

**ETUDE COMPLETE DU RESEAU D'ADDUCTION EN EAU
POTABLE DE LA CITE « LES RIVES D'EBURNIE » DE 200 HA
SISE A GRAND-BASSAM EN COTE D'IVOIRE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT**

Option : « Infrastructures et Réseaux Hydrauliques »

Présenté et soutenu publiquement le 27 Janvier 2017 par

BOGUI BEHI MARIE-DOMINIQUE KOCO

Travaux dirigés par :

- **M. OUEDRAOGO Moussa**, Enseignant (Fondation 2iE),
- **M. TCHEMELE Yves**, Directeur technique du Cabinet d'Ingénierie SANGAN

Jury d'évaluation du stage :

Président du Jury : Dr Anderson ADRIANISA

Evaluateurs : M. Moussa FAYES

M. Bèga OUEDRAOGO

Promotion [2015/2016]

DEDICACES

Ce mémoire marquant la fin de mes deux années de cycle ingénieur, il me plait de m'arrêter ici pour le dédier à ces personnes qui n'ont cessé de me témoigner leur soutien indéfectible. Je pense ainsi :

- ✓ *A mes Parents qui n'ont jamais cessé de croire en moi, pour leurs conseils, leurs prières et tous les efforts qu'ils ont abattus pour moi dans le secret ;*

- ✓ *A mes frères, sœurs et amis pour leur éternel soutien, leur affection et surtout leur attention ;*

- ✓ *A mes tuteurs, la famille SOME qui m'ont accueilli auprès d'eux comme une des leurs et qui m'ont accompagnée durant tout mon séjour au Burkina Faso ;*

BOGUI Béhi Marie-Dominique Koco

REMERCIEMENTS

Parce que sans leurs apports respectifs, la rédaction de ce mémoire aurait été presque impossible, je tiens au terme de ce travail, à remercier chaleureusement :

- M. Kouakou Daniel, directeur général du Cabinet d'Ingénierie Sangan (CABIS), qui m'a accordé ce stage au sein de son entreprise ;
- mes encadreurs de stage, M. TCHEMELE Yves, Directeur technique du cabinet CABIS et M. OUEDRAOGO Moussa, Enseignant chercheur à la Fondation 2IE, qui ont fait preuve de beaucoup de patience, de grande coopération et de disponibilité à mon endroit, et dont les précieux conseils ont permis de mener à bien ce stage ;
- l'ensemble du personnel de CABIS pour l'accueil, l'intégration rapide au sein de l'équipe, et les moyens logistiques mis à ma disposition pour garantir la bonne marche des présents travaux ;
- le personnel du service Eau et Assainissement du Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD) notamment M. KOUADIO Prosper et M. KOUASSI Simplicie qui a bien voulu me faire bénéficier de leur grande expérience dans le secteur de l'adduction en eau potable en Côte d'Ivoire dans le cadre de ces travaux ;
- les membres de mon jury pour avoir accepté de lire et examiner ce travail ;
- le corps professoral et administratif de la Fondation 2IE, particulièrement ceux qui m'ont tenue, pour tous les efforts consentis afin de nous garantir aussi bien que mal cette formation de qualité dont nous avons jouie ;
- la promotion 2015-2016 du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, pour la convivialité et la bonne humeur avec lesquelles j'ai passé ces deux dernières années de formation ;

A vous tous ci-dessus cités, à ceux que j'aurais omis ou qui dans le secret, par leur prière ont accompagné ma petite personne jusqu'à ce niveau, que Dieu le Père Tout-Puissant vous le rende au centuple.

Merci infiniment. ...

RESUME

Le présent mémoire traite de l'étude complète du réseau d'adduction d'eau potable de la cité les rives d'Eburnie d'une superficie de 200 ha située à Grand-Bassam. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un contrat d'entreprise entre le cabinet CABIS et le promoteur immobilier la CIAT, où CABIS est chargé de mener les études d'avant-projet détaillé visant à la viabilisation de ladite zone. Le réseau sera alimenté par raccordement sur la dérivation en fonte 400 mm prévue par la deuxième phase du projet de renforcement de l'adduction en eau potable de la ville d'Abidjan, présentement en cours d'exécution. Pour un aménagement prévu saturé à l'horizon 2030, il faudra mobiliser un débit de pointe horaire de 45,62 l/s pour satisfaire les besoins du lotissement. Le raccordement est prévu à partir d'une conduite PVC 315 mm de pression nominale 10 bars. Une pression minimale de 30 mce est requise au nœud de raccordement pour une desserte optimale, au cas échéant des dispositions devront être prises. Le réseau proposé est de type maillé. Il s'étend sur une longueur totale d'environ 10,69 Km et est essentiellement constitué de canalisations en PVC dont les sections varient entre 110 et 315 mm. Les résultats de simulation du réseau en état de fonctionnement réel se sont avérés satisfaisants. Il présente une technologie non seulement adaptée aux besoins d'exploitation et de maintenance, mais qui répond également aux exigences des normes arrêtées dans ce secteur notamment en Côte d'Ivoire. Le coût des travaux d'exécution est estimé à **1 124 091 612 FCFA TTC**.

MOTS-CLES :

- 1- Réseau d'AEP
- 2- Méthode Hardy-Cross
- 3- Dimensionnement
- 4- EPANET
- 5- Grand-Bassam

ABSTRACT

This dissertation is about the complete study of the water supply system of a 495 acres city called "la cité d'Eburnie", in Grand Bassam. This study is part of a contract between the firm CABIS and the property developer CIAT, where CABIS is in charge of carrying out the detailed preliminary design studies aiming at the viabilisation of the zone. This network will be supplied through a derivation in cast iron pipe 400 mm at the second stage of the project to reinforce the water supply system of the city of Abidjan, currently under implementation. For a planned development saturated by 2030, an hourly peak flow of 45.62 l / s will be required to meet the needs of the subdivision. The connection is provided from a PVC pipe 315 mm nominal pressure 10 bar. A minimum pressure of 30 meters of water column is required at the connection node for optimum service. If not, arrangements might be made then. The suggested network is a mesh kind. It's extended over a total length of 10.69 km approximately and is basically consisted of PVC pipes whose sections may vary between 110 and 315 mm. The results of simulation of the network in real working order were found to be satisfying. It presents a technology not only adapted to the needs of operation and maintenance but also meets the requirements of standards set in this sector, and in Côte d'Ivoire in particular. The cost of implementation is estimated to **1 124 091 612 FCFA TTC**.

KEYWORDS :

-
- 1- AEP network
 - 2- Dimensionnement
 - 3- Hardy-Cross method
 - 4- EPANET
 - 5- Grand-Bassam

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AEP	Alimentation en Eau Potable / Approvisionnement en Eau potable
APD	Avant-Projet Détaillé
BNETD	Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
CABIS	Cabinet d'Ingénierie Sangan
CIAT	Compagnie Internationale d'Aménagement de Terrain
CDMH	Compte de Mobilisation de l'Habitat
DN	Diamètre Nominal
DP	Dossier de Plans
DQE	Devis Quantitatif et Estimatif
FCFA	Franc de la Communauté Financière Africaine
FIT	Font Intertropical
ha	Hectare
HT	Hors Taxe
km	kilomètre
l/s	Litre par seconde
m	mètre
mce	Mètre colonne d'eau
MIE	Ministère des Infrastructures Economiques
mm	Millimètre
ONEP	Office National de l'Eau Potable
VRD	Voiries et Réseaux Divers
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PVC	Polyvinyle de Chlorure
SODECI	Société de Distribution de l'Eau de la Côte d'Ivoire
SOTICI	Société de transformation industrielle en Côte d'Ivoire
TTC	Toutes Taxes Comprises

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
RESUME.....	III
ABSTRACT	IV
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES EQUATIONS.....	IX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES	2
1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	2
1.2 CADRE DIRECTIONNEL DE L'ETUDE	3
1.2.1 PRESENTATION SUCCINCTE DU PROJET CADRE	3
1.2.2 OBJECTIFS	3
1.3 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	4
CHAPITRE 2 : EVALUATION DE LA DEMANDE EN EAU HORAIRE.....	11
2.1 ESTIMATION DE LA POPULATION DOMESTIQUE DU SITE.....	11
2.2 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DE LA ZONE D'ETUDE	12
2.3 DETERMINATION DU DEBIT DE POINTE HORAIRE.....	16
CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'AEP	18
3.1 STRUCTURE ET CONFIGURATION DU RESEAU.....	18
3.2 PREDIMENSIONNEMENT DU RESEAU.....	20
3.3 MODELISATION ET SIMULATION DU RESEAU AVEC L'OUTIL EPANET 2.0	29
CHAPITRE 4 : CONFIGURATION FINALE DU RESEAU	38
4.1 TECHNOLOGIE DU RESEAU.....	38
4.2 REALISATION DU CAHIER DES NŒUDS	40
4.3 REALISATION DU DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	40
CHAPITRE 5 : RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	42
CONCLUSION.....	43
BIBLIOGRAPHIE.....	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Statut juridique de CABIS	xi
Tableau 2: Profil des demandeurs selon les types de logement en Côte d'Ivoire [4]	8
Tableau 3 : Estimation de la population domestique de la cité d'Eburnie.....	11
Tableau 4 : Dotations finales arrêtées et besoins domestiques	13
Tableau 5 : Besoins en eau des équipements-non domestiques	15
Tableau 6: Résultats de l'équilibre de mailles par la méthode de Hardy-Cross	28
Tableau 7 : les facteurs multiplicateurs pour la simulation courte durée	33
Tableau 8: Facteurs multiplicateurs de la simulation longue durée	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation De La Zone D'étude Contour En Jaune Par Rapport A L'île De Petit-Bassam Contour En Rouge (Source: Google Earth)	4
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (contour rouge) par rapport au nouvel axe routier Abidjan-Bassam et au village Modeste (source : Google Earth)	5
Figure 3: Découpage parcellaire du site du projet en fonction des tranches (Tranche 1 : contour en rouge, Tranche 2 : contour en bleu et Tranche 3 : contour en jaune).....	7
Figure 4: Schématisation du projet de renforcement d'AEP de l'île de petit-Bassam	10
Figure 5 : Structure et configuration du réseau principal.....	19
Figure 6: Principe de détermination des débits de route par tronçon.....	20
Figure 7 : Débits de route des tronçons en lien avec la maille 1	21
Figure 8 : Report des détails consommés aux nœuds: cas de la maille1	21
Figure 9: Détails des consommations aux nœuds de chaque maille du réseau	22
Figure 10: Répartition provisoire des débits de transit du réseau maillé	23
Figure 11 : Configuration du réseau modélisé.....	30
Figure 12: Résultat de la simulation en régime permanent avec une pression de 22 mce au point de raccordement	32
Figure 13: Résultat de la simulation en régime permanent avec une pression de 65 mce au point de raccordement	32
Figure 14: Résultat de la simulation courte durée à 6H du matin	34
Figure 15: Résultats de la simulation courte durée du réseau à 18 H	34
Figure 16: Evolution de la pression aux nœuds U et V en simulation longue durée.....	35
Figure 17: Résultat de la simulation d'un incendie au niveau des centres commerciaux	36
Figure 18: Résultat de la simulation de deux incendies sur le site.....	37
Figure 19: Résultat de la simulation d'une rupture éventuelle du tronçon 4	38
Figure 20: Résultat de la simulation d'une rupture éventuelle du tronçon.....	38

LISTE DES EQUATIONS

Équation 1: Détermination des besoins en eau	12
Équation 2 : Formule du besoin net BN	14
Équation 3 : Détermination de la demande de pointe journalière	16
Équation 4: Détermination du débit fictif des antennes	22
Équation 5 : Expression de continuité	24
Équation 6: Dédution du diamètre théorique de l'expression de continuité	24
Équation 7: Expression des pertes de charge à partir de la formule de Hazen et Williams	25
Équation 8 : Expression de la correction de débit Δq_i	26
Équation 9 : Expression de la charge minimale imposée au point de piquage par un nœud	26
Équation 10: Expression de la charge à un nœud	27
Équation 11: Expression de la pression statique à un nœud	27
Équation 12: Expression de la pression dynamique à un nœud	27
Équation 13: Equation matricielle utilisée pour l'équilibrage hydraulique du réseau sur EPANET .	29
Équation 14 : Relation entre le diamètre extérieur, intérieur et l'épaisseur d'une conduite	58

INTRODUCTION

Pour vivre, l'Homme a besoin d'eau potable ; raison pour laquelle, avoir accès à l'eau potable constitue un droit fondamental pour tout citoyen. On dénombre malheureusement selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), six cent soixante-trois millions (663 000 000) de personnes à travers le monde ne jouissant pas encore de ce droit. La Côte d'Ivoire n'est pas en marge de cette réalité. En effet, plus de 30 % de la population ivoirienne n'a pas accès à l'eau potable (ONEP 2013), un pays qui se veut pourtant émergent en 2020. La question qui se pose est donc de savoir comment réduire considérablement ce taux ?

A cet effet l'une des initiatives du gouvernement ivoirien a consisté à autoriser les acteurs privés à autofinancer des études techniques de réalisation de nouveaux réseaux de distribution d'eau ; conformément aux dispositions arrêtées par la loi ivoirienne portant code de l'eau modifiée en 1998. C'est dans ce contexte que la Compagnie Internationale d'Aménagement de Terrain (CIAT), consciente des difficultés de l'Etat ivoirien et soucieuse de doter l'un de ces lotissements sis à Grand-Bassam, de l'essentiel des réseaux techniques urbains de base, s'est proposé de financer les études techniques et d'exécution du réseau de distribution d'eau devant desservir cette zone.

Ainsi, la présente étude s'inscrit dans le cadre d'un contrat d'entreprise entre le Cabinet d'Ingénierie Sangan (CABIS), bureau d'étude spécialisé dans les voiries et réseaux divers (VRD) et la CIAT. CABIS est chargé de mener les études technico-économiques pour la réalisation de ce réseau.

C'est dans cette optique que le thème « *Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité les Rives d'Eburnie de 200Ha sise à Grand-Bassam* » nous a été attribué par CABIS dans le cadre de notre PFE. Le présent mémoire d'ingénierie présente l'ensemble des travaux menés. Ces derniers se sont attelés à présenter le projet de prime abord, puis à estimer la demande en eau du site. Enfin, une configuration de réseau a été proposée et a abouti au dimensionnement. L'étude s'est achevée sur l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif (DQE) du projet avec quelques recommandations.

CHAPITRE 1 : GENERALITES

1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

CABIS est un bureau d'études spécialisé dans le domaine des études et de la Maîtrise d'Œuvre en infrastructures urbaines, bâtiment et télécom. Il intervient au profit des opérateurs privés et publics (administration nationale, régionale et locale, promoteurs immobiliers, entreprises de génie civil, entreprises de bâtiment, entreprises de Télécom, etc.) ou de leur Maître d'Ouvrage Délégué. Son statut juridique se présente comme suit :

Tableau 1 : Statut juridique de CABIS

Société	CABINET CABIS
Siège	Abidjan, Cocody Angré 8 ^{ème} tranche Carrefour pharmacie 8 ^{ème} tranche Villa îlot 4 lot 64
Adresse	20 BP 150 ABIDJAN 20
Contacts	05 60 93 24 / 07 31 35 30
tel :	22 00 44 16 / 22 50 38 47
Directeur :	M. KOUAKOU Kouassi Daniel, Ingénieur des Travaux publics Cel : (+225) 05 60 93 24/ 07 31 35 30
Email :	koikoudani@yahoo.fr
Registre de	CI-ABJ-2013-A-11708
Compte contribuable :	0909971 K

Les activités de la structure regroupent :

- les études et suivi des travaux des voiries et réseaux divers (VRD) des promotions immobilières ;
- l'étude d'état des lieux topographiques ;
- les calculs et dimensionnement des réseaux de drainage des eaux pluviales ainsi que des réseaux d'assainissement des eaux usées ;
- les calculs et dimensionnement des réseaux d'alimentation électrique ;
- les calculs et dimensionnement des réseaux d'alimentation téléphonique ;
- le tracé routier ;

- l'adduction d'eau potable (AEP);
- l'élaboration de dossier d'appel d'offre ;
- l'élaboration des plans d'exécution

1.2 CADRE DIRECTIONNEL DE L'ETUDE

1.2.1 PRESENTATION SUCCINTE DU PROJET CADRE

Le projet s'inscrit dans le cadre d'un contrat d'entreprise entre le Cabinet CABIS et le promoteur immobilier la CIAT ; contrat dans lequel le cabinet CABIS, en qualité de maître d'œuvre est chargé de mener les études d'avant-projet détaillé visant à la viabilisation de son nouveau lotissement foncier en occurrence la nouvelle cité « les rives d'Eburnie ». Ces études porteront notamment sur :

- Les voiries qui seront bitumées ou en terre ;
- Le drainage des eaux pluviales ;
- L'alimentation électrique et l'éclairage public ;
- La réalisation du réseau téléphonique
- L'adduction en eau potable

La présente étude porte sur le dernier volet à savoir l'adduction en eau potable de ladite cité.

1.2.2 OBJECTIFS

L'étude vise d'une manière générale à contribuer à la viabilisation de l'aménagement foncier de la CIAT « les rives d'Eburnie ».

De façon spécifique il s'agira de :

- Estimer les besoins en eau de la cité
- Concevoir un réseau de distribution
- Dimensionner le réseau avec un niveau de qualité très satisfaisant
- Réaliser le devis quantitatif et estimatif
- Réaliser les différentes pièces graphiques afférant au projet.

1.3 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site du projet se situe au sud de la Côte d'Ivoire au niveau de l'extension de l'île de Petit-Bassam qui regroupe les communes de Marcory, Koumassi, Treichville et Port-bouët. L'île se trouve au Sud-Est de la commune de Port-Bouët, entre le quartier de Gonzaqueville et la ville de Grand-Bassam. (Cf. figure 1).

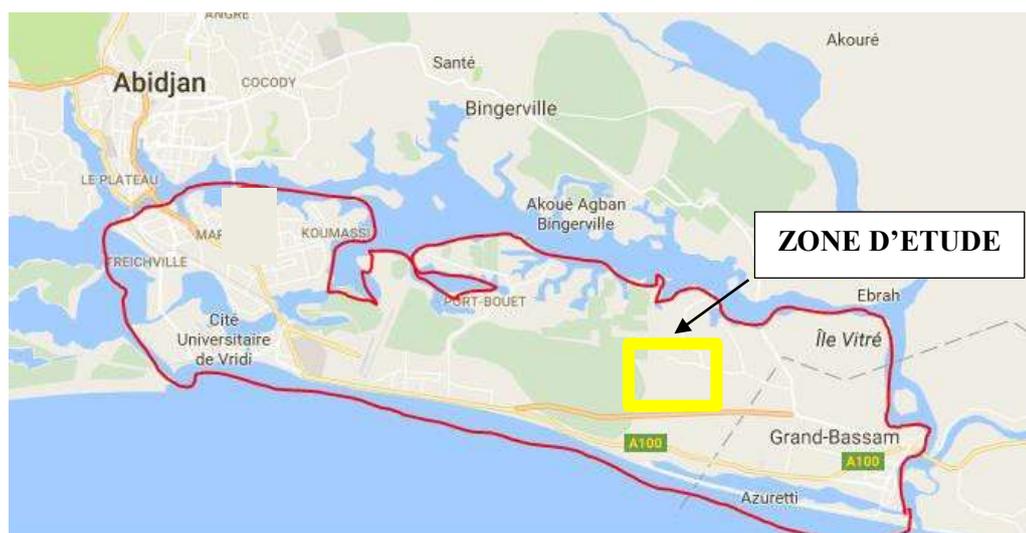


Figure 1 : Localisation De La Zone D'étude Contour En Jaune Par Rapport A L'île De Petit-Bassam Contour En Rouge (Source : Google Earth)

La zone d'étude se trouve précisément à 1,5 Km au nord du village de Modeste, village touristique très célèbre de la ville de Grand-Bassam, et à sept cents mètres (700 m) de la nouvelle autoroute reliant Abidjan à Grand-Bassam. (Cf. Figure 2).



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (contour rouge) par rapport au nouvel axe routier Abidjan-Bassam et au village Modeste (source : Google Earth)

1.3.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

❖ Climat et Température

La région jouit d'un régime équatorial de transition. C'est une zone humide avec une pluviométrie annuelle moyenne dépassant 1 500 mm.

On y distingue quatre (4) saisons alternant en fonction de la position du Front Intertropical (FIT). Ce sont :

- la grande saison sèche : décembre-mars ;
- la grande saison des pluies : avril-juin ;
- la petite saison sèche : juillet-septembre ;
- la petite saison des pluies : octobre-novembre.

Le déficit hydrique (bilan entre précipitation et évaporation) est surtout accentué aux moins de janvier et de juillet. Le degré hygrométrique de l'air varie très peu avec les saisons et reste élevé, de l'ordre de 80%. Les températures quant à elles sont constantes toute l'année, et toute l'année, et varient de 24°C au minimum généralement dans le mois d'Août à 29°C en mars.

❖ *Relief, géologie et pédologie*

Le site est localisé dans la zone centrale du bassin sédimentaire du sud de la Côte d'Ivoire. Le relief y est caractérisé par une plaine dont les altitudes dépassent rarement 50 m.

Le contexte géologique apparaît simple dans ses grandes lignes : le bassin sédimentaire repose sur un substrat de formations barrémiennes constitué de roches métamorphisées. De plus, la pluviométrie élevée et le climat chaud favorisent une altération intense des roches ferrallitiques qui prédominent dans cette zone ainsi que des sols hydromorphes des bas-fonds.

❖ *Hydrographie, hydrologie, et hydrogéologie*

Outre la présence de l'océan atlantique, la région est drainée par les Lagunes Ebrié et Ouladine (Cf. plan de situation dans le DP). En outre, la zone dispose également de ressources en eaux souterraines. La nappe phréatique se trouve à certains endroits à 0,5 m de profondeur. La nappe aquifère du quaternaire est rencontrée entre 20 et 25 m de profondeur. Ce qui interpelle sur la qualité de ces eaux. Le lessivage des sols entraîne la présence de fer, d'aluminium et autres cations dans les eaux souterraines.

1.3.3 *CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES*

La cité d'Eburnie étant un aménagement foncier, elle accueillera des populations avec un pouvoir d'achat relativement élevé, à en juger le prix du mètre carré de terre qui est vendu à quarante-cinq mille francs (HOUSSOU 2016).

1.3.4 *AMENAGEMENT DU SITE*

1.3.4.1 *Identification des équipements*

La zone d'étude est composée de :

❖ *Lots domestiques et espaces voiries sur 128 Ha*

- **Les lots de haut-standing** : Sur l'aménagement foncier, il s'agit des lots de 800 à 1000 m². Ils accueilleront les habitats de type individuel : villas duplex de six (06) pièces avec jardin et/ou piscines. Ils bénéficient d'un excellent confort. Ils sont qualifiés de classe supérieure en matière de qualité d'équipement. Ils sont dotés de l'essentiel des réseaux techniques urbains de base, de santé et d'éducation. On y accède par voie bitumée.

Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 ha sise en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire

- **Les lots de moyen-standing** : Ce sont les lots de 600 m² sur l'aménagement, prévus pour des habitats individuels de type villas duplex de 5 à 6 pièces. Ces maisons sont identiques aux précédentes mais avec un degré de finition moindre.
- **Les lots économiques** : ils s'étendent sur des superficies respectives de 200, 300, 400 et 500 m². Il s'agit des lots qui accueilleront des logements économiques, habitations de 3 à 4 pièces ; maisons avec des degrés de finition beaucoup moins élevées. On y accède par des voies en bon état, généralement en terre.

Le profil des demandeurs pour chaque type de standing est présenté dans le tableau 2 suivant.

Tableau 2 : Profil des demandeurs selon les types de logement en Côte d'Ivoire (CAMARA Loukimane 2013).

Type de logement	Profil demandé	Mode d'accès
Haut-standing et Moyen-standing	<ul style="list-style-type: none"> - Cadres supérieurs du secteur public ou privé - Institutions internationales - Investisseurs institutionnels 	<ul style="list-style-type: none"> - Prêt hypothécaire - Propriété - Location
Economiques	<ul style="list-style-type: none"> - Cadres moyens du secteur privé moderne - Agents de l'Etat 	<ul style="list-style-type: none"> - Prêt hypothécaire - Propriété avec refinancement du compte de mobilisation de l'habitat (CDMH)

Comme en témoigne le tableau ci-dessus, ce sont des personnes globalement aisées qui seront accueillies sur la cité.

❖ Lots en friche sur 57 Ha 02 A 68 Ca

Ce sont des lots d'au moins un hectare. Il s'agit en réalité de petites promotions immobilières appartenant à des particuliers comme Lawrence Immo, Lcim, (Cf. plan de masse dans le DP). On y retrouve essentiellement des habitats domestiques de même nature que ceux ci-dessus présentés.

❖ *Espaces verts et polyvalents sur 5 Ha 25 A 33 Ca*

Ce sont de petits espaces engazonnés prévus pour respecter les normes d'urbanisation en milieu urbain afin de garantir la qualité du cadre de vie.

En définitive, la cité d'Eburnie s'étend sur une superficie totale de **199 Ha 56 A 94 ca.**

1.3.5 SITUATION ACTUELLE DE L'AEP

Les prospections du site ont révélé que la zone d'étude ne dispose d'aucun système d'adduction en eau potable. Toutefois, après des enquêtes menées auprès de l'ONEP, il est ressorti qu'un projet visant à l'amélioration de l'AEP de la ville d'Abidjan et plus particulièrement celle de l'île de Petit-Bassam par captage de la nappe du Sud Comoé (nappe de Bonoua) a été lancé en août 2012 dernier. Il permettra la desserte des localités situées sur tout le parcours du nouveau réseau qui sera mis en place, localités dont fait partie le site objet des présents travaux.

Ce projet de renforcement dont les travaux de pose sont présentement en cours et doivent s'achever en Septembre 2017 prévoit la mise en place d'un château d'eau d'une capacité de 5000 m³. Le château sera alimenté à partir d'une conduite diamètre 900 mm venant de l'usine de production de Bonoua. Il permettra l'alimentation de deux autres conduites de diamètre 400 mm chacune qui serviront à l'approvisionnement des localités environnantes. L'une de ces conduites diamètre 400 mm sera implantée au niveau de l'axe routier Abidjan-Bassam qui se trouve à environ 700 m de la zone d'étude (AMANVI Thomas 2016).

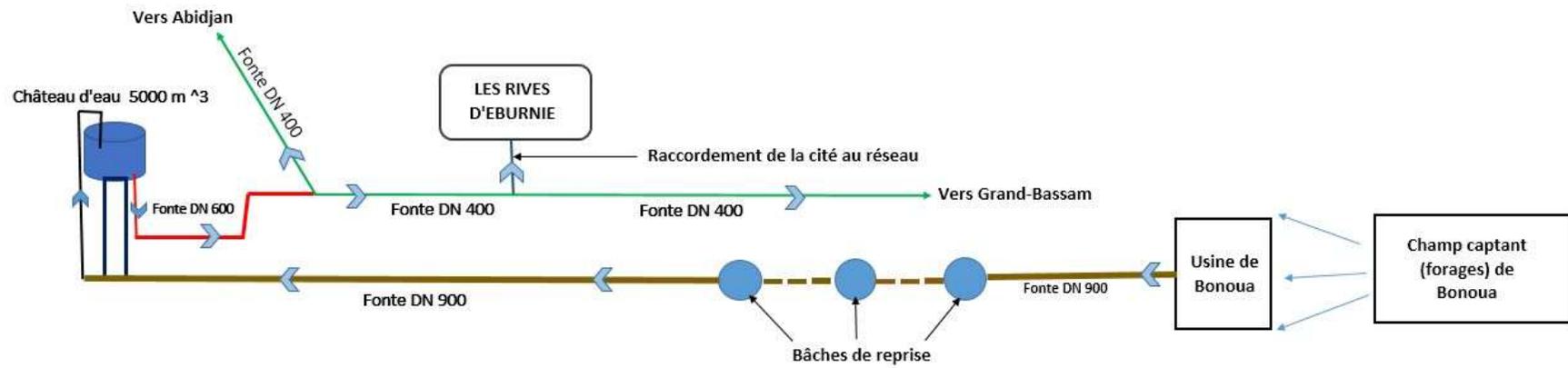


Figure 3: Schématisation du projet de renforcement d'AEP de l'île de petit-Bassam

CHAPITRE 2 : EVALUATION DE LA DEMANDE EN EAU HORAIRE

2.1 ESTIMATION DE LA POPULATION DOMESTIQUE DU SITE

La population cible qui a été considérée est celle susceptible de saturer tout le lotissement à l'horizon du projet pris égal à douze (12 ans) comme demandé dans les termes de référence.

Le nombre de personnes en moyenne dans un ménage ivoirien est 5 en milieu urbain. (EDSCI 2015). Cependant, le niveau de vie social influençant ce paramètre : plus il est bas, plus important est l'effectif du ménage en général. Les effectifs arrêtés par lot sont consignés dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Estimation de la population domestique de la cité d'Eburnie

Type de lots	Effectif par ménage à l'horizon du projet	Nombre sur le site (lots)	Total (habitants)
Lots économiques de 200 m ²	8	83	664
Lots économiques de 300 m ²	8	515	4120
Lots économiques de 400 m ²	8	260	2080
Lots économiques de 500 m ²	8	333	2664
Lots moyen-standing de 600 m ²	6	152	912
Lots haut-standing de 800 à 1000 m ²	6	232	1392

La population domestique du site hors lots en friche s'élève à **11 832 habitants** à l'horizon 2030 sur la cité hors lots en friche selon les hypothèses ci-dessus présentées.

2.2 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DE LA ZONE D'ETUDE

2.2.1 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DOMESTIQUES

Ils sont obtenus à partir de la formule suivante :

$$BESOINS = CONSOMMATION SPECIFIQUE * POPULATION$$

Équation 1 : Détermination des besoins en eau

Avec : *Besoins en l/j*

Consommation spécifique en l/j/hbt

Population exprimée en habitant

L'évaluation de la consommation spécifique selon le type de ménage s'est faite selon plusieurs approches.

Une première approche a consisté à recenser des valeurs indicatives pour l'estimation forfaitaire de la demande en eau. Ainsi, l'OMS préconise :

- un minimum vital de 20l/personne afin de répondre aux besoins fondamentaux que sont l'hydratation et l'hygiène corporelle ;
- une dotation de 50 l/j/personne pour assurer un niveau de vie décent aux usagers ;
- une dotation de 100 l/j/personne pour vivre confortablement

Aussi, le guide n°3 des Stratégies Municipales Concertées (SMC), estime à 150 l/j/personne, le maximum à imposer, quelles que soient les attentes. Au-delà, les volumes utilisés doivent être considérés comme du gaspillage à domicile conclut-il. (Gilles Roger, 2011).

L'autre approche s'est basée sur des résultats d'enquête-terrain réalisée par d'autres auteurs ou consultants. L'étude qui a été retenue comme source indicative dans le cadre des présents travaux est celle menée par le bureau d'étude national TERRABO Ingénieur Conseil dans le cadre du projet d'alimentation en eau potable de la zone Nord-Est d'Abidjan. En effet, faute d'absence de données actualisées de la SODECI, le cabinet a mené une enquête au sein des treize communes du district d'Abidjan pour une estimation réaliste de la demande en eau potable.

La méthodologie utilisée est la suivante. Les ménages selon qu'ils appartiennent à une commune donnée, ont été regroupés en fonction de leur mode de vie à savoir ceux des hauts, moyens, bas standings et des habitats traditionnels. Pour chaque groupe de ménages, les consommations spécifiques ont été déterminées en faisant le rapport du volume d'eau facturé au sein du ménage par le nombre de personnes contenues dans ce dernier. Les résultats obtenus présentent pour une commune donnée, les consommations spécifiques minimales, moyennes et maximales déterminées.

Ainsi, les valeurs maximales oscillent entre 140 et 167 l/j/personne et tandis que les valeurs moyennes varient de 94 à 111 l/j/personne. Ces dotations correspondent aux consommations des communes de type résidentiel (Plateau, Cocody, Koumassi). (TERRABO, Ingénieurs conseils 2010).

En outre, des investigations ont été réalisées auprès de la SODECI de Grand-Bassam. Le but était d'obtenir des données de consommation de certains quartiers résidentiels de la ville. Les rosiers (tournée 12, 13, 14, et 15) et Mokeyville (tournée 1 et 8) constituent les deux quartiers de la ville qui correspondent le mieux à ces caractéristiques. Les ratios de consommation enregistrés par abonné pour le trimestre Juin-Août 2016, qui ont par la suite été ramenés en consommation spécifique, oscillent entre 80 et 120 l/j/personne. (Cf. annexe 1)

Sur cette base présentée, les valeurs de consommations spécifiques selon le standing arrêté sont consignées dans le tableau 4 ci-contre.

Tableau 4 : Dotations finales arrêtées et besoins domestiques

Type de lots	Consommation spécifique (l/j/pers)	Nombre de personnes par type de lot	Besoins (m ³ /j)
Lots économiques de 200 m ²	100	664	66,4
Lots économiques de 300 m ²	100	4 120	412
Lots économiques de 400 m ²	120	2 080	249,6
Lots économiques de 500 m ²	120	2 664	319,7
Lots moyen-standing de 600 m ²	130	912	118,7
Lots haut-standing individuels	150	1392	208,8
TOTAL (m ³ /j)			1375,14

Soit environ **1 375,14 m³/j** nécessaires à couvrir les besoins domestiques de la future cité.

2.2.2 ESTIMATION DES BESOINS POUR LES ESPACES VERTS ET POLYVALENTS

Cette séquence prend en compte tous les équipements dotés d'espaces verts dont l'entretien nécessitera un éventuel arrosage. La dotation attribuée pour ce type d'aménagement est de 5 l/m²/j. Cependant, étant donné que nous sommes en zone très humide, estimer les besoins selon les bases de l'irrigation permettrait de réduire considérablement ces besoins. Ainsi, déficit hydrique qui sera noté Ø est obtenu par la formule suivante :

$$\emptyset = (ET_0 * Kc) - Pe$$

Équation 2 : Formule du déficit hydrique

Avec : Ø : le déficit hydrique en mm

ET₀ : l'évapotranspiration climatique en mm

Kc : le coefficient cultural

Pe : la pluie efficace en mm, égale à la pluviométrie si celle-ci est inférieure ou égale à 20 mm et à 0,8 si elle est supérieure à 20 mm.

Le coefficient cultural varie en fonction du stade de développement de la culture considérée. L'aménagement des espaces verts de la zone d'étude sera essentiellement composé de gazon et de quelques espèces florales. De façon sécuritaire, le coefficient cultural est pris tel que Kc=1,2.

Les données collectées sur l'outil Climwat sont celles de la station d'Abidjan, localité la plus proche de la zone d'étude. Selon les relevés mensuels d'évapotranspiration climatique et de pluviométrie, le déficit hydrique maximal de l'année est de **3 mm/j**, obtenu au mois de Janvier, soit 3l/j/m² qu'il faudra mobiliser en moyenne. (Cf. annexe 1)

La superficie totale des espaces vert est de 5ha 26 A environ, soit un besoin total pour ce type d'équipement de 157,5 m³/j.

Utiliser de l'eau potable pour cet usage résulte du gaspillage. C'est pourquoi la possibilité de recourir à une autre source d'approvisionnement a été envisagée. Cependant, la mise en place de réseaux mixtes (réseaux à diverses sources d'approvisionnement) n'est pas encore en vigueur en Côte d'Ivoire. Des propositions ont été suggérées en recommandations.

2.2.3 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES EQUIPEMENTS DE PROXIMITE ET EQUIPEMENTS MARCHANDS

Ces besoins sont déterminés de façon forfaitaire sur la base des consommations enregistrées. Ils sont estimés à un taux compris entre 10 et 20% des besoins domestiques [7]. Vu la nature et le nombre relativement faible de ces équipements sur le site, ce taux a été pris égal à 10% dans le cadre de cette étude. Soit un total de **137,514 m³/j**.

En outre, le mode de consommation n'est pas homogène pour ce type d'infrastructures : la consommation d'eau au sein d'un hôtel est par exemple beaucoup plus importante que celle au sein d'un bureau. Sur cette base, et selon l'expérience des agents de la SODECI de Grand-Bassam, ce débit d'eau à mobiliser a été reparti suivant le type d'équipements présents sur la future cité comme présenté dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Besoins en eau des équipements-non domestiques

Equipements	Consommations (l/j)
Centres commerciaux	103 500 à raison de 6 088, 24 par centre commercial
Hôtel	10 000
Groupes scolaires	8 000 l/j pour les quatre groupes scolaires à raison de 2000 l/j par groupe scolaire
collège	4 000
police	1 500
Complexe sportif	1 000
Centre socio-culturel	1 000
Centre de santé	4 500
culte	2 000
SODECI	500
CIE	500
TELECOM	500
Poste	500

Le tableau 5 ci-dessus présente la répartition des besoins domestiques obtenus selon la nature des équipements. Les centres commerciaux sont les plus grands consommateurs avec une

consommation de plus de $6 \text{ m}^3/\text{j}$.

2.2.4 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES ZONES EN FRICHE

Les besoins en eau sur ces zones ont été déterminés en rapportant les besoins estimés sur tous les autres lots ci-dessus énumérés qui s'élèvent à $1\,512,654 \text{ m}^3/\text{j}$ en débit surfacique soit $1,03 \text{ l/j/m}^2$ de lot en friche. Ce débit a par la suite été rapporté à la surface respective de chaque lot en friche. Les besoins en eau totaux pour ce type de lot est de $544 \text{ m}^3/\text{j}$. Les détails de calcul sont renseignés en annexe 1.

En définitive, les besoins en eau de la zone d'étude sont estimés à $2056,65 \text{ m}^3/\text{j}$.

2.3 DETERMINATION DU DEBIT DE POINTE HORAIRE

Le dimensionnement des conduites de distribution se fait à partir du débit de pointe horaire. Sa détermination nécessite l'application des coefficients suivants aux besoins en eau ci-dessus estimés :

- **le coefficient de pointe journalier (C_{pj})** : il permet la satisfaction des besoins journaliers qui sont supérieurs à la consommation moyenne. Il varie entre 1,05 et 1,15. Il est pris tel que $C_{pj}=1,15$ puisque la zone urbaine est très sensible à cette variation ;
- **le coefficient de pointe horaire (C_{ph})** : il tient compte des surconsommations sur le réseau durant les heures de fortes demandes. Il est pris tel que $C_{ph}=1,5$ comme requis pour les zones urbaines.
- **le rendement du réseau (R)** : Il est fonction de l'état du réseau à l'échéance du projet qui dépendra de la qualité des conduites retenues, de la qualité de leur mise en œuvre, des exigences de suivi et maintenance retenues. On considère $R=90\%$.

Le temps de fonctionnement du réseau (T_f) est pris tel que $T_f=24h$ pour assurer une desserte permanente aux usagers. Le débit de pointe horaire est obtenu par la formule suivante :

$$Q_{ph} = \frac{\text{Besoins} * C_{pj} * C_{ph}}{T_f * R * 60 * 60}$$

Équation 3 : Détermination de la demande de pointe journalière

Avec : Q_{ph} : débit de pointe horaire en mètre cube par seconde (m^3/s)

C_{pj} : coefficient de pointe journalier

C_{ph} : coefficient de pointe horaire

Besoin : besoins en eau totaux du site en mètre cube par seconde (m^3/j)

R : le rendement du réseau

T_f : le temps de fonctionnement du réseau en heure (h)

Ainsi, la demande de pointe horaire de la zone d'étude s'élève à **45,62 l/s**.

De plus, il a été considéré que la quasi-totalité des branchements sur la zone d'étude correspondra à des branchements privés (BP) vu le niveau de standing attendu sur la cité.

CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'AEP

3.1 STRUCTURE ET CONFIGURATION DU RESEAU

3.1.1 *MODE DE DISTRIBUTION*

La zone du projet sera alimentée par la seule force de la gravité à partir d'un point de raccordement de la SODECI. Le réseau d'AEP proposé dispose par conséquent d'un seul point de raccordement sur le réseau national. La conduite d'amenée principale longe la voie triomphale (voie G) où est situé le rond-point (voie d'accès principale à la cité).

3.1.2 *OSSATURE DU RESEAU*

Le réseau maillé est celui qui a été choisi dans le cadre de cette étude en raison de la grande flexibilité qu'il offre à l'utilisateur : renouvellement assuré, pertes de charge faibles, grande fiabilité et de faibles coûts d'investissement.

3.1.3 *TRACE ET NOMENCLATURE DU RESEAU*

Le tracé du réseau s'est fait à partir du plan de masse de la zone du projet avec le logiciel AUTOCAD 2015. Le principe du tracé est d'assurer l'accès au réseau aux usagers dans des conditions de desserte optimales tout en prévenant les difficultés d'exploitation et d'entretien. Les tronçons sont numérotés de 1 à 33 et les nœuds nommés à partir des lettres de l'alphabet allant d'A à Z', comme l'illustre la figure 5 suivante.

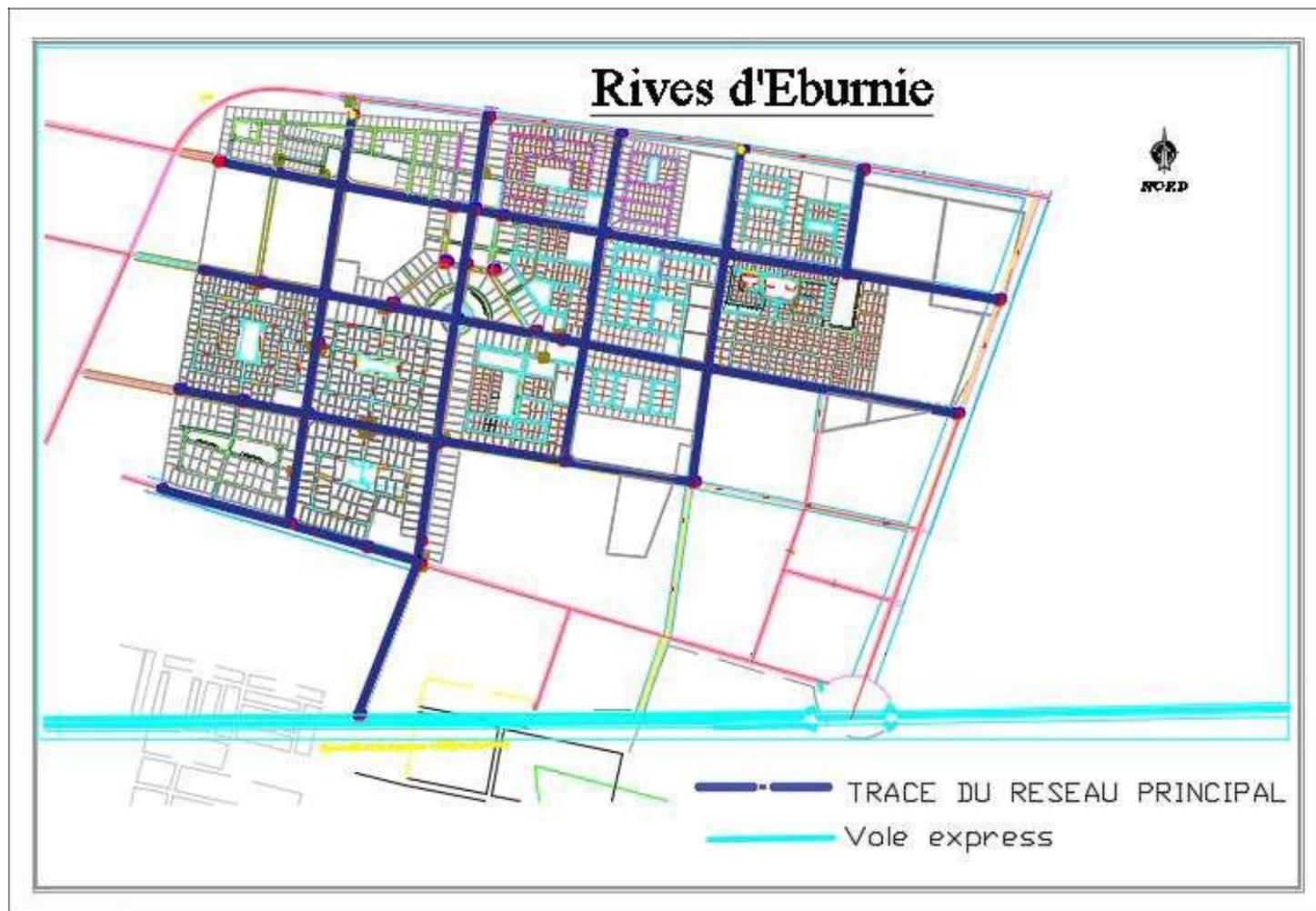


Figure 5 : Structure et configuration du réseau principal

3.1.4 RESULTATS

Le réseau est constitué au total de trente-trois (33) tronçons repartis en sept (07) mailles et dix (10) tronçons d'extension. Il a une longueur totale de **10 638 m**. Le plan du tracé du réseau a été joint au dossier de plan. (Plan n°3).

3.2 PREDIMENSIONNEMENT DU RESEAU

3.2.1 CALCUL DES DEBITS DE ROUTE

C'est le débit qui sera prélevé le long de la conduite par les usagers. Il a été déterminé par inventaire des différents équipements que devra desservir une canalisation selon le principe ci-dessous schématisé (Figure 6). Cette méthode permet de prendre en compte l'hétérogénéité d'occupation des ilots sur le site.

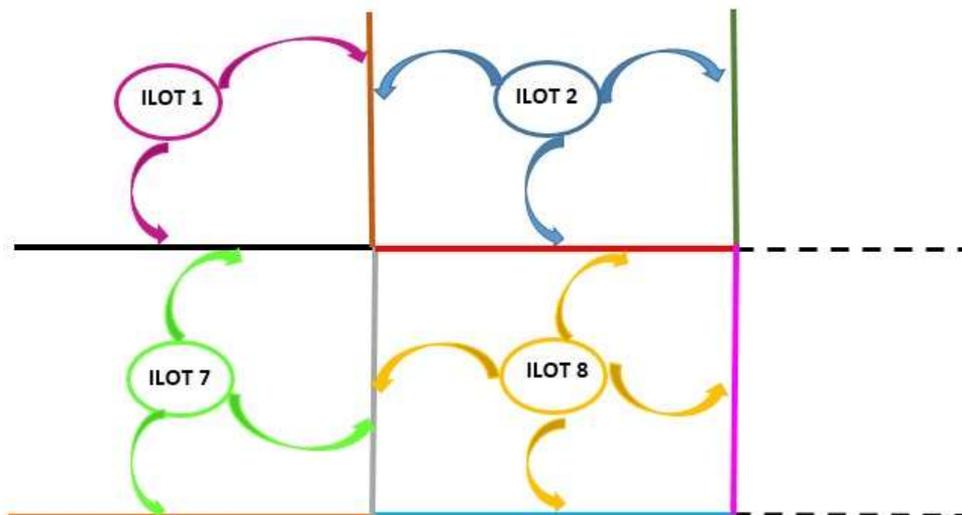


Figure 6 : Principe de détermination des débits de route par tronçon

La figure 7 présente les débits de route pour tous les tronçons en lien avec la maille 1 : les autres résultats sont consignés dans le tableau en annexe 2.



Figure 7 : Débits de route des tronçons en lien avec la maille 1

3.2.2 REPORT DES DÉTAILS CONSOMMÉS AUX NŒUDS DES MAILLES

Le report des détails consommés aux nœuds consiste en un nœud donné à faire la somme du débit ponctuel sortant (débits de route des antennes) et de la moitié des débits desservis en route de tous les tronçons adjacents de la maille comme l'indique la figure ci-après, toujours pour le cas de la maille 1.

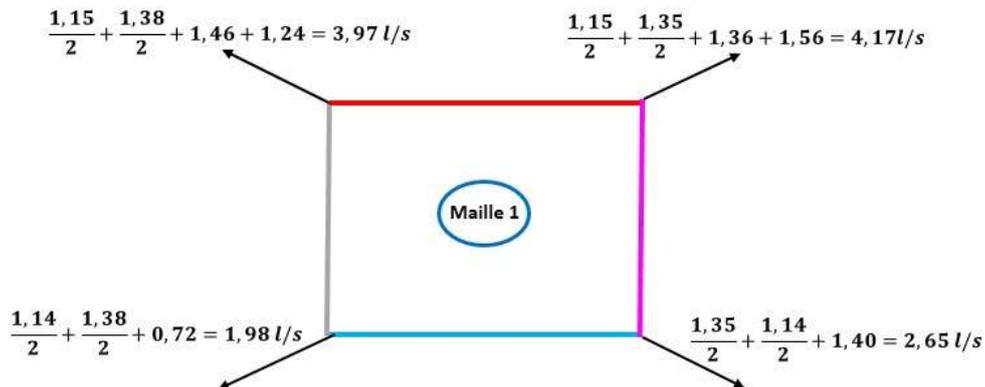


Figure 8 : Report des détails consommés aux nœuds : cas de la maille1

La figure 9 ci-contre récapitule ces détails aux nœuds de chaque maille.

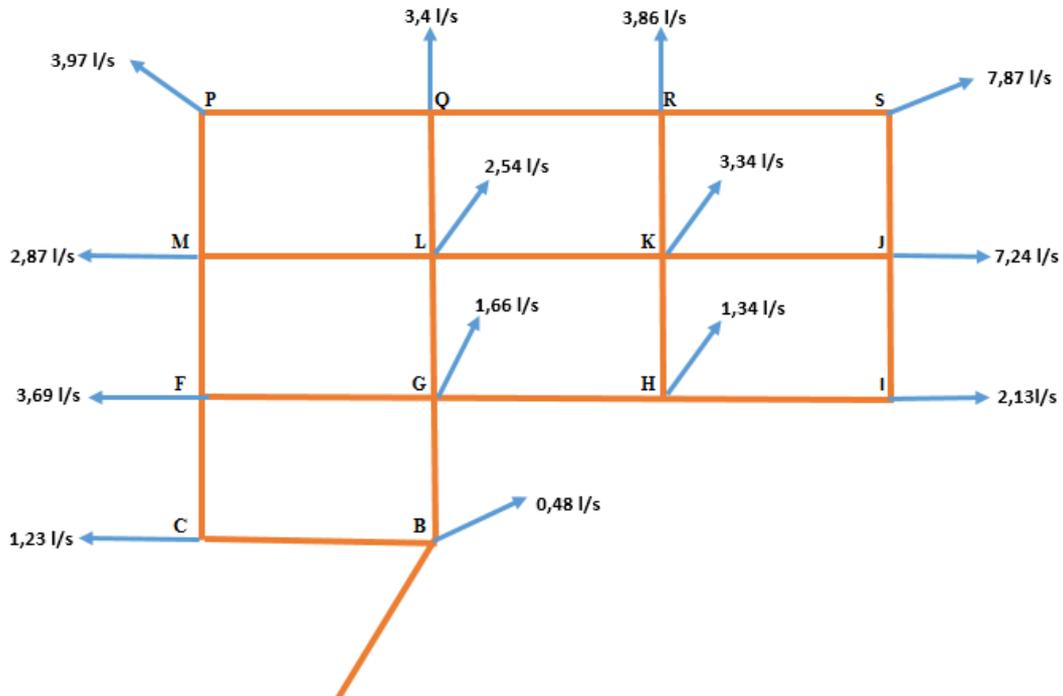


Figure 9 : Détails des consommations aux nœuds de chaque maille du réseau

3.2.1 CALCUL DES DEBITS FICTIFS DANS LES ANTENNES

Ce débit dit fictif parce que variant tout le long du tronçon en raison des prélèvements qui y sont faits est obtenu par la formule suivante :

$$Q' = 0,55 * Q_e + 0,45 * Q_s$$

Équation 4 : Détermination du débit fictif des antennes

Avec : Q' : le débit fictif dans le tronçon considéré en l/s

Q_e : le débit d'entrée du tronçon en l/s correspondant à la demande au nœud amont au tronçon considéré*

Q_s : le débit de sortie du tronçon en l/s correspondant à la demande au nœud aval au tronçon considéré*

*L'identification des nœuds amont et aval d'une antenne est fonction du sens d'écoulement des eaux au sein du réseau. Ce sens n'étant pas constant en réseau maillé, il a été fixé arbitrairement.

Le choix de cette formule pour la détermination du débit fictif s'explique par le fait que le débit q ponctuellement prélevé en route est négligeable devant les débits à l'entrée et à la sortie des tronçons. Ce débit servira à la détermination des diamètres des canalisations afin d'obtenir des sections plus économiques. Les valeurs de débit fictif pour chaque antenne du réseau sont résumées dans le tableau. Annexe 4 en annexe 2.

3.2.3 REPARTITION PROVISOIRE DES DEBITS TRANSITANT DANS LE RESEAU

En réseau maillé, ce débit est déterminé par la méthode de Hardy-Cross en s'appuyant sur la deuxième loi de KmcHoFF qui stipule qu'en tout nœud, la somme des débits entrant et sortant est nulle. Les valeurs des débits de transit ont été déterminées selon le sens d'écoulement arbitraire des eaux dans le réseau précédemment fixé comme l'illustre la figure 9 ci-dessous.

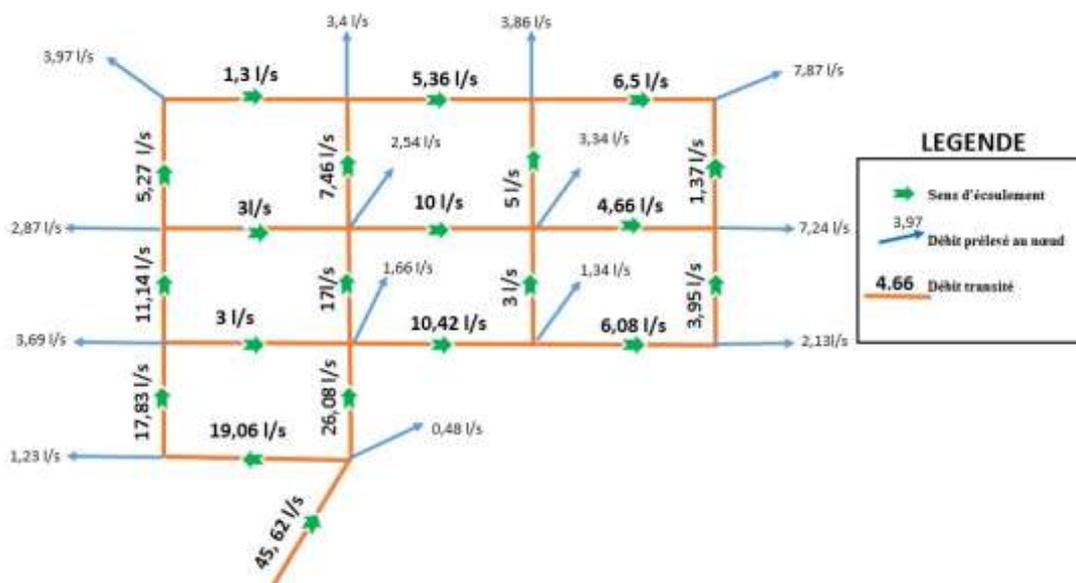


Figure 10 : Répartition provisoire des débits de transit du réseau maillé

3.2.2 CALCUL DES DIAMETRES THEORIQUES ET CHOIX DES DIAMETRES NOMINAUX

❖ Diamètres théoriques

L'expression de continuité est l'équation la mieux adaptée pour le dimensionnement d'un réseau de distribution car permettant de maîtriser le paramètre de vitesse. De cette expression on tire le diamètre théorique comme suit :

$$Q_{hyp} = \left(\frac{4 * Q_{hyp}}{\pi * V} \right)^{0,5}$$

Équation 5 : Dédution du diamètre théorique de l'expression de continuité

Avec D_{th} : diamètre théorique du tronçon considéré (m)

Q_{hyp} : débit de transit du tronçon considéré (m^3/s)

V : Vitesse économique prise égale à 1 m/s

❖ Diamètres nominaux

Les diamètres nominaux correspondent aux sections de canalisations commercialisées. Celles-ci font intervenir les notions de diamètre intérieur, diamètre extérieur et d'épaisseur dont la valeur est fonction de la pression nominale de ladite conduite. Ils sont choisis tels que :

- le diamètre intérieur soit égal ou supérieur au diamètre théorique obtenu ;
- la vitesse d'écoulement soit comprise entre 0,3 et 1,5 m/s car en-dessous de 0,3 m/s, elles favorisent les dépôts de solides au sein des conduites et au-dessus de 1,5 m/s, les pertes de charge élevées, les cavitations ou encore les sifflements au niveau des canalisations.(SOTICI 2012).

Remarque : En Côte d'ivoire, le diamètre minimal accepté sur le réseau de distribution primaire est le diamètre 63 mm. Les diamètres nominaux de conduite les plus commercialisées sont le 63, 110, 125, 160, 200, 225, 315 pour la gamme PVC et DN 400, 600 pour les fontes ductiles. Ces sections ont donc été priorisées. Les diamètres intérieurs des conduites PVC PN 10 fabriqués par la SOTICI (voir tableau 5) utilisées dans le cadre de cette étude, ont été calculés et renseignés en annexe 2.

Tableau 5 : Diamètres nominaux des conduites PVC PN 10 fabriquées par la SOTICI

DN	Epaisseur nominale (mm)	Diamètre intérieur* (mm)	DN	Epaisseur nominale (mm)	Diamètre intérieur* (mm)
63	3,8	55,4	200	11,9	176,2
75	4,5	66	225	13,4	198,2
90	5,4	79,2	250	14,8	220,4
110	6,6	96,8	280	16,6	246,8
125	7,4	110,2	315	18,7	277,6
140	8,3	123,4	355	21,1	312,8
160	9,5	141.	400	23,7	352,6
180	10,7	158,6			

*les diamètres intérieurs ci-dessus renseignés ont été obtenus à partir de l'équation 8.

3.2.3 EQUILIBRE DES MAILLES PAR LA METHODE DE HARDY-CROSS

La perte de charge notée ΔH désigne la perte d'énergie progressive que connaît un fluide en écoulement. Elle est due notamment à la résistance causée par la rugosité des parois des canalisations lors du transit : les pertes de charges linéaires (ΔH_l) et aux singularités sur le réseau : les pertes de charges singulières (ΔH_s).

Plusieurs formules empiriques permettent de déterminer la perte de charge linéaire. La formule de Hazen et Williams est celle qui a été choisie dans le cadre de cette étude. Cette méthode exagère légèrement les valeurs de perte de charge ; elle est donc sécuritaire.

Les pertes de charge singulières sont quant à elles négligeables par rapport aux pertes de charges linéaires dans le cadre des réseaux de distribution. Elles ont été estimées à 5% des pertes de charge linéaires. La perte de charge totale s'exprime selon l'équation 7 suivante :

$$Q_{hyp} = 1,05 * \left(\frac{10,675 * Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} * D^{4,87}} \right) * L$$

Équation 6 : Expression des pertes de charge à partir de la formule de Hazen et Williams

Avec ΔH : perte de charge totale (m)

Q' : débit fictif en réseau ramifié ou de transit en réseau maillé (m³/s)

C_{hw} : coefficient de rugosité de la canalisation égale à 150 pour le PVC et 110 pour la fonte

Les pertes de charge par tronçon déterminées, les valeurs $\Delta H_i/Q$ ont été calculées pour chaque tronçon. Puis pour chaque maille, l'on détermine la somme des pertes de charge obtenues sur chaque tronçon formant la maille. La correction de débit Δq_i est par la suite déterminée pour chaque maille par la formule suivante :

$$\Delta q_i = - \frac{\sum \Delta H_i}{K * \sum \frac{\Delta H_i}{Q}}$$

Équation 7 : Expression de la correction de débit Δq_i

Avec Δq_i : correction de débit (m^3/s)

ΔH_i : pertes de charge pour chaque tronçon formant la maille

$\Delta H_i/Q$: valeurs pour chaque tronçon formant la maille

K : l'exposant du paramètre « débit » dans la formule utilisée pour la détermination des pertes de charge, soit $k=1,852$ pour Hazen et Williams

Pour les tronçons adjacents à plusieurs mailles, la correction est du débit de ces tronçons est faite en appliquant la correction de débit calculée pour chaque maille impliquée.

L'équilibre des mailles par la méthode itérative de Hardy-Cross est atteint lorsque les valeurs de coefficients de correction sont inférieures à 0,3 l/s et que la somme des pertes de charge sur les tronçons d'une même maille est inférieure à +/- 0,3 m.

3.2.4 CALCUL DES PRESSIONS AUX NŒUDS

Le réseau sur lequel le raccordement a été prévu n'étant pas encore en service, la pression à ce nœud n'a pu être obtenue par mesure sur site. Cette section vise à déterminer la pression minimale qu'il faudra avoir au nœud de piquage pour assurer une desserte adéquate aux usagers. Elle est calculée d'aval en amont selon la méthodologie suivante :

- Calcul de la charge minimale imposée au point de raccordement par chaque nœud de desserte à partir de l'expression suivante :

$$H_i^{min, imp} = P_{service, i} + Z_i + \sum \Delta H_i$$

Équation 9 : Expression de la charge minimale imposée au point de piquage par un nœud

Avec $H_i^{min, imp}$: charge minimale imposée au point de piquage par un nœud i (m)

$P_{service, i}$: pression minimale de service au nœud i (mce)

Z_i : côte topographique au nœud i

ΔH_i : perte de charge le long du tronçon i (m)

La pression de service minimale en Côte d'Ivoire est 10 mce. Cependant le site comporte des bâtiments R+3 d'une hauteur de 12 m à raison de 3 m par niveau. Pour assurer une pression adéquate aux usagers à ce niveau, la pression de service minimale a été prise égale 15 mce.

- la pression minimale au point de piquage est égale à la valeur maximale des charges minimales imposées précédemment déterminées ;
- la détermination des charges et pressions (statique et dynamique) aux nœuds a été faite par le biais d'un calcul retour (amont-aval) selon les expressions ci-dessous, en considérant l'écoulement d'un nœud i à un nœud j :

$$H_j = H_i - \Delta H_i$$

Équation 10 : Expression de la charge à un nœud

Avec H_j : charge au nœud j (m)

H_i : charge au nœud i (m)

ΔH_{ij} : perte de charge totale sur le tronçon i - j (m)

$$P_{stat, i} = P_{piquage} - Z_i$$

Équation 11 : Expression de la pression statique à un nœud

Avec $P_{stat, i}$: la pression statique (mce)

$P_{piquage}$: la pression au point de piquage (mce)

Z_i : côte topographique (m)

$$P_{dyn, j} = H_i - Z_i - \frac{U_i^2}{2 * g}$$

Équation 12 : Expression de la pression dynamique à un nœud

Avec $P_{dyn, j}$: la pression dynamique au nœud j (mce)

H_i : charge au nœud i (m)

Z_i : côte topographique (m)

$$\frac{U_i^2}{2 \cdot g}. \text{ Est négligé pour son faible ordre de grandeur}$$

3.2.5 RESULTATS DU PREDIMENSIONNEMENT

❖ *Au niveau des mailles*

L'équilibre des mailles par la méthode de Hardy-Cross a été atteint après 26 itérations.

Tableau 6 : Résultats de l'équilibre de mailles par la méthode de Hardy-Cross

Maille	1	2	3	4	5	6	7
Correction de débit Δq_i (l/s)	7,4E-05	8,4E-05	2,7E-05	4,1E-05	5,2E-05	0,00034	0,00015
Somme des pertes de charge de la maille (m)	0,00010	0,00014	0,00004	0,00009	0,00005	0,00045	0,00011

Toutes les corrections de débits sont inférieures à 0,3 l/s requis et les sommes des pertes de charge par maille inférieures à 0,3 m, conditions requises pour l'équilibre des mailles avec Hardy-Cross.

❖ *Au niveau des canalisations*

- Les sections nominales choisies sont 110, 160, 200 et 315 mm, toutes de la gamme PVC.
- La conduite d'aménée est une conduite en PVC de diamètre 315 mm. Ce matériau est autorisé pour une telle section exclusivement pour les conduites fabriquées par la Société de Transformation Industrielle en Côte d'Ivoire (SOTICI) par le BNETD, en sa qualité de contrôleur des projets d'Etat.
- Sur les tronçons 5, 19, et 30, les vitesses sont inférieures à 0,3 m/s. Celles-ci pourraient être corrigées en optant pour des sections inférieures à 110 mm. Cependant, la pose de requiert l'utilisation d'une section 110 mm. Toutefois le réseau étant gravitairement en charge, il est donc à même de s'auto-curer.
- Les pertes de charge sont assez faibles. Les valeurs au-delà de 5m/km sont obtenues sur les tronçons 2, 15,16 et 27.

❖ *Au niveau des nœuds*

- Toutes les pressions sont supérieures à 15 mce, valeur minimale de service fixée dans le réseau pour une desserte optimale.
- La pression dynamique la plus faible est 16,53 mce obtenue au nœud U qui est donc le

nœud le plus hydrauliquement défavorable du réseau.

Il faudra garantir une pression minimale au point de raccordement de **27,31 mce** pour garantir une desserte adéquate aux usagers.

3.3 MODELISATION ET SIMULATION DU RESEAU AVEC L'OUTIL EPANET 2.0

3.3.1 PRESENTATION GENERALE DE L'OUTIL EPANET 2.0

EPANET version 2.00 est un logiciel de simulation du comportement des systèmes hydrauliques tant sur le plan technique que qualité de l'eau. Il calcule les débits, les vitesses, les pertes de charge dans les canalisations et les pressions aux nœuds pour des états fixes de niveau des châteaux d'eau ou des bâches en fonction de la demande et par le biais d'une succession de points dans le temps. Ces calculs sont réalisés par équilibrage hydraulique du réseau, et nécessitent par conséquent l'utilisation d'une technique itérative pour résoudre les équations non linéaires engagées. EPANET utilise à cet effet « l'algorithme gradient » pour atteindre ce but : à chaque itération, les nouvelles valeurs de ces différents paramètres sont obtenues en résolvant l'équation matricielle suivante:

$$A \times H = F$$

Équation 13: Equation matricielle utilisée pour l'équilibrage hydraulique du réseau sur EPANET

*Avec : A est une matrice jacobienne (N*N)*

H est un vecteur (Nxl) représentant inconnues aux nœuds

F un vecteur (Nxl) contenant les termes du côté droit, dus au déséquilibre de flux en un nœud et à un facteur de correction.

3.3.2 MODELISATION DU RESEAU

Le réseau préalablement tracé avec l'outil Autocad, a été exporté vers Epanet, grâce à l'outil Epacad permettant ainsi de conserver les coordonnées, les côtes altimétriques des nœuds, ainsi que les longueurs respectives des tronçons.

Puis, il a été renseigné les demandes aux nœuds obtenues lors du prédimensionnement, la rugosité des canalisations des canalisations égale à 150 pour les conduites en PVC, dans le cadre de l'utilisation de la formule de Hazen et Williams pour le calcul des pertes de charge.

Les diamètres des canalisations renseignées correspondent aux diamètres intérieurs des sections de diamètres nominaux choisies.

Le point de piquage a été matérialisé par une bêche. Celle-ci est telle que la valeur de charge renseignée est égale à la pression minimale théorique précédemment déterminée. La figure 10 ci-jointe illustre cette modélisation du réseau sur l'outil EPANET 2.0.

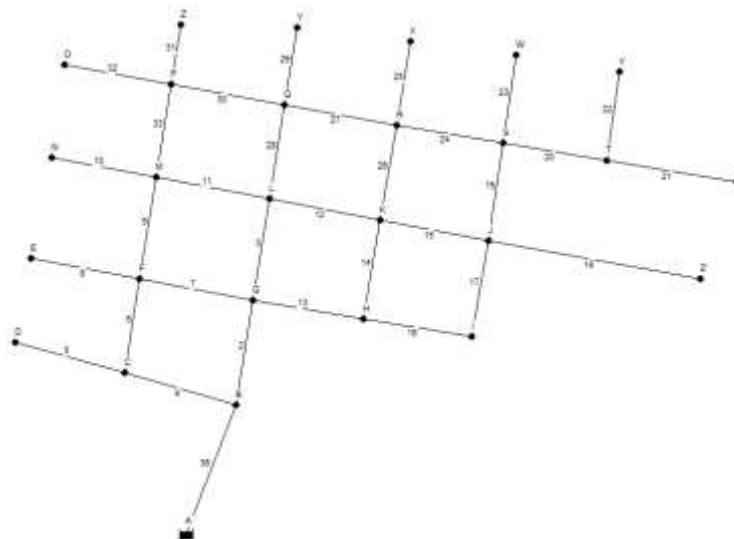


Figure 11 : Configuration du réseau modélisé

3.3.3 CALIBRAGE DU RESEAU

Les données renseignées sont les acquis du prédimensionnement. Cette étape vise à vérifier que le modèle du réseau sur l'outil Epanet est calé selon les résultats en régime permanent du prédimensionnement. Il en est ressorti les points suivants :

❖ *Au niveau des canalisations*

- La répartition des débits sur les tronçons est à quelques différence près la même que celle obtenue lors du prédimensionnement ; le débit d'entrée est **45,63 l/s**.
- Les valeurs minimales et maximales sont obtenues sur les mêmes tronçons qu'après le prédimensionnement.
- Les pertes de charges maximales concordent avec les résultats du prédimensionnement

❖ *Au niveau des nœuds*

- Toutes les pressions y sont également supérieures à 15 mce, et la minimale est obtenue au nœud U comme après le prédimensionnement

Conclusion : Le modèle est donc bien calé.

3.3.4 SIMULATIONS ET CONCLUSIONS

Ces simulations ont pour but d'éprouver le réseau en situation réelle de fonctionnement outre le régime permanent sur la base duquel il a été dimensionné.

3.3.4.1 Simulation en régime permanent du réseau avec variation de pression au nœud de raccordement

La pression au nœud de raccordement est un paramètre déterminant pour assurer la desserte à des pressions optimales de desserte. Une pression minimale au point de piquage a été déterminée lors du prédimensionnement. Ce cas de simulation présent vise à analyser le comportement du réseau en cas de baisse de cette pression.

Il en ressort que pour des valeurs de pression comprises entre 23 et 27,31 mce au nœud de raccordement, les pressions de desserte aux nœuds sont toutes supérieures à 10 mce qui est la pression minimale de service acceptable. Ainsi une pression au nœud de raccordement en dessous de 23 mce impliquerait l'usage de suppressieur.

A l'opposé, une pression trop importante à ce nœud altérerait également la qualité de la desserte comme l'illustre la figure 13 ci-dessous où pour une pression prise égale à 64 mce au nœud de piquage, les pressions aux nœuds de desserte atteignent les 6 bars, pression maximale à ne pas excéder dans un réseau de distribution.

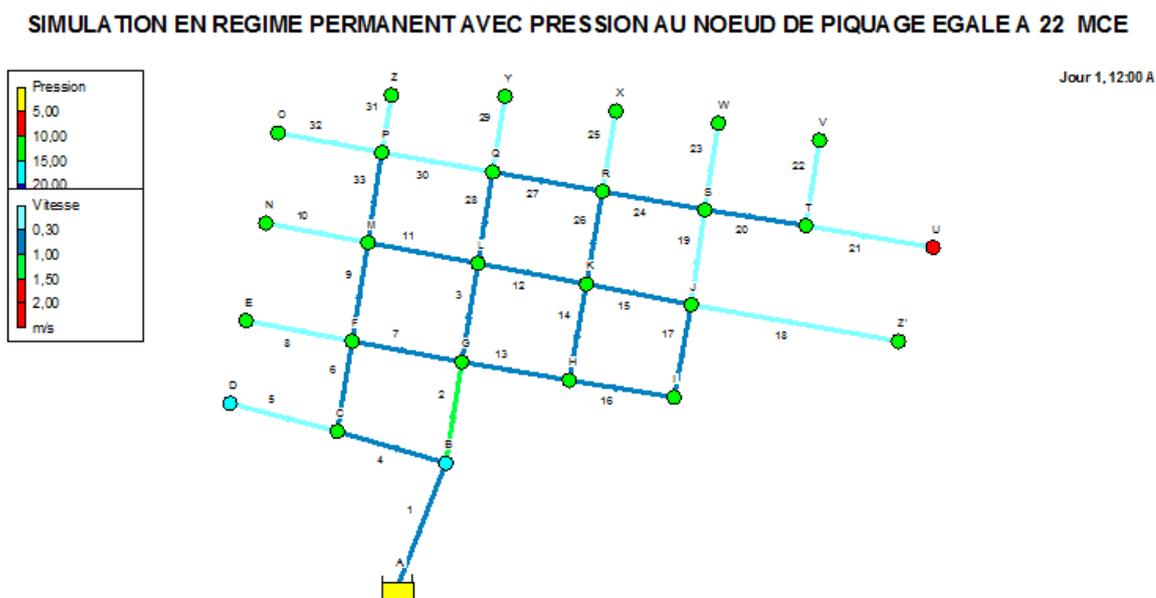


Figure 12: Résultat de la simulation en régime permanent avec une pression de 22

mce au point de raccordement

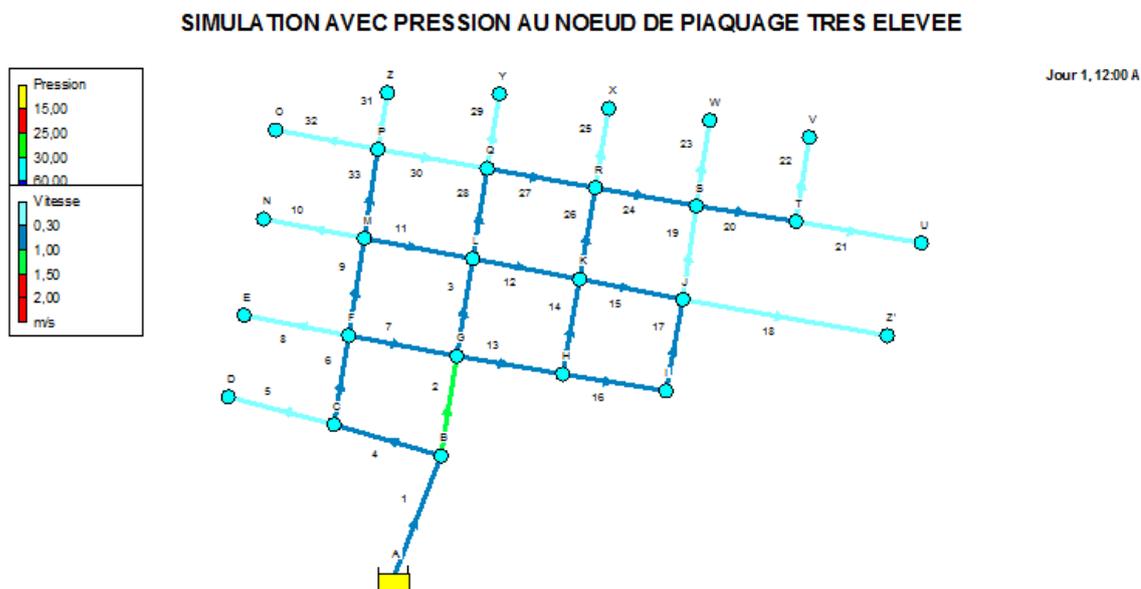


Figure 13: Résultat de la simulation en régime permanent avec une pression de 65 mce au point de raccordement

3.3.4.2 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. Pour cela, une courbe de modulation pour laquelle les demandes aux nœuds changent périodiquement le long de la journée a été établie. Le tableau suivant présente les coefficients des différentes périodes de la journée.

Tableau 7 : les facteurs multiplicateurs pour la simulation courte durée

Périodes	00-4h	4h-6h	6h-12h	12h - 14h	14h - 18h	18h - 22h	22h-24h
Facteurs	0,4	0,5	1,5	1,2	1	1,3	0,4

Il ressort qu'aux périodes de fortes consommations (6h-12h et 18h-22h) les pressions à certains nœuds sont nettement inférieures à la pression de 15 mce préalablement fixée et même à la minimale requise en Côte d'Ivoire (10 mce) comme le montre les figures 12 et 13 ci-dessous. Ce résultat est obtenu avec une pression de 27,31 mce d'eau au nœud de raccordement (pression minimale nécessaire pour assurer une desserte, à des pressions au moins égales à 15 mce sur tout le site, précédemment déterminée). En revanche, lorsque cette pression au piquage

est prise égale respectivement à 30 et 36 mce, les pressions à tous les nœuds du réseau restent supérieures à 10 et 15 mce tout le long de la journée. La vitesse sur le tronçon 2 atteint 1,5 m/s, vitesse maximale admissible sur un réseau de distribution entre 6h et 12h de la journée.

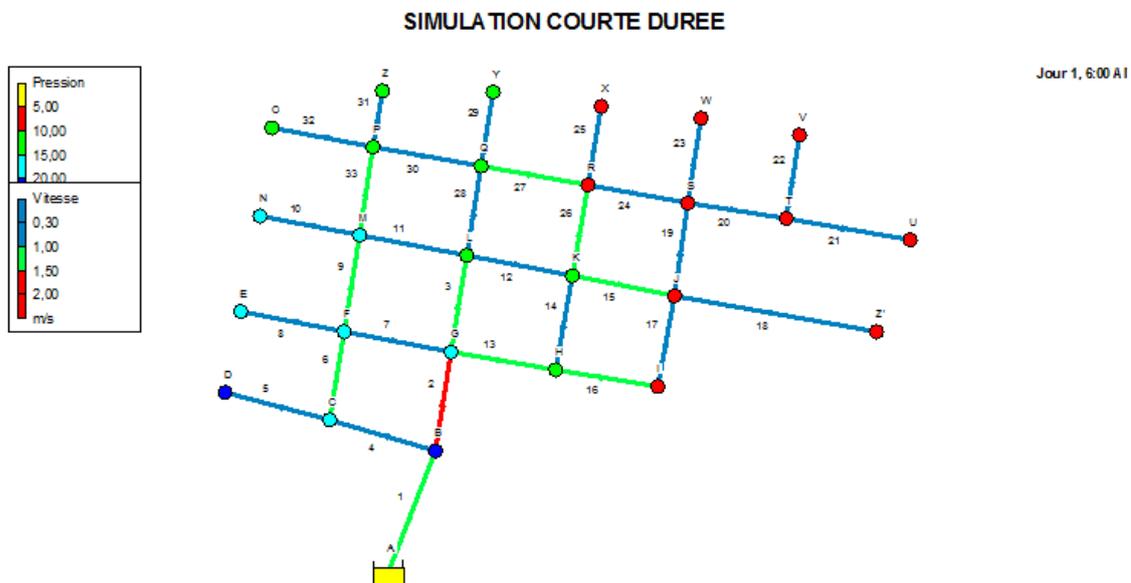


Figure 14: Résultat de la simulation courte durée à 6H du matin

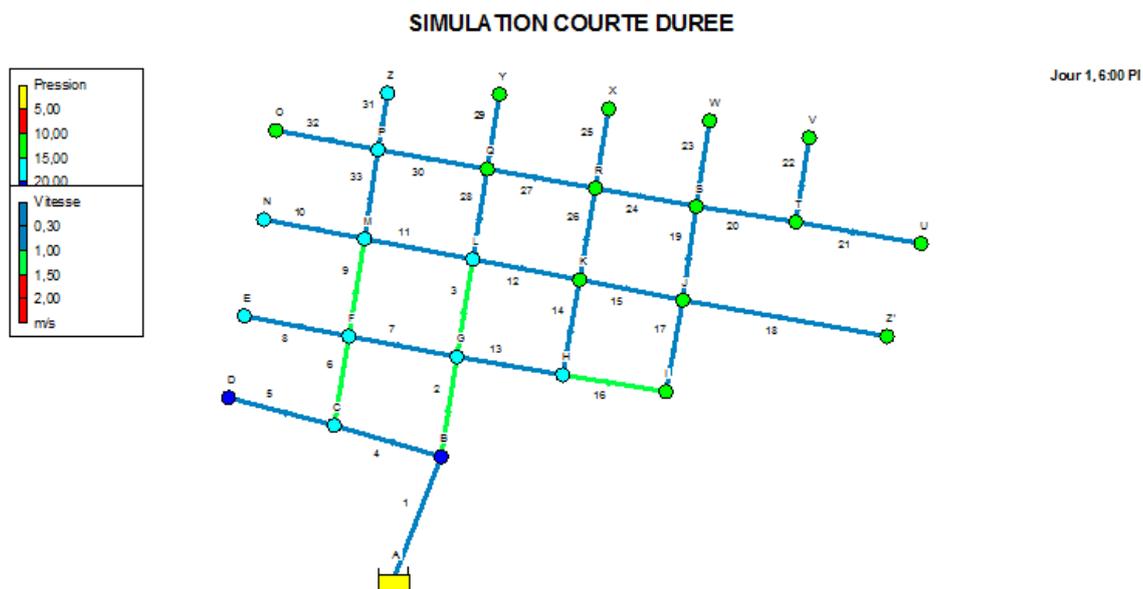


Figure 15: Résultats de la simulation courte durée du réseau à 18 H

3.3.4.3 Simulation longue durée du réseau en fonctionnement normal

Elle a été faite sur 72 H en considérant les coefficients multiplicateurs comme suit

Tableau 8: Facteurs multiplicateurs de la simulation longue durée

Périodes	0h-6h	6h-12h	12h-18h	18h-24h
Facteur	0,5	1,3	1,0	1,2

Pendant toute la durée de la simulation et avec une pression au nœud de piquage de 27,31 mce, les pressions aux nœuds du réseau demeurent supérieures à 10 mce comme en témoignent la figure 14. Celle-ci illustre l'évolution de la pression respectivement aux nœuds U et V qui sont les nœuds les plus hydrauliquement défavorables du réseau.

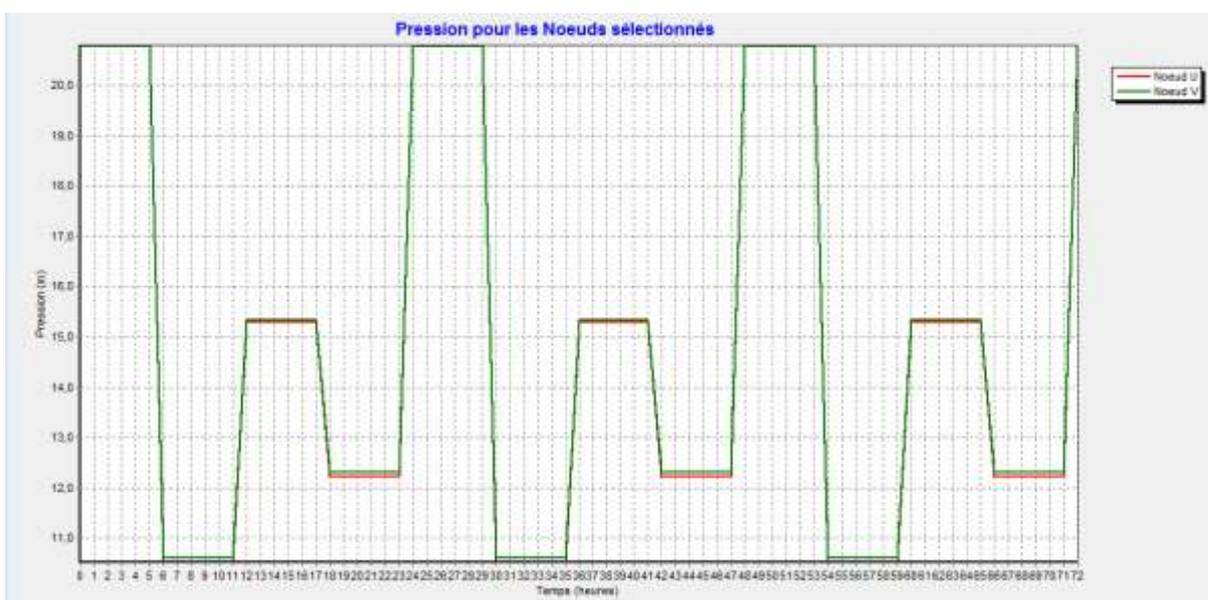


Figure 16: Evolution de la pression aux nœuds U et V en simulation longue durée

3.3.4.4 Simulation du réseau en cas d'incendie

L'usage du feu étant indispensable dans la réalisation de bien d'activités, la possibilité de propagation d'un incendie dans une cité telle que la cité d'Eburnie est donc envisageable. Il convient par conséquent de prévoir le comportement du réseau dans pareilles situations. Les conditions requises pour l'extinction d'un incendie sont :

- la vitesse d'écoulement ne devra pas excéder les 2,5 m/s
- une pression minimale de 1 bar est requise
- la durée de l'incendie est 2h pour un débit de 60 m³/h soit 17 l/s.

Deux cas de figure ont été considérés :

- un incendie se déclenche au niveau des centres commerciaux, sollicitant un poteau d'incendie desservi par le nœud Q pour l'extinction.
- deux incendies se déclenchent simultanément : l'un au niveau des centres commerciaux et l'autre au niveau d'un lot domestique. Les nœuds Q et J sont sollicités pour l'extinction.

Les résultats obtenus sont présentés sur les figures 15 et 16. Pour le premier cas, les conditions ci-dessus citées sont respectées. Par contre pour le deuxième cas, bien que la vitesse soit encore bonne, la pression au nœud n'atteint pas 10 mce requis. En outre, presque toute la cité en est influencée : on observe des pressions inférieures à 5mce à presque tous les nœuds de la tranche 1 du site. En revanche, les pressions aux nœuds desservant le centre de santé (nœud

M) et la résidence Hôtel (nœud B) ont des pressions acceptables. L'incendie durant deux heures, le rendement du réseau pour ce cas est acceptable.

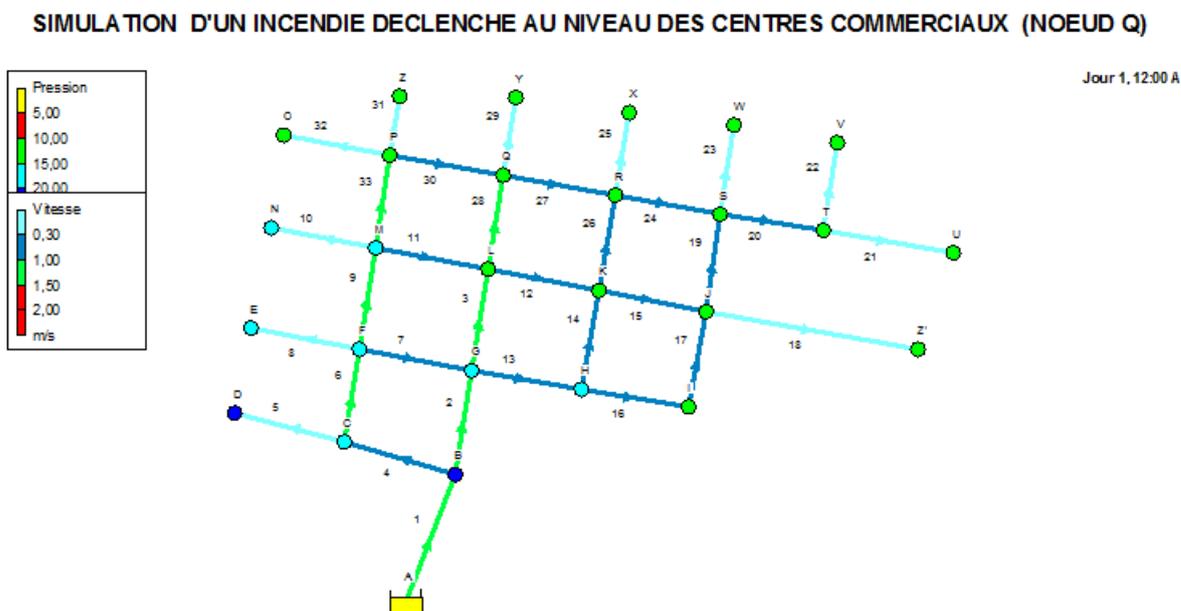


Figure 17: Résultat de la simulation d'un incendie au niveau des centres commerciaux

SIMULATION DE DEUX INCENDIES DECLENCES AU NIVEAU DES CENTRES COMMERCIAUX ET D'UN LOGEMENT

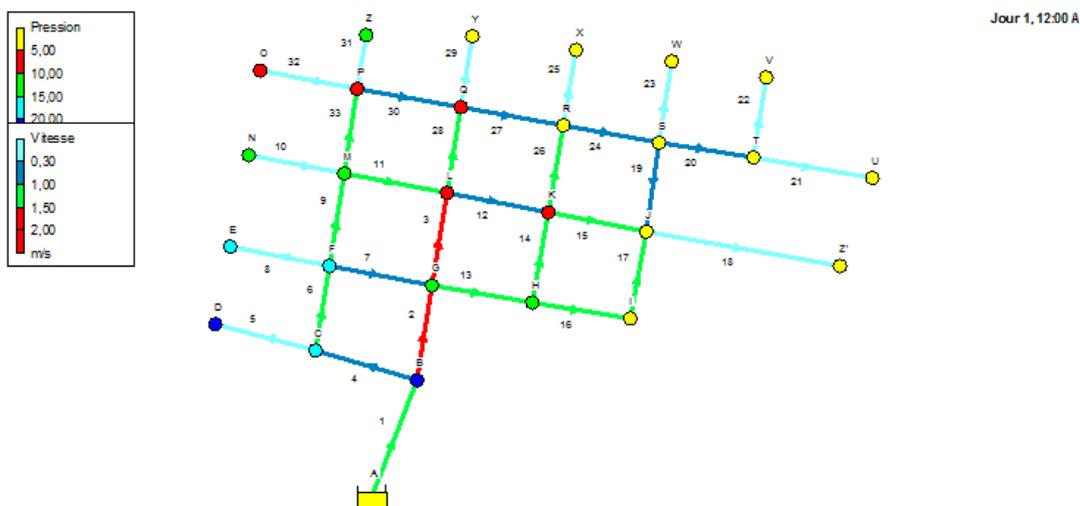


Figure 18: Résultat de la simulation de deux incendies sur le site

3.3.4.5 Simulation du réseau en cas de rupture d'une canalisation

Les vannes du réseau et le choix du réseau maillé ayant pour but d'isoler un tronçon en cas de rupture, sans pour autant arrêter la desserte pour un grand nombre d'usagers, cette séquence vise à observer le comportement du réseau en de pareilles circonstances. Les tronçons 2 et 4 étant les conduites d'amenées secondaires du réseau, ils constituent de ce fait des tronçons sensibles. Les figures 17 et 18 présentent les résultats obtenus. Il ressort de cette simulation que la desserte sera plus sensible à une rupture éventuelle du tronçon 2 qu'à celle du tronçon 4.



Figure 19 : Résultat de la simulation d'une rupture éventuelle du tronçon 4

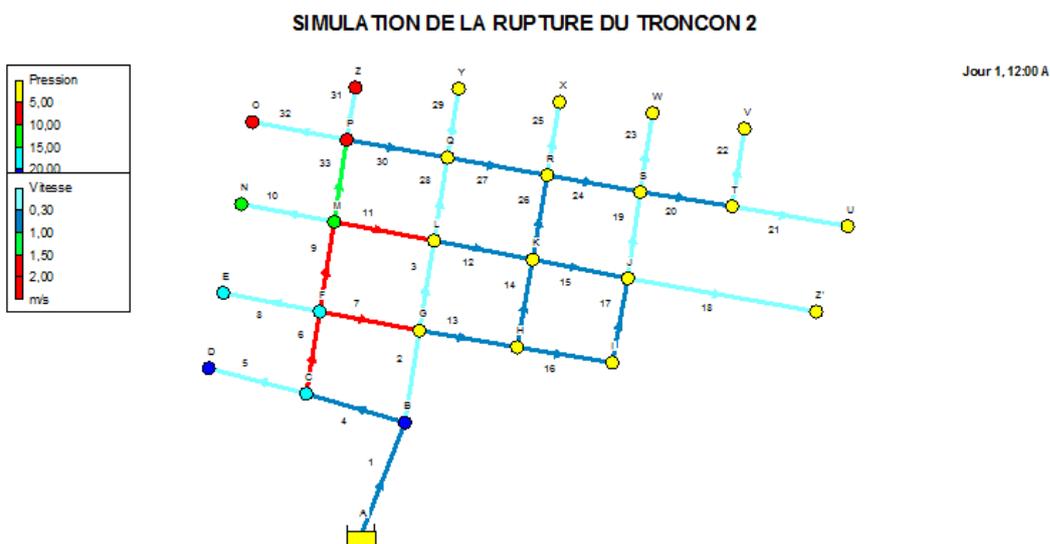


Figure 20 : Résultat de la simulation d'une rupture éventuelle du tronçon

CHAPITRE 4 : CONFIGURATION FINALE DU RESEAU

4.1 TECHNOLOGIE DU RESEAU

4.1.1 CANALISATIONS

Les conduites choisies dans le cadre du projet pour l'AEP sont des conduites en polychlorure de vinyle (PVC) pour des diamètres DN 63 à DN 315. En effet, des essais techniques réalisés par la SOTICI, ont montré que jusqu'à un diamètre 315, les conduites en PVC sont aussi résistantes que celles en fonte. Ces essais ont été approuvés par le BNETD qui les recommande désormais pour tous les réseaux de distribution d'eau potable.

La pression nominale des conduites retenue est PN 10.

4.1.2 ROBINETTERIE

4.1.2.1 Poteaux d'incendie

La SODECI exige la pose sur les réseaux de distribution, d'équipements pour la défense extérieure contre l'incendie. Il a donc été prévu des poteaux incendie sur le réseau de la cité d'Eburnie. Par ailleurs, le guide technique de défense extérieure contre l'incendie recommande un rayon d'action de 200 m maximum à prévoir pour chaque poteau d'incendie. . Dans le cadre de la présente étude, ce rayon est pris égal à 150 m. Sur ce principe, il a donc été placé sur le site un total de dix-huit poteaux incendies qui permettent de recouvrir au mieux toute la zone d'étude. Le modèle PAM type retro DN 100 est celui qui a été retenu, car étant le plus utilisé sur les réseaux de distribution urbains en Côte d'Ivoire. (INESC, FFSA, and CNPP 2011)

4.1.2.2 Robinet-vannes

Dans un souci économique, il a été placé à chaque carrefour un nombre $n-1$ de vannes où n représente le nombre de directions sur le carrefour.

On optera pour des robinet-vanne ronds ou à opercule pour les canalisations dont les sections sont inférieures à 300 mm et robinet-vannes papillons avec mécanisme de type « vis-écrou » à bride motorisable, en boîtier étanche et à commande par volant ou par carré, pour les conduites PVC 315. Le sens de fermeture sera obligatoirement anti-horaire comme recommandé par le fascicule 71 traitant de la fourniture et de la pose des conduites d'adduction d'eau.

Les robinet-vannes de diamètre égal ou supérieur à 150 mm seront placés dans des regards, et ceux dont le diamètre est inférieur sous des bouches à clé.

4.1.2.3 Ventouses

Les points préférentiels du réseau pour la mise en place de ces ventouses sont les points de plus hautes altitudes du réseau. Cependant, la zone objet de nos présents travaux est située sur un terrain très plat, qui ne permet pas l'application de cette recommandation. L'alternative proposée en de telles circonstances, consiste à implanter ces équipements tous les 600 m et en aval des organes d'arrêt. (PONT-A-MOUSSON 1971)

On optera pour des ventouses de type :

- DN 60 mono fonction sur les tronçons de diamètre inférieur à 200 mm ne présentant pas un point de vidange
- DN 60 tri-fonction sur les tronçons de diamètre inférieur à 300 mm présentant un point de vidange

Ces équipements sont placés sous des regards 0,8 m* 0,8 m afin d'en faciliter l'accès.

4.1.2.4 Vidanges

Les vidanges sont placées aux points bas du réseau et au niveau des antennes pour assurer la purge des conduites en cas d'entretien du réseau. Les sections de vidange retenues varient en fonction des canalisations comme suit :

- vidange DN 40 pour les conduites 110 mm
- vidange DN 60 pour les conduites 160 et 200 mm
- vidange DN 80 pour les conduites 315 mm

Elles seront placées sous des regards 1 m*1 m pour en faciliter l'accès.

4.1.3 LES OUVRAGES ANNEXES

4.1.3.1 Regards

Leurs dimensions sont fonction de leur encombrement : taille des équipements qui y sont placés majorée de 0,25 m de part et d'autre. Ils sont généralement préfabriqués. A partir des détails des différents nœuds, et dans un souci d'uniformisation, il sera mis en place sur

la zone des quatre types standards de regards.

4.1.3.2 Butées

Ce sont des contrepoids en béton placés au niveau des singularités comme les tés, les coudes, les bouchons sur le réseau pour empêcher leur désemboitement. Le volume de béton nécessaire à cet effet, est fonction de la poussée exercée sur ces équipements. Toutefois, plusieurs abaques ont été réalisés, proposant des sections de butées selon la pièce à équilibrer et la nature du terrain en place. Dans le cadre de cette étude, l'on a eu recours à celui établi par le SADE. (voir annexe).

4.2 REALISATION DU CAHIER DES NŒUDS

Voir dans dossier le dossier de plan joint

4.3 REALISATION DU DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

La détermination des quantités a été faite à partir du plan définitif du réseau renseigné, du logiciel Covadis, et du cahier des nœuds réalisés. Quant au calcul du coût d'investissement pour la fourniture et la poses du réseau, il a été effectué à partir du bordereau de prix unitaires utilisé au sein du cabinet. Le tableau 9 ci-dessous en présente les points clés.

Tableau 9: Récapitulatif du coût estimatif du projet

TABLEAU RECAPITULATIF DU COUT ESTIMATIF DU PROJET	
N° PRIX	PRIX EN F CFA HT/HD
	Prix total Réseau de Distribution
VITRE- 1	TERRASSEMENTS
SOUS TOTAL VITRE 1	35 384 238
VITRE - 2	FOURNITURE ET POSE DE CANALISATIONS ET PIECES
SOUS TOTAL VITRE- 2	822 957 373
VITRE - 3	FOURNITURE ET POSE DE ROBINETTERIE, FONTAINERIE ET DIVERS
SOUS TOTAL VITRE- 3	47 573 791
VITRE- 4	GENIE CIVIL
SOUS TOTAL VITRE- 4	81 052 000

Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 ha sise
en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire

MONTANT TOTAL, EN F.CFA	987 967 402
IMPREVUS (5%)	49 398 370
MONTANT TOTAL, EN F.CFA	1 037 365 772
TVA (18%)	186 725 839
TOTAL GENERAL FOURNITURE ET	1 224 091 612

Le réseau de distribution d'eau potable de la rive d'Eburnie coûtera **1 224 091 612 FCFA TTC**

CHAPITRE 5 : RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

La détermination des besoins en eau étant la base pour le dimensionnement d'un réseau d'adduction d'eau, il est recommandé que la SODECI en sa qualité de gestionnaire du patrimoine hydraulique de l'Etat ivoirien, mène des études basées sur les consommations réelles des abonnés, visant à établir des consommations spécifiques précises en fonction du standing des logements domestiques, et des différents types des équipements non-domestiques. Ces dotations devront être mise à la disposition des particuliers à l'image de la CIAT qui en vertu des dispositions émises par l'article 11 du code de l'eau ivoirien, initie la mise en place de nouveaux réseaux de distribution.

Les besoins en eau requis pour l'arrosage des espaces verts n'ont pas été considérés pour la détermination de la demande horaire moyenne de pointe de la cité. En effet, au vu des valeurs mensuelles de stress hydriques calculées, le besoin d'arrosage pour les plantes se fait ressentir essentiellement aux mois de Janvier et février. Outre ces deux mois, les eaux infiltrées suites à la pluie tombée sont à même de satisfaire ces besoins. Par ailleurs, il n'est pas nécessaire de souligner que mobiliser 171 m³ d'eau potable pour l'arrosage journalier de ce type d'équipement constitue du gaspillage, surtout lorsqu'on considère les difficultés rencontrées par les Etats pour desservir les populations en quantité et en qualité suffisante. L'option de recueillir les eaux pluviales au niveau des toitures des différents bâtiments devrait

La pression au nœud de piquage n'ayant pas été déterminée in-situ, il faudra s'assurer que celle-ci soit au minimum égale à 30 mce, une fois le réseau d'Etat mis en service. Toutefois, Si elle est inférieure, la pression de service de 15 mce ne sera plus garantie à tous les nœuds. Il faudra dans ce cas prévoir un suppresseur à ce nœud pour optimiser la desserte sur le site. Elle ne devra en revanche pas excéder une valeur de 6,4 bars car, elle occasionnerait des pressions dynamiques de plus de 6 bars à certains nœuds de desserte, pression maximale à ne pas excéder dans le cas d'un réseau de distribution. Dans ce cas de figure, un réducteur de pression sera obligatoirement installé.

CONCLUSION

Ce travail de fin d'étude s'est articulé autour des études d'adduction en eau potable du lotissement de la Compagnie internationale d'aménagement de terrain (CIAT), future cité baptisée les rives d'Eburnie sise à Grand-Bassam. 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. L'étude a été menée en trois grandes étapes : le dimensionnement manuel dudit réseau, la simulation de son fonctionnement en temps réel grâce à l'outil Epanet et suivant certains événements pouvant altérer la qualité de la desserte ; afin d'en éprouver la robustesse. La dernière étape a quant à elle porté sur sa technologie. Pour atteindre les objectifs fixés, cette étude s'est appuyée sur un grand nombre de données issues notamment d'enquête-terrain et des recommandations établies dans ce milieu.

Au terme de cette étude, il ressort qu'un débit moyen de 45,63 l/s doit être mobilisé pour satisfaire les besoins en eau domestiques et non-domestiques des 15 542 habitants attendues sur le site à l'horizon du projet prévu en 2030. Essentiellement constitué de canalisations en PVC dont les sections varient entre 315 mm et 110 mm, le réseau proposé est de type maillé. Le coût d'investissement est estimé à 1 126 480 339 F.CFA TTC.

L'étude ne s'est pas limitée aux techniques et calculs de dimensionnement d'un réseau d'AEP. Elle s'est attelée à répondre le mieux possible aux exigences des populations résidentes dans ce type d'aménagement de standing.

Pour notre part, ce stage nous a été très bénéfique en tant qu'ingénieur des sciences de l'eau, car il nous a permis non seulement de comprendre les principaux éléments entrant en ligne de compte dans le processus de calcul de réseau d'adduction d'eau type maillé, mais également la prise en main des outils AUTOCAD, COVADIS, et EPANET.

BIBLIOGRAPHIE

CAMARA Loukimane. 2013. "L'Expérience Pratique de La SICOGI En Côte d'Ivoire." Tchad.

EDSCI. 2015. "Caractéristiques Des Ménages et Des Enquêtés."

Gilles Roger 2011. "Analyser La Demande Des Usagers - et Futurs Usagers - Des Services D'eau et D'assainissement Dans Les Villes Africaines."

INESC, FFSA, and CNPP. 2011. "Défense Extérieure Contre L'incendie."

ONEP. 2013. "Mécanisme de Financement Du Secteur de L'eau Potable En Côte d'Ivoire."

OUEDRAOGO Moussa. 2014. "TECHNOLOGIE ET POSE DE RESEAU D'EAU SOUS PRESSION."

PONT-A-MOUSSON. 1971. *Etude et Installation Des Canalisations*. Nancy.

SOTICI. 2012. *DOCUMENT TECHNIQUE DES TUBES PVC PRESSION*.

TERRABO, Ingénieurs conseils. 2010. *Projet D'alimentation En Eau Potable de La Zone Nord-Est d'Abidjan*.

AMANVI Thomas. 2016. Enquête-terrain ONEP.

HOUSSOU. 2016. Enquête -terrain auprès de la CIAT.

ANNEXE

ANNEXE 1. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU	55
ANNEXE 1.1 ANALYSE DES DONNEES DE L'ENQUETE-TERRAIN A LA SODECI DE GRAND-BASSAM	55
ANNEXE 1.2 DETERMINATION DU DEFICIT HYDRIQUE SUR LA ZONE D'ETUDE	55
ANNEXE 1.3 ESTIMATION DES BESOINS DES LOTS EN FRICHE	56
ANNEXE 2. PREDIMENSIONNEMENT DU RESEAU	57
ANNEXE 2.1 DETERMINATION DES DEBITS DE ROUTE	57
ANNEXE 2.2 CALCUL DES DEBITS FICTIFS DANS LES ANTENNES	57
ANNEXE 2.3 DETERMINATION DES DIAMETRES DE CONDUITE	58
ANNEXE 2.4 EQUILIBRE DES MAILLES PAR LA METHODE DE HARDY-CROSS	60
ANNEXE 3 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIMATIF	64
ANNEXE 4 CALCUL DE BUTEE ; ABAQUE SADE	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. Annexe 1: Résultats de l'analyse des données de l'enquête-terrain.....	55
Tableau. Annexe 2 : Déficit hydrique journalier selon les mois de l'année sur la zone d'étude	56
Tableau. Annexe 3: Débits fictifs dans les antennes du réseau.....	58
Tableau. Annexe 4: Résultats de la simulation Hardy Cross pour les antennes du réseau: pour les antennes.....	64
Tableau. Annexe 5: Résultats de la simulation Hardy Cross pour les mailles du réseau...	64
Tableau. Annexe 6: Devis quantitatif et estimatif.....	64

LISTE DES FIGURES

Figure. Annexe 1 : Cadre institutionnel actuel du secteur de l'eau potable en Côte d'Ivoire [13].....	51
Figure. Annexe 2: Débits de route pour chaque tronçon	57

ANNEXE 1. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

ANNEXE 1.1 ANALYSE DES DONNEES DE L'ENQUETE-TERRAIN A LA SODECI DE GRAND-BASSAM

Les enquêtes terrain menées auprès de la SODECI de Grand-Bassam ont permis d'obtenir la consommation trimestrielle (Juin à Août 2016) des ménages des quartiers de standing de la ville. Une analyse effectuée de ces données a permis de relever les éléments suivants :

- un ménage consomme en moyenne 550l/j d'eau. En considérant un ménage de 6 personnes, on obtient une consommation spécifique d'environ 100l/j/hbt.

Tableau. Annexe 1: Résultats de l'analyse des données de l'enquête-terrain

	Tournée	Volume consommé (m3)	Abonné (ménages)	Conso par ménage (m3)	Conso par ménage (l/j)	Ménage de 6 personnes (l/j/pers)	Ménage de 8 personnes (l/j/pers)
Les rosiers	12	12325	222	55,5	616,9	102,8	77,1
	13	7300	183	39,9	443,2	73,9	55,4
	14	9775	185	52,8	587,1	97,8	73,4
	15	14273	387	36,9	409,8	68,3	51,2
Mokeyville	1	19188	369	52,0	577,8	96,3	72,2
	8	6435	134	48,0	533,6	88,9	66,7

Cependant, les logements des quartiers les Rosiers et Mokeyville ont des superficies moins importantes que ceux prévus sur la cité « les rives d'Eburnie ». Ces logements pourraient être assimilés aux logements économiques sur la cité, d'où le choix des dotations arrêtées.

ANNEXE 1.2 DETERMINATION DU DEFICIT HYDRIQUE SUR LA ZONE D'ETUDE

Les données de pluviométrie mensuelle (P) et d'évapotranspiration climatique journalière (ET_o) obtenues avec les outils Climwat et Cropwat, ont permis d'évaluer le déficit hydrique journalier à partir de l'équation 2, selon les différents mois de l'année. Les résultats sont consignés dans le tableau. Annexe 2 suivant.

Tableau. Annexe 2 : Déficit hydrique journalier selon les mois de l'année sur la zone d'étude

Mois	P mm	Pe mm	Pe mm/j	ETo mm/j	BN mm/j
Janvier	16,4	16,4	0,55	3,6	2,944
Février	38,3	30,64	1,02	4,03	2,8044
Mars	104,5	83,6	2,79	4,18	0,836
Avril	163,1	130,48	4,35	4,12	-1,0992
Mai	305,3	244,24	8,14	3,66	-6,1096
Juin	511	408,8	13,63	2,86	-13,492
Juillet	139,6	111,68	3,72	3,01	-1,4572
Août	32,2	25,76	0,86	2,94	1,9096
Septembre	69,9	55,92	1,86	3,17	0,9332
Octobre	150,4	120,32	4,01	3,71	-1,1028
Novembre	137,9	110,32	3,68	4	-0,4128
Décembre	70,4	56,32	1,88	3,61	1,3572

La valeur maximale est celle du mois de janvier et s'élève à 2,94 mm/j soit 3 mm/j environ.

ANNEXE 1.3 ESTIMATION DES BESOINS DES LOTS EN FRICHE

Les lots en friche constituent des lots de plus d'un hectare qui serviront à la mise en place de petites promotions immobilières. Ne disposant pas des plans de masse respectifs pour chacun d'eux, l'évaluation des besoins en eau à ce niveau a été faite à partir des besoins des occupations du site déjà connues (plan de masse de la CIAT).

Ainsi, la cité d'Eburnie s'étend sur une superficie exacte de 1 995 694 m² tandis que le cumul des surfaces des lots en friche s'élève à 528 113 m². Ce qui induit une superficie de 1 467 581 m² pour les lots aux occupations connues.

En outre, l'estimation des besoins en eau des occupations connues a découlé sur un débit moyen journalier de 1 512,654 m³/j, prenant en compte les besoins liés aux lots domestiques et aux équipements connexes tels que les écoles, le centre de santé, les bureaux administratifs, etc. Ce débit a été rapporté à la surface totale des lots connus soit un débit surfacique de 1,03 l/j m².

Les besoins en eau des lots en friche ont été obtenus en multipliant ce débit surfacique à la surface totale prévue pour les lots en friche (528 113 m²). Ils sont par conséquent estimés à 543,96 soit environ 544 m³/j.

ANNEXE 2. PREDIMENSIONNEMENT DU RESEAU

ANNEXE 2.1 DETERMINATION DES DEBITS DE ROUTE

Les équipements de la zone d'étude sont regroupés en ilot sur le plan de masse. La méthode a consisté à évaluer les besoins en eau par ilot, qui ont par la suite été répartis sur les conduites avoisinantes susceptibles d'assurer leur desserte, et ce, afin d'en déduire leur débit de route. Pour le cas précis des conduites desservant plusieurs ilots simultanément, le débit de route retenu correspond à la somme des débits requis pour la desserte de chaque ilot. Selon le principe de fonctionnement schématisé sur la figure 6 du présent rapport, les valeurs de débits de route suivantes par tronçons ont été obtenues. (Cf. figure. Annexe 2).

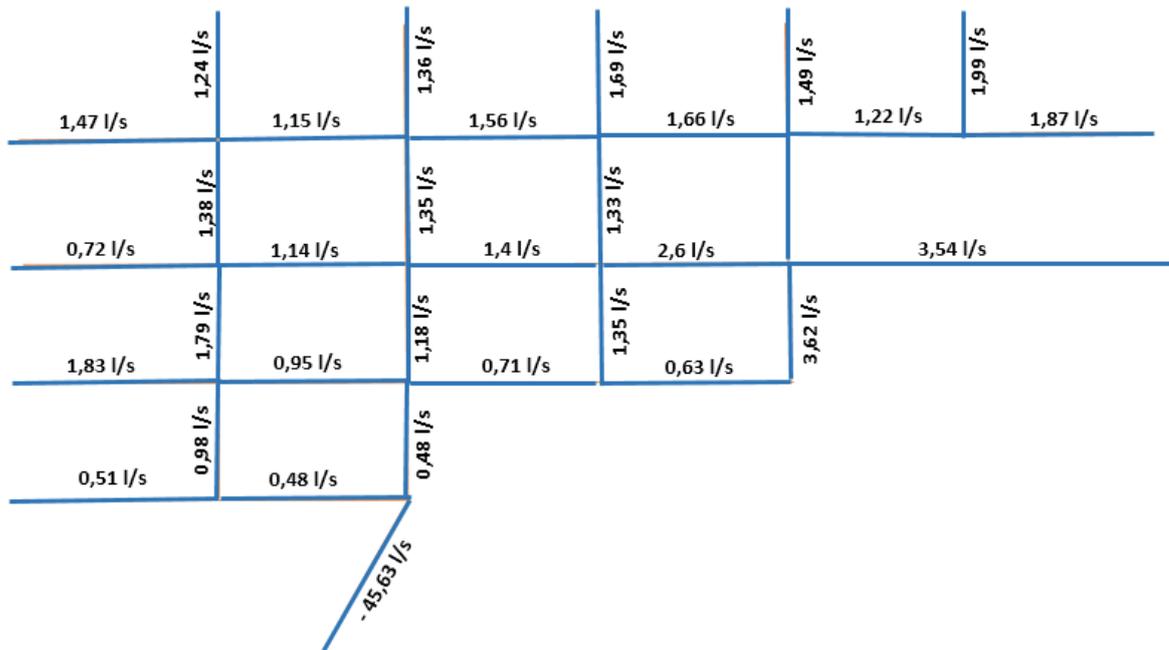


Figure. Annexe 2: Débits de route pour chaque tronçon

ANNEXE 2.2 CALCUL DES DEBITS FICTIFS DANS LES ANTENNES

Ce débit tient compte des prélèvements réguliers faits le long de la canalisation. Il permet d'obtenir des sections plus économiques. Les valeurs jointes dans le tableau. Annexe 3, ci-joint ont été obtenues à partir de l'équation 4

Tableau. Annexe 3: Débits fictifs dans les antennes du réseau

Tronçon	Qe (l/s)	Qs (l/s)	Q transit (l/s)
5	1,23	0,51	0,91
8	3,69	1,83	2,85
10	2,87	0,72	1,90
18	7,24	1,56	4,68
20	7,88	3,87	6,08
21	3,87	1,87	2,97
22	3,87	1,99	3,02
23	7,88	1,49	5,00
25	3,86	1,46	2,78
29	3,40	1,69	2,63
31	3,97	1,33	2,78
32	3,97	1,47	2,84

ANNEXE 2.3 EQUILIBRE DES MAILLES PAR LA METHODE DE HARDY-CROSS

❖ Cas des conduites en extension

Tableau. Annexe 4: Résultats de la simulation Hardy Cross pour les antennes du réseau

Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	PDC (m)	Vitesse (m/s)
1	277,6	45,62	0,748	0,79	0,75
5	96,8	0,91	0,073	0,08	0,12
8	96,8	2,85	0,594	0,62	0,39
10	96,8	1,90	0,269	0,28	0,26
18	141	4,68	0,464	0,49	0,30
20	141	6,08	0,366	0,38	0,39
21	96,8	2,97	0,761	0,80	0,40
22	96,8	3,02	0,540	0,57	0,41
23	96,8	5,00	1,363	1,43	0,68
25	96,8	2,78	0,437	0,46	0,38
29	96,8	2,63	0,366	0,38	0,36
31	96,8	2,78	0,313	0,33	0,38
32	96,8	2,84	0,577	0,61	0,39

❖ *Cas des conduites en réseau maillé*

La simulation a été faite pour individuellement pour les sept (07) mailles du réseau. La simulation a été arrêtée à la deuxième itération, lorsque les conditions préalablement établies ont été atteintes.

Tableau. Annexe 5: Résultats de la méthode Hardy-cross :pour les mailles

MAILLE 1										
Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	-q 1	-q 2	Q corr	Qhyp
30	96,8	0,8435	0,065	0,07	0,1	80,388	0,000 0		0,8434	0,843
33	96,8	4,8135	1,333	1,40	0,7	290,68 0	0,000 0		4,8134	4,813
28	141	8,0516	0,562	-0,59	0,5	73,256	0,000 0	0,000 0	-8,0518	8,052
11	96,8	3,3595	0,835	-0,88	0,5	261,06 2	0,000 0	0,000 0	-3,3600	3,360
				0,0001 0		705,38 6				
					Correction (m3/s)	0,000 0	-0,000 1	l/s		
MAILLE 2										
Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	-q 1	-q 2	Q corr	Qhyp
28	141	8,0516	0,562	0,59	0,5	73,256	0,000 0	0,000 0	8,0518	8,052
27	96,8	5,4951	2,057	2,16	0,7	392,98 1	0,000 0		5,4952	5,495
26	96,8	4,9623	1,451	-1,52	0,7	307,08 2	0,000 0	0,000 0	-4,9621	4,962
12	141	10,928 5	1,167	-1,23	0,7	112,14 8	0,000 0	0,0000 0	-10,9283	10,92 8
				- 0,0001 4		885,46 8				
					Correction (m3/s)	0,000 0	0,000 1	l/s		
MAILLE 3										
Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	-q 1	-q 2	Q corr	Qhyp
26	96,8	4,9623	1,451	1,52	0,7	307,08 2	0,000 0	0,000 0	4,9621	4,962
24	141	6,5973	0,436	0,46	0,4	69,371	0,000 0		6,5973	6,597
15	96,8	5,1722	1,767	-1,86	0,7	358,75 8	0,000 0	0,000 0	-5,1723	5,172
19	96,8	1,2727	0,120	-0,13	0,2	98,901	0,000 0		-1,2727	1,273
				0,0000 4		834,11 1				

Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 ha sise en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire

					Correction (m3/s)	0,000 0	0,000 0	l/s		
MAILLE 4										
Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	q 1	q 2	Q corr	Qhyp
15	96,8	5,2696	1,829	1,92	0,7	364,502	0,000 0		5,2696	5,270
17	96,8	3,3404	0,704	-0,74	0,5	221,290	0,000 0		-3,3404	3,340
16	96,8	5,4704	1,999	-2,10	0,7	383,715	0,000 0		-5,4704	5,470
14	96,8	3,7002	0,874	0,92	0,5	247,941	0,000 0	0,000 0	3,7003	3,700
				-0,00009		217,447				
					Correction (m3/s)	0,000 0	0,000 0	l/s		
MAILLE 5										
Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	q 1	q 2	Q corr	Qhyp
12	141	9,7742	0,949	1,00	0,6	101,974	0,000 0	0,000 0	9,7741	9,774
14	96,8	3,7002	0,874	-0,92	0,5	247,941	0,000 0	0,000 0	-3,7003	3,700
13	141	10,5107	1,074	-1,13	0,7	107,335	0,000 0		-10,5107	10,511
3	141	10,5265	0,999	1,05	0,7	99,647	0,000 0	0,000 0	10,5261	10,526
				0,00005		556,897				
					Correction (m3/s)	0,000 0	-0,000 1	l/s		
MAILLE 6										
Tronçon	D (mm)	Qt (l/s)	H Hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	q 1	q 2	Q corr	Qhyp
11	96,8	3,2594	0,790	0,83	0,4	254,415	0,000 0	0,000 0	3,2598	3,259
9	141	10,9428	1,074	1,13	0,7	103,025	0,000 0		10,9432	10,943
7	96,8	3,4228	0,865	-0,91	0,5	265,314	0,000 0	0,000 0	-3,4224	3,423
3	141	10,5265	0,999	-1,05	0,7	99,647	0,000 0	0,000 0	-10,5261	10,526
				-0,000045		722,401				
					Correction (m3/s)	0,000 0	0,000 3	l/s		
MAILLE 7										
Tronçon	D(mm)	Qt (l/s)	H hazen (m)	hi (m)	Vitesse (m/s)	hr/Q	q 1	q 2	Q corr	Qhyp

Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 ha sise en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire

6	176,2	18,252 8	0,858	0,90	0,7	49,357	0,000 0	0,000 0	18,2524	18,25 3
7	96,8	3,4228	0,865	0,91	0,5	265,31 4	0,000 0	0,000 0	3,4224	3,423
2	176,2	- 25,854 3	1,849	-1,94	1,1	75,109	0,000 0		-25,8545	- 25,85 4
4	277,6 00	19,285 7	0,127	0,13	0,3	6,895	0,000 0		19,2855	19,28 6
				0,0001 1		396,67 4				
					Correction (m3/s)	0,000 0	-0,000 1	l/s		
									hr total mailles	0,001

Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 ha sise en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire

ANNEXE 3 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIMATIF

Tableau. Annexe 6:Devis quantitatif et estimatif

DESIGNATION	QUANTITE		UNITE	Prix unitaire	PRIX EN F CFA HT/HD	
	RESEAU DE DISTRIBUTION	CUMUL			CONDUITE D'AMENEE D'EAU TRAITEE	RESEAU DE DISTRIBUTION
TERRASSEMENTS						
FOUILLE EN TRANCHEE EN TERRAIN DE TOUTE NATURE POUR CANALISATIONS ET ACCESSOIRES						
Pour une largeur de 0,60 m pour canalisations en fonte ou en PVC, de diamètre inférieur ou égal à 110 mm, et de profondeur 1,20 m.	5 987	5 987	ml	2 000		11 974 000
Pour une largeur de 0,80 m pour canalisations en fonte ou en PVC, de diamètre supérieur à 110 mm et inférieur ou égal à 200 mm, et de profondeur 1,30 m.	3 165	3 165	ml	3 000		9 495 000
Pour une largeur de 0,90 m pour canalisations en fonte ou en PVC, de diamètre supérieur à 200 mm et inférieur ou égal à 400 mm, et de profondeur 1,50 m.	691	691	ml	5 000	0	3 453 316
FOURNITURE DE SABLE D'APPORT						
Fourniture et mise en place de sable	916	916	m ³	8 000	0	7 328 000
SOUS TOTAL 1					0	35 384 238
FOURNITURE ET POSE DE CANALISATIONS ET PIECES SPECIALES DE RACCORD						
FOURNITURE ET POSE EN TRANCHEE OUVERTE DE CANALISATIONS EN PVC						
F&P de PVC diamètre 98,8/110	5 987	5 987	ml	6 750		40 412 250
F&P de PVC diamètre 143,2/160	3 165	3 165	ml	15 070		47 696 550
F&P de PVC diamètre 179/200	691	691	ml	22 800		15 747 120
F&P de PVC diamètre 315	795	795	ml	50 000		39 750 000
FOURNITURE ET POSE DE FOURREAUX EN PVC						
Fourniture et pose de fourreaux de diamètre 200 pour PVC Ø 110	23	23	ml	9 785		229 263
Fourniture et pose de fourreaux de diamètre 315 pour PVC Ø 160	1 111	1 111	ml	24 510		27 225 585
Fourniture et pose de fourreaux de diamètre 400 pour PVC Ø 200	710	710	ml	34 510		24 514 351
FOURNITURE ET POSE DE FOURREAUX EN BUSE						
Fourniture et pose de fourreaux en buse de diamètre 500 pour fonte DN 300	168	168	ml	54 510		9 172 398
Fourniture et pose de fourreaux en buse de diamètre 600 pour fonte DN 400	0	0	ml	54 510	0	0
FOURNITURE ET POSE DE GRILLAGE AVERTISSEUR						
Fourniture et pose de grillage avertisseur	63 227	63 227	ml	450	0	28 452 084
SOUS TOTAL 2					0	822 957 373

**Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200
ha sise en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire**

FOURNITURE ET POSE DE ROBINETTERIE, FONTAINERIE ET DIVERS					
FOURNITURE ET POSE DE ROBINET-VANNE-A opercule					
DN 110	30	30	u	185 242	5 557 260
DN 150	10	10	u	220 567	2 205 670
DN 200	6	6	u	387 878	2 327 268
DN 300	1	1	u	787 563	787 563
FOURNITURE ET POSE DE BOUCHE A CLE POUR RVR					
DN 100	30	30	u	30 000	900 000
DN 150	0	0	u	30 000	0
DN 200	0	0	u	30 000	0
DN 300	0	0	u	30 000	0
FOURNITURE ET POSE DE VENTOUSES					
Simple effet DN 60	9	9	u	175 000	1 575 000
FOURNITURE ET POSE DE VIDANGE					
DN 60	8	8	u	125 760	1 006 240
FOURNITURE ET POSE DE COMPTEUR VOLUMETRIQUE					
FOURNITURE ET POSE DE POTEAU D'INCENDIE					
DN 100	18	18	u	1 200 000	21 600 000
SOUS TOTAL 3					0
GENIE CIVIL					
CONFECTION ET MISE EN ŒUVRE DE BETON DOSE A 250 KG					
Confection et mise en œuvre de béton dosé à 250 kg pour butées	457	457	m3	115 000	52 555 000
BORNE DE REPERAGE - BALISES					
Bornes de repérage	434	434	u	5 500	2 387 000
Balises		0	u	10 000	0
CONFECTION DE REGARD					
Dimensions 0,80 x 0,80 profondeur 1,20 m	17	17	u	650 000	11 050 000
Dimensions 1,00 x 1,00 profondeur 1,30 m	10	10	u	850 000	8 500 000
Dimensions 1,10 x 1,10 profondeur 1,50 m	6	6	u	935 000	5 610 000
Dimensions 1,20 x 1,20 profondeur 1,50 m	1	1	u	950 000	950 000
Dimensions 1,30 x 1,30 profondeur 1,50 m	0	0	u	1 020 000	0
SOUS TOTAL 4 GENIE CIVIL					81 052 000
PRIX SPECIAUX					
PROVISIONS POUR PIQUAGE OU RACCORDEMENT					1 000 000
SOUS TOTAL 5 PRIX SPECIAUX					0
MONTANT TOTAL, EN F.CFA HT/HD					0
IMPREVUS ET ALEAS (5%)					0
MONTANT TOTAL, EN F.CFA HTVA					0
TVA (18%)					0
TOTAL GENERAL FOURNITURE ET POSE CANALISATIONS, EN F.CFA TTC					0

Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 ha sise en Grand-Bassam en Côte d'Ivoire

Annexe 4 : CALCUL DES BUTEES



IMO REALISATION DES BUTEES

Réf. 042.0.SP.11.98.0003
 Indice : B
 Date de tirage : 19/01/05
 Page : 3/8

Exemple:

Données: Ø= 200mm - coude 1/32 - pression maxi d'essai = 10 bars
 le tableau n°1 donne une résultante des poussées de 616 kg

- Si la résistance du terrain n'est pas prise en compte (soit une butée poids), on regarde la colonne correspondante dans le tableau n°2, on trouve une résistance du terrain de 627 bars (la plus proche, **au dessus** de 616 kg) soit une butée de h= 0.40m, l= 0,95m, L= 1,00m
- Si le client demande que la résistance du terrain soit prise en compte, on regarde la colonne du tableau n°2 correspondant au type de terrain.

RESULTANTE des POUSSEES pour une PRESSION d'ESSAI de 10 BARS					
Diamètre mm	Plaques pleines	coudes 1/32	coudes 1/16	coudes 1/8	coudes 1/4
100	786	154	307	601	1111
108	916	180	358	701	1295
120	1131	222	441	866	1599
125	1228	241	479	939	1735
135	1432	281	559	1095	2024
150	1768	347	690	1352	2499
162	2062	404	804	1577	2915
175	2406	472	938	1840	3401
200	3142	616	1225	2403	4442
216	3685	719	1429	2803	5181
225	3976	780	1551	3042	5622
250	4909	962	1914	3755	6941
300	7068	1385	2753	5407	9994
350	9621	1886	3752	7360	13604
400	12566	2463	4901	9613	17700
450	15904	3117	6203	12170	22400
500	19635	3848	7658	15020	27760
600	28274	5542	11030	21630	39980
700	38485	7543	15010	29440	54420
800	50266	9852	19600	38450	71080
900	63617	12470	24810	48670	89950
1000	78540	15390	30630	60080	111100
1100	95033	18630	37080	72700	134400
1200	113100	22170	44110	86520	159900
1400	153940	30170	60040	117800	217700
1500	176710	34640	69200	135200	249900
1800	254470	49880	99240	194700	359800
2000	314160	61580	122500	240300	444800

**NB : Pour une pression de 6 bars : multiplier par 0.6
 de 15 bars : multiplier par 1.5**

Direction Régionale du Sud-Ouest - tél: 05.57.89.08.60 - fax: 05.57.89.08.79