ETUDE TECHNIQUE DE FAISABILITE DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA CITE DE NABDOGO DANS LA COMMUNE RURALE DE LOUMBILA (BURKINA-FASO)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE

MASTER 2

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 23 Janvier 2023 par :

Daouda OUEDRAOGO (2011 0032)

Directeur de mémoire : Dr Angelbert Chabi BIAOU , Maître de Conférences CAMES

Encadrant 2iE : Dr Lawani A . MOUNIROU , Maître-Assistant CAMES

Maître de stage : Dieudonné BAGRE , Chef de Service Etude Travaux (SET) de la Direction de la Maitrise d'Ouvrage (DMO)

Structure d'accueil du stage : **Office National de l'Eau et de l'Assainissement** (ONEA)

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Angelbert Chabi BIAOU**

Membres et correcteurs : **Dr Moussa Diagne FAYE**

Dr Axel BELEMTOUGRI

Promotion [2022/2023]

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à toute ma famille pour tous les sacrifices , pour tous les encouragements ainsi que leurs soutiens qui m'ont permis de mener à terme ce travail .

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont tout d'abord au tout miséricordieux et très miséricordieux , créateur des cieux et de la terre , pour tous les bienfaits dont il nous fait profiter nuit et jour et pour nous avoir prêter longue vie .

Nous tenons aussi à remercier particulièrement :

- Dr Angelbert Chabi BIAOU , Enseignant-chercheur à 2iE , Maître de Conférences CAMES , notre Directeur de Mémoire pour ses enseignements ;
- Dr Lawani A . MOUNIROU , Enseignant-chercheur à 2iE , Maître-Assistant CAMES , notre encadreur interne avec qui nous avons appris beaucoup de chose surtout la facilité qu'il a pour mener les analyses et les interprétations des données ainsi que pour sa disponibilité et ses remarques en vue d'améliorer ce document ;
- A tout le corps professoral de 2iE pour nous avoir offert un cadre agréable et très professionnel d'apprentissage et pour nous avoir aussi bien encadrer tout au long de notre formation ;
- A nos camarades de classe , amis et à tous ceux qui ont , de près ou de loin participé ;
- Mr Gilbert BASSOLE Directeur Général de l'ONEA ;
- Mr Blaise GUIGMEDE , Directeur de la Maîtrise d'Ouvrage de l'ONEA pour nous avoir offert l'opportunité d'effectuer ce stage dans sa Direction ;
- Mr Dieudonné BAGRE , notre Maître de Stage , Chef du Service Etude et Travaux de la DMO , pour nous avoir confié l'étude du présent projet et de son encadrement ;
- Mr Armand CAPO CHICHI , du BENIN Consultant en Modélisation Hydraulique , pour nous avoir donné une main forte pour la modélisation du SAEP existant ;
- M**r** Laurent DALA et M**r** Eric BATIONO respectivement chef de service SIG des Directions Régionales de Bobo Dioulasso et Ouagadougou , pour nous avoir accompagné pour la modélisation Hydraulique du SAEP existant ;
- Mr Ousmane BONKONGOU Chef de Service Réseau de la Direction Régionale de Ouagadougou et de Mr Karim KABORE chef de zone de la même Direction , pour nous avoir accompagné pour la réalisation des mesures de débits et de pressions .

RESUME

Les habitants de la ville de Ouagadougou sont confrontés à un problème d'accès à des logements décent de nos jours ; cela est dû à une croissance démographique galopante et aux revenus réduits des ménages . Pour ce faire des promoteurs Immobilier procèdent à la réalisation de cité à usage d'habitation dans les périphériques de la ville pour résoudre ce problème d'accès au logement décent , telle que le projet de réalisation de la cité de Nabdogo dans la commune rurale de Loumbila .

Le présent mémoire traite de l'alimentation en eau potable des futurs habitants de la cité de Nabdogo et vérifie la capacité du SAEP existant à satisfaire les besoins des populations actuelles de Loumbila jusqu'à l'horizon 2030 . Pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle cité , plusieurs options ont été envisagées à l'origine du projet . L'analyse des différentes options a permis de se rendre compte que la pose d'une nouvelle conduite parallèle et piquée au même point que celle existante (de DN 200 et se termine en DN 160) sur la conduite fonte DN 400 qui est alimentée par le château d'eau « RB » d'une capacité de 2 000 m^3 situé dans la ville de Ouagadougou est la plus Avantageuse . Cette nouvelle conduite est d'un linéaire de 8 , 685 km et d'un diamètre DN 250 PN 10 . Une pression minimale de 31 , 3 mcE est requise au nœud de raccordement pour une desserte optimale . Les points de desserte sont constitués essentiellement de BP . Ainsi pour une population de la cité estimée à 13 062 habitants en fin d'aménagement des 175 ha disponible , les besoins journaliers moyens totaux en eau sont estimés à 1081 m^3/j pour un débit de pointe horaire de 129 , 42 m^3/h . Le réseau proposé est de type maillé , il s'étend sur une longueur de 11 , 485 km pour le réseau secondaire et tertiaire , composé de conduite en PVC , DN 63 , DN 90 , DN 110 et DN 160 toutes en PN 10 . A l'issue des études le SAEP existant sera toujours capable d'alimenter la population actuelle , estime à 6 452 habitants en 2030 , avec des besoins moyens totaux de 477 m^3/j pour un débit de pointe horaire de 62 m^3/h en 2030 . Le coût de réalisation des travaux pour alimenter la nouvelle cité s'élève à la somme de quatre cent quatre-vingt-douze million huit cent cinquante un mille quatre cent soixante-treize (492 851 473) Fcfa TTC .

Mots Clés :

1. Nabdogo
2. SAEP
3. Loumbila
4. Château d'eau « RB »
5. Ouagadougou

ABSTRACT

The inhabitants of the city of Ouagadougou are faced with a problem of access to decent housing these days; this is due to galloping population growth and reduced household incomes . To do this , real estate developers are building housing estates on the outskirts of the city to solve this problem of access to decent housing , such as the project to build the city of Nabdogo in the rural town of Loumbila .

This report deals with the drinking water supply of the future inhabitants of the city of Nabdogo and to verify the capacity of the existing SAEP to meet the needs of the current populations of Loumbila until the horizon 2030 . For water supply of the new city , several options were considered at the start of the project . Analysis of the various options revealed that the laying of a new parallel pipe tapped at the same point as the existing one (DN 200 and ending in DN 160) on the DN 400 cast iron pipe which is supplied by the "RB" water tower with a capacity of 2 000 m^3 located in the city of Ouagadougou is the most advantageous . This new pipeline is 8 , 685 km long and has a diameter of DN 250 PN 10 . A minimum pressure of 31 , 3 mcE is required at the connection node for optimal service . The service points are essentially made up of BP . Thus for a population of the city estimated at 13 062 inhabitants at the end of the development of the 175 ha available , the total average daily water needs are estimated at 1081 m^3/d for an hourly peak flow of 129 , 42 m^3/h . The proposed network is of the mesh type , it extends over a length of 11 , 485 km for the secondary and tertiary network , composed of PVC pipe , DN 63 , DN 90 , DN 110 and DN 160 all in PN 10 . As a result of the studies , the existing SAEP will still be able to supply the current population , estimated at 6 , 452 inhabitants in 2030 , with total average needs of 477 m^3/d for an hourly peak flow of 62 m^3/h in 2030 . The cost of completion of the work to supply the new city amounts to the sum of four hundred and ninety-two million eight hundred and fifty-one thousand four hundred and seventy-three (492 851 473) Fcfa including tax .

Keywords :

1. Nabdogo
2. SAEP
3. Loumbila
4. Water tower "RB"
5. Ouagadougou

FICHE TECHNIQUE

I . Localisation	
Commune	Loumbila
Province	Oubritenga
Région	Plateau Central
II . Composante	
II.1. Source d'eau	
Type	Piquage sur conduite fonte DN 400
Mode de distribution	Gravitaire
II.2. Réseau de distribution	
Type	Maillé
Conduites	PVC DN 250 PN 10 sur 8 685 m
	PVC DN 160 PN 10 sur 3 525 m
	PVC DN 110 PN 10 sur 4 037 m
	PVC DN 90 PN 10 sur 2 399 m
	PVC DN 63 PN 10 sur 1 524 m
Raccords	Coudes fonte , Vannes fonte , Té fonte , Ventouses , Cônes de réduction , Adaptateurs à bride pour PVC
III.3. Terminaux de distribution	
Nombre de BP de la cité	**2 177**
Poteau d'incendie	**01**
II.4. Ouvrages de Génie Civil	
Type	Regards en béton armé
II.5. Coût du projet (francs CFA TTC)	**492 851 473**

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

BF : Bornes Fontaines

BP : Branchements Privés

DN : Diamètre Nominal

DRO : Direction Régionale de Ouagadougou

DMO : Direction de la Maîtrise d'Ouvrage

INSD : Institut National Des Statistiques Et de la Démographie

ODD : Objectifs du Développement Durable

ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement

PeHD : Polyéthylène Haute Densité

PN : Pression Nominale

PN 10-16 : Pression Nominale 10 bars , 16 bars

PN-AEP : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable

PVC : Polychlorure de Vinyle

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

RN3 : Route Nationale Numéro 3

RB : Réservoir B

SAEP : Système conventionnel d'Approvisionnement en Eau Potable

TABLE DES MATIERES

DEDICACES I
REMERCIEMENTS II
RESUME III
ABSTRACT IV
FICHE TECHNIQUE V
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES VI
TABLE DES MATIERES VII
LISTE DES TABLEAUX IX
LISTE DES FIGURES X
INTRODUCTION 1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE 2
I.1 Présentation de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement 2
I.1.1 Généralités 2
I.1.2 Présentation de la Direction de la Maitrise d'Ouvrage (DMO) 2
I.2 Présentation de la zone d'étude 3
I.2.1 Situation géographique 3
I.2.2 Caractéristique démographique 4
I.2.3 Organisation Administrative 4
I.2.4 Activités Economiques 4
I.2.5 Climat 4
I.2.6 Hydrographie 4
I.2.7 Sols 5
II. PRESENTATION DU PROJET 5
II.1 Contexte et Problématique 5
II.2 Objectifs 6
II.2.1 Objectif global 6
II.2.2 Objectifs spécifiques 6
III. METHODOLOGIE DE TRAVAIL 6
III.1 Méthodologie de l'étude 6
III.1.1 Recherche documentaire 6
III.1.2 Visites et Travaux de terrains 7
III.1.3 Collecte et traitement des données 7
III.2 Matériels 7

III.3 Hypothèse de calcul 7
III.4 Diagnostic du système d'Approvisionnement en Eau Potable Existant 9
III.4.1 Description du système d'approvisionnement en eau existant 10
III.4.2 Indicateurs de desserte de la population 11
III.4.3 Paramètre hydraulique de distribution 14
III.4.4 Modélisation Hydraulique du SAEP existant 15
III.5 Conception et Dimensionnement du réseau de distribution 19
III.5.1 Estimation des besoins en eau de la population 20
III.5.2 Conception du réseau de distribution 24
III.5.3 Calcul du réseau de distribution 25
III.5.4 Modélisation et simulation du réseau de distribution 32
IV. RESULTATS ET DISCUSSION 34
IV.1 Résultats du diagnostic 34
IV.2 Résultats de 'l'étude de faisabilité Technique du nouveau réseau de distribution (Cité Nabdogo) 39
V. TECHNOLOGIE DU RESEAU ET MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX 46
V.1 Technologie du réseau 46
V.1.1 Pièces spéciales 46
V.1.2 Robinetterie 47
V.1.3 Ouvrages annexes 47
V.2 Mode d'exécution des Travaux 49
V.2.1 Pose des conduites 49
V.2.2 Réalisation du carnet des nœuds 49
VI. ETUDE FINANCIERE 49
VII. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL 50
VII.1 Impacts pendant la mise en œuvre des travaux 50
VII.2 Impacts pendant la phase d'exploitation des ouvrages 50
VII.3 Mesures d'atténuations des impacts négatifs 51
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 53
BIBLIOGRAPHIE 54
LISTE DES ANNEXES 55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Etat des canalisations existantes 11
Tableau 2 : Nombre de lot d'habitation et commercial par Aménagement 21
Tableau 3 : Coefficient de modulation des demandes aux nœuds 33
Tableau 4:Valeurs cibles de charge des réseaux de distributions 34
Tableau 5:Estimation de la Population à desservir par le SAEP existant 39
Tableau 6: Estimation de la population de la cité 39
Tableau 7:Besoin en eau et débit de pointe des population desservies par le SAEP existant .40
Tableau 8:Besoin en eau et débit de pointe horaire de la cité 41
Tableau 9: Diamètre et linéaire des conduites 41
Tableau 10 :Résultats de calculs des diamètres des conduites et de la simulation hydraulique sur Excel de trois (03) mailles 43
Tableau 11 : coefficient de frottement entre le béton et le terrain 49
Tableau 12 : Récapitulatif du devis estimatif 50

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Situation géographique de la commune rurale de Loumbila 3
Figure 2: Etat de l'évolution des BP 12
Figure 3 : Etat de l'évolution comparé des abonnés (BP) et des consommations 13
Figure 4: Fixation des capteurs sur la conduite PVC DN 200 14
Figure 5 : Enregistreur de débit 14
Figure 6: Pose de Loger 15
Figure 7: Visualisation de l'interface 16
Figure 8 : Visualisation et organisation des thèmes d'un projet 16
Figure 9 : Activation de l'extension : "DC Water Design" 17
Figure 10: Ensemble des outils de modélisation hydraulique 17
Figure 11 : Etat de la topologie du réseau pour un essai 18
Figure 12 : Eléments constitutifs du modèle Hydraulique 19
Figure 13 : Consommation spécifique moyenne journalière de l'année des BP de 2016 à 202 34
Figure 14 : Consommation spécifique moyenne journalière de l'année des BF de 2016 à 2021 35
Figure 15: Valeurs des débits mesurés du 19 au 20 Septembre 2022 sur la conduite primaire 36
Figure 16: Valeurs des pressions mesurées le 08/09/2022 36
Figure 17 : Etat de la simulation hydraulique du SAEP existant 38
Figure 18:Resultats d'une simulation à 17h00 du SAEP existant 38
Figure 19 : Consommation spécifique moyenne journalière de 40
L'année de la cité Wend-Panga de 2017à 2021 40
Figure 20: Résultats de la simulation à 17h00 du nouveau réseau de Nabdogo 45
Figure 21 : Comparaison des pressions aux nœuds des simulations sur Excel 46
et Epanet 46

INTRODUCTION

Le Burkina Faso , littéralement « Pays des hommes intègres » est un pays d'Afrique de l'Ouest . Il est situé entre 10° et 15° de latitude Nord ; 2° de longitude Est et 5° 30' de longitude ouest . Il est entouré par : le Mali au nord et à l'ouest , le Niger à l'est , le Bénin au sud-est , le Togo et le Ghana au sud et la Côte d'Ivoire au sud-ouest . Il n'a donc pas de débouché sur la mer . C'est un pays très plat qui s'étend sur une superficie de 274 200 km^2 , le point culminant est le mont Tena Kourou à 747 m à l'ouest . La population du Burkina Faso est d'environ 20 505 155 habitants en fin 2019 , selon le rapport du Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso (5 ^{e} RGPH 2019) . Du point de vue hydrologique , le territoire du Burkina Faso est à cheval sur trois bassins versants internationaux que sont : le bassin versant de la Comoé , le bassin versant de la Volta (Nakanbé et Mouhoun) et celui du Niger .

La population de la ville de Ouagadougou était estimée en 1960 à 59 000 habitants . En Fin 2006 , soit 46 ans plus tard , les résultats du recensement indiquent qu'elle avait été multipliée par 25 , et qu'elle atteignait alors près de 1 , 5 millions d'habitants . Elle est estimée à 2 979 489 habitants en fin 2021 , selon le dernier rapport du RGPH 2019 . Cette explosion démographique croissante de la ville de Ouagadougou est accompagnée d'une urbanisation effrénée et décousue , qui cause le problème crucial de l'accès à un logement décent . Il faut noter que culturellement , tous les Burkinabès , quel que soit leur rang social , aspirent à un toit décent . Pour résoudre ce problème de logement décent , beaucoup de promoteurs Immobilier acquièrent des terrains dans les périphériques de la ville de Ouagadougou et procèdent à leur aménagement et leur viabilisation pour en faire des cités . C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude dont le Thème s'intitule « Etude technique de faisabilité de l'alimentation en eau potable de la cité de Nabdogo dans la commune rurale de Loumbila (BURKINA - FASO) » .

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Présentation de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement

I.1.1 Généralités

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) est une société d'Etat créée par le décret N°85/387/CNR/PRES/EAU du 22-07-1985 . Son siège social est établi à l'avenue de l'ONEA , porte n°220 , ex-secteur 17 , Pissy , 01 BP 170 Ouagadougou 01 au Burkina Faso . Il est placé sous la tutelle technique du Ministère de l'environnement de l'eau et de l'assainissement , sous la tutelle financière du Ministère de l'économie , des finances et de la prospective ainsi que du Ministère du développement Industriel du commerce , de l'Artisanat et des petites et Moyennes Entreprises . Il a pour mission la création , la gestion et la protection des installations de captage , d'adduction , de distribution d'eau potable pour les besoins urbains et industriels . Il a également pour mission la création , la promotion et l'amélioration ainsi que la gestion des installations d'assainissement collectifs , individuels ou autonomes pour l'évacuation des eaux usées et des excréta en milieu urbain et semi-urbain . Les rapports entre l'Etat et l'ONEA sont régis par un contrat plan triennal et un cahier des charges qui fixe les conditions de création , d'exploitation et de protection des infrastructures d'eau et d'assainissement sous gestion ONEA . Les rapports entre l'ONEA et les usagers du service public sont , quant à eux régis par des règlements de service eau assainissement qui informent les usagers sur le fonctionnement du service et qui définissent les droits et obligations de chaque partie . Actuellement l'ONEA gère cinquante-huit (58) centres couvrant l'ensemble du territoire national dotés de système d'approvisionnement en eau potable . Engagé dans le système de management de la qualité , pour une plus grande satisfaction de ses clients , l'ONEA est certifié ISO 9001 depuis novembre 2009 .

I.1.2 Présentation de la Direction de la Maitrise d'Ouvrage (DMO)

La Direction de la Maîtrise d'ouvrages (DMO) est constituée comme suit : le Département Projets Eau Potable Ouagadougou (DPEPO) , le Département Projets Eau et Assainissement (DPEA) et sept (07) services parmi lesquels le Service Etudes et Travaux , service au sein duquel nous avons effectué ce stage .

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

La commune rurale de Loumbila est située dans la région du Plateau Central précisément dans la province d'Oubritenga . Elle fait partie des sept (07) communes que compte la province d'Oubritenga . La commune de Loumbila est distante de Ziniaré (chef-lieu de la région du Plateau central) de 07 km et de Ouagadougou (capitale du Burkina-Faso) de 20 km . Elle s'étend sur une superficie de 176 , 99 km^2 (base de données de l'IGB) soit 2 , 05 % du territoire provincial et couvre trente-un (31) villages . Elle est limitée selon la Figure N°01: à l'Est par la commune de Ziniaré ; à l'Ouest par la commune de Pabré et l'arrondissement de Nongremasson de la ville de Ouagadougou; au Nord par la commune de Dapélogo ; au Sud par la commune de Saaba [1] .

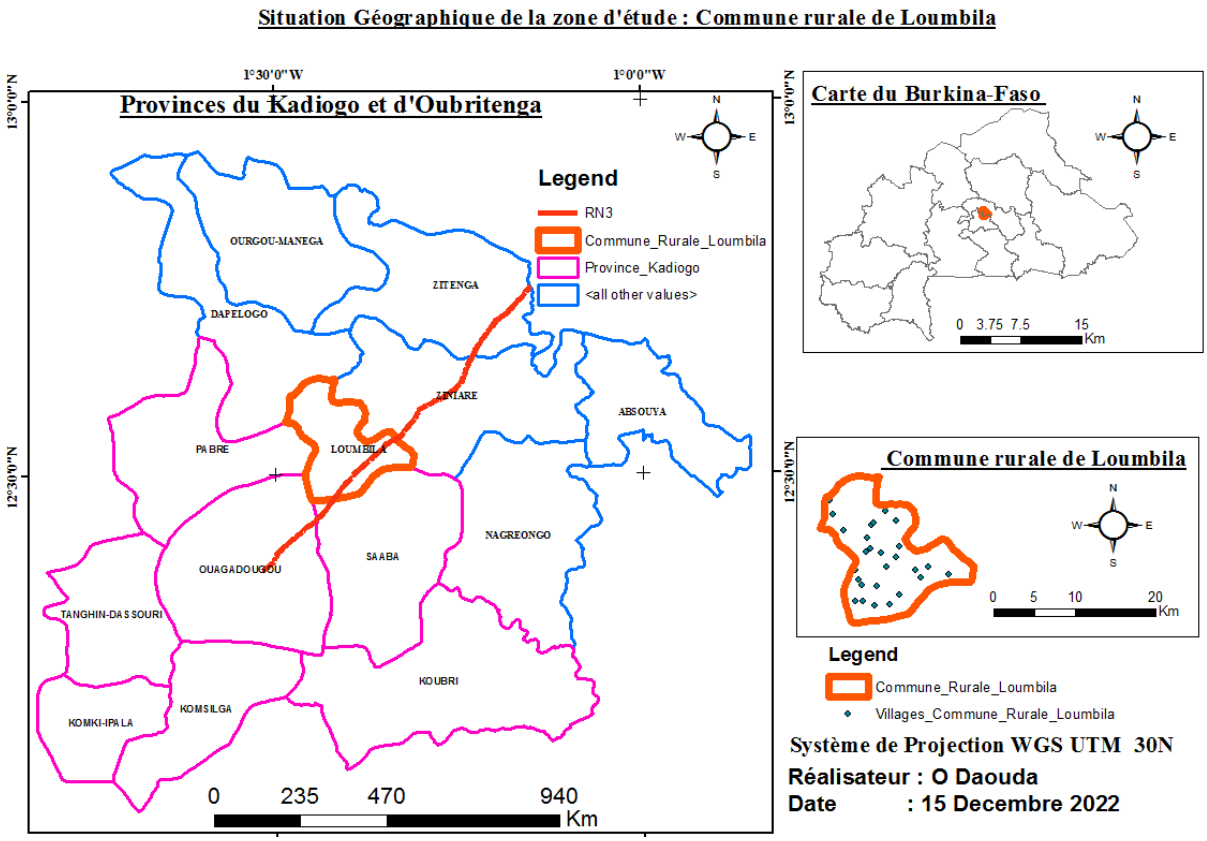


Figure 1:Situation géographique de la commune rurale de Loumbila

I.2.2 Caractéristique démographique

Selon le rapport du Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) 2019 du Burkina Faso , la population totale de la commune rurale de Loumbila est de trente-six mille quatre cent cinquante-cinq (36 455) habitants [2] .

I.2.3 Organisation Administrative

La commune rurale de Loumbila est dirigée administrativement par une délégation spéciale installée le 22 juin 2022 .Cette délégation spéciale a à sa tête le préfet qui est le président de la délégation spéciale . Le pouvoir de celle-ci se limite aux actes de pure administration et de gestion urgente durant le règne du MPSRII .

I.2.4 Activités Economiques

Du fait de sa position sur la RN 3 entre Ouagadougou et Ziniaré , Loumbila est un important centre d'échanges marchands . La ville possède plusieurs hôtelleries et activités de restauration . Avec l'expansion démographique , et en raison de la proximité de Ouagadougou , la ville de Loumbila s'est fortement développée depuis le milieu des années 2000 . De nombreux nouveaux quartiers résidentiels ont été créés de part et d'autre de la RN3 en raison de l'afflux des populations .

I.2.5 Climat

La commune de Loumbila est située dans la zone climatique soudano-sahélien comprise entre les isohyètes 600 mm et 900 mm c'est la zone climatique la plus vaste du Burkina -Faso , elle s'étale sur tout le centre du pays et caractérisée par deux saisons bien marquées : une saison sèche qui dure environ huit (08) mois (d'octobre à mai) , elle est marquée par l'harmattan , vent sec et frais qui souffle de Novembre à février avec des températures douces autour de 32°C . Les températures oscillent généralement entre 21°C (minimales) et 45°C (maximales) ; une saison pluvieuse qui s'étale sur environ quatre (04) mois (Juin à Septembre) : elle est annoncée par la mousson , vent chaud et humide soufflant du Nord-est au Sud-ouest [1] .

I.2.6 Hydrographie

Le réseau hydrographique de la commune de Loumbila s'organise autour du bassin versant de la volta . Il se caractérise par sa faible densité et son entière dépendance des précipitations . Ce

sont des cours d'eau de régime tropical à saison contrastée . Leur écoulement est fonction du relief et s'estompe après les pluies . L'ensemble des eaux de la commune est drainé vers le fleuve Nakanbé . La superficie globale des zones d'inondations temporaires de la Commune est estimée à 16 , 82 km^2 soit 9 , 82% de la superficie du territoire communale . Par ailleurs , il existe dans la commune six (6) plans d'eau artificiels (barrages) situés respectivement à Loumbila , Ramitenga , Goué , Goundry , Nongeustenga et Nomgana [1] .

I.2.7 Sols

Trois (03) principales classes de sols sont rencontrées dans la commune de Loumbila : Les sols peu évolués sur matériaux gravillonnaires (sol d'érosion d'apport) ; les sols minéraux bruts ou lithosols (sols squelettiques) ; et enfin les sols hydromorphes (sur matériaux argilo-sableux)[1] .

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Contexte et Problématique

L'Assemble Nationale du Burkina-Faso (BF) a adopté en 2008 la loi N°057-2008/AN portant promotion immobilière au Burkina Faso , pour régir l'activité de la promotion immobilière . La promotion immobilière consiste à : réaliser ou à faire réaliser les opérations d'urbanisme et d'aménagement définies par le code de l'urbanisme et de la construction au Burkina Faso ; l'édification , l'amélioration , la réhabilitation ou l'extension de constructions sur des terrains aménagés . Ainsi donc le promoteur Génie-Foncier est chargé de l'aménagement d'un terrain de 175 ha dans la commune rurale de Loumbila , pour la construction d'une cité . La mise en place de cette cité permettra au Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat à travers le Programme National de Construction de Logements (PNCL) d'atteindre son objectif qui est : « l'accès de tous à un logement adéquat , sûr et accessible , et aux services de base » .

Pour faciliter l'accès à l'eau potable aux futurs habitants de ladite cité , le promoteur a sollicité les services de l'ONEA pour la mise en place d'un réseau de distribution d'eau potable dans ladite cité . Pour ce faire la Direction de la Maitrise d'Ouvrage (DMO) , est chargée de faire l'étude d'avant-projet détaillée (APD) pour l'alimentation de la cité en eau potable . Le présent stage consistera à mener cette étude d'APD . A la fin du stage un mémoire sera rédigé et soutenu pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur 2iE avec grade de Master Spécialité « Génie de l'eau , de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles » . Cette étude contribuera à l'atteinte de l'objectif N°6 des ODD : « Garantir l'accès de tous à l'Eau et à l'Assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau » .

II.2 Objectifs

Ce projet va permettre au promoteur immobilier d'atteindre son objectif à savoir mettre à la disposition des populations une cité viabilisée . De plus , cela va entrainer une augmentation du nombre des abonnés aux réseaux d'eau de l'ONEA de la ville de Loumbila .

II.2.1 Objectif global

L'objectif général est de faire l'étude de faisabilité technique et financière de l'extension du réseau de distribution d'eau potable de la ville de Ouagadougou ou de la commune rurale de Loumbila pour l'alimentation en eau potable de la future cité de NABDOGO .

II.2.2 Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement , il s'agira de :

- Faire un diagnostic du système d'alimentation en eau potable existant ;
- Concevoir et dimensionner le réseau de distribution en eau potable de la cité de NABDOGO ;
- Effectuer une analyse financière du coût global des investissements ;
- Etablir une Notice d'Impact Environnemental que les inversement identifiés vont provoquer .

III. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Afin d'atteindre les objectifs fixés , une démarche méthodologique s'articulant autour des points suivants a été adoptée : la recherche documentaire ; les visites et travaux de terrain ; le traitement des données et la rédaction du rapport .

III.1 Méthodologie de l'étude

Cette partie décrit : la recherche documentaire , les travaux de terrains , la collecte des données suivi de leur traitement , pour l'atteinte des résultats attendus et enfin la rédaction du mémoire .

III.1.1 Recherche documentaire

Elle a succédé , au choix du thème d'étude , et à l'élaboration des termes de référence (TDR) . A travers la bibliothèque numérique de l'Institut 2iE , le moteur de recherche Google et aux archives des rapports d'études de la Direction de la Maitrise d'ouvrage de l'ONEA , des mémoires d'Etudiants et des rapports techniques d'études , traitant du même thème ont été collectés , lus et analysés pour mener à bien l'étude .

III.1.2 Visites et Travaux de terrains

Des missions ont été effectuées sur le site d'étude pour : connaitre les ouvrages et équipements de l'AEP existant , connaitre les limites géographiques de la cité à alimenter . Ces visites ont permis de recenser les obstacles , de définir les outils et matériels nécessaire , pour les mesures de débits , de pressions et de choisir le point de piquage .

III.1.3 Collecte et traitement des données

L'analyse et l'interprétation des données collectées ont permis de faire le choix du type de réseau de distribution à mettre en place , les différents types de logiciel à utiliser , le choix des hypothèses et formules pour la suite de l'étude .

III.2 Matériels

Le matériel utilisé pour l'obtention des données et leurs traitements est :

- Un GPS différentiel utilisé pour le levé topographique du profil en long de la conduite primaire ;
- Le logiciel Arc-view 3 .2a et son extension Dc Water Design ont été utilisés pour la mise à jour et de la modélisation du SAEP existant ;
- Le logiciel de dessin Autocad 2018 et Covadis 2016 ont été utilisés pour le traitement des données et le tracé du nouveau du réseau de distribution ;
- Le logiciel Epacad pour le passage d'Autocad 2018 à Epanet par conversion des fichiers d'extension dxf en fichiers d'extension inp ;
- Le logiciel Excel pour les différentes notes de calcul ;
- Le logiciel Word pour la rédaction du présent mémoire ;
- Le logiciel Epanet pour la simulation du fonctionnement et l'étude diagnostic du réseau d'Alimentation en Eau Potable actuel et la modélisation de l'extension .

III.3 Hypothèse de calcul

Les hypothèses suivantes ont été utilisées pour le diagnostic du réseau d'eau potable existant , pour la conception et le dimensionnement du futur réseau de distribution de la cité .

a. Horizon du projet

Un projet est défini par un horizon qui est la période au cours de laquelle les investissements du projet assureront le service comme prévu . Les études du présent projet auront deux (02)

horizons . Le premier horizon est de 2030 concerne la vérification de la capacité du SAEP existant à répondre aux objectifs du PN-AEP qui prend fin en 2030 ; le second horizon sera de 2037 , l'année de saturation de la nouvelle cité et cela conformément aux termes de références du promoteur immobilier .

b. Source d'approvisionnement en eau de la cité de Nabdogo

On gardera la source d'alimentation actuelle en eau potable de la commune rurale de Loumbila qui est le château d'eau RB d'une capacité de 2000 m^3 , jusqu'aux horizons du présent projet . Cette source sera renforcée avec la phase III d'extension de la capacité de production de la station de traitement d'eau potable de Ziga en cours d'étude .

c. Critère d'estimation des populations à desservir en eau potable

Partant du fait que la ville de Loumbila fait partie du projet grand Ouagadougou , et des critères utilisés par l'ONEA pour le calcul du taux d'accès au service de l'eau[3] , il a été retenu pour l'estimation de la population desservi pour le diagnostic du SAEP existant : un branchement particulier (BP) pour sept (07) personnes et une borne fontaine (BF) pour 300 habitants . Pour celle de la nouvelle cité de Nabdogo , un BP desservira six (06) personnes[3] .

d. Choix d'une cité de référence pour l'estimation des consommations spécifiques

Le choix d'une citée de référence s'est imposé par le manque de données sur la population des futurs occupants de la cité de Nabdogo . Le choix s'est porté sur la cité Wend-Panga car elle est située dans la ville de Loumbila à une distance de deux (02) Km environ de notre cité d'étude . L'analyse des consommations spécifiques domestiques d'eau des cinq dernières années (2017 à 2021) de cette cité permettra de prévoir celles de notre projet .

e. Taux d'accès au service d'eau

Le taux de desserte est la proportion de la population desservie en eau potable par rapport à la population totale urbaine . Elle correspond à la population qui disposera de l'eau potable à partir du réseau d'eau existante et au nouveau à réaliser . Pour se rallier aux objectifs du PN-AEP , le taux d'accès retenu pour la population qui s'approvisionnera sur le réseau de distribution existant à l'horizon 2030 est de 100 % et reparti comme suit : 80 % de la population de l'agglomération urbaine auront des BP et les 20 % restant s'approvisionneront à partir des BF . Le taux prévu pour les habitants de la nouvelle cité est de 100 % à saturation à partir des BP .

f. Vitesse et pression

Le réseau a été calculé avec des conditions de vitesse de : une vitesse minimale de 0 , 2 m/s- 0 , 3 m/s [4] destinée à éviter des dépôts de matière en suspension et une vitesse maximale de 1 ,5 m/s pour limiter les pertes de charge [4] . Afin d'optimiser le choix des diamètres des conduites une vitesse économique de 1 m/s a été retenue pour les calculs .

Une pression minimale de 1 bar à chaque nœud du réseau et à tout point de déserte (BP) a été retenue pour les calculs , conformément aux normes de distribution d'eau de l'ONEA .

g. Choix des Matériaux des canalisations du réseau de distribution

Les matériaux des canalisations usuels dans l'AEP sont de quatre (04) grands ordres : la fonte ductile , l'acier , le PVC et le PEHD . Ces matériaux sont classés en termes de résistance à la pression comme suit : l'acier , la fonte ductile , le PVC et le PEHD . Habituellement en AEP le choix des matériaux des canalisations se base sur trois (03) conditions : la sécurité de service , la longévité et le facteur économique . Il a été retenu des conduites en PVC pour ce projet , car le réseau ONEA pour la distribution est généralement en PVC , donc le choix par défaut de tout nouveau réseau à poser sera le PVC ; en plus vu son prix moins cher , sa facilité de pose , l'emboitement se fait à l'aide d'une barre à mine et à sa facilité de réparation en cas de fuite d'eau par rapport aux autres matériaux .

h. Choix des diamètres commerciaux

Après les calculs des diamètres théoriques , il sera retenu les diamètres commerciaux parmi ceux de la gamme des diamètres nominaux qu'utilisent couramment l'ONEA qui sont : DN 63 , DN 90 , DN 110 , DN 160 , DN 200 , DN 250 , DN 300 etc.

i. Heure de pointe et Heure creuse

Les heures de pointes pour les consommations d'eau retenues sont : de 6 h 00 à 9 h 00 et de 16 h 00 à 20 h 00 , les restes des heures sont des heures creuses . On retiendra les résultats des simulations faites à 7 h 00 qui est une heure de pointe et ceux de 24 h 00 qui est une heure creuse .

III.4 Diagnostic du système d'Approvisionnement en Eau Potable Existant

Le diagnostic a pour objectif de vérifier la capacité du système actuel de distribution d'eau à satisfaire à la demande en eau de la population actuelle et future puis de vérifier la possibilité d'effectuer une extension du réseau de distribution pour l'alimentation en eau de la nouvelle cité en projet .

III.4.1 Description du système d'approvisionnement en eau existant

Un bon diagnostic passe par une bonne connaissance des composants du système d'approvisionnement en eau de la ville .

a. Population desservie par le réseau de distribution de l'ONEA

Selon les données de suivi de la production et de la distribution d'eau potable de l'ONEA , on dénombre une population de cinq mille deux cent trente un (5 231) habitants en fin d'année 2021 desservie par le SAEP existant [3] .

b. Source d'alimentation en eau potable du SAEP

L'alimentation en eau potable des villes de Ouagadougou , Ziniaré , Pabre et Loumbila est assurée principalement par la station de traitement d'eau potable de Ziga . Des forages viennent en appoint à celle de la ville de Ouagadougou . Le réseau de distribution d'eau de la ville de Loumbila à sa création dans les années 2013 se faisait sur un piquage dans la ville de Ziniaré sur la conduite PeHD DN 400 alimentant ladite ville à partir du réservoir de Boudtenga . De ce point par une conduite PeHD DN 250 vers la ville de Loumbila . Ce même réservoir alimente également la ville de Ouagadougou . L'alimentation de ces villes à partir du réservoir de Boudtenga se fait gravitairement . L'eau arrivait gravitairement à Loumbila dans une bâche d'une capacité de 200 m^3 et trois pompes de surface dont les caractéristiques sont : (Q = 25 m^3/h ; HMT = 28 m) assuraient le refoulement vers un château d'eau d'une capacité de 150 m^3 qui a son tour distribuait l'eau dans tout le réseau de distribution . Au fil du temps les SAEP en eau des villes de Loumbila et de Ziniaré n'arrivaient pas à satisfaire à la demande en eau des populations et cela s'explique par le fait que la station de traitement d'eau potable n'est pas à mesure de maintenir un niveau d'eau dans le réservoir de Boudtenga pour alimenter les conduites de prise d'eau de la ville de Ouagadougou et de celle des villes de Ziniaré et de Loumbila en même temps . Il faut noter que la prise de la conduite d'adduction vers Ziniaré est à un niveau plus haut que celle alimentant la ville de Ouagadougou en partant du radier .

De nos jours , la ville de Loumbila est alimentée à partir du réservoir RB d'une capacité de 2000 m^3 situé dans la ville de Ouagadougou à une vingtaine de kilomètre de la ville de Loumbila . La bâche de Loumbila est toujours alimentée par la conduite venant de Ziniaré et cette eau est pompée vers le château d'eau de 300 m^3 situé à 7 km de Loumbila dans le village de Donsin qui abrite le nouvel aéroport International de Ouagadougou .

c. Château d'eau

C'est le château d'eau RB de la ville de Ouagadougou qui assure la desserte en eau des sept (07) secteurs (Tanghin ; Sambin barrage ; Somgandé ; zone industrielle ; Nioko 2 ; Bendogo ; Toukin) de l'arrondissement Nº4 de ladite ville et de la ville de Loumbila . La station de pompage Nº03 situé dans la ville de Ouagadougou assure l'alimentation en eau des châteaux d'eau dont celui de RB . Une conduite fonte DN 1200 alimente également le château d'eau RB gravitairement depuis le réservoir de Boudtenga .

d. Réseau de distribution

Il est composé de conduites primaires , secondaires et tertiaires , en matière plastique (PVC et PEHD) . La conduite primaire en PVC est piquée sur une conduite fonte DN 400 qui est un prolongement de la conduite Fonte DN 600 qui part du château d'eau RB . Elle part en DN 200 sur une longueur de 3 , 865 km et se réduit en DN 160 sur un linéaire de 11 , 608 km , pour se bouchonner au pied du château d'eau de 150 m^3 isolé dans la ville de Loumbila . Le linéaire total du réseau secondaire et tertiaire de distribution est 62 , 642 Km .

Le tableau ci-dessous présente le matériau constitutif des conduites et de leurs linéaires .

Tableau 1: Etat des canalisations existantes

Diamètre (mm)		63	75	90	110	160	200
Linéaire (Km)	PEHD	30 ,793	-	12 ,362	10 ,155	-	-
	PVC	3 ,149	2 ,981	0 ,877	2 ,325	11 ,608	3 ,865

III.4.2 Indicateurs de desserte de la population

a. Point de desserte

Un point de desserte est un endroit à partir duquel un usager peu s'approvisionner en eau potable . Le SAEP de la ville de Loumbila compte deux types de point de desserte qui sont : les points de desserte collectifs ou bornes fontaines et les points de dessertes individuels ou branchements privés . En fin d'année 2021 , on comptait huit cent (800) branchements privés actifs et vingt-six (26) bornes fontaines actives .

L'évolution du nombre de BP de la commune rurale de Loumbila de 2015 à 2019 se présente comme suit :

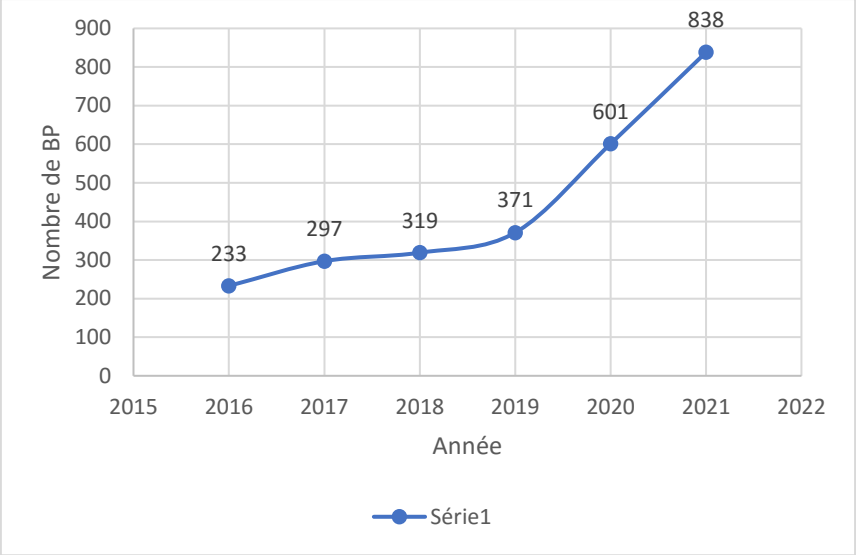


Figure 2: Etat de l'évolution des BP

b. Charge du réseau de distribution

Elle permet de connaitre le nombre d'abonnés par kilomètre de réseau de distribution . Elle se calcule par la formule suivante :

$\mathbf{CR = \frac{Nab}{LTR}}$	Avec : • CR : Charge du réseau ; • Nab : Nombre d'abonnés ; • LTR : Linéaire total du réseau

c. Consommation spécifique moyenne domestique de l'année

Elle est la quantité d'eau minimale nécessaire à un homme pour satisfaire ses besoins vitaux et si possible ses besoins de confort . Cette consommation varie en fonction de plusieurs facteurs : le niveau de vie , les habitudes , la disponibilité de l'eau , le climat , le prix de l'eau , la forme de la fourniture de l'eau (branchement particulier ou borne fontaine) , etc. . D'autre part , elle peut ou non évoluer d'une année à l'autre , en liaison avec l'évolution du niveau de vie [5] . Elle a été calculée sur la base des volumes d'eau mensuels facturés des six dernières années de la ville de Loumbila à partir des compteurs des branchements particuliers (BP) et des bornes fontaines (BF) .

- **Formule de calcul de la Consommation spécifique moyenne des BP**

$$C_{s_i} = \frac{C_{m_i}}{N_i * N_{BP_i} * N_{hab}}$$	Avec : • C_{S_i} : Consommation Spécifique moyenne du mois i [l/j/hab] ; • C_{m_i} : Consommation des BP de la cité du mois i [l/mois] • N_i : Nombre de jour du mois [j] ; • N_{BP_i} : Nombre de BP facturé au cours du mois du moi i [U] • N_{hab} : Nombre d'habitants par ménage

- **Formule de calcul de la Consommation spécifique moyenne des BF**

$$C_{s_i} = \frac{C_{m_i}}{N_i * N_{BF_i} * N_{hab}}$$	Avec : • C_{S_i} : Consommation Spécifique moyenne du mois i [l/j/hab] ; • C_{m_i} : Consommation des BF du mois i[l/mois] • N_j : Nombre de jour du mois du mois i[j] ; • N_{BF_i} : Nombre de BF facturé au cours du mois i [U] • N_{hab} : Nombre d'habitants desservi par BF

La figure 3 ci-dessous présente une comparaison de l'évolution du nombre des BP comparée à leur consommation annuelle d'eau potable .

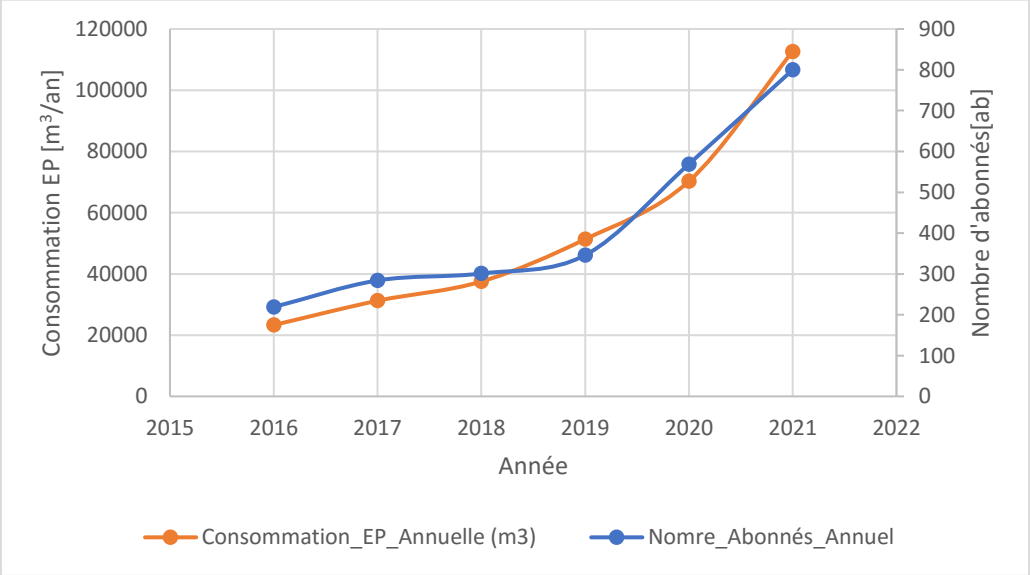


Figure 3 : Etat de l'évolution comparé des abonnés (BP) et des consommations

d. Taux d'accès au service d'eau

Le taux d'accès au service d'eau est le nombre d'habitants ayant accès à des points de livraison d'eau potable fonctionnels rapporté à la population totale de l'agglomération durant la même période d'observation[6] . Le taux d'accès au service d'eau de la ville de Loumbila selon les statistiques de l'ONEA se présente comme suit : 63 % pour l'année 2019 ; 82 % pour l'année 2020 et 100 % pour l'année 2021 .Ce taux est satisfaisant comparativement à l'objectif du PN-AEP qui est le taux d'accès au service d'eau soit de 100 % sur tout le territoire National à l'horizon 2030 .

III.4.3 Paramètre hydraulique de distribution

Pour connaitre les valeurs maximales , moyennes et minimales de débit et de pressions de l'eau véhiculée par la conduite primaire de transport d'eau de la ville de Ouagadougou à la ville de Loumbila des mesures de débits et de pressions in situ ont été faites .

a. Mesure de débit

Le débitmètre utilisé est de Marque SEVERIN de type : Débitmètre à ultrasons Seflow 400 . Une tranchée de 2 m de long , sur 1 m de large à une profondeur de 1 , 5 m a été effectuée pour placer les capteurs de mesures sur la conduite . Ces capteurs sont reliés à l'enregistreur de débits . Après 24 h d'affiler de mesure le dispositif a été débranché et les débits ont été déchargés à partir d'un ordinateur portable muni d'un logiciel de déchargement .

La pose des capteurs et l'enregistreur des débits sont perceptibles respectivement à travers les figures 4 et 5 suivantes :



Figure 4: Fixation des capteurs sur la conduite PVC DN 200



Figure 5 : Enregistreur de débit

b. Mesure de Pression

Pour ce faire , un collier de prise en charge a été placé sur le point de piquage (conduite primaire DN 200 , d'amener d'eau de Ouagadougou à Loumbila) , sur lequel est place un logger enregistreur de pression pendant quatre jours .

La pose du logger sur la conduite s'est fait selon la figure 6 ci-dessous :



Figure 6: Pose de Loger

III.4.4 Modélisation Hydraulique du SAEP existant

Cette modélisation a pour but de ressortir les paramètres hydrauliques (débit , vitesse et pression aux différents nœuds) en fonctionnement réel . La modélisation a été faite à partir du logiciel « Arc-view 3 .2a » et de son extension « DC Water Design » .

a. Présentation du logiciel « Arc-view 3 .2a et son extension

Il est le logiciel utilisé par l'ONEA pour la gestion de son système d'information Géographique . Les données collectées sont saisies sous deux formats dans le logiciel : format digital pour les graphiques , et format tabulaire pour les données descriptives . Les deux types de données sont intégrées en un seul fichier dit thème ou couverture .

- **Session de Travail**

Au démarrage du logiciel , l'interface ci-dessous se présente à l'utilisateur , à cet instant une session de travail peut commencer . Elle est un ensemble de fichiers Arc-view qui peut comprendre les éléments suivants : des VIEWS (fonds de cartes) , des TABLES (tableau Contenant des données descriptives) , des CHARTES (graphiques) , des LAYOUTS (cartes habillées ou mises en page) , des SCRIPTS (programmes) . Les deux figures 7 et 8 ci-dessous permettent de visualiser l'interface et les thèmes d'un projet .

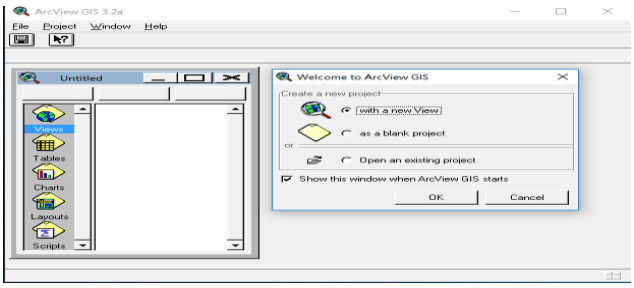


Figure 7: Visualisation de l'interface

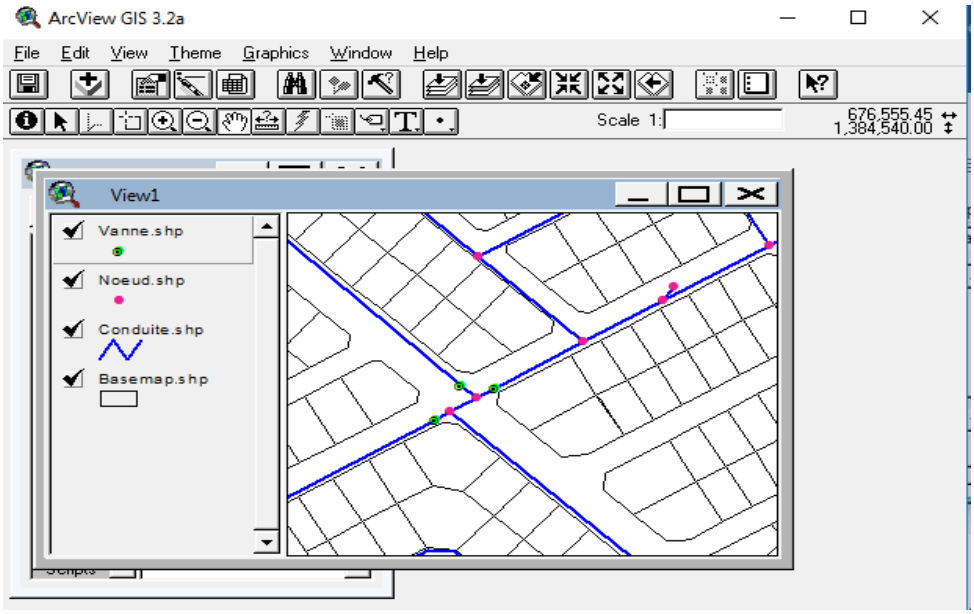


Figure 8 : Visualisation et organisation des thèmes d'un projet

b. Présentation de l'extension DC Water Design

Elle est une extension du logiciel de simulation Epanet qui s'utilise avec le logiciel Arc-view 3 .2a . Elle contient les outils utilisés sur Epanet pour tracer le schéma du réseau hydraulique et pour faire la simulation hydraulique . Une autre utilisation est de modéliser le réseau sur Arc-view 3 .2 a et de l'exporter afin de faire la simulation hydraulique sur le logiciel Epanet .

c. Création du model hydraulique

Elle nécessite les couches vectorielles suivantes : une couche pour les nœuds (Point) ; une couche pour les conduites (Ligne) ; une couche pour les réservoirs ou tanks (Point) ; une couche pour les vannes (Point) ; une couche pour les pompes (Point) . Ces couches de la zone d'étude ont été extraites à partir de la base des données de gestion et d'exploitation du SAEP de la ville de Ouagadougou . Ces données sont gérées et mise à jour par le service SIG de la Direction Régionale de Ouagadougou .

Le model hydraulique a été élaboré en suivant l'ordre des tâches ci-dessous :

- **Activation et paramétrage de l'extension « Dc Water Design »**

Après avoir chargé les différentes couches , il a été procédé à l'activation et au paramétrage de l'extension « Dc Water Design » comme indique la figure 9 ci-dessous :

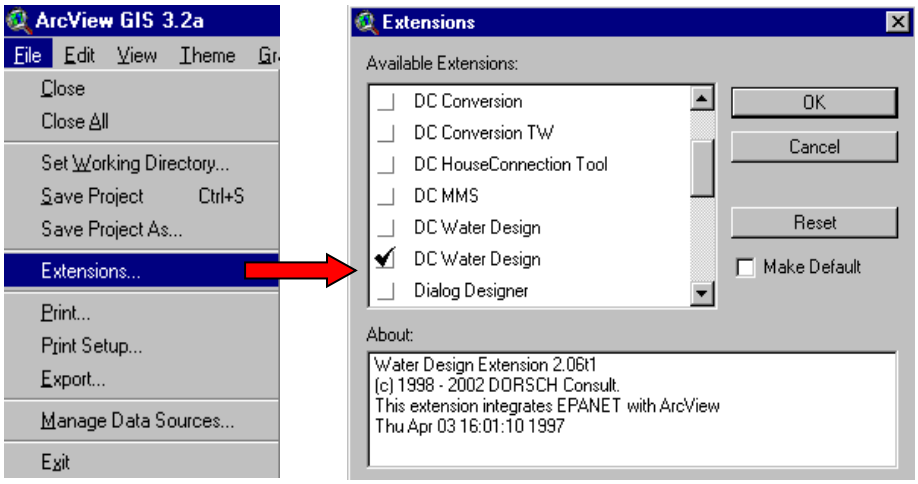


Figure 9 : Activation de l'extension : "DC Water Design"

Apparition des outils de modélisation d'Epanet , vue à travers la figure 10 comme suit :

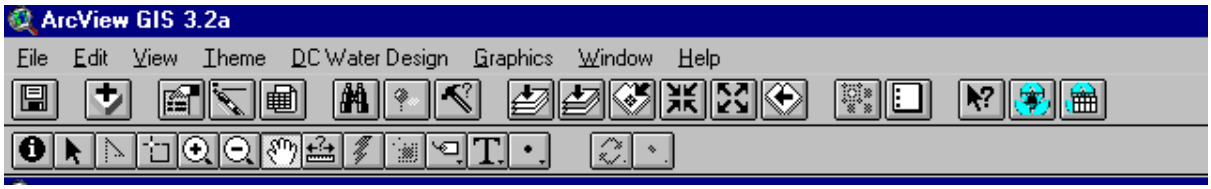


Figure 10: Ensemble des outils de modélisation hydraulique

- **Vérification de la Topologie du réseau existant**

La topologie décrit les relations entre les points , lignes et polygones qui représentent des entités dans une région géographique . L'outil « chech Epanet Model » de l'extension « DC Water Design » a été utilisé pour analyser les couches vectorielles et leur topologie en testant différentes règles de topologie . Les types d'erreurs recherchées sont : Nœuds ou conduites dupliqués au même endroit , manque de données dans les tables d'attributs , comme on peut lire sur la figure 11 ci-dessous : « **Found 397 pipes with roughness 0** » .

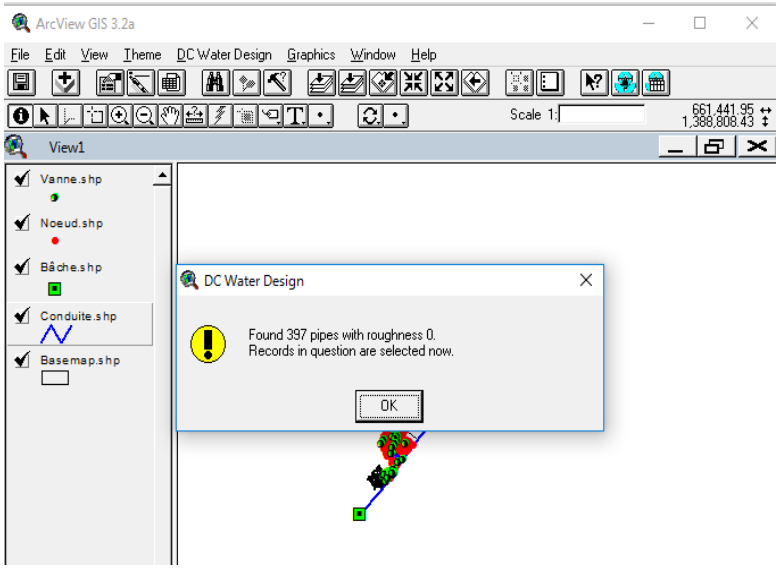


Figure 11 : Etat de la topologie du réseau pour un essai

- **Création des courbes de niveau**

Vu que les altitudes sont des données d'entrées des nœuds du réseau de distribution d'un modèle hydraulique , Il a été nécessaire d'élaborer des courbes de niveaux afin d'utiliser l'outil d'arcview 3 .2a « Data by location » pour affecter l'altitude de la courbe de niveau la plus proche d'un des nœuds hydrauliques à travers la méthode suivante : Une image de la ville de Loumbila a été obtenue à partir de Google Earth . Sur cette image un semi de point quadrillant toute l'image a été faite , suivi d'un enregistrement du fichier sous l'extension « KML » . Ce fichier a été envoyé , sur le logiciel en ligne « GPS-Visualiser » , pour générer les coordonnées géographique (X , Y , Z) de tous les points du semi , il ressort un fichier à extension « .gpx » qui sera traite avec le logiciel « TCX -Converter » pour sortir avec un fichier en format Excel extension « CSV » . Ce dernier fichier traité sera enregistré en format txt (Séparateur : Tabulation) . Enfin le logiciel Autocad 2018 et Covadis 2016 ont été utilisés pour la création d'un modèle numérique de Terrain (MNT) et des courbes de niveau .

- **Affectation des altitudes des courbes de niveau aux nœuds hydraulique**

Il est affiché sur une même vue la couche de nœuds et celle des courbes de niveau . Avec l'activation de l'extension « GeoProcesssing » du logiciel Arcview 3 .2a et l'utilisation de son outil « Assign Data by location » on affecte les altitudes à chaque nœud hydraulique .

- **Affectation des demandes en eau à chaque nœud hydraulique**

Les consommations mensuelles des abonnés ont été fournies par la DSSI en fichier Excel . Apres analyse de la liste des abonnés et de leur consommation , il a été nécessaire d'effectuer des visites de terrains pour la mise à jour des références cadastrales des abonnés possédant des branchements prive (BP) et des bornes fontaines (BF) . Pour les BF et les BP hors lotissement , ils ont été annexés à la parcelle la plus proche .

- **Edition du modèle Hydraulique**

L'outil « **Make Epanet model** » permet d'ériger le modèle hydraulique et de visualiser la composition en nombre de l'ensemble des éléments formants le modèle réseau de distribution . Les résultats de l'édition du modèle hydraulique se présentent comme la figure 12 :

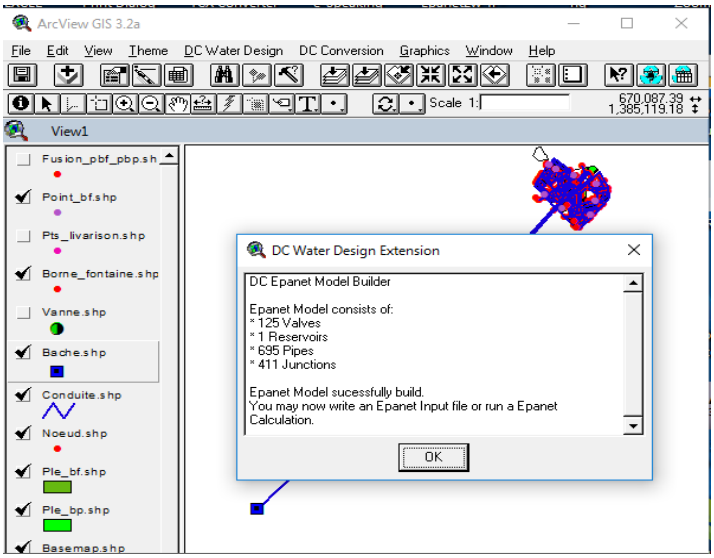


Figure 12 : Eléments constitutifs du modèle Hydraulique

d. Courbe de modulation

La répartition de la consommation sur une journée est très importante et a une grande influence sur le comportement hydraulique du réseau de distribution . Pour ce faire il a été établi sur la base des débits mesurés sur la conduite primaire qui alimente la ville de Loumbila les coefficients de modélisation .

III.5 Conception et Dimensionnement du réseau de distribution

Cette partie a permis , à partir des données collectées , des obstacles vues sur le terrain , des mesures de débits , de pressions effectuées sur l'AEP existant , des formules , des hypothèses émises de concevoir et de dimensionner des ouvrages , des équipements hydrauliques efficaces et optimisés .

III.5.1 Estimation des besoins en eau de la population

Les besoins en eau correspondent à la quantité d'eau nécessaire , pendant une période donnée , pour la satisfaction complète des besoins de la population .

a. Estimation de la population

La population totale considérée pour le calcul hydraulique est la somme de l'effectif de la population actuelle en 2030 devant continuer à s'approvisionner à partir du réseau d'eau existant et de l'effectif de celle devant habité la nouvelle cité à saturation .

- **Estimation de la Population actuel en 2030**

Pour l'estimation de l'effectif de la population à l'horizon 2030 , il existe plusieurs méthodes qui sont entre autres le modèle de croissance arithmétique , le modèle de croissance géométrique et le modèle de croissance à taux décroissant . Pour cette étude , il sera retenu le modèle de croissance géométrique .

La formule est la suivante [5] :

$\mathbf{P_i = P_0 x (1+\alpha)^n}$	Avec : • P_i : Population à l'horizon du projet ; • Po : Population de l'année de référence (2021) ; • n : Nombre d'année séparant l'année de référence et l'horizon du projet ; • α :Taux d'accroissement de la population

- **Taux d'accroissement de la population**

Se basant sur la formule retenue ci-dessus retenue pour le calcul de l'effectif de la population à l'horizon 2030 , le taux d'accroissement sera calculé par la formule suivante[5] :

$\boldsymbol{\alpha = \left(\frac{P_i}{P_r}\right)^{\frac{1}{n}} - 1}$	Avec : • α :Taux d'accroissement de la population • P_i : Population à l'horizon du projet ; • Pr : Population de l'année de référence ; • n : Nombre d'année séparant l'année de référence et l'horizon du projet ;

- **Estimation de la population de la nouvelle cité à saturation**

C'est la population totale de la cité quand toutes les parcelles d'habitation seront bâties et habitées . Le promoteur immobilier dispose de cent soixante-quinze (175) ha à aménagement , de nos jours soixante-quinze (75) ha sont aménagés et 100 ha en attente . Il a été considéré pour les besoins de conception que l'aménagement des cent (100) ha suivront la même politique

d'aménagement . Le tableau 2 ci-dessous permet d'avoir une idée sur le nombre de parcelle que contera la cité en fin d'aménagement .

Tableau 2 : Nombre de lot d'habitation et commercial par Aménagement

Type de Lot	Aménagement de 75 Ha	Aménagement de 100 Ha	Aménagement total 175 Ha
	Nombre [U]	Nombre [U]	Nombre [U]
Nombre de parcelles de 300 m² (Habitation)	846	1128	1974
Nombre de parcelles de 240 m² (Habitation)	87	116	203
Nombre de parcelles de 600 m² (Commerciale)	24	32	56
Nombre de parcelles de 250 m² (Commerciale)	246	328	574

La formule ci-dessous a été utilisée pour le calcul de l'effectif de la population .

Effectif de la population de la cité = nombre de parcelles d'habitation x nombre d'habitants par ménage

b. Consommation spécifique moyenne

Elle a été calculée à base des volumes d'eau mensuel facturés de chaque abonné de la cité Wend-Panga des cinq dernières années (2017 à 2021) en utilisant la formule citée ci-dessus . En fin de l'année 2021 , la cité comptait cent soixante un (161) abonnés actifs [7] . Pour les BF ,il a été retenu les volumes d'eau mensuel facturés au niveau des BF de la ville de Loumbila des six dernières années (2016 à2021) .

c. **Besoin en eau journalier moyen domestique** .

Il est le volume d'eau qu'il faut par jour , pour satisfaire les consommations spécifiques journalières moyennes domestiques . Il est calculé en faisant le produit de la consommation spécifique journalière moyenne par l'effectif de la population .

$\mathbf{B_{jm} = P_t * C_s}$	Avec : • B_{jm} : Besoin en eau journalier moyen domestique [m^3/j] ; • Pt : Population Totale [hbts] • Cs : Consommation spécifique [l/j/hab]

d. **Besoins en eau Annexes** .

Les besoins en eau annexes se sont les besoins des services publics (écoles , centre commercial , centre de santé , culte , etc…) . Dans ce projet ces besoins ont été pris égale à 10 % des besoins en eau journalier moyen domestique .

$\mathbf{B_A = B_{jm} * 10\%}$	Avec : • $B_{A:}$ Besoins en eau Annexes[m^3/j] . • B_{jm} : Besoin journalier moyen domestique [m^3/j]

e. **Besoin en eau journalier moyen Total** .

Le besoin journalier moyen total représente la somme du besoin journalier moyen domestique et du besoin annexe .

$\mathbf{B_{jmt} = B_{jm} + B_A}$	Avec : • B_{jmt} : Besoin en eau journalier moyen domestique [m^3/j] ; • B_{jm} : Besoin en eau journalier moyen domestique [m^3/j] ; • $B_{A:}$ Besoins en eau Annexes[m^3/j] .

f. Variation des besoins en eau

Les consommations varient en terme quantitatif suivant les saisons , les jours de la semaine , les heures de la journée . Ces variations ont une influence directe sur les ressources en eau à mobiliser et ou les dimensions des installations[5] . Le dimensionnement d'un réseau d'AEP se fait de sorte à satisfaire les besoins en eau , en période de pointe . Ces besoins de pointe surviennent généralement en période de forte chaleur , les jours des marchés et les jours de fêtes .

- **Coefficient de pointe saisonnière**

Le coefficient de pointe saisonnière est influencé par 1es périodes de chaleur , 1es flux saisonniers de personnes (tourisme par exemple) , l'arrivée temporaire de consommateurs de ressources alternatives du fait de la détérioration de leur qualité et ou de leur tarissement . Il varie en situation normale entre 1 , 10 en zone tropicale humide où les ressources en eau sont abondantes et les températures stables , et 1 , 20 en zone sahélienne où le tarissement cyclique des ressources alternatives se conjuguent avec les fortes chaleurs [4] . Il sera calculé à l'aide de la formule suivante :

$\mathbf{K_{ps} = \frac{C_{jmp}}{C_{jma}}}$	Avec : • C_{jmp} : Consommation journalière moyenne du mois de mois de pointe[m^3/j] ; • C_{jma} : Consommation journalière moyenne de l'année [m^3/j]

- **Coefficient de pointe horaire**

Le coefficient de pointe horaire noté Kph rend compte de la pointe de la consommation au cours de la journée . Il exprime donc les habitudes du consommateur au cours de la journée . Il est indépendant de la saison . Il n'a aucune influence sur les quantités d'eau à mobiliser . Il est utilisé pour le dimensionnement du réseau de distribution , il varie entre 1 , 5 et 3 [8] . Il peut être raisonnablement approché à partir de la formule dite « GENIE RURAL » qui suit :

$\mathbf{Kph = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Qmh}}}$	Avec : • Q_{mh} : débit moyen horaire de distribution en [m^3/h] .

g. Rendement réseau

Le rendement du réseau de distribution d'eau potable , est l'un des indicateurs de performance du SAEP . Il se calcule en faisant le rapport entre le volume d'eau facturé et le volume d'eau mis en distribution . Il permet d'avoir une idée du volume d'eau perdu lors de la distribution . Ces pertes sont d'ordre commerciale (insuffisances sur les Activités de relevés et de saisie des indexes) , les vols d'eau , la vétusté des conduites et la mauvaise exécution des extensions et des branchements occasionnent des fuites d'eau . Pour cette étude il a été retenu un rendement réseau de : $\boldsymbol{\eta_d}$ = 90 % dû à la taille du réseau et de la présence d'un plombier pour assurer les activités de maintenance préventive et curative .

h. Débit de pointe horaire

Le débit de pointe horaire correspond au débit de distribution qui sera injecté dans le réseau de distribution . C'est le débit qui sera consommé par les populations au niveau des bornes fontaines et des branchements privés . Généralement , il est considéré 12 h de distribution pour les bornes fontaines et 24 h pour les branchements particuliers . Dans le présent projet il est considéré un temps de distribution de 24 h pour tout usage . Le calcul du débit a été fait par la formule suivante :

$$Q_{ph} = \frac{B_{jm} * K_{ps} * K_{Ph}}{\eta_d * T}$$	Avec : • Q_{ph} : Débit de pointe horaire en [m^3/h] ; • B_{jm} : Besoin journalier moyen en [m^3] ; • K_{ps} : Coefficient de pointe saisonnière ; • K_{ph} : Coefficient de pointe horaire ; • η_d : Rendement du réseau de distribution [%] ; • T : durée de la distribution [h] .

III.5.2 Conception du réseau de distribution

Le réseau de distribution d'eau est la partie du SAEP qui va de la sortie des réservoirs ou des châteaux d'eau jusqu'aux points de desserte (BP et BF) .

a. Structure du réseau

L'eau est distribuée aux consommateurs par des réseaux de conduites locaux , à l'intérieur de la zone alimentée . Les principaux éléments d'un réseau de distribution sont : les canalisations , les branchements , les pièces spéciales (coudes , vannes , compteurs , bouches d'incendies) et les ouvrages de génie civil (Regards , butée) . Selon les liaisons entre les différents tronçons de distribution , il existe en général deux types de réseau qui sont :

- **Réseau ramifié**

La caractéristique d'un réseau ramifié est que l'eau circule , dans toute la canalisation , dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires , vers les conduites tertiaires) . De ce fait , chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul côté .

Ce type de réseaux présente l'avantage d'être économique , mais il manque de sécurité (en cas de rupture d'une conduite principale , tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau) .

- **Réseau maillé**

Le réseau maillé dérive du réseau ramifié par connexion des extrémités des conduites (généralement jusqu'au niveau des conduites tertiaires) , permettant une alimentation de retour . Ainsi , chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés . Les petites rues sont toujours alimentées par des ramifications .

Ce type de réseaux présente les avantages suivants : plus de sécurité dans l'alimentation (En cas de rupture d'une conduite , il suffit de l'isoler et tous les abonnés situés à l'aval seront alimentés par les autres conduites) et une répartition plus uniforme des pressions et des débits dans tout le réseau . Il est , par contre , plus coûteux et plus difficile à calculer .

Il a été retenu un réseau maillé , pour le présent projet , aux vues des avantages qu'il présente comparativement au réseau ramifié . La méthode de HARDY CROSS pour le dimensionnement des réseaux maillé a été utilisée pour son dimensionnement .

b. Mode de distribution et d'alimentation

La nouvelle cité sera alimentée par la seule force de la gravité à partir d'un point de piquage sur la conduite fonte DN 400 , situé à environ 8 km de la nouvelle cité . Elle part du château d'eau RB situe à 18 Km dans la ville de Ouagadougou . Elle longe la RN 3 et la cité sur une distance d'environ deux (02) Km .

c. Tracé du réseau

Le tracé du réseau de distribution s'est limité à celui du réseau primaire , secondaire et tertiaire . Les objectifs du tracé ont été : assurer l'accès au réseau aux ménages dans des conditions de desserte optimale , de prévenir les difficultés d'entretien et de réduire le coût d'investissement . Le tracé s'est fait sur le plan topographique du levé d'état des lieux sur lequel a été superposé le plan d'aménagement de la cité avec le logiciel Autocad 2018 . Le tracé a été suivi d'une interpolation des points topographiques pour générer les altitudes des nœuds du réseau avec le logiciel Covadis 2016 .

III.5.3 Calcul du réseau de distribution

L'objectif du calcul d'un réseau de distribution est la détermination des paramètres géométriques et hydrauliques des canalisations formant le réseau de distribution , c'est-à- dire le diamètre D (m) , le gradient de la perte de charge J (mcE) , la vitesse de l'écoulement v (m/s) en fonction d'une répartition arbitraire des débits Q (m^3/s) , puis la vérification de la pression au sol au niveau de chaque nœud . Ce calcul ne peut se faire qu'après avoir évalué les différents débits susceptibles d'être évacuer par chaque tronçon et cela après avoir estimé les différents besoins en eau de l'agglomération urbaine (population , industrie , équipements , etc.) .

a. Débit spécifique

Il est le rapport entre le débit de pointe horaire et le linéaire total des longueurs des tronçons du réseau qui ont un débit en route . Pour se faire , il est supposé que les besoins domestiques

soient uniformément répartis sur toute la longueur du réseau . A l'aide de la formule ci-dessous on a déterminé la valeur du débit spécifique .

$\mathbf{q_{sp} = \frac{Q_{ph}}{L_{tot}}}$	Avec : • q_{sp} : débit spécifique [l/s/m] ; • Q_{ph} : débit de pointe horaire [l/s] ; • L_{tot} : Longueur totale du réseau de distribution [m] .

b. Débit en route

Dans une conduite d'adduction , le débit d'eau est constant . Dans les conduites de distribution , la situation est tout à fait différente . En effet , les conduites de distribution sont destinées à distribuer l'eau aux abonnés . Chaque tronçon de distribution , matérialisé par deux nœuds , est alors caractérisé par deux débits : un débit d'extrémité qui doit , tout simplement , transiter par le tronçon , appelé débit transité et noté Qt et un débit consommé par les branchements raccordés sur ce tronçon appelé débit en route et noté Qr . Le débit en route est un débit qui entre à l'amont du tronçon et ne sort pas à l'aval puisque , par définition , il est consommé par les abonnées tout le long du tronçon .

Ce débit en route , supposé uniformément réparti sur toute la longueur du tronçon , est calculé par l'une des deux méthodes suivantes : soit proportionnellement à la surface desservie par le tronçon ou soit proportionnellement à la longueur du tronçon , en utilisant le débit spécifique qsp . C'est la deuxième méthode qui est utilisée dans cette étude ; à savoir que le débit en route est proportionnel à la longueur du réseau de distribution en utilisant le débit spécifique . Chaque débit en route a été obtenu avec la formule suivante :

$\boldsymbol{Q_r = q_{sp}\, X\ L_i}$	Avec : • Q_r: débit en route [l/s] ; • q_{sp} : débit spécifique [l/s/m] ; • L_i : Longueur d'un tronçon du réseau de distribution [m] .

c. Débit nodal

Après avoir calculé les débits en route , il a été procédé à la concentration des débits à chaque nœud . Il est déterminé comme suit :

$\boldsymbol{Q_{ni} = 0,5 * \Sigma Q_{ri} + \Sigma Q_{ci}}$	Avec : • Q_{ni}: débit au nœud i [l/s] ; • ΣQ_{ri} : la somme des débits en route des tronçons reliées au nœud i [l/s] ; • ΣQ_{ci} : La somme des débits concentrés au nœud i [l/s] .

d. Répartition arbitraire des débits par tronçon de conduite

Après l'étape de concentration des débits aux nœuds , on fait la somme de tous ces débits nodaux , pour avoir le débit total appelé par le réseau de distribution . La répartition des débits se fait de l'amont vers l'aval , à chaque nœud on déduit son débit nodal puis on repartit le débit restant aux différentes conduites qui prennent naissance à partir de ce nœud dans une proportion donnée de telle sorte qu'il n'y ait pas de perte de débit tout en respectant la loi des nœuds .

e. Calcul du diamètre théorique de la conduite primaire de distribution

La conduite primaire transporte l'eau du point de piquage à l'entrée de la citée , son diamètre théorique a été calculé sur la base de la connaissance des charges hydrauliques au point de piquage et au point d'entrée de la première maille . Le théorème de BERNOUILLI a été utilisée pour déterminer la perte de charge engendrée par le transport du débit de pointe . Par la suite la formule de DARCY WEISBACH a été utilisée pour le calcul du diamètre théorique par itération ; en fixant dans un premier la valeur du coefficient de perte de charge Lambda (λ) et ainsi de suite jusqu'à ce que la différence entre un coefficient de Lambda et de son prédécesseur soit égale à zéro .

- **Formule de calcul de la perte de charge totale entre le point de piquage (A) et le point de raccordement (B) au réseau de distribution de la cité**
-

$\boldsymbol{\Delta H = H_A - H_B}$ $\boldsymbol{H_A = Z_A + P_B}$ $\boldsymbol{H_B = Z_B + P_B}$	Avec : • ΔH : Perte de charge totale [m] ; • H_A : Charge Hydraulique au point A [m] ; • H_B: Charge Hydraulique au point B [m] ; • Z_A : Altitude du A [m] ; • Z_A : Altitude du A [m] ; • P_A : Pression relative minimale mesurée au point A [m] ; • P_B : Pression relative nécessaire pour garantir une pression supérieure ou égale à 10 mcE à tout nœud hydraulique [m]

- **Formule de calcul du Diamètre**

$\mathbf{D} = \left(\frac{\mathbf{8} * \mathbf{L} * \mathbf{Q^2}}{\mathbf{\Delta H} * \mathbf{g} * \boldsymbol{\pi^2}} * \boldsymbol{\lambda}\right)^{\mathbf{1/5}}$	Avec : • D : Diamètre théorique [m] ; • L : Longueur de la conduite [m] ; • Q : Débit véhiculé [m^3/s] ; • ΔH : Perte de charge totale [m] ; • g : Intensité de la pesanteur [9 .81 m/s^2] • λ : Coefficient de perte charge

- **Formule de calcul du Coefficient de perte de charge**

$\boldsymbol{\lambda} = \frac{\mathbf{1.325}}{\left[\ln\left(\frac{k}{\mathbf{3.71} * \mathbf{D}} + \frac{\mathbf{5.74}}{\mathbf{Re^{0.9}}}\right)\right]^2}$	Avec : • λ : Coefficient de perte charge • k : Rugosité absolue [m] • D : Diamètre théorique [m] • Q : Débit transitant dans le tronçon considéré [m^3/s] • Re : Nombre de Reynolds

- **Formule de calcul du Nombre de Reynold**

$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{V} * \mathbf{D}}{\boldsymbol{\nu}}$	Avec : • Re : Nombre de Reynolds ; • V : Vitesse d'écoulement de l'eau [m/s] • D : Diamètre du tronçon considéré [m] • ν : Viscosité cinématique [m^2/s]

f. Calcul des diamètres théoriques des conduites secondaires et tertiaires de distribution

Les conduites secondaires et tertiaire véhiculent l'eau à l'intérieur de la cité . Les branchements particuliers se font sur ces conduites . Le diamètre théorique est obtenu en prenant comme hypothèse de vitesse 1 m/s . La formule de calcul du diamètre théorique se présente comme suit :

$\boldsymbol{D_{th}} = \sqrt{\frac{\mathbf{4} * \boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{\pi} * \boldsymbol{V}}}$	Avec : • D_{th} : Diamètre théorique du tronçon considéré [m] • Q : Débit transitant dans le tronçon considéré [m^3/s] • V : Vitesse économique prise égale à 1 m/s

g. Calcul des pertes de charge Linéaires

Le transport de l'eau à travers les canalisations engendre des pertes d'énergie appelées pertes de charges . On distingue les pertes de charges linéaires qui sont dues aux frottements de l'eau

avec les parois des conduites et celles singulières occasionnées par les frottements avec les parois des pièces spéciales (les vannes , les coudes) .

Les pertes de charges linéaires ont été calculées avec la formule de Darcy-Weisbach :

$\boldsymbol{\Delta H_L = \frac{8 * \lambda * Q^2 * L}{\pi^2 * g * D^5}}$	Avec : • ΔH_L : Pertes de charge linéaire [m] ; • λ : Coefficient de perte de charge ou coefficient de Moody ; • Q : Débit écoulé [m^3/s] ; • L : Longueur de la conduite [m] ; • g : Constante d'accélération due à la gravité [m / s^2] • D : Diamètre hydraulique de la conduite [m] .

h. Pertes de charge singulières

En complément des pertes de charges par frottement , l'écoulement à travers les conduites subit des pertes de charges locales dues aux singularités telles que les changements de géométrie au niveau des entrées , courbes , coudes , joints , grilles , vanne et contraction ou élargissement brusque de la section . Les pertes de charge singulières seront égales à 10 % des pertes de charges linéaires .

i. Méthode de Hardy-Cross

La méthode de Hardy-Cross est l'une des premières méthodes utilisées pour le calcul des réseaux maillés . On distingue la méthode d'égalisation des charges (approche aux boucles) et la méthode d'égalisation des débits (approche aux nœuds) . C'est la méthode d'égalisation des charges qui est utilisée dans le présent projet .

- **Méthode d'égalisation des charges**

C'est la méthode classique de Hardy-Cross qui s'applique au calcul des débits qui circulent dans les tronçons définis d'un réseau maillé qui desservent une série de points de distribution . Cette méthode s'appuie sur la loi des nœuds exprimant la conservation des débits en chaque nœud et la loi des mailles exprimant que la perte de charge totale est nulle le long d'une maille .

- **Principe de calcul d'un réseau maillé par la méthode d'égalisation des charges**

Dans un réseau maillé , le sens de circulation de l'eau dans une canalisation ne peut être déterminé avec exactitude du premier coup . La répartition des débits dans les canalisations ne

peut être évaluée que d'après des hypothèses , en tenant compte du fait que , pour assurer une circulation normale , il doit y avoir égalité des pressions au point de rencontre de deux courants . Le calcul d'un réseau maillé est assuré par l'utilisation de la méthode de Hardy-cross basée sur des approximations successives et qui repose sur deux lois , la loi des nœuds et la loi des mailles .

- **Loi des nœuds**

Pour chaque nœud , la somme des débits qui y entrent est égale à la somme des débits qui en sortent . Cette loi est vérifiée par la formule suivante :

$\boldsymbol{\Sigma Q_{e-i} - \Sigma Q_{s-i} = 0}$	Avec : • ΣQ_{e-i} : la somme des débits entrant du nœud i [l/s] ; • ΣQ_{s-i} : La somme des débits sortant du nœud i [l/s] .

- **Loi des mailles**

Selon la loi des mailles : le long d'un parcours fermé et orienté , la somme algébrique des pertes de charge est nulle .

Le sens positif de circulation de l'eau dans une maille retenu pour cette étude est le sens des aiguilles d'une montre et négativement dans le cas contraire .

$\boldsymbol{\Sigma \Delta H_{t-j} = 0}$	Avec : • $\Sigma \Delta_{t-j}$: la somme des pertes de charge le long d'un parcours fermé orienté [m] ;

- **Équilibre des mailles**

Dans une maille considérée on peut choisir à priori une série de débits qui respectent la loi des nœuds . Cette répartition arbitraire des débits n'a aucune raison de respecter la loi des mailles . La méthode consiste à ajuster la répartition initiale des débits pour respecter la loi des mailles tout en continuant à respecter la loi des nœuds .

Après les calculs des pertes de charge par tronçon , les valeurs $\frac{\Delta H_j}{Q_j}$ (Avec : ΔH_j : Perte de charge le long du tronçon (j) en [m] et Q_j : le débit d'eau qui parcours le tronçon (j) en [m^3/s]) ont été calculées . Pour chaque maille , nous avons déterminé la somme des pertes de charge et la somme des $\frac{\Delta H_j}{Q_j}$ obtenu par tronçon . La correction Δ_{qi} est donnée par la formule suivante :

$\Delta_{qi} = -\frac{\sum \Delta H_j}{n * \sum \frac{\Delta H_j}{Q_j}}$	Avec : • Δ_{qi} : correction des débits [m^3/s] ; • $\Sigma\Delta_j$: la somme des pertes de charge des tronçons le long d'un parcours fermé orienté [m] ; • n : l'exposant du débit dans la formule de perte de charge utilise , soit n = 2 dans le cas de la formule de Darcy-Weisbach ; • $\sum \frac{\Delta H_j}{Q_j}$: la somme des valeurs pour chaque tronçon formant la maille

La correction des mailles adjacentes à plusieurs mailles est faite en appliquant la correction de débit calculé pour chaque maille impliquée . L'équilibre des mailles par la méthode de HARDY -CROSS est atteint lorsque que la somme des pertes de charges sur les tronçons tend vers zéro (l'ordre de 10^{-6}) .

- **Mise en œuvre de la méthode**

Les étapes ci-dessous sont nécessaires pour l'utilisation de la méthode de HARDY CROSS , se sont :

1. On numérote les mailles et les tronçons .
2. Les tronçons étant définis , on procède à une répartition initiale à priori des débits . Cette répartition doit respecter loi des nœuds partout . Le choix d'une bonne répartition initiale des débits diminue le nombre d'itérations à effectuer pour la convergence .
3. Pour la première maille , on calcule dq et les débits corrigés Qi +dq .
4. On passe à la maille suivante pour faire les mêmes calculs . Cette étape est répétée autant de fois qu'il y'à de mailles . Le débit à considérer pour un tronçon contigu à deux mailles est le dernier débit corrigé (maille précédente) en tenant compte du sens du débit (inversion de signe) . La correction est donc faite deux fois pour un tel tronçon .
5. Un croquis permet de vérifier que la loi des nœuds est bien respectée .
6. Si tous les dq en valeur absolu sont inférieurs à une petite valeur epsilon ($\varepsilon = 10^{-6}$ à 10^{-3}) .

j. Calcul des pressions aux nœuds

La hauteur de pression , exprimée en mètre de colonne d'eau , en chaque nœud du réseau est donnée par la relation suivante :

$\mathbf{P_i = H_i - Z_i - \frac{V}{2 * g}}$	Avec : • P_i : est la charge de pression ou la hauteur de pression au nœud i [mcE] ; • H_i : est la charge hydraulique au nœud i [mcE] ; • Z_i : est l'altitude du nœud i [m] ; • V : vitesse d'écoulement de l'eau [m/s] ; • g : intensité de la pesanteur [m/s^2]

III.5.4 Modélisation et simulation du réseau de distribution

Les progrès effectués dans le domaine des Mathématiques appliquées et l'informatique en parallèle , ont permis de mettre en place des logiciels pour faciliter les simulations hydrauliques des réseaux . Parmi lesquels , il y'à WATERCAD , PORTEAU et celui utilisé dans la présente étude est EPANET .

a. Présentions du logiciel EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitative de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression . Il garde la configuration du réseau tel qu'il est , à savoir constituer d'un ensemble de tuyaux , nœuds (jonction entre les tuyaux) , pompes , vannes ; bâche , et réservoir . Il calcule le débit et la vitesse dans chaque tuyau , la pression à chaque nœud , le niveau de l'eau dans les réservoirs , et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau , au cours d'une durée de simulation .

b. Utilisation du logiciel EPANET

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour la modélisation d'un système de distribution d'eau sont les suivantes :

- Dessiner un réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier avec un format texte Métafichier ;
- Saisir les propriétés des éléments du réseau (Diamètre intérieur des conduites , demandes aux nœuds etc. .) ;
- Sélectionner un ensemble d'options de simulation ;
- Lancer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité ;
- Visualiser les résultats d'une simulation .

c. Modélisation du réseau de distribution

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

- **Première** étape

Après avoir tracer le réseau de distribution sur Autocad 2018 , le fichier a été enregistré en format DXF . Le logiciel EPACAD a servi à ouvrir le fichier en format DXF et à convertir le calque portant le réseau en image au format INP . Cette image constitue le modèle hydraulique .

- **Deuxième étape**

Il s'agit de procéder au paramétrage du Logiciel à savoir : Choix de la formule de calcul des pertes de charge linéaire , c'est la formule de DARCY-WEISBACH qui a été choisie ; choix de l'unité de mesure du débit , c'est le [l/s] qui a été choisi .

- **Troisième étape**

Cette étape consiste à introduire les données qui sont : les demandes en eau pour les nœuds en [l/s] , les diamètres intérieurs des conduites [mm] et le coefficient de rugosité des conduites qui est de 0 , 0015 [mm] pour les conduites en PVC , et la charge hydraulique pour la bâche en [mcE] . Les longueurs des conduites et les altitudes des nœuds en [m] viennent directement avec l'import du fichier image inp .

d. Simulation hydraulique

Elle permet de prévoir les paramètres hydrauliques (vitesse , débit , charge hydraulique et pression) lors du fonctionnement du réseau de distribution . Il sera exécuté quatre (02) types de simulation hydraulique qui sont :

- **Simulation hydraulique en régime permanent** :

Une simulation d'écoulement permanent permet d'observer le comportement du réseau de distribution pour une durée déterminée en cas de pointe à l'horizon .

- **Simulation courte durée du réseau en fonctionnement normal** :

C'est une simulation du réseau sur 24 H . Elle a tenu compte des variations de l'intensité de la demande au cours de la journée à chaque nœud . Pour cela , une courbe de modulation pour laquelle les demandes aux nœuds changent périodiquement le long de la journée a été établie à partir des débits mesurés sur la conduite primaire existante . Les différents coefficients sont consignés dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3 : Coefficient de modulation des demandes aux nœuds

Heure	00_1	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11	11_12	12_13
Coefficient	0 , 529	0 , 536	0 , 531	0 , 540	0 , 564	0 , 686	0 , 814	0 , 854	0 , 794	0 , 804	0 , 777	0 , 807	0 , 637

Heure	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24
Coefficient	0 ,577	0 ,647	0 ,832	1 ,000	0 ,946	0 ,749	0 ,602	0 ,586	0 ,58	0 ,543	0 ,524

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

A l'issue des calculs les résultats essentiels se présentent comme suit :

IV.1 Résultats du diagnostic

a. Charge du réseau de distribution

Elle est de 13 ab/km en fin 2021 . Cette valeur est inférieure aux valeurs cibles , on dira que le réseau est sous chargé . Cela est vérifiable à partir du tableau 4 ci-dessous [9] :

Tableau 4:Valeurs cibles de charge des réseaux de distributions

Milieu	Rural	Intermédiaire	Urbain
Charge du réseau (abonnés/km)	< 25	< 50	> 50

b. Consommation spécifiques moyennes de l'année

Les figures 13 et 14 ci-dessous donnent les consommations spécifiques moyennes domestiques de l'année des populations disposant d'un BP et celles se servant à partir des BF observées au cours de ces six (06) dernières années .

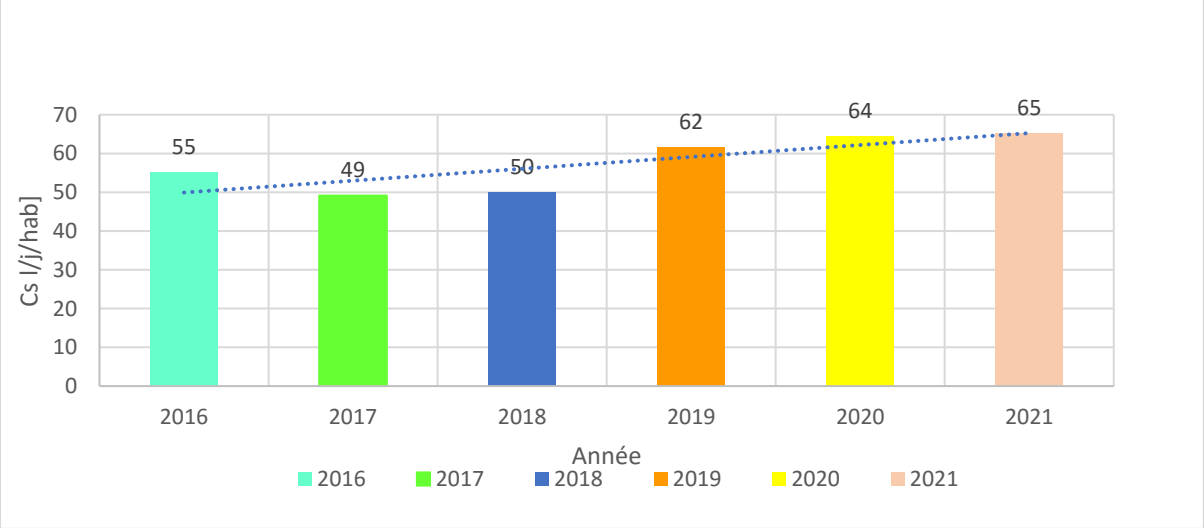


Figure 13 : Consommation spécifique moyenne journalière de l'année des BP de 2016 à 2021

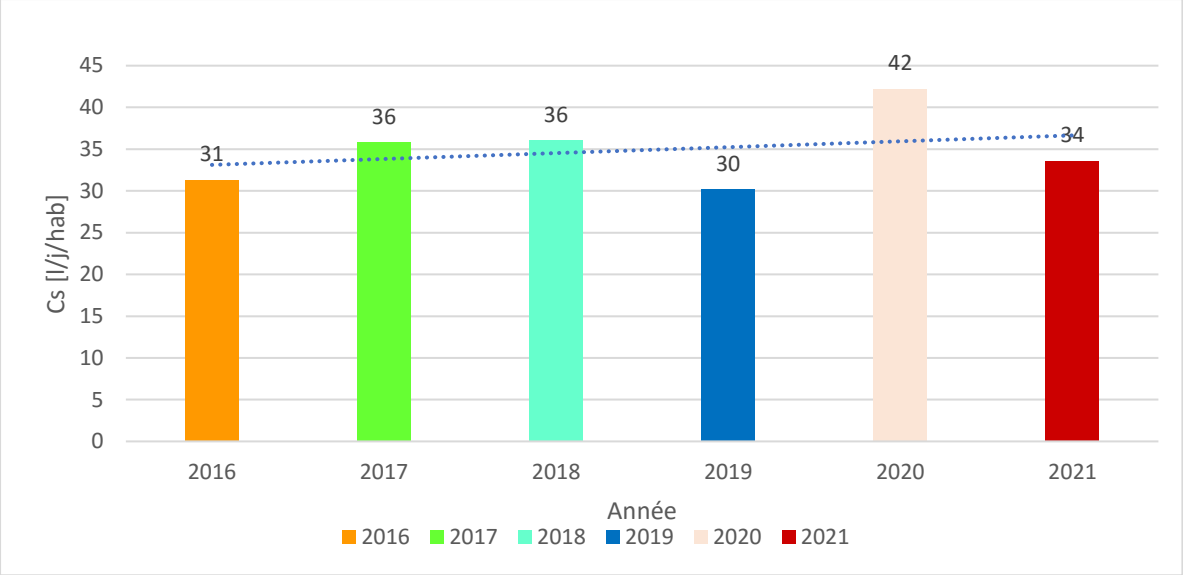


Figure 14 : Consommation spécifique moyenne journalière de l'année des BF de 2016 à 2021

Les moyennes des consommations spécifiques au niveau des BP et des BF des années 2019 ,2020 et 2021 sont supérieures aux valeurs préconisées par le DENº2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS portant définition des normes , critères et indicateurs d'accès à l'eau [6] qui sont respectivement de 60 l/j/hab pour les BP et 25 l/j/hab au niveau des BF en milieu urbain 1 , ainsi donc on conclut que les besoins en eau des populations de Loumbila sont satisfaites durant ces périodes et cela est dû au raccordement du réseau au réservoir RB .

c. Débit mesuré au point de piquage

De l'analyse des résultats des débits mesurés , il ressort que le débit maximal véhiculé du 19 au 20 septembre est de 43 m^3/h . Les calculs du débit en supposant une vitesse économique de 1 m/s donne un débit maximal de 92 m^3/h que le tronçon en DN 200 peux supporter et 56 m^3/h pour la partie en DN 160 .Vu que les 2/3 des consommateurs sont desservis par la DN 200 , nous dirons que la conduite est sous exploité . Les débits estimés à l'horizon 2030 pour la population qui sera desservi par le SAEP existant est 52 m^3/h et 90 m^3/h pour la nouvelle cité . Aux vues de ces résultats , nous dirons que la conduite existante ne pourra que satisfaire les besoins en eau des populations existante conformément à leur accroissement , ainsi donc il sera conçu , dimensionné et posé une nouvelle conduite pour l'alimentation en eau de la cité .

La figure 15 présente les débits horaires mesurés :

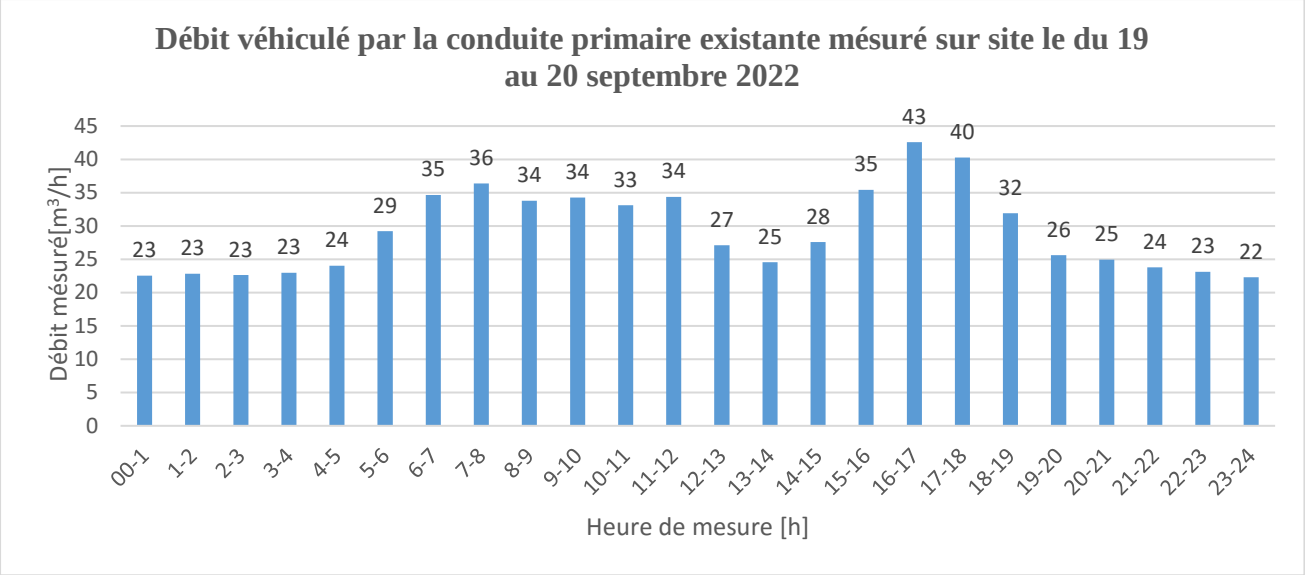


Figure 15: Valeurs des débits mesurés du 19 au 20 Septembre 2022 sur la conduite primaire

d. Pressions mesurées au point de piquage

A l'issue des mesures , il a été retenu les pressions mesurées à la date du 08/09/2022 pour les besoins de diagnostic et dimensionnement , car c'est le jour où il n'y a pas d'interruption de la déserte en eau . Le choix de la pression pour le calcul de la charge hydraulique en ce point a été faite en prenant la plus petite valeur de pression enregistrée qui est de 3 ,13 bars .

La figure 16 ci-dessous permet de visualiser les différentes pressions mesurées :

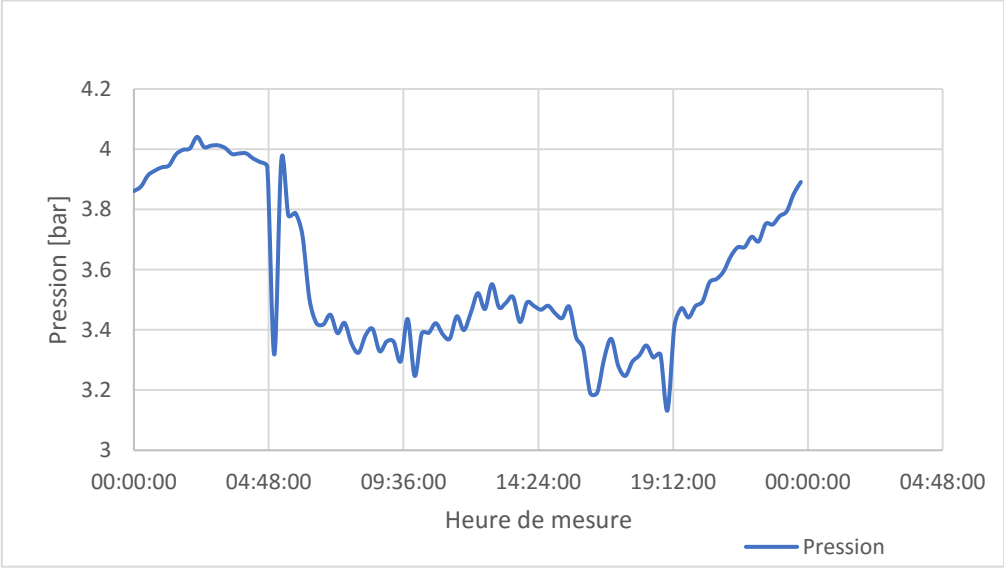


Figure 16: Valeurs des pressions mesurées le 08/09/2022 .

e. Résultats de la simulation hydraulique du SAEP existant courte durée (24h) avec modulation de la charge hydraulique au point de piquage et des demandes aux nœuds

Les pressions aux nœuds et les vitesses dans les différentes conduites observées à l'issue de la simulation à 17 h 00 qui est une heure de pointe et à 24 h 00 qui est une heure creuse se présentent comme suit :

- Les pressions aux nœuds se répartissent comme suit : 8 % des pressions sont comprises entre [30 mcE ; 40 mcE [et les 92 % restantes vacillent entre [20 mcE ;30 mcE [, à 17 h 00 avec une moyenne de 25 , 80 mcE . A 0 h 00 , 85 % des pressions sont comprises entre [30 mcE ; 47 mcE [et 15 % entre [20 mcE ; 30 mcE [avec une moyenne de 33 , 45 mcE . Les fortes pressions sont observées dans les deux cas au niveau des nœuds ayant les altitudes les plus faibles et les faibles pressions au niveau des nœuds de plus grandes altitudes . Ainsi donc nous concluons que le réseau de distribution existant répond aux normes de distribution d'eau de l'ONEA qui stipule que la pression de service à tout point du réseau doit être supérieure ou égale à 10 mcE d'eau (1bar) ; en plus la pression maximale est inférieure à 100 mcE donc les conduites sont à l'abri des fuites qui sont souvent provoquées par des pressions supérieures à cette valeur .
- Les vitesses au niveau des conduites varient comme suit 19 % des conduites ont des vitesses de 0 m/s ,71 % ont des vitesses comprises [0 , 01 m/s ; 0 , 1m/s [, 9 % ont des vitesses comprises entre [0 , 1 m/s ;0 , 19 m/s [et enfin 1 % ont des vitesses comprises entre [0 , 20 m/s ;0 , 29 m/s] . Ces vitesses sont largement inférieures à la vitesse minimale requise en distribution qui est de 0 , 20 m/s . On pourra conclure que les conduites du réseau de distribution sont surdimensionnées .
- Les pertes de charge par Km de linéaire du réseau de distribution sont : 95 % des tronçons de conduites ont des pertes de charge m/Km inferieures à 0 , 3 m/Km et les 5% sont comprises entre [0 , 3 m/Km ; 0 , 40 m/Km] .

Les figure 17 et 18 ci-dessous montrent l'état de la simulation hydraulique du modèle hydraulique du SAEP existant :

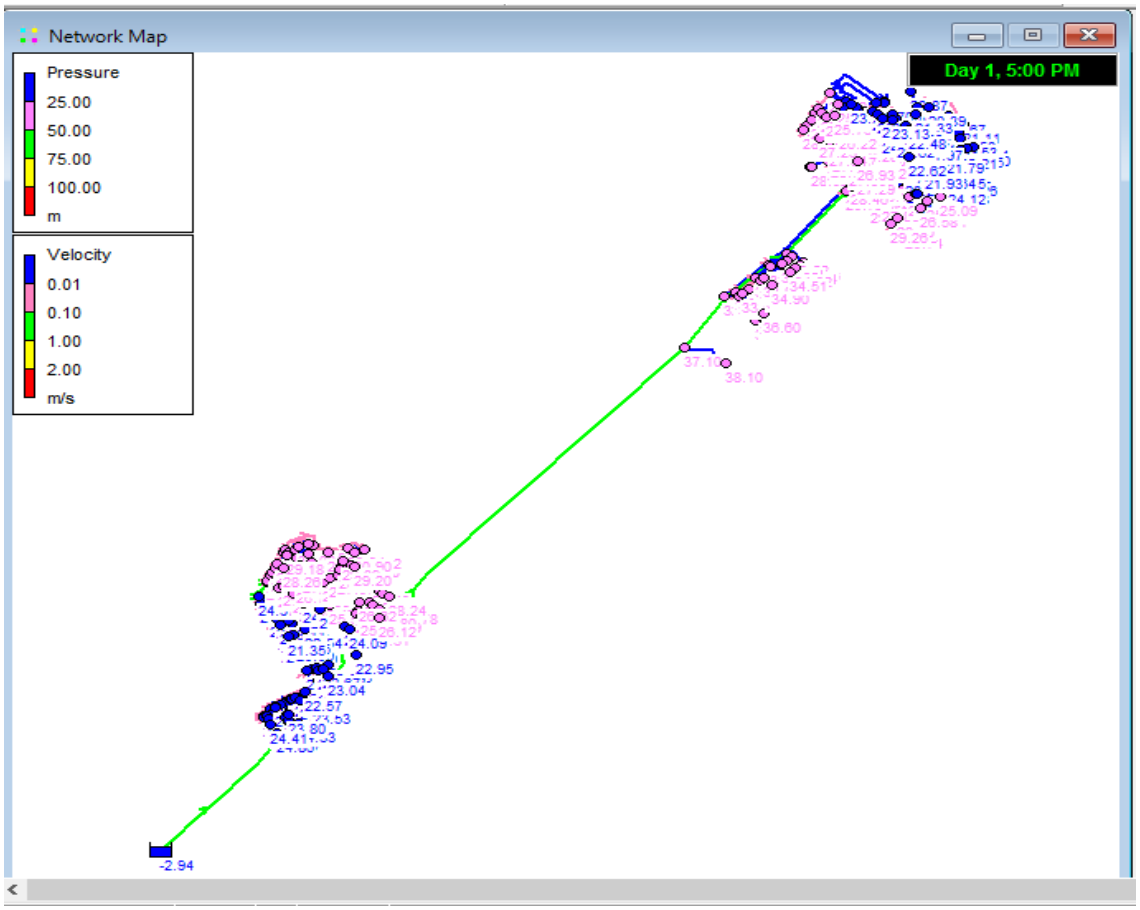


Figure 17 : Etat de la simulation hydraulique du SAEP existant

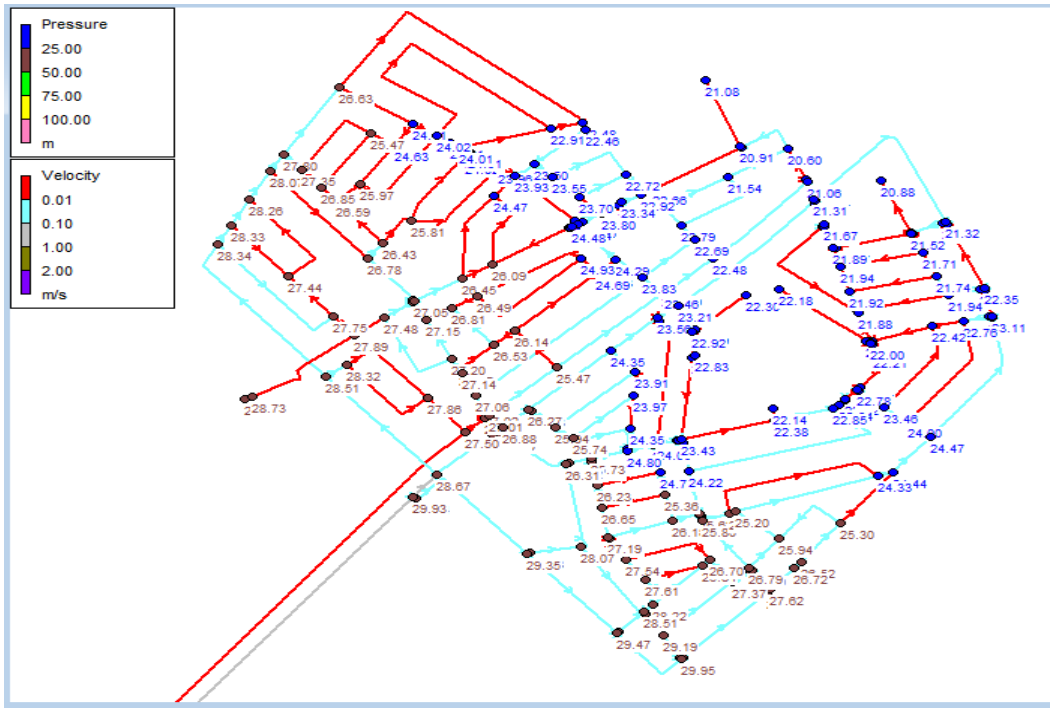


Figure 18:Resultats d'une simulation à 17h00 du SAEP existant .

IV.2 Résultats de 'l'étude de faisabilité Technique du nouveau réseau de distribution (Cité Nabdogo) .

a. Taux de croissance

Après calcul sur la base de la population projetée par le RGPH 2019 de la population de la province d'Oubritenga jusqu'en 2035 , le taux de croissance moyenne de la population est de 2 , 36 % . Les détails de calcul de l'évolution de la population jusqu'à l'horizon du projet sont illustrés par l'annexe **N°01 .**

b. Population Estimée

La population totale à desservir par le SAEP existant de la ville de Loumbila est de 6 452 habitants dont 5 162 habitants seront desservis par les BP et 1 260 habitants par les BF en 2030 , selon les résultats du tableau 5 ci-dessous .

Tableau 5:Estimation de la Population à desservir par le SAEP existant

Année	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Population estimée	5 611	5 743	5 879	6 017	6 159	6 304	6 452
Pop desservie par BP	4 489	4 594	4 703	4 814	4 927	5 043	5 162
Pop desservie par BF	1 122	1 149	1 176	1 203	1 232	1 261	1 290

La population totale de la cité lorsque tous les 175 ha de terrain seront aménagés est estimée à 13 062 habitants selon les résultats du tableau 6 ci-dessous .

Tableau 6: Estimation de la population de la cité

Type de parcelle	Terrain aménagé de 75 ha	Terrain aménagé de 100 ha	Total terrain aménagé 175 ha	Nombre d'habitant par parcelle [hbt]	Population Totale [hbt]
	Nombre [U]	Nombre [U]	Nombre [U]		
Nombre de parcelles de 300 m²	846	1128	1974	6	11 844
Nombre de parcelles de 240 m²	87	116	203	6	1 218
Population Totale					13 062

c. Consommation spécifique moyenne journalière de l'année estimée

L'analyse des consommations spécifiques moyennes de l'année calculées des cinq dernières années des abonnées ayant des branchements particuliers et ceux se servant à la bonne fontaine prouve qu'elles sont croissantes entre 2017 et 2020 et deviennent stables entre 2020 et 2021 .Vu cela , pour la conception du réseau de la nouvelle cité et les projections pour le SAEP , il a été retenu la moyenne des consommations spécifiques moyenne des années 2019 , 2020 et 2021 pour les BP et les BF et on a : Cs (BP) : 75 l / j / hab ; Cs (BF) : 35 l / j / hab .

Les différentes consommations spécifiques moyennes par an sont illustrées par la figure 19 ci-dessous :

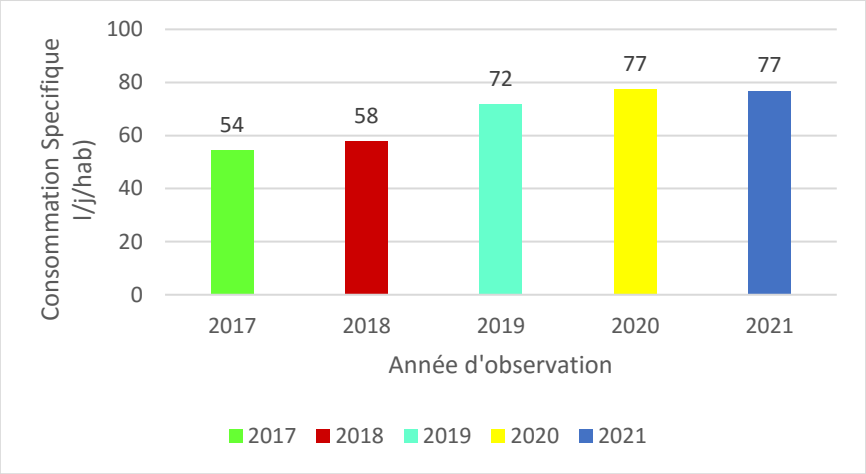


Figure 19 : Consommation spécifique moyenne journalière de L'année de la cité Wend-Panga de 2017à 2021 .

d. Besoins en eau et des débits de dimensionnement estimés

Le tableau 7 ci-dessous présentent les besoins en eau des populations et des débits de dimensionnement des conduites des populations devant s'approvisionner en eau à partir du SAEP existant et celles de la nouvelle cité de Nabdogo .

Tableau 7:Besoin en eau et débit de pointe des population desservies par le SAEP existant

Année	2030
Besoin domestique population [m^3/j]	434
Autres besoins [m^3/j]	43
Besoin Total en eau	477
Rendement du réseau [%]	90%
Temps de distribution (h)	24
Débit moyen horaire Conduite existante [m^3/h]	22
Coefficient de pointe saisonnière	1 , 39
Coefficient de pointe horaire (Cph)	2 , 03
Débit de pointe horaire [m^3/h]	62

Le tableau 8 ci-dessous présente les besoins en eau des populations et des débits de pointe horaire des deux phases d'aménagement à savoir la première phase qui va consister à aménager 75 ha et la deuxième phase concernera les 100 ha et pour tout l'aménagement qui est de 175 ha .

Tableau 8:Besoin en eau et débit de pointe horaire de la cité

Désignation	Valeur
Besoins moyens journaliers domestiques [m^3/j]	983
Besoins annexes [m^3/j]	98
Besoins journaliers moyens [m^3/j]	1081
Qmh [m^3/h]	50 , 06
Cph	1 , 86
Cps	1 , 39
Rendement Réseau [%]	90%
Qph [m^3/h] pour les 175 ha	129, 42
Qph [m^3/h] pour les 75 ha	55 , 47
Qph [m^3/h] pour les 100 ha	73 , 96
Qph [l/s] pour les 75 ha	15 , 41
Qph [l/s] pour les 100 ha	20 , 54
Qph [l/s] pour les 175 ha	35 , 95

e. Diamètres extérieurs et linéaires des conduites de distribution calculés

Les résultats du dimensionnement donnent une conduite primaire de distribution en DN 250 et des conduites secondaires et tertiaires de diamètre allant de de DN 160 à DN 63 toutes en PN 10 . Les diamètres choisis ainsi que leurs longueurs respectives sont consignés dans le tableau 9 ci-dessous :

Tableau 9: Diamètre et linéaire des conduites

Diamètres [mm]	250	160	110	90	63
Linéaire [Km]	8 , 685	3 , 525	4 ,037	2 ,399	1 , 524

Les détails des calculs sont en annexe **N°02**

f. Résultats de la simulation sur le logiciel Excel

Après avoir harmoniser les diamètres des tronçons , c'est-à-dire faire en sorte que les diamètres d'un même tronçon soient les mêmes et de faciliter les raccordements avec d'autres tronçons ;

c'est après 80 itérations qu'on a pu respecter la loi des mailles à 10^{-6} près . Ainsi donc , il ressort de ces itérations que la pression minimale au nœud de raccordement de la conduite primaire et la première maille du réseau de distribution de la cité doit être supérieures ou égale à 25 mcE soit 2 , 5 bars pour qu'à chaque nœud on ait une pression supérieure ou égale à 10 mcE .

Les vitesses d'écoulement dans les conduites varient entre 0 , 015 m/s et 1 , 07 m/s . Les vitesses inferieures à la vitesse de 0 , 2 m/s recommandée pour un réseau de distribution pour éviter les dépôts s'expliquent par le fait d'harmoniser les diamètres des tronçons et à cela il faut ajouter que le diamètre minimal imposé par l'ONEA est de DN 63 . Il est arrivé de fois que les diamètres commerciaux choisis soient plus grands que les diamètres calculés . Le réseau sera donc confronté à des dépôts et pour éviter cela nous préconise la mise en place d'un programme semestriel de vidanger du réseau .

Les détails des résultats sont en annexe **N°03 .**

Le tableau 10 ci-dessous présente les résultats de calculs des diamètres des conduites et de la simulation hydraulique sur Excel de trois (03) sur 19 mailles .

Tableau 10 :Résultats de calculs des diamètres des conduites et de la simulation hydraulique sur Excel de trois (03) mailles

Maille	*Tronçon*	*Longueur [m]*	*Q[m3/s]*	*Dcom [mm]*	*Dcom [m]*	*Vréelle [m/s]*	*K1 (m)*	*nu [m]*	*Re*	*Epsilon*	*Lamda*	*Cble*	*deltaH [m]*	*deltaH/ Q*	*Qcor [l/s]*	*Hamont [m]*	*Haval [m]*	*Zaval [m]*	*Paval [m]*
1	N2_N3	211 ,6	0 ,018	145	0 ,145	1 ,103	0 ,0000015	0 ,000001	159566	0 ,000010	0 ,016	0 ,00	1 ,641048	91	18 ,122	334 ,33	332 ,69	311 ,56	21 ,13
	N3_N4	244 ,4	0 ,004	99	0 ,099	0 ,531	0 ,0000015	0 ,000001	52734	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	0 ,803214	195	4 ,117	332 ,69	331 ,89	309 ,59	23 ,10
	N4_N5	235 ,5	-0 ,005	99	0 ,099	0 ,581	0 ,0000015	0 ,000001	57712	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	-0 ,908882	202	-4 ,505	331 ,89	332 ,80	307 ,50	24 ,39
	N5_N1	179 ,9	-0 ,017	145	0 ,145	1 ,065	0 ,0000015	0 ,000001	153987	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	-1 ,308351	75	-17 ,488	332 ,80	334 ,11	308 ,44	24 ,36
	N1_N2	30 ,71	-0 ,018	145	0 ,145	1 ,075	0 ,0000015	0 ,000001	155383	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	-0 ,227030	13	-17 ,647	334 ,11	334 ,33	309 ,33	24 ,78
												∑	0 ,000000	575					
												dq		0					
2	N4_N6	196 ,3	0 ,003	99	0 ,099	0 ,439	0 ,0000015	0 ,000001	43652	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,461002	135	3 ,408	331 ,89	331 ,43	307 ,00	24 ,43
	N6_N7	236 ,6	-0 ,009	145	0 ,145	0 ,534	0 ,0000015	0 ,000001	77226	0 ,000010	0 ,019	0 ,00	-0 ,498381	57	-8 ,770	331 ,43	331 ,93	306 ,63	24 ,80
	N7_N5	197 ,9	-0 ,013	145	0 ,145	0 ,762	0 ,0000015	0 ,000001	110252	0 ,000010	0 ,018	0 ,00	-0 ,788877	63	-12 ,521	331 ,93	332 ,72	307 ,50	24 ,43
	N5_N4	235 ,5	0 ,005	99	0 ,099	0 ,581	0 ,0000015	0 ,000001	57712	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	0 ,826256	183	4 ,505	332 ,72	331 ,89	309 ,59	23 ,13
												∑	0 ,000000	438					
												dq		0					
3	N3_N8	216 ,1	0 ,013	145	0 ,145	0 ,822	0 ,0000015	0 ,000001	118863	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	0 ,986207	73	13 ,499	332 ,69	331 ,71	312 ,96	18 ,75
	N8_N9	301 ,4	0 ,003	99	0 ,099	0 ,416	0 ,0000015	0 ,000001	41319	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,642176	199	3 ,226	331 ,71	331 ,06	310 ,43	21 ,28
	N9_N4	210 ,3	-0 ,005	99	0 ,099	0 ,586	0 ,0000015	0 ,000001	58250	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	-0 ,825168	181	-4 ,548	331 ,06	331 ,89	309 ,59	21 ,47
	N4_N3	244 ,4	-0 ,004	99	0 ,099	0 ,531	0 ,0000015	0 ,000001	52734	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	-0 ,803214	195	-4 ,117	331 ,89	332 ,69	311 ,56	20 ,33
												∑	0 ,000000	649					
												dq		0					

g. Résultats de la simulation hydraulique en régime permanent sur Epanet

Les pressions trouvées varient : 81 % des nœuds ont des pressions comprises entre [10 mcE ; 20 mcE [, et 19 % des nœuds restants vacillent entre [20 mcE ; 25 mcE [. On observe des pressions inférieures à 10 mcE aux nœuds : Nº15 , Nº16 , Nº23 , Nº24 ,Nº27 ; ces nœuds sont à des altitudes les plus élevées du réseau . Pour ce faire les habitants seront sensibilisés à se doter de poly tank pour faire des stocks d'eau durant les heures creuses ou la pression est forte de 22 h 00 à 3 h 00 du matin .

Les vitesses obtenues sont : 38% des conduites ont des vitesses comprises entre [0 , 01 m/s ; 0 , 2 m/s [et 62 % ont des vitesses comprises entre [0 , 2 m/s ;1 , 1 m/s [.

Les pressions à chaque nœud du nœud et les vitesses dans les conduites sont consignées en annexe **Nº04 .**

h. Résultats de la simulation hydraulique longue durée sur Epanet

Les pressions aux nœuds à l'heure de pointe (17 h 00) varient entre [10 mcE ; 25 mcE [et celles de l'heure creuse (24 h 00) varient entre [25 mcE ; 45 mcE [.

Les vitesses d'écoulement de l'eau dans les conduites varient entre [0 , 01 m/s ; 1 , 10 m/s [à 17 h 00 et oscillent entre [0 , 01 m/s ; 0 , 58 m/s [à 24 h 00 . L'annexe **Nº05** donne les valeurs des pressions aux nœuds et les vitesses dans les conduites .

La figure 20 ci-dessous presente l'etat de la simulation hydraulique du modèle hyadraulique du nouveau reseau de distribution de la cité de Nabdogo :

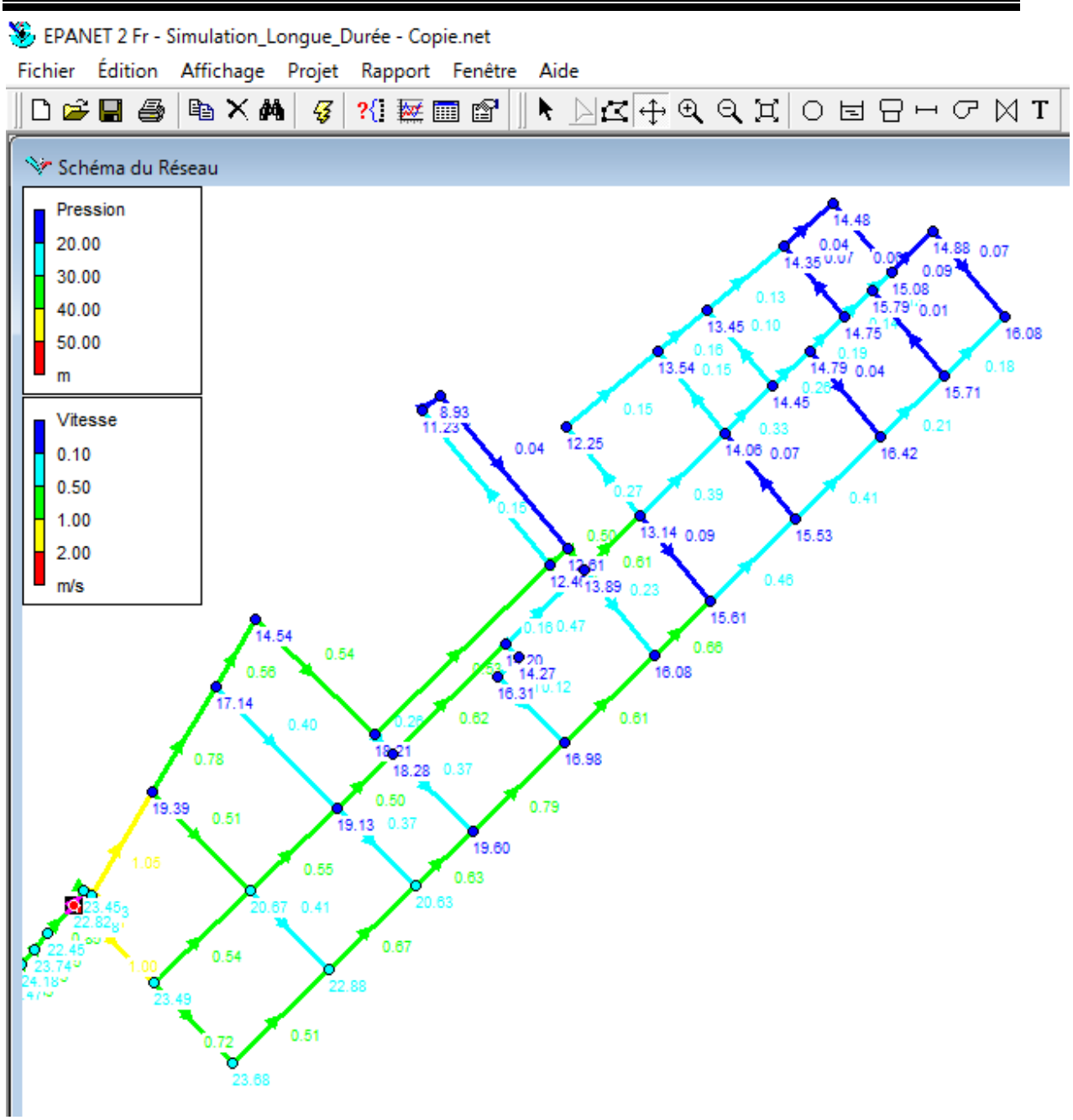


Figure 20: Résultats de la simulation à 17h00 du nouveau réseau de Nabdogo .

i. Les pertes de charges

De toutes les simulations hydrauliques exécutées , les pertes de charges observées sur les différentes conduites sont bonnes car se retrouvent toutes dans la limite admissible des pertes de charge par kilomètre de réseau de distribution qui doit être < 10 m/km . Elles sont en majorités faibles et inferieures à < 0 , 3 m/km . Cela traduit un surdimensionnement des diamètres des conduites . Nous acceptons ce surdimensionnement car les petits diamètres dictés

par les calculs engendreront des pertes de charge élevées par conséquent on aura des faibles pressions au niveau des nœuds se trouvant en bout de réseau .

j. Appréciation des résultats des simulations

Aux vues de ces résultats cités ci-dessus des différentes simulations hydrauliques , nous concluons que la déserte en eau de la nouvelle cité se fera sans aucune difficulté du point de vue hydraulique .

La figure 21 ci-dessous présente une comparaison faites des pressions issues des simulations sur Excel et Epanet . La corrélation est bien forte .

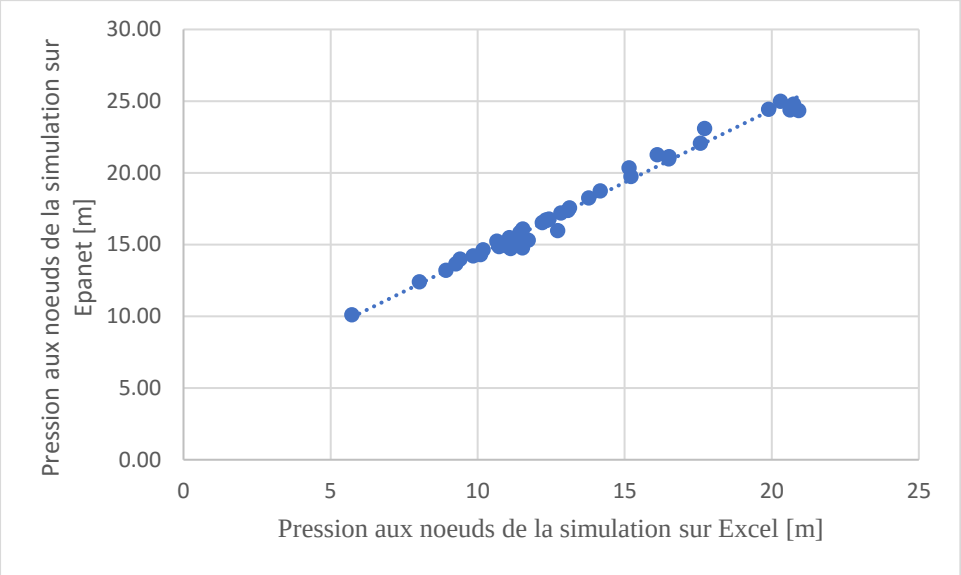


Figure 21 : Comparaison des pressions aux nœuds des simulations sur Excel et Epanet .

V. TECHNOLOGIE DU RESEAU ET MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX

V.1 Technologie du réseau

V.1.1 Pièces spéciales

Elles seront utilisées pour adapter les conduites au tracé prévu du réseau de distribution ce sont :

- Les cônes : ce sont des convergents ou des divergents qui permettent les raccordements des conduites présentant des diamètres différents ;

- Les Tés : on envisage des tés à deux ou trois emboitements permettant le raccordement des conduites présentant des diamètres différents ou égale . Il est nécessaire de prévoir un cône de réduction pour les placer ;
- Les coudes : ils sont utilisés en cas de changement de direction .

V.1.2 Robinetterie

Le réseau sera équipé de la robinetterie nécessaire au bon fonctionnement et permettant un entretien du réseau :

- Robinets-vannes : prévus à certains nœuds du réseau afin de permettre l'isolation de certains tronçons en cas de réparation ou d'exécution ;
- Ventouses : installées aux points hauts permettant l'évacuation de l'air à grand débit pendant le remplissage , la rentrée de l'air pendant la vidange et la purge de l'air sous-pression ;
- Vidanges : installées aux points bas afin de permettre l'évacuation de plusieurs tronçons du réseau dans un puits perdu ou un exutoire naturel ;
- Poteau d'incendie : Les bouches ou les poteaux d'incendie doivent être raccordés , sur des conduites de diamètre minimum DN 90 mm .

V.1.3 Ouvrages annexes

a. Regards

Les regards sont des ouvrages de génie civil construits en béton armé , pour abriter certains organes du réseau de distribution tels que les ventouses , les vidanges et les vannes . L'ONEA dispose de quatre types de regards . Les regards sont utilisés en fonction des diamètres des conduites et du nombre d'organes . Dans le présent projet il sera utilisé les regards de type I et de type III .

Les types de regards sont :

- Regard type I (1 ,50 m x 1 ,50 m x 1 ,50 m)
- Regard type II (1 ,80 m x 1 ,80 m x 1 ,80 m)
- Regard type III (2 ,10 m x 2 ,10 m x 1 ,80 m)
- Regard type IV (2 ,40 m x 2 ,40 m x 1 ,80 m)

b. Massifs en béton (Butées)

Afin d'équilibrer la poussée hydraulique pouvant provoquer le désassemblage d'un ou plusieurs accessoires , des massifs en béton d'une certaine masse volumique , sont mis en place , en opposition et perpendiculairement à la poussée . Les hypothèses de calcul vont permettre de déterminer le volume de béton à prévoir . Deux solutions sont à envisager : Soit-on ne prend pas en compte la butée des terres et à partir de là , la masse de béton majorée du coefficient de glissement est considérée comme suffisante ; soit on met en appui le massif de béton sur la paroi verticale de la tranchée et dans ce cas , la poussée sera répartie sur une surface de sol suffisante . Il y a dans ces conditions , une dépendance forte du massif vis-à-vis du sol .
C'est la deuxième solution qui est retenue pour le calcul des volumes de butées dans le présent projet , soit une butée à surface d'appui [10] .

- **Calcul des poussées**

Pour le calcul des poussées , il ne sera pas tenu compte des efforts engendrés par l'écoulement de l'eau car ils sont négligeables pour les vitesses rencontrées dans les réseaux (inférieures à 3 m/s) . Seule interviendra donc , la poussée hydrostatique de l'eau sur les pièces spéciales citées précédemment .

$\mathbf{F = K \times P \times S}$	Avec : F = Poussée en daN ; P = Pression d'essai hydraulique du chantier en bar ; S = surface de la section intérieure de la pièce en cm² ; K = Coefficient de Poussée valant .

Les différentes valeurs de K selon le raccord sont : 1 pour les Tés et cônes ; 1 , 4 pour les coudes de 90° ; 0 ,8 pour les coudes de 45° ; 0 , 4 pour les coudes de 22 , 5° .

- **Calcul du volume de béton de la butée poids**

Le volume de béton à mettre en œuvre est :

$\mathbf{V} = \frac{\mathbf{F*Cs}}{\boldsymbol{\rho_b * C_{fbt}}} * \boldsymbol{ß}$	Avec : • V : volume du béton [m^3] ; • F : Poussée de l'eau calculée [Kgf] ; • Cs : Coefficient de sécurité (prendre entre 1 .1 et 1 .2 ; • P_b : masse volumique du béton de 2 200 à 2 500 kg/m^3 ; • C_{fbt} : coefficient de frottement entre le béton et le terrain dépend de la nature du terrain . • ß : Pourcentage de l'effort de poussée reprise par le béton

Le tableau 10 ci-dessous donne les valeurs des coefficients de frottement entre le béton et le terrain.

Tableau 11 : coefficient de frottement entre le béton et le terrain

Nature du sol	Angle de frottement en degré		Coefficient de frottement	
	Sec/Humide	Immergé	Sec/Humide	Immergé
Débris rocheux	40	35	0 .84	0 .70
Tout venant	35	30	0 .70	0 .58
Sables Limoneux	30	25	0 .58	0 .47
Argile	25	15	0 .47	0 .27

V.2 Mode d'exécution des Travaux

V.2.1 Pose des conduites

Afin d'éviter d'encombrer les voies de circulations , et d'empêcher qu'elles soient écrasées par les charges trop lourdes des gros camions , les conduites seront enterrées . Cela permettra par la même occasion de les protéger contre l'ensoleillement (le réchauffement de l'eau) . Dans les zones rocheuses nous mettrons un lit de sable avant de poser les conduites . La profondeur et la largeur minimales des tranchées à réaliser sont données par les formules suivantes :

- Hmin ≥ 0 .80m + Dext ;
- Lmin ≥ 0 .4m + Dext

Avec : Hmin : la profondeur minimale de la tranchée ; Lmin : la largeur minimale de la tranchée Dext : diamètre extérieur de la conduite .

V.2.2 Réalisation du carnet des nœuds

Les accessoires de raccordement sont en fonte à partir des diamètres supérieurs ou égales à 90 mm et en PVC pour les diamètres DN 63 . Les accessoires de raccordement présents sont des tés égaux et inégaux , des coudes ¼ , 1/8 et 1/16 , des réductions , les pièces nécessaires pour une bonne adhésion des tuyaux et des accessoires à savoir les brides major . Des butées en béton sont mises en place au niveau de chaque accessoire afin de contrer la force de poussée hydraulique à ces niveaux . Consulter le dossier des plans joints en annexe **N°06 .**

VI. ETUDE FINANCIERE

L'estimation des coûts de réalisation est faite sur la base du plan d'exécution et du bordereau des prix unitaires de l'ONEA . Le coût global s'élève à quatre cent quatre-vingt-douze million

huit cent cinquante un mille quatre cent soixante-treize (492 851 473) Fcfa TTC .Le tableau 11 ci-dessous donne un aperçu des couts des grandes lignes :

Tableau 12 : Récapitulatif du devis estimatif

N°	Désignation	Montant (F CFA)
1	Frais généraux	2 800 000
2	Réseau Distribution	407 870 740
3	Génie civil	7 000 000
TOTAL HTVA		417 670 740
TVA (18%)		75 180 733
TOTAL TTC		492 851 473

Le détail du devis quantitatif et estimatif est consigné en annexe **N°07** .

VII. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Le présent projet d'extension du réseau de distribution d'eau de la ville de Loumbila pour alimenter en eau la nouvelle cité de Nabdogo impactera négativement et positivement la population environnent . Selon la loi N°006- 2013 portant « code l'environnement » et sur le décret N°2015- 1187 : « portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique , de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social . » conformément à ce décret , le présent projet est de catégorie B et requiert la réalisation d'une Notice d'Impact Environnementale et Social (NIES) .

VII.1 Impacts pendant la mise en œuvre des travaux

L'ouverture des tranchées pour les canalisations est l'une des activités pouvant entrainer un impact négatif majeur lors de la mise en œuvre du projet . Elle pourrait entrainer des perturbations de la circulation sur les routes reliant les différents quartiers et villages . A cela peuvent s'ajouter les risques d'accident au travail , etc.

Comme impacts positifs on pourra noter la création d'emploi pour la main d'œuvre locale ainsi l'amélioration des conditions de vie des populations locales .

VII.2 Impacts pendant la phase d'exploitation des ouvrages

Les impacts sont majoritairement bénéfiques durant la phase du projet . On peut citer : l'augmentation du nombre d'abonné de la ville de Loumbila .

VII.3 Mesures d'atténuations des impacts négatifs

Pour atténuer les impacts négatifs , nous nous sommes inspirés du plan de gestion Environnementale proposé par la : « Notice d'Impact Environnemental et Social du Projet de construction et l'équipement d'un centre de production d'Eau (CPE) sur le barrage de TOECE et la réalisation de conduites de refoulement , châteaux d'eau , Réseaux d'eau potable , branchements et bornes fontaines pour l'approvisionnement en eau potable de YAKO , GOURCY et BOUSSE »

Nº	Récepteur	Impact	Mesure d'atténuation	Objectifs de l'action	Tâches de l'action	Acteurs de l'action	Acteurs de suivi	Lieu de mise en œuvre	Calendrier	Indicateur de suivi
1	Santé et vie en communauté	Augmentation de la prévalence IST/SIDA , Risques de grossesses indésirées	Animation d'une campagne de sensibilisation sur les IST et le VIH/SIDA et sur les grossesses indésirées	Eviter la propagation des IST et les grossesses indésirées	Sensibiliser	Entreprise -Centre de santé	ONEA	Site des travaux	2024	Nombre de campagnes de sensibilisation auprès des parents
2	Sécurité civile	Accidents du travail des salariés des Entreprises	Mise au point de consignes de sécurité drastiques	Minimiser les accidents	Elaborer et afficher les consignes	Entreprise	ONEA	Site des travaux	2024	Nombre de consignes de sécurité établi
		Risques de collisions accidentelles	Mise en place de séparatifs entre les itinéraires de chantier et ceux empruntés par les populations riveraines		Créer des itinéraires de contournements	Entreprise	ONEA	Site des travaux	2024	Linéaire des séparatifs mis en place
3	Sols	Perturbation des propriétés physiques du sol	Rendre le site à son été initial	Rendre le site à son été initial	Remblai et compactage du sol	Entreprise	ONEA	Site des travaux	Après la réalisation	Épaisseur de la terre végétale après remise en place
4	Eaux de surface	Pollution des eaux de surface par ruissellement	Créer des infrastructures d'assainissement (latrines) au niveau de la base-vie et mettre en place des latrines mobiles près du chantier	Eviter la pollution des eaux de surface	Construire des latrines	Entreprise	ONEA	Site des travaux	2024	Nombre d'ouvrage mise en place
5	Flore	Déboisement	Limitation au strict nécessaire du déboisement et des débroussaillages	Lutter contre la dégradation des sols	Côtoyer au maximum les pistes et routes	Entreprise	ONEA	Site des travaux	2024	Linéaires de réseau côtoyant les pistes et routes
6	Activités économiques	Création d'emplois directs	Promouvoir le recrutement du personnel local pour les travaux non qualifiés	Lutter contre le chômage	Recrutement d'ouvrier	Entreprise	ONEA	Commune de Loumbila	2024	Nombre de villageois recrutés par l'Entreprise

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le présent projet de fin d'étude s'est articulé autour des études d'alimentation en eau potable des 175 ha de terrain à aménager dans le village de Nabdogo dans la commune rurale de Loumbila pour en faire une cité d'habitation et de la vérification de la capacité du SAEP existant à toujours répondre aux besoins en eau des populations de ladite commune jusqu'en 2030 . Il a pour objectif de concevoir et de dimensionner le réseau de distribution d'eau qui conviendrait pour l'approvisionnement en eau potable de ce type d'aménagement . Le dimensionnement et la simulation ont été faite dans un premier temps sur le logiciel Excel puis suivi d'une simulation hydraulique en régime permanent et en longue durée sur le logiciel Epanet . Par la suite on a réfléchi sur la technologie du réseau de distribution .

Pour atteindre les objectifs fixés , cette étude s'est appuyée sur les activités et des visites de terrain , les données collectées auprès du services SIG de la DRO et de la Direction du Système Informatique de l'ONEA .

Cette étude a permis de mettre à la disposition de l'ONEA un dossier d'exécution et un cadre de devis estimatif quantitatif complet pour la mise en place du réseau de distribution de la nouvelle cité de Nabdogo par conséquent cela va accélérer l'adhésion des populations au projet de la cité . Le réseau de distribution est constitué de conduites en PVC PN 10 variant entre DN 63 et DN 250 . Le coût global de ce projet est estimé à quatre cent quatre-vingt-douze million huit cent cinquante un mille quatre cent soixante-treize (**492 851 473**) Fcfa TTC .

Ce stage nous a été très bénéfique en tant qu'Ingénieur de conception en Génie de l'eau de l'Assainissement et des Aménagement Hydroagricole , car il nous a permis de maitriser le processus de dimensionnement d'un réseau maillé à partir de la Méthode de Hardy Cross , on a aussi renforcé nos compétences dans l'utilisation des logiciels tels que Autocad 2018 , Covadis 2016 , Epanet la version Anglaise et Française , ainsi que Arc-view 3 .2a .

En guise de recommandation ,nous préconisons les points suivants :

- Mailler le nouveau réseau de distribution au réseau existant ;
- Connecter le château d'eau à la conduite PVC DN 160 qui assure actuellement l'alimentation en eau de la ville de Loumbila et poser deux clapets anti retour sur les conduites DN 160 et DN 250 primaire de distribution de telle sorte qu'il soit utilisé comme un château d'eau d'équilibre.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Léonard B. BATIONO, « MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER SPECIALISE EN GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE) », 2008 2007.

[2] « 5e RGPH ». http://www.insd.bf/index.php/rgph-5 (consulté le 20 octobre 2022).

[3] Direction e la Maitrise d'Ouvrage (ONEA), « Taux d'accès 2008 _2021_ONEA », sept. 2022.

[4] Notes de Cours de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE), « Cours d'approvisionnement en eau potable », 2003.

[5] Notes de Cours de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE), « Essentiel d'Alimentation en Eau Potable. CE », janv. 2019.

[6] MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT (BF), « DECRET_NORMES_CRITERES_EAU_POTABLE », mars 2019.

[7] Direction du Système Informatique (ONEA), « Extrait des données de facturation de la tournée 3 de la ville de Loumbila », sept. 2022.

[8] Notes de Cours de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE) « Essentiel d'Alimentation en Eau Potable.CE.pdf ».

[9] Notes de Cours de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE), « RECHERCHE DE FUITES / TELEGESTION ».

[10] Notes de Cours de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE), « Essentiel de dimensionnement des ouvrages hydrauliques », sept. 21.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Taux de croissance de la population de la province d'Oubritenga 56
Annexe 2 : Données et Résultats du dimensionnement de la conduite primaire 56
Annexe 3 : Résultats du réseau de dimensionnement de distribution 58
Annexe 4 : Resultats de la simulation sur Epanet en régime permanent 62
Annexe 5 :Resultast de la simulation longue durée 66
Annexe 6 : Carnet des nœuds 71
Annexe 7 : Détail devis quantitatif et Estimatif 78

Annexe 1 : Taux de croissance de la population de la province d'Oubritenga

Année	Projection de la Population de la province Oubritenga	Tc [%]
2020	318045	
2021	326530	2 , 62%
2022	335099	2 , 58%
2023	343730	2 , 53%
2024	352412	2 , 48%
2025	361162	2 , 44%
2026	369960	2 , 39%
2027	378796	2 , 34%
2028	387664	2 , 27%
2030	405468	2 , 23%
2031	414517	2 , 21%
2032	423694	2 , 20%
2033	433003	2 , 18%
2034	442435	2 , 16%
2035	452007	
Taux de croissance Moyenne [%]		2 , 36%

Annexe 2 : Données et Résultats du dimensionnement de la conduite primaire

Altitude du point de piquage (Z) [m]	326 , 444
Pression au point de piquage [m]	31 , 321
Charge Hydraulique au point de piquage [m]	357 , 765
Altitude au point d'entrée de la cité (Z) [m]	309 , 334
Pression à l'entrée de la cité [m]	25
Charge Hydraulique à l'entrée de la cité [m]	334 , 334
ΔH [m]	23 , 431
Débit (Q) [m3/s]	0 , 036
Hauteur des aspérités (ks) [m]	0 , 0000015
Linéaire total du réseau (L) [m]	8685
Intensité de la pesanteur (g) [m/s2]	9 ,81
Viscosité cinématique (ν) [m/s^2]	1 , 00E-06
Hypothèse 01 Lambda (λ)	0 , 01500000
Calculer D en fonction de l'hypothèse 01 [mm]	0 , 226
Calculer D en fonction de l'hypothèse 01 [m]	226 , 320
Débit (Q) [m3/s]	0 , 036
Section (S) [m^2]	0 , 040
Vitesse (V) [m/s]	0 , 894
Reynold	202 252
Hypothèse 02 Lambda (λ)	0 , 0155541

Calculer D en fonction de l'hypothèse 02 [m]	0 , 228
Calculer D en fonction de l'hypothèse 02 [mm]	227 , 967
Ecart λ1 et λ2	4%
Débit (Q) [m^3/s]	0 , 036
Section (S) [m^2]	0 , 041
Vitesse (V) [m/s]	0 , 881
Reynold	200 790
Hypothèse 03 Lambda (λ)	0 , 0155753
Calculer D en fonction de l'hypothèse 03 [m]	0 , 228029466
Calculer D en fonction de l'hypothèse 03 [mm]	228 , 0294665
Ecart λ2 et λ3	0%
Débit (Q) [m^3/s]	0 , 035950523
Section (S) [m^2]	0 , 040838692
Vitesse (V) [m/s]	0 , 880305456
Reynold	200 736

Annexe 3 : Résultats du réseau de dimensionnement de distribution

Maille	*Tronçon*	*Longueur [m]*	*Q[m3/s]*	*Dcom [mm]*	*Dcom [m]*	*Vréelle [m/s]*	*K1 (m)*	*nu [m]*	*Re*	*Epsilon*	*Lamda*	*Cble*	*deltaH [m]*	*deltaH/Q*	*Qcor [l/s]*	*Hamont [m]*	*Haval [m]*	*Zaval [m]*	*Paval [m]*
1	N2_N3	211 ,6	0 ,018	145	0 ,145	1 ,103	0 ,0000015	0 ,000001	159566	0 ,000010	0 ,016	0 ,00	1 ,641048	91	18 ,122	334 ,33	332 ,69	311 ,56	21 ,13
	N3_N4	244 ,4	0 ,004	99	0 ,099	0 ,531	0 ,0000015	0 ,000001	52734	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	0 ,803214	195	4 ,117	332 ,69	331 ,89	309 ,59	23 ,10
	N4_N5	235 ,5	-0 ,005	99	0 ,099	0 ,581	0 ,0000015	0 ,000001	57712	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	-0 ,908882	202	-4 ,505	331 ,89	332 ,80	307 ,50	24 ,39
	N5_N1	179 ,9	-0 ,017	145	0 ,145	1 ,065	0 ,0000015	0 ,000001	153987	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	-1 ,308351	75	-17 ,488	332 ,80	334 ,11	308 ,44	24 ,36
	N1_N2	30 ,71	-0 ,018	145	0 ,145	1 ,075	0 ,0000015	0 ,000001	155383	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	-0 ,227030	13	-17 ,647	334 ,11	334 ,33	309 ,33	24 ,78
												∑	0 ,000000	575					
												dq		0					
2	N4_N6	196 ,3	0 ,003	99	0 ,099	0 ,439	0 ,0000015	0 ,000001	43652	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,461002	135	3 ,408	331 ,89	331 ,43	307 ,00	24 ,43
	N6_N7	236 ,6	-0 ,009	145	0 ,145	0 ,534	0 ,0000015	0 ,000001	77226	0 ,000010	0 ,019	0 ,00	-0 ,498381	57	-8 ,770	331 ,43	331 ,93	306 ,63	24 ,80
	N7_N5	197 ,9	-0 ,013	145	0 ,145	0 ,762	0 ,0000015	0 ,000001	110252	0 ,000010	0 ,018	0 ,00	-0 ,788877	63	-12 ,521	331 ,93	332 ,72	307 ,50	24 ,43
	N5_N4	235 ,5	0 ,005	99	0 ,099	0 ,581	0 ,0000015	0 ,000001	57712	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	0 ,826256	183	4 ,505	332 ,72	331 ,89	309 ,59	23 ,13
												∑	0 ,000000	438					
												dq		0					
3	N3_N8	216 ,1	0 ,013	145	0 ,145	0 ,822	0 ,0000015	0 ,000001	118863	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	0 ,986207	73	13 ,499	332 ,69	331 ,71	312 ,96	18 ,75
	N8_N9	301 ,4	0 ,003	99	0 ,099	0 ,416	0 ,0000015	0 ,000001	41319	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,642176	199	3 ,226	331 ,71	331 ,06	310 ,43	21 ,28
	N9_N4	210 ,3	-0 ,005	99	0 ,099	0 ,586	0 ,0000015	0 ,000001	58250	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	-0 ,825168	181	-4 ,548	331 ,06	331 ,89	309 ,59	21 ,47
	N4_N3	244 ,4	-0 ,004	99	0 ,099	0 ,531	0 ,0000015	0 ,000001	52734	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	-0 ,803214	195	-4 ,117	331 ,89	332 ,69	311 ,56	20 ,33
												∑	0 ,000000	649					
												dq		0					
4	N9_N10	195 ,9	0 ,003	99	0 ,099	0 ,395	0 ,0000015	0 ,000001	39278	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,381500	124	3 ,066	331 ,06	330 ,68	308 ,61	22 ,07
	N10_N6	211 ,5	-0 ,012	145	0 ,145	0 ,712	0 ,0000015	0 ,000001	102964	0 ,000010	0 ,018	0 ,00	-0 ,745667	64	-11 ,693	330 ,68	331 ,43	307 ,00	23 ,68
	N6_N4	196 ,3	-0 ,003	99	0 ,099	0 ,439	0 ,0000015	0 ,000001	43652	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	-0 ,461002	135	-3 ,408	331 ,43	331 ,89	309 ,59	21 ,84
	N4_N9	210 ,3	0 ,005	99	0 ,099	0 ,586	0 ,0000015	0 ,000001	58250	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	0 ,825168	181	4 ,548	331 ,89	331 ,06	310 ,43	21 ,46
												∑	0 ,000000	505					
												dq		0					
5	N8_N11	137 ,2	0 ,010	145	0 ,145	0 ,596	0 ,0000015	0 ,000001	86122	0 ,000010	0 ,019	0 ,00	0 ,351259	36	9 ,781	331 ,71	331 ,36	315 ,26	16 ,10
	N11_N12	291 ,2	0 ,009	145	0 ,145	0 ,576	0 ,0000015	0 ,000001	83284	0 ,000010	0 ,019	0 ,00	0 ,702126	74	9 ,458	331 ,36	330 ,65	311 ,00	20 ,36
	N12_N13	46 ,31	0 ,005	145	0 ,145	0 ,278	0 ,0000015	0 ,000001	40215	0 ,000010	0 ,022	0 ,00	0 ,030526	7	4 ,567	330 ,65	330 ,62	310 ,90	19 ,75
	N13_N9	137 ,1	-0 ,004	99	0 ,099	0 ,525	0 ,0000015	0 ,000001	52151	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	-0 ,441736	108	-4 ,071	330 ,62	331 ,06	310 ,43	20 ,19
	N9_N8	301 ,4	-0 ,003	99	0 ,099	0 ,416	0 ,0000015	0 ,000001	41319	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	-0 ,642176	199	-3 ,226	331 ,06	331 ,71	312 ,96	18 ,10

												∑	0 ,000000	424					
												dq		0					
6	N13_N14	196 ,2	0 ,003	99	0 ,099	0 ,393	0 ,0000015	0 ,000001	39089	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,378831	124	3 ,052	330 ,62	330 ,24	309 ,26	20 ,98
	N14_N10	140 ,7	-0 ,011	145	0 ,145	0 ,665	0 ,0000015	0 ,000001	96185	0 ,000010	0 ,018	0 ,00	-0 ,439067	40	-10 ,924	330 ,24	330 ,68	308 ,61	21 ,63
	N10_N9	195 ,9	-0 ,003	99	0 ,099	0 ,395	0 ,0000015	0 ,000001	39278	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	-0 ,381500	124	-3 ,066	330 ,68	331 ,06	310 ,43	20 ,25
	N9_N13	137 ,1	0 ,004	99	0 ,099	0 ,525	0 ,0000015	0 ,000001	52151	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	0 ,441736	108	4 ,071	331 ,06	330 ,62	310 ,90	20 ,16
												∑	0 ,000000	397					
												dq		0					
7	N12_N15	430 ,5	0 ,004	99	0 ,099	0 ,556	0 ,0000015	0 ,000001	55252	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	1 ,537373	356	4 ,313	330 ,65	329 ,12	315 ,46	13 ,66
	N15_N16	42 ,61	0 ,003	81	0 ,081	0 ,555	0 ,0000015	0 ,000001	45198	0 ,000018	0 ,021	0 ,00	0 ,193930	67	2 ,890	329 ,12	328 ,92	315 ,13	13 ,99
	N16_N17	45 ,72	0 ,003	81	0 ,081	0 ,532	0 ,0000015	0 ,000001	43285	0 ,000018	0 ,022	0 ,00	0 ,192744	70	2 ,767	328 ,92	328 ,73	313 ,69	15 ,23
	N17_N18	190	-0 ,004	99	0 ,099	0 ,497	0 ,0000015	0 ,000001	49409	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	-0 ,556094	144	-3 ,857	328 ,73	329 ,29	313 ,84	14 ,89
	N18_N13	278 ,6	-0 ,005	99	0 ,099	0 ,656	0 ,0000015	0 ,000001	65220	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	-1 ,337428	263	-5 ,092	329 ,29	330 ,62	310 ,90	18 ,39
	N13_N12	46 ,31	-0 ,005	145	0 ,145	0 ,278	0 ,0000015	0 ,000001	40215	0 ,000010	0 ,022	0 ,00	-0 ,030526	7	-4 ,567	330 ,62	330 ,65	311 ,00	19 ,62
												∑	0 ,000000	907					
												dq		0					
8	N18_N19	32 ,05	0 ,001	81	0 ,081	0 ,165	0 ,0000015	0 ,000001	13415	0 ,000018	0 ,029	0 ,00	0 ,017168	20	0 ,858	329 ,29	329 ,27	313 ,77	15 ,50
	N19_N20	52 ,23	0 ,001	81	0 ,081	0 ,153	0 ,0000015	0 ,000001	12424	0 ,000018	0 ,029	0 ,00	0 ,024476	31	0 ,794	329 ,27	329 ,24	311 ,70	17 ,57
	N20_N21	164	0 ,001	81	0 ,081	0 ,121	0 ,0000015	0 ,000001	9879	0 ,000018	0 ,031	0 ,00	0 ,051601	82	0 ,632	329 ,24	329 ,19	310 ,99	18 ,25
	N21_N14	223 ,8	-0 ,014	145	0 ,145	0 ,836	0 ,0000015	0 ,000001	120823	0 ,000010	0 ,017	0 ,00	-1 ,051842	77	-13 ,722	329 ,19	330 ,24	309 ,26	19 ,93
	N14_N13	196 ,2	-0 ,003	99	0 ,099	0 ,393	0 ,0000015	0 ,000001	39089	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	-0 ,378831	124	-3 ,052	330 ,24	330 ,62	310 ,90	19 ,34
	N13_N18	278 ,6	0 ,005	99	0 ,099	0 ,656	0 ,0000015	0 ,000001	65220	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	1 ,337428	263	5 ,092	330 ,62	329 ,29	313 ,84	16 ,78
												∑	0 ,000000	596					
												dq		0					
9	N17_N22	195 ,8	0 ,001	81	0 ,081	0 ,237	0 ,0000015	0 ,000001	19288	0 ,000018	0 ,026	0 ,00	0 ,198038	161	1 ,233	328 ,73	328 ,53	311 ,32	17 ,21
	N22_N21	222 ,7	-0 ,011	145	0 ,145	0 ,647	0 ,0000015	0 ,000001	93524	0 ,000010	0 ,018	0 ,00	-0 ,660887	62	-10 ,621	328 ,53	329 ,19	310 ,99	17 ,54
	N21_N20	164	-0 ,001	81	0 ,081	0 ,121	0 ,0000015	0 ,000001	9879	0 ,000018	0 ,031	0 ,00	-0 ,051601	82	-0 ,632	329 ,19	329 ,24	311 ,70	17 ,49
	N20_N19	52 ,23	-0 ,001	81	0 ,081	0 ,153	0 ,0000015	0 ,000001	12424	0 ,000018	0 ,029	0 ,00	-0 ,024476	31	-0 ,794	329 ,24	329 ,27	313 ,77	15 ,47
	N19_N18	32 ,05	-0 ,001	81	0 ,081	0 ,165	0 ,0000015	0 ,000001	13415	0 ,000018	0 ,029	0 ,00	-0 ,017168	20	-0 ,858	329 ,27	329 ,29	313 ,84	15 ,43
	N18_N17	190	0 ,004	99	0 ,099	0 ,497	0 ,0000015	0 ,000001	49409	0 ,000015	0 ,021	0 ,00	0 ,556094	144	3 ,857	329 ,29	328 ,73	313 ,69	15 ,60
												∑	0 ,000000	500					
												dq		0					

10	N15_N23	353 ,1	0 ,001	81	0 ,081	0 ,154	0 ,0000015	0 ,000001	12549	0 ,000018	0 ,029	0 ,00	0 ,168391	210	0 ,802	329 ,12	328 ,95	316 ,54	12 ,41
	N23_N24	42 ,53	0 ,001	81	0 ,081	0 ,097	0 ,0000015	0 ,000001	7893	0 ,000018	0 ,033	0 ,00	0 ,009071	18	0 ,505	328 ,95	328 ,94	318 ,83	10 ,12
	N24_N16	351 ,2	0 ,000	81	0 ,081	0 ,040	0 ,0000015	0 ,000001	3259	0 ,000018	0 ,042	0 ,00	0 ,016468	79	0 ,208	328 ,94	328 ,92	315 ,13	13 ,81
	N16_N15	42 ,61	-0 ,003	81	0 ,081	0 ,555	0 ,0000015	0 ,000001	45198	0 ,000018	0 ,021	0 ,00	-0 ,193930	67	-2 ,890	328 ,92	329 ,12	315 ,46	13 ,46
												∑	0 ,000000	374					
												dq		0					
11	N17_N25	137 ,1	0 ,005	99	0 ,099	0 ,640	0 ,0000015	0 ,000001	63582	0 ,000015	0 ,020	0 ,00	0 ,628927	127	4 ,964	328 ,73	328 ,10	313 ,89	14 ,21
	N25_N26	197	0 ,000	81	0 ,081	0 ,083	0 ,0000015	0 ,000001	6785	0 ,000018	0 ,034	0 ,00	0 ,032364	75	0 ,434	328 ,10	328 ,07	311 ,39	16 ,71
	N26_N22	137 ,1	-0 ,011	145	0 ,145	0 ,695	0 ,0000015	0 ,000001	100551	0 ,000010	0 ,018	0 ,00	-0 ,463253	41	-11 ,419	328 ,07	328 ,53	311 ,32	16 ,75
	N22_N17	195 ,8	-0 ,001	81	0 ,081	0 ,237	0 ,0000015	0 ,000001	19288	0 ,000018	0 ,026	0 ,00	-0 ,198038	161	-1 ,233	328 ,53	328 ,73	313 ,69	14 ,84
												∑	0 ,000000	402					
												dq		0					
12	N25_N27	200 ,6	0 ,001	57	0 ,057	0 ,293	0 ,0000015	0 ,000001	16674	0 ,000026	0 ,027	0 ,00	0 ,458052	614	0 ,746	328 ,10	327 ,64	314 ,43	13 ,21
	N27_N28	209 ,1	0 ,000	57	0 ,057	0 ,172	0 ,0000015	0 ,000001	9789	0 ,000026	0 ,031	0 ,00	0 ,188658	431	0 ,438	327 ,64	327 ,45	313 ,00	14 ,64
	N28_N29	185 ,8	0 ,000	57	0 ,057	0 ,191	0 ,0000015	0 ,000001	10904	0 ,000026	0 ,030	0 ,00	-0 ,202179	414	-0 ,488	327 ,45	327 ,66	312 ,60	14 ,85
	N29_N25	208 ,8	-0 ,003	99	0 ,099	0 ,416	0 ,0000015	0 ,000001	41301	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	-0 ,444531	138	-3 ,224	327 ,66	328 ,10	313 ,89	13 ,77
												∑	0 ,000000	1596					
												dq		0					
13	N29_N30	197	0 ,000	81	0 ,081	0 ,092	0 ,0000015	0 ,000001	7491	0 ,000018	0 ,033	0 ,00	-0 ,038392	80	-0 ,479	327 ,66	327 ,69	311 ,15	16 ,54
	N30_N26	208 ,1	-0 ,008	145	0 ,145	0 ,488	0 ,0000015	0 ,000001	70630	0 ,000010	0 ,019	0 ,00	-0 ,373776	47	-8 ,021	327 ,69	328 ,07	311 ,39	16 ,30
	N26_N25	197	0 ,000	81	0 ,081	0 ,083	0 ,0000015	0 ,000001	6785	0 ,000018	0 ,034	0 ,00	-0 ,032364	75	-0 ,434	328 ,07	328 ,10	313 ,89	14 ,18
	N25_N29	208 ,8	0 ,003	99	0 ,099	0 ,416	0 ,0000015	0 ,000001	41301	0 ,000015	0 ,022	0 ,00	0 ,444531	138	3 ,224	328 ,10	327 ,66	312 ,60	15 ,50
												∑	0 ,000000	339					
												dq		0					
14	N28_N31	113 ,6	0 ,001	57	0 ,057	0 ,213	0 ,0000015	0 ,000001	12147	0 ,000026	0 ,029	0 ,00	0 ,149152	274	0 ,544	327 ,45	327 ,30	313 ,00	14 ,30
	N31_N32	176 ,4	0 ,000	57	0 ,057	0 ,178	0 ,0000015	0 ,000001	10168	0 ,000026	0 ,031	0 ,00	-0 ,170036	374	-0 ,455	327 ,30	327 ,47	312 ,05	15 ,25
	N32_N29	118 ,1	-0 ,003	99	0 ,099	0 ,346	0 ,0000015	0 ,000001	34343	0 ,000015	0 ,023	0 ,00	-0 ,181295	68	-2 ,681	327 ,47	327 ,66	312 ,60	14 ,87
	N29_N28	185 ,8	0 ,000	57	0 ,057	0 ,191	0 ,0000015	0 ,000001	10904	0 ,000026	0 ,030	0 ,00	0 ,202179	414	0 ,488	327 ,66	327 ,45	313 ,00	14 ,66
												∑	0 ,000000	1130					
												dq		0					
15	N29_N32	118 ,1	0 ,003	99	0 ,099	0 ,346	0 ,0000015	0 ,000001	34343	0 ,000015	0 ,023	0 ,00	0 ,181295	68	2 ,681	327 ,66	327 ,47	312 ,05	15 ,42
	N32_N33	91 ,05	0 ,002	99	0 ,099	0 ,249	0 ,0000015	0 ,000001	24796	0 ,000015	0 ,025	0 ,00	0 ,078638	41	1 ,936	327 ,47	327 ,40	311 ,63	15 ,84
	N33_N34	197 ,2	0 ,000	81	0 ,081	0 ,019	0 ,0000015	0 ,000001	1544	0 ,000018	0 ,054	0 ,00	0 ,002633	27	0 ,099	327 ,40	327 ,39	310 ,00	17 ,40

	N34_N30	209 ,4	-0 ,007	145	0 ,145	0 ,431	0 ,0000015	0 ,000001	62342	0 ,000010	0 ,020	0 ,00	-0 ,300958	43	-7 ,080	327 ,39	327 ,69	311 ,15	16 ,24
	N30_N29	197	0 ,000	81	0 ,081	0 ,092	0 ,0000015	0 ,000001	7491	0 ,000018	0 ,033	0 ,00	0 ,038392	80	0 ,479	327 ,69	327 ,66	312 ,60	15 ,09
												∑	0 ,000000	258					
												dq		0					
	N31_N35	176 ,3	0 ,001	57	0 ,057	0 ,254	0 ,0000015	0 ,000001	14479	0 ,000026	0 ,028	0 ,00	0 ,314462	485	0 ,648	327 ,30	326 ,99	312 ,00	14 ,99
	N35_N36	165 ,5	-0 ,001	57	0 ,057	0 ,283	0 ,0000015	0 ,000001	16116	0 ,000026	0 ,027	0 ,00	-0 ,356016	493	-0 ,721	326 ,99	327 ,35	311 ,63	15 ,36
16	N36_N33	84 ,69	-0 ,002	99	0 ,099	0 ,201	0 ,0000015	0 ,000001	19937	0 ,000015	0 ,026	0 ,00	-0 ,049844	32	-1 ,556	327 ,35	327 ,40	311 ,63	15 ,72
	N33_N32	91 ,05	-0 ,002	99	0 ,099	0 ,249	0 ,0000015	0 ,000001	24796	0 ,000015	0 ,025	0 ,00	-0 ,078638	41	-1 ,936	327 ,40	327 ,47	312 ,05	15 ,35
	N32_N31	176 ,4	0 ,000	57	0 ,057	0 ,178	0 ,0000015	0 ,000001	10168	0 ,000026	0 ,031	0 ,00	0 ,170036	374	0 ,455	327 ,47	327 ,30	313 ,00	14 ,47
												∑	0 ,000000	1425					
												dq		0					
	N33_N36	84 ,69	0 ,002	99	0 ,099	0 ,201	0 ,0000015	0 ,000001	19937	0 ,000015	0 ,026	0 ,00	0 ,049844	32	1 ,556	327 ,40	327 ,35	311 ,63	15 ,72
	N36_N39	68 ,49	0 ,001	99	0 ,099	0 ,086	0 ,0000015	0 ,000001	8587	0 ,000015	0 ,032	0 ,00	0 ,009280	14	0 ,670	327 ,35	327 ,34	310 ,57	16 ,78
17	N39_N40	196 ,5	0 ,000	81	0 ,081	0 ,015	0 ,0000015	0 ,000001	1209	0 ,000018	0 ,059	0 ,00	0 ,001749	23	0 ,077	327 ,34	327 ,34	310 ,64	16 ,70
	N40_N34	154 ,3	-0 ,003	145	0 ,145	0 ,203	0 ,0000015	0 ,000001	29347	0 ,000010	0 ,024	0 ,00	-0 ,058240	17	-3 ,333	327 ,34	327 ,39	310 ,00	17 ,34
	N34_N33	197 ,2	0 ,000	81	0 ,081	0 ,019	0 ,0000015	0 ,000001	1544	0 ,000018	0 ,054	0 ,00	-0 ,002633	27	-0 ,099	327 ,39	327 ,40	311 ,63	15 ,76
												∑	0 ,000000	113					
												dq		0					
	N35_N37	114 ,4	0 ,001	57	0 ,057	0 ,373	0 ,0000015	0 ,000001	21249	0 ,000026	0 ,026	0 ,00	0 ,399730	420	0 ,951	326 ,99	326 ,59	311 ,87	14 ,72
	N37_N38	157 ,8	0 ,001	57	0 ,057	0 ,293	0 ,0000015	0 ,000001	16674	0 ,000026	0 ,027	0 ,00	0 ,360315	483	0 ,746	326 ,59	326 ,23	311 ,27	15 ,32
18	N38_N39	46 ,26	0 ,000	99	0 ,099	0 ,046	0 ,0000015	0 ,000001	4597	0 ,000015	0 ,038	0 ,00	-0 ,002139	6	-0 ,359	326 ,23	326 ,23	310 ,57	15 ,66
	N39_N36	68 ,49	-0 ,001	99	0 ,099	0 ,086	0 ,0000015	0 ,000001	8587	0 ,000015	0 ,032	0 ,00	-0 ,009280	14	-0 ,670	326 ,23	326 ,24	311 ,63	14 ,60
	N36_N35	165 ,5	-0 ,001	57	0 ,057	0 ,432	0 ,0000015	0 ,000001	24606	0 ,000026	0 ,025	0 ,00	-0 ,748626	680	-1 ,102	326 ,24	326 ,99	312 ,00	14 ,24
												∑	0 ,000000	1602					
												dq		0					
	N39_N38	46 ,26	0 ,000	99	0 ,099	0 ,046	0 ,0000015	0 ,000001	4597	0 ,000015	0 ,038	0 ,00	0 ,002139	6	0 ,359	326 ,23	326 ,23	311 ,27	14 ,96
	N38_N41	101 ,3	0 ,001	99	0 ,099	0 ,113	0 ,0000015	0 ,000001	11216	0 ,000015	0 ,030	0 ,00	0 ,021817	25	0 ,876	326 ,23	326 ,21	311 ,45	14 ,78
19	N41_N42	197 ,8	0 ,001	99	0 ,099	0 ,084	0 ,0000015	0 ,000001	8334	0 ,000015	0 ,032	0 ,00	0 ,025446	39	0 ,651	326 ,21	326 ,18	310 ,23	15 ,98
	N42_N40	149	-0 ,003	145	0 ,145	0 ,185	0 ,0000015	0 ,000001	26717	0 ,000010	0 ,024	0 ,00	-0 ,047653	16	-3 ,034	326 ,18	326 ,23	310 ,64	15 ,54
	N40_N39	196 ,5	0 ,000	81	0 ,081	0 ,015	0 ,0000015	0 ,000001	1209	0 ,000018	0 ,059	0 ,00	-0 ,001749	23	-0 ,077	326 ,23	326 ,23	310 ,57	15 ,66
												∑	0 ,000000	108					
												dq		0					

Annexe 4:Resultats de la simulation sur Epanet en régime permanent

ID Noeud	Altitude [m]	Pression [m]	ID Arc	Vitesse [m/s]	Pert ,Charge Unit , [m/km]
Noeud n1	308 ,44	20 ,92	Tuyau p1	1 ,07	8 ,77
Noeud n2	309 ,33	20 ,3	Tuyau p2	1 ,11	7 ,39
Noeud n3	311 ,56	16 ,51	Tuyau p3	0 ,54	3 ,11
Noeud n4	309 ,59	17 ,72	Tuyau p4	0 ,57	3 ,44
Noeud n5	307 ,50	20 ,62	Tuyau p5	1 ,06	6 ,92
Noeud n6	307 ,00	19 ,89	Tuyau p6	0 ,43	2 ,12
Noeud n7	306 ,63	20 ,74	Tuyau p7	0 ,54	2
Noeud n8	312 ,97	14 ,17	Tuyau p8	0 ,77	3 ,81
Noeud n9	310 ,43	16 ,11	Tuyau p9	0 ,82	4 ,31
Noeud n10	308 ,61	17 ,57	Tuyau p10	0 ,42	1 ,98
Noeud n11	315 ,26	11 ,54	Tuyau p11	0 ,59	3 ,66
Noeud n12	311 ,00	15 ,15	Tuyau p12	0 ,39	1 ,79
Noeud n13	310 ,90	15 ,21	Tuyau p13	0 ,71	3 ,33
Noeud n14	309 ,26	16 ,5	Tuyau p14	0 ,59	2 ,46
Noeud n15	315 ,47	9 ,26	Tuyau p15	0 ,57	2 ,24
Noeud n16	315 ,14	9 ,4	Tuyau p16	0 ,28	0 ,68
Noeud n17	313 ,69	10 ,65	Tuyau p17	0 ,53	3 ,09
Noeud n18	313 ,85	11 ,02	Tuyau p18	0 ,39	1 ,78
Noeud n19	313 ,77	11 ,08	Tuyau p19	0 ,66	3
Noeud n20	311 ,70	13 ,12	Tuyau p20	0 ,56	3 ,3
Noeud n21	310 ,99	13 ,78	Tuyau p21	0 ,55	4 ,5
Noeud n22	311 ,32	12 ,83	Tuyau p22	0 ,53	4 ,2
Noeud n23	316 ,54	8 ,02	Tuyau p23	0 ,5	2 ,75
Noeud n24	318 ,84	5 ,72	Tuyau p24	0 ,66	4 ,48
Noeud n25	313 ,90	9 ,85	Tuyau p25	0 ,17	0 ,54
Noeud n26	311 ,40	12 ,32	Tuyau p26	0 ,15	0 ,46
Noeud n27	314 ,43	8 ,92	Tuyau p27	0 ,12	0 ,3
Noeud n28	313 ,00	10 ,19	Tuyau p28	0 ,83	4 ,42
Noeud n29	312 ,60	10 ,73	Tuyau p29	0 ,24	0 ,95
Noeud n30	311 ,15	12 ,2	Tuyau p31	0 ,16	0 ,46
Noeud n31	313 ,00	10 ,1	Tuyau p32	0 ,1	0 ,23
Noeud n32	312 ,05	11 ,11	Tuyau p33	0 ,05	0 ,05
Noeud n33	311 ,64	11 ,44	Tuyau p34	0 ,64	4 ,36
Noeud n34	310 ,00	13 ,07	Tuyau p35	0 ,09	0 ,18
Noeud n35	312 ,00	10 ,99	Tuyau p36	0 ,69	3 ,25
Noeud n36	311 ,63	11 ,39	Tuyau p37	0 ,28	1 ,98
Noeud n37	311 ,87	11 ,12	Tuyau p38	0 ,16	0 ,75
Noeud n38	311 ,27	11 ,72	Tuyau p39	0 ,16	0 ,75
Noeud n39	310 ,58	12 ,43	Tuyau p40	0 ,42	1 ,98
Noeud n40	310 ,65	12 ,35	Tuyau p41	0 ,07	0 ,13

Noeud n41	311 ,46	11 ,52	Tuyau p42	0 ,49	1 ,7
Noeud n42	310 ,24	12 ,72	Tuyau p43	0 ,17	0 ,85
Noeud n43	309 ,00	20 ,73	Tuyau p44	0 ,11	0 ,37
Noeud n45	325 ,59	31 ,94	Tuyau p45	0 ,34	1 ,44
Noeud n46	324 ,93	32 ,36	Tuyau p46	0 ,27	0 ,96
Noeud n47	324 ,05	32 ,99	Tuyau p47	0 ,04	0 ,05
Noeud n48	323 ,31	33 ,52	Tuyau p48	0 ,44	1 ,39
Noeud n49	321 ,68	34 ,69	Tuyau p49	0 ,14	0 ,6
Noeud n50	320 ,66	35 ,38	Tuyau p50	0 ,07	0 ,2
Noeud n51	319 ,38	36 ,29	Tuyau p51	0 ,21	0 ,59
Noeud n52	318 ,70	36 ,7	Tuyau p52	0 ,04	0 ,04
Noeud n53	317 ,62	37 ,53	Tuyau p53	0	0
Noeud n54	316 ,48	38 ,28	Tuyau p54	0 ,13	0 ,27
Noeud n55	314 ,37	40 ,29	Tuyau p55	0 ,15	0 ,34
Noeud n56	316 ,26	38 ,24	Tuyau p56	0 ,01	0 ,01
Noeud n57	317 ,04	37 ,25	Tuyau p57	0 ,22	0 ,41
Noeud n58	317 ,84	36 ,22	Tuyau p58	0 ,1	0 ,16
Noeud n59	321 ,67	31 ,05	Tuyau p59	0 ,07	0 ,09
Noeud n60	323 ,85	28 ,06	Tuyau p60	0 ,19	0 ,32
Noeud n61	325 ,83	25 ,28	Tuyau p61 ,B	0 ,89	5 ,34
Noeud n62	329 ,87	20 ,24	Tuyau p30	0 ,64	2 ,78
Noeud n63	329 ,56	19 ,48	Tuyau p63	0 ,89	3 ,5
Noeud n64	330 ,16	18 ,65	Tuyau p64	0 ,89	3 ,42
Noeud n65	329 ,91	18 ,38	Tuyau p65	0 ,89	3 ,58
Noeud n66	330 ,22	17 ,98	Tuyau p66	0 ,89	3 ,12
Noeud n67	329 ,42	18 ,67	Tuyau p67	0 ,89	3 ,26
Noeud n68	329 ,48	18 ,49	Tuyau p68	0 ,89	3 ,2
Noeud n69	328 ,74	19 ,16	Tuyau p69	0 ,89	3 ,41
Noeud n70	328 ,65	19 ,19	Tuyau p70	0 ,89	3 ,4
Noeud n71	328 ,65	19 ,11	Tuyau p71	0 ,89	3 ,19
Noeud n72	328 ,68	19 ,01	Tuyau p72	0 ,89	5 ,13
Noeud n73	328 ,69	18 ,92	Tuyau p73	0 ,89	3 ,86
Noeud n74	328 ,61	18 ,94	Tuyau p74	0 ,89	3 ,59
Noeud n75	328 ,64	18 ,83	Tuyau p75	0 ,89	3 ,5
Noeud n76	328 ,67	18 ,73	Tuyau p76	0 ,89	2 ,91
Noeud n77	328 ,53	18 ,76	Tuyau p77	0 ,89	2 ,98
Noeud n78	328 ,50	18 ,71	Tuyau p78	0 ,89	2 ,98
Noeud n79	328 ,22	18 ,9	Tuyau p79	0 ,89	2 ,95
Noeud n80	329 ,11	17 ,94	Tuyau p80	0 ,89	2 ,94
Noeud n81	329 ,61	17 ,35	Tuyau p81	0 ,89	3 ,55
Noeud n82	329 ,62	17 ,28	Tuyau p82	0 ,89	3 ,08
Noeud n83	329 ,03	17 ,77	Tuyau p83	0 ,89	5 ,66
Noeud n84	328 ,04	18 ,69	Tuyau p84	0 ,89	4 ,94

Noeud n85	327 ,84	18 ,78	Tuyau p85	0 ,89	4 ,52
Noeud n86	328 ,08	18 ,44	Tuyau p86	0 ,89	7 ,14
Noeud n87	328 ,30	18 ,12	Tuyau p87	0 ,89	7 ,58
Noeud n88	328 ,22	18 ,11	Tuyau p88	0 ,89	8 ,25
Noeud n89	327 ,96	18 ,29	Tuyau p89	0 ,89	7 ,46
Noeud n90	327 ,69	18 ,48	Tuyau p90	0 ,89	7 ,25
Noeud n91	327 ,49	18 ,59	Tuyau p91	0 ,89	8 ,43
Noeud n92	327 ,28	18 ,73	Tuyau p92	0 ,89	7 ,22
Noeud n93	327 ,05	18 ,89	Tuyau p93	0 ,89	7 ,62
Noeud n94	325 ,71	19 ,94	Tuyau p94	0 ,89	4 ,7
Noeud n95	324 ,29	21 ,04	Tuyau p95	0 ,89	5 ,84
Noeud n96	321 ,96	22 ,72	Tuyau p96	0 ,89	5 ,97
Noeud n97	322 ,03	22 ,57	Tuyau p97	0 ,89	8 ,11
Noeud n98	321 ,67	22 ,83	Tuyau p98	0 ,89	5 ,77
Noeud n99	319 ,58	24 ,43	Tuyau p99	0 ,89	7 ,42
Noeud n100	318 ,61	25 ,14	Tuyau p100	0 ,89	5 ,33
Noeud n101	318 ,20	25 ,24	Tuyau p101	0 ,89	8 ,51
Noeud n102	317 ,52	25 ,58	Tuyau p102	0 ,89	4 ,86
Noeud n103	317 ,49	25 ,5	Tuyau p103	0 ,89	4 ,97
Noeud n104	316 ,17	26 ,66	Tuyau p104	0 ,89	5 ,11
Noeud n105	316 ,99	25 ,72	Tuyau p105	0 ,89	5 ,48
Noeud n106	315 ,99	26 ,24	Tuyau p106	0 ,89	6 ,11
Noeud n107	315 ,63	26 ,49	Tuyau p107	0 ,89	6 ,15
Noeud n108	315 ,98	26 ,08	Tuyau p108	0 ,89	6 ,55
Noeud n109	315 ,60	26 ,24	Tuyau p109	0 ,89	7 ,54
Noeud n110	315 ,33	26 ,24	Tuyau p110	0 ,89	6 ,48
Noeud n111	314 ,79	26 ,57	Tuyau p111	0 ,89	3 ,33
Noeud n112	314 ,05	27 ,05	Tuyau p112	0 ,89	3 ,29
Noeud n113	313 ,44	27 ,26	Tuyau p113	0 ,89	3 ,02
Noeud n114	312 ,28	27 ,79	Tuyau p114	0 ,89	5 ,73
Noeud n115	311 ,42	28 ,24	Tuyau p115	0 ,89	5 ,49
Noeud n116	311 ,80	27 ,71	Tuyau p116	0 ,89	3 ,1
Noeud n117	310 ,07	29 ,19	Tuyau p117	0 ,89	3 ,41
Noeud n118	311 ,28	27 ,92	Tuyau p118	0 ,89	3 ,29
Noeud n119	310 ,68	28 ,35	Tuyau p119	0 ,89	3 ,24
Noeud n120	309 ,66	28 ,94	Tuyau p120	0 ,89	4 ,74
Noeud n121	308 ,51	29 ,17	Tuyau p121	0 ,89	3 ,96
Noeud n122	307 ,65	29 ,06	Tuyau p122	0 ,89	4 ,44
Noeud n123	307 ,76	28 ,29	Tuyau p123	0 ,89	3 ,1
Noeud n124	308 ,95	26 ,91	Tuyau p124	0 ,89	5 ,06
Noeud n125	309 ,03	26 ,6	Tuyau p125	0 ,89	11 ,02
Noeud n126	308 ,45	26 ,79	Tuyau p126	0 ,89	3 ,52
Noeud n127	308 ,67	26 ,23	Tuyau p127	0 ,89	3 ,37

Noeud n128	308 ,90	25 ,9	Tuyau p128	0 ,89	3 ,65
Noeud n129	308 ,06	26 ,44	Tuyau p129	0 ,89	3 ,4
Noeud n130	306 ,29	27 ,76	Tuyau p130	0 ,89	3 ,17
Noeud n131	305 ,28	28 ,5	Tuyau p131	0 ,89	3 ,03
Noeud n132	305 ,78	27 ,85	Tuyau p132	0 ,89	3 ,17
Noeud n133	305 ,35	28 ,15	Tuyau p133	0 ,89	4 ,07
Noeud n134	305 ,11	28 ,26	Tuyau p134	0 ,89	3 ,41
Noeud n135	305 ,91	27 ,22	Tuyau p135	0 ,89	13 ,2
Noeud n136	306 ,28	26 ,72	Tuyau p136	0 ,89	3 ,78
Noeud n137	307 ,24	25 ,54	Tuyau p137	0 ,89	3 ,15
Noeud n138	309 ,41	22 ,78	Tuyau p138	0 ,89	2 ,96
Noeud n139	309 ,75	22 ,36	Tuyau p139	0 ,89	2 ,95
Noeud n140	309 ,80	22 ,13	Tuyau p140	0 ,89	3 ,02
Noeud n141	309 ,85	21 ,95	Tuyau p141	0 ,89	3 ,7
Noeud n142	309 ,89	21 ,63	Tuyau p142	0 ,89	3 ,49
Noeud n143	309 ,94	21 ,15	Tuyau p143	0 ,89	3 ,18
Noeud n144	310 ,84	19 ,82	Tuyau p144	0 ,89	3 ,24
Noeud n145	310 ,00	20 ,14	Tuyau p145	0 ,89	4 ,97
Bâche	357 ,76	0	Tuyau p146	0 ,89	3 ,33
			Tuyau p147	0 ,89	3 ,13
			Tuyau p148	0 ,89	3 ,38
			Tuyau p149	0 ,89	3 ,96
			Tuyau p150	0 ,89	4 ,23
			Tuyau p151	0 ,89	4 ,43
			Tuyau p152	0 ,89	3 ,45
			Tuyau p153	0 ,89	4 ,33
			Tuyau p154	0 ,89	3 ,53
			Tuyau p155	0 ,89	3 ,05
			Tuyau p156	0 ,89	5 ,82
			Tuyau p157	0 ,89	3 ,75
			Tuyau p158	0 ,89	4 ,46
			Tuyau p159	0 ,89	3 ,34
			Tuyau p160	0 ,89	3 ,15
			Tuyau p161	0 ,89	3 ,14
			Tuyau p162	0 ,89	3 ,08
			Tuyau p163	0 ,89	3 ,16
			Tuyau p62	0 ,89	3 ,46

Annexe 5:Resultast de la simulation longue durée

Résultats de la simulation à 00h00							Résultats de la simulation à 00h00					
ID Noeud	Altitude [m]	Pression [m]	ID Arc	Vitesse [m/s]	Pert ,Charge Unit , [m/km]		ID Noeud	Altitude [m]	Pression [m]	ID Arc	Vitesse [m/s]	Pert ,Charge Unit , [m/km]
Noeud n1	308 ,44	40 ,48	Tuyau p1	0 ,57	2 ,72		Noeud n1	308 ,44	23 ,68	Tuyau p1	1 ,01	7 ,91
Noeud n2	309 ,33	39 ,67	Tuyau p2	0 ,58	2 ,34		Noeud n2	309 ,33	23 ,03	Tuyau p2	1 ,05	6 ,68
Noeud n3	311 ,56	36 ,95	Tuyau p3	0 ,28	1		Noeud n3	311 ,56	19 ,39	Tuyau p3	0 ,51	2 ,82
Noeud n4	309 ,59	38 ,67	Tuyau p4	0 ,3	1 ,1		Noeud n4	309 ,59	20 ,67	Tuyau p4	0 ,54	3 ,12
Noeud n5	307 ,50	41 ,02	Tuyau p5	0 ,56	2 ,19		Noeud n5	307 ,50	23 ,49	Tuyau p5	1	6 ,25
Noeud n6	307 ,00	41 ,13	Tuyau p6	0 ,23	0 ,68		Noeud n6	307 ,00	22 ,88	Tuyau p6	0 ,41	1 ,92
Noeud n7	306 ,63	41 ,66	Tuyau p7	0 ,29	0 ,65		Noeud n7	306 ,63	23 ,68	Tuyau p7	0 ,51	1 ,81
Noeud n8	312 ,97	35 ,25	Tuyau p8	0 ,41	1 ,22		Noeud n8	312 ,97	17 ,14	Tuyau p8	0 ,72	3 ,45
Noeud n9	310 ,43	37 ,59	Tuyau p9	0 ,43	1 ,37		Noeud n9	310 ,43	19 ,13	Tuyau p9	0 ,78	3 ,9
Noeud n10	308 ,61	39 ,29	Tuyau p10	0 ,22	0 ,64		Noeud n10	308 ,61	20 ,63	Tuyau p10	0 ,4	1 ,8
Noeud n11	315 ,26	32 ,84	Tuyau p11	0 ,31	1 ,17		Noeud n11	315 ,26	14 ,54	Tuyau p11	0 ,55	3 ,31
Noeud n12	311 ,00	36 ,89	Tuyau p12	0 ,21	0 ,58		Noeud n12	311 ,00	18 ,21	Tuyau p12	0 ,37	1 ,63
Noeud n13	310 ,90	36 ,98	Tuyau p13	0 ,38	1 ,07		Noeud n13	310 ,90	18 ,28	Tuyau p13	0 ,67	3 ,01
Noeud n14	309 ,26	38 ,51	Tuyau p14	0 ,31	0 ,79		Noeud n14	309 ,26	19 ,6	Tuyau p14	0 ,56	2 ,22
Noeud n15	315 ,47	31 ,97	Tuyau p15	0 ,3	0 ,72		Noeud n15	315 ,47	12 ,46	Tuyau p15	0 ,54	2 ,03
Noeud n16	315 ,14	32 ,24	Tuyau p16	0 ,15	0 ,22		Noeud n16	315 ,14	12 ,61	Tuyau p16	0 ,26	0 ,62
Noeud n17	313 ,69	33 ,62	Tuyau p17	0 ,28	0 ,98		Noeud n17	313 ,69	13 ,89	Tuyau p17	0 ,5	2 ,79
Noeud n18	313 ,85	33 ,64	Tuyau p18	0 ,21	0 ,58		Noeud n18	313 ,85	14 ,2	Tuyau p18	0 ,37	1 ,62
Noeud n19	313 ,77	33 ,71	Tuyau p19	0 ,35	0 ,96		Noeud n19	313 ,77	14 ,27	Tuyau p19	0 ,63	2 ,71
Noeud n20	311 ,70	35 ,77	Tuyau p20	0 ,29	1 ,06		Noeud n20	311 ,70	16 ,31	Tuyau p20	0 ,53	2 ,98
Noeud n21	310 ,99	36 ,46	Tuyau p21	0 ,29	1 ,44		Noeud n21	310 ,99	16 ,98	Tuyau p21	0 ,52	4 ,07
Noeud n22	311 ,32	35 ,93	Tuyau p22	0 ,28	1 ,34		Noeud n22	311 ,32	16 ,08	Tuyau p22	0 ,5	3 ,8
Noeud n23	316 ,54	30 ,84	Tuyau p23	0 ,26	0 ,89		Noeud n23	316 ,54	11 ,23	Tuyau p23	0 ,47	2 ,49
Noeud n24	318 ,84	28 ,54	Tuyau p24	0 ,35	1 ,44		Noeud n24	318 ,84	8 ,93	Tuyau p24	0 ,62	4 ,05
Noeud n25	313 ,90	33 ,23	Tuyau p25	0 ,09	0 ,18		Noeud n25	313 ,90	13 ,14	Tuyau p25	0 ,16	0 ,49
Noeud n26	311 ,40	35 ,72	Tuyau p26	0 ,08	0 ,15		Noeud n26	311 ,40	15 ,61	Tuyau p26	0 ,15	0 ,42
Noeud n27	314 ,43	32 ,57	Tuyau p27	0 ,06	0 ,1		Noeud n27	314 ,43	12 ,25	Tuyau p27	0 ,12	0 ,27
Noeud n28	313 ,00	33 ,95	Tuyau p28	0 ,44	1 ,41		Noeud n28	313 ,00	13 ,54	Tuyau p28	0 ,79	4
Noeud n29	312 ,60	34 ,39	Tuyau p29	0 ,13	0 ,31		Noeud n29	312 ,60	14 ,06	Tuyau p29	0 ,23	0 ,86
Noeud n30	311 ,15	35 ,85	Tuyau p31	0 ,08	0 ,15		Noeud n30	311 ,15	15 ,53	Tuyau p31	0 ,15	0 ,42
Noeud n31	313 ,00	33 ,92	Tuyau p32	0 ,05	0 ,07		Noeud n31	313 ,00	13 ,45	Tuyau p32	0 ,1	0 ,21
Noeud n32	312 ,05	34 ,88	Tuyau p33	0 ,02	0 ,01		Noeud n32	312 ,05	14 ,45	Tuyau p33	0 ,04	0 ,04
Noeud n33	311 ,64	35 ,27	Tuyau p34	0 ,34	1 ,39		Noeud n33	311 ,64	14 ,79	Tuyau p34	0 ,61	3 ,95

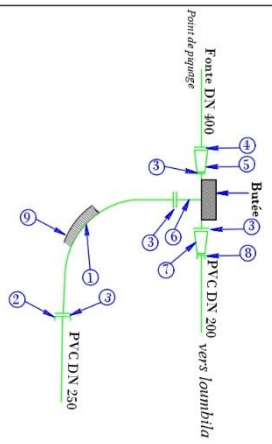
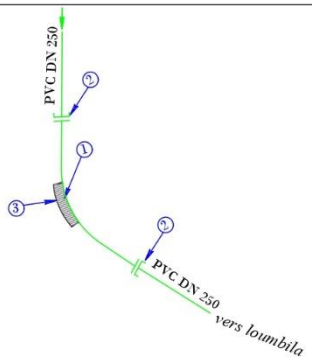
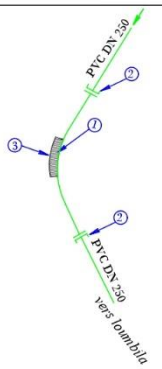
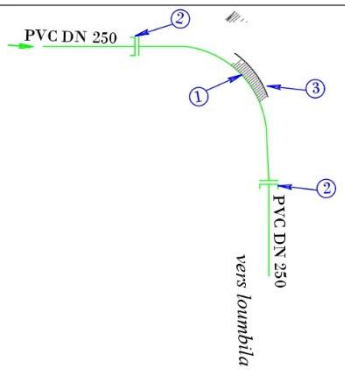
Noeud n34	310 ,00	36 ,91	Tuyau p35	0 ,05	0 ,06		Noeud n34	310 ,00	16 ,42	Tuyau p35	0 ,09	0 ,16
Noeud n35	312 ,00	34 ,88	Tuyau p36	0 ,37	1 ,04		Noeud n35	312 ,00	14 ,35	Tuyau p36	0 ,66	2 ,94
Noeud n36	311 ,63	35 ,26	Tuyau p37	0 ,15	0 ,64		Noeud n36	311 ,63	14 ,75	Tuyau p37	0 ,27	1 ,79
Noeud n37	311 ,87	35 ,01	Tuyau p38	0 ,08	0 ,24		Noeud n37	311 ,87	14 ,48	Tuyau p38	0 ,15	0 ,68
Noeud n38	311 ,27	35 ,61	Tuyau p39	0 ,08	0 ,24		Noeud n38	311 ,27	15 ,08	Tuyau p39	0 ,15	0 ,68
Noeud n39	310 ,58	36 ,31	Tuyau p40	0 ,22	0 ,64		Noeud n39	310 ,58	15 ,79	Tuyau p40	0 ,39	1 ,8
Noeud n40	310 ,65	36 ,24	Tuyau p41	0 ,04	0 ,04		Noeud n40	310 ,65	15 ,71	Tuyau p41	0 ,07	0 ,11
Noeud n41	311 ,46	35 ,42	Tuyau p42	0 ,26	0 ,55		Noeud n41	311 ,46	14 ,88	Tuyau p42	0 ,46	1 ,54
Noeud n42	310 ,24	36 ,63	Tuyau p43	0 ,09	0 ,26		Noeud n42	310 ,24	16 ,08	Tuyau p43	0 ,16	0 ,77
Noeud n43	309 ,00	40 ,03	Tuyau p44	0 ,06	0 ,11		Noeud n43	309 ,00	23 ,45	Tuyau p44	0 ,1	0 ,33
Noeud n45	325 ,59	32 ,1	Tuyau p45	0 ,18	0 ,47		Noeud n45	325 ,59	31 ,96	Tuyau p45	0 ,33	1 ,31
Noeud n46	324 ,93	32 ,69	Tuyau p46	0 ,14	0 ,31		Noeud n46	324 ,93	32 ,41	Tuyau p46	0 ,26	0 ,87
Noeud n47	324 ,05	33 ,49	Tuyau p47	0 ,02	0 ,01		Noeud n47	324 ,05	33 ,06	Tuyau p47	0 ,04	0 ,04
Noeud n48	323 ,31	34 ,16	Tuyau p48	0 ,23	0 ,45		Noeud n48	323 ,31	33 ,61	Tuyau p48	0 ,41	1 ,26
Noeud n49	321 ,68	35 ,65	Tuyau p49	0 ,07	0 ,19		Noeud n49	321 ,68	34 ,82	Tuyau p49	0 ,13	0 ,54
Noeud n50	320 ,66	36 ,57	Tuyau p50	0 ,05	0 ,05		Noeud n50	320 ,66	35 ,55	Tuyau p50	0 ,07	0 ,18
Noeud n51	319 ,38	37 ,73	Tuyau p51	0 ,11	0 ,19		Noeud n51	319 ,38	36 ,49	Tuyau p51	0 ,19	0 ,53
Noeud n52	318 ,70	38 ,33	Tuyau p52	0 ,02	0 ,01		Noeud n52	318 ,70	36 ,93	Tuyau p52	0 ,04	0 ,03
Noeud n53	317 ,62	39 ,33	Tuyau p53	0	0 ,01		Noeud n53	317 ,62	37 ,78	Tuyau p53	0	0
Noeud n54	316 ,48	40 ,34	Tuyau p54	0 ,07	0 ,08		Noeud n54	316 ,48	38 ,57	Tuyau p54	0 ,12	0 ,24
Noeud n55	314 ,37	42 ,43	Tuyau p55	0 ,08	0 ,11		Noeud n55	314 ,37	40 ,59	Tuyau p55	0 ,14	0 ,31
Noeud n56	316 ,26	40 ,49	Tuyau p56	0 ,01	0		Noeud n56	316 ,26	38 ,56	Tuyau p56	0 ,01	0 ,01
Noeud n57	317 ,04	39 ,64	Tuyau p57	0 ,12	0 ,13		Noeud n57	317 ,04	37 ,59	Tuyau p57	0 ,21	0 ,37
Noeud n58	317 ,84	38 ,77	Tuyau p58	0 ,05	0 ,05		Noeud n58	317 ,84	36 ,58	Tuyau p58	0 ,09	0 ,15
Noeud n59	321 ,67	34 ,52	Tuyau p59	0 ,04	0 ,03		Noeud n59	321 ,67	31 ,54	Tuyau p59	0 ,07	0 ,08
Noeud n60	323 ,85	32 ,08	Tuyau p60	0 ,1	0 ,11		Noeud n60	323 ,85	28 ,62	Tuyau p60	0 ,18	0 ,29
Noeud n61	325 ,83	29 ,85	Tuyau p61	0 ,47	1 ,6		Noeud n61	325 ,83	25 ,92	Tuyau p61 ,B	0 ,85	4 ,8
Noeud n62	329 ,87	25 ,49	Tuyau p30	0 ,34	0 ,89		Noeud n62	329 ,87	20 ,98	Tuyau p30	0 ,61	2 ,52
Noeud n63	329 ,56	25 ,47	Tuyau p63	0 ,47	1 ,09		Noeud n63	329 ,56	20 ,32	Tuyau p63	0 ,85	3 ,16
Noeud n64	330 ,16	24 ,79	Tuyau p64	0 ,47	1 ,06		Noeud n64	330 ,16	19 ,52	Tuyau p64	0 ,85	3 ,09
Noeud n65	329 ,91	24 ,88	Tuyau p65	0 ,47	1 ,11		Noeud n65	329 ,91	19 ,29	Tuyau p65	0 ,85	3 ,23
Noeud n66	330 ,22	24 ,55	Tuyau p66	0 ,47	0 ,98		Noeud n66	330 ,22	18 ,91	Tuyau p66	0 ,85	2 ,82
Noeud n67	329 ,42	25 ,31	Tuyau p67	0 ,47	1 ,02		Noeud n67	329 ,42	19 ,61	Tuyau p67	0 ,85	2 ,94
Noeud n68	329 ,48	25 ,21	Tuyau p68	0 ,47	1		Noeud n68	329 ,48	19 ,44	Tuyau p68	0 ,85	2 ,89
Noeud n69	328 ,74	25 ,94	Tuyau p69	0 ,47	1 ,06		Noeud n69	328 ,74	20 ,11	Tuyau p69	0 ,85	3 ,08
Noeud n70	328 ,65	26 ,01	Tuyau p70	0 ,47	1 ,06		Noeud n70	328 ,65	20 ,14	Tuyau p70	0 ,85	3 ,07
Noeud n71	328 ,65	25 ,98	Tuyau p71	0 ,47	1		Noeud n71	328 ,65	20 ,07	Tuyau p71	0 ,85	2 ,88
Noeud n72	328 ,68	25 ,93	Tuyau p72	0 ,47	1 ,54		Noeud n72	328 ,68	19 ,98	Tuyau p72	0 ,85	4 ,62
Noeud n73	328 ,69	25 ,9	Tuyau p73	0 ,47	1 ,19		Noeud n73	328 ,69	19 ,91	Tuyau p73	0 ,85	3 ,48

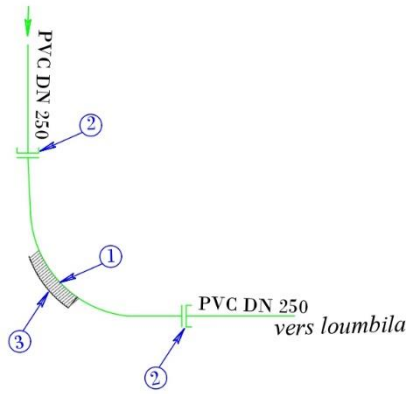
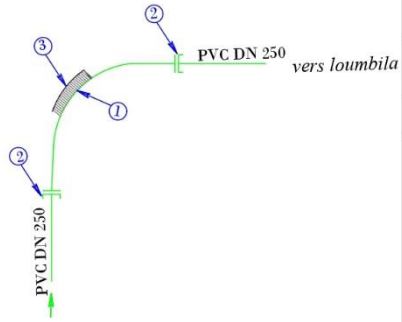
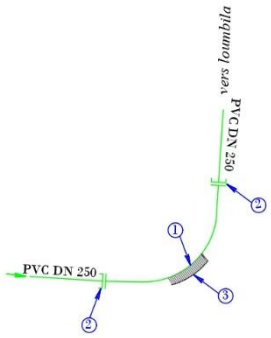
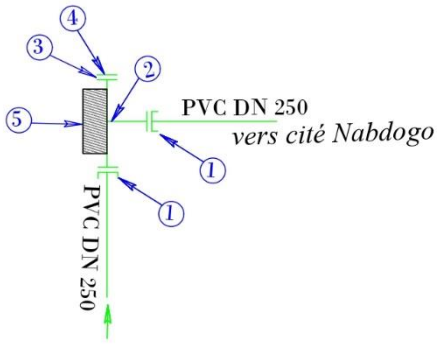
Noeud n74	328 ,61	25 ,96	Tuyau p74	0 ,47	1 ,11		Noeud n74	328 ,61	19 ,93	Tuyau p74	0 ,85	3 ,24
Noeud n75	328 ,64	25 ,91	Tuyau p75	0 ,47	1 ,09		Noeud n75	328 ,64	19 ,83	Tuyau p75	0 ,85	3 ,16
Noeud n76	328 ,67	25 ,86	Tuyau p76	0 ,47	0 ,92		Noeud n76	328 ,67	19 ,74	Tuyau p76	0 ,85	2 ,63
Noeud n77	328 ,53	25 ,97	Tuyau p77	0 ,47	0 ,94		Noeud n77	328 ,53	19 ,78	Tuyau p77	0 ,85	2 ,69
Noeud n78	328 ,50	25 ,97	Tuyau p78	0 ,47	0 ,94		Noeud n78	328 ,50	19 ,73	Tuyau p78	0 ,85	2 ,7
Noeud n79	328 ,22	26 ,22	Tuyau p79	0 ,47	0 ,93		Noeud n79	328 ,22	19 ,93	Tuyau p79	0 ,85	2 ,67
Noeud n80	329 ,11	25 ,31	Tuyau p80	0 ,47	0 ,93		Noeud n80	329 ,11	18 ,98	Tuyau p80	0 ,85	2 ,66
Noeud n81	329 ,61	24 ,78	Tuyau p81	0 ,47	1 ,1		Noeud n81	329 ,61	18 ,4	Tuyau p81	0 ,85	3 ,21
Noeud n82	329 ,62	24 ,76	Tuyau p82	0 ,47	0 ,97		Noeud n82	329 ,62	18 ,33	Tuyau p82	0 ,85	2 ,78
Noeud n83	329 ,03	25 ,32	Tuyau p83	0 ,47	1 ,69		Noeud n83	329 ,03	18 ,83	Tuyau p83	0 ,85	5 ,1
Noeud n84	328 ,04	26 ,29	Tuyau p84	0 ,47	1 ,49		Noeud n84	328 ,04	19 ,76	Tuyau p84	0 ,85	4 ,45
Noeud n85	327 ,84	26 ,45	Tuyau p85	0 ,47	1 ,37		Noeud n85	327 ,84	19 ,86	Tuyau p85	0 ,85	4 ,07
Noeud n86	328 ,08	26 ,19	Tuyau p86	0 ,47	2 ,1		Noeud n86	328 ,08	19 ,54	Tuyau p86	0 ,85	6 ,42
Noeud n87	328 ,30	25 ,93	Tuyau p87	0 ,47	2 ,23		Noeud n87	328 ,30	19 ,22	Tuyau p87	0 ,85	6 ,81
Noeud n88	328 ,22	25 ,99	Tuyau p88	0 ,47	2 ,42		Noeud n88	328 ,22	19 ,22	Tuyau p88	0 ,85	7 ,41
Noeud n89	327 ,96	26 ,23	Tuyau p89	0 ,47	2 ,19		Noeud n89	327 ,96	19 ,41	Tuyau p89	0 ,85	6 ,7
Noeud n90	327 ,69	26 ,47	Tuyau p90	0 ,47	2 ,14		Noeud n90	327 ,69	19 ,6	Tuyau p90	0 ,85	6 ,51
Noeud n91	327 ,49	26 ,64	Tuyau p91	0 ,47	2 ,46		Noeud n91	327 ,49	19 ,73	Tuyau p91	0 ,85	7 ,57
Noeud n92	327 ,28	26 ,83	Tuyau p92	0 ,47	2 ,13		Noeud n92	327 ,28	19 ,88	Tuyau p92	0 ,85	6 ,49
Noeud n93	327 ,05	27 ,04	Tuyau p93	0 ,47	2 ,24		Noeud n93	327 ,05	20 ,04	Tuyau p93	0 ,85	6 ,84
Noeud n94	325 ,71	28 ,29	Tuyau p94	0 ,47	1 ,42		Noeud n94	325 ,71	21 ,11	Tuyau p94	0 ,85	4 ,24
Noeud n95	324 ,29	29 ,61	Tuyau p95	0 ,47	1 ,74		Noeud n95	324 ,29	22 ,25	Tuyau p95	0 ,85	5 ,25
Noeud n96	321 ,96	31 ,74	Tuyau p96	0 ,47	1 ,78		Noeud n96	321 ,96	24	Tuyau p96	0 ,85	5 ,37
Noeud n97	322 ,03	31 ,64	Tuyau p97	0 ,47	2 ,37		Noeud n97	322 ,03	23 ,85	Tuyau p97	0 ,85	7 ,29
Noeud n98	321 ,67	31 ,97	Tuyau p98	0 ,47	1 ,72		Noeud n98	321 ,67	24 ,12	Tuyau p98	0 ,85	5 ,19
Noeud n99	319 ,58	33 ,91	Tuyau p99	0 ,47	2 ,18		Noeud n99	319 ,58	25 ,76	Tuyau p99	0 ,85	6 ,67
Noeud	318 ,61	34 ,8	Tuyau	0 ,47	1 ,6		Noeud n100	318 ,61	26 ,5	Tuyau p100	0 ,85	4 ,79
Noeud	318 ,20	35 ,11	Tuyau	0 ,47	2 ,49		Noeud n101	318 ,20	26 ,63	Tuyau p101	0 ,85	7 ,65
Noeud	317 ,52	35 ,68	Tuyau	0 ,47	1 ,47		Noeud n102	317 ,52	27	Tuyau p102	0 ,85	4 ,37
Noeud	317 ,49	35 ,68	Tuyau	0 ,47	1 ,5		Noeud n103	317 ,49	26 ,94	Tuyau p103	0 ,85	4 ,48
Noeud	316 ,17	36 ,95	Tuyau	0 ,47	1 ,54		Noeud n104	316 ,17	28 ,11	Tuyau p104	0 ,85	4 ,6
Noeud	316 ,99	36 ,09	Tuyau	0 ,47	1 ,64		Noeud n105	316 ,99	27 ,18	Tuyau p105	0 ,85	4 ,94
Noeud	315 ,99	36 ,95	Tuyau	0 ,47	1 ,82		Noeud n106	315 ,99	27 ,75	Tuyau p106	0 ,85	5 ,49
Noeud	315 ,63	37 ,27	Tuyau	0 ,47	1 ,83		Noeud n107	315 ,63	28 ,01	Tuyau p107	0 ,85	5 ,53
Noeud	315 ,98	36 ,91	Tuyau	0 ,47	1 ,94		Noeud n108	315 ,98	27 ,61	Tuyau p108	0 ,85	5 ,89
Noeud	315 ,60	37 ,22	Tuyau	0 ,47	2 ,21		Noeud n109	315 ,60	27 ,79	Tuyau p109	0 ,85	6 ,77
Noeud	315 ,33	37 ,4	Tuyau	0 ,47	1 ,92		Noeud n110	315 ,33	27 ,81	Tuyau p110	0 ,85	5 ,83
Noeud	314 ,79	37 ,88	Tuyau	0 ,47	1 ,04		Noeud n111	314 ,79	28 ,17	Tuyau p111	0 ,85	3 ,01
Noeud	314 ,05	38 ,54	Tuyau	0 ,47	1 ,03		Noeud n112	314 ,05	28 ,67	Tuyau p112	0 ,85	2 ,97

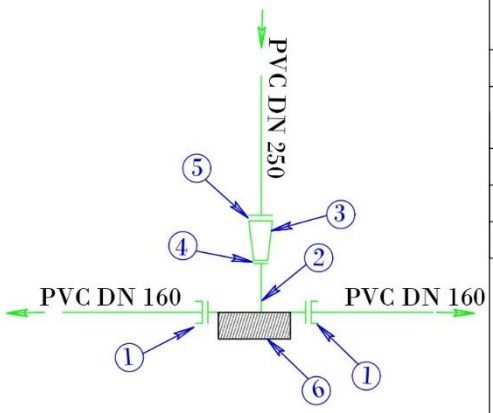
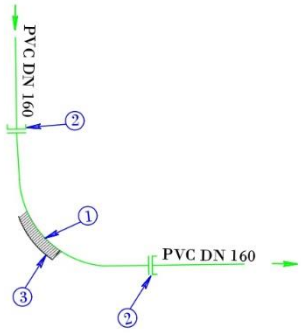
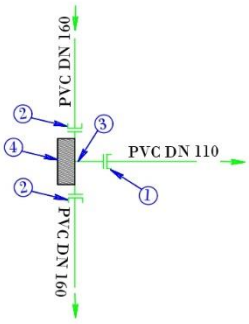
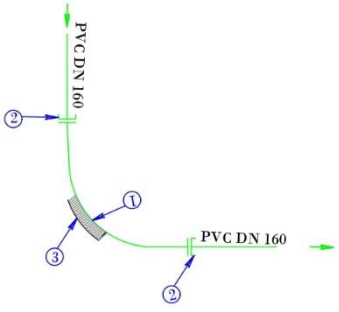
Noeud	313 ,44	39 ,02	Tuyau	0 ,47	0 ,95		Noeud n113	313 ,44	28 ,92	Tuyau p113	0 ,85	2 ,73
Noeud	312 ,28	39 ,98	Tuyau	0 ,47	1 ,71		Noeud n114	312 ,28	29 ,51	Tuyau p114	0 ,85	5 ,15
Noeud	311 ,42	40 ,71	Tuyau	0 ,47	1 ,64		Noeud n115	311 ,42	29 ,99	Tuyau p115	0 ,85	4 ,94
Noeud	311 ,80	40 ,29	Tuyau	0 ,47	0 ,97		Noeud n116	311 ,80	29 ,48	Tuyau p116	0 ,85	2 ,8
Noeud	310 ,07	41 ,94	Tuyau	0 ,47	1 ,06		Noeud n117	310 ,07	30 ,99	Tuyau p117	0 ,85	3 ,08
Noeud	311 ,28	40 ,71	Tuyau	0 ,47	1 ,03		Noeud n118	311 ,28	29 ,72	Tuyau p118	0 ,85	2 ,97
Noeud	310 ,68	41 ,26	Tuyau	0 ,47	1 ,01		Noeud n119	310 ,68	30 ,17	Tuyau p119	0 ,85	2 ,93
Noeud	309 ,66	42 ,14	Tuyau	0 ,47	1 ,43		Noeud n120	309 ,66	30 ,8	Tuyau p120	0 ,85	4 ,27
Noeud	308 ,51	43	Tuyau	0 ,47	1 ,21		Noeud n121	308 ,51	31 ,12	Tuyau p121	0 ,85	3 ,57
Noeud	307 ,65	43 ,56	Tuyau	0 ,47	1 ,35		Noeud n122	307 ,65	31 ,1	Tuyau p122	0 ,85	4
Noeud	307 ,76	43 ,24	Tuyau	0 ,47	0 ,97		Noeud n123	307 ,76	30 ,4	Tuyau p123	0 ,85	2 ,8
Noeud	308 ,95	41 ,99	Tuyau	0 ,47	1 ,52		Noeud n124	308 ,95	29 ,04	Tuyau p124	0 ,85	4 ,56
Noeud	309 ,03	41 ,84	Tuyau	0 ,47	3 ,19		Noeud n125	309 ,03	28 ,75	Tuyau p125	0 ,85	9 ,89
Noeud	308 ,45	42 ,3	Tuyau	0 ,47	1 ,09		Noeud n126	308 ,45	28 ,98	Tuyau p126	0 ,85	3 ,18
Noeud	308 ,67	41 ,98	Tuyau	0 ,47	1 ,05		Noeud n127	308 ,67	28 ,45	Tuyau p127	0 ,85	3 ,04
Noeud	308 ,90	41 ,71	Tuyau	0 ,47	1 ,13		Noeud n128	308 ,90	28 ,13	Tuyau p128	0 ,85	3 ,29
Noeud	308 ,06	42 ,46	Tuyau	0 ,47	1 ,06		Noeud n129	308 ,06	28 ,7	Tuyau p129	0 ,85	3 ,07
Noeud	306 ,29	44 ,09	Tuyau	0 ,47	0 ,99		Noeud n130	306 ,29	30 ,06	Tuyau p130	0 ,85	2 ,86
Noeud	305 ,28	45 ,01	Tuyau	0 ,47	0 ,95		Noeud n131	305 ,28	30 ,83	Tuyau p131	0 ,85	2 ,74
Noeud	305 ,78	44 ,47	Tuyau	0 ,47	0 ,99		Noeud n132	305 ,78	30 ,19	Tuyau p132	0 ,85	2 ,86
Noeud	305 ,35	44 ,86	Tuyau	0 ,47	1 ,24		Noeud n133	305 ,35	30 ,5	Tuyau p133	0 ,85	3 ,67
Noeud	305 ,11	45 ,06	Tuyau	0 ,47	1 ,06		Noeud n134	305 ,11	30 ,63	Tuyau p134	0 ,85	3 ,08
Noeud	305 ,91	44 ,19	Tuyau	0 ,47	3 ,8		Noeud n135	305 ,91	29 ,61	Tuyau p135	0 ,85	11 ,84
Noeud	306 ,28	43 ,77	Tuyau	0 ,47	1 ,16		Noeud n136	306 ,28	29 ,12	Tuyau p136	0 ,85	3 ,41
Noeud	307 ,24	42 ,74	Tuyau	0 ,47	0 ,99		Noeud n137	307 ,24	27 ,96	Tuyau p137	0 ,85	2 ,85
Noeud	309 ,41	40 ,39	Tuyau	0 ,47	0 ,93		Noeud n138	309 ,41	25 ,26	Tuyau p138	0 ,85	2 ,68
Noeud	309 ,75	40 ,03	Tuyau	0 ,47	0 ,93		Noeud n139	309 ,75	24 ,85	Tuyau p139	0 ,85	2 ,67
Noeud	309 ,80	39 ,92	Tuyau	0 ,47	0 ,95		Noeud n140	309 ,80	24 ,63	Tuyau p140	0 ,85	2 ,73
Noeud	309 ,85	39 ,83	Tuyau	0 ,47	1 ,14		Noeud n141	309 ,85	24 ,47	Tuyau p141	0 ,85	3 ,34
Noeud	309 ,89	39 ,71	Tuyau	0 ,47	1 ,08		Noeud n142	309 ,89	24 ,18	Tuyau p142	0 ,85	3 ,15
Noeud	309 ,94	39 ,52	Tuyau	0 ,47	1		Noeud n143	309 ,94	23 ,74	Tuyau p143	0 ,85	2 ,88
Noeud	310 ,84	38 ,48	Tuyau	0 ,47	1 ,01		Noeud n144	310 ,84	22 ,45	Tuyau p144	0 ,85	2 ,93
Noeud	310 ,00	39 ,16	Tuyau	0 ,47	1 ,5		Noeud n145	310 ,00	22 ,82	Tuyau p145	0 ,85	4 ,47
			Tuyau	0 ,47	1 ,04					Tuyau p146	0 ,85	3
			Tuyau	0 ,47	0 ,98					Tuyau p147	0 ,85	2 ,82
			Tuyau	0 ,47	1 ,05					Tuyau p148	0 ,85	3 ,05
			Tuyau	0 ,47	1 ,22					Tuyau p149	0 ,85	3 ,57
			Tuyau	0 ,47	1 ,29					Tuyau p150	0 ,85	3 ,82
			Tuyau	0 ,47	1 ,35					Tuyau p151	0 ,85	3 ,99

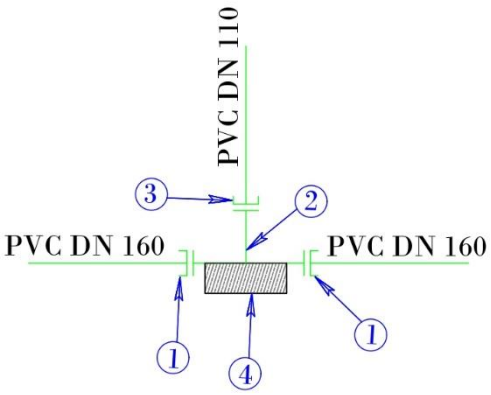
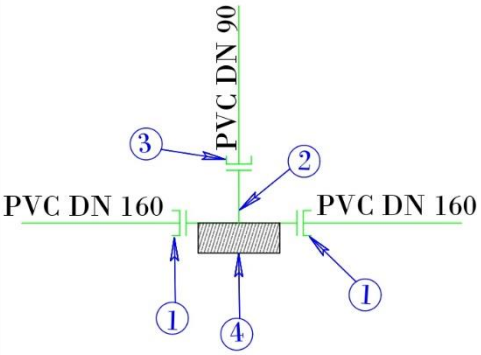
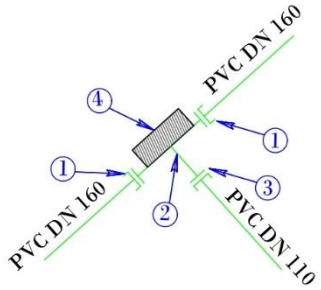
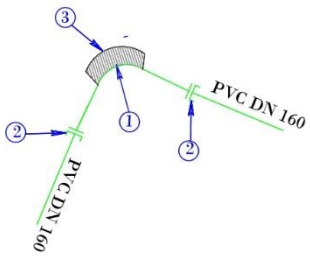
			Tuyau	0 ,47	1 ,07					Tuyau p152	0 ,85	3 ,12
			Tuyau	0 ,47	1 ,32					Tuyau p153	0 ,85	3 ,9
			Tuyau	0 ,47	1 ,09					Tuyau p154	0 ,85	3 ,19
			Tuyau	0 ,47	0 ,96					Tuyau p155	0 ,85	2 ,76
			Tuyau	0 ,47	1 ,73					Tuyau p156	0 ,85	5 ,23
			Tuyau	0 ,47	1 ,16					Tuyau p157	0 ,85	3 ,38
			Tuyau	0 ,47	1 ,35					Tuyau p158	0 ,85	4 ,01
			Tuyau	0 ,47	1 ,04					Tuyau p159	0 ,85	3 ,02
			Tuyau	0 ,47	0 ,99					Tuyau p160	0 ,85	2 ,84
			Tuyau	0 ,47	0 ,99					Tuyau p161	0 ,85	2 ,84
			Tuyau	0 ,47	0 ,97					Tuyau p162	0 ,85	2 ,78
			Tuyau	0 ,47	0 ,99					Tuyau p163	0 ,85	2 ,85
			Tuyau p62	0 ,47	1 ,08					Tuyau p62	0 ,85	3 ,13

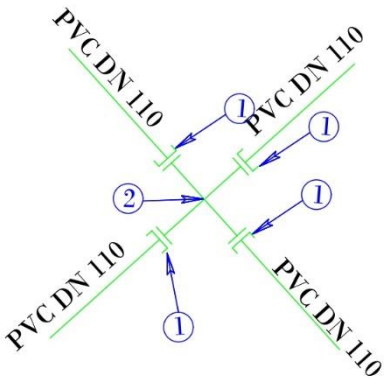
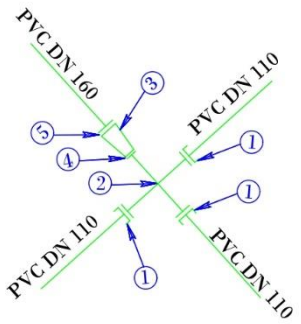
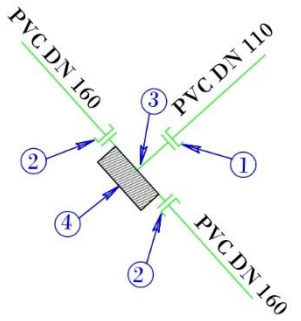
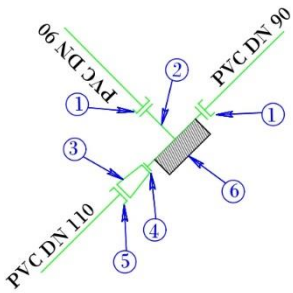
Annexe 6:Carnet des nœuds

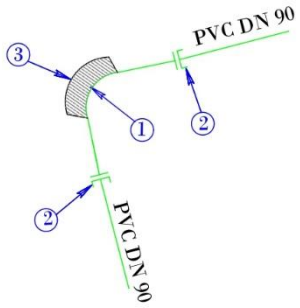
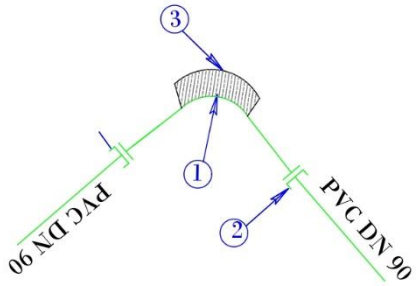
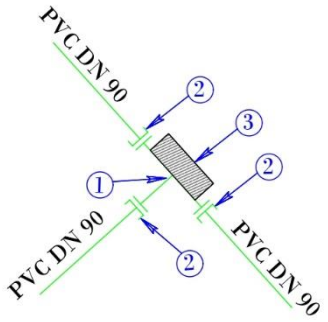
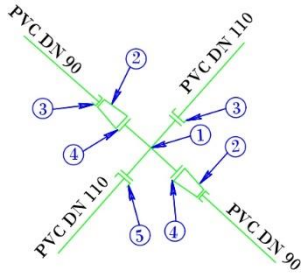
Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
01		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	1
		3	Joint plat elastomere DN 250	3
		4	Joint plat elastomere DN 400	1
		5	Cône de reduction fonte à brides pour PVC DN 400 x 250 PN 16	1
		6	Té fonte égal à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		7	Cône de reduction fonte à brides pour PVC DN 250 x 200 PN 16	1
		8	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	1
		9	Butée	1
02		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		3	Butée	1
03		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		3	Butée	1
04		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		3	Butée	1

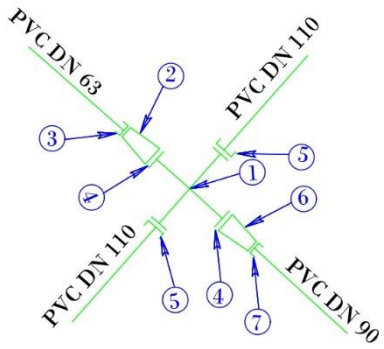
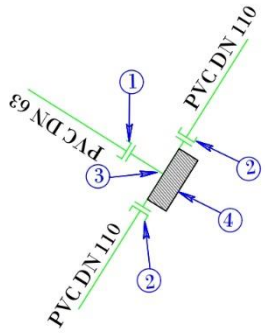
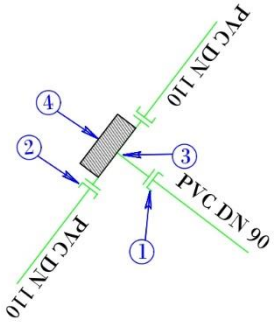
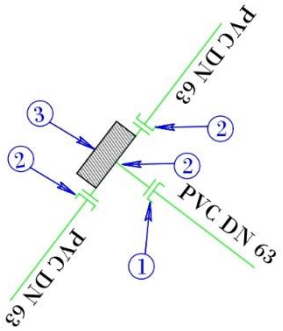
Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
05		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		3	Butée	1
06		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		3	Butée	1
07		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 250 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		3	Butée	1
08		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 250 PN 16	2
		2	Té fonte égal à brides DN 250 PN 16	1
		3	Joint plat elastomere DN 250	1
		4	Plaque pleine fonte à brides DN 250 PN 16	1
		5	Butée	1

Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
09		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		2	Té fonte égal à brides DN 150 PN16	1
		3	Cône de reduction fonte à brides DN 250 x 150 PN 16	1
		4	Joint plat elastomere DN 160	1
		5	Joint plat elastomere DN 250	1
		6	Butée	1
10		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 150 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		3	Butée	1
11		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		3	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 150 x 100 PN 16	1
		4	Butée	1
12		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 150 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		3	Butée	1

Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
13-14-15		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		2	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 150 x 100 PN 16	1
		3	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	1
		4	Butée	1
16-17-18-19-20-21		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		2	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 150 x 100 PN 16	1
		3	Adaptateur à brides pour PVC DN 90 PN 16	1
		4	Butée	1
22-23		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		2	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 150 x 100 PN 16	1
		3	Adaptateur à brides pour PVC DN 90 PN 16	1
		4	Butée	1
24		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 150 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		3	Butée	1

Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
25-26		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	4
		2	Croix à brides fonte pour PVC DN 100 PN 16	1
27		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	3
		2	Croix à brides fonte pour PVC DN 100 PN 16	1
		3	Cône de réduction fonte à brides pour PVC DN 150 x 100 PN 16	1
		4	Joint plat elastomere DN 160	1
		5	Joint plat elastomere DN 110	1
28		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 160 PN 16	2
		3	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 150 x 100 PN 16	1
		4	Butée	1
29		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	2
		2	Té fonte égal à brides pour PVC DN 80 PN 16	1
		3	Cône de reduction fonte à brides pour PVC DN 100 x 80 PN 16	1
		4	Joint plat elastomere DN 90	1
		5	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	1
		6	Butée	1

Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
30		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 80 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	2
		3	Butée	1
31		1	Coude Fonte à brides pour PVC DN 80 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	2
		3	Butée	1
32		1	Té fonte égal à brides pour PVC DN 80 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	3
		3	Butée	1
33		1	Croix à brides pour PVC DN 100 PN 16	2
		2	Cône de reduction fonte à brides pour PVC DN 100 x 80 PN 16	2
		3	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	2
		4	Joint plat elastomere DN 110	2
		5	Adaptateur à brides pour PVC DN 110 PN 16	2

Noeuds	Schéma	N°	Nomenclature	Qté
34-35		1	Croix fonte à brides pour PVC DN 100 PN 16	1
		2	Cône de reduction fonte à brides pour PVC DN 100 x 60 PN 16	1
		3	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 63 PN 16	2
		4	Joint plat elastomere DN 110	2
		5	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	2
		6	Cône de reduction fonte à brides pour PVC DN 100 x 80 PN 16	1
		7	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	1
36-37-38		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 63 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	2
		3	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 100 x 60 PN 16	1
		4	Butée	1
39-40		1	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 90 PN 16	1
		2	Adaptateur à brides fonte pour PVC DN 110 PN 16	2
		3	Té fonte reduit à brides pour PVC DN 100 x 80 PN 16	1
		4	Butée	1
41-42		1	Adaptateur fonte à brides pour PVC DN 63 PN 16	3
		2	Té fonte égal à brides pour PVC DN 60 PN 16	2
		3	Butée	1

Annexe 7 : Détail devis quantitatif et Estimatif

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (Fcfa)	Prix total (Fcfa)
I	FRAIS GENERAUX				
I .1	Installation et repli de chantier	ff	1	2 000 000	2 000 000
I .2	Dossier d'exécution	ff	1	500 000	500 000
I .3	Dossier de récolement des travaux	ff	1	300 000	300 000
	SOUS TOTAL FRAIS GENERAUX				2 800 000
II	RESEAU DE DISTRIBUTION				
II .1	Fouilles et remblais pour tout type de terrain pour conduites de diamètre inférieur ou égal à 110 mm	ml	7960	1 800	14 328 000
II .2	Fouilles et remblais pour tout type de terrain pour conduites de diamètre supérieur à 110 mm	ml	12210	2 500	30 525 000
II .3	Fonçage sous bitume y compris fourreaux de diamètre inférieur à 300 mm	ml	150	75 000	11 250 000
II .4	Fourniture et pose de canalisation à emboîtement PVC DN 250 PN 10	ml	8685	26 338	228 748 240
II .5	Fourniture et pose de canalisation à emboîtement PVC DN 160 PN 10	ml	3525	12 273	43 263 579
II .6	Fourniture et pose de canalisation à emboîtement PVC DN 110 PN 10	ml	4037	6 254	25 246 232
II .7	Fourniture et pose de canalisation à emboîtement PVC DN 90 PN 10	ml	2399	5 086	12 201 780
II .8	Fourniture et pose de canalisation à emboîtement PVC DN 63 PN 10	ml	1524	889	1 355 141
II .9	Fourniture et pose de grillage avertisseur de couleur bleu	ml	20170	150	3 025 500
II .10	Essai de pression , lavage , désinfection et rinçage des canalisations	ml	20170	500	10 085 000
II .11	Fourniture et pose de Coude fonte à bride pour PVC DN 250 PN16	U	7	414 102	2 898 714
II .12	Fourniture et pose de Coude fonte à bride pour PVC DN 150 PN16	U	3	329 475	988 426
II .13	Fourniture et pose de Coude fonte à bride pour PVC DN 80 PN16	U	2	31 668	63 336
II .14	Fourniture et pose d'adaptateur à brides pour PVC DN 250 PN 16	U	15	134 940	2 024 100
II .15	Fourniture et pose d'adaptateur à brides pour PVC DN 200 PN 16	U	1	119 055	119 055

II .16	Fourniture et pose d'adaptateur à brides pour PVC DN 160 PN 16	U	34	85 399	2 903 566
II .17	Fourniture et pose d'adaptateur à brides pour PVC DN 110 PN 16	U	35	54 521	1 908 225
II .18	Fourniture et pose d'adaptateur à brides pour PVC DN 90 PN 16	U	19	37 495	712 401
II .19	Fourniture et pose d'adaptateur à brides pour PVC DN 63 PN 16	U	9	29 627	266 646
II .20	Fourniture et pose de joint plat élastomère DN 400	U	1	6 864	6 864
II .21	Fourniture et pose de joint plat élastomère DN 250	U	5	3 432	17 160
II .22	Fourniture et pose de joint plat élastomère DN 150	U	4	2 598	10 392
II .23	Fourniture et pose de joint plat élastomère DN 100	U	7	1 989	13 923
II .24	Fourniture et pose de joint plat élastomère DN 80	U	1	1 600	1 600
II .25	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 400 x 250 PN 16	U	1	411 840	411 840
II .26	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 250 x 200 PN 16	U	1	171 210	171 210
II .27	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 250 x 150 PN 16	U	1	118 580	118 580
II .28	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 150 x 100 PN 16	U	1	82 290	82 290
II .29	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 150 x 80 PN 16	U	1	81 801	81 801
II .30	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 100 x 80 PN 16	U	4	60 444	241 778
II .31	Fourniture et pose de cône de réduction fonte à bride DN 100 x 60 PN 16	U	3	48 200	144 600
II .32	Fourniture et pose de Té fonte égal à brides DN250 PN 16	U	2	390 819	781 638
II .33	Fourniture et pose de Té fonte égal à brides DN150 PN 16	U	1	156 710	156 710
II .34	Fourniture et pose de Té fonte égal à brides DN80 PN 16	U	2	122 839	245 677
II .35	Fourniture et pose de Té fonte égal à brides DN60 PN 16	U	4	46 584	186 337
II .36	Fourniture et pose Té fonte réduit à brides DN 150X100 PN 16	U	13	212 186	2 758 417
II .37	Fourniture et pose de Té fonte réduit à brides DN 100X80 PN 16	U	2	158 115	316 230
II .38	Fourniture et pose de Té fonte réduit à brides DN 100X60 PN 16	U	3	151 114	453 341
II .39	Fourniture et de Croix fonte à brides pour PVC DN 100 PN 16	U	8	166 615	1 332 920
II .40	Fourniture et pose d'une plaque pleine fonte DN 250	U	1	45 000	45 000

II .41	Fourniture et pose de Vanne DN 150 PN 16	U	3	353 496	1 060 488
II .42	Fourniture et pose de Vanne DN 100 PN 16	U	3	214 500	643 500
II .43	Fourniture et pose de Vanne DN 80 PN 16	U	3	120 120	360 360
II .44	Fourniture et pose de Vanne DN 60 PN 16	U	3	94 380	283 140
II .45	Fourniture et pose de ventouse triple fonctions DN 60 PN 16	U	1	133 224	133 224
II .46	Fourniture et pose de ventouse triple fonctions DN 80 PN 16	U	3	146 353	439 059
II .47	Fourniture et pose de ventouse triple fonctions DN 100 PN 16	U	4	308 880	1 235 520
II .48	Fourniture et pose de Boulons GALVA 20 X 80	U	1120	1 785	1 999 200
II .49	Fourniture et pose de compteur Mécanique DN 150	U	1	375 000	375 000
II .50	Fourniture et pose de Poteau d'incendie et accessoire	U	1	1 850 000	1 850 000
	SOUS TOTAL RESEAU DE DISTRIBUTION				407 870 740
III	OUVRAGE DE GENIE CIVIL				
III .1	Regard type I (1 ,50 m x 1 ,50 m x 1 ,50 m)	U	8	450 000	3 600 000
III .3	Regard type III (2 ,10 m x 2 ,10 m x 1 ,80 m)	U	2	750 000	1 500 000
III .5	Construction de massif de butée et/ou d'ancrage dosé à 350 kg/m3	ens	1	1 500 000	1 500 000
III .6	Construction de bornes d'indication des passages des	u	80	5 000	400 000
	SOUS TOTAL OUVRAGE DE GENIE CIVIL				7 000 000
TOTAL HTVA					417 670 740
TVA (18%)					75 180 733
TOTAL TTC					492 851 473