,42	3,75	164,1	46,68
Tank 1	176	-179,28	184	8

ANNEXES 14 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	175,6	515,6	179,28	0,86	1
p2	413,2	130,8	5,77	0,43	1,48
p3	377,1	229,2	-43,6	1,06	3,84
p4	296,1	229,2	42,08	1,02	3,6
p5	144,1	257,8	-42,4	0,81	2,06
p6	218,6	90	1,94	0,3	1,28
p7	442,9	204,6	-37,28	1,13	5
p8	93,56	327,4	76,07	0,9	1,88
p9	154,7	327,4	-69,32	0,82	1,59
p10	214,4	40,8	0,85	0,65	13,08
p11	679,9	327,4	-74,32	0,88	1,8
p12	487,7	386,2	100,34	0,86	1,4
p13	339,4	327,4	-68,44	0,81	1,55
p14	107,3	257,8	32,53	0,62	1,27
p15	458,2	204,6	-32,32	0,98	3,85
p16	312,1	336,2	87,91	0,99	2,16
p17	535,3	130,8	-10,43	0,78	4,3
p18	207,3	327,4	92,57	1,1	2,7
p19	150,6	327,4	59,23	0,7	1,19
p20	843,4	163,6	12,54	0,6	2,04
p21	150,9	51,4	-1	0,48	5,74
p22	319,6	130,8	8,34	0,62	2,87

ANNEXES 14 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p23	80,72	290,4	88,1	1,33	4,41
p24	626,3	130,8	-7,05	0,52	2,12
p25	1128	163,6	-15,1	0,72	2,85
p26	209,7	327,4	-88,24	1,05	2,47
p27	543,1	257,8	75,74	1,45	5,97
p28	308,4	327,4	-97,2	1,15	2,95
p29	226,2	90	7,52	1,18	14,54
p30	645,6	229,2	58,52	1,42	6,58
p31	889,4	73,6	-3,39	0,8	9,1
p32	430,4	61,4	2,72	0,92	14,66
p33	337,2	61,4	3,87	1,31	27,81
p34	544,2	73,6	-4,04	0,95	12,47
p35	344,2	290,4	-49,4	0,75	1,53
p36	403,7	147,2	10,27	0,6	2,37
p37	275,2	184	-35,08	1,32	7,49
p38	457,7	147,2	-8,12	0,48	1,55
p39	375,4	229,2	-22,51	0,55	1,15
p40	436,2	51,4	0,91	0,44	4,89
p41	468,7	147,2	9,25	0,54	1,96
p42	200,8	257,8	70,28	1,35	5,2
p43	318,2	51,4	1,26	0,61	8,71
p44	130,3	368,2	95,99	0,9	1,63
p45	242	40,8	0,96	0,73	16,22
p46	346,8	61,4	2,61	0,88	13,63
p47	390,7	61,4	1,55	0,52	5,35
p48	605	51,4	-0,94	0,45	5,15
p49	655,9	102,2	4,8	0,58	3,49
p50	432,2	130,8	6,97	0,52	2,08
p51	377,7	90	2,64	0,41	2,21
p52	549,5	51,4	-0,94	0,45	5,16
p53	436,1	73,6	-4,77	1,12	16,89
p54	513,1	40,8	-1,02	0,78	18,09
p55	480,2	229,2	-25,9	0,63	1,49
p56	561,3	73,6	3,04	0,71	7,47
p57	742,4	51,4	0,74	0,35	3,36

ANNEXES 15 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	152,77	7,63	162,95	10,18
n3	132,45	14,3	161,75	29,3
n4	113,73	7,91	160,6	46,87
n5	124,99	8,27	162,46	37,46
n6	148,28	6,76	161,69	13,41
n7	106,09	9,44	159,56	53,47
n8	114,88	5,77	158,95	44,06
n9	118,28	5,82	157,49	39,21
n10	128,83	6,32	157,95	29,12
n11	110,41	3,43	157,62	47,21
n12	127,25	4,74	154,41	27,15
n13	133,09	1,78	155,99	22,89
n14	129,99	2,38	159,84	29,84
n15	111,32	10,63	154,07	42,75
n16	112,89	4,57	152,99	40,1
n17	91,74	5,87	146,18	54,43
n18	75,07	8,68	135,02	59,94
n19	75,68	4,46	132,82	57,13
n20	73,67	1,63	133,48	59,81
n21	111,27	8,23	160,17	48,89
n22	100,2	11,79	157,87	57,66
n23	106,84	5,49	159,49	52,65
n24	96,99	7,89	154,65	57,65
n25	111,64	6,42	157,3	45,66
n26	115,97	8,42	154,25	38,27
n27	106,15	5,73	159,21	53,06
n28	125,52	9,66	156,71	31,18
n29	106,45	7,62	154,59	48,13
n30	100,64	5,92	153,19	52,55
n31	100,79	7,84	151,06	50,26
n32	123,07	6,03	152,15	29,08
n33	116,21	6,75	151,91	35,69
n34	115,03	2,66	149,62	34,59
n35	115,26	8,07	154,07	38,8
n36	96,09	4,27	149,96	53,86

ANNEXES 15 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n37	106,05	7,99	156,58	50,53
n38	90,89	7,72	148,91	58,01
n39	101,7	9,6	145,42	43,71
n40	118,64	2,18	156,42	37,78
n41	131,77	2,53	157,01	25,23
n42	124,63	2,59	152,25	27,62
n43	78,26	7,16	137,84	59,58
n44	94,4	3,43	135,9	41,5
n45	76,75	5,29	136,53	59,78
n46	75,94	2,08	133,49	57,55
n47	98,05	5,9	149,37	51,31
n48	80,3	5,35	139,84	59,53
n49	128,8	6,38	157,77	28,97
n50	79,31	2,43	137,79	58,47
n51	110,14	5,18	147,34	37,2
Tank 1	160	-309,01	163	3

ANNEXES 16 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	19,59	515,6	309,01	1,48	2,72
p2	683	458,2	177,81	1,08	1,75
p3	531	368,2	112,23	1,05	2,17
p4	542,9	458,2	123,57	0,75	0,9
p5	526,9	204,6	18,07	0,55	1,34
p6	260,1	327,4	97,22	1,15	2,95
p7	297,4	409,2	192,4	1,46	3,5
p8	348,3	327,4	117,7	1,4	4,2
p9	387	163,6	14,33	0,68	2,59
p10	191,6	368,2	137,8	1,29	3,17
p11	550,8	90	3,43	0,54	3,52
p12	343	90	6,23	0,98	10,33

ANNEXES 16 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p13	286	61,4	1,78	0,6	6,86
p14	443,2	327,4	88,08	1,05	2,46
p15	383,2	73,6	2,38	0,56	4,84
p16	452,7	204,6	-46,68	1,42	7,56
p17	308,4	163,6	16,9	0,8	3,5
p18	528,6	130,8	20,64	1,54	14,93
p19	414,7	102,2	14,77	1,8	26,91
p20	717,7	102,2	4,46	0,54	3,07
p21	262,2	61,4	1,63	0,55	5,88
p22	558,1	290,4	69,36	1,05	2,84
p23	477,6	229,2	-41,73	1,01	3,54
p24	286,9	257,8	45,57	0,87	2,35
p25	590,1	204,6	39,08	1,19	5,45
p26	134,5	327,4	-65,2	0,77	1,42
p27	642,5	163,6	-19,99	0,95	4,75
p28	36,29	147,2	19,58	1,15	7,63
p29	559,7	163,6	20,5	0,98	4,97
p30	255	61,4	0,77	0,26	1,57
p31	446,3	163,6	20,02	0,95	4,76
p32	422,7	204,6	-30,42	0,93	3,45
p33	167	163,6	34,31	1,63	12,76
p34	114	102,2	3,63	0,44	2,12
p35	427,9	73,6	2,66	0,63	5,9
p36	284,1	102,2	-7,39	0,9	7,6
p37	686,7	102,2	4,27	0,52	2,84
p38	409,2	257,8	-38,78	0,74	1,75
p39	489,6	102,2	11	1,34	15,68
p40	456	102,2	12,35	1,51	19,37
p41	350,1	73,6	2,18	0,51	4,12
p42	477,8	147,2	11,32	0,66	2,82
p43	407,4	73,6	2,53	0,6	5,4
p44	362,3	130,8	9,81	0,73	3,85
p45	416	73,6	2,59	0,61	5,61
p46	551	90	3,43	0,54	3,52
p47	50,42	51,4	-2,31	1,11	25,93
p48	334,6	61,4	2,08	0,7	9,09

ANNEXES 16 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p49	426,9	163,6	12,32	0,59	1,98
p50	399,4	163,6	18,8	0,89	4,25
p51	694,1	102,2	7,67	0,93	8,13
p52	393,5	102,2	10,41	1,27	14,18
p53	549,2	102,2	12,9	1,57	20,98
p54	478,6	147,2	15,55	0,91	5,02
p55	391,2	51,4	2,43	1,17	28,41
p56	359,6	51,4	0,85	0,41	4,35
p57	466	90	5,06	0,8	7,1
p58	419,5	90	1,49	0,23	0,8
p59	546,5	147,2	9,17	0,54	1,93
p60	540	163,6	-19,79	0,94	4,66
p61	473,9	73,6	4,33	1,02	14,19

ANNEXES 17 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe + incendie

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	145,75	4,62	185,79	40,05
n3	172,84	4,21	184,73	11,89
n4	158,59	3,13	184,04	25,45
n5	170,88	4,16	182,98	12,11
n6	160,95	3,29	181,67	20,71
n7	164,03	3,19	184,37	20,35
n8	147,59	2,82	184,04	36,45
n9	160,96	4,3	181,45	20,49
n10	140,04	4,15	184,34	44,29
n11	126,89	0,85	181,53	54,64
n12	152,93	3,4	184,98	32,06
n13	158,14	3,58	183,4	25,26
n14	159,3	7,01	183,24	23,94
n15	163,27	3,64	181,22	17,94
n16	152,75	4,77	180,35	27,6
n17	154,62	3,53	179,61	24,99
n18	142,68	5,2	179,67	36,99

ANNEXES 17 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe + incendie (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n19	122,59	4,18	178,73	56,14
n20	148,45	6	179,14	30,69
n21	156,7	7,04	175,95	19,25
n22	143,59	5,46	177,21	33,62
n23	138,23	5,57	177,92	39,69
n24	120,81	4,2	172,54	51,73
n25	111,79	4,24	171	59,21
n26	113,3	6,14	167,91	54,61
n27	111,28	5,25	164,22	52,94
n28	94,99	5,19	153,66	58,68
n29	99,79	3,73	148,01	48,22
n30	102,97	5,14	159,22	56,25
n31	109,28	4,05	163,32	54,05
n32	106,16	3,31	162,25	56,09
n33	106,04	6,47	155,32	49,28
n34	102,12	5,15	156,32	54,2
n35	102,15	3,38	157,48	55,34
n36	125,57	3,95	155,13	29,56
n37	99,93	4,45	151,19	51,25
n38	108,66	1,26	169,77	60,11
n39	145,02	0,96	181,06	36,04
n40	127,47	3,55	173,65	46,18
n41	122,01	1,55	176,64	54,63
n42	105,66	22,53	122	16,34
n43	121,92	3,93	161,19	39,27
n44	117,43	3,75	160,09	42,66
Tank 1	176	-196,28	184	8

ANNEXES 18 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe + incendie

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	175,6	515,6	196,28	0,94	1,18
p2	413,2	130,8	6,15	0,46	1,66
p3	377,1	229,2	-48,35	1,17	4,64
p4	296,1	229,2	47,21	1,14	4,44
p5	144,1	257,8	-46,91	0,9	2,48
p6	218,6	90	2,14	0,34	1,53
p7	442,9	204,6	-41,58	1,26	6,11
p8	93,56	327,4	85,51	1,02	2,33
p9	154,7	327,4	-76,68	0,91	1,91
p10	214,4	40,8	0,85	0,65	13,08
p11	679,9	327,4	-81,68	0,97	2,14
p12	487,7	386,2	109,99	0,94	1,66
p13	339,4	327,4	-76	0,9	1,88
p14	107,3	257,8	36,09	0,69	1,54
p15	458,2	204,6	-36,33	1,11	4,77
p16	312,1	336,2	101,12	1,14	2,79
p17	535,3	130,8	-11,82	0,88	5,4
p18	207,3	327,4	107,31	1,27	3,54
p19	150,6	327,4	68,43	0,81	1,55
p20	843,4	163,6	12,78	0,61	2,11
p21	150,9	51,4	-0,86	0,42	4,47
p22	319,6	130,8	8,44	0,63	2,94
p23	80,72	290,4	102,75	1,55	5,86
p24	626,3	130,8	-6,85	0,51	2,02
p25	1128	163,6	-17,26	0,82	3,63
p26	209,7	327,4	-104,62	1,24	3,38
p27	543,1	257,8	92,32	1,77	8,6
p28	308,4	327,4	-114,01	1,35	3,96
p29	226,2	90	7,26	1,14	13,64
p30	645,6	229,2	75,35	1,83	10,5
p31	889,4	73,6	-3,81	0,9	11,25
p32	430,4	61,4	2,55	0,86	13,13
p33	337,2	61,4	4,13	1,39	31,31
p34	544,2	73,6	-3,61	0,85	10,22
p35	344,2	290,4	-65,97	1	2,6
p36	403,7	147,2	10,96	0,64	2,66

ANNEXES 18 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 1 Cas de pointe + incendie (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p37	275,2	184	-50,97	1,92	14,91
p38	457,7	147,2	-9,83	0,58	2,18
p39	375,4	229,2	-38,83	0,94	3,1
p40	436,2	51,4	0,22	0,11	0,42
p41	468,7	147,2	23,85	1,4	10,95
p42	200,8	257,8	86,86	1,66	7,68
p43	318,2	51,4	1,26	0,61	8,71
p44	130,3	368,2	105,63	0,99	1,94
p45	242	40,8	0,96	0,73	16,22
p46	346,8	61,4	2,71	0,92	14,65
p47	390,7	61,4	1,55	0,52	5,35
p48	605	51,4	-1,03	0,49	6,06
p49	655,9	102,2	19,4	2,37	44,49
p50	432,2	130,8	7,65	0,57	2,46
p51	377,7	90	3,02	0,47	2,81
p52	549,5	51,4	-0,83	0,4	4,18
p53	436,1	73,6	-4,93	1,16	17,94
p54	513,1	40,8	-1,18	0,9	23,54
p55	480,2	229,2	-42,21	1,02	3,62
p56	561,3	73,6	3,72	0,88	10,78
p57	742,4	51,4	3,13	1,51	44,87

ANNEXES 19 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n2	152,77	7,63	162,94	10,17
n3	132,46	14,3	161,63	29,17
n4	113,73	7,91	160,29	46,56
n5	125	8,27	162,4	37,4
n6	148,28	6,76	161,54	13,25
n7	106,09	9,44	159,09	53
n8	114,89	5,77	158,34	43,45
n9	118,28	5,82	156,51	38,23
n10	128,83	6,32	157,21	28,38
n11	110,41	3,43	157,15	46,73
n12	127,26	4,74	152,57	25,32
n13	133,1	1,78	155,24	22,15
n14	129,99	2,38	159,68	29,69
n15	111,32	10,63	151,74	40,42
n16	112,89	4,57	149,19	36,3
n17	91,75	5,87	143,85	52,1
n18	75,07	8,68	132,69	57,62
n19	75,68	4,46	130,49	54,8
n20	73,67	1,63	131,15	57,48
n21	111,28	8,23	159,99	48,71
n22	100,21	11,79	157,45	57,24
n23	106,84	5,49	159,28	52,44
n24	97	7,89	154,2	57,2
n25	111,64	6,42	156,28	44,64
n26	115,98	8,42	153,38	37,41
n27	106,16	5,73	158,98	52,83
n28	125,53	9,66	156,45	30,92
n29	106,45	7,62	154,25	47,8
n30	100,64	5,92	152,76	52,12
n31	100,8	7,84	150,61	49,81
n32	123,07	6,03	146,68	23,6
n33	116,21	6,75	143,96	27,75
n34	115,03	2,66	144,15	29,12
n35	115,26	8,07	151,07	35,8
n36	96,1	21,27	107,73	11,64
n37	106,06	7,99	155,32	49,26

ANNEXES 19 : état des nœuds du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie (suite)

Nœuds	Élévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m,c,e)	Pression (m,c,e)
n38	90,9	7,72	147,35	56,45
n39	101,71	9,6	144,78	43,08
n40	118,64	2,18	156	37,36
n41	131,78	2,53	156,78	25
n42	124,63	2,59	151,92	27,28
n43	78,27	7,16	137,32	59,06
n44	94,4	3,43	135,38	40,98
n45	76,75	5,29	135,98	59,23
n46	75,95	2,08	132,94	56,99
n47	98,05	5,9	148,91	50,86
n48	80,31	5,35	139,24	58,93
n49	128,8	6,38	157,54	28,74
n50	79,32	2,43	136,23	56,91
n51	110,14	5,18	144,97	34,83
Tank 1	160	-326,01	163	3

ANNEXES 20 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p1	19,59	515,6	326,01	1,56	3,01
p2	683	458,2	187,42	1,14	1,92
p3	531	368,2	121,52	1,14	2,51
p4	542,9	458,2	130,96	0,79	1
p5	526,9	204,6	19	0,58	1,47
p6	260,1	327,4	103,69	1,23	3,32
p7	297,4	409,2	208,16	1,58	4,05
p8	348,3	327,4	133,15	1,58	5,27
p9	387	163,6	15,32	0,73	2,93
p10	191,6	368,2	154,23	1,45	3,9
p11	550,8	90	3,43	0,54	3,52
p12	343	90	7,22	1,14	13,51
p13	286	61,4	1,78	0,6	6,86

ANNEXES 20 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie (suite)

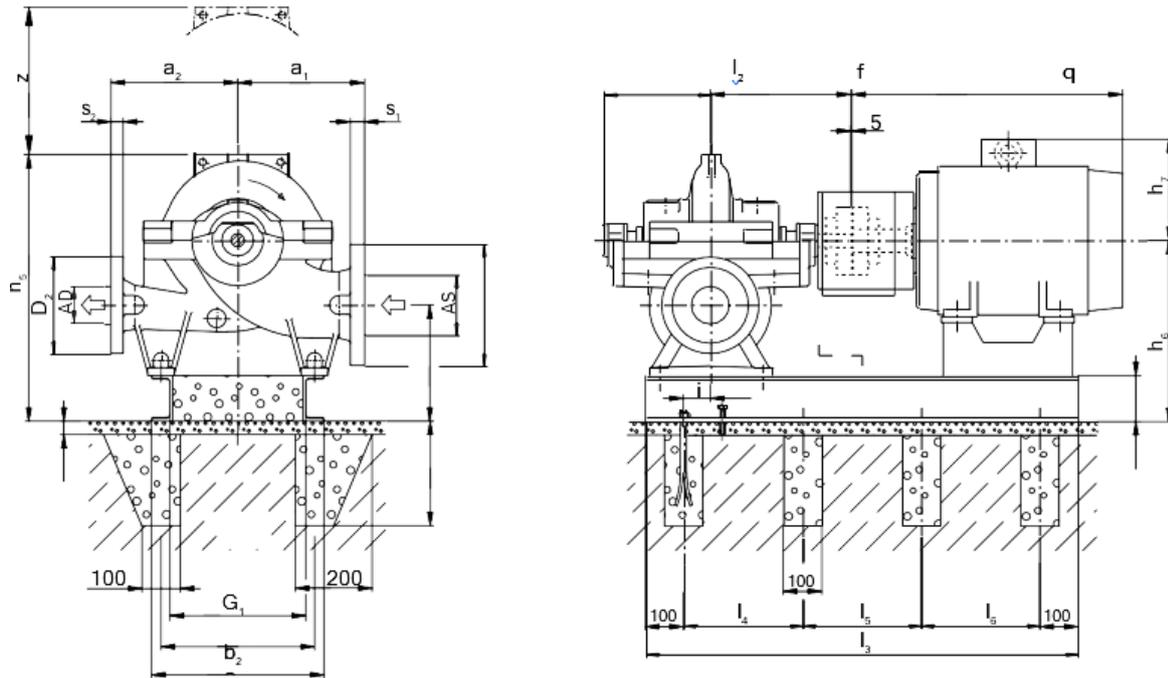
Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p14	443,2	327,4	94,55	1,12	2,8
p15	383,2	73,6	2,38	0,56	4,84
p16	452,7	204,6	-55,88	1,7	10,52
p17	308,4	163,6	27,09	1,29	8,27
p18	528,6	130,8	20,64	1,54	14,93
p19	414,7	102,2	14,77	1,8	26,91
p20	717,7	102,2	4,46	0,54	3,07
p21	262,2	61,4	1,63	0,55	5,88
p22	558,1	290,4	70,6	1,07	2,94
p23	477,6	229,2	-41,06	1	3,44
p24	286,9	257,8	46,64	0,89	2,45
p25	590,1	204,6	39,26	1,19	5,5
p26	134,5	327,4	-71,45	0,85	1,68
p27	642,5	163,6	-19,43	0,92	4,51
p28	36,29	147,2	20,44	1,2	8,26
p29	559,7	163,6	20,71	0,99	5,06
p30	255	61,4	1,16	0,39	3,2
p31	446,3	163,6	20,39	0,97	4,92
p32	422,7	204,6	-30,22	0,92	3,41
p33	167	163,6	34,48	1,64	12,88
p34	114	102,2	13,82	1,69	23,83
p35	427,9	73,6	2,66	0,63	5,9
p36	284,1	102,2	-14,2	1,73	25,01
p37	686,7	102,2	21,27	2,59	52,76
p38	409,2	257,8	-45,59	0,87	2,35
p39	489,6	102,2	11,23	1,37	16,28
p40	456	102,2	12,17	1,48	18,86
p41	350,1	73,6	2,18	0,51	4,12
p42	477,8	147,2	12,18	0,72	3,22
p43	407,4	73,6	2,53	0,6	5,4
p44	362,3	130,8	10,19	0,76	4,12
p45	416	73,6	2,59	0,61	5,61
p46	551	90	3,43	0,54	3,52
p47	50,42	51,4	-2,35	1,13	26,69
p48	334,6	61,4	2,08	0,7	9,09
p49	426,9	163,6	22,51	1,07	5,9

ANNEXES 20 : état des tronçons du réseau projeté pour la zone 2 Cas de pointe + incendie (suite)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m/km)
p50	399,4	163,6	18,84	0,9	4,26
p51	694,1	102,2	7,8	0,95	8,4
p52	393,5	102,2	10,37	1,26	14,08
p53	549,2	102,2	12,94	1,58	21,09
p54	478,6	147,2	15,72	0,92	5,11
p55	391,2	51,4	2,43	1,17	28,41
p56	359,6	51,4	1,08	0,52	6,62
p57	466	90	5,02	0,79	7
p58	419,5	90	2,48	0,39	1,98
p59	546,5	147,2	9,34	0,55	1,99
p60	540	163,6	-26,37	1,25	7,87
p61	473,9	73,6	4,11	0,97	12,87

ANNEXES 21 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

Heures	Nombres d'habitants				
	Moins de 10 000	De 10 001 à 50 000	De 50 001 à 100 000	Plus de 100 000	Agglomération de type rural
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



ANNEXES 22 : Schéma représentatif des dimensions de la pompe

ANNEXES 23 : Les dimensions de la pompe SP GARIDI

Pompe														Poids ¹⁹⁾							
a ₁	a ₂	f	h ₁	h ₂	h ₃	l ₂	z	Pompe		Eau contenue											
[mm]								[kg]													
550	550	730	600	300	355	515	355	910	145												
Moteur	Puissance P ₂ 50 Hz [kW]	Nombre de pôles N° du socle	Socle et massif de fondation													Taille boulons d'ancrage	Nombre boulons d'ancrage	Moteur		Poids	
			b ₂	G ₁	G ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	h ₄	h ₅	h ₆	h ₈	L	i			q	h ₇	Socle	Moteur
			[mm]															-	[pcs]	[mm]	[kg]
315L	200,00	4 12	700	620	760	2100	950	950	750	500	1155	800	200	320	210	M20	6	1402	515	252	1190
Version de matériaux	Matériau de bride	Aspiration								Refoulement											
		Norme	Pression nominale	AS	D ₁	s ₁	k	d ₂	n	Norme	Pression nominale	AD	D ₂	s ₂	k	d ₂	n				
				[mm]				[pcs]	[mm]				[pcs]								
GB/GC	EN-GJL-250	DIN EN 1092-2	PN16	300	521	50,8	410	28	12	DIN EN 1092-2	PN16	250	445	47,6	355	28	12				

(Source : catalogue de plans d'installation KSB)

ANNEXES 24 : Les dimensions de la pompe SP Compagne Semmar

Pompe															Poids ¹⁷⁾							
a ₁	a ₂	f	h ₁	h ₂	h ₃	l ₂	z								Pompe	Eau contenue						
[mm]															[kg]							
450	450	590	500	240	285	399	285								450	80						
Moteur	Puissance P ₂ 50 Hz	Nombre de pôles	N° du socle	Socle et massif de fondation												Taille boulons	Nombre boulons	Moteur		Poids		
				b ₂	G ₁	G ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	h ₄	h ₅	h ₆	h ₈	L			i	q	h ₇	Socle	Moteur
	[kW]	[mm]												-	[pcs]	[mm]	[kg]					
280M	90	4	8	700	620	750	1870	835	835	-	440	965	680	180	320	215	M20	6	1071	476	220	777
Version de matériaux	Matériau de bride	Aspiration								Refouleme nt												
		Norme	Pression normale	AS	D ₁	s ₁	k	d ₂	n	Norme	Pression normale	AD	D ₂	s ₂	k	d ₂	n					
				[mm]	[mm]			[pcs]	["]			[mm]			[pcs]							
GB/GC	EN-GJL-250	DIN EN 1092-2	PN16	250	445	47,6	355	28	12	DIN EN 1092-2	PN16	200	381	41,3	295	23	12					

ANNEXES 25 : Diamètres normalisés des conduites en PEHD PN 16

DN (mm)	Épaisseur nominale (mm)	Diamètre intérieure (mm)
20	2	16
25	2,3	20,4
32	3	26
40	3,7	32,6
50	4,6	40,8
63	5,8	51,4
75	6,8	61,4
90	8,2	73,6
110	10	90
125	11,4	102,2
160	14,6	130,8
180	16,4	147,2
200	18,2	163,6
225	20,5	184
250	22,7	204,6
280	25,4	229,2
315	28,6	257,8
355	32,3	290,4
400	36,3	327,4
450	40,9	368,2
500	45,4	409,2
560	50,9	458,2
630	57,2	515,6

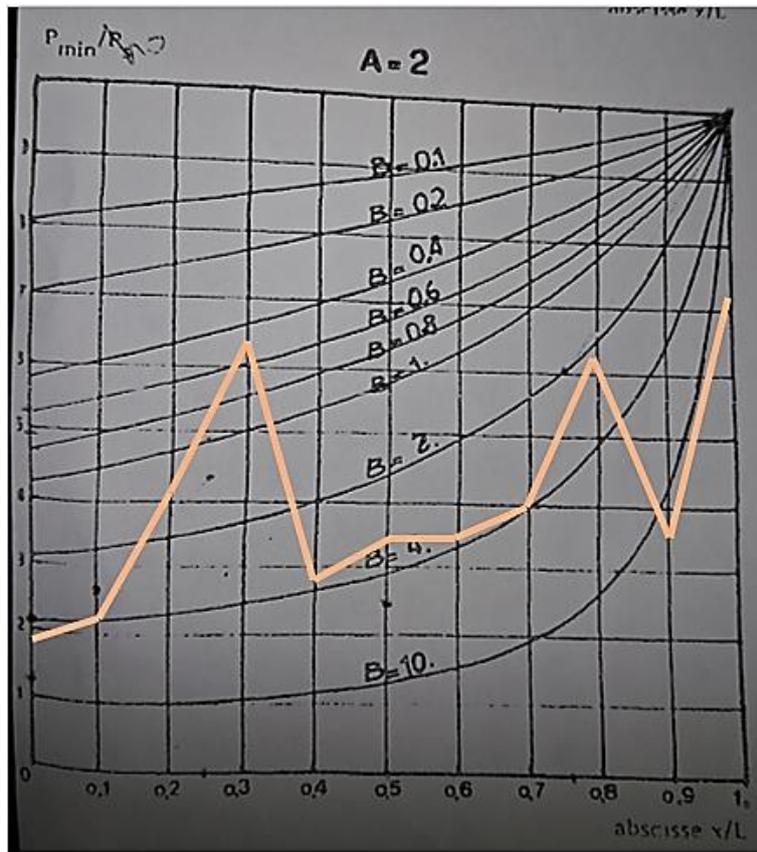
ANNEXES 26 : Diamètres normalisés des conduites en PEHD PN 10

DN (mm)	Épaisseur nominale (mm)	Diamètre intérieure (mm)
20	3	14
25	3,5	18
32	4,4	23,2

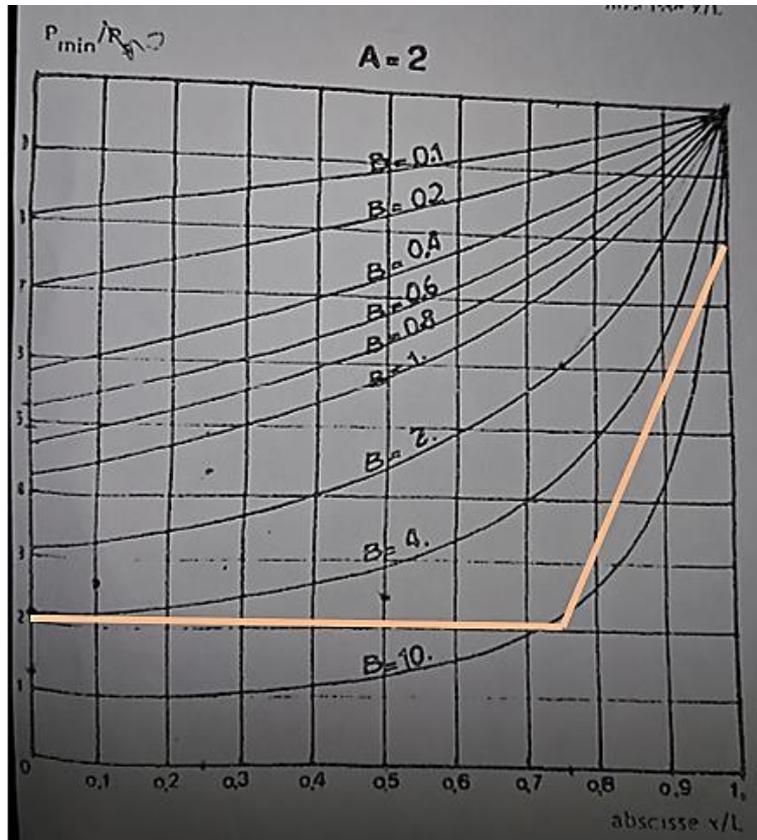
40	5,5	29
50	6,9	36,2
63	8,6	45,8
75	10,3	54,4
90	12,3	65,4
110	15,1	79,8
125	17,1	90,8
140	19,2	101,6
160	21,9	116,2
180	24,6	130,8
200	27,4	145,2
225	30,8	163,4
250	34,2	181,6
315	43,1	228,8
400	54,7	290,6

ANNEXES 27 : Diamètres normalisés des conduites en ACIER

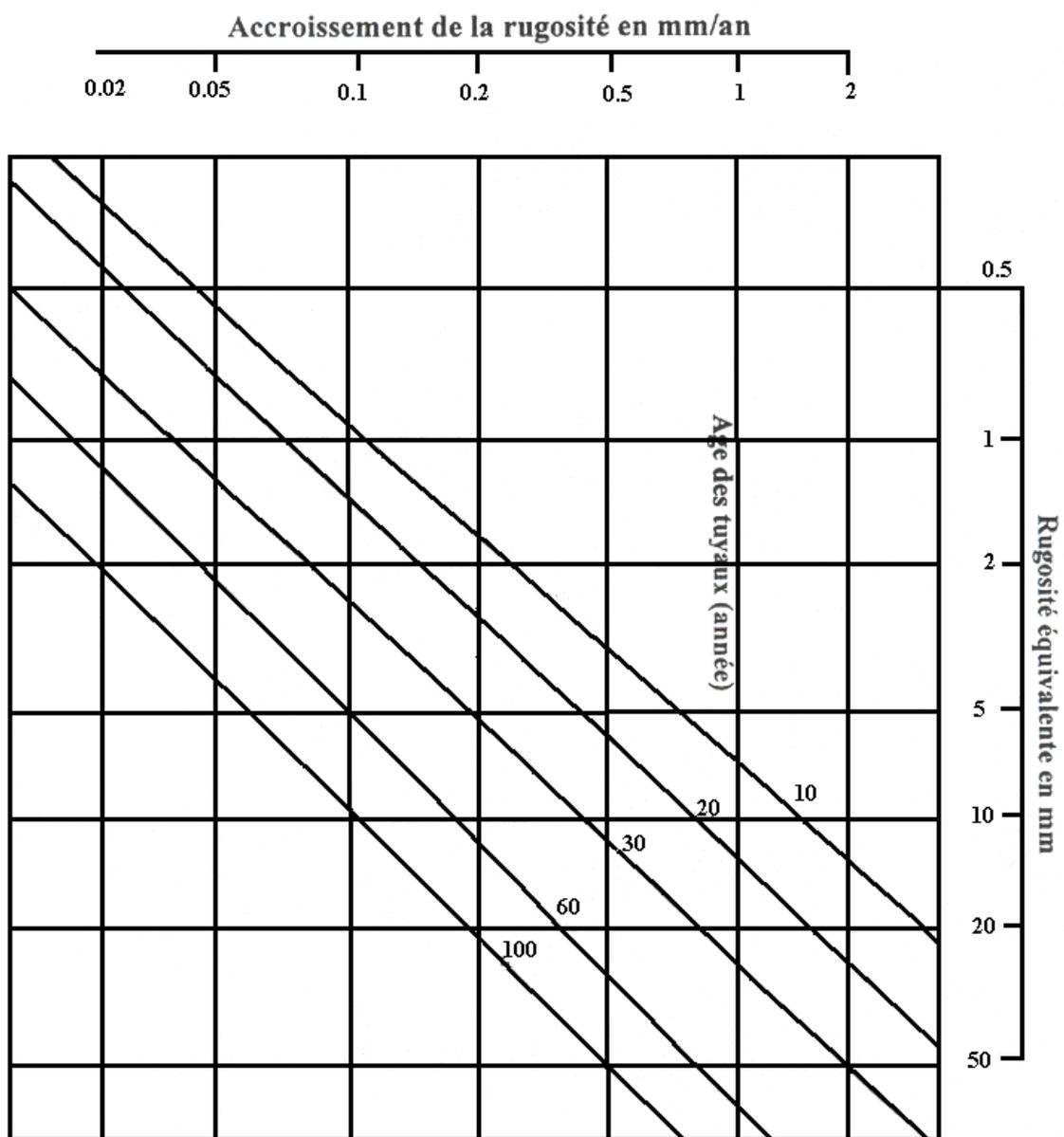
DN	D.e	DiTULIPE ⁽²⁾	POIDS ⁽³⁾	PFA
mm	mm	mm	kg/ml	Bar
100	114,3	118	13	72
125	139,7	144	16	59
150	168,3	172	20	49
200	219,1	223	28	42
250 ⁽⁴⁾	273,0	277	38	37
300	323,9	328	46	31
350	355,6	360	55	28
400	406,4	411	60	25
450	457,0	461	77	25
500	508	512	92	25
600	610	614	130	24
700	711	715	164	23
800	813	817	219	22
900	914	919	266	22
1000	1016	1021	333	22
1100	1118	1123	256	23
1200	1219	1224	315	21
1300	1321	1326	373	21
1400	1422	1428	402	20
1500	1524	1530	486	21
1600	1626	1632	519	20



ANNEXES 28 : projection du profil en long



ANNEXES 29 : projection du profil en long



ANNEXES 30 : Abaque de PETER LAMONT