



**ETUDE ET SUIVI DES TRAVAUX D'EXECUTION DE
L'EXTENSION DU RESEAU ONEA ET REALISATION DE
BRANCHEMENTS PARTICULIERS A OUAGADOUGOU : CAS
DU RESEAU DE BASSINKO 2000 LOGEMENTS**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
**MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT** OPTION : INFRASTRUCTURES ET
RESEAUX HYDRAULIQUES / EAU AGRICOLE

Présenté et soutenu publiquement le 28 Juin 2016 par

Têgawendè Hippolyte de RANB SAWADOGO

Travaux dirigés par : Mr Bega OUEDRAOGO
Enseignant 2iE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr ANDRIANISA ANDERSON

Membres et correcteurs : Dr ABDOU LAWANE
Mr MOUSSA OUEDRAOGO

Promotion 2014/2015

 **Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement**

Fondation 2iE - Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO – IFU
00007748B Tél. : (+226) 50. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 50. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org -
www.2ie-edu.or

DEDICACES

Je dédie le présent document :

- ✓ A mes parents, qui ont consenti des sacrifices énormes pour ma formation;
- ✓ A mes frères et sœurs ;
- ✓ A tous mes amis et camarades pour le soutien et la générosité indéfectible.

REMERCIEMENT

Je remercie DIEU tout Puissant et très Miséricordieux de m'avoir donné la chance d'être aujourd'hui au terme de ces cinq années d'études. Je voudrais lui rendre un hommage sincère tout en lui demandant encore son assistance pour la suite de ma vie.

Je remercie tout d'abord Mr BEGA URBAIN OUEDRAOGO mon encadreur qui a accepté de me suivre dans ce travail ; sa disponibilité et ses conseils avisés m'ont été d'un apport précieux.

Mes remerciements à tout le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation dispensée.

Je remercie également ma promotion pour l'esprit de solidarité, de responsabilité et de courage dont elle a fait preuve durant ces années de vie scolaires.

Ma reconnaissance va également à l'entreprise ASI-BF.SA pour avoir voulu nous recevoir à son sein et apporter son soutien indéfectible.

Merci à M. Bernard COMPAORE et M. Soumaila SAWADOGO respectivement Administrateur Général de l'entreprise ASI-BF.SA et Conducteur des Travaux pour l'encadrement quotidien, les conseils qui ont permis l'amélioration de ce mémoire

Enfin d'après un proverbe Mossi «Un seul doigt ne saurait ramassé de la farine», je failirai alors à la tradition si je n'exprimais ici toute ma gratitude envers toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce document.

RESUME

Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso, est une agglomération qui couvre environ 2 805 km² et elle est peuplée de plus 2.3 millions d'habitants (estimation juillet 2014).

Relativement défavorisée sur le plan climatique, la zone de Ouagadougou subit les caprices de la nature et souffre également du problème de mobilisation des ressources en eau, notamment pour l'approvisionnement des communautés. Cette difficulté d'alimentation en eau potable dépend de l'accroissement rapide de la population, de l'extension du tissu urbain et du développement non équilibré des villes.

C'est partant de toutes ces considérations que l'ONEA sur un financement IDA et à travers un appel d'offres a initié le Projet Sectoriel Eau en Milieu Urbain en vue de contribuer à l'amélioration de l'accès à l'eau potable des populations défavorisées et contribuer à la réalisation des OMD en matière d'eau potable et d'assainissement en milieu urbain à travers l'accroissement de l'accès durable à l'eau potable et le développement de l'assainissement autonome. Les travaux de ce grand projet consistent en la réalisation de plusieurs infrastructures et équipements parmi lesquelles figurent l'extension du réseau d'approvisionnement en eau potable, la réalisation de branchements particulier et la construction de bornes fontaines.

Le présent document expose :

- ✓ Les différentes étapes et méthodes pour l'étude (dimensionnement) d'un réseau maillé.
- ✓ les différentes étapes concourant à la réalisation complète des travaux d'extension de réseau d'un site donné en occurrence celui de la cité SONATUR de BASSINKO
- ✓ Les conditions d'obtention d'un branchement particulier auprès de l'ONEA de même que l'aspect technique de sa réalisation.
- ✓ Les différentes étapes pour la mise en œuvre d'une borne fontaine.

Un regard est cependant porté sur l'organisation des travaux au sein de l'entreprise, les attributions des différentes équipes de travail, les interactions entre les différents acteurs concernés (Maître d'œuvre et Maître d'Ouvrage) par le projet et aussi les problèmes de divers ordres que posent les travaux d'AEP réalisés en zone urbaine.

Toute fois dans le but de respecter le délai d'exécution défini par le maître d'ouvrage en commun accord avec le maître d'œuvre qui est de douze (12) mois, un planning prévisionnel est élaboré, ce qui permettrait également de suivre l'état d'avancement des travaux.

MOTS CLES :

1. AEP
2. EXTENSION DE RESEAU
3. BORNES FONTAINES
4. BRANCHEMENT PARTICULIER
5. TRAVAUX D'EXECUTION

ABSTRACT

Ouagadougou, capital of Burkina Faso, is an agglomeration which covers about 2 805 km² and is inhabited by over 2.3 million people (July 2014).

Relatively disadvantaged Climate Plan, the Ouagadougou area suffers the vagaries of nature and also suffers from water resource mobilization problem, particularly for the supply of communities. This difficulty in drinking water depends on the rapid population growth, expansion of the urban fabric and the unbalanced development of cities.

It is starting from these considerations that ONEA on IDA funding and through a tender initiated the Water Sector Project in Urban Areas to contribute to improving access to drinking water disadvantaged people and contribute to achieving the MDGs for drinking water and sanitation in urban areas through increasing sustainable access to safe drinking water and the development of autonomous sanitation. The Work of this great project consist of the construction of several facilities and equipment including figures extension of the supply network of drinking water, the realization of particular connections and construction of fountains.

This document outlines:

- ✓ The steps and methods for the study (design) of a mesh network.
- ✓ the steps contributing to the completion of the network extension works of a given site in the case of the city SONATUR of Bassinko
- ✓ The conditions for obtaining a particular connection with ONEA to as the technical aspects of its implementation.
- ✓ The different steps for implementation of a hydrant.

A look is however focused on the organization of work within the company, the powers of the different teams, the interactions between the various stakeholders (Project Manager and Project Owner) by the project and also the problems of various kinds posed by AEP work carried out in urban areas.

Any time in order to meet the time limit set by the client in agreement with the contractor who is twelve (12) months, a provisional schedule is developed, which would also monitor state of completion.

KEYS WORDS

1. AEP
2. NETWORK EXPANSION
3. FOUNTAINS TERMINALS
4. PARTICULAR CONNECTION
5. EXECUTING WORK

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	II
REMERCIEMENT.....	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT.....	VI
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	X
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES FIGURES.....	XI
INTRODUCTION.....	1
I. LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
1. Présentation.....	3
2. Structure.....	3
3. Organigramme général de ASI-BF.SA.....	5
II. MEMOIRE DESCRIPTIF DES TRAVAUX.....	6
1. Présentation de la zone d'étude.....	6
2. Présentation du réseau de distribution.....	7
a. Réseau existant.....	7
b. Plan générale du réseau.....	7
3. Descriptif sommaire des travaux.....	8
1. Intervenants.....	8
III. ETUDES ET DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION ET DES OUVRAGES GENIE CIVIL DE LA CITE BASSINKO 2000 LOGEMENTS.....	9
1. Elément d'un réseau.....	9
2. Détermination du tracé du réseau.....	10
3. Dimensionnement du réseau de distribution.....	13
a. Calcul des débits de dimensionnement.....	13
b. Calcul du réseau maillé par la méthode de Hardy - Cross.....	15
4. Dimensionnement des ouvrages génie civils.....	20
a. Les butées.....	20
b. Les regards de ventouse, vidange et de visite.....	21
IV. ELABORATION DU DOSSIER D'EXECUTION.....	27
1. L'édition des plans de piquetage.....	27
2. Les implantations.....	27
3. Le sondage des nœuds.....	27
4. Les levés topographiques.....	28
5. Les schémas de nœuds.....	28

6.	Les profils en long	30
7.	Le récapitulatif des pièces	31
8.	La procédure d'approbation du dossier d'exécution	31
9.	Les études supplémentaires	32
V.	ELABORATION D'UN PLANNING PREVISIONNEL	33
1.	Le planning prévisionnel de travail	33
2.	Planning prévisionnel du chantier de la cité SONATUR de BASSINKO	34
a.	Définition de quelques concepts.....	34
b.	Planning prévisionnel	38
c.	Interprétation et commentaire du planning.....	39
VI.	SUIVI DES TRAVAUX.....	42
1.	Quantité des travaux	42
2.	Les travaux de terrain	42
a.	Le démarrage des travaux.....	42
b.	Les terrassements en tranchés ou fouilles	42
c.	La pose des tuyaux en tranchée	43
d.	Les essais de pression.....	43
e.	La désinfection	43
f.	Le rinçage	44
3.	Remarques générales sur la composition des nœuds.....	44
4.	L'approvisionnement du chantier.....	46
5.	Difficultés rencontrées.....	46
6.	Suivi de l'avancement des travaux	48
7.	Le dossier de récolement	49
VII.	TRAVAUX DE DISTRIBUTION	50
1.	La distribution de l'eau aux consommateurs.....	50
2.	Le Branchement particulier	51
a.	Principales parties d'un branchement.....	52
b.	Types de branchement réalisés	52
3.	Les bornes fontaines	52
a.	Conception des bornes fontaines	53
b.	Critères d'implantation.....	53
c.	Technologie des bornes fontaines	54
	CONCLUSION	55
	BIBLIOGRAPHIE.....	55
	ANNEXES.....	56

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2IE :	Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.
AEP :	Alimentation (ou Approvisionnement, ou Adduction) en Eau Potable.
AEP Ouaga :	Alimentation en eau potable de la ville de Ouagadougou.
ASI-BF.SA :	Entreprise Achats - Service International – Burkina Faso-Société Anonyme
DA :	Demande d'Approvisionnement.
JBG :	Gauff Ingénieur (Maître d'œuvre).
OMD :	Objectifs du Millénaire pour le Développement.
ONEA :	Office National de l'Eau et de l'Assainissement (Maitre d'ouvrage).
PEHD :	Polyéthylène Haute Densité
PVC :	Chlorure de polyvinyle.
BF :	Borne Fontaine
BP :	Branchement Particulier.
IDA :	International Association for Development (Association internationale de Développement)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Quantité des travaux pour le marché de base	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2:Quantité des travaux pour le site de BASSINKO.....	8
Tableau 3:Caractéristique du réseau de distribution.....	18
Tableau 4:Etat des débits, vitesses et pertes de charges	19
Tableau 5:Caractéristiques des matériaux	24
Tableau 6:Hypothèses des travaux préliminaires	35
Tableau 7:Récapitulatif des travaux	42
Tableau 8: Analyse de l'avancement des travaux	48

LISTEDESFIGURES

Figure 1: Organigramme de ASI-BF.SA	5
Figure 2: Plan de la commune de Ouagadougou	6
Figure 3:Schématisation des demandes de branchements	10
Figure 4:Schématisation de l'extension du réseau pour satisfaire aux demandes.	11
Figure 5:Identification des nœuds de réseau	12
Figure 6:Schéma des butées	20
Figure 7:Schéma statique des regards	23
Figure 8:Schéma statique de la poussée des terres sur les voiles	23
Figure 9:Exemple de nœud.....	29
Figure 10:Diagramme de Gant	38
Figure 11: Simulation de l'avancement des travaux	40
Figure 12:Utilisation de pièces en fonte pour la composition d'un nœud.	45
Figure 13:Utilisation de pièces en PEHD pour la composition d'un nœud.....	45

INTRODUCTION

La ville de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, enregistre une forte croissance de sa population (taux d'accroissement annuel de plus de 7%), un développement urbain soutenu et mal maîtrisé. La population de Ouagadougou est estimée à 2,3 millions d'habitants en 2013 et à 4,5 en 2030. Cela suscite des besoins constants d'amélioration et d'extension de ses infrastructures et services, en particulier dans le domaine de l'eau.

En 2012, alors que le taux d'accès en milieu urbain est de 83 %, il est évalué à 98 % à Ouagadougou sur le périmètre de l'ONEA. Plus de 30 000 000 m³ d'eau potable sont ainsi consommés annuellement à travers 166 000 branchements environ et 1 000 bornes fontaines.

Un volume d'eau qui va sans nul doute s'accroître au regard de la demande croissante des populations, mais qui fort heureusement pourront être satisfait grâce au renforcement des capacités à travers le projet Ziga 2 qui est déjà en cours de réalisation.

C'est ainsi que dans le but de contribuer à la viabilisation des logements sociaux de la cité Bassinko 2000 logements et de donner suite aux demandes de branchements conséquents que l'ONEA dans le cadre du PSEU a lancé ce projet afin d'améliorer les installations d'AEP et satisfaire les habitants de cette cité.

Objectif de l'étude

L'objectif global des prestations attendues est de revisiter les études de dimensionnement, élaborer le dossier d'exécution et assurer la conduite des travaux prévus dans l'avenant au marché de base à Bassinko.

Objectifs spécifiques :

- vérifier quelques dimensionnements de conduites et apportés une correction;
- Elaborer le dossier d'exécution ;
- Elaborer un planning ;
- Suivre les travaux d'exécutions ;
- Elaborer les plans de récolement ;
- Proposer un mode de gestion approprié des ouvrages.

Le présent travail se présente de la manière suivante :

- ❖ La présentation de la structure d'accueil et du cadre descriptif des travaux,

- ❖ Les différentes études et dimensionnements concernant le réseau de distribution et ses ouvrages annexes,
- ❖ Les travaux d'exécutions.

I. LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Présentation

ASI-BF.SA est une entreprise qui a vu jour en 1993. Son siège est situé au secteur 14 de la ville de Ouagadougou, précisément à l'adresse 745, rue 14.01 dans la cité des 1200 logements.

L'entreprise possède également une annexe située à Kossodo (secteur 25), un magasin central situé à Somgandé (secteur 24) et un parc situé à Wayalghin (secteur 27). Ces infrastructures et équipements permettent à ASI-BF d'être rapidement et efficacement opérationnel dans le cadre de ses nombreux chantiers.

Les domaines d'interventions d'ASI-BF.SA sont entre autres les suivants :

- Approvisionnement en eau potable ;
- Assainissement ;
- Réalisation de forages ;
- Construction métallique ;
- Installation électrique ;
- Electromécanique et automatisme ;
- Informatique ;
- Location de matériel.

Ces dernières années, ASI-BF a participé à plusieurs programmes et projets sur le territoire national du Burkina Faso qui lui ont permis d'avoir une riche expérience de travail en zone rurale comme en zone urbaine et de s'afficher et s'affirmer dans le paysage entrepreneurial burkinabé, notamment dans le domaine de l'AEP. Cette réussite, l'entreprise la doit non seulement à ses hommes et ses femmes compétents et dévoués, mais aussi à la politique d'ouverture et de collaboration de son Administrateur Général.

ASI-BF.SA entretient, en effet, des relations de partenariat avec d'autres organismes, bureaux d'études et entreprises autant sur le plan national qu'international. Cette collaboration favorisant ainsi des échanges riches et fructueux d'expérience et de savoir-faire.

2. Structure

Les principaux membres de l'équipe dirigeante d'ASI-BF.SA sont :

- ✓ L'Administrateur Général,
- ✓ Le Chef Comptable,
- ✓ Le secrétaire général,
- ✓ Le chef de service informatique,
- ✓ La responsable des conducteurs de travaux.

L'entreprise est composée de plusieurs services assurant son bon fonctionnement. Les services avec lesquels nous avons eu des contacts dans le cadre de notre stage sont les suivants :

- ✓ Le standard ;
- ✓ L'accueil ;
- ✓ Le Service Achats
- ✓ Le Service Informatique
- ✓ Le Service Electromécanique et Automatisme ;
- ✓ Le service des Conducteurs de Travaux.

3. Organigramme général de ASI-BF.SA

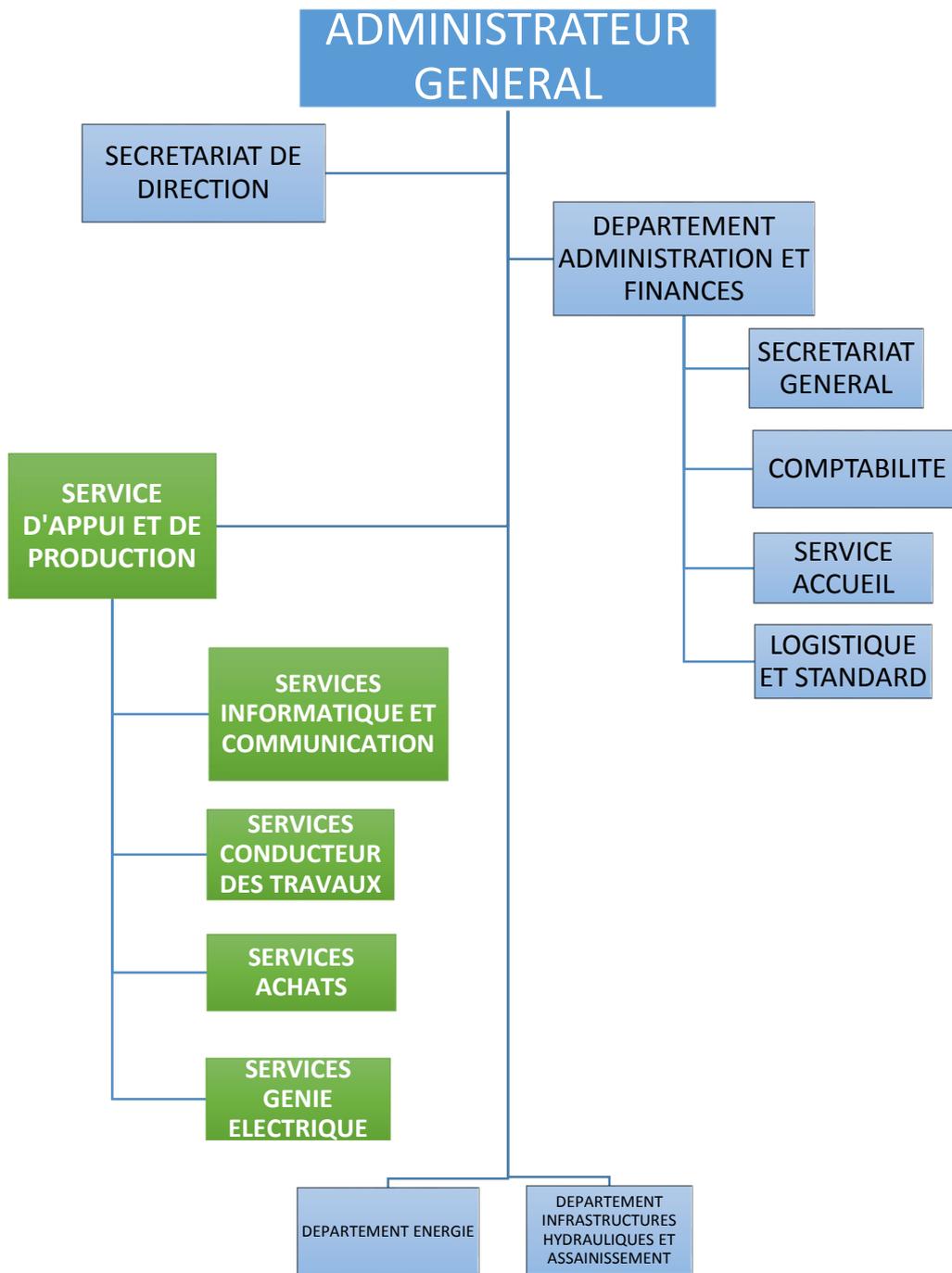


Figure 1: Organigramme de ASI-BF.SA

II. MEMOIRE DESCRIPTIF DES TRAVAUX

1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'intervention de notre projet s'étant sur tout l'ensemble de la commune de Ouagadougou, cependant afin de mieux appréhender les différents aspects de notre étude l'essentiel du travail s'est concentré sur le site de la cité SONATUR de Bassinko qui d'ailleurs a fait office d'avenant au marché de base.

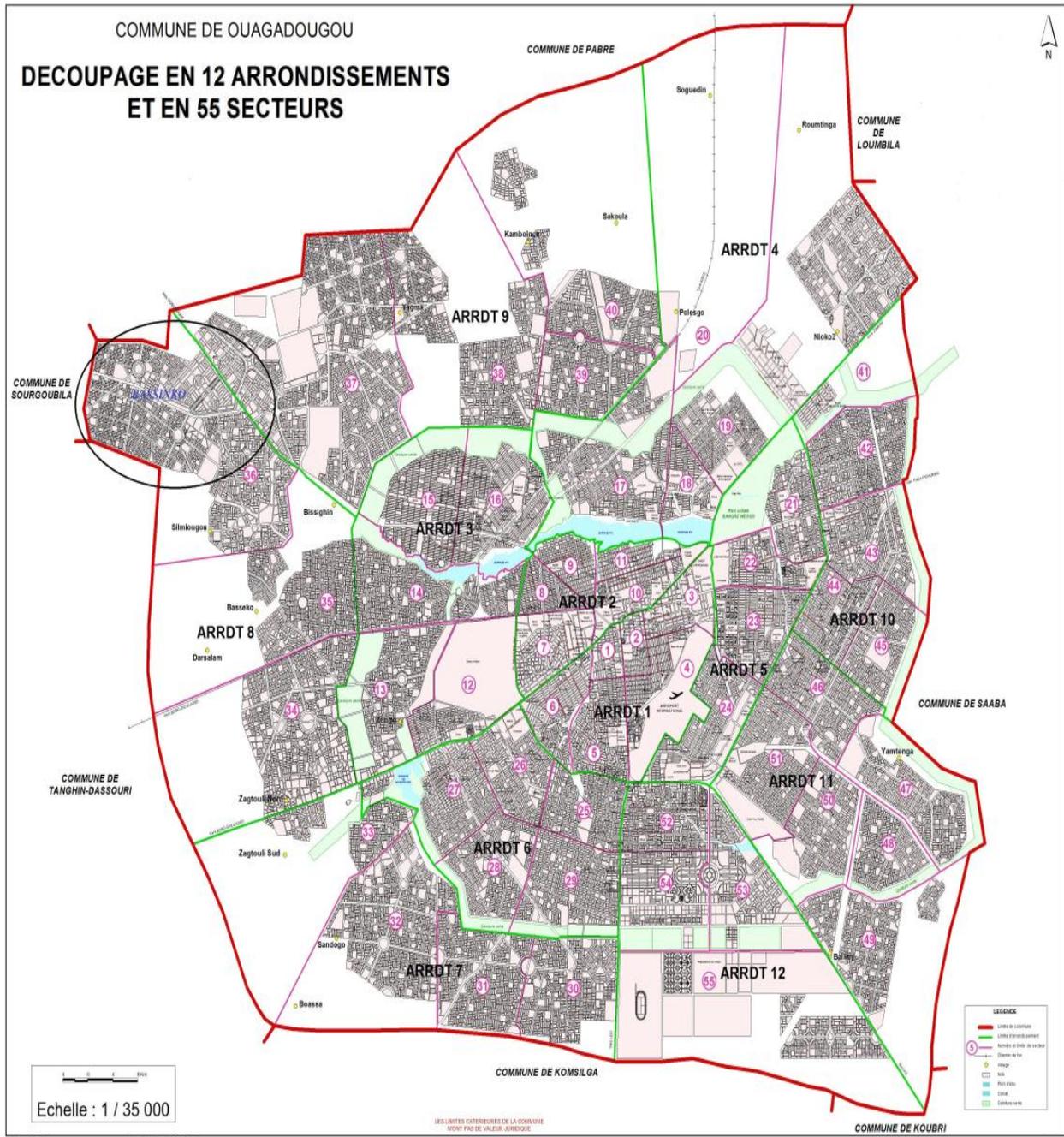


Figure 2: Plan de la commune de Ouagadougou

2. Présentation du réseau de distribution

a. Réseau existant

Le réseau existant de la ville de Ouagadougou est composé essentiellement de conduites en PVC, PEHD et Fonte ductile dont le diamètre varie de DN 63 à DN 700. La longueur totale des conduites tous diamètres confondus est d'environ 3 595 km. Le réseau dessert environ 158 365 abonnés à l'aide de branchements particuliers, le reste de la population s'alimente en eau à partir des bornes fontaines, postes d'eau autonomes, puits privés et forages.

Le taux de la population desservie par branchement privés est d'environ 97%

Les différentes installations sont équipées de vannes de sectionnement, ventouses, vidanges, poteaux d'incendie pour l'exploitation du réseau.

b. Plan générale du réseau

Le tracé des réseaux de distribution est porté sur le plan comportant le réseau existant. Des vannes de sectionnement, des vidanges, etc. sont prévues pour permettre une meilleure exploitation. Le réseau existant a été renforcé et maillé pour une sécurité d'alimentation.

➤ Profil en long des conduites

Des levés topographiques sont effectués afin d'établir des profils en long.

➤ Carnets de nœuds

Le carnet de nœuds du réseau permettra de répertorier les pièces spéciales et autres accessoires nécessaires à la réalisation des travaux.

➤ Équipements annexes

Il s'agit essentiellement des regards et chambres de visite.

Ils permettront l'accès aux organes de commande, de contrôle et d'exploitation des réseaux.

Ils seront conçus suivant les plans types ; leurs dimensions seront adaptées aux accessoires qu'ils abriteront et aux besoins d'entretien.

3. Descriptif sommaire des travaux.

Les travaux à réaliser dans le cadre du projet sont :

- ☞ La fourniture et pose de canalisation du réseau secondaire et tertiaire consigné dans le tableau ci-après :

Tableau 1:Quantité des travaux pour le marché de base

N	Désignation	Prestation	Unité	Quantité
1	Conduite PEHD DE 63 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	14 550
2	Conduite PEHD DE 90 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	15 550
3	Conduite PEHD DE 110 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	10 422
4	Conduite PVC DE 160 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	2 455
5	Conduite PVC DE 200 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	8 235
	Total	F & P	ml	51 212

F=Fourniture ; P=Pose ; F & P=Fourniture et Pose

- ☞ La fourniture et pose de l'appareillage de sectionnement et de protection des réseaux en regard.
- ☞ La réalisation de 6 000 branchements particuliers.

Pour le cas spécifique de l'avenant il est prévu pour le volet extension du réseau les quantités suivantes :

Tableau 2:Quantité des travaux pour le site de BASSINKO

N	Désignation	Prestation	Unité	Quantité
1	Conduite PEHD DE 63 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	3 136
2	Conduite PEHD DE 90 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	4 433
3	Conduite PEHD DE 110 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	4 021
4	Conduite PVC DE 160 PN10 avec pièces spéciales	F & P	ml	2 446
5	Conduite PVC DE 200 PN10avec pièces spéciales	F & P	ml	0
	Total	F & P	ml	14 036

1. Intervenants

Les travaux ont été exécutés sous la responsabilité des parties suivantes :

Le Maître d'Ouvrage : Il s'agit de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) représenté par la Direction des Projet AEP (DP-AEP) et la Direction Régionale de

Ouagadougou (ONEA-DRO) qui ont pour mission de s'occuper exclusivement du projet sur tous ses aspects (administratif, technique et financier).

Le Maître d'œuvre : C'est le bureau GAUFF Ingénieur qui, pour sa compétence est chargé par le Maître d'Ouvrage de diriger l'exécution des travaux, avec pour tâche principale le contrôle et la supervision des travaux.

L'Entreprise : Il s'agit de l'entreprise ASI-BF.SA titulaire du marché des travaux concourant à la réalisation complète et correcte de l'extension du réseau et des branchements prévus dans le marché de base + avenant.

III. ETUDES ET DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION ET DES OUVRAGES GENIE CIVIL DE LA CITE BASSINKO 2000 LOGEMENTS

1. Elément d'un réseau

Un réseau est constitué de tronçons qui se rejoignent en différents points (les nœuds) au moyen de « Tés » les principaux accessoires utilisés indiqués ci-dessus sont ordinairement en fonte. La manœuvre doit en être aisée. Le réseau est donc généralement implanté dans des zones d'accès facile (emprise de voirie, si possible en terrain non revêtu) et les accessoires peuvent être commandés par l'intermédiaire de bouches à clé ou sont dans des regards. Un réseau soumis aux vibrations causées par la circulation se dégrade plus vite. Le nombre des accessoires ne doit pas être multiplié inconsidérément sous peine de multiplier les risques de fuites. Placés de préférence en regard plutôt que sous bouche à clé, les appareils doivent être manœuvrés fréquemment pour garantir leur bon fonctionnement. Ils permettent d'obturer la canalisation. On place des vannes de façon à pouvoir isoler les principaux tronçons du réseau pour des réparations éventuelles, en perturbant le moins possible la distribution.

Dispositif-anti-béliers : Ils amortissent le train d'ondes résultant de la fermeture trop rapide d'une vanne ou de l'arrêt d'une pompe de refoulement. Les dispositifs sont de plusieurs sortes: Réservoirs de stockage ; Dispositifs à air comprimé

- Ventouses : Placées aux points hauts, elles permettent généralement l'évacuation de l'air emprisonné dans le réseau.
- Vidanges : Situées aux points bas, raccordées à un exutoire, elles permettent de vider les canalisations.
- Bouches de lavage-bouches d'incendie-bornes d'incendie : Les bouches de lavage et d'incendie sont posées à même le sol. Elles se différencient par l'usage et le diamètre

d'écoulement (40mm pour le lavage et l'arrosage et au moins 100 mm pour l'incendie). Les bornes d'incendie, d'une hauteur 1m d'environ, se posent sur le trottoir et peuvent être combinées avec une borne fontaine.

2. Détermination du tracé du réseau

La zone d'intervention confiée à l'entreprise ASI-BF.SA dans le cadre du lot 2 du PSEU s'étend sur une grande partie de la ville de Ouagadougou, notons cependant que ce document traite le seul cas du réseau de la cité de Bassinko 2000 logements.

En fonction des demandes de branchements émanant des particuliers, le Maître d'œuvre identifie les tournées prioritaires et esquisse un schéma d'extension de réseau. Ce projet d'extension du réseau, qui est élaboré afin d'assurer l'approvisionnement en eau potable des demandeurs, est adressé à l'entreprise pour exécution.

Explication illustrée

Sur l'illustration ci-dessous, on aperçoit le réseau d'adduction en eau potable existant et les parcelles qui ont émis des demandes de branchements particuliers. Pour certaines de ces parcelles, le branchement au réseau existant peut facilement être exécuté et elles recevront l'eau courante à leurs robinets. Pour d'autres par contre, le branchement ne pourra être réalisé, car il se trouve qu'elles sont éloignées du réseau existant. La nécessité d'étendre le réseau jusqu'à proximité de ces parcelles s'impose alors.



Figure 3: Schématisation des demandes de branchements

A partir de ce moment, le Maître d'œuvre s'active à élaborer une proposition d'extension du réseau.

A l'issue de ses travaux, il produit un plan d'extension de réseau qui devrait permettre de répondre de façon satisfaisante aux différentes demandes de branchement.

Il définit lui-même le tracé que doivent suivre les conduites, les diamètres à poser et les éventuelles vannes. Ce plan est par la suite transmis à l'entreprise pour exécution.

Notons que les diamètres contractuels à poser dans le cadre du projet sont les suivants :

PEHD DE 63 ; PEHD DE 90 ; PEHD DE 110 ; PVC DE 160 ; PVC DE 200

Sur l'illustration suivante, nous pouvons voir le projet d'extension de réseau. Son tracé permet de résoudre le problème d'éloignement auquel étaient confrontées certaines parcelles.



LEGENDE

-  Réseau existant
-  Parcelles ayant fait des demandes de branchement
-  Extension en PEHD 63

Figure 4: Schématisation de l'extension du réseau pour satisfaire aux demandes.

Il est à noter que cette opération d'extension est évolutive. Elle continue en fonction des demandes de branchement privé.

Une fois que le projet du Maître d'œuvre arrive à l'Entreprise, c'est alors maintenant que commence notre travail, en effet on se charge tout d'abord de vérifier que les diamètres des conduites proposées sont effectivement convenables avant de passer à l'élaboration du dossier d'exécution qui consiste dans un premier temps à identifier les nœuds nécessaires pour faire l'extension du réseau et ressortir, dans un deuxième temps, la liste des pièces nécessaires à leur composition.

Nous verrons les détails relatifs au dossier d'exécution dans les pages suivantes.

L'illustration ci-dessous nous montre comment sont identifiés les nœuds du projet d'extension de réseau.



Figure 5: Identification des nœuds de réseau

3. Dimensionnement du réseau de distribution

Il est question de vérifier si les diamètres de conduites proposées pour exécutions permettraient de respecter toutes les conditions hydrauliques à savoir la vitesse, la pression, le débit au niveau des différentes conduites et également la charge au niveau des nœuds du réseau et dans le cas contraire il s'agira de trouver les nouveaux diamètres adéquats.

a. Calcul des débits de dimensionnement

i. Le débit linéaire

Le débit de soutirage est supposé uniformément réparti sur toute la longueur du tronçon, et est calculé par l'une des deux méthodes suivantes:

- ↳ Soit proportionnellement à la surface desservie par le tronçon: en fonction du nombre d'usagers à desservir par le tronçon pendant l'heure de pointe. Il faut alors subdiviser la zone d'étude en plusieurs zones suivant leur source (tronçon) d'alimentation.

$$Q_s(Li) = Q_{ph}(zone 1) + Q_{ph}(zone 2)$$

- ↳ Soit proportionnellement à la longueur du tronçon, en utilisant le débit spécifique q_{sp} .
Où Le débit spécifique est donné par:

$$q_{sp}(Li) = Q_{ph}/L_{total}$$

Avec :

L_{total} : La longueur totale du réseau de distribution ;

Q_{ph} : Le débit de point total consommé par l'agglomération.

Cette méthode, bien qu'elle soit moins précise, peut être utilisée dans l'alimentation des zones rurales ou, éventuellement, quand la consommation est homogène dans toutes les zones à alimenter. Ainsi, nous ferons l'hypothèse que la consommation est homogène sur toutes les longueurs des tronçons. Le résultat du débit de pointe total horaire rapporté à la longueur totale du réseau est le débit linéaire (débit spécifique) à distribuer sur les tronçons du réseau.

$$q \text{ (l/s/ml)} = \frac{Q_{ph}}{\text{longueur totale du réseau}}$$

ii. Calcul des diamètres théoriques

Après la détermination des débits dans les tronçons, en première approche les diamètres théoriques des tronçons sont déterminés par la formule suivante :

$$Q = v * \frac{\pi * D^2}{4} \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

En supposant une vitesse de 1m/s.

Les diamètres retenus sont les diamètres standards se rapprochant plus des diamètres théoriques déterminés et qui répondent à la condition de vitesse : $0,3 < V(m/s) < 1,5$ et de pression, la pression minimale requise à tous les nœuds est : 15mCE.

iii. Calcul de la vitesse

La vitesse de l'eau dans les réseaux de distribution se situe en règle générale entre $0,3 < v < 1.5$ m/s.

-Une vitesse supérieure à 0,3 m/s évitera les problèmes d'incrustation et de dépôt dans les conduites. Une vitesse inférieure à 1.5 m/s se justifie dans le but d'assurer la pérennité des installations à long terme, même si une vitesse supérieure est possible du point de vue hydraulique. N'oublions pas qu'un réseau de distribution d'eau de consommation fonctionne 24h/24h et 365 j/ans.

- Estimation des pertes de charge

Les pertes de charge linéaire ont été calculées avec la formule de Darcy Weisbach qui prend en compte le coefficient de résistance de la conduite (λ).

$$J = \frac{8\lambda L}{\pi^2 g} * \frac{Q^2}{D^5}$$

Avec : λ : coefficient de résistance

Q : débit (m^3/s)

D : diamètre (m)

L : longueur de la conduite (m)

g la pesanteur (USI)

Le coefficient de résistance est calculé avec la formule de Colebrook.

$$\lambda = \left[-2 \log \left(\frac{k}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \right]^{-2}$$

Avec k : coefficient de rugosité, $k = 0,001mm$ pour le PEHD

Re : nombre de Reynolds $Re = \frac{4Q}{\pi Dv}$

v : Viscosité cinématique de l'eau à 25° $v = 8,97.10^{-7}$

λ est calculé par itérations successives.

Les pertes de charge singulières sont considérées comme 10% des pertes de charge linéaire ; on aura donc une perte de charge totale qui est :

$$DH = 1.1 * \frac{8\lambda L}{\pi^2 g} * \frac{Q^2}{D^5}$$

b. Calcul du réseau maillé par la méthode de Hardy - Cross

Avant tout propos nous rappelons que le réseau de distribution de la cité de Bassinko est de type maillé. Compte tenu du nombre élevé de maille composant le réseau nous allons donc juste dimensionner une partie du réseau composé de trois (03) mailles par la méthode de Hardy - Cross afin de montrer comment elle fonctionne.

La Méthode de Hardy - Cross qui est une méthode de calcul par approximations successives a été proposée en 1936 par HARDY - CROSS. C'est la méthode la plus utilisée et nous allons la développer plus en détail; elle est basée sur deux principes:

- Principe d'équilibre des nœuds.
- Principe d'équilibre des pertes de charges (pdc) en chaque maille.

✓ *Hypothèses de calcul par la Méthode de Hardy – Cross*

- Les consommations d'eau sont concentrées en des points déterminés (nœuds de préférence).

S'il y a un service en route, on considèrera le débit total du tronçon à son extrémité.

- Les points d'injection ou de prélèvement de débit sont connus (pas d'apport ou de fuite inconnus).
- On se fixe initialement et arbitrairement les diamètres des conduites (par expérience, compte tenu des vitesses admises généralement).

Le résultat du calcul se traduit alors par la connaissance des pressions à chaque nœud et des débits dans chaque branche et ceci pour le choix des diamètres définis initialement

Si ces valeurs de pression et de débit sont incompatibles avec les valeurs à assurer, on corrige les diamètres des tronçons incriminés et on recommence le calcul.

NB : Dans le réseau, la somme des entrées est égale à la somme des sorties (en débits)

La méthode de Hardy cross, consiste tout d'abord à se fixer, dans chaque maille, une répartition supposée des débits ainsi qu'un sens supposé d'écoulement, tout en respectant la loi des nœuds. Un diamètre, tout au moins provisoire, des canalisations (avec des vitesses entre 0,6 et 1,2 m/s) peut être choisi et l'on calcule les pertes de charges correspondantes.

- **Loi des nœuds** : A chaque nœud, la somme des débits qui arrivent est égale à la somme des débits qui partent. Ainsi, si on affecte du signe (+) les débits qui arrivent et de signe (-) les débits qui sortent, la somme algébrique des débits est nulle à chaque nœud.
- **Loi des mailles** : Dans une maille, la somme algébrique des pertes de charge est nulle. On définit pour cela un sens de parcours positif arbitraire (qui n'a aucune relation avec le sens d'écoulement).

NB : L'orientation positive est donnée par le sens du déplacement des aiguilles d'une montre.

Les pertes de charges sont évidemment, affectées du signe qui aura été choisi pour les débits, puisque les pertes de charges croissent dans le sens de l'écoulement.

✓ *Calcul par la méthode de Hardy – Cross*

Pour une maille complexe comportant n tronçons, on peut écrire delta q =

$$\Delta q_i = \frac{\sum h_i}{2 \sum \frac{h_i}{q_i}}$$

Rappelons que les débits positifs par rapport à l'orientation choisie, seront corrigés par delta q affecté de son signe, alors que les débits négatifs seront corrigés par delta q multiplié par (-1).

On arrête les itérations lorsque, pour toutes les mailles

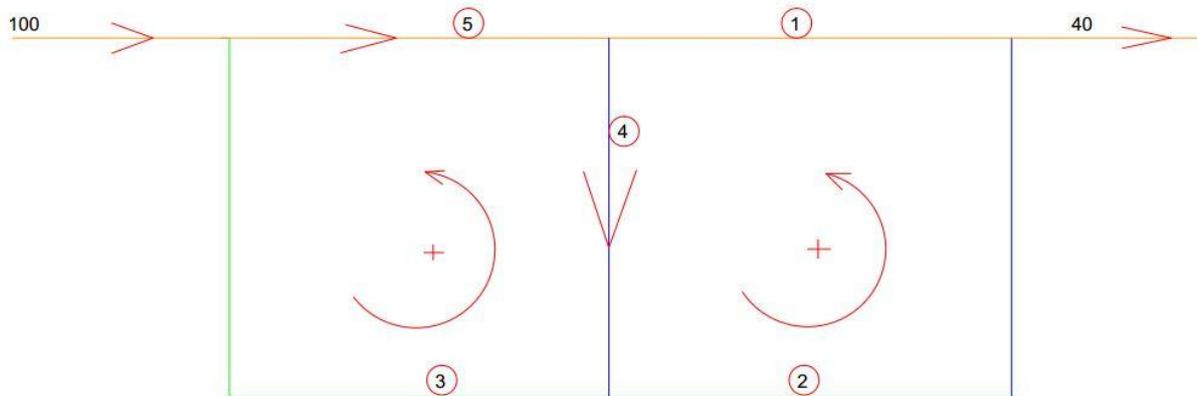
$|\Delta q| \leq 0.5l/s$ Et $|\sum h| \leq 0.2m$ avec h=perte de charge et q le débit

Dans le cas de deux mailles adjacentes, la conduite commune sera affectée par les deux corrections des débits calculées pour les deux mailles, affectées de leurs signes respectifs.

✓ *Application de la méthode de Hardy – Cross*

On considère à titre d'exemple, le réseau maillé extrêmement simple comportant deux mailles et quatre nœuds extrait de notre réseau et représenté sur la figure ci-après. Les différences de

charges Δh sont données en mCe et les débits en l/s. Avec ces unités, les coefficients K_i représentent, exprimés en $m / (l/s)^2$, la résistance hydraulique de chaque élément de conduite.



Nous avons un réseau comportant deux mailles et quatre nœuds

Avec les débits arbitraires choisis on obtient les relations suivantes :

$$\begin{cases} q_5 + q_3 = 100 \\ q_3 - q_2 + q_4 = 60 \\ q_1 + q_2 = 40 \end{cases}$$

On aura alors

$$q_1 = 30 \text{ et } q_5 = 60$$

$$\Rightarrow q_2 = 10; q_3 = 40; q_4 = 30$$

*On calcul maintenant la perte de charge dans la première maille

$$\Delta h_i = \sum \| q_i \| q_i * k_i$$

$$\Rightarrow \Delta h_1 = k_3 * q_3^2 - k_4 * q_4^2 - k_5 * q_5^2$$

En considérant

$$K_1 = 10^{-2}; K_2 = 2 * 10^{-2}; K_3 = 3 * 10^{-2}; K_4 = 4 * 10^{-2}; \text{ et } K_5 = 5 * 10^{-2},$$

On obtient :

$$\underline{\Delta h_1 = -168}$$

*La perte de charge dans la seconde maille

$$\Delta h_2 = k_2 * q_2^2 - k_1 * q_1^2 + k_4 * q_4^2$$

$$\underline{\Delta h_2 = 29}$$

Vue les pertes de charges obtenues alors on corrige la maille la plus déséquilibrée ; en l'occurrence la première :

$$dq1 = \frac{-\Delta h1}{2 \sum \| qi \| * ki} = \frac{168}{2(k3 * q3 + k4 * q4 + k5 * q5)}$$

Ainsi on obtient les nouveaux débits suivants :

$$q1 = 30; q2 = 10; q3 = 57.18; q4 = 14.55; q5 = 44.54$$

*Pour une optimisation de ces résultats on recommence le calcul des pertes de charges avec les valeurs obtenues précédemment :

On obtient alors :

$$\Delta h1 = -14.56 \Rightarrow dq1 = 1.63$$

$$\Delta h2 = 1.352$$

D'où

$$q1 = 30; q2 = 10; q3 = 57.18; q4 = 12.82; q5 = 42.82$$

On arrête les calculs lorsqu'on a trouvé un dq1 suffisamment faible compte tenu du problème considéré.

Vue la longueur de la procédure nous avons intégré la méthode sur un feuille Excel afin d'effectuer la modélisation. Les résultats se présentent comme suites.

*Hypothèses de modélisation :

$$Ki=0.001$$

$$Nu=8.97E-7$$

Tableau 3: *Caractéristique du réseau de distribution*

Maille	Tronçon	L (m)	D (m)	DN(m)	k (m)	nu (m2/s)	Q hyp	Re	k/D	lambda	cible	vitesse	hr	hr/Q	q 1	q 2	Q corr
	Maille 1	N1-N6	61,00	0,151	0,151	0,001	8,97E-07	-0,068	2,3E+05	0,002	0,025	0,000	0,505	-1,108	16,195	-0,0003	
N6-N45		113,00	0,059	0,085	0,001	8,97E-07	-0,050	2,4E+05	0,003	0,028	0,000	0,731	-0,508	10,074	-0,0003		-0,051
N45-N46		119,00	0,059	0,059	0,001	8,97E-07	-0,009	1,0E+05	0,008	0,035	0,000	0,693	-1,965	207,957	-0,0003	-0,0002	-0,010
N46-N26		113,00	0,085	0,085	0,001	8,97E-07	0,108	4,1E+05	0,003	0,026	0,000	0,972	1,213	11,208	-0,0003	0,0001	0,108
N26-N6		119,00	0,104	0,151	0,001	8,97E-07	0,017	1,2E+05	0,005	0,032	0,000	0,595	2,577	155,804	-0,0003	0,0001	0,016
													∑hr =	0,209	401,237		
													q1 =		-0,0003		
maille 2	N45-N46	119	0,059	0,059	0,001	8,97E-07	-0,017	1,2E+05	0,007	0,034	-0,001	0,595	-2,781	168,143	0,0001	-0,0003	-0,017
	N46-N43	113	0,059	0,085	0,001	8,97E-07	0,087	3,3E+05	0,003	0,027	0,000	0,780	1,512	17,400	0,0001	0,0001	0,087
	N43-N44	119	0,059	0,059	0,001	8,97E-07	0,020	1,3E+05	0,006	0,033	0,000	0,561	2,137	108,185	0,0001	0,0002	0,020
	N44-N45	113	0,085	0,085	0,001	8,97E-07	-0,011	8,4E+04	0,008	0,037	0,000	0,401	-0,622	55,692	0,0001	-0,0002	-0,011
														∑hr =	-0,038	372,579	
													q 1 =		0,0001		
maille 3	N8-N7	38	0,104	0,104	0,001	8,97E-07	-0,108	4,1E+05	0,003	0,026	0,000	0,972	-1,218	11,250	0,0001	-0,0003	-0,108
	N7-N29	119	0,104	0,104	0,001	8,97E-07	0,026	1,5E+05	0,006	0,032	0,001	0,588	2,436	95,177	0,0001		0,026
	N29-N43	36	0,059	0,085	0,001	8,97E-07	-0,087	3,3E+05	0,003	0,027	0,000	0,780	-1,512	17,400	0,0001	-0,0001	-0,087
	N43-N44	119	0,085	0,059	0,001	8,97E-07	0,012	1,3E+05	0,008	0,036	0,000	0,912	3,323	267,146	0,0001		0,013
	N44-N7	36	0,085	0,085	0,001	8,97E-07	-0,022	1,5E+05	0,006	0,033	0,000	0,624	-3,150	143,300	0,0001	0,0005	-0,021
													∑hr =	-0,121	534,274		
													q 1 =		0,0001		

Tableau 4:Etat des débits, vitesses et pertes de charges

Désignation	Tronçon	Longueur (m)	Dth (m)	Dint(m)	DN(mm)	Q (m3/s)	vitesse (m/s)	j (m)/tronçon
maille 1	N1-N6	61,00	0,151	0,151	160,000	-0,0684	0,51	-1,108
	N6-N45	113,00	0,059	0,085	90,000	-0,0504	0,73	-0,508
	N45-N46	119,00	0,059	0,059	63,000	-0,0095	0,69	-1,965
	N46-N26	113,00	0,085	0,085	90,000	0,1082	0,97	1,213
	N26-N6	119,00	0,104	0,151	160,000	0,0165	0,59	2,577
maille 2	N45-N46	119	0,059	0,059	63,000	-0,0165	0,59	-2,781
	N46-N43	113	0,059	0,085	90,000	0,0869	0,78	1,512
	N43-N44	119	0,059	0,059	63,000	0,0198	0,56	2,137
	N44-N45	113	0,085	0,085	90,000	-0,0112	0,40	-0,622
maille 3	N8-N7	38	0,104	0,104	110,000	-0,1082	0,97	-1,218
	N7-N29	119	0,104	0,104	110,000	-0,1082	0,59	2,436
	N29-N43	36	0,059	0,085	90,000	-0,0869	0,78	-1,512
	N43-N44	119	0,085	0,059	63,000	0,0124	0,91	3,323
	N44-N7	36	0,085	0,085	90,000	-0,0220	0,62	-3,150

➤ *Analyse interprétation et conclusion*

La simulation a été faite par itération en jouant sur les diamètres des conduites pour avoir une bonne pression au niveau de chaque nœud et des vitesses acceptables dans les canalisations.

L'objectif de base étant la vérification des paramètres hydrauliques tout en maintenant les diamètres proposés au niveau de chaque nœud de demande et également à l'intérieur des différentes conduites.

Les résultats définitifs ont montré que nous avons des pressions satisfaisantes à toutes les heures.

Les différents débits obtenus montrent une disponibilité de l'eau en volume dans toutes les conduites. Quant aux vitesses, les résultats obtenus ne correspondent pas exactement à notre objectif de départ à savoir des vitesses comprises entre 0.5 et 2.5 m/s.

Ceci est dû au fait qu'on a privilégié la disponibilité en pression par rapport à la vitesse dans les conduites.

En effet, la charge hydraulique étant constante, une diminution du diamètre de la conduite entraîne une augmentation de la vitesse et par conséquent une diminution de la pression. Toutefois, malgré la faiblesse de la vitesse dans certaines conduites, la disponibilité en volume et en pression est assurée dans tout le réseau.

En conclusion nous pouvons dire que les diamètres proposés sont tout à fait légitime. Même si toute fois des améliorations pourraient être faites.

4. Dimensionnement des ouvrages génie civils

Dans le cadre du projet il nous a été donné de réaliser le dimensionnement de certain ouvrages génie civils, il s'agit essentiellement :

a. Les butées

Le schéma des butées de type non-armé se présente comme suit :

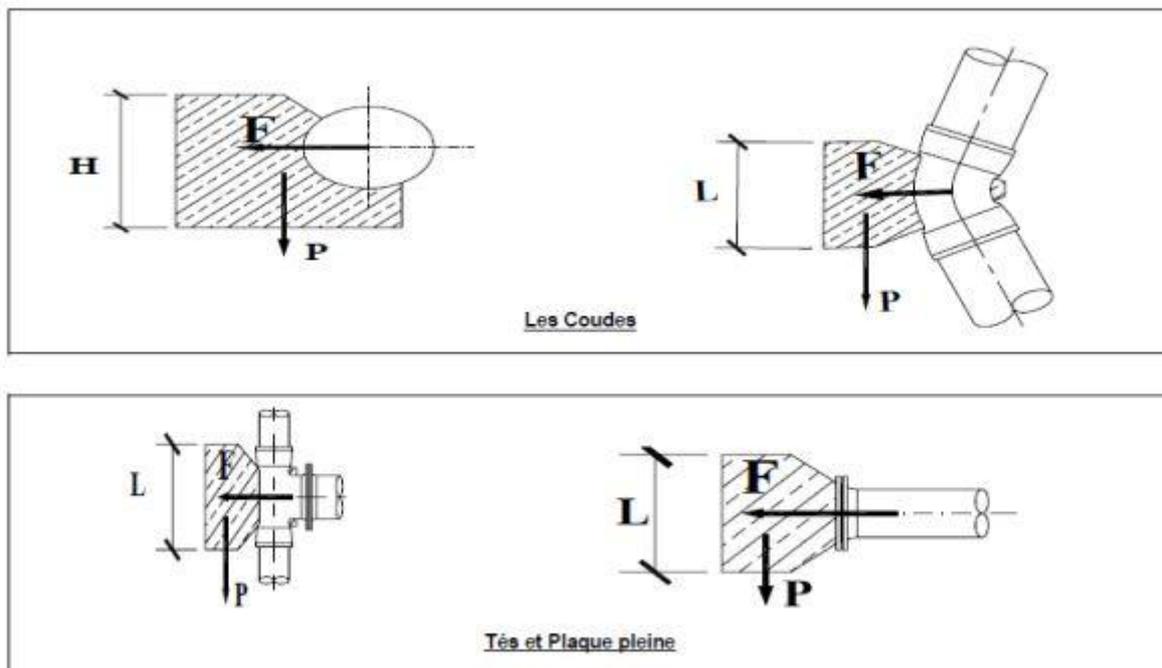


Figure 6: Schéma des butées

C'est un ouvrage en béton, qui reprend les poussées hydrauliques résultant des changements de direction observable sur le réseau. Sa présence au niveau de ces singularités permet d'éviter leur déboîtement. Elle est calculée de la façon suivante.

➤ Méthode de calcul des butées

Hypothèses pour une conduite de 160mm de diamètre extérieur:

α : Angle de coude ($^{\circ}$)

F: Poussée de l'eau (kg)

h: Hauteur du béton (m)

L: Longueur du béton (m)

l : Largeur du béton (m)

V: Volume du béton (m^3)

Accélération de la pesanteur g : $9,8 \text{ m/s}^2$

Angle de frottement interne du sol ϕ : 30°

Densité du sol (KN/m^2) δ_{sol} : 200

Densité du béton (kg/m^3) $\delta_{\text{béton}}$: 2300

Coefficient de frottement béton sur sol μ : 0,6

Coefficient de conception (= L/h) n : 2,0

Coefficient de conception (= l/h) m : 2,0

DE : Diamètre extérieur de la conduite (mm) : 160

DI : Diamètre intérieur de la conduite (mm) : 150

S : Section intérieure de la conduite (m^2) : 0,0176

Pression d'Epreuve PE (bar) : 10

Pression hydrostatique de l'eau P_i (KN/m^3) : 1000

➤ **Formules utilisées**

Les formules appliquées sont les suivantes

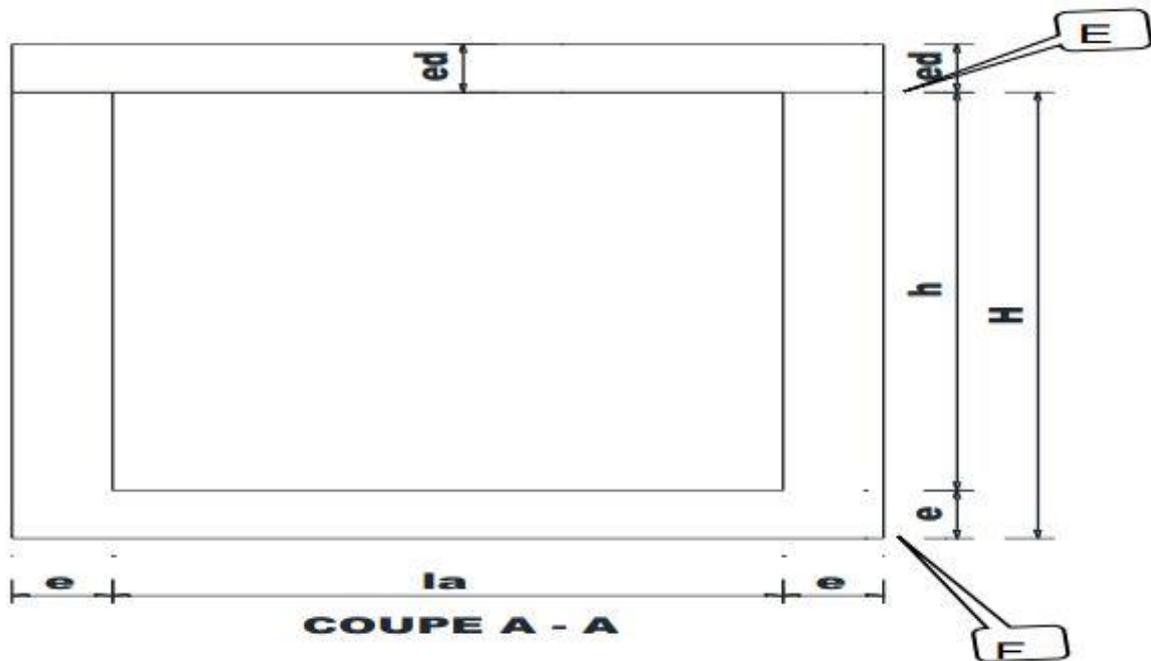
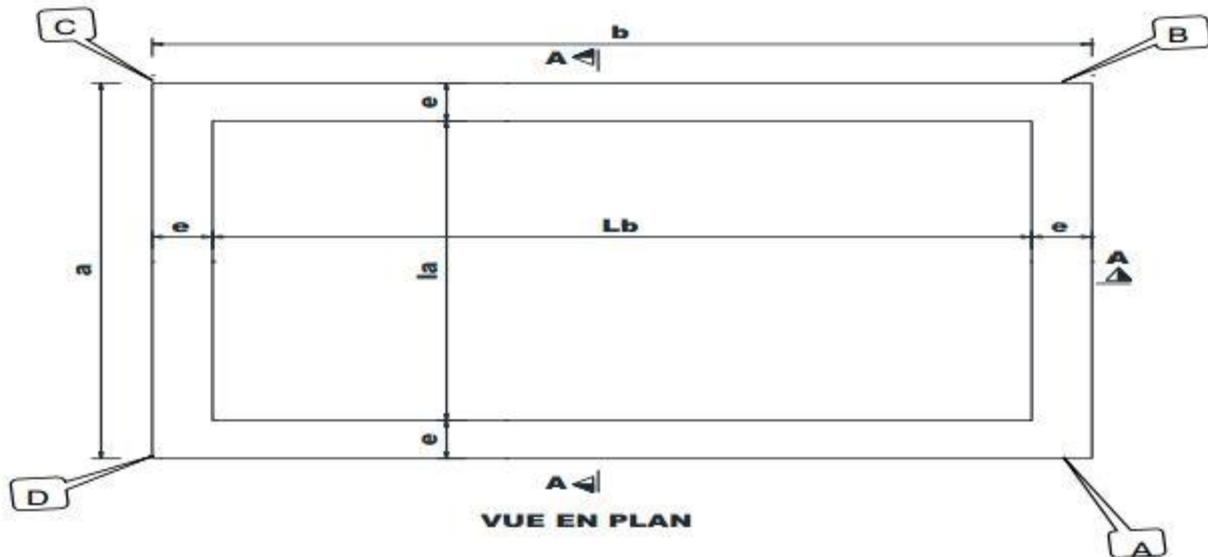
$$P = S \times P_i \text{ (kN); } a = 2 \cdot \sin(\alpha / 2)$$

$$F = \{2 P \cdot \sin(\alpha / 2)\} = P \text{ (kN). } a$$

$$A = F / \delta_{\text{sol}} = F \text{ (kN)} / 200 \text{ (kN/m}^2) / A = L \times H$$

b. Les regards de ventouse, vidange et de visite

De section variable selon l'encombrement des pièces hydrauliques, la configuration des regards se présente comme suit :



Dans le but de protéger certaines pièces hydrauliques telles que, les vannes de sectionnement, clapets, vidanges, ventouses,... la construction des chambres est nécessaire. Dans le cadre de ce projet, ces chambres sont en béton armé pour des raisons diverses (poussées des terres,...). Le dimensionnement des regards s'effectue de la façon suivante :

- **Hypothèses et règlements de calcul**

A : Il est considéré une surcharge de 10 tonnes sur la dalle pour la détermination des surcharges dues à la circulation

B : Remblais contiguë aux ouvrages : charge surfacique d'une tonne par m²

- *Schéma statique*

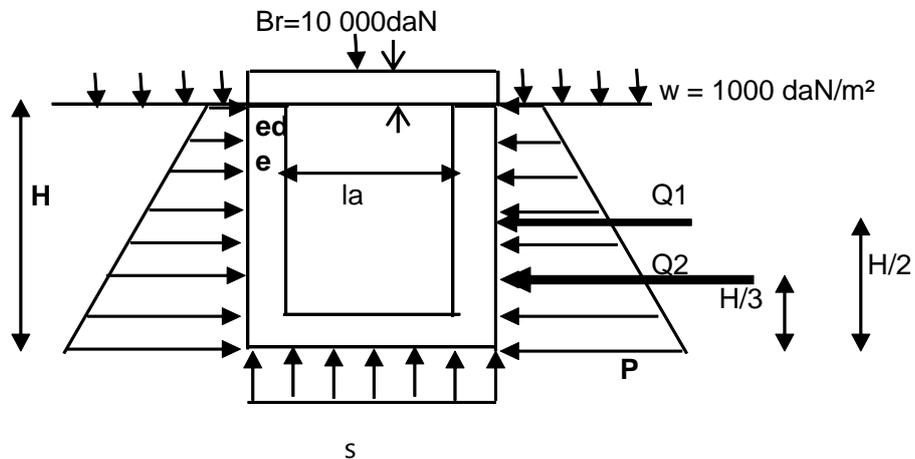


Figure 7: Schéma statique des regards

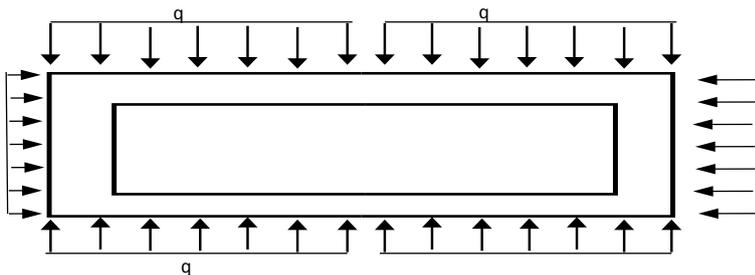


Figure 8: Schéma statique de la poussée des terres sur les voiles

- *Désignations*

Br : Roue isolée de 10 tonnes

e: Epaisseur de parois et du radier

Q1 : Résultante de la poussée due à la surcharge sur remblais de 1 tonne par m²

ed : Epaisseur de la dalle

h : Profondeur du regard

H : hauteur totale du regard

Q2 : Résultante de la poussée

W : Surcharge de remblais des terres

- **Caractéristique des matériaux**

Les caractéristiques des matériaux sont estimés dans le tableau suivant :

Tableau 5:Caractéristiques des matériaux

BETON				ACIER		
Dosage (kg/m³)	fc28 (Mpa)	ft28 (Mpa)	w (daN/m ³)	Fe(Mpa)	σa(Mpa)	H
350	25	2,10	2500	400	215.56	1,6
Fissuration	préjudiciable					
Enrobage aciers	mini des		3	cm		

L'emplacement des regards étant en zone latéritique sans présence de nappe, on a :

Soient :

$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$ le poids volumique des terres

$C = 0 \text{ KN/m}^2$, la cohésion

Q , la poussée des terres appliquée sur le voile verticale et $k_a = 0,33$ le coefficient de poussée.

- **Sollicitations**

Soient W les surcharges d'exploitation sur le remblai contigüe à l'ouvrage. $W = 1000 \text{ daN/m}^3$ et Br la surcharge sur la dalle en considérant une roue isolée. $Br = 10000 \text{ daN}$

- **Combinaisons**

G : charges permanentes parallèle à la poussée des terres

Q : Surcharges d'exploitation parallèle aux surcharges de remblais

Soit une combinaison à l'Etat Limite de Service (ELS) : $G + Q$

❖ **Dimensionnement des parois**

Le dimensionnement se fera essentiellement par la méthode de tranches horizontales. On découpe dans la paroi une tranche de 1,00 m de hauteur et à une profondeur h du regard. Soit q_{wx} la pression unitaire des surcharges par tranche de 1m contigües à l'ouvrage :

$$q_{wx} = k_a \cdot w \cdot x \text{ avec } x \text{ variant de } 0 \text{ à } H \text{ à partir de } E \text{ (} 0 \leq x \leq H \text{)}$$

Soit q_{px} la pression unitaire de la poussée des terres par tranche de 1m contigües à l'ouvrage : $q_{px} = k_a \cdot x^2/2$ avec x variant de 0 à H à partir de E ($0 \leq x \leq H$)

Soit q la charge résultante à 1m du point F , $x = (H-1)$ m

$$q = K_a [w (H-1) + (H-1)^2/2]$$

- **Moments sur appuis**

Selon la méthode des tranches horizontales, le moment en A , B , C , et D sera:

$$M_A = M_B = M_C = M_D = q/12 \cdot [(K \cdot b^3 + a^3)/(K \cdot b + a)] \text{ avec } K = I_a / I_b = e a^3 / e b^3 = 1.$$

I_a , I_b les moments d'inertie des côtés L_a et L_b . $a = L_a + e$; et $b = L_b + e$

Selon la méthode des tranches verticales, en découpant une tranche verticale limitée par deux plans parallèles distants de 1 ml, le moment en F devient :

$$M_F = K_a (w \cdot H^2/2 + r \cdot H^3/6)$$

- **Moments en travée horizontale**

$$\text{Côté } L_a : M_{La} = q \cdot L_a^2/8 - M_B$$

$$\text{Côté } L_b : M_{Lb} = q \cdot L_b^2/8 - M_A$$

NB : Les efforts de compressions sur les parois seront négligés car ils sont favorables à la structure. Les sections seront calculées en flexion simple au lieu qu'en flexion composée avec compression. Ces armatures seront complétées par des armatures de répartition verticales. On disposera aussi sur les faces comprimées, des armatures presque symétriques des armatures tendues.

❖ **Dimensionnement du radier**

Les regards sont posés sur le sol. Le poids des pièces et des tuyaux en place remplies d'eau doit être équilibré par la réaction du sol. Dans ce cas le radier est donc soumis uniquement aux moments de flexion. Sachant que le radier est une plaque reposant sur son contour, la réaction du sol sera le rapport entre le poids total résultant **Pt** et la surface reposante du regard.

Ra : réaction du sol en place exprimé en N/m²

Pt : poids total résultant = béton + charge Br ou Bt en N

Considérons le radier supportant uniquement la réaction du sol. M le moment de

calcul : $M_x = Ra \cdot (2 \cdot \pi \cdot R)^2 \cdot u_x$; $M_y = M_x \cdot u_y$

❖ *Dimensionnement de la dalle de couverture*

Vérification au levage des éléments préfabriqués :

Soit F, la force de levage à chaque point de levage. F = Poids total de l'élément à soulever / NL avec NL: le nombre de point de levage. En fonction de F, la Section des armatures de levage sera choisie suivant le DTU 22.1 (DTU P10-210)

Charge

G = 1,00 KN/ml

Y = 0,35 * Br/0,5 soit Y = 70 KN/m

Pu = 106,35 KN/ml ; Mu = 20,112 KN.m

Les résultats issus du dimensionnement sont présentés dans les annexes 6.

IV. ELABORATION DU DOSSIER D'EXECUTION

Le dossier d'exécution est le document qui couronne les études. Il est fait conformément aux résultats des travaux préalables, à savoir : les implantations, les sondages et les levés topographiques.

Un dossier d'exécution comprend les éléments suivants : Le plan de piquetage, les profils en long, les schémas de nœuds, le récapitulatif des pièces et le rapport de sondage.

Nous donnerons toutefois quelques explications sur les schémas de nœuds, l'élaboration des profils en long et le récapitulatif des pièces.

1. L'édition des plans de piquetage

Il s'agit de plans représentant le tracé des conduites existantes et des conduites projetées et les nœuds de réseau, le tout sur fond de plan cadastral.

A l'aide des plans généraux de l'extension du réseau fournis par le Maître d'œuvre, il est ainsi édité un plan propre qui est plus élaboré, facile à utiliser et adapté aux travaux des équipes de terrain.

2. Les implantations

Les implantations consistent à définir et matérialiser sur le terrain les endroits où devront passer les conduites projetées. Ce travail revient aux équipes de topographes.

Pour chaque tournée, les topographes veillent à trouver l'emplacement exact de tous les nœuds figurant sur le plan de piquetage que nous leur avons fourni et matérialiser cet emplacement par un piquet ou par un bloc de pierre peint.

Ce nœud est ensuite repéré par triangulation avec deux points fixes dans les environs.

La triangulation permet de retrouver la position exacte du nœud au cas où la position du piquet ou de la pierre venait à être modifiée.

Les points fixes de triangulation sont souvent pris sur les sommets des pans coupés de parcelles ou sur des poteaux électriques ou téléphoniques.

3. Le sondage des nœuds

On peut trouver dans le réseau, des nœuds formés par le croisement de conduites projetées uniquement et d'autres nœuds formés par des conduites projetées et des conduites existantes.

C'est dans ce dernier cas que la nécessité de faire un sondage s'impose.

Le sondage consistera donc à faire des fouilles au niveau des points d'implantation de nœuds pour vérifier (confirmer ou infirmer) les diamètres des conduites existantes auxquelles devront se raccorder les conduites projetées.

Les travaux de sondage se font par une équipe de sondage après l'implantation des nœuds.

A l'issue des sondages, nous recevons alors un rapport de la part de cette équipe. Il n'est pas rare de constater que les diamètres trouvés lors des sondages soient différents de ceux mentionnés sur les plans fournis par le Maître d'œuvre. Le rapport de sondage nous permet alors de corriger le plan de piquetage et élaborer des schémas de nœuds cohérents.

4. Les levés topographiques

Le rapport de sondage ne se limite pas qu'à obtenir un plan de piquetage corrigé et définitif, il conduit aussi à :

- la suppression ou l'ajout de certains nœuds projets
- la suppression ou l'ajout de certaines conduites projets

A l'aide de ce plan de piquetage « totalement » corrigé, l'équipe topographique se rend sur le site concerné pour faire des levés sur les différents tronçons concernés.

Les levés topographiques permettent de mesurer les tronçons, tracer les profils du terrain naturel et caler la cote des canalisations à poser selon les exigences de mise en œuvre. En effet, en tout point du réseau la profondeur minimale des tranchées de la conduite sera telle que l'épaisseur du remblai ne devra pas être inférieure à 0,90 m au-dessus de la génératrice supérieure des conduites soit $p \geq 0.90m + DN$.

La profondeur maximale des tranchées, quant à elle, doit respecter les règles de l'art. Toutes ces contraintes permettent d'établir le profil topographique de la conduite projet et surtout déterminer les emplacements des vidanges (points bas du réseau) et ventouses (points hauts du réseau).

5. Les schémas de nœuds

Les schémas de nœuds consistent, pour chaque nœud, à lister quantitativement les pièces nécessaires à sa réalisation et faire un schéma représentatif dudit nœud. Le schéma de nœud doit présenter les tronçons de conduites qui forment le nœud, les pièces principales, les pièces de raccordement et les éventuels équipements de robinetterie (vannes, clapet, etc.).

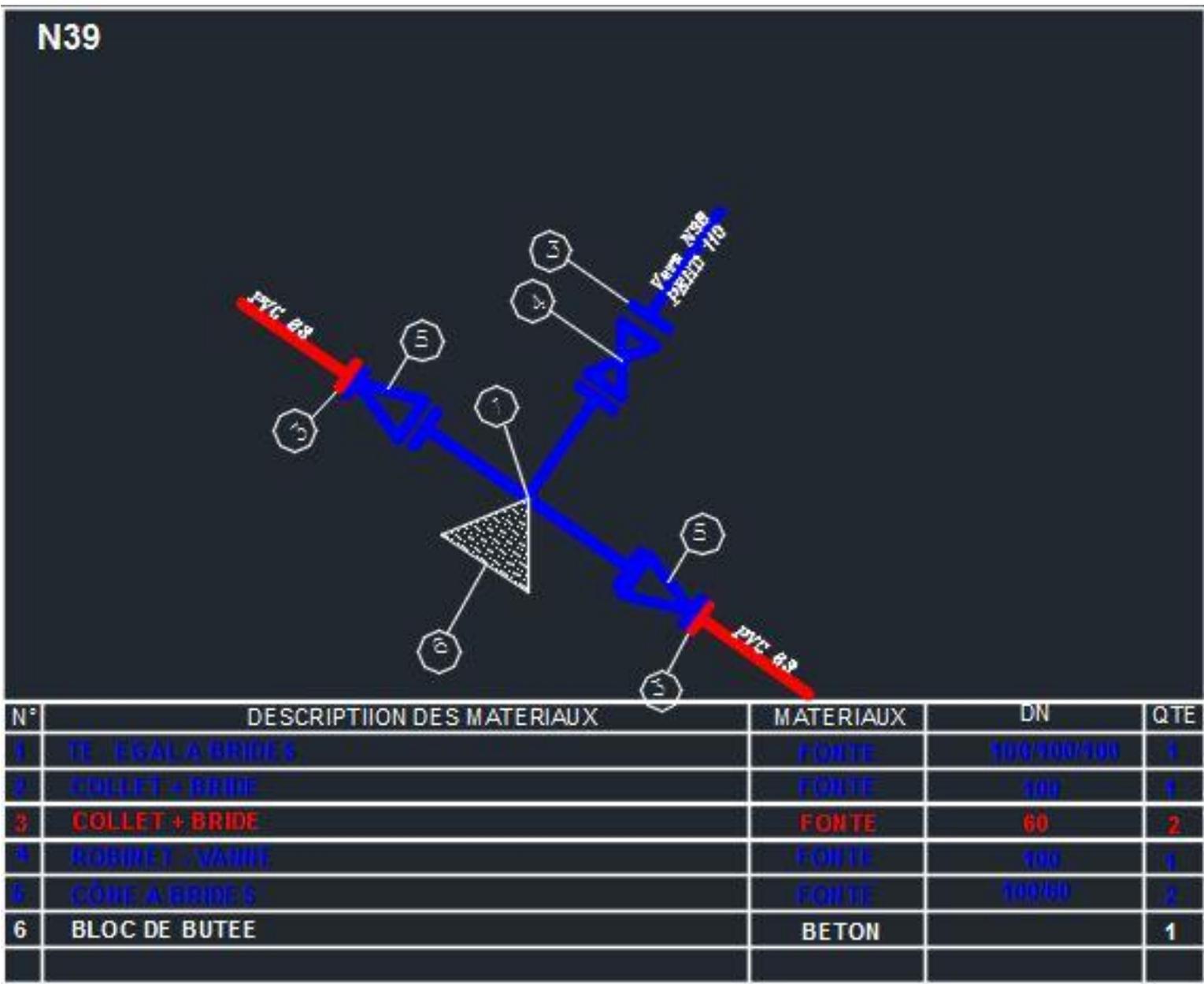
La composition du nœud est soumise à la contrainte des pièces du marché. En effet, le dossier d'appel d'offres spécifie les pièces autorisées à être posées. Toute autre pièce non autorisée qui venait à être posée ne serait pas facturée. Des solutions de règlement sont

toutefois possibles entre l'Entreprise et le Maître d'œuvre. (Voir la liste des pièces de chaque lot en annexe).

De façon générale, un nœud est formé par une pièce principale (un té, une croix ou un coude) et des pièces de raccordement (raccord major, raccord verrouillé, adaptateur de brides, collet, bride, etc.)

Certains nœuds par contre peuvent être formés uniquement que de pièces de raccordement ou d'arrêt. C'est le cas des bouchons et des jonctions PVC-PEHD. Sont également considérés comme nœuds, les dispositifs de vidange ou de ventouse.

Figure 9: Exemple de nœud



Il arrive très souvent qu'on utilise des cônes réductions dans la composition des nœuds. Ceci pour permettre de raccorder bout à bout des conduites ou accessoires de diamètres différents. (Voir des exemples de nœuds avec réductions en annexe 3).

Il arrive aussi qu'en lieu et place des pièces en fonte, des pièces en PEHD soient utilisées. Dans ce cas, on peut avoir des pièces PEHD à brides ou à souder qui s'adaptent aussi efficacement que les pièces en fonte. (Voir des exemples de nœuds avec utilisation de pièces en PEHD en annexe)

6. Les profils en long

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par chacun des points visés. Ainsi, on distingue deux profils en long : le profil en long du terrain naturel et celui du projet.

Les conduites d'alimentation d'eau étant enterrées, elles ont des profils en long différent de celui du terrain naturel. Pour l'élaboration de ce profil en long, trois objectifs sont poursuivis :

- Minimiser les terrassements à l'exécution
- Vidanger les tronçons de conduite en cas de maintenance curative ou préventive
- Evacuer l'air qui pourrait s'y accumuler dont les conséquences sont :
 - ✓ La réduction du débit
 - ✓ Le gaspillage d'énergie
 - ✓ Les coups de bélier en cas d'appel important de débit

Ainsi pour éviter ces conséquences certaines mesures convenables sont prises. On a :

- Le positionnement des ventouses au niveau des points hauts pour assurer l'évacuation de l'air dans les conduites
- Le positionnement des vidanges au niveau des points bas
- Le positionnement des bouchons à la fin d'un tronçon sans suite ;

Un point haut est un sommet formé par deux déclivités successives de sens contraires.

Le profil en long s'établit de la façon suivante :

- Choisir un plan horizontal de référence situé à une côte inférieure à l'altitude du point le plus bas ;
- Confectionner en dessous du plan horizontal de référence, des cases comportant les indications suivantes : numéros de profil, altitude terrain naturel, altitude projet, écart Terrain naturel – projet, distance partielle, distance cumulée, pente, rampe, nature et diamètre de conduite.
- Représenter en abscisse les distances et en ordonnée les altitudes.

En outre, le profil en long nous montre les points hauts et bas du réseau.

7. Le récapitulatif des pièces

A la fin de la composition des nœuds du plan de base reçu, un tableau récapitulatif dresse la liste de toutes les pièces nécessaires pour les travaux de la tournée. (Voir un exemple de récapitulatif des pièces en annexe).

En définitive, le dossier d'exécution est imprimé en format A3 avec une couverture en papier cartonné et envoyé officiellement en cinq (5) exemplaires au Maître d'œuvre pour approbation.

8. La procédure d'approbation du dossier d'exécution

Une fois le dossier d'exécution transmis au Maître d'œuvre, ce dernier l'examine soigneusement. Il vérifie en effet si le dossier proposé est conforme non seulement aux règles du marché mais aussi aux règles de l'art. A l'issue de cette inspection, la décision du maître d'œuvre peut être :

- ✓ l'approbation sans réserve ;
- ✓ l'approbation sous réserve ;
- ✓ la non-approbation.

Les deux dernières décisions surviennent en cas :

- ✓ d'erreurs dans le dossier ;
- ✓ de présentations inadéquates ;
- ✓ de manquement aux règles du marché ou aux règles de l'art ;
- ✓ de modifications sur le réseau, apportées généralement par le Maître d'œuvre.

Le dossier est alors retourné à l'entreprise pour correction. Une fois les corrections terminées, le dossier est de nouveau transmis au Maître d'œuvre pour approbation. L'approbation intervient si le dossier d'exécution est correct aux yeux du Maître d'œuvre.

9. Les études supplémentaires

Pendant les travaux, alors que le dossier d'exécution a déjà été approuvé, il peut arriver que des contraintes du terrain obligent à envisager des modifications, quelques fois importantes. Des études supplémentaires sont alors menées pour résoudre le problème et permettre l'avancement des travaux.

V. ELABORATION D'UN PLANNING PREVISIONNEL

L'un des paramètres très important dans l'attribution d'un marché à une entreprise d'exécution des travaux ; et qui va de pair avec le respect des délais est la durée du chantier.

Cependant, le délai (en mois ou semaines), fait l'objet d'un article de l'acte d'engagement ou du cahier des clauses administratives particulières pouvant entraîner des pénalités financières en cas de retards et des primes en cas d'avance sur exécution des travaux.

Vu l'enjeu de ce paramètre, la grande masse des entreprises a compris la nécessité d'organiser la coordination des différents intervenants, par l'établissement d'un planning prévisionnel de réalisation des travaux. Il se révèle comme un outil remarquable permettant aux dirigeants de prendre la bonne décision au bon moment.

1. Le planning prévisionnel de travail.

Généralement appelé planning contractuel, le planning prévisionnel est un planning de base de tous les autres plannings de chantier à savoir : planning d'approvisionnement, d'exécution des travaux, d'utilisation du matériel et du personnel...etc. Il dépend du délai d'exécution fixé par la maîtrise d'ouvrage en accord avec la maîtrise d'œuvre.

L'objectif est de déterminer la durée et l'enclenchement des tâches de réalisation par rapport au facteur temps, pour respecter les délais imposés.

Le planning prévisionnel permet donc:

- De définir et simuler le déroulement des travaux avant le démarrage du chantier afin d'anticiper au plus tôt les phases délicates d'exécution.
- Pour les entreprises, de gérer les délais d'exécution et de mettre en cohérence les besoins en matériel, matériaux et en main d'œuvre nécessaires.
- Pour les maîtres d'ouvrages, d'assurer le suivi financier et la gestion prévisionnelle des versements des acomptes au fur et à mesure de

Les éléments essentiels que doivent ressortir ce planning sont :

- Les différentes tâches,
- La durée des tâches (la date de démarrage au plus tôt et la date de fin au plus tard), L'enclenchement des différentes tâches.

L'élaboration de ce planning passe par la connaissance du délai alloué au projet, la mission confiée à l'entreprise, la quantité d'ouvrage à exécuté, le rendement du personnel ou des matériel (s), et une base expérimentale de données.

2. Planning prévisionnel du chantier de la cité SONATUR de BASSINKO

La fourniture et la réalisation des travaux de ce projet (extension du réseau de distribution d'eau de la cité de Bassinko) est le défi que ASI-BF doit relever en 06 mois de travail.

Mais pour pouvoir le réaliser, des travaux préparatoires s'avèrent indispensables. Il est important de signaler que la durée de ces travaux relève de l'expérience du personnel. La durée des travaux dépend du mode d'exécution, le rendement du matériel et du personnel dont on dispose. L'élaboration de ce planning dépend des hypothèses faites. Ces hypothèses concernent surtout les travaux dont les cadences sont difficiles à évaluer. Les durées affectées à ces tâches relèvent du bon sens, de l'expérience (l'enclenchement des tâches), des moyens matériels, financiers et humains affectés au projet puis leur rendement.

Prenons un exemple de tâche : Réseau de distribution en PEHD 110 sur 4 021,00ml

a. Définition de quelques concepts.

➤ Soudure par poly fusion des tubes

C'est la soudure des conduites en PEHD sous l'effet de la chaleur issue du chauffage d'un miroir

➤ Raccordement des conduites.

Dans le contexte technique, il s'agit de charger les conduites en eau.

Evaluons la durée qui pourrait lui être affecté :

➤ Implantation/Piquetage/ Réception

L'implantation proprement dite étant exécuter et réceptionner en début de chantier, les travaux topographiques réalisés concernent essentiellement les alignements et piquetages. Exécutés au fur et à mesure que la fouille et pose des conduites, la durée qui lui est affecté est identique à celle des fouilles et poses.

✘ Soudure par poly fusion

Soit d_1 , la durée de travail journalière. $d_1 = 08$ heures et d_2 la durée d'une soudure y compris les manœuvres nécessaires à sa réalisation ; $d_2 = 50$ minutes environ. Le nombre de soudure journalière correspondra à d_1 / d_2 . Soit 9 soudures par jours à raison de 3 préssoudures en longueur de 4 conduites soudées. Les conduites ayant une

longueur de 12 ml, on aura une soudure de 144 ml par jours. Soit une durée de 77 jours de pré soudures.

Puisse que l'entreprise dispose de deux (02) machines à souder et de deux équipes de plomberie sur ce chantier, le linéaire de soudure peut être doublé, mais, la pré soudure n'étant pas le seul travail sur le chantier, la seconde équipe se chargera des soudures intermédiaires, pose puis les essais de pression. Le linéaire définitif de soudure journalier serait de 144 ml.

Soit une durée de 45 jours due à l'évolution de la fouille parallèlement à la pose.

- * Fouille des tranchées/ Réception et pose des tubes PEHD et des singularités/ Remblai

La fouille étant réalisée au même moment que la pose, leur durée est identique. L'expérience a montré que le linéaire de fouille à l'engin en zone sablonneuse (cas de notre chantier) est de l'ordre de 300 à 500ml. Cependant sur ce chantier nous ne disposons pas d'engins par conséquent la fouille est faite manuellement. L'expérience a montré que le volume de fouille par personne en présence de sol dur est de l'ordre de 3m³/jr en moyenne et de 3.75m³/jr en présence de sol moins dur. Avec une main d'œuvre d'environ vingt (20) personnes et un volume de 2413m³, on a une durée de fouille de 32jours.

On supposera une durée pratique de 35 jours pour pallier aux éventuels problèmes sur le chantier.

- * Remplissage-mise en eau/ lestage/ essai de pression

Le remplissage des conduites, mise en eau et essai de pression se font au fur et à mesure que la pose évolue par tronçon de 500ml.

En somme, la durée d'exécution de cette tâche est estimée à 35 jours.

Tableau 6:Hypothèses des travaux préliminaires

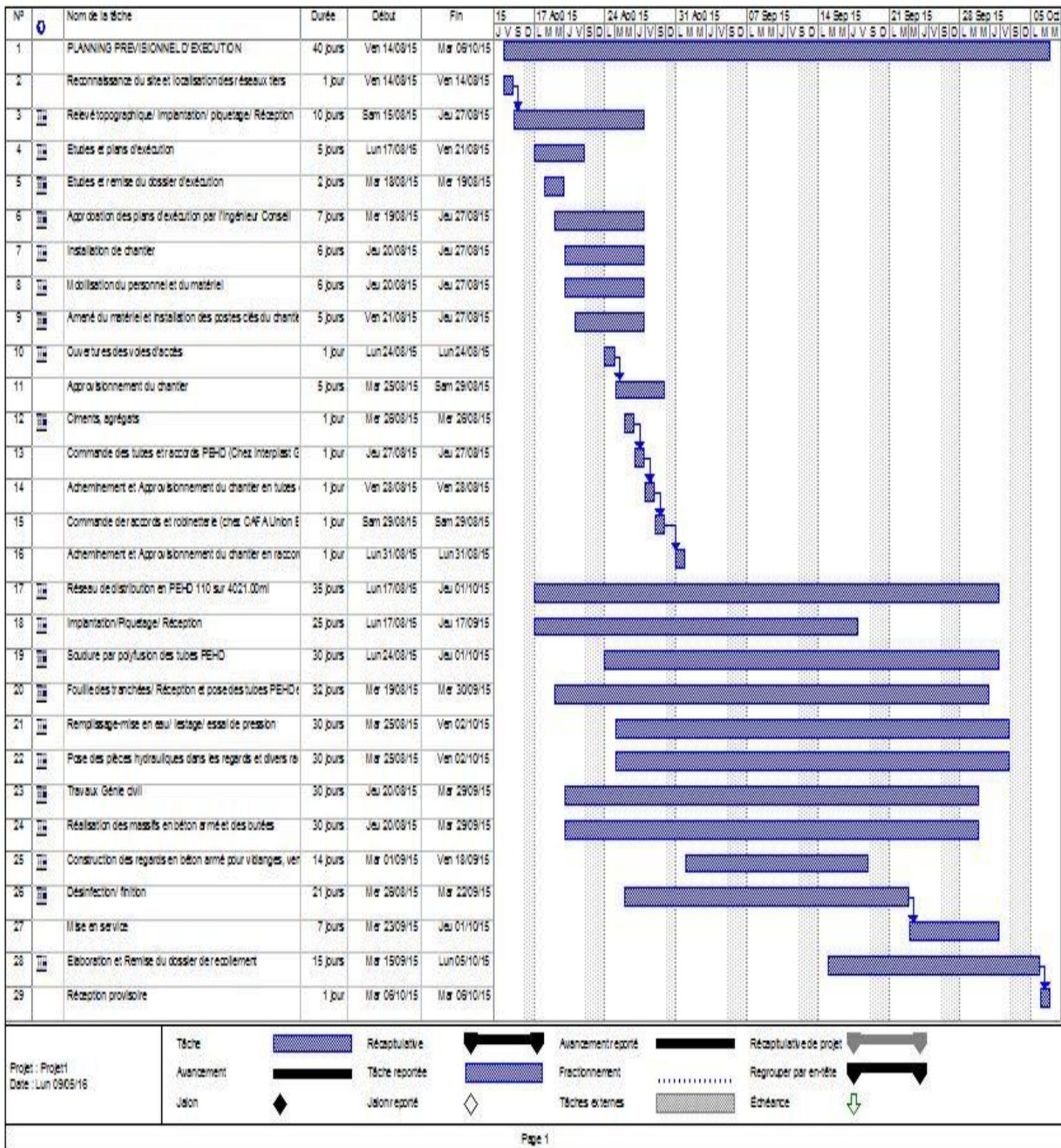
N°	NOM DE LA TACHE	DUREE (JOURS)	PREDECESSEURS
	PLANNING PREVISIONNEL D'EXECUTION	40	
1.1	Reconnaissance du site et localisation des réseaux tiers	1	
1.2	Relevé topographique/ Implantation/ piquetage/ Réception	10	1.1
2	Etudes et plans d'exécution	5	
2.1	Etudes et remise du dossier d'exécution	2	1.2
2.2	Approbation des plans d'exécution par l'Ingénieur Conseil	7	2.1
2.3	Approbation des documentations des équipements proposées	6	2.1
3	Installation de chantier	6	
3.1	Mobilisation du personnel et du matériel	5	
3.2	Amené du matériel et installation des postes clés du chantier (magasin, bureaux,)	1	3.1
3.3	Ouvertures des voies d'accès	5	3..2
4	Approvisionnement du chantier	1	
4.1	Ciments, agrégats,....	1	
4.2	Commande des tubes et raccords PEHD (Chez Interplast "Ghana")	1	
4.3	Acheminement et Approvisionnement du chantier en tubes et raccords PEHD/ Réception	1	
4.4	Commande de raccords et robinetterie (chez CAFA "Union Européenne)	1	
4.5	Acheminement et Approvisionnement du chantier en raccords et robinetterie/ Réception	1	
5	Réseau de distribution en PEHD 110 sur 4 021,00ml	35	
5.1	Implantation/Piquetage/ Réception	25	2.2
5.2	Soudure par polyfusion des tubes PEHD	30	5.1

5.3	Fouille des tranchées/ Réception et pose des tubes PEHD et des singularités/ Remblai	32	5.2
5.4	Remplissage-mise en eau/ lestage/ essai de pression	30	5.3
6	Pose des pièces hydrauliques dans les regards et divers raccordements	30	5.4
7	Travaux Génie civil	30	
7.1	Réalisation des massifs en béton armé et des butées	30	5.4
7.2	Construction des regards en béton armé pour vidanges, ventouses,	14	5.4
8	Désinfection/ finition	21	7.2
9	Mise en service	7	8
10	Elaboration et Remise du dossier de recollement	15	9
11	Réception provisoire	1	10

b. Planning prévisionnel

Sur la base des hypothèses émises, on obtient le planning prévisionnel suivant :

Figure 10: Diagramme de Gant



c. Interprétation et commentaire du planning

Le diagramme élaboré sur la base des hypothèses mentionnées ci-dessus est appelé le diagramme Gantt. Sur ce diagramme, on y retrouve :

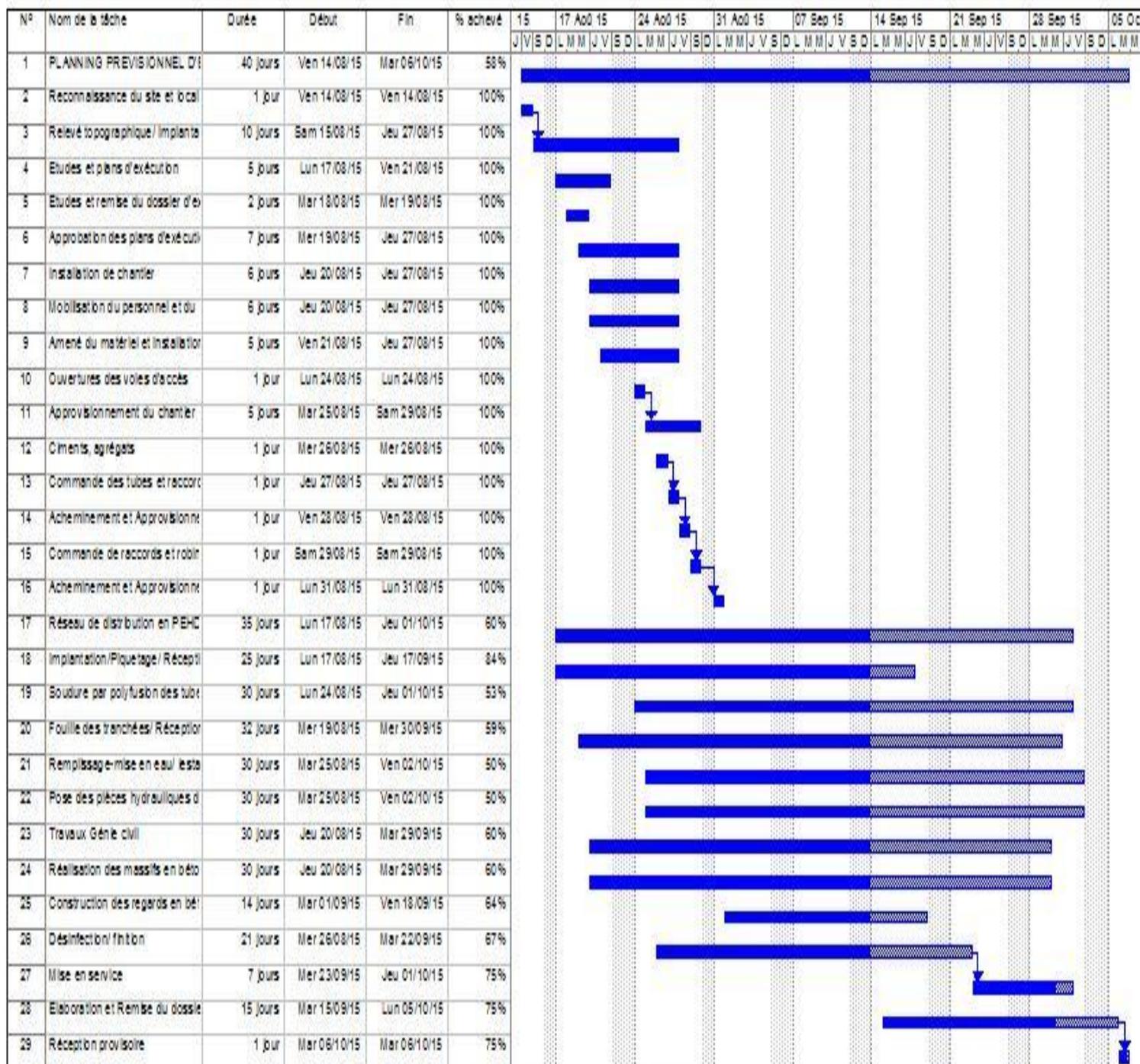
- Les différentes tâches,
- la durée des tâches,
- la date de début et de fin de chaque tâche.

Au regard de ce planning, la date de démarrages des travaux est le 14 Aout 2015 (14/08/2015). Les travaux de plomberie débuteront le 24/08/2015 et prendront fin le 01/10/2015. Quant aux travaux de génie civil, ils débuteront le 20 /08/2015 et s'achèveront le 29/09/2015. Soit une durée totale de 35 jours qui est inférieure à la durée impartie au projet. Le délai prévu pourrait être respectée avec une marge de temps (différence entre délai prévu et délai imposé) qui pourrait couvrir les imprévus à savoir les intempéries et autres.

Actuellement les travaux étant terminés, faisons une simulation théorique de notre planning à la date du 14/09/2015 (voir diagramme suivant). On se rend compte que la majeure partie des tâches sont achevées à plus de 75% sauf les travaux de génie civil qui sont à 60%.

ETUDE ET SUIVI DES TRAVAUX D'EXECUTION DE L'EXTENSION DU RESEAU ONEA ET REALISATION DE BRANCHEMENTS PARTICULIERS A OUAGADOUGOU : CAS DU RESEAU DE LA CITE 2000 LOGEMENTS A BASSINKO

Figure 11: Simulation de l'avancement des travaux



Projet : Projet 1
Date : Lun 09/05/16

Tâche	[Barre hachurée]	Tâche reportée	[Barre bleue]	Fractionnement	[Barre hachurée]
Avancement	[Barre bleue]	Jalon reporté	[Losange noir]	Fractionnement planifié	[Barre hachurée]
Planification	[Barre hachurée]	Planification récapitulative	[Barre hachurée]	Tâches externes	[Barre hachurée]
Jalon	[Losange noir]	Planification reportée	[Barre hachurée]	Récapitulative de projet	[Barre hachurée]
Jalon planifié	[Losange blanc]	Jalon de la planification reporté	[Losange blanc]	Regrouper par en-tête	[Barre hachurée]
Récapitulative	[Barre hachurée]	Avancement reporté	[Barre bleue]	Échéance	[Flèche verte]

En conclusion, l'élaboration d'un planning prévisionnel est l'une des étapes importante pour la gestion d'un chantier. Elaboré un planning prévisionnel, c'est :

- Prévoir les différentes phases d'exécution des travaux suivant la chronologie des activités.
- Définir leur période d'exécution dans le temps
- Suivre l'avancement des travaux

De ce qui précède il est certain que l'organisation des travaux sur le chantier est fonction de la planification car un chantier mal planifié est mal organisé et est voué à l'échec.

VI. SUIVI DES TRAVAUX

La réussite de tout chantier dépend de sa bonne organisation. L'organisation des travaux mise en place est la suivante :

1. Quantité des travaux

Le tableau ci-dessous récapitule les quantités de travaux à réaliser sur le site de BASSINKO. Cette quantification est faite sur la base du linéaire de canalisation à poser et du nombre de nœuds à raccorder.

MARCHE DE BASE				AVENANT 1: EXTENSION BASSINKO 2000 LOGEMENTS					
ITEM	Quantité prévue	Mise en terre	Mise en service	ITEM	Quantité prévue	Mise en terre	Mise en service	Reste à exécuter	Nombre de nœuds à raccorder
PEHD 63 (ml)	14 550,00	16 696,02	16 696,02	PEHD 63 (ml)	3 136,00	0,00	0,00	0,00	94
PEHD 90 (ml)	15 550,00	15 901,85	15 901,85	PEHD 90 (ml)	4 433,00	0,00	0,00	0,00	
PEHD 110 (ml)	10 422,00	14 752,86	14 752,86	PEHD 110 (ml)	4 021,00	0,00	0,00	0,00	
PVC 160 (ml)	2 455,00	3 558,17	3 558,17	PVC 160 (ml)	2 446,00	0,00	0,00	0,00	
PEHD 200 (ml)	2 100,00	2 100,00	2 100,00		14 036,00	0,00	0,00	0,00	
	51 212,00	53 008,90	53 008,90						

Tableau 7: Récapitulatif des travaux

2. Les travaux de terrain

a. Le démarrage des travaux

La réception des dossiers d'exécution portant le cachet « APPROUVÉ » du Maître d'œuvre conditionne le démarrage des travaux de terrain.

b. Les terrassements en tranchées ou fouilles

Les tranchées sont réalisées dans l'emprise publique, à une distance de 1,75 m des clôtures et des murs des riverains. Elles sont creusées conformément aux implantations et au plan de piquetage. La largeur des tranchées est de 0,50 m avec une profondeur variant de 1 à 1.20m. Le fond des tranchées est parfaitement dressé et débarrassé des pierres et matériaux grossiers. La tranchée ainsi préparée est vérifiée par le Maître d'œuvre avant toute pose de canalisation. La réglementation des travaux exige que la longueur maximale de tranchée ouverte, sans canalisation, en zone moyennement ou fortement urbanisée ne dépasse pas 100 m et que le temps d'ouverture des tranchées ne dépasse pas trois jours, de manière à limiter la gêne des riverains.

c. La pose des tuyaux en tranchée

Les conduites sont acheminées sur le chantier et déposées à proximité des tranchées prêtes. Après la pose des tuyaux, les tranchées sont remblayées et les remblais correctement compactés. Pendant la pose, des précautions sont prises pour éviter l'introduction, à l'intérieur des conduites, de débris ou de corps étrangers. Les extrémités des conduites sont alors soigneusement bouchées avec des tampons ou des bouchons pendant les interruptions de travail.

d. Les essais de pression

Après la pose des conduites, les essais de pression constituent l'étape suivante des travaux de terrain. Les canalisations sont éprouvées au fur et à mesure de l'avancement des travaux et avant les raccordements. Les différentes étapes d'un essai de pression sont les suivantes :

- Sectionnement de l'essai ;
- Remplissage de la conduite ;
- Contrôle de la pression ;
- Rapport d'essai.

La pression d'épreuve est appliquée pendant tout le temps nécessaire à la vérification des tuyaux et des points de raccordement. Pendant 24 heures, les tronçons à éprouver sont soumis à une pression de 8 bars, puis à une pression de 10 bars pendant 60 minutes. Dans tous les cas, la diminution de pression ne doit pas dépasser 0,2 bar.

A chaque essai, un procès-verbal est dressé conjointement entre le Maître d'œuvre et l'entreprise. Il porte les indications suivantes :

- Numéro d'ordre et date de référence ;
- Désignation exacte du tronçon examiné ;
- Durée de l'essai (heure début, heure fin);
- Pression d'épreuve ;
- Résultat obtenu ;
- Décision finale et conclusion.

e. La désinfection

Avant la mise en service, les conduites sont désinfectées à l'aide de l'hypochlorite de calcium selon les prescriptions suivantes : Avant la désinfection, les conduites doivent être lavées avec un volume d'eau égal au triple de celui des conduites et à une vitesse de 0,75 à 1,50 m/s au moins. L'eau désinfectante doit contenir 30 grammes de chlore pour 1 mètre cube d'eau et doit rester 24 heures au moins dans les conduites.

f. Le rinçage

Le rinçage des conduites désinfectées se fait avec leur double volume d'eau. Les eaux de désinfection et de rinçage devant s'évacuer sans dommage pour les tiers. Après le rinçage convenable des conduites, des prélèvements de contrôle sont faits par un laboratoire agréé, en l'occurrence celui de l'ONEA. Si les résultats sont satisfaisants, le réseau pourra alors être raccordé et mis en service. Mais si les résultats sont défavorables, l'opération est renouvelée. Les raccordements des nœuds

Le raccordement suit immédiatement le rinçage, pour éviter que des impuretés ne pénètrent de nouveau dans les conduites prêtes. L'opération de raccordement consiste en la mise en place des pièces requises pour la composition des nœuds. Elle est faite par les plombiers conformément aux schémas de nœuds du dossier d'exécution.

3. Remarques générales sur la composition des nœuds

Il n'y a pas de règle rigide qui régit la composition des nœuds. Chaque nœud, notamment les Tés et les croix, possède une multitude de compositions possibles ; l'objectif final étant que le nœud ainsi réalisé ne présente aucune défaillance technique et que la sécurité des usagers soit garantie. Toutefois, certaines contraintes peuvent influencer sur le choix des pièces devant entrer dans la composition du nœud. On peut citer par exemple le coût, la disponibilité des pièces, les conditions de pose, etc.

En ce qui concerne les travaux de Bassinko, la quasi-totalité du réseau existant est en PVC et une grande partie des travaux consistait en la pose de conduites en PEHD. L'utilisation de ce matériau a beaucoup influencé le choix des pièces et quelques fois même la technique de pose.

Le choix s'est porté principalement sur l'utilisation de la fonte pour le raccordement des nœuds. Mais pour certains nœuds, des pièces principales en PEHD ont été utilisées en lieu et place des pièces en fonte. (Voir illustrations ci-dessous)

Figure 12: Utilisation de pièces en fonte pour la composition d'un nœud.



Figure 13: Utilisation de pièces en PEHD pour la composition d'un nœud.



4. L'approvisionnement du chantier

Pendant toute la durée des travaux, l'approvisionnement a lieu de façon continue. En plus du magasin central où sont prélevés le matériel de robinetterie, les pièces de raccords, les accessoires et le matériel de branchement que nous avons cités dans la présentation de la structure d'accueil, il existe également un parc de stockage du matériel de chantier situé au quartier KOSSODO qui sert exclusivement d'entrepôt pour les conduites. C'est de là, en effet, que les différents sites sont approvisionnés. La gestion de ce stock est assurée par le service compétent de l'entreprise, à savoir le CIG (Contrôle Interne de Gestion). Le CIG dispose d'une base de données informatique constamment mise à jour, qui recense tout le matériel, l'équipement et les fournitures de l'entreprise. Cette base de données est gérée par l'informaticien et le gestionnaire de stock. Le CIG veille ainsi à l'utilisation rationnelle et efficace du matériel de l'entreprise. Pour cela, un processus de contrôle de gestion a été mis en place. Il permet de savoir à chaque instant les quantités en stock et les quantités sorties avec tous les détails. La base de données est également capable de déclencher des alertes lorsque la quantité en stock d'un produit donné est faible. Ceci permet de réapprovisionner à temps les stocks et éviter les ruptures soudaines, souvent très néfastes.

5. Difficultés rencontrées

Les travaux du PSEU se déroulent dans l'ensemble en pleine zone d'habitation. Comme pour la plupart des travaux publics en zone urbaine, nos travaux ont engendré des problèmes de divers ordres, perturbant parfois le cours normal du chantier. Toutefois, face à ces situations, des mesures ont été prises pour atténuer de façon significative les impacts causés par les travaux sur les espaces et populations riverains.

De ces impacts, on peut retenir entre autres :

- Les traversées des voies de circulation, obligeant les usagers à emprunter des déviations;
- Les fouilles et les tranchées creusées à proximité des habitations. Pour cela, nous avons veillé à baliser toutes les fouilles et s'est surtout organisé pour éviter de garder pendant longtemps les tranchées ouvertes.
- La poussière et les nuisances sonores résultant des travaux.
- Le croisement avec d'autres réseaux (ONATEL et ONEA) qui ont parfois conduit à des dommages vite réparés par l'entreprise.

Il nous a souvent donné d'être confronté également à d'autres problèmes d'origine « naturelle » parmi lesquels on peut citer :

- Les grands trous sur le tracé des conduites nécessitant des apports de terre pour le remblai ;
- L'inondation des tranchées ouvertes par les eaux de pluie.

Sur le plan technique, il s'est posé un certain nombre de problèmes dont :

- Les informations erronées sur les plans fournis par les Maître d'œuvre et Maître d'ouvrage.

Ce problème a été résolu au niveau de l'entreprise par des campagnes de reconnaissance et de sondage.

- La fermeture des vannes pour isoler les tronçons à raccorder avec pour conséquence l'interruption temporaire de l'approvisionnement en eau potable des zones concernées.

6. Suivi de l'avancement des travaux

TACHES	DUREE	PERIODE D'EXECUTION		PREVISION	REALISATION
				AU 14/09/15	AU 14/09/15
PLANNING PREVISIONNEL D'EXECUTION	40 jours	14/08/2015	06/10/2015	58%	58%
Reconnaissance du site et localisation des réseaux tiers	1 jour	14/08/2015	14/08/2015	100%	100%
Relevé topographique/ Implantation/ piquetage/ Réception	10 jours	15/08/2015	27/08/2015	100%	100%
Etudes et plans d'exécution	5 jours	17/08/2015	21/08/2015	100%	100%
Etudes et remise du dossier d'exécution	2 jours	18/08/2015	19/08/2015	100%	100%
Approbation des plans d'exécution par l'Ingénieur Conseil	7 jours	19/08/2015	27/08/2015	100%	100%
Installation de chantier	6 jours	20/08/2015	27/08/2015	100%	100%
Mobilisation du personnel et du matériel	6 jours	20/08/2015	27/08/2015	100%	100%
Amené du matériel et installation des postes clés du chantier (magasin, bureaux,)	5 jours	21/08/2015	27/08/2015	100%	100%
Ouvertures des voies d'accès	1 jour	24/08/2015	24/08/2015	100%	100%
Approvisionnement du chantier	5 jours	25/08/2015	29/08/2015	100%	100%
Ciments, agrégats	1 jour	26/08/2015	26/08/2015	100%	100%
Commande des tubes et raccords PEHD (Chez Interplast Ghana)	1 jour	27/08/2015	27/08/2015	100%	100%
Acheminement et Approvisionnement du chantier en tubes et raccords PEHD/ Réception	1 jour	28/08/2015	28/08/2015	100%	100%
Commande de raccords et robinetterie (chez CAFA Union Européenne)	1 jour	29/08/2015	29/08/2015	100%	100%
Acheminement et Approvisionnement du chantier en raccords et robinetterie/ Réception	1 jour	31/08/2015	31/08/2015	100%	100%
Réseau de distribution en PEHD 110 sur 4021.00ml	35 jours	17/08/2015	01/10/2015	60%	55%
Implantation/Piquetage/ Réception	25 jours	17/08/2015	17/09/2015	84%	84%
Soudure par polyfusion des tubes PEHD	30 jours	24/08/2015	01/10/2015	53%	45%
Fouille des tranchées/ Réception et pose des tubes PEHD et des singularités/ Remblai	32 jours	19/08/2015	30/09/2015	59%	59%
Remplissage-mise en eau/ lestage/ essai de pression	30 jours	25/08/2015	02/10/2015	50%	50%
Pose des pièces hydrauliques dans les regards et divers raccordements	30 jours	25/08/2015	02/10/2015	50%	60%
Travaux Génie civil	30 jours	20/08/2015	29/09/2015	60%	60%
Réalisation des massifs en béton armé et des butées	30 jours	20/08/2015	29/09/2015	60%	60%
Construction des regards en béton armé pour vidanges, ventouses,	14 jours	01/09/2015	18/09/2015	64%	60%
Désinfection/ finition	21 jours	26/08/2015	22/09/2015	67%	70%
Mise en service	7 jours	23/09/2015	01/10/2015	75%	75%
Elaboration et Remise du dossier de recollement	15 jours	15/09/2015	05/10/2015	75%	75%
Réception provisoire	1 jour	06/10/2015	06/10/2015	75%	75%

Tableau 8: Analyse de l'avancement des travaux

Le tableau présente l'avancement escompté des travaux à un mois du projet et l'avancement réel des travaux sur le terrain pour la même période. La couleur jaune indique les travaux pour lesquels, l'organisation des travaux a connu un succès et la couleur bleu, les travaux pour lesquels l'organisation n'a pas connu de succès.

La réalisation des travaux du réseau de distribution en PEHD 110 devrait atteindre 60% à 30 jours d'exécution selon une simulation théorique de notre planning alors que sur le terrain en

30 jours, les travaux ont été exécutés à 55% et se sont arrêtés pour des raisons de problèmes rencontrés avec la soudure des tubes PEHD

Quant à la réalisation des travaux de désinfection/ finition, elle devrait être exécutée à 67% ; mais sur le terrain, le travail a été fait à 70%. Il en est de même pour les travaux de pose des pièces hydrauliques dans les regards et les divers raccordements dont l'exécution a atteint 60% alors que ce qui était escompté était de 50% pour la même durée.

7. Le dossier de récolement

A la fin des travaux, c'est-à-dire quand tous les nœuds et tous les ouvrages ont été réceptionnés, alors nous élaborons le dossier de récolement et transmettons au Maître d'œuvre pour approbation.

Le dossier de récolement renseigne sur les travaux réellement exécutés, à savoir les conduites posées (diamètres et linéaires), les pièces utilisées pour le raccordement (désignation et quantités) et les divers ouvrages construits (regards de ventouse ou de vidange).

A ceux-ci s'ajoutent les croquis de repérage des nœuds, comportant les indications suivantes :

- Distance des points spéciaux par rapport à des repères fixes ;
- Emplacement et repérage des appareils de robinetterie, des accessoires et appareils divers ;
- Position des ouvrages existants au voisinage du tracé ;
- Renseignements utiles sur les traversées spéciales.

L'approbation du dossier de récolement constitue le préalable à la réception provisoire du site.

VII. TRAVAUX DE DISTRIBUTION

D'une façon générale, l'ossature d'un réseau d'eau d'une agglomération peut se décomposer en deux parties essentielles:

- Les conduites principales qui suivent les voies publiques. Elles sont financées et posées par le service des eaux. Cette partie est couramment appelée réseau de distribution et les diamètres résultent du dimensionnement classique (minimum 63 mm)
- Les canalisations aboutissant dans les propriétés privées en vue de satisfaire leurs besoins par l'intermédiaire d'appareils sanitaires ou de robinets de cours. Ces canalisations et leurs accessoires, constituent le branchement. Son diamètre limite est celui de la conduite principale.

Le branchement est donc le raccordement des installations sanitaires actuelles ou avenir d'un domaine privé à un réseau d'eau public existant.

De ce fait il peut regrouper le « branchement » et « le réseau intérieur du domaine desservi.

1. La distribution de l'eau aux consommateurs

Les consommateurs peuvent être des administrations, des collectivités, des Industriels, raccordés au réseau par un branchement particulier.

Pour les usagers privés, on peut utiliser le branchement individuel particulier ou se tourner vers une distribution collective par bornes fontaines.

Le choix entre la solution individuelle et la solution collective doit prendre

En compte l'état actuel, le moyen et long terme dans ses différents aspects:

- Ressources en eau et moyens financiers pour les mobiliser : passer de la borne fontaine au branchement particulier multiplie par 2, 3 ou 4 la consommation individuelle, ce qui nécessite souvent un réseau d'évacuation des eaux usées.
- les besoins et les consommations prévisibles
- le niveau de vie des populations
- le mode de gestion et la tarification de l'eau distribuée.

Suivant la solution retenue, la structure du réseau et son importance seront très différentes. Rappelons également que c'est le réseau(en absence de nappe d'eau libre) qui doit assurer la

sécurité incendie, ce qui impose qu'elles conduites servant à cet usage, soient d'un diamètre égal ou supérieur à 100 mm

Il est essentiel de prévoir l'évolution du réseau à un avenir raisonnable, en tenant compte de celle de la population et de son mode de vie.

Une étude d'urbanisme donnant les prévisions par zone sera nécessaire.

Les débits par habitant augmentent le plus souvent du fait de l'évolution du mode de vie et des revenus. Le nombre de branchements particuliers se multiplie.

Est-il raisonnable de surdimensionner dès maintenant le réseau en fonction d'une consommation future, plusieurs fois égale à la consommation actuelle? En général oui.

Poser un 150mm au lieu d'un 100mm (qui ne répondrait qu'aux besoins actuels)

Un 125mm au lieu de 80mm permet de pratiquement tripler le débit pour une augmentation de prix minime. Si l'on ajoute qu'une canalisation peut tenir 30ans, avant d'être remplacé, on voit l'intérêt d'un surdimensionnement passager.

Or le triplement du débit est facilement envisageable comme le montre l'exemple suivant sur un quartier fictif où la population et vraisemblablement le revenu, augmenteront entre l'année de mise en service du réseau et celle servant au dimensionnement.

- Situation à la mise en fonctionnement du réseau (2014 par exemple)
 - Population : 700 personnes groupées dans 100 parcelles
 - 10% de branchements individuels soit $70 p * 60l = 4200 l/j$
 - 90% de desserte par Borne fontaine soit $630 p * 20l = 12\ 600 l/j$

Ce qui nous donne un total de 16 800 l/j.

- Situation servant au dimensionnement du réseau pour les conduites principales
 - Population: 900 personnes (densification)
 - 1/3 de branchements individuels soit $300 * 80 l = 24\ 000 l/j$
 - 2/3 de desserte par Borne fontaines (BF) soit $600 * 25 l = 15\ 000 l/j$

Ce qui nous donne un total de 39 000 l/j

2. Le Branchement particulier

Il se fait sur une conduite de réseau, la conduite étant vide ou en charge. Pour assurer une bonne gestion, il est préférable de pouvoir comptabiliser les volumes consommés par chaque

branchement: on observe souvent des consommations allant du simple au double suivant que le paiement est établi à partir du volume exact consommé ou forfaitairement.

Pour la même raison, et pour faciliter les réparations, il faut pouvoir couper le branchement, de préférence sans pénétrer sur les emprises privées.

a. Principales parties d'un branchement

Du réseau d'eau au point de consommation, les points caractéristiques d'un branchement se présentent comme suit:

1. La prise: point de raccordement de la conduite du branchement à celle du réseau.
2. La conduite du branchement: chemin de l'eau pour accéder au domaine privé.
3. Le compteur: témoin du gérant, il totalise les volumes d'eau qui serviront à la facturation. Il doit répondre à l'attente des deux parties.
4. Le puisage regroupe tous les points de consommation d'eau dans l'enceinte du domaine privé.

b. Types de branchement réalisés

Classés en fonction du diamètre de la canalisation, il se dégage deux principaux types:

- Le branchement particulier ou branchement courant avec $\varnothing \leq 60$ mm pour les petits consommateurs.

S'il n'existe pas de conduite dans la voie, une extension de réseau (parfois à la charge du demandeur) est nécessaire.

- Le gros branchement ($\varnothing \geq 60$ mm) pour les écoles, l'administration, les industries, les établissements sanitaires... La partie de conduite de ce branchement dans la voie publique est considérée habituellement comme extension du réseau public.

3. Les bornes fontaines

Une borne fontaine est un ouvrage permettant le prélèvement de l'eau nécessaire à la boisson, la préparation, la cuisson des aliments ou tout autre usage domestique. Il est raccordé au réseau de distribution d'eau potable et implanté dans le domaine public il est mis à la disposition des populations.

Dans le cadre de ce projet nous avons juste eu comme tâche l'exécution de ces ouvrages. Il faut dire que les trois BF prévu dans le marché n'ont pas été réalisées sur le site de Bassinko.

En effet en fonction des besoins ressentis et des demandes reçues l'ONEA attribue aux différentes localités ces BF afin de résorber le besoin en eau potable.

Cependant des échanges faits avec l'un des responsables des réseaux AEP/Ouaga au niveau de l'ONEA nous permettent d'exposer la conception de ces bornes fontaines.

a. Conception des bornes fontaines

Au niveau de la conception des bornes fontaines, nous retiendrons deux aspects essentiellement liés à la justification de l'implantation des bornes fontaines et à leur technologie

b. Critères d'implantation

Nous retiendrons principalement trois critères

- Le nombre d'habitants

Ce critère est le plus important car il correspond à l'objectif des bornes fontaines qui est de fournir de l'eau aux populations, les bornes fontaines seront implantées dans les zones habitées. Il conviendra cependant de définir un nombre minimum d'habitants justifiant l'implantation d'une borne fontaine

Généralement le nombre de personnes desservies par une borne fontaine est compris entre 100 et 500

- La distance maximum entre la borne fontaines et l'utilisateur

Ce paramètre relève d'un autre aspect du rôle des bornes fontaines qui est de rapprocher la ressource de l'utilisateur. Ce paramètre peut avoir une incidence sur l'adoption de ce système de distribution en ce sens que si la borne fontaine est éloignée, les usagers préféreront s'approvisionner au puits plus proche. Ce qui peut remettre en cause l'atteinte des objectifs fixés (notamment sanitaires)

- Le temps d'attente

Ce critère est lié au dimensionnement du branchement alimentant la borne fontaine. Le souci de l'utilisateur qui fréquente la borne fontaine est de minimiser le temps à consacrer au transport de l'eau. Des queues trop longues peuvent réduire l'intérêt des usagers à s'approvisionner à la borne fontaine et les pousser à utiliser d'autres ressources de qualité douteuse, posant à nouveau des problèmes sanitaires.

Pour éviter cela alors Il faut définir un débit moyen journalier par habitant permettant de calculer le débit maximum instantané de la borne fontaine pour dimensionner le branchement qui l'alimente.

Cette approche permet de déterminer un temps maximum d'attente à la borne fontaine.

En général l'application d'un seul critère suffit pour déterminer l'implantation des bornes fontaines

Dans tous les cas, ces formulations subissent quelques aménagements pour répondre soit à des critères politiques. Le choix du point d'implantation est laissé cependant à l'appréciation des autorités locales, soit à des critères sociaux liés à la nuisance due à l'implantation de bornes fontaines à proximité des habitations (bruits, écoulement des eaux perdues mal canalisées dans les concessions avoisinantes).

L'implantation des bornes fontaines peut également répondre à un critère de planification correspondant à une volonté gouvernementale pour fixer les populations. Cette démarche est souvent utilisée en milieu rural pour La mise en œuvre de programmes de regroupement de villages.

c. Technologie des bornes fontaines

Une borne fontaine est généralement constituée d'une tuyauterie alimentant une cuve métallique ou en béton armé, ou encore directement un ou plusieurs robinets de puisage. Une dalle en béton supporte l'ensemble, une vanne de sectionnement permet d'isoler la borne fontaine pour permettre l'exécution de travaux d'entretien divers, cette vanne est placée dans un regard commun avec un compteur pour la gestion du réseau.

Un système d'évacuation comportant un puisard et une tuyauterie d'évacuation complètent l'ensemble.

La borne fontaine est alimentée à partir d'un raccordement sur le réseau de distribution publique en acier galvanisé ou en plastique (PVC ou polyéthylène).

Il existe une variété de bornes fontaines utilisées en Afrique. Les types vont des plus élaborées importées d'Europe ou fabriquées localement au simple tuyau se terminant par un robinet.

Au Burkina Faso les BF à système robinet sont les plus répandus. Ils sont essentiellement constitués d'un tuyau équipé d'un ou plusieurs robinets et maintenu par un ouvrage en béton ou en maçonnerie.

CONCLUSION

Au terme de ce travail il est à noter que pour qui est du volet études nous notons que sur environ 14 km de conduites à poser il y a plus 5 km que ne remplissaient pas toutes les différentes conditions hydrauliques considérées, d'où la nécessité d'améliorer la méthode de tracé de ces conduites.

L'organisation d'un chantier est l'une des étapes indispensables à l'exécution des travaux.

Définir les méthodes d'exécution des travaux, c'est :

- anticiper sur les éventuels problèmes qui retarderaient l'avancement des travaux.
- Offrir un bon cadre de travail au personnel
- Exécuter les travaux selon les règles de l'art

La bonne exécution, la sécurité, et la qualité des travaux sont fonction de l'organisation et de la méthode d'exécution des travaux. Nous recommandons à l'entreprise de revoir son circuit d'approvisionnement afin de pouvoir respecter le planning prévu en début de chantier. Ce stage effectué, nous a permis de connaître la réalité dans les fondements concrets du terrain, l'application de la théorie enseignée lors de l'année académique et bien d'autres situations sociales et naturelles. Nous avons aussi appris par la même occasion à faire certains travaux et les méthodes à adapter pour les faire judicieusement.

Notre stage de mise en situation nous est profitable dans bien de domaines à ne pas inventorier dans le cadre modeste du présent rapport d'interdisciplinarité incontournable à toute formation technique et humaine.

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ S.M.U.H (14 Mars 1977) «Alimentation en Eau»

- ✓ A. MOREL A L'HUISSIER : L'alimentation en eau des quartiers populaires dans les grandes villes des pays en développement (mémoire DEA)
- ✓ (ONEA ,2014) : Dossier de consultation des entreprises, PSEU lot 2-extension de réseau et réalisation de branchements particulier.
- ✓ OUEDRAOGO M. ET BEGA OUEDRAOGO (Mars 2007) :Aide-mémoire ; travaux pratiques d'hydraulique urbaine/2iE

ANNEXES

- Annexe 1 : Plan du réseau
- Annexe 2 : Carnet de nœuds
- Annexe 3 : Profils en long
- Annexe 4 : Récapitulatif des pièces à poser
- Annexe 5 : Plans des ouvrages génie civil
- Annexe 6 : Notes de calcul des regards
- Annexe 7 : Schéma du type de bornes fontaines construites

ANNEXE 1

ANNEXE 2

ANNEXE 3

ANNEXE 4

ANNEXE 5

ANNEXE 6

ANNEXE 7