



## **THEME :**

# **DIAGNOSTIC DU RÉSEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE KOUDOUGOU**

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
**MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**  
OPTION : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 27 Janvier 2017 par

**Olivier DERYAM**

Travaux dirigés par :

**Mr. Moussa FAYE**

Assistant d'Enseignement et de Recherche en Hydraulique, LEAH/2iE

**Mr. W. Honorat KIEMDE**

Ingénieur du Génie Rural

Directeur Régional Nord – Ouest à l'ONEA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Bèga OUEDRAOGO

Membres et correcteurs : Moussa OUEDRAOGO  
Roland YONABA

**Promotion [2015-2016]**

## DEDICACE

*Je dédis ce modeste travail à :*  
*A mes parents . Aucun hommage ne*  
*pourrait être à la hauteur de*  
*l'amour dont ils ne cessent de me*  
*combler. Que Dieu leur procure*  
*bonne santé et longue vie.*

## REMERCIEMENTS

Que tout ceux qui m'ont apportés leur aide, pour la réalisation de ce travail , trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens notamment à remercier :

- ✚ Mr **Lassina SANOU**, Inspecteur à l'ONEA pour son soutien ,ses conseils et sa disponibilité.
- ✚ Mr **Antoine PARE**, Directeur Regional Ouagadougou, pour son soutien et ses conseils.
- ✚ Mr **W. Honorat KIEMDE**, Directeur Regional Nord-Ouest à l'ONEA, pour avoir dirigé ce travail en depit de ces multiples preoccupations , et de m'avoir ainsi permis de le mené à son terme.
- ✚ Mr **Augustin ZERBO**, Chef de centre de regroupement de l'ONEA de Koudougou pour ses conseils et l'acceuil qui nous y a été réservé.
- ✚ Mr **Adama SAWADO**, Ingénieur hydraulicien à l'ONEA pour ses conseils et son encadrement.
- ✚ Mr **Omar OUEDRAOGO**, chef de la station de traitement de Koudougou, pour ses conseils.
- ✚ Mr **Moussa FAYE**, encadreur interne au 2ie, pour son encadrement et ses conseils.
- ✚ A tout les agents de la station de Koudougou et de la direction regionale nord –ouest pour leur disponibilité et leur sympathie.

Je devrais sur le plan intellectuel une reconnaissance particulière à tous nos enseignants de l'Institut International de l'Ingénierie qui ont apportés une importance à notre formation.

Ma reconnaissance s'adresse aussi à tous mes frères, collègues et amis qui ont bien voulu apporter leur contribution grâce à leurs remarques pertinentes sur ce travail.

Par ailleurs, que tous ceux que je n'ai pas pu citer ne s'offusquent pas mais qu'ils trouvent à travers ces lignes toute ma profonde gratitude.

## RESUME

Le présent rapport a pour objet de contribuer à l'amélioration du système d'alimentation en eau potable de la ville de Koudougou, d'assurer une pérennité du service d'eau à l'horizon 2022 et de restructurer le réseau de distribution pour assurer une bonne desserte dans les différents secteurs à l'heure actuelle où son rendement est très faible.

Lors de l'étude diagnostique, nous avons décelé certaines défaillances qui sont la vétusté, les dépressions en certains endroits, le refoulement distributif n'assurant pas une bonne desserte, les fuites d'eau et un indice linéaire de perte très élevé sur la conduite de refoulement réalisée de 23h à 9h après fermeture successive et à intervalle régulier de la vanne de sectionnement.

L'évaluation des besoins nous a donné **9 641 m<sup>3</sup>/j** en 2022 d'où une production de **10 123 m<sup>3</sup>/j** pour une capacité de l'exhaure de **11 136 m<sup>3</sup>/j**.

La séparation du réseau en deux réseaux partiels nous a permis de proposer un redimensionnement pour les quartiers défavorisés (2, 3 et 4), celui-ci a été vérifié au logiciel Epanet 2 a donné des résultats satisfaisants.

Les facteurs d'optimisation proposés à la suite du diagnostic sont : la suppression du refoulement distributif, l'ancienne conduite de refoulement sera quant à elle transformée en une conduite de distribution, certains équipements du réseau doivent faire l'objet d'une réhabilitation, pour pouvoir couvrir la ville en 2022, une extension de 45 km doit être réalisée et dans les années à venir chercher à sectoriser le réseau. La longueur du réseau est 383 km : il est composé à 96 % de Polychlorure de vinyle.

### Mots Clés :

- 
- 1 - Diagnostic**
  - 2 – AEP Koudougou**
  - 3 – Bilan d'eau**
  - 4 – Optimisation**
  - 5 - Extension**

## ABSTRACT

The current report has for objective to contribute to the improvement of the food system in drinking water of the city of koudougou, to assure an everlastingness of the water service on the horizon 2022 and to restructure the network of distribution to assure a good servicing at the present time in the differents sectors where its output is very weak.

At the time of the diagnostic survey, we discovered some failings that are the vetuste, the depressions in some places, the distributive repression not assuring a good servicing, the flights of water and a linear indication of very elevated loss on the conduct of distributive repression.

The assessment of the needs gave us **9 641 m<sup>3</sup>/j** in 2022 from where a production of **10 123 m<sup>3</sup>/j** for a capacity of the exhaure of **11 136 m<sup>3</sup>/j**.

The separation of the network in two partial networks allowed us to propose a redimensionnement for the underprivileged districts (2, 3 and 4), the one has been verified here in the software Epanet 2 gave satisfactory results.

The factors of optimization proposed following the diagnosis are: the deletion of the distributive repression, the old driven of repression will be as for its transformed in a conduct of distribution, some facilities of the network must be the subject of a rehabilitation, to be able to cover the city in 2022, an extension of 45 km must be achieved and in years to come to look to sectoriser for the network. The length of the network is 383 km, it is composed to 96% of Polychlorule of vinyl.

### Key Word:

- 
- 1 - Diagnostic**
  - 2 – AEP Koudougou**
  - 3 – Balance of water**
  - 4 – Optimization**
  - 5 – Extension**

## LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

<b>AEP</b>	: Approvisionnement en Eau Potable
<b>BF</b>	: Borne Fontaine
<b>BP</b>	: Branchement Particulier
<b>DN</b>	: Diamètre Nominal
<b>GIZ</b>	: Coopération Internationale allemande pour le Développement
<b>IGP</b>	: Indice de Gestion de la Pression
<b>ISF</b>	: Indice Structurel de Fuite
<b>IWA</b>	: International Water Association
<b>MAHRH</b>	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
<b>ONEA</b>	: Office National de l'Eau et de l'Assainissement
<b>PEHD</b>	: Polyéthylène Haute Densité
<b>PRAA</b>	: Pertes Réelles Annuelles Actuelles (l/jour)
<b>PRAI</b>	: Pertes Réelles Annuelles Inévitables (l/jour)
<b>PRAIa</b>	: Pertes Réelles Annuelle Inévitables (m <sup>3</sup> /an)
<b>PVC</b>	: Polychlorure de Vinyle
<b>SIG</b>	: Système d'Information Géographique
<b>SONABEL</b>	: Société Nationale Burkinabè d'Électricité
<b>UNDP</b>	: United Nations Development Program

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Les équipements hydrauliques du réseau de la ville de Koudougou .....	11
<b>Tableau 2:</b> Estimation du sous comptage en fonction de l'âge du compteur .....	12
<b>Tableau 3:</b> Échelle de rendement de réseau (Selon Guérin - Schneider,2001).....	13
<b>Tableau 4:</b> Données caractéristiques du système d'AEP de la ville en 2015 .....	14
<b>Tableau 5:</b> Quantités d'eau exhaure et produites en 2015.....	15
<b>Tableau 6:</b> Quantité d'eau distribuée et consommée.....	17
<b>Tableau 7:</b> Avantages de la gestion de la pression .....	23
<b>Tableau 8:</b> Terminologie standard du bilan d'eau selon l'IWA.....	25
<b>Tableau 9:</b> Bilan d'eau 2015 .....	26
<b>Tableau 10:</b> Indicateurs de performance ONEA.....	26
<b>Tableau 11:</b> Valeurs de ILC acceptables par rapport au type de réseau .....	27
<b>Tableau 12:</b> Valeurs de référence de l'ILP .....	27
<b>Tableau 13:</b> Référentiel basé sur les valeurs d'IPA applicable aux services ruraux et intermédiaires .....	28
<b>Tableau 14:</b> Système de classement de l'institut de la Banque Mondiale (WBI) .....	30
<b>Tableau 15:</b> Répartition de la population par zone de distribution.....	32
<b>Tableau 16:</b> Calcul des besoins.....	33
<b>Tableau 17:</b> répartition des besoins en eau par zone de distribution future.....	34
<b>Tableau 18:</b> Fluctuation journalière de la consommation.....	34
<b>Tableau 19:</b> Capacité de refoulement .....	35
<b>Tableau 20:</b> Calcul des diamètres conduites de refoulement.....	36
<b>Tableau 21:</b> Calcul des diamètres conduites de refoulement.....	36
<b>Tableau 22:</b> Vérification au coup de bélier.....	38
<b>Tableau 23:</b> Tableau des pressions altitude supérieure à 308 m .....	41
<b>Tableau 24:</b> Calcul volume réservoir .....	44
<b>Tableau 25:</b> Récapitulatif bilan /ressource.....	46
<b>Tableau 26:</b> Produite d'eau brute nécessaire en 2022 .....	47
<b>Tableau 27:</b> Débit adduction Mouhoun .....	47
<b>Tableau 28:</b> Débit d'adduction des deux sources .....	47
<b>Tableau 29:</b> Indicateur technique, de gestion et qualité.....	49
<b>Tableau 31:</b> Coût travaux extension secteur 5 et 6 .....	75
<b>Tableau 32:</b> Coût extension secteur 2 , 4 et 3 .....	75
<b>Tableau 33:</b> Coût sectorisation et renforcement du réseau .....	76

**Tableau 34:** Coût global d'optimisation ..... 77

### **LISTE DES FIGURES**

**Figure 1:** Localisation de la zone d'étude (Année 2015)..... 4

**Figure 2:** Découpage sectoriel de la ville de Koudougou ..... 5

**Figure 3:** Plan d'ensemble du réseau de la ville de koudougou..... 12

**Figure 4:** Évolution du rendement sur les 8 dernières années..... 13

**Figure 5:** Courbe réalisation par rapport à la prévision..... 16

**Figure 6:** Histogramme des quantités d'eau consommées..... 17

**Figure 7:** Répartition des pertes sur l'année ..... 18

**Figure 8:** Répartition des fuites ..... 21

**Figure 9:** Répartition des fuites par causes ..... 22

**Figure 10:** État du réseau à l'heure de pointe 06 h ( car nous avons un coefficient de pointe horaire de 8.6 %) ..... 40

**Figure 11:** État du réseau à 06 h jour 4..... 41

**Figure 12:** Extension du réseau ..... 46

## SOMMAIRE

<b>DEDICACE</b> .....	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>vii</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1. Contexte et problématique .....	2
2. Objectif de l'étude.....	2
<b>II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL (AVANT PROPOS)</b> .....	<b>3</b>
1. Généralités.....	3
2. Missions .....	3
<b>III. CADRE DE L'ETUDE</b> .....	<b>4</b>
1. Généralités.....	4
2. Données socio-économiques .....	6
<b>IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE</b> .....	<b>7</b>
1. Recherche documentaire .....	7
2. Travaux de terrain .....	7
3. Traitement des données.....	7
<b>V. RESULTATS ET DISCUSSIONS</b> .....	<b>8</b>
1. Les enquêtes socio-économiques .....	8
2. État des lieux de l'AEP de la ville de Koudougou.....	9
3. Étude diagnostique du système d'AEP .....	13
4. Étude technique du réseau.....	32
4.1. Données de base générales.....	32
4.2. Conception technique.....	34
5. Facteurs d'optimisation .....	48

5.1. Les facteurs de défaillance .....	48
5.2. Critères d'évaluation de la gestion et de l'entretien.....	48
5.3. Propositions de quelques facteurs d'optimisation.....	49
6. Estimation des coûts d'optimisation et impacts environnementaux .....	52
6.1. Estimation des coûts des différents travaux d'optimisation .....	52
6.2. Impacts environnementaux .....	52
<b>VI. CONCLUSION.....</b>	<b>53</b>
<b>VII. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>56</b>

## I. INTRODUCTION

L'absence d'accès à l'eau potable est le premier frein au développement et près d'une personne sur cinq dans le monde, soit 1,2 milliard, n'y a pas accès aujourd'hui (UNDP, 2006). Nous constatons que dans le monde actuel le problème des ressources en eau se pose avec une acuité particulière aussi bien à l'égard des pays sous-développés dont une large part inclue des régions arides ou semi-arides, que de ceux dont l'essor industriel s'accompagne d'un accroissement inouï des besoins mais aussi d'une pollution croissante des cours d'eau. La consommation de l'eau s'est en effet progressivement diversifiée et aujourd'hui, elle est devenue une matière première de portée essentielle.

Située au sud-ouest de la ville de Ouagadougou, la ville de Koudougou fait face à des nombreuses difficultés concernant son service d'eau. Celle-ci est dotée d'un système d'AEP ayant 53 ans. Le réseau a connu un rendement technique de distribution (rendement primaire) en baisse au cours de ces cinq dernières années (ONEA, 2015a). Avec l'accroissement de la population au fil des années, celui-ci n'arrive pas à desservir toute la ville faisant que certains secteurs se trouvent sans eau ou éprouvent des difficultés à être desservis.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre thème intitulé « diagnostic du réseau d'AEP de la ville de Koudougou ».

Dans un premier temps nous procéderons au diagnostic du réseau, ensuite nous évaluerons les besoins actuels et futurs (à l'horizon 2022) de la population, identifier les facteurs qui peuvent rendre le réseau optimal et enfin de ces trois études découleront des recommandations pour améliorer la performance du réseau d'AEP de Koudougou.

## 1. Contexte et problématique

Située à 100 kilomètres au Sud-Ouest de Ouagadougou, la commune cumule quatre (4) fonctions. Outre son statut de commune urbaine, elle est le chef-lieu de la région de Centre Ouest, de la province du Boulkièmdé et du département de Koudougou. Cette ville est dotée d'un système d'alimentation en eau potable installé en 1963 dont la production est assurée en grande partie par le fleuve Mouhoun à 60 % environ, le barrage Salbisgo à 40 % (ONEA, 2015a) .

Comme la plupart de nos réseaux d'alimentation en eau potable en Afrique, ceux-ci rencontrent d'énormes problèmes liés à la satisfaction des clients, la gestion, le problème récurrent des pertes d'eau importantes. Étant donné l'âge d'installation de ces équipements, ces réseaux se trouvent également confronter aux problèmes de vétusté.

L'accroissement de la population au fil des années engendre des besoins en eau non satisfaits avec des systèmes d'AEP presque à saturation du point de vue quantitatif et qualitatif. D'où parfois il faudrait procéder à l'extension du réseau et augmenter la capacité de production.

Ces difficultés constituent pour l'ONEA des enjeux majeurs car ils sont inscrits dans sa stratégie de développement en ce qui concerne la réduction des volumes d'eau importantes perdus sur le réseau au niveau de la production et la distribution et le taux de couverture des centres urbains (> 63 %) et le taux d'accès en eau potable (> 92%).

En effet une gestion des pertes efficace permettra d'optimiser le réseau en réalisant des économies d'énergie liées à la production et à la distribution, la diminution du volume d'eau perdue, ce qui augmentera le rendement du réseau.

## 2. Objectif de l'étude

### ✓ Objectif général

Contribution à l'amélioration du système d'alimentation en eau potable de la ville de Koudougou.

### ✓ Objectifs spécifiques :

Établir un diagnostic du réseau existant.

Identifier les facteurs d'optimisation du réseau de distribution.

Évaluer les besoins futurs en eau et vérifier les performances des infrastructures actuelles (à l'horizon 2022).

## II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL (AVANT PROPOS)

### 1. Généralités

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) a été créé par décret n°85/387/CNR/PRES/EAU du 28 juillet 1985 sous la forme d'un établissement public de l'État à caractère industriel et commercial (EPIC). Il sera transformé en société d'État le 2 novembre 1994 (décret n°94-391/PRES/MICM/EAU). Son siège social est situé sur l'avenue de l'ONEA, porte 220, secteur 17 (Pissy) 01 BP 170 Ouagadougou 01.

L'ONEA est chargé de la production et de la distribution de l'eau potable ainsi que la promotion de l'assainissement des eaux usées et excréta des centres urbains et semi-urbains du Burkina Faso. Il gère 63 centres (au 31 décembre 2015). Ces centres se répartissent comme suit :

- 47 centres exploitent uniquement l'eau souterraine
- 9 centres utilisent l'eau de surface ;
- 7 centres exploitent les deux types de ressources en eau.

L'ONEA est placé sous :

- ✚ La tutelle technique du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement ;
- ✚ La tutelle de gestion du Ministère du commerce ;
- ✚ La tutelle financière du Ministère des finances et du budget ;

### 2. Missions

L'ONEA a pour mission :

- La création, la gestion et la protection des installations de captage, d'adduction, de traitement et de distribution d'eau potable pour les besoins urbains et industriels ;
- La création, la promotion et l'amélioration ainsi que la gestion des installations d'assainissements collectifs, individuels ou autonomes pour l'évacuation des eaux usées et des excréta en milieu urbain et semi-urbain ;

L'ONEA fonctionne conformément à l'organigramme ci-après :

Voir **annexe N° 5**.

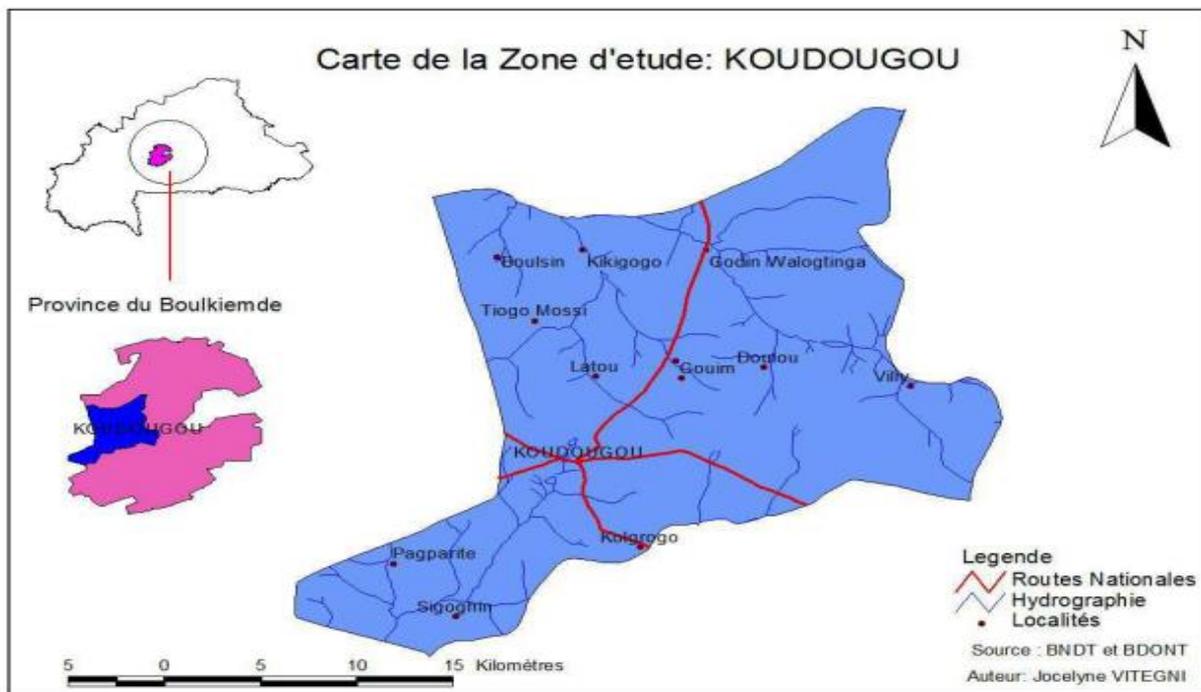
### III. CADRE DE L'ETUDE

#### 1. Généralités

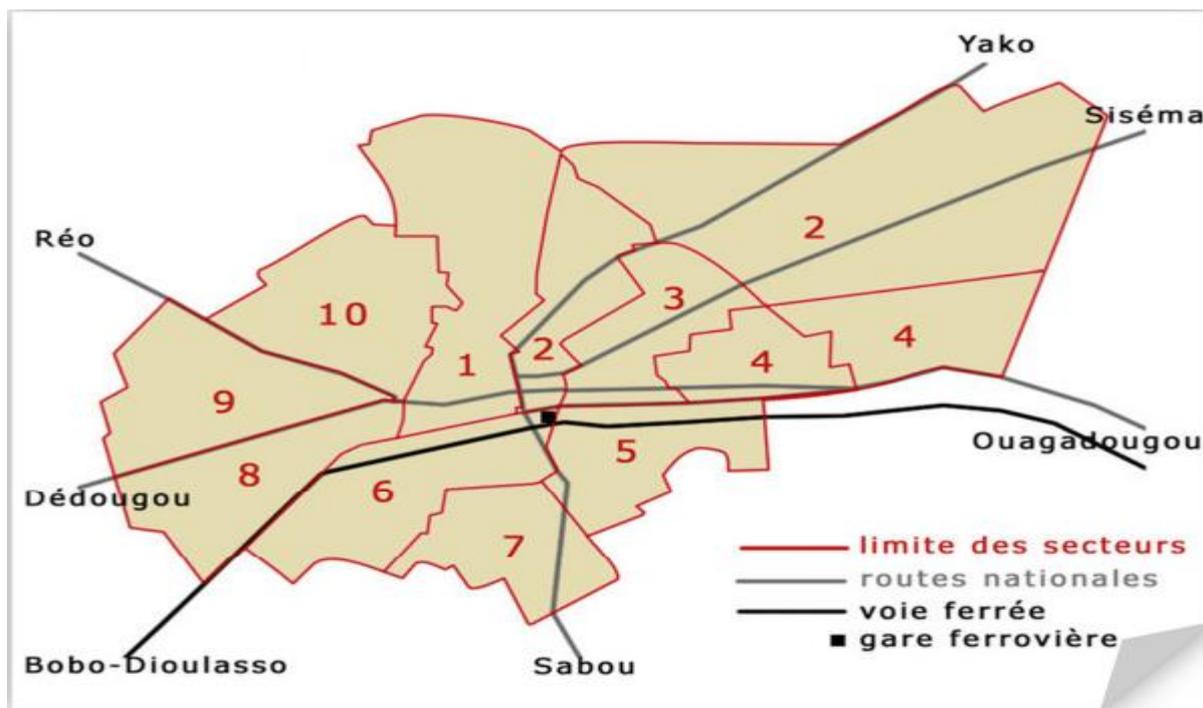
##### 1.1 Situation géographique

La Commune de Koudougou est située dans la région Centre-Ouest, dans la province du Bouliké avec pour coordonnées géographiques : 2°21'51" longitude Ouest et 12°15'3" de latitude Nord. Elle est située à 100 km à l'ouest de Ouagadougou. Elle est reliée à la capitale Ouagadougou par la route nationale bitumée N°14 (sur une distance de 40 Km) et la Route Nationale N°1 (sur une distance de 60 km).

Avec la communalisation intégrale du Burkina Faso, les limites communales s'étendent désormais aux limites du département de Koudougou. La nouvelle superficie de la commune est d'environ 580 km<sup>2</sup>.



**Figure 1:** Localisation de la zone d'étude (Année 2015)



**Figure 2:** Découpage sectoriel de la ville de Koudougou

### 1.2 Relief et sols

La commune de Koudougou se présente sous la forme d'une cuvette relevée dans ses parties nord-est et sud-est par de petites collines. Les versants faiblement pentus favorisent une érosion en nappe et la formation de rigoles et ravines peu accentuées. Les sols sont pauvres en phosphore, en azote et en matières organiques. Ils ne sont pas favorables à l'infiltration des eaux de surface dont l'évaporation est accélérée par une forte chaleur.

### 1.3 Climat

Le climat de la province du Boulkiemdé dont Koudougou est le chef-lieu, est de type subtropical avec deux saisons distinctes : une saison sèche qui s'étend d'octobre à avril, et une saison pluvieuse plus courte de juin à septembre. Les pluviométries des années 1986 à 1989, 1991 à 1992 et 1999 sont les plus importantes et restent supérieures à la moyenne pluviométrique estimée à 728 mm. Les températures les plus élevées sont constatées pendant les mois de Mars, Avril, Mai et Juin pouvant atteindre 38°C ; tandis que les moins élevées sont enregistrées pendant les mois de Décembre, Janvier, et Février avec 15°C.

### 1.4 Végétation

Le couvert végétal de la ville et ses environs est relativement abondant et est surtout constitué d'espèces protégées telle que le Karité (*butyrospermum parkii*), le néré (*parkia biglobosa*) et d'espèces allochtones le caïlcédrats (*Kaya sénégalensis*), le neem (*azadirachta indica*), l'eucalyptus, le fromager, le manguier, etc.

## 1.5 Hydrographie

La ville de Koudougou est située dans le bassin moyen du Mouhoun. Elle est drainée par deux petits affluents qui ont donné naissance à deux marigots et la jonction de ces deux affluents se fait à l'amont de la retenue de Issouka.

## 1.6 Géologie et hydrogéologie

Selon les cartes géologiques simplifiées du Burkina, la ville est située en majeure partie dans les formations du précambrien D et dans une moindre mesure celles du précambrien C.

Les migmatites, les granites et quelques intrusions de roches vertes constituent l'essentiel des formations géologiques de la ville.

## 2. Données socio-économiques

### 2.1 Données démographiques

La population de la ville est estimée à 99 310 habitants en 2012 d'après les statistiques de l'ONEA. Plusieurs confessions religieuses représentées à Koudougou, les plus importantes sont : le christianisme, l'islam et l'animisme.

### 2.2 Activités économiques

Les trois activités économiques de la ville de Koudougou se résument aux trois secteurs suivant : le secteur primaire, secondaire et tertiaire.

Le secteur primaire comprend l'agriculture qui occupe 80% de la population et l'élevage pratiqué dans plus de 83 % des parcelles de la ville. Le secteur secondaire quant à lui comprend les boulangeries, les unités de transformation, la branche d'eau (ONEA) et l'électricité (SONABEL). Enfin le secteur tertiaire est dominé par les activités commerciales qui emploient plus de 5% de la population active (Commune de Koudougou, 2006).

## IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La méthodologie adoptée pour mener à bien ce travail se résume en trois phases qui sont :

- Une première phase de revue et d'analyse documentaire.
- Une deuxième phase de diagnostic du système d'AEP (Travaux de terrain).
- La dernière phase est celle d'élaboration du rapport d'étude.

### 1. Recherche documentaire

Cette étape consiste à : une revue des connaissances bibliographiques relatives sur la zone d'étude, l'exploitation des documents disponibles concernant le réseau d'AEP de Koudougou et la consultation des documents abordant des thèmes similaires ou ayant quelques points communs avec le sujet. Les différents documents consultés pour mener à bien ce rapport ont été obtenus :

- À la direction de l'exploitation à l'ONEA à Ouagadougou ;
- À la station de l'ONEA de la ville de Koudougou ;
- À la direction régionale du nord-ouest à Ouagadougou ;
- Au centre de documentation et d'information du 2ie (CDI-2ie) ;

### 2. Travaux de terrain

L'objectif de cette phase est de s'imprégner des réalités sur le réseau. Ces objectifs sont :

#### Connaître l'état actuel du réseau

- Nature des sources d'alimentation en eau potable de la ville (eaux souterraines, eaux de surface...) et leur quantité ;
- Analyse des données de production, de distribution et de consommation ;
- Unités de traitement ;
- Processus de traitement ;
- Réseau de distribution (nature des conduites, les diamètres utilisés) ;
- Les causes des fuites sur le réseau ;

#### Enquêtes sur le prix, la qualité de l'eau et du service

### 3. Traitement des données

- Déceler les facteurs de défaillance au niveau du réseau ;
- Vérifier si le réseau actuel satisfait les besoins de la ville à l'heure actuelle et à l'horizon 2022 ;
- Proposer des solutions au cas échéant ;

## V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 1. Les enquêtes socio-économiques

Une enquête est une démarche intellectuelle qui a pour but la découverte de faits, la résolution de problèmes. Les enquêtes ont été menées de la façon suivante : il a été choisi au hasard dans chaque secteur de la ville au moins dix ménages. Les objectifs de ces sondages sont : leur mode d'approvisionnement, la qualité de l'ONEA fournie, la permanence (régularité) du service et la capacité à payer l'eau.

#### ✓ Analyse des résultats enquêtes

##### ✚ Répartition des enquêtés selon la durée d'installation de compteur

Durée installation compteur	Effectifs	Pourcentage (%)
Sans compteur	33	32
Compteur de moins de 12 ans	29	28
Compteur de 12 ans et plus	40	39
Total	102	100

Nous constatons que les compteurs d'eau abonnés de la ville de koudougou ont en majorité un âge supérieur à 12 ans. Or à partir de 12 ans l'ONEA devrait procéder à leur remplacement. Ce qui n'est pas le cas d'où ceux-ci peuvent impacter sur le rendement du réseau. Par contre les sans compteur sont des ménages ne disposant pas de branchement où que le réseau n'est pas arrivé jusqu'à leur niveau.

##### ✚ Source d'approvisionnement en eau

Source d'approvisionnement en eau	Effectifs	Pourcentage (%)
BF	1	1
BF, BP	67	66
BF, Puits	29	28
BP, Puits	5	5
Total	102	100

100 % des ménages enquêtés ont pour source d'approvisionnement ONEA. Quelques-uns utilisent les puits dont ils disposent en cas de coupure d'eau.

##### ✚ Possession d'un branchement ONEA

Possession de branchement ONEA	Effectifs	Pourcentage (%)
Oui	69	68
Non	33	32
Total	102	100

Lors de nos enquêtes, 68 % des ménages enquêtés possèdent un branchement contre 32 %. Ceux-ci trouvent le prix de l'eau abordable avec une pénalité de 1 000 f pour le retard de

paiement. Par contre le taux des plaintes lié à la facturation est inférieur à la cible fixée par l'Onema ( $0.33\% < 1\%$ ).

### ✚ Qualité de l'eau ONEA

Qualité de l'eau	Effectifs	Pourcentage (%)
Bonne	52	51
Moins bonne	43	42
Mauvaise	7	7
Total	102	100

Environ 7 % des ménages enquêtés se plaignent de la qualité de l'eau. Ils notent la couleur rougeâtre de l'eau après les coupures. Ce problème est dû à la vétusté de certaines conduites et également des différentes interventions qui ont lieu sur le réseau. Une minorité se plaint d'un arrière-goût amer après avoir bu l'eau ceci s'explique par le fait que ces abonnés se trouvent aux alentours de la conduite de refoulement. Par contre 51 % trouvent la qualité bonne et 42 % trouvent la qualité moyennement bonne.

## 2. État des lieux de l'AEP de la ville de Koudougou

Le système d'AEP de Koudougou a été installé en 1963 avec une population estimée à 99 310 habitants en 2012 (ONEA, 2015b). La station a une capacité de production journalière de **10 350 m<sup>3</sup>** par contre la production effective est de **7 000 m<sup>3</sup>/j** et une consommation de **5 218 m<sup>3</sup>/j** en 2015. Une prise en rivière sur le fleuve Mouhoun à Tiogo située à une cinquantaine de Km sur l'axe Koudougou-Dédougou (Ouest de la ville) représentant à peu près 62 % de l'exhaure pour un débit de pompage d'eau brute de 400 m<sup>3</sup>/h. Une autre prise sur le barrage de Salbisgo à 12 Km au sud-est de la ville, celui-ci a une capacité exploitable de 700 000 m<sup>3</sup>/an pour un débit de pompage d'eau brute de 87 à 115 m<sup>3</sup>/h mais la retenue se vide au mois d'avril. Ces eaux brutes sont refoulées vers la station de traitement existante à travers les conduites en fonte ductile **DN 600 mm** (Mouhoun) et **DN 250 mm** (Salbisgo). Le traitement consiste en une floculation, décantation, filtration et une chloration. Par contre la station de traitement reçoit à l'heure actuelle que 360 m<sup>3</sup>/h. À partir de la station de traitement, on a deux types de refoulement, la première consiste à un refoulement direct vers le nouveau château à travers un DN250 mm en fonte et la seconde un refoulement distributif. La ville se trouve à une cote TN comprise entre 290 m et 325 m, le château quant à lui est calé à la cote TN 311 m et de hauteur de tour de 20 m. Le nouveau château quant à lui est calé la cote 326 m et de hauteur de tour 19 m. En dehors de l'ONEA on dispose de 875 puits traditionnels aménagés avec margelles dont environ 508 sont pérennes, de 14 puits modernes non équipés en pompes manuelles, de plus de 30 forages équipés de pompes manuelles et de cinq retenues d'eau situées au secteur 1, 6, 8 et 10 (Commune de Koudougou, 2006).

## 2.1 Les captages

### ✚ Captage d'eau brute rivière Mouhoun

La station de captage d'eau brute est construite sur la rive Est du Mouhoun à environ 55 km de la ville au niveau du village Tiogo. Quatre groupes électropompes de marque Grundfos SP125-4,1 37 KW avec point de fonctionnement initial 135 m<sup>3</sup>/h à 65 m assurent l'exhaure à Tiogo sur le Mouhoun. Une pompe de marque KSB d'un débit de 140 m<sup>3</sup>/h, puissance moteur 40 KW a été remplacée. La capacité actuelle des trois pompes en service est : 110 m<sup>3</sup>/h, 120 m<sup>3</sup>/h, 147 m<sup>3</sup>/h. L'équipement hydraulique, entièrement en acier inox, consiste en une colonne montante par pompe équipé d'un clapet pour isoler une pompe en cas de besoin et la conduite de collecte dotée d'un compteur inductif et d'une vanne. L'alimentation en énergie électrique est assurée par deux groupes électrogènes (300 et 150 KVA). Ils sont installés dans un bâtiment à part construit à environ 150 m du bâtiment de captage loin des zones d'inondation. Ce bâtiment abrite en même temps deux réservoirs le gasoil de 10 000 l chacun.

### ✚ Captage d'eau brute barrage Salbisgo

Le barrage Salbisgo est située à 12 km au sud de la ville. La retenue créée par le barrage a un volume de 700 000 m<sup>3</sup>, pas suffisant pour l'alimentation de la ville pendant toute l'année. Actuellement à partir de fin mars la retenue se vide. Un petit ouvrage de captage est intégré dans la digue abritant deux pompes immergées de 87 et 115 m<sup>3</sup>/h. L'équipement hydraulique consiste en deux colonnes montantes dotées chacune d'un clapet de non-retour et d'une vanne. Le captage est alimenté en énergie électrique par la SONABEL.

## 2.2 Les réservoirs

La ville de Koudougou dispose de deux réservoirs de capacité de **1 000 m<sup>3</sup>** chacun. Les deux réservoirs sont en béton armé dont l'ancien est en réhabilitation. Face à la consommation de **5 218 m<sup>3</sup>/j** celui-ci se vide dans la journée remettant en cause certaines normes de distribution d'eau dans la ville car le volume d'eau destiné pour l'incendie est rarement disponible. Ce qui rend difficile l'entretien du réservoir du fait de la non satisfaction des besoins de consommation. Le lavage du réservoir se fait chaque année pendant le mois d'Août.

## 2.3 Les conduites et branchements

Ils relient les zones de production aux zones de consommation. Sur le réseau de Koudougou on a des fontes, du PVC et du PEHD. Le réseau a une longueur de 383 km (2015) allant de la fonte 600 mm au PVC 63 mm et constitué des conduites de diamètre 63 mm pour ce qui est du réseau tertiaire et des diamètres 160, 110 et 90 mm pour le réseau secondaire. Au niveau de l'exhaure nous avons que des conduites en fonte de diamètre 600, 400 et 250 mm. Au niveau du refoulement le réseau est constitué d'une fonte de diamètre 250 mm et de PVC de

160 mm et 110 mm. Le réseau de distribution est en majorité en PVC (96 %).

## 2.4 Les Organes du réseau

Les différents équipements hydrauliques sur le réseau sont :

**Tableau 1:** Les équipements hydrauliques du réseau de la ville de Koudougou

Équipement hydraulique	Quantité
Vanne	857
Ventouse	9
Vanne de vidange	15
Poteau incendie	6
Manomètre	6

**Source :** SIG Koudougou (2015)

## 2.5 Le comptage

Pour pouvoir bien suivre l'exploitation des installations de production et distribution d'eau, les compteurs d'eau sont installés en différents points du réseau. On distingue en général trois grandes fonctions différentes des compteurs à savoir :

### Les compteurs de production

Ils ont pour fonction de mesurer les flux de volumes d'eau à l'exhaure et ceux introduits dans les conduites d'adduction. Leur renouvellement est conseillé tous les 5 à 7 ans.

### Les compteurs de distribution

On les trouve à la sortie des différents réservoirs, ce sont généralement des débitmètres électromagnétiques. Ils permettent une sectorisation de comptage, et permettent de connaître les variations journalières de consommation. Leur renouvellement est conseillé tous les 10 ans.

### Les compteurs des abonnés (consommation)

Ceux-ci mesurent la consommation au niveau des abonnés. Leur diamètre varie de 15 à 25mm. Pour la ville de Koudougou on en dénombre 11 421 compteurs. Les compteurs domestiques eux sont soumis à un plan d'action prévoyant le renouvellement des compteurs de plus de 12 ans et bénéficient d'infrastructures (banc et jauge d'étalonnage) à même de vérifier leur fiabilité. Les défauts de comptage conduisent à des erreurs qui peuvent être importantes sur les chiffres de production et de consommation. Les causes sont les suivantes : Les compteurs bloqués, les compteurs illisibles, les compteurs sous ou sur comptant, les compteurs à aiguille cassée, les compteurs insensibles aux faibles débits correspondant aux fuites, les compteurs inadaptés aux débits à transiter et à la qualité de l'eau et les compteurs

faussés par suite d'avaries internes. Une estimation du sous comptage en fonction de l'âge du compteur est proposée à titre indicatif et pour illustration dans le tableau suivant :

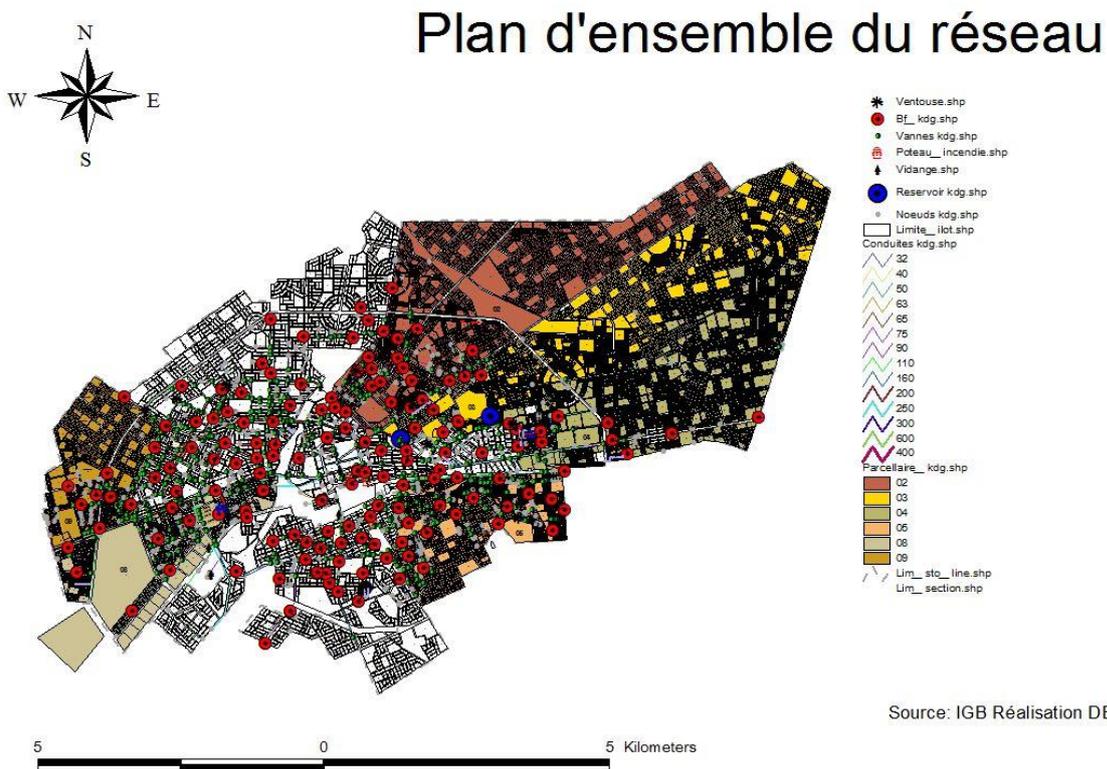
**Tableau 2:** Estimation du sous comptage en fonction de l'âge du compteur

Tranche d'âge	Pertes moyennes par sous comptage	Tranche d'âge	Pertes moyennes par sous comptage
0 à 5 ans	-2.5%	21 à 25 ans	-7
6 à 10 ans	-5.4%	26 à 30 ans	-8.8%
11 à 15 ans	-6.4%	31 à 40 ans	-14.8
16 à 20 ans	-6.9%	> 40 ans	-21.1%

**Source :** (Agence de l'eau, 2004)

À Koudougou lors de nos enquêtes, il a été constaté que 40 % des compteurs sont âgés de plus de 12 ans.

### Plan d'ensemble du réseau

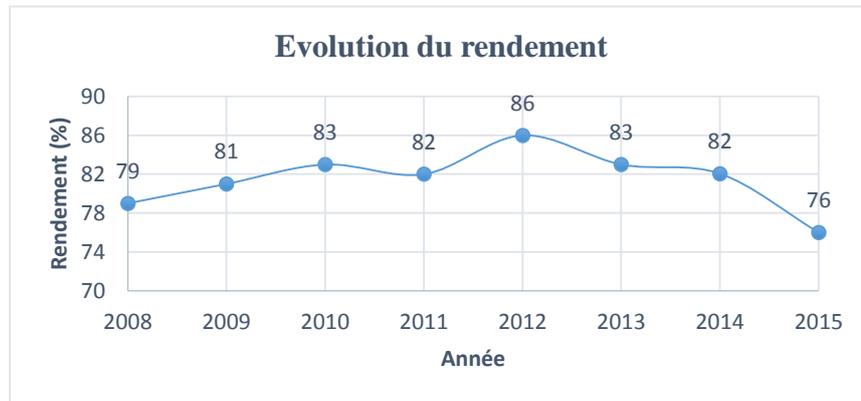


**Figure 3:** Plan d'ensemble du réseau de la ville de koudougou

**Source :** SIG Réseau Koudougou

### 3. Étude diagnostique du système d'AEP

Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Koudougou connaît une baisse de son rendement depuis 2012. La cause de ce mauvais rendement est jusque-là inconnu. La courbe suivante nous donne l'évolution du rendement sur les 8 dernières années.



**Figure 4:** Évolution du rendement sur les 8 dernières années

L'échelle de rendement de réseau nous permettra de savoir à quel degré de satisfaction se trouve notre réseau.

**Tableau 3:** Échelle de rendement de réseau (Selon Guérin - Schneider, 2001)

Rendement du réseau	Très bon	Bon	Passable	Mauvais	Médiocre
%	> 90	85 à 90	80 à 85	70 à 80	< 70

Au vue de l'échelle de rendement, il se trouve que notre réseau a un rendement passable au cours de ces 8 dernières années et un mauvais rendement en 2015. Le rendement ne fait que baisser à partir de 2012. Entre 2012 et 2015 on a une différence de 10 %, ce qui est assez inquiétant. La norme ONEA est que le rendement global des installations est de l'ordre de 86 %. Or le réseau de Koudougou est en deçà de la cible ONEA en 2015.

Les données caractéristiques du réseau sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau 4:** Données caractéristiques du système d'AEP de la ville en 2015

Données techniques	Unité	2015
Production annuelle	m <sup>3</sup>	2 518 529
Consommation annuelle	m <sup>3</sup>	1 904 578
Production moyenne mensuelle	m <sup>3</sup>	209 877
Production moyenne journalière	m <sup>3</sup>	7 000
Consommation moyenne journalière	m <sup>3</sup>	5 218
Consommation de pointe de l'année	m <sup>3</sup>	193 343
Production de pointe de l'année	m <sup>3</sup>	240 168
Coefficient de pointe mensuelle	-	1,24
Nombre d'abonnés		10 324
Rendement du réseau	%	76
Longueur du réseau	km	383
Charge du réseau	ab/km	26,96
Indice de perte	m <sup>3</sup> /km/j	4,4

**Source :** Rapport technique d'exploitation 2015

Pour comprendre cette diminution du rendement nous avons analysé les données de production et de distribution du réseau de l'année 2015.

### 3.1 Analyse des données d'exploitation

Pour la présente étude, les données utilisées sont celles de l'année 2015. Les informations ont été tirées des rapports mensuels de l'année 2015. Une visite sur le terrain a eu lieu, ce qui nous a permis de nous s'entretenir avec le chef d'agence et les agents de la station (plombier, agent de production, etc...) sur les difficultés que rencontrent le réseau et ce qui serait la cause du mauvais rendement.

### 3.1.1 Analyse des données de production

Le tableau ci-dessous nous donne les différentes quantités d'eau brute et traitée.

**Tableau 5:** Quantités d'eau exhaure et produites en 2015

Mois	Exhaure (m <sup>3</sup> )	Production (m <sup>3</sup> )	Rendement Station(%)
Janvier	189 482	194 784	103
Février	179 798	181 585	101
Mars	225 946	217 984	96
Avril	245 111	239 637	98
Mai	252 675	240 168	95
Juin	223 340	217 488	97
Juillet	220 673	203 673	92
Août	225 391	197 080	87
Septembre	201 877	189 096	94
Octobre	226 387	217 672	96
Novembre	220 809	210 093	95
Décembre	213 193	209 269	98
<b>Annuel</b>	<b>2 624 682</b>	<b>2 518 529</b>	<b>96</b>
<b>Écart Type</b>	<b>19829.41</b>	<b>17441.26</b>	<b>3.82</b>

**Source :** Rapport mensuel d'exploitation 2015.

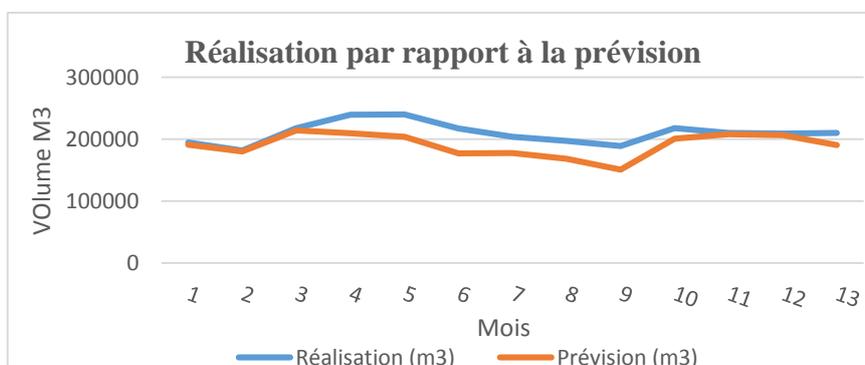
Exhaure eau brute			
Mois	Réalisation (m <sup>3</sup> )	Prévision (m <sup>3</sup> )	Taux de réalisation (%)
Janvier	189482	223282	85
Février	179798	217166	83
Mars	225946	242949	93
Avril	245111	186855	131
Mai	252675	159865	158
Juin	223340	152471	146
Juillet	220673	166443	133
Août	225391	183621	123
Septembre	201877	180998	112
Octobre	226387	210711	107
Novembre	220809	209797	105
Décembre	213193	223679	95
<b>Moyenne</b>	<b>218724</b>	<b>196486</b>	<b>111</b>
<b>Annuel</b>	<b>2624682</b>	<b>2357837</b>	<b>111</b>
<b>Écart Type</b>	<b>19829.4</b>	<b>27541.8</b>	<b>23.2</b>

**Source :** Rapport mensuel d'exploitation 2015

Production d'eau potable			
Mois	Réalisation (m <sup>3</sup> )	Prévision (m <sup>3</sup> )	Taux de réalisation (%)
Janvier	194784	190824	102
Février	181585	180022	101
Mars	217984	214314	102
Avril	239637	209358	114
Mai	240168	203657	118
Juin	217488	176809	123
Juillet	203673	177806	115
Août	197080	168259	117
Septembre	189096	150576	126
Octobre	217672	200995	108
Novembre	210093	207826	101
Décembre	209269	206365	101
<b>Moyenne</b>	209877	190568	110
<b>Annuel</b>	<b>2518529</b>	<b>2286811</b>	<b>110</b>
<b>Écart type</b>	<b>17441.25</b>	<b>18940.43</b>	<b>8.81</b>

**Source :** Rapport mensuel d'exploitation

Au niveau de l'exhaure comme à la production le taux de réalisation est de 110 % c'est-à-dire qu'il a été réalisé plus que la prévision. Ce qui montre que la demande est plus forte par rapport à la production d'où celle-ci est obligée d'augmenter les volumes prélevés.



**Figure 5:** Courbe réalisation par rapport à la prévision

Les volumes d'eau brute refoulés au niveau de la bache avant d'être amenés à la station pour le traitement présentent un rendement assez important de 96 % soit un indice de pertes de **4.61 m<sup>3</sup>/km/jr** sur une longueur de 63 km. Les causes de ces pertes sont dues à l'étanchéité au niveau des conduites de refoulement, la bache et la station. Car les compteurs de la station sont âgés de 6 ans et d'autres ont été posés en 2014 donc leur fiabilité est bonne.

### 3.1.2 Analyse des données de distribution et consommation

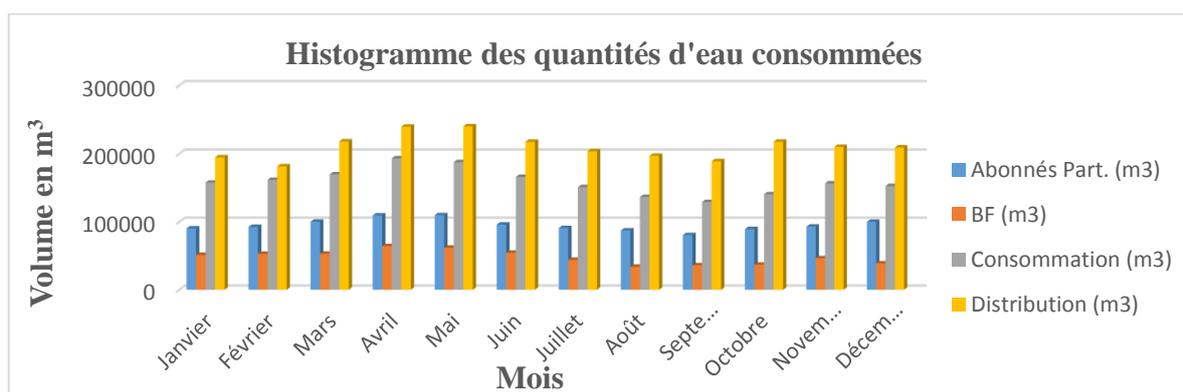
Le tableau ci-dessous nous donnent les différentes quantités d'eau distribuée et consommée.

**Tableau 6:** Quantité d'eau distribuée et consommée

Mois	Distribution (m <sup>3</sup> )	Consommation (m <sup>3</sup> )	Rendement primaire (%)
Janvier	194 784	157 871	81
Février	181 585	161 915	89
Mars	217 984	169 971	78
Avril	239 637	193 343	81
Mai	240 168	187 712	78
Juin	217 488	166 212	76
Juillet	203 673	151 392	74
Août	197 080	136 681	69
Septembre	189 096	129 261	68
Octobre	217 672	140 680	65
Novembre	210 093	156 683	75
Décembre	209 269	152 857	73
<b>Annuel</b>	<b>2 518 529</b>	<b>1 904 578</b>	<b>76</b>

Source : Rapport mensuel d'exploitation 2015

L'écart entre le volume distribué et le volume consommé traduit les pertes dans le réseau. Ce qui nous donne un rendement de 76 %. Durant l'année 24 % de l'eau distribuée est perdue dans le réseau soit un volume de 613 951 m<sup>3</sup>. Or cette quantité d'eau pourrait satisfaire largement les besoins en eau d'une autre localité du Burkina par exemple la ville de Tenkodogo (466 635 m<sup>3</sup>) (ONEA, 2015a)



**Figure 6:** Histogramme des quantités d'eau consommées

Les écarts observés entre le volume facturé aux abonnés et le volume distribué représentent les pertes sur le réseau durant l'année. Nous constatons des pertes importantes à partir du mois d'Août avec un pic au mois d'octobre. Pendant ces mois les demandes sont faibles, d'où des pressions assez fortes.

### Quantification des écarts entre le volume distribué et les volumes perdus

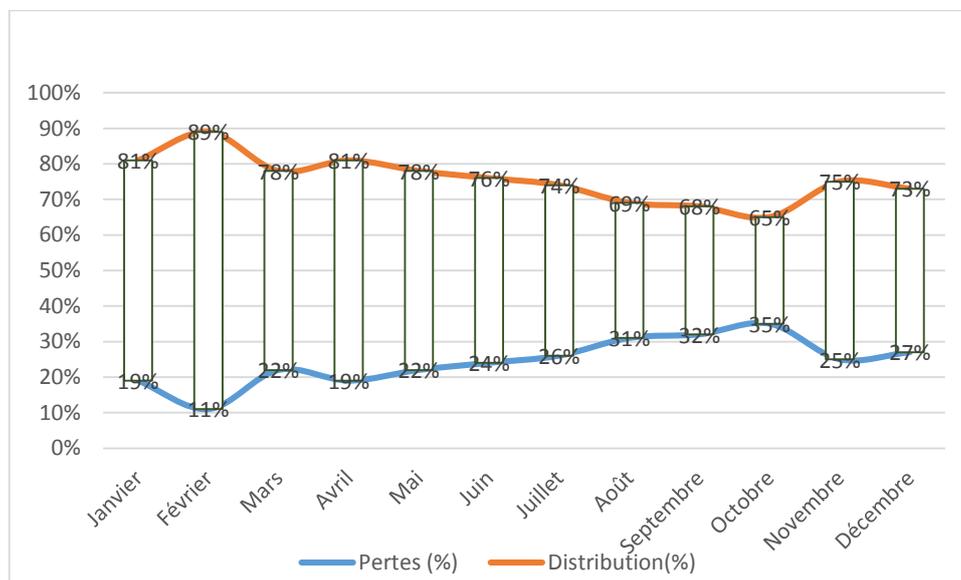
Mois	Écart (m <sup>3</sup> )	Mois	Écart (m <sup>3</sup> )	Mois	Écart (m <sup>3</sup> )
Janvier	36913	Mai	52456	Septembre	59835
Février	19670	juin	51276	Octobre	76992
Mars	48013	Juillet	52281	Novembre	53410
Avril	46294	Août	60399	Décembre	56412

**Source :** Rapport mensuel d'exploitation 2015

Ces écarts représentent les pertes d'eau dont nous tracerons le graphe ci-dessous.

#### 3.1.3 Les pertes d'eau et distribution

Les pertes par mois durant l'année sont représentées dans le graphe suivant. On observe une progression à partir du mois d'avril jusqu'à atteindre le pic en octobre avant de chuter.



**Figure 7:** Répartition des pertes sur l'année

#### 3.1.4 Qualité de l'eau

Le rôle de l'eau dans la transmission de maladies est connu depuis longtemps. Il importe de garantir en permanence sa qualité, en premier lieu, pour des raisons de santé publique. Mais la qualité de l'eau concerne également des aspects organoleptiques (goûts, odeurs, couleur, calcaire) auxquels le consommateur est directement sensible.

#### Chaîne de traitement :

Le traitement des eaux de surface se fait suivant une filière physico-chimique qui consiste en :

1. Un **dégrillage** pour éliminer les matières solides qui pourraient gêner le traitement et obstruer les conduites.

2. Une **pré-chloration**, si nécessaire avec du chlore, pour éliminer ou réduire considérablement les matières organiques et la plupart des éléments oxydables présents dans l'eau brute.

3. Une **clarification** comportant les étapes suivantes :

- **coagulation floculation**, par addition du sulfate d'alumine comme coagulant et du synthofloc comme adjuvant de floculation,
- **décantation** dans des décanteurs (450 m<sup>3</sup>/h),
- **filtration** à travers une couche de sable (1 à 1,2 mètre) de granulométrie adaptée. Toutes les particules en suspension, non arrêtées à la décantation, sont retenues.

4. Une **neutralisation** (en fait une mise à l'équilibre calco-carbonique) avec de l'eau de chaux ou du carbonate de calcium, car la clarification avec le sulfate d'alumine augmente l'acidité de l'eau qui peut alors être « agressive » pour les ouvrages et conduites d'eau si elle n'est pas mise à l'équilibre.

5. Une **désinfection au chlore** est enfin pratiquée avant le refoulement vers les réservoirs et les conduites de distribution.

Les doses de réactifs utilisées sont très variables et dépendent de la qualité de l'eau brute. Des essais de traitement, au laboratoire, sont nécessaires pour déterminer les quantités optimales de réactifs et les conditions opératoires requises afin d'obtenir la meilleure qualité d'eau et à moindre coût.

En 2015, la station de traitement a dépassé ses cibles de potabilité générale ( $\geq 96\%$ ) et bactériologique ( $\geq 99\%$ ) en atteignant un taux de 100 %. En tout 9 750 tests sur les normes de potabilité générale et 3 666 tests sur les normes de potabilité bactériologique ont été réalisés durant l'année 2015. (Suivi des Indicateurs, 2015).

Donc nous pouvons conclure que l'eau produite au niveau de la station est très potable pour la consommation. Lors des entretiens avec quelques ménages dans les 10 secteurs de la ville, les appréciations de la qualité de l'eau varient d'un ménage à un autre. Les appréciations les plus fréquentes sont les suivantes :

1. Certains ménages trouvent la qualité de l'eau bonne ;
2. D'autres constatent qu'après les coupures d'eau, celle-ci devient rouge pendant quelques heures voire un à deux jours ;
3. Pour certains il y a du sable dans le fond du seau dans une fois l'eau prise au robinet et laissée pendant quelques temps ;
4. Et enfin une minorité se dit avoir un arrière-gout amer après avoir bu l'eau ;

Les ménages concernés par le problème 2 se répartissent dans les dix secteurs de la ville ce

problème est beaucoup plus dû à la vétusté de certaines conduites et également des différentes interventions sur le réseau auxquelles les impuretés peuvent pénétrer ; par contre ceux concernés par les problèmes 3 et 4 se situent juste aux alentours de la conduite de refoulement distributif car sur celle-ci il y a eu des piquages pour pouvoir alimenter les secteurs situés avant le château ( environ 5 km de la station).

### 3.2 Analyse des fuites sur le réseau

L'objectif principal des systèmes d'approvisionnement en eau est d'assurer aux consommateurs un service adéquat (qualité et en quantité) en eau potable en tout temps avec une pression suffisante. Dans de nombreux cas, les fuites représentent le plus grand obstacle à l'atteinte de ces objectifs. Les effets négatifs des fuites peuvent être subdivisés en impacts économiques, techniques, sociaux et environnementaux. Des fuites de grande envergure peuvent diminuer la couverture des demandes en eau de telle manière que le système ne puisse plus opérer continuellement. Un approvisionnement par intermittence causera d'autres problèmes techniques par l'intrusion de l'air dans les tuyaux (risque de coups de bélier, endommagement des compteurs d'eau, erreurs de mesure). La quantité d'eau perdue doit de nouveau être fournie de manière à pouvoir satisfaire les besoins du client. Par conséquent, les capacités de production des installations techniques doivent être accrues. Les réparations de fuites détectées sont onéreuses en termes de coûts et de ressources humaines nécessaires. De plus, elles exigent une interruption du service à la clientèle (GIZ, 2011).

#### 3.2.1 Analyse des fuites réparées

En 2015, les statistiques font état de 814 fuites réparées sur le réseau, causant ainsi des pertes d'eau assez importantes sur le réseau. 80 % de ces fuites ont eu lieu sur les branchements et la plupart sur les PVC.

#### Les fuites et leurs causes

**Les malfaçons** : sont de nature à favoriser prématurément le vieillissement des conduites par exemple :

- Les ruptures par flexion longitudinale entre deux points durs peuvent résulter de la présence de blocs rocheux ou de maçonnerie en contact avec le tuyau ou de l'absence de lit de sable.
- Des corrosions au niveau de certaines conduites en acier.

**L'accroissement du Traffic** : l'accroissement du trafic routier en raison de l'augmentation de son intensité ou des poids de charges roulantes. Les vibrations du trafic routier peuvent également agir sur l'étanchéité des joints surtout si ceux-ci ont été mal réalisés : mauvais

collage, serrage, caoutchouc pincé, présence de sable etc.

**Nature des terrains** : un matériau non adapté à la nature du sol peut se dégrader très rapidement. L'érosion causée par les eaux de pluie peut également être la cause des fuites laissant à découvert les conduites.

**Modification de l'environnement** : les surcharges dues à des remblais importants qui peuvent causer des tassements différentiels et des cisaillements des conduites. La construction d'immeubles ou d'ouvrages importants modifiant la compacité du sol ou créant des vibrations ou cisaillement des terrains.

**Le vieillissement du réseau** : celui-ci se manifeste sous diverses formes qui sont l'accroissement du nombre de fuites pour différentes causes, modification des caractéristiques hydrauliques par augmentation de la rugosité et /ou par diminution de diamètre.

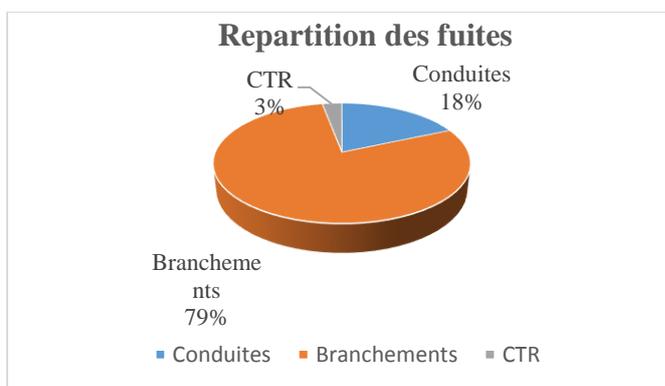
#### ✚ Localisation des fuites sur le réseau

**Les fuites sur les branchements** : ces fuites se trouvent généralement au niveau du collier de prise en charge ou au niveau du robinet de prise, au niveau du robinet avant compteur.

**Les fuites sur les canalisations** : au niveau des joints des canalisations ;

**Les fuites sur les appareils hydrauliques** : une ventouse non étanche, une mauvaise manœuvre d'une vidange, une vanne détériorée.

**Les fuites au niveau du réservoir** : Sur l'ancien château il a été constaté qu'il y avait des débordements, et des problèmes d'étanchéité ;

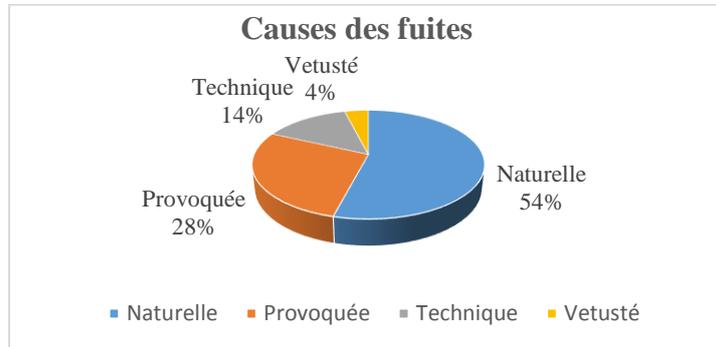


**Figure 8:** Répartition des fuites

Les causes de certaines fuites constatées sur le terrain sont nombreuses :

- La vétusté des branchements, des organes du réseau ;
- La qualité des conduites ;
- Les fortes pressions qui cassent les canalisations ;
- Les accidents dus aux divers travaux ;
- Les conditions d'exécution des travaux ;

- L'exposition des canalisations aux intempéries (conduites apparentes) ;
- Les conduites ne respectent pas les conditions de pose ;
- Détérioration causée par les habitants ;



**Figure 9:** Répartition des fuites par causes

#### **Système de gestion des fuites sur le réseau de Koudougou**

Le réseau d'AEP de Koudougou fait l'objet chaque jour des fuites une moyenne de 2 à 3 fuites. Les différentes approches pour la localisation et la gestion des fuites est la suivante :

- Les cas de fuites signalées par la population ;
- La surveillance ordinaire du réseau par des agents d'exploitation ;
- Le contrôle des pressions (ce qui n'est plus le cas ces derniers temps) ;
- Les plaintes des abonnés pour manque d'eau ou baisse de pression ;

Certaines fuites sont détectées lors de la réparation d'autres fuites qui sont signalées par les écoulements d'eau. L'absence d'un système de contrôle de débit demandé par le réseau. La réparation d'une fuite entraîne la fermeture de plusieurs vannes ce qui complique la distribution.

#### **Pression sur le réseau**

La pression moyenne sur le réseau est de 2.0 bars. La pression est relevée grâce aux manomètres installés sur le réseau. Ces manomètres sont au nombre de 6. Ces derniers temps les relevés manométriques ne sont pas faits sur le réseau. Mais le manomètre à la sortie de la station de traitement indique une pression maximale de 4.0 bars et une pression minimale de 2 bars. Par contre les 5 autres manomètres sont installés chez les abonnés indiquent une pression maximale de 4.0 bars et voire une pression minimale de 0 bar

Ces valeurs de pression sont observées entre 6h à 12 h et de 16h à 18h. Il est important de vérifier la pression au niveau du réseau à chaque fois car une pression forte peut entraîner des fuites assez importantes sur le réseau. L'un des aspects positifs de la gestion de la pression concernent la baisse des pertes réelles en eau par la réduction des pressions excessives. Les

pressions trop fortes causent le plus souvent des ruptures de conduites dans les réseaux de distribution d'eau. Le débit des fuites est directement lié à la pression de l'eau dans la conduite défectueuse. La gestion de la pression peut être une solution immédiate et peu onéreuse pour la réduction des pertes réelles en eau dans un réseau de distribution d'eau, même à des niveaux de pressions initiales basses.

**Tableau 7:** Avantages de la gestion de la pression

<b>Gestion de la pression : réduction des valeurs moyennes et maxima des pressions en excès</b>						
<b>Avantages en termes de conservation</b>		<b>Avantages pour les compagnies des eaux</b>			<b>Avantages clients</b>	
<b>Débits réduits</b>		<b>Fréquence réduite des ruptures de conduites et des fuites</b>				
Consommation réduite	Débits réduits des fuites et ruptures	Coûts de réparations des réseaux et des services réduits	Renouvellement réduits et plus longue durée du patrimoine	Coûts réduits du contrôle actif des fuites	Baisse des réclamations des clients	Baisse des problèmes de plomberie et de restauration des équipements

**Source :** Guide pour la réduction des pertes en eau centré sur la gestion de la pression, GIZ 2011

### 3.3 Description et fonctionnement de la distribution

La distribution d'eau dans la ville fonctionne de la manière suivante :

À partir de la station de traitement se trouvant en plein centre-ville précisément dans le quartier Burkina deux conduites en fonte, l'une de diamètre DN250 mm ayant une longueur de 4.2 Km et la seconde de de diamètre DN250, d'une longueur de 6.5 Km acheminent en moyenne un débit de 218 m<sup>3</sup>/h d'eau potable refoulée dans la ville.

L'eau refoulée de la station subit des prélèvements par les abonnés du réseau dus aux piquages sur les conduites et des prélèvements sont faits pour les branchements privés comme publics et le reste est conduit jusqu'au réservoir de la ville. Ce type de refoulement est dit : « distributif ». Les difficultés rencontrées par ce type de refoulement sont :

Une fois que l'eau traitée, celle-ci n'arrive pas directement dans le château par contre le château se trouve sur une cote assez élevée (Colline) donc ce qui permettrait une desserte gravitaire de la ville mais c'est plutôt un refoulement distributif ce qui fait que le réservoir n'arrive pas à se remplir convenablement.

Au environ de 4h et 5h du matin où l'eau est refoulée dans le réseau, celle-ci n'atteint pas le château et les secteurs au voisinage (2,3,4, et 5), pour que le remplissage du château débute et voir les secteurs voisins recevoir de l'eau, il faudrait atteindre au minimum 20 h de temps.

Avec le nouveau château ce problème a été un peu résolu. La ville dispose de deux châteaux

qui font 2 000 m<sup>3</sup>. Avec une demande à l'heure actuelle de 5 218 m<sup>3</sup> ces deux châteaux ne jouent pas leur rôle de régulateur du fonctionnement du réseau en stockant l'eau en temps opportun et pour la restituer au réseau en temps de demande.

À l'horizon 2022, il est donc nécessaire de mener des études afin de juger de la nécessité d'augmenter la capacité de stockage du système de la ville ou non.

### 3.4 Analyse des moyens de comptage

Les compteurs de production de la station de traitement d'eau de la ville de Koudougou ont fait l'objet d'une vérification au mois d'Août. Lors de cette opération il a été constaté que le débitmètre au niveau du refoulement distributif est en état de sur comptage et nécessite l'application d'un facteur correctif de -11,74%.

Par contre le débitmètre au niveau du refoulement vers le nouveau château est en bon état de fonctionnement, ne nécessite pas de facteur correctif. Car l'écart est inférieur à la tolérance de  $\pm 5$ . Au niveau des abonnés l'étalonnage des compteurs est laissé à leur propre charge, par contre l'ONEA remplace tout compteur dont l'âge est supérieur à 12 ans. Lors de nos enquêtes auprès des ménages la plupart des compteurs ont dépassés cet âge.

### 3.5 Débit nocturne

Les débits de fuites nocturnes reflètent le niveau de fuite d'un secteur. Les débitmètres portatifs permettent de les mesurer et enregistrer.

Mesure de débit de nuit à la sortie de la station sur la conduite de refoulement distributif lorsque la station était en fonctionnement car on a un refoulement de type distributif.

Débit minimum = 192,171 m<sup>3</sup>/h. ILP =  $192,171 \times 24/250 = 18,45 \text{ m}^3/\text{j}/\text{km}$ . L'indice linéaire de pertes est très élevé par rapport à la valeur cible de l'ONEA qui est de **3 m<sup>3</sup>/j/km** (pour un centre intermédiaire) et **7 m<sup>3</sup>/j/km** (pour un centre urbain).

Mesure effectuée dans la nuit du 03 au 4 Août 2016 de 22h48 mn à 09h36 min. Il y'a donc nécessité de réduire les pertes réelles à travers des opérations de recherche et aussi en améliorant la réactivité dans la réparation des fuites signalées.

### 3.6 Bilan hydraulique

Le fait d'effectuer un bilan d'eau à intervalles réguliers fournit la base d'évaluation des pertes en eau. Pour établir le bilan annuel du fonctionnement d'un réseau d'eau potable, il est nécessaire de distinguer les différents volumes qui entrent en jeu en fonction de leur nature ou de leur destination. Ces volumes résultent de comptages, d'estimations ou sont obtenus par différence. Nous utiliserons la terminologie de l'association internationale de l'eau (IWA) pour faire le bilan d'eau du réseau de la ville de Koudougou. Les volumes sont en m<sup>3</sup>.

**Tableau 8:** Terminologie standard du bilan d'eau selon l'IWA

<b>Volume Introduit <math>Q_i</math></b>	<b>Consommation Autorisée <math>Q_A</math></b>	<b>Consommation Autorisée facturée <math>Q_{AF}</math></b>	<b>Consommation mesurée facturée</b>	<b>Eau Vendue</b>	
			<b>Consommation non mesurée facturée</b>		
		<b>Consommation Autorisée non facturée <math>Q_{ANF}</math></b>	<b>Consommation mesurée non facturée</b>	<b>Eau non vendue</b>	
			<b>Consommation non mesurée non facturée</b>		
	<b>Pertes en eau <math>Q_P</math></b>	<b>Pertes apparentes <math>Q_{PA}</math></b>			<b>Consommation non autorisée</b>
					<b>Sous comptage et erreurs de manipulation de données</b>
		<b>Pertes réelles <math>Q_{PR}</math></b>			<b>Fuites sur les conduites d'adduction et de distribution</b>
					<b>Fuites et débordement dans les réservoirs</b>
		<b>Fuites sur branchement</b>			

**Volume introduit :** c'est le volume distribué à partir de la station de traitement.

**Consommation autorisée et facturée :** c'est le volume issu de la facturation ONEA des catégories 1 à 9 (différence des index des compteurs) et le volume non mesuré et facturé.

**Eau vendue :** le volume d'eau effectivement fourni et facturé au client et qui génère des recettes pour le service public de distribution d'eau.

**Eau non vendue :** c'est la différence entre le volume introduit et celui consommé facturé.

**Pertes en eau :** il est égal au volume introduit moins le volume autorisé.

**Pertes apparentes :** L'estimation des pertes apparentes est plutôt difficile et soumise à un degré élevé d'incertitudes. Pour avoir une estimation adéquate celles-ci devraient être décomposées en estimant le nombre de branchements illégaux. Ne disposant pas des données spécifiques, nous faisons recours à la recommandation de Thornton d'utiliser 0.25 % du volume introduit dans le système comme approche initiale, d'estimer les pertes dues au transfert et aux erreurs de manipulation des données ainsi que des sous comptages compteurs. L'IWA recommande d'utiliser 5% de la consommation facturée mesurée comme estimation initiale.

**Pertes réelles :** Enfin, les pertes réelles en eau  $Q_{PR}$  peuvent être déduites de la différence entre les pertes apparentes  $Q_{PA}$  et les pertes en eau totales  $Q_P$ .

**Tableau 9:** Bilan d'eau 2015

<b>Volume Introduit Q<sub>i</sub> 2 518 529</b>	<b>Consommation Autorisée Q<sub>A</sub> 1 904 578</b>	<b>Consommation Autorisée facturée 1 903 099</b>	<b>Eau facturée 1 903 099</b>
		<b>Consommation Autorisée non facturée 1 479</b>	<b>Eau non vendue 615 430</b>
	<b>Pertes en eau Q<sub>P</sub> 613 951</b>	<b>Pertes apparentes Q<sub>PA</sub> 95 155</b>	
		<b>Pertes réelles Q<sub>PR</sub> 518 796</b>	

### 3.7 Indicateurs de performance du réseau

Les indicateurs de performance d'un réseau permettent de suivre dans le temps les résultats du service de l'eau et procurent d'autre part une vision globale du service rendu.

Ceux-ci permettent d'atteindre certains objectifs. Un indicateur de performance est un excellent outil d'incitation à l'amélioration, de pilotage et d'évaluation des services rendus à l'utilisateur.

**Tableau 10:** Indicateurs de performance ONEA

Indicateur	Valeur cible
Rendement technique des installations	> 85 %
Taux de couverture en eau du centre desservi	> 60 %
Consommation journalière par habitant par habitant (BP)	45 l/hab/j
Le taux de potabilité physico-chimique de l'eau distribuée	≥ 96 %
Le taux de potabilité bactériologique de l'eau distribuée	≥ 99 %
Le taux de plaintes	≤ 1%
Le taux de traitement des plaintes	≥ 90 %

#### ✚ Rendement

Le rendement d'un réseau de distribution d'eau potable mesure l'écart entre le volume entrant dans le réseau et les volumes consommés. Il a donc été calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement Primaire (\%)} = 100 \times \frac{\text{Volume consommé (m}^3\text{)}}{\text{Volume entrant dans le réseau (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Rendement (\%)} = 76$$

#### ✚ Indice linéaire de consommation

C'est le volume d'eau consommés rapporté au linéaire de canalisation. Exprimé en m<sup>3</sup>/jour/km, il permet de caractériser l'utilisation ou adhésion à un réseau de distribution d'eau potable par la population.

Cet indice se calcule comme suit :

$$\text{ILC (m}^3\text{/j/km)} = \frac{\text{Volume annuel facturé (m}^3\text{)}}{\text{Linéaire de canalisation (km)} \times 365 \text{ jours}}$$

$$\text{D'où ILC (m}^3\text{/j/km)} = 15,33$$

**Tableau 11:** Valeurs de ILC acceptables par rapport au type de réseau

Type de réseau	rural	intermédiaire	urbain
ILC en m <sup>3</sup> /j/km	< 10	10 < ILC < 30	> 30

La valeur de l'ILC nous montre que notre réseau est de type intermédiaire.

#### **Indice linéaire de perte**

L'indice de perte linéaire (IPL) permet de caractériser les performances d'un réseau et de comparer plusieurs réseaux indépendamment de leur taille. Il représente les volumes perdus par fuites ramenés à une unité linéaire de conduite

$$\text{ILP (m}^3\text{/j/km)} = \frac{\text{Volume distribué (m}^3\text{)} - \text{Volume facturé (m}^3\text{)}}{\text{Linéaire de canalisation (km)} \times 365 \text{ jours}}$$

$$\text{D'où ILP (m}^3\text{/j/km)} = 4,40$$

**Tableau 12:** Valeurs de référence de l'ILP

Indice de perte (m <sup>3</sup> /j/km)	rural	intermédiaire	urbain
	< 25 abonnés/km	< 50 abonnés/km	> 50 abonnés/ km
<b>Bon</b>	< 1.5	< 3	< 7
<b>Acceptable</b>	1.5 à 2.5	3 à 5	7 à 10
<b>Médiocre</b>	2.5 à 4	5 à 8	10 à 15
<b>Mauvais</b>	> 4	> 8	> 15

Source : (OUEDRAOGO, 2015)

Avec un ILP de 4.4 m<sup>3</sup>/j/km et une charge du réseau de 26.96 abonnés/km, l'ILP du réseau est encore acceptable. L'ILP permet de suivre l'évolution des pertes sur un réseau mieux que le rendement.

#### **Indice linéaire de réparation**

Cet indice permet de connaître l'état du réseau et l'efficacité de sa gestion. Un indice de réparation élevé peut amener à prendre des mesures curatives comme : le renouvellement des conduites, la mise en place de protection cathodique, l'amélioration des conditions de pose etc. Il est calculé comme suit :

$$\text{ILP (nb réparations/km)} = \frac{\text{Nombre de réparations de fuite sur canalisation}}{\text{Linéaire de canalisation (km)}}$$

Nous avons 378 réparations de fuites dans les délais et contre 443 fuites sur canalisation.

$$\text{ILP (nb réparations /km)} = 1,30$$

### ✚ Indice de Pertes par abonnés

L'indice linéaire de pertes en fonction de la densité d'abonnés revient à rapporter le volume de perte au nombre d'abonnés. Un nouvel indicateur de pertes est alors défini : l'Indice de Pertes par Abonnés (IPA), exprimé en m<sup>3</sup> par abonné et par jour, il permet de réaliser une première appréciation du niveau de perte indépendamment des autres caractéristiques du réseau.

**NOTA :** Pour les indices, la théorie voudrait que la longueur du linéaire comporte les branchements.

Toutefois, pour une raison d'accessibilité de la donnée, le groupe de travail adapte cette définition et pose donc comme variable le linéaire sans branchements (FAYE and OUEDRAOGO, 2016).

$$\text{IPA} = \frac{\text{Volume de Perte}}{365 \times N_a}$$

$$\text{IPA} = 0.015 \text{ m}^3/\text{ab}/\text{jr} \text{ soit } 15 \text{ l}/\text{ab}/\text{jr}$$

**Tableau 13:** Référentiel basé sur les valeurs d'IPA applicable aux services ruraux et intermédiaires

Niveau de pertes faible	$\text{IPA} \leq 0.08$
Niveau de pertes modéré	$0.08 < \text{IPA} \leq 0.15$
Niveau de pertes élevé	$0.15 < \text{IPA} \leq 0.29$
Niveau de pertes très élevé	$0.29 < \text{IPA}$

Avec un IPA de 0.15 notre réseau se trouve dans la catégorie de niveau de pertes modéré à élever.

### ✚ Temps de réserve en eau traitée

Ce temps nous donne une indication sur l'autonomie de la collectivité en cas d'une interruption de la production d'eau brute en semaine de pointe liée à un incident sur les alimentations principales (production, adduction). On calcule le temps de réserve de la façon suivante :

$$\text{Temps de réserve} = \frac{\text{Volume de stockage disponible}}{\text{demande en eau}}$$

Où : Demande en eau moyenne ou en pointe en m<sup>3</sup>/j

Volume de stockage disponible = Somme du volume des réservoirs d'eau potable sur le réseau moins somme des réserves incendie de ces mêmes réservoirs en m<sup>3</sup>.

$$\text{Temps de réserve} = 0,4 \text{ jour soit } 9,6 \text{ heures}$$

En cas d'interruption de la production d'eau potable, l'autonomie de la ville est moins de 12h. Ce qui pourrait être dangereux en cas d'une interruption d'une longue durée.

### ✚ Indicateur de performance financier

Une fois que le volume introduit dans le système est connu, et les différentes parts d'eau vendue et non vendue sont déterminées, un indicateur de performance financier simple devrait être calculé pour chaque composante des trois principaux constituants de l'eau non vendue.

Cet indicateur nous permet d'avoir une idée sur des pertes financières correspondant au volume d'eau perdu par le comptage et les fuites. Il ne tient pas compte des pertes dues à la fraude. Néanmoins ce montant aurait permis d'assurer d'autres charges liées à la production.

$$PA \text{ (FCFA)} = (Q_{ANF} + Q_{PA}) \times C_{PV} + Q_{PR} \times C_P$$

Où : **PA** : Pertes annuelles

$Q_{ANF}$  : Volume de la consommation autorisée non facturée (m<sup>3</sup>) ;

$Q_{PA}$  : Pertes apparentes (m<sup>3</sup>) ;

$C_{PV}$  : Prix de vente (F/m<sup>3</sup>) = 559,5 F CFA ;

$Q_{PR}$  : Pertes réelles (m<sup>3</sup>) ;

$C_P$  : coût de production (F/m<sup>3</sup>) = 78,68 F CFA ;

$$\text{D'où } PA \text{ (FCFA)} = 94\,885\,592$$

### ✚ Indicateurs de performance technique

Ils permettent de connaître les quantités d'eau perdues chaque jour par kilomètre de réseau et de branchement. Ils se calculent comme suit :

$$Q_{PS} = \frac{Q_{PR}}{L_R \times 365} \quad \left| \quad Q_{PBJ} = \frac{Q_{PR}}{N_B \times 365}$$

Où :  $Q_{PS}$  : Pertes en eau spécifiques (m<sup>3</sup>/km/j) ;

$Q_{PR}$  : Pertes en eau annuelles (m<sup>3</sup>/an) ;

$L_R$  : Longueur du réseau (sans les conduites des branchements) (km) ;

$Q_{PBJ}$  : Pertes en eau par branchement et par jour (m<sup>3</sup>/branchement/j) ;

$N_B$  : Nombre de branchements (-) ;

$$\text{Donc } Q_{PS} = 4,18 \text{ et } Q_{PBJ} = 0,14$$

### ✚ Pertes réelles annuelles actuelles (PRAA)

Celles-ci montrent la stratégie de gestion des fuites. Elles se calculent comme suit :

$$PRAA = \frac{Q_{PR} \times 10^3}{N_{jrsp}}$$

Où : **PRAA** : Pertes réelles annuelles actuelles (l/jrsp) ;

$Q_{PR}$  : Pertes réelles annuelles (m<sup>3</sup>/an) ;

$N_{jrsp}$  : Nombre de jours où le système est sous pression (-) ;

$$\text{D'où } PRAA = 1\,421\,359$$

### ✚ Pertes réelles annuelles inévitables (PRAI)

Le PRAI repose sur des facteurs liés à la longueur des conduites, au nombre des branchements et l'emplacement des compteurs des clients, et est valable pour la pression moyenne d'exploitation. Sa formule est la suivante :

$$PRAI = (18 \times L_R + 0,8 \times N_B + 25 \times L_P) \times P_M$$

Où : **PRAI**: Pertes réelles annuelles inévitables (l/jr rsp) ;

**L<sub>R</sub>**: longueur du réseau (sans les conduites des branchements) (km) ;

**N<sub>B</sub>**: Nombre de branchements (-) ;

**L<sub>P</sub>**: longueur des branchements privé au-delà de la limite de propreté (km) ;

**P<sub>M</sub>**: Pression moyenne d'exploitation (m) ;

$$D'où PRAI = 138\ 800$$

#### **Index structural de fuites (ISF)**

L'indicateur de performance adimensionnel ISF est une mesure pour savoir si la compagnie des eaux est en train de bien mettre en œuvre sa stratégie de gestion des fuites ainsi que la gestion structurelle. L'ISF est défini comme suit :

$$ISF = \frac{PRAA}{PRAI} = 10.24$$

**Tableau 14:** Système de classement de l'institut de la Banque Mondiale (WBI)

Classement WBI	Valeurs de l'ISF		Catégories de performance de la gestion des pertes réelles
	Pays développés	Pays en développement	
<b>A</b>	< 2	< 4	D'autres réductions des pertes peuvent s'avérer non économiques à moins que ce soit des cas de pénuries; analyse minutieuse requise pour identifier une gestion des fuites sous l'angle efficacité /coûts.
<b>B</b>	2 < ISF < 4	4 < ISF < 8	Possibilité davantage d'amélioration , considérer la gestion de la pression , meilleur contrôle actif des fuites ,meilleure maintenance.
<b>C</b>	4 < ISF < 8	8 < ISF < 16	Niveau faible de gestion des fuites , tolérable seulement si les ressources en eau sont abondantes et peu coûteuses ,même dans ce cas , analyser le niveau et la nature des fuites , intensifier les efforts de réduction.
<b>D</b>	ISF ≥ 8	ISF ≥ 16	Très mauvaise utilisation des ressources , ce qui indique une maintenance pauvre et la condition du système en général , programmes de réduction des fuites impératifs.

Notre réseau se trouve dans la **classe C**, ce qui montre un niveau faible de gestion des fuites d'où il faudrait intensifier les efforts de réduction.

### ✚ Indice de gestion de la pression

L'indice de gestion de la pression permet d'évaluer l'efficacité et la portée potentielle de la gestion de la pression. Le service standard minimum variera d'un pays à un autre et se situe généralement entre 5 à 25 mètres en fonction de la hauteur des immeubles. Pour notre cas nous prenons la valeur 5 m pour le service standard minimum. L'IGP se calcule comme suit :

$$IGP = \frac{P_M}{P_{min} + P_{sécurité}}$$

Où : **IGP** : indice de gestion de la pression (-) ;

**$P_M$**  : Pression moyenne actuelle de la zone (m) ;

**$P_{min}$**  : Service standard minimum (m) ;

**$P_{sécurité}$**  : Marge de sécurité (généralement 3 m) ;

Donc on a  **$IGP = 2,5$**

### ✚ Économies potentielles annuelles

Ce sont des sommes que la société d'eau devrait réaliser si les pertes en eau étaient réduites. Cette somme pourrait bien servir à assurer la maintenance préventive de certains équipements.

$$EPA = (Q_{ANF} + Q_{PA}) \times C_{PV} + (Q_{PR} - PRAI_A) \times (C_P - C_{CAF})$$

**$EPA$**  : Économies potentielles annuelles (F CFA) ;

**$Q_{ANF}$**  : Volume de la consommation autorisée non facturée (m<sup>3</sup>/an) ;

**$Q_{PA}$**  : Pertes apparentes (m<sup>3</sup>/an) ;

**$C_{PV}$**  : Prix de vente (F/m<sup>3</sup>) ;

**$Q_{PR}$**  : Pertes réelles (m<sup>3</sup>/an) ;

**$PRAI_A$**  : Pertes réelles annuelles inévitables (= PRAI × 365 /1000) (m<sup>3</sup>/an) ;

**$C_P$**  : Coût de production (F/m<sup>3</sup>) ;

**$C_{CAF}$**  : Coût des mesures de contrôle actif des fuites ;

D'où  **$EPA = 67\ 408\ 542$**

Au vue de ces différents indicateurs calculés, on peut constater que la ville perd quotidiennement 4,18 m<sup>3</sup> par kilomètre de conduite par jour soit 1 525,7 m<sup>3</sup> par an. L'ISF du réseau est trop élevé ce qui montre une faible gestion des fuites d'où il faudrait intensifier les efforts. L'IGP par contre nous permet d'opter pour un plan de réduction des fuites basé sur la gestion de la pression car celle-ci ne fait plus l'objet d'une vérification quotidienne.

Les compteurs clients âgés de plus de 15 ans contribuent également à des pertes soient elles sous-comptent ou sur-comptent d'où l'ONEA doit procéder à l'étalonnage ou le remplacement de ceux-ci. Les mesures de débit nocturne effectué pendant le mois d'Août ne nous donnent pas des grands renseignements sur les consommateurs de nuits. Or dans la ville même compte tenu de certaines coupures, certains secteurs (les secteurs 6 ,7) ont souvent des coupures dans la journée donc ce n'est que tard dans la nuit qu'ils sont alimentés.

## 4. Étude technique du réseau

### 4.1. Données de base générales

La répartition de la population future est déterminée en distinguant entre la population habitant dans les nouveaux lotissements (extension de la ville) et la population habitant sur le territoire loti (SIG 2012). Les deux zones sont la zone 1 et 2. La zone 1 comprend les secteurs 1, 6, 7, 8, 9, et 10 par contre la zone 2 comprend les secteurs 2, 3, 4 et 5 d'après les études menées par l'entreprise IGIP en 2009.

En faisant hypothèses d'une croissance exponentielle, nous pouvons estimer à partir d'une loi de croissance exponentielle la population jusqu'à l'horizon du projet.

$$P_n = P_0 \times (1 + \alpha)^n$$

$\alpha$  : le taux d'accroissement de la population ;

$P_n$  : Population à l'horizon n (2022) ;

$P_0$  : Population de référence (2012) ;

La répartition de la population sur les deux zones de distribution futures est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 15:** Répartition de la population par zone de distribution

Désignation	Zone 1 (Ancien Château)	Zone 2 (Nouveau Château)	Total
<b>Population 2012 (hab)</b>	63 725	30 053	105 388
<b>Population 2022 (hab)</b>	81 981	53 524	135 505

#### Développement futur de la consommation d'eau /besoin en eau

Les hypothèses suivantes ont été adoptées pour la détermination des besoins domestiques en eau de la population à l'horizon 2022.

- ✓ Consommation moyenne spécifique BP : 57 l/j/hab (cible ONEA).
- ✓ Consommation moyenne spécifique BF : 37 l/j/hab (cible ONEA).
- ✓ Taux de desserte à l'horizon du projet : 100%
- ✓ Un taux de desserte au niveau des BP : 60 %
- ✓ Un taux de desserte au niveau des BF : 40 %
- ✓ Taux d'accroissement de la population : 2 %
- ✓ Temps maximal de pompage : 22 h
- ✓ Pointe saisonnière : 1.2
- ✓ Pertes : 10 %

### ✚ Les variations cycliques de la demande en eau

Les consommations varient généralement en fonction des jours, les heures de pointe et les saisons. Ces variations ont certainement des incidences directes sur la ressource en eau à mobiliser ainsi que la conception du réseau.

### ✚ Le coefficient de pointe journalière

Le coefficient de pointe journalière ( $C_{pj}$ ) est lié au comportement des usagers au cours de la semaine.

$C_{ps} = \frac{C_{jmp}}{C_{jm}}$  avec le coefficient de pointe journalière ( $C_{pj}$ ) qui est compris entre 1,05 et 3

dans les zones semi rurales de pays sahélien (OUEDRAOGO, 2005). Nous retenons la valeur **1.2** pour la ville de Koudougou.

### ✚ Coefficient de pointe horaire

Il traduit la pointe de la consommation enregistrée au cours d'une journée. Sa valeur est comprise entre 1.5 et 3 de dépend de la taille de la localité (Zoungrana, 2008).

Il est donné par la formule suivante :

$$C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}} \text{ avec } Q_{mh} \text{ (m}^3\text{/h) , } C_{ph} = 1.5$$

Le développement global des consommations /besoins se trouve dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 16:** Calcul des besoins

Désignation	Unité	2022
Population totale	u	135505
Taux de desserte BP	%	60
Taux de desserte BF	%	40
Population desservie par BP	u	81303
Population desservie par BF	u	54202
Consommation moyenne spécifique BP	l/hab/j	57
Consommation moyenne spécifique BF	l/hab/j	37
Consommation moyenne par jour BP	m <sup>3</sup> /j	4634
Consommation moyenne par jour BF	m <sup>3</sup> /j	2005
Consommation non domestiques (10%)	m <sup>3</sup> /j	664.0
Consommation moyenne journalière	m <sup>3</sup> /j	7303.720
Pertes distribution (10%)	u	730.37
Débit moyen journalier	m <sup>3</sup> /j	8034.09
Coefficient de pointe journalière		1.2
Débit de pointe journalier	m <sup>3</sup> /j	9641
Débit moyen horaire	m <sup>3</sup> /h	438
Coefficient de pointe horaire	u	1.5
Débit de pointe horaire	m <sup>3</sup> /h	657

Le tableau suivant montre la répartition de la consommation totale sur les deux zones de distribution.

**Tableau 17:** répartition des besoins en eau par zone de distribution future

Désignation	Zone 1 (AC)	Zone 2 (NC)	Total
Besoin jour de pointe en 2022 (m <sup>3</sup> /j)	5833	3808	<b>9641</b>

**✚ Fluctuation journalière de la consommation**

La fluctuation journalière de la consommation est escomptée comme suit :

**Tableau 18:** Fluctuation journalière de la consommation

Période	%	Période	%	Période	%	Période	%
0-1	0.9	6-7	8.6	12-13	4.8	18-19	4.8
1-2	1.1	7-8	8.2	13-14	4.8	19-20	5.1
2-3	1.6	8-9	6	14-15	5.7	20-21	2.0
3-4	1.1	9-10	5.6	15-16	6.3	21-22	1.4
4-5	1.8	10-11	7	16-17	6.5	22-23	2.1
5-6	3.1	11-12	3.4	17-18	7.5	23-0	0.6

Source : (Zoungrana, 2008)

**4.2. Conception technique**

**✚ Station de traitement**

Le traitement d'eau brute est effectué à la station de traitement située à Koudougou (quartier Burkina) et consiste en un système de floculation, décantation, filtration et chloration. L'eau brute arrive au bassin d'équilibre d'environ 900 m<sup>3</sup>. Du bassin d'équilibre l'eau traverse par gravité un pulsateur (capacité 450 m<sup>3</sup>/h), 4 filtres (capacité : 300 m<sup>3</sup>/h) pour être stockée dans le réservoir d'eau traitée qui sert comme bache d'aspiration pour les pompes de refoulement. Les réactifs de floculation (sulfate d'alumine, polyetrolyte, chlore et en cas de besoin chaux) sont dosés à la sortie du bassin d'équilibre, la désinfection finale se fait à l'arrivée dans le réservoir d'eau traitée. Du point de vue génie civil, la station de traitement consiste en trois bâtiments, à savoir le bassin d'équilibre (rond en béton armé, étanche à l'eau), le pulsateur (carré, en béton armé, étanche à l'eau) et le bâtiment abritant les filtres, le réservoir d'eau traitée, la salle de pompage, la salle de préparation des réactifs, et des salles annexes (transfo, armoires électriques, réservoir anti bélier).

La station inaugurée en mars 2001, est encore en bon état et ne connaît pas des problèmes d'exploitation. Sa capacité de production est 10 350 m<sup>3</sup>/j (ONEA).

**✚ Pompage d'eau traitée**

Chacune des deux zones de distribution sera alimentée par ses propres pompes, dont une en service et une de secours.

### ✚ Refoulement de l'eau traitée vers les châteaux

Transformation du système de refoulement distributif existant en conduite de refoulement directe entre la station de pompage et l'ancien château.

### ✚ Stockage et distribution d'eau

Pour assurer une bonne distribution spatiale de la consommation, il faudrait garantir des pressions minimales de 10 m en heure de pointe, jour de pointe sans excéder une pression maximale de 70 m. Chaque zone sera alimentée par sa propre unité de stockage qui est de 1 000 m<sup>3</sup> chacune.

### ✚ Capacité de refoulement

La station de pompage à l'horizon 2022 aura pour objectif de refouler l'eau traitée vers deux directions, à savoir vers l'ancien château d'eau alimentant la zone 1 à travers une conduite en PVC DN 400 mm (long 4.4 km) et vers le nouveau château d'eau qui doit alimenter la zone 2 à travers une conduite en PVC DN 350 (6.4 km). Compte tenu des besoins en jour de pointe et du temps de pompage qui est de 22 h, les capacités de refoulement qui s'imposent vers les différentes directions sont données dans le tableau suivant :

**Tableau 19:** Capacité de refoulement

Désignation	Besoin jour de pointe 2022	Capacité horaire
	m <sup>3</sup> /j	m <sup>3</sup> /h
<b>Zone 1</b>	5833	265.13
<b>Zone 2</b>	3808	173

### ✚ Dimensionnement des conduites de refoulement

**Zone 1 :**

Capacité horaire : 265.13 m<sup>3</sup>/h = 0.0736 m<sup>3</sup>/s

Longueur : 4.6 km

Durée de pompage : 22 h

Trois (03) formules ont été exploitées afin de déterminer le diamètre nominal des conduites, sous la contrainte de la condition de vitesses d'économique.

Bresse	Bresse modifié	Munier
$D(m) = 1.5 \times \sqrt{Q}$	$D(m) = 0.8 \times \sqrt[3]{Q}$	$D(m) = (1 + 0.02 n) \times \sqrt{Q}$

$$V \text{ (m/s)} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \text{ avec } Q \text{ (m}^3\text{/s) et } D \text{ (mm)}$$

**Tableau 20:** Calcul du diamètre de la conduite de refoulement

	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre (m)	Vitesse (m/s)	Condition de vitesse économique
Formule de Bresse	0.0736	0.406	0.57	Non
Formule de Bresse modifié	0.0736	0.419	0.53	Non
<b>Formule simplifié de Munier</b>	<b>0.0736</b>	<b>0.390</b>	<b>0.62</b>	<b>Ok</b>

Pour un système simplifié, la vitesse dans la canalisation doit être vérifiée par la condition de Flamant ; mais pour un grand projet de grands diamètres, la condition doit être vérifiée par la condition de vitesse économique. Notre conduite de refoulement aura un diamètre extérieur **DN 400 mm (e = 59.4 mm) en PVC et PN16.**

**Zone 2 :**

Débit : 173 m<sup>3</sup>/h = 0.048 m<sup>3</sup>/s

Longueur : 6.4 km

Durée de pompage : 22 h

Avec les mêmes formules et hypothèses que la précédente on a :

**Tableau 21:** Calcul du diamètre de la conduite de refoulement

	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre (m)	Vitesse (m/s)	Condition de vitesse économique
Formule de Bresse	0.048	0.329	0.56	Non
<b>Formule de Bresse modifié</b>	<b>0.048</b>	<b>0.290</b>	<b>0.73</b>	<b>Ok</b>
Formule simplifié de Munier	0.048	0.315	0.51	Non

Notre conduite de refoulement aura un diamètre extérieur **DN 355 mm PVC PN16 (e = 26.1 mm)** .

 **Caractéristiques d'écoulement des différentes conduites de refoulement**

Pour le calcul des pertes de charges nous avons utilisé la formule de Manning-Strickler avec un Ks = 120. Les conduites étant en PVC car pour l'horizon future nous optons pour les conduites en PVC.

**Zone 1 :**

Désignation	Unité	2022
Débit	m <sup>3</sup> /h	265.13
Vitesse	m/s	0.8
Pertes de charge	m	7.7

**Zone 2 :**

Désignation	Unité	2022
Débit	m <sup>3</sup> /h	173
Vitesse	m/s	0.56
Pertes de charge	m	7.0

 **Choix des pompes pour différentes zones**

**1<sup>ere</sup> Variante : Les pompes Grundfos**

Les trois pompes existantes de 140 m<sup>3</sup>/h à une HMT comprise entre 50 à 60 m chacune seront remplacées par des nouvelles pompes car celles-ci cavitent à l'heure actuelle.

L'équipement hydraulique consiste en une conduite d'aspiration commune sur laquelle sont branchées les pompes. Chaque pompe dispose coté aspiration d'un clapet manuel et d'un clapet de non-retour à tuyère et d'un clapet manuel coté refoulement. Le comptage de l'eau refoulée est fait par un compteur ultrason installé dans la conduite de refoulement commune suivi par une vanne. Quatre nouvelles pompes seront installées dont deux par zone de pompage.

**Zone 1 :**

Données pour le choix de la pompe :

Désignation	Unité	Valeur
Débit par pompe	m <sup>3</sup> /h	<b>265.13</b>
Pertes totales	m	7.7
Différence altimétrique	m	(339-294 = 45)
Hauteur manométrique	m	<b>52.7</b>

Caractéristiques : Pompe GRUNDFOS SP215-3, Moteur type MMS 8000

Puissance : 63 kW ; Poids 279 kg ; Rendement : 80% ;

**Zone 2 :**

Données de choix pour la pompe :

Désignation	Unité	Valeur
Débit par pompe	m <sup>3</sup> /h	<b>173</b>
Pertes totales	m	7.0
Différence altimétrique	m	(350-294 = 56 )
Hauteur manométrique	m	<b>63</b>

Caractéristiques : Grundfos SP215-3-AA, Moteur type MMS 8000 ; Poids 253 kg ;

Rendement :78 % ; Puissance : 55 KW ;

Moteur puissance nominale : 70 KW

**2<sup>eme</sup> Variante** : Les Pompes KSB

**Zone 1** : KSB Φ216, Puissance 47 KW, η= 77 %

**Zone 2** : KSB Φ243, Puissance 43 KW, η= 79 %

✚ **Détermination Point de fonctionnement**

Pour le tracer nous allons choisir 4 valeurs de débit encadrant le débit souhaité. Ensuite calculer les pertes de charges totales pour un débit ensuite les pertes de charges augmente comme le carré du débit.

La courbe du réseau s'écrit :  $Cr = H_{geo} + J_I \times \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$

**Zone 1 :**

$$C_{r1} = 45 + 5.82 \times \left(\frac{Q_2}{265.13}\right)^2$$

Au point de fonctionnement nous obtenons HMT = 55 m et Q (m<sup>3</sup>/h) = 266

**Zone 2 :**

$$C_{r1} = 63 + 7 \times \left(\frac{Q_2}{173}\right)^2$$

Au point de fonctionnement nous obtenons HMT = 72 m et Q (m<sup>3</sup>/h) = 180

✚ **Vérification au coup de bélier des conduites de refoulement**

Nous utiliserons la formule d'ALLIEVI pour le calcul de surpression et dépression.

$$\Delta h = \pm \alpha \times \frac{V_0}{g}$$

H<sub>0</sub> : pression absolue au niveau de la bache en régime permanent

$$H = H_{geo} + Pdc$$

V<sub>0</sub> : vitesse de l'eau dans le tuyau en régime permanent

g : accélération de la pesanteur = 9.81 m/s<sup>2</sup>

a : la célérité des ondes, donnée par la formule suivante :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \times \frac{D_{int}}{e}}}$$

avec e (m) = épaisseur de la canalisation

D<sub>int</sub> = diamètre intérieur et K= 33 pour le PVC.

**Tableau 22:** Vérification au coup de bélier

	g(m/s <sup>2</sup> )	D(m)	a	Vo(m/s)	Δh	H	H+Δh	H-Δh	PN (m)
<b>Cond. 1</b>	9.81	0.340	447.18	0.8	26.44	52.7	87.26	34.38	160
<b>Cond. 2</b>		0.328	705.9	0.56	35.98	63	108.98	37.02	160

La protection anti bélier n'est pas nécessaire.

### 4.2.1 Réseau de distribution

#### ✓ Simulation de la situation actuelle du réseau

Pour la simulation du fonctionnement du réseau, nous avons utilisé le logiciel EPANET 2. C'est un logiciel développé pour la simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau d'un point de vue hydraulique et également d'un point de vue qualité de l'eau. La simulation nous permet d'avoir une idée sur les paramètres tels que le débit, les pertes de charges, la vitesse dans les canalisations et la pression au niveau des nœuds.

#### + Données d'entrée du modèle

Nous avons considéré lors de la simulation les diamètres supérieurs à 110 mm car le réseau est à majorité composés des DN < 90 mm et pour éviter la densification.

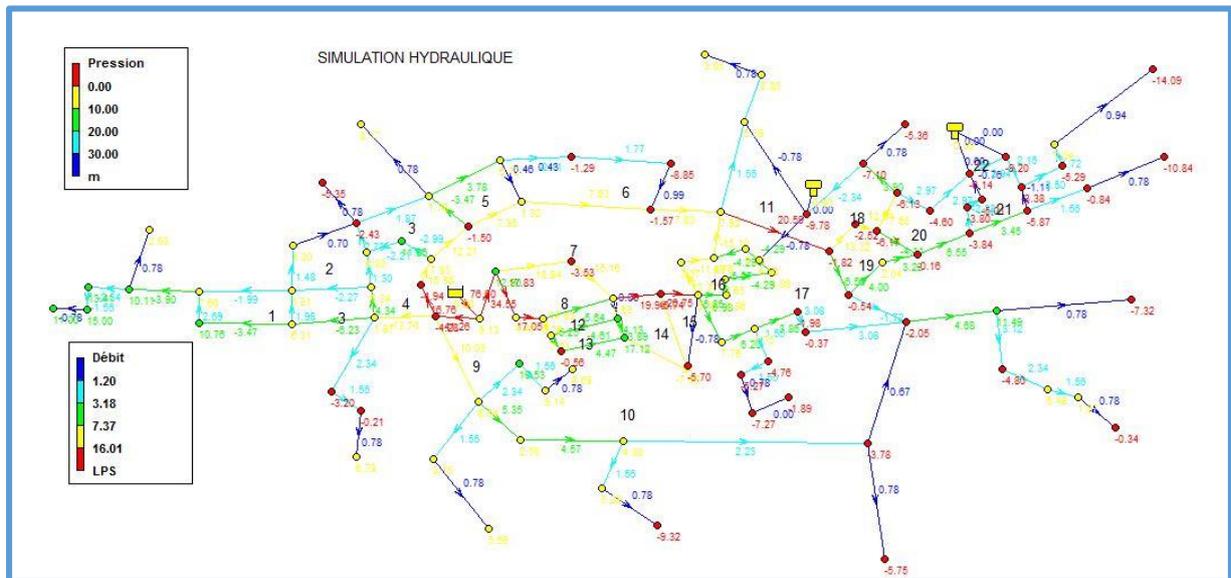
104 nœuds ont été ajoutés avec leurs identifiants, l'altitude et la demande de base.

Les altitudes ont été obtenues par déduction des côtes du terrain naturel de 0.8 m. La demande quant à elle a été répartie uniformément sur tous les nœuds compte tenu de manque d'information concernant la localisation des gros consommateurs, la consommation des bornes fontaines par zone de distribution, les zones où il y a plus d'abonnés et les surfaces tributaires influencées par chaque nœud. Nous avons obtenu un débit horaire de pointe des BF de 24.78 l/s soit un débit de 0.17 l/s par BF.

Pour la demande nous avons considéré la consommation de 2015. 127 conduites avec les différentes informations qui sont : l'identifiant son nœud initial et final, sa longueur, son diamètre et sa rugosité (la rugosité égale à 0.1 m vieille conduite). La longueur des tronçons a été mesurée avec le logiciel arcview. Deux réservoirs, une bêche et des vannes d'isolement intégrées lors de la saisie des conduites. En nous limitant qu'aux conduites supérieures à 110 mm, nous avons 21 mailles.

Ne disposant de toutes les données, notre préoccupation était d'avoir un aperçu sur le comportement du réseau d'où nous avons uniformisé les débits au niveau des nœuds.

## ➤ Résultats et interprétations



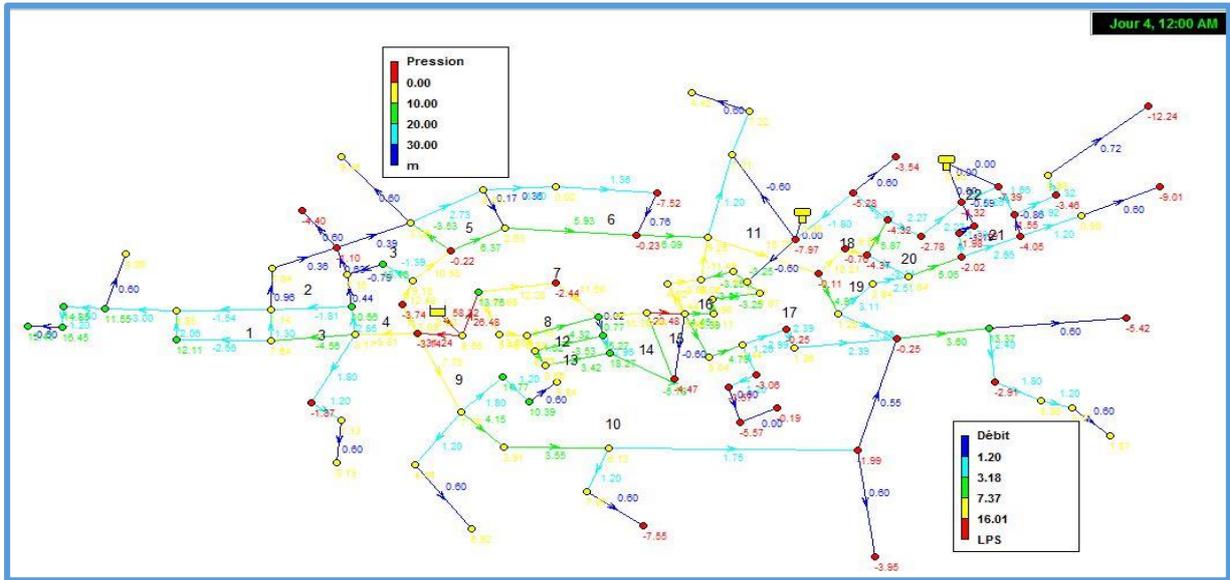
**Figure 10:** État du réseau à l'heure de pointe 06 h ( car nous avons un coefficient de pointe horaire de 8.6 %)

### ▪ Simulation en régime permanent

De cette simulation on a constaté des pressions négatives au niveau de certains nœuds synonyme d'une manque d'eau ou à la limite le transit d'une file d'eau. Les vitesses d'écoulement de l'eau dans les conduites sont relativement très faibles voire nulles pour l'ensemble des tronçons ce qui s'explique par le fait les conduites sont trop grandes par rapport aux débits ce qui est le cas sur le terrain. Et ces zones se trouvent à des altitudes très élevées.

### ▪ Simulation longue durée

La simulation longue durée ou en régime transitoire permet de visualiser le fonctionnement du réseau en continu sur une longue période. Pour pouvoir vérifier la performance du réseau à jouer son rôle de bien satisfaire les abonnés en débit et pression. Nous avons simulé le réseau sur une période de 72 h. Nous constatons les mêmes faits que lors de la simulation en régime permanent. D'où il faudrait des moyens de renforcement.



**Figure 11:** État du réseau à 06 h jour 4

**Pression avant et après renforcement des nœuds à altitude supérieure à 308 m**

**Tableau 23:** Tableau des pressions altitude supérieure à 308 m

ID Nœud	Altitude	Pression	Pression après Renforcement	ID Nœud	Pression	Pression après Renforcement	Altitude
	m	m	m		m	m	m
Nœud 11	309.23	0.24	2.68	Nœud 86	1.18	2.52	308.07
Nœud 12	312.15	-2.68	-0.84	Nœud 87	-2.38	-1.13	311.62
Nœud 20	310	-0.53	1.92	Nœud 88	-2.31	-1.09	311.54
Nœud 25	312	-2.48	0.13	Nœud 89	-3.27	-2.06	312.5
Nœud 32	314.85	-5.6	-4.28	Nœud 92	-0.01	1.2	309.24
Nœud 36	311.5	-1.95	0.79	Nœud 93	-2.03	-0.84	311.25
Nœud 38	308.3	1.17	3.54	Nœud 95	-6.98	-5.81	316.2
Nœud 40	308.2	1.24	3.46	Nœud 96	-0.77	0.44	310
Nœud 41	315.5	-6.06	-3.82	Nœud 97	-2.31	-1.1	311.54
Nœud 49	310.81	-1.26	1.5	Nœud 98	0.03	1.24	309.2
Nœud 57	312.61	-3.12	-0.67	Nœud 99	-1.18	0.03	310.41
Nœud 68	310.5	-1.2	0.28	Nœud 100	-5.37	-4.17	314.6
Nœud 69	311	-1.71	-0.23	Nœud 101	0.47	1.66	308.75
Nœud 70	313	-3.71	-2.23	Nœud 102	-1.43	-0.26	310.65
Nœud 76	312.5	-3.31	-2.28	Nœud 104	-10.19	-9.05	319.4
Nœud 78	310.76	-1.53	-0.32	Nœud 37	-5.95	-4.75	315.18
Nœud 80	309.24	0	1.26	Nœud 106	-1.96	-0.71	311.2
Nœud 81	310	-0.81	0.23				

Les pressions négatives traduisent le fait que ces zones se trouvent en altitude par rapport aux autres points, on a à faire aux quartiers Sud-est.

On a une nette amélioration au niveau des pressions avant et après le renforcement diminuant ainsi le nombre des zones ayant des pressions trop faibles. Le renforcement consiste à augmenter le diamètre de certaines conduites d'où les pertes de charges seront minimisées, soit augmenter la hauteur du radier, la charge de la bêche. Pratiquement ces solutions sont difficilement envisageables du fait que les installations existent déjà d'où il faudrait penser aux surpresseurs des pressions pour des zones très élevées et des réducteurs pour des zones à basse altitude. Le renforcement pourra améliorer la desserte sur certaines zones.

✓ **Situation future**

 **Dimensionnement des réseaux primaires**

Pour le dimensionnement du réseau primaire, nous dimensionnerons le réseau de la zone 2, car celle-ci n'a pas été encore mise en place. Par contre pour la zone 1, la simulation nous a permis de vérifier les conditions de vitesse et de pression sont dans les limites.

La zone 2 étant trop grande et ne disposant pas de toutes les données topographiques, notre réseau se limitera qu'à une partie des secteurs 2 et 3, le secteur 4 fera l'objet d'une extension au fil des années. Nous dimensionnerons ce réseau avec les besoins de pointe des différents secteurs de la zone 2, ce qui nous permettra d'avoir des grands diamètres pouvant faciliter les extensions.

 **Dimensionnement du réseau primaire de la zone 2**

Le réseau primaire de la zone 2 sera du type mixte pour ces multiples avantages qu'il présente.

**Hypothèses de calcul :**

Le réseau de distribution est dimensionné à partir du débit de pointe horaire  $Q_{ph} = 260 \text{ m}^3/\text{h}$  à l'horizon du projet. Nous considérons que les branchements privés et les bornes fontaines se feront sur les conduites tertiaires, on admettra que la desserte est uniforme sur les longueurs de ces conduites tertiaires. Les différents débits sont :

Débit entrant dans le réservoir :  $173 \text{ m}^3/\text{h} = 48 \text{ l/s}$ .

Débit sortant du réservoir :  $= 260 \text{ m}^3/\text{h} = 72.22 \text{ l/s}$ .

Le débit de la borne fontaine est donnée par la formule suivante :

$Q_{bf} = \frac{C_s \times N_{bf}}{3600 \times T_{bf}}$  avec  $C_s$  la consommation spécifique (37 l/s (cible Onea)),  $T_{bf}$  le temps de fonctionnement d'une BF (12 h) et  $N_{bf}$  le nombre de personnes par borne fontaine (350 cible ONEA pour les grandes villes).

Débit d'une borne fontaine : 0,30 l/s mais nous fixons le débit à 0.5 l/s car c'est le débit standard des robinets et de point d'eau soit deux robinets. Soit 62 Bornes fontaines.

$$Q_{bf} = 0.5 \times 62 = 31 \text{ l/s}; Q = Q_{ph} - Q_{bf} = 72.22 - 31 = 41.22 \text{ l/s}$$

Le tracé du réseau s'est porté sur les réseaux maillés, ramifiés intégrant les bornes fontaines et les branchements privés.

### Calcul du réseau ramifié

#### Calcul du débit de route

Le débit de route que nous notons  $Q_r$  représente le débit desservi par un tronçon de conduite pendant la distribution. Pour le déterminer nous considérons que la desserte s'est fait linéairement et proportionnelle à la longueur du tronçon.

Son expression est :  $q_r = \frac{Q_{ph}}{\sum_i^n L_i}$  avec  $Q_{ph}$  : débit de pointe horaire et  $\sum_i^n L_i$  : somme des longueurs pour les dessertes. Le débit de route  $Q_r$  est obtenu par la relation suivante :

$$Q_r = q_r \times L_i$$

#### Calcul de débit réel

Ils se calculent de l'aval vers l'amont et servent à choisir le diamètre des différentes conduites et à déterminer les pertes de charge.  $Q_{réel} \text{ (l/s)} = 0,55 * Q_r \text{ (l/s)} + Q_{aval} \text{ (l/s)}$

#### Hypothèses calcul conduites :

Pertes de charge singulière sont estimées à 10% de celles linéaires.

Pression minimale de service  $P_{min} = 10 \text{ mCE}$  conformément au cahier de charge de l'ONEA

Choix des diamètres et vérification des vitesses

Les diamètres théoriques des conduites :  $Q = v \times \frac{\pi \times D^2}{4}$  ce qui entraîne que  $D_{th} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi v}}$

Le diamètre nominal est choisi sous la vérification des conditions de vitesse :

$$0,3 < V \text{ (m/s)} < 1,5$$

Calcul des pertes de charges avec la formule Manning Strickler

$$\Delta H \text{ (m)} = 1,1 J \times L$$

Avec  $k=120$  coefficient de rugosité des canalisations en PVC

Cependant l'ONEA exige une pression minimale de 10 bars pour les conduites de distribution. Ainsi toutes conduites de distributions seront en PN10.

#### Vérification du stockage

Le réservoir est un ouvrage qui permet le stockage de l'eau, il joue un rôle de régulation entre la variation des consommations et des débits d'adduction. Nous considérons les hypothèses suivantes :

Demande journalière de pointe ( $D_{jp}$ ) : **3 808 m<sup>3</sup>/j**

Temps pompage ( $T_p$ ) : **22 h/j**

Qpompe/entrant réservoir (D<sub>jp</sub>/T<sub>mp</sub>) : **173 m<sup>3</sup>/h**

Temps distribution (T<sub>dis</sub>) : **24 h**

Qdistribué/sortant réservoir (D<sub>jp</sub>/T<sub>dis</sub>) : **260 m<sup>3</sup>/h = 72.22 l/s.**

Les résultats du calcul du volume du réservoir sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 24:** Calcul volume réservoir

Heure	H <sub>h</sub>	Q <sub>add</sub>	Q <sub>dis</sub>	V <sub>addcum</sub>	V <sub>conscum</sub>	Différences	
						+	-
0-1h	0.9	173	222	173	222		-49
1-2h	1.1	173	41.88	346	263.88	82.11	
2-3h	1.6	173	60.92	519	324.81	194.18	
3-4h	1.1	173	41.88	692	366.70	325.29	
4-5h	1.8	173	68.54	865	435.24	429.75	
5-6h	3.1	173	118.04	1038	553.29	<b>484.70</b>	
6-7h	8.6	173	327.48	1211	880.78	330.21	
7-8h	8.2	173	312.25	1384	1193.04	190.96	
8-9h	6	173	228.48	1557	1421.52	135.48	
9-10h	5.6	173	213.24	1730	1634.76	95.23	
10-11h	7	173	266.56	1903	1901.32	1.67	
11-12h	3.4	173	129.47	2076	2030.8	45.2	
12-13h	4.8	173	182.78	2249	2213.58	35.41	
13-14h	4.8	173	182.78	2422	2396.36	25.63	
14-15h	5.7	173	217.05	2595	2613.42		-18.42
15-16h	6.3	173	239.90	2768	2853.32		-85.32
16-17h	6.5	173	247.52	2941	3100.84		-159.84
17-18h	7.5	173	285.6	3114	3386.44	272.44	
18-19h	4.8	173	182.78	3287	3569.23	282.23	
19-20h	5.1	173	194.20	3460	3763.44	303.44	
20-21h	2	173	76.16	3633	3839.6	206.6	
21-22h	1.4	173	53.31	3806	3892.91		-86.91
22-23h	2.1	0	79.96	3806	3972.88		-166.88
23-0h	0.6	0	22.84	3806	3995.72		<b>-189.72</b>

$$V_r = |V^+_{\max}| + |V^-_{\max}|$$

Avec :  $|V^+_{\max}| = 484,704 \text{ m}^3$  et  $|V^-_{\max}| = 189,728 \text{ m}^3$ .

On a la réserve incendie **RI = 120 m<sup>3</sup>**

$V_r = 674,43 + 120 = 794,43 \text{ m}^3$  soit **800 m<sup>3</sup>**, Le réservoir actuel de 1 000 m<sup>3</sup> est largement suffisant pour assurer la distribution.

### Réseau maillé

En revanche, dans le cas d'un réseau maillé, on ne connaît pas, a priori, le sens de l'écoulement dans tous les tronçons du réseau. D'autant plus que, au cours des itérations de calcul d'un réseau maillé le sens de l'écoulement peut s'inverser dans quelques tronçons. Ceci

rend très difficile l'utilisation de l'expression. Pour simplifier le calcul des réseaux maillés, cette expression est alors remplacée par une autre, indépendante du sens de l'écoulement (c'est le débit moyen dans le tronçon) :

$$Q_{\text{fictif}} (l/s) = 0,5 * Q_r(l/s) + Q_{\text{aval}}(l/s)$$

Répartition des débits.

- Tronçon appartenant à une maille
- Établir les consommations linéaires sur les tronçons et ponctuelles sur les nœuds
- Ramener les consommations linéaires aux consommations ponctuelles en raison de  $q_r/2$  suivant le sens d'écoulement.
- Effectuer une répartition provisoire et arbitraire des débits dans les tronçons en respectant la loi d'équilibre des nœuds : la somme des débits qui arrive à un nœud = somme des débits qui partent + somme des débits prélevés à ce nœud.
- Calculer les diamètres des tronçons en fonction de la répartition arbitraire effectuée
- Donner un sens de circulation dans les mailles.

Condition à respecter

Si  $\sum_1^k j_i = 0$  la répartition des débits est correcte

Si  $\sum_1^k j_i \neq 0$  la répartition des débits est incorrecte, faut rechercher un facteur de correction  $\Delta q$  pour tous les tronçons.

Nous allons procéder à plusieurs itérations avant atteindre la valeur du facteur de correction, C'est-à-dire le calcul s'arrête lorsque  $\Delta q$  tend vers 0.

#### **Vérification des calculs hydrauliques avec le logiciel EPANET 2.0**

Les différentes données appropriées aux nœuds et tronçons ont été entrées, ensuite il s'agit de valider le modèle, dans le cas où un message d'erreur s'affiche il faudrait revoir les données d'entrée qui consiste à modifier les diamètres des tuyaux pour ceux qui ne respectent pas les conditions de vitesse et de pression.

Les paramètres d'entrée et les résultats de la simulation se trouvent en annexe.

Au niveau des pressions nous avons constaté des pressions supérieures à 10 m et inférieure à 70 m d'où la condition sur la pression a été respectée. Par contre au niveau des conduites nous avons eu des vitesses très inférieures à 0.3 m/s or les diamètres utilisés sont les DN 50 mm et DN 63 mm. Pour éviter les dépôts dans ces conduites nous recommandons une vidange régulière au moins deux fois par an. À partir de la vérification avec le logiciel EPANET 2, on se retrouve avec presque les mêmes résultats. Ce qui nous permet de conclure que le dimensionnement a été bien fait.

## ✚ Redimensionnement du réseau existant plus quelques extensions



**Figure 12:** Extension du réseau

### ✚ Vérification de la station de traitement (Bilan besoins /Ressources)

L'exhaure est assurée par les pompes au niveau de Mouhoun qui envoie **260 m<sup>3</sup>/h** et le Salbisgo qui envoie au maximum **100 m<sup>3</sup>/h**. En tout un débit de **360 m<sup>3</sup>/h** pour une capacité de production de **431 m<sup>3</sup>/h**. Donc il faudrait augmenter la capacité des pompes au niveau de l'exhaure. Cinq ans plus tard avec un besoin journalier d'environ **9 641 m<sup>3</sup>/j**, la production sera insuffisante par rapport à la demande d'où il sera question d'augmenter la capacité de production de la station.

### ✚ Vérification de l'exhaure

Au niveau de l'exhaure avec les besoins actuels comme futurs les ressources en eau sont disponibles. Les pompes au niveau de l'exhaure n'envoient pas le débit requis qui est de **431 m<sup>3</sup>/h** d'où il faudrait augmenter leur capacité en ajoutant une pompe de **40 m<sup>3</sup>/h** supplémentaire. Au niveau de l'exhaure la production est d'environ **9 641 m<sup>3</sup>/j** en 2015 avec une perte de 4% au niveau de la station. À l'horizon 2022 la production au niveau de l'exhaure doit augmenter car la station doit délivrer au moins **10 123 m<sup>3</sup>** sans les pertes au niveau du réseau maintenant en prenant en compte les pertes de charges au niveau de la station il faut au moins envoyer **11 136 m<sup>3</sup>** à la station de traitement.

**Tableau 25:** Récapitulatif bilan /ressource

À l'horizon du projet	
Besoin journalier	9 641 m <sup>3</sup> /j
Production	10 123 m <sup>3</sup> /j
Exhaure	11 136 m <sup>3</sup> /j

### ✚ Débit de refoulement Salbisgo et Mouhoun et Vérification des conduites

Les eaux brutes venant du Mouhoun et Salbisgo avant qu'elles soient traitées, une partie de ces brutes sont prélevées par des entreprises soit environ 1 %. En 2015 sur **2 624 682 m<sup>3</sup>** des

eaux brutes d'exhaure, on a que **135 m<sup>3</sup>** qui sont prélevées par les entreprises de la place contre **402 m<sup>3</sup>** en 2014. Les pertes de production au niveau de la station en 2015 sont de **4%**. En prenant ratio eaux brutes/eaux traitées égale à 10 %, nous pouvons estimer le volume d'eau brute.

**Tableau 26:** Production d'eau brute nécessaire en 2022

Eau Potable (m <sup>3</sup> /j)	Pertes %	Eau Brute (m <sup>3</sup> /j)
10 123	10	11 136

Les deux sources doivent envoyer **11 136 m<sup>3</sup>/j** en tenant compte des vitesses limites d'adduction comprises entre 0.6 et 1.5 m/s et du temps de pompage. Le plan prévisionnel de pompage pour l'an 2017 est de 15 h et 9 h (temps maximal et minimal). Le Mouhoun apporte 70 % des eaux brutes contre 30 % pour le barrage.

Le barrage Salbisgo tarit au mois d'Avril donc nous allons proposer deux variantes. Le premier cas avec le fleuve Mouhoun qui doit transiter tout le débit requis.

Les débits max et min à transiter sont :

**1<sup>ère</sup> Variante :** Seul le Mouhoun produit les eaux brutes

**Tableau 27:** Débit adduction Mouhoun

Conduites Mouhoun Φ600 Fonte	Débit (m <sup>3</sup> /h)	D (mm)	V(m/s)
Débit min (T = 15 h)	742.4	0.6	<b>0.73</b>
Débit max (T = 9h)	1237.33	0.6	<b>1.22</b>

Seul le Mouhoun peut bien assurer l'exhaure, et la conduite en fonte DN 600 mm peut transiter le débit avec une vitesse comprise entre **0.73** et **1.22 m/s**.

**2<sup>ème</sup> Variante :** Les deux sources à la fois

**Tableau 28:** Débit d'adduction des deux sources

Conduites	Mouhoun Φ600 Fonte	Salbisgo Φ250 Fonte	Total
Débit min (T = 15 h)	519.68	222.72	742.40
Débit max (T = 9 h)	866.13	371.2	1237.33
D (mm)	0.6	0.25	
V(m/s) Max	<b>0.85</b>	<b>2.10</b>	
V(m/s) Min	<b>0.51</b>	<b>1.26</b>	

Pour le débit maximal on a une vitesse de **0.85 m/s** pour **Φ600** et **2.10 m/s** qui est assez élevée pour **Φ250** ce qui permet d'éviter les dépôts et permet un auto curage.

Pour le débit minimal on a une vitesse de **0.51 m/s** pour **Φ600** et **1.26 m/s** pour **Φ250**.

## 5. Facteurs d'optimisation

### 5.1. Les facteurs de défaillance

Les différents facteurs qui contribuent à une baisse des performances du réseau de la ville de Koudougou sont :

- ✚ Le système de refoulement confondu n'assurant pas une bonne desserte ;
- ✚ Capacité de stockage insuffisant ;
- ✚ La conduite de refoulement direct d'eau traitée est saturée ;
- ✚ Réseau sous équipé en organe de sectionnement posant des problèmes pratiques en cas de fuite. Ce qui fait que pour isoler une fuite, certains secteurs entiers sont privés d'eau ;
- ✚ Les secteurs de l'autre côté du chemin de fer (les quartiers sud) ont des problèmes de raccordement car la conduite d'amenée est accolée au chemin de fer et séparée des habitations par une voie bitumée faisant que certains endroits privent la population de raccordement ;
- ✚ Absence d'un plan de renouvellement du réseau et infrastructures âgés ;
- ✚ Absence d'une maintenance préventive et les fuites non signalées à temps ;
- ✚ Les politiques d'aménagements doivent concorder avec les services d'eau ;

### 5.2. Critères d'évaluation de la gestion et de l'entretien

Les indicateurs de performance en AEP concernent les prestations techniques, le service au client, les performances économiques, la performance et le développement du patrimoine. (KOMENA, 2011). En nous basant sur le suivi des indicateurs de l'année 2015 nous avons identifié un certain nombre d'indicateurs de performance.

**Tableau 29:** Indicateur technique, de gestion et qualité

Indicateurs de gestion	Indicateurs techniques	Indicateurs de Qualité de Service, Qualité des eaux et Sécurité
Densité linéaire des abonnés : <b>26.96 ab/km</b>	Rendement technique de distribution : <b>76 %</b>	Régularité du service : <b>oui</b>
Taux de compteurs défectueux remplacés dans le délai (30 jours) : <b>100 %</b>	Capacité de stockage : <b>2 000 m<sup>3</sup></b>	Délai de facturation : 7 jours
Taux de branchements réalisés dans le délais (21 jours) : <b>23 %</b> Cible : 99 %	Indice linéaire de réparation : <b>1.3 nb/km</b>	Nombre de branchement réalisé en 2015 : <b>1025</b>
Taux d'abonnés MAJ dans le délais (30 jours) : <b>99 %</b> Cible : 100 %	Taux de branchement : <b>23 %</b>	Qualité des eaux distribuées : <b>Moyen</b>
Taux de réclamations traités dans le délais (3 jours) : <b>91 %</b> Cible : 97 %	Indice linéaire de perte (m <sup>3</sup> /j/km) : <b>4.4 &gt; 3.0</b>	Délais moyen d'abonnement : <b>21 jours</b>
Taux de plaintes liées à la facturation : <b>0.33%</b> Cible ≤ 1%	Extension du réseau ( <b>Linéaire de canalisation posé : 290 m</b> ) en 2015	
Taux d'anomalies de facturation : <b>0.5 %</b> Cible ≤ 1%		
Taux de recherche préventive de fuites par méthode acoustique : <b>0%</b>		
Taux de réparation dans les délais : <b>85%</b> Cible > 90 %		

L'analyse des différents indicateurs de performance montre des pourcentages proches de la norme ONEA (cible). Ceux-ci nous montre une gestion transparente et un niveau de service répondant au besoin effectif des usagers pour un coût acceptable à l'exception du taux de branchements réalisés dans le délai et du système de recherche préventive de fuites par méthode acoustique. Mais la qualité de l'eau concerne également des aspects organoleptiques (goûts, odeurs, couleur, calcaire) auxquels le consommateur est directement sensible.

Afin d'augmenter la qualité et la durabilité du service, il est question de renforcer les mécanismes de suivi technique et financier (suivi technique des infrastructures et une formation continue efficace en termes de gestion des personnels).

### 5.3. Propositions de quelques facteurs d'optimisation

Au niveau du réseau d'AEP de la ville de Koudougou, il a été observé quelques défaillances et insuffisances dans son fonctionnement. L'étude diagnostique nous a permis de déceler quelques-uns. Dans les lignes qui suivent nous apporterons quelques propositions et des actions pouvant rendre notre optimal le réseau ainsi que son mode de gestion.

### 5.3.1 Refoulement et Distribution dans le réseau

Le refoulement dans le réseau de Koudougou se fait 24h/24. Le rendement actuel du réseau de distribution est de 76 % ce qui est très faible pour un réseau urbain et très en dessous de la cible ONEA qui fixe le rendement à 86 %.

Avec ce faible rendement, il y a sûrement des pertes importantes d'eau dans le réseau d'où il faudrait chercher à les diminuer :

- ✚ Mettre en place une démarche de recherche périodique et de réparation des fuites ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle ;
- ✚ Mettre à la disposition des habitants et usagers un ou plusieurs numéros verts pour faciliter leurs réactions quand ils découvriront des fuites d'eau ;
- ✚ Poser avec les soins requis les conduites (tranchés de profondeur convenables) ;
- ✚ Contrôle du réseau après des averses où des travaux de terrassement ;
- ✚ Quantifier les quantités d'eau évacuée lors des opérations de purges ;
- ✚ Veiller à bien rendre étanche les points de raccordement lors des pose ou enlèvement des compteurs ;

### 5.3.2 Sectorisation et plan de comptage

La sectorisation est le découpage du réseau en secteurs (ou mailles) qui seront éventuellement divisés en sous-secteurs s'ils sont grands. Chaque secteur ou sous-secteur doit pouvoir être isolé facilement du reste du réseau. Les quantités d'eau entrant dans chaque maille doivent pouvoir être mesurées ; de même celles consommées par les clients doivent être quantifiées (MOUSSA, 2012).

Les avantages d'une sectorisation sont les suivantes :

- ✚ Le volume mis en distribution est suivi de façon permanente ;
- ✚ L'isolement rapide des fuites par la fermeture d'une ou deux vannes au lieu de 4 à 5 vannes comme le cas actuellement sur le réseau ;
- ✚ Réduction des pertes d'eau dues à la réparation des fuites et des branchements ;
- ✚ La connaissance des volumes consommés par secteur ;
- ✚ La connaissance du rendement par secteur d'où une bonne maîtrise du réseau ;

Il sera équipé à l'entrée de chaque secteur un compteur gros débit pour mesurer le volume d'eau, d'un débitmètre pour la mesure instantanée de débit et bien évidemment des manomètres pour la connaissance des pressions.

Pour pouvoir évaluer les différents indicateurs de performance du réseau par secteur un recensement des différents abonnés (abonnés particuliers, les gros consommateurs, etc...), les

nouvelles données (linéaire du réseau par secteur, nombre de branchement etc...) doivent être connus pour évaluer le rendement annuel par secteur et connaître ensuite le rendement global du réseau.

### **5.3.3 Étalonnage des compteurs**

Le seul instrument permettant de connaître le volume d'eau consommé par un abonné est le compteur d'eau. Par contre la fiabilité de celui-ci doit être vérifiée par un essai dite d'étalonnage or lorsque celui est trop âgé, il se peut qu'il sur compte ce qui est à l'avantage de la société d'eau ou dans un autre cas ils sous compte ce qui constitue une perte pour la société d'eau.

Lors des enquêtes auprès des ménages, il s'est avéré que la plupart des compteurs sont âgés de plus de 15 ans. Or pour l'ONEA tous les compteurs ayant un âge supérieur à 12 ans doivent faire l'objet d'un remplacement ou un étalonnage. Mais ceci n'a pas été le cas car aucun recensement n'a été réalisé jusqu'à la. Nous proposons qu'il ait une campagne de recensement de tous les compteurs défectueux auprès des abonnés pour qu'ils soient remplacés car ce remplacement permettra de mieux maîtriser le volume introduit et réduire considérablement les pertes d'eau. N'ayant pas des données sur la valeur exacte des compteurs défectueux nous considérons le tiers comme étant défectueux soit 3807 sur 11421 compteurs.

Au niveau de la production l'étalonnage des compteurs montrent que ceux-ci sur comptent au niveau du refoulement distributif par contre ceux au niveau du refoulement vers le nouveau château sont bons (Voir annexe N°7).

Pour le compteur au niveau du refoulement distributif, le débitmètre en état de sur comptage, nécessite l'application d'un facteur correctif de -11,74%.

### **5.3.4 Remplacement des équipements défectueux**

Lors de la visite sur le terrain il a été constaté que certains équipements hydrauliques ne remplissent plus convenablement leurs fonctionnements. Lors du diagnostic il a été constaté que cinq bornes fontaines ne sont plus fonctionnelles.

Certaines vannes également sont hors d'usage ainsi que les ventouses ne fonctionnent plus correctement. Les conduites en fonte âgés de plus de 25 ans doivent faire l'objet d'un remplacement car celles-ci font l'objet du couleur rouge ou marronne de l'eau après les coupures, phénomène constaté par les abonnés. Munir les poteaux d'incendie de compteur.

### **5.3.5 Extension**

Prolonger la conduite DN 200 mm à l'entrée du secteur 5 jusqu'à la fin de celui-ci. En amenant la conduite à la fin du secteur 5, le problème d'extension des secteurs 6 et 7 sera

également pallié. Compte tenu de l'accroissement de la population et de l'extension de la ville, nous proposons des extensions dans les secteurs 2 ,3 et 4.

## 6. Estimation des coûts d'optimisation et impacts environnementaux

### 6.1. Estimation des coûts des différents travaux d'optimisation

Cette dernière partie de notre travail consiste à évaluer le coût des différentes propositions au chapitre précédent en vue d'avoir une idée globale des moyens à débloquer pour pouvoir optimiser le réseau en eau potable de la ville de Koudougou. Les prix ont été obtenus à partir du bordereau de prix en vigueur de l'année 2015 à l'agence de Koudougou.

Le montant hors taxe s'élève à **1 555 586 893 F CFA**.

### 6.2. Impacts environnementaux

Les facteurs d'optimisation proposés entraîneront des travaux qui causeront forcément quelques impacts sur l'environnement (l'eau, l'air et les sols). Ces impacts environnementaux sont de deux sortes : les impacts positifs et négatifs.

#### Les impacts positifs

Création d'emploi direct pour la population l'optimisation du réseau entrainera une augmentation du nombre d'abonnés ainsi que les ventes, amélioration de la qualité de l'eau et la réduction des maladies hydriques.

#### Les impacts négatifs

Les impacts négatifs interviennent lors de la phase de réalisation des différents facteurs d'optimisation.

**Air** : Pollution provoquée par le bruit des engins pouvant perturber la tranquillité de la population, pollution de l'air à travers la poussière ;

**L'eau** : les risques de pollution de l'eau potable à cause de la réhabilitation, la pose des nouvelles conduites et les équipements hydrauliques (ventouses, vidanges et les poteaux d'incendie) pouvant entrainer des maladies hydriques. La perturbation au niveau de la desserte due aux travaux sur le réseau existant.

**Sol** : les travaux de terrassements pourront créer un risque d'éboulement selon la nature du terrain. Il faut noter également la destruction des arbres.

#### Mesures d'atténuation des impacts négatifs

- Arroser régulièrement la route, Installations des panneaux de signalisation ;
- Il sera préférable d'effectuer certains travaux la nuit pour minimiser les perturbations sur la desserte ;
- Rincer les conduites une fois la pose pour éviter la contamination des eaux potables ;

## VI. CONCLUSION

Le réseau de la ville de Koudougou est l'un des systèmes les moins performants de tous ceux qu'exploitent l'ONEA avec un rendement assez faible de 76%.

Le diagnostic nous a permis de cerner de plus près certains problèmes du réseau qui sont entre autres la vétusté des équipements car nous avons à faire à un réseau datant d'une cinquantaine d'année, une absence de maintenance régulière et de nombreuses fuites sur le réseau.

La simulation hydraulique nous a permis de constater d'importantes dépressions sur le réseau occasionnant des coupures d'eau dans certaines parties du réseau ce qui est bien le cas sur le terrain.

Compte tenu d'importantes fuites sur le réseau, les besoins actuels de la ville ne sont pas satisfaits, nous avons mené nos études à l'horizon 2022 et pour pouvoir couvrir la ville, nous avons proposé un redimensionnement du réseau existant dans le secteur 4. Vue la grandeur de la zone nous nous sommes limités qu'aux deux secteurs 2 et 4 ensuite des extensions seront faites jusqu'à une couverture de 100% à l'horizon du projet.

La simulation du réseau nous a donné des aboutissements satisfaisants au niveau des pressions.

Le réseau est du type distributif avec deux réservoirs, on a eu à restructurer le réseau en deux zones de distribution chacune sera desservi par sa propre unité de stockage en fermant les vannes de sectionnement et les piquages qui sont à l'origine de ce mélange.

Les recommandations nous avons proposé permettront de renforcer la performance du réseau en vue d'atteindre les objectifs ONEA en terme de rendement et de réduire les charges d'exploitations pour améliorer le chiffre d'affaire.

Le coût des facteurs d'optimisation et de la restructuration du réseau est estimé à un milliard cinq cent cinquante-cinq millions cinq cent quatre-vingt-six mille huit cent quatre-vingt-treize francs CFA **1 555 586 893 F CFA** avec les taxes comprises.

## VII. RECOMMANDATIONS

### **✚ Mettre les moyens de surveillance et d'identification des pertes :**

Il faudrait mesurer et suivre les volumes mis en distribution et un calcul périodique des rendements primaires pour des sous réseaux. Il y a intérêt à connaître le volume des prélèvements non mesurés

### **✚ Installer des surpresseurs ou réducteurs de pression dans certaines zones du réseau ;**

### **✚ Les actions d'amélioration et de réduction des pertes :**

Les actions à mener sont : la recherche systématique des fuites. Après repérage des secteurs à problèmes, les fuites doivent être localisées à l'aide des outils classiques de recherche de fuites, avant de procéder dans les meilleurs délais à la réparation ou au renouvellement des tronçons les plus défectueux. Pour la recherche des fuites il faudrait doter le réseau des appareils.

La méthode employée depuis très longtemps pour rechercher et localiser les fuites consiste à écouter et analyser les bruits captés au niveau de la conduite ou du sol, à l'aide d'appareils basés sur le principe du stéthoscope et complétés par des systèmes d'amplification mécaniques et électroniques.

### **✚ Examiner rigoureusement les conditions de pose de canalisation lors des travaux et la qualité des conduites de branchements :**

Ceci contribuera à éviter les canalisations dénudées et réduire les fuites.

### **✚ Faire des reprises de branchements sur les vieilles conduites qui ont subies plusieurs réparations.**

### **✚ Pour pallier au problème d'eaux dans certains secteurs :**

Mettre un programme annuel d'extension du réseau pour pouvoir couvrir une plus grande partie de la ville et par la même occasion améliorer le taux de couverture.

## BIBLIOGRAPHIE

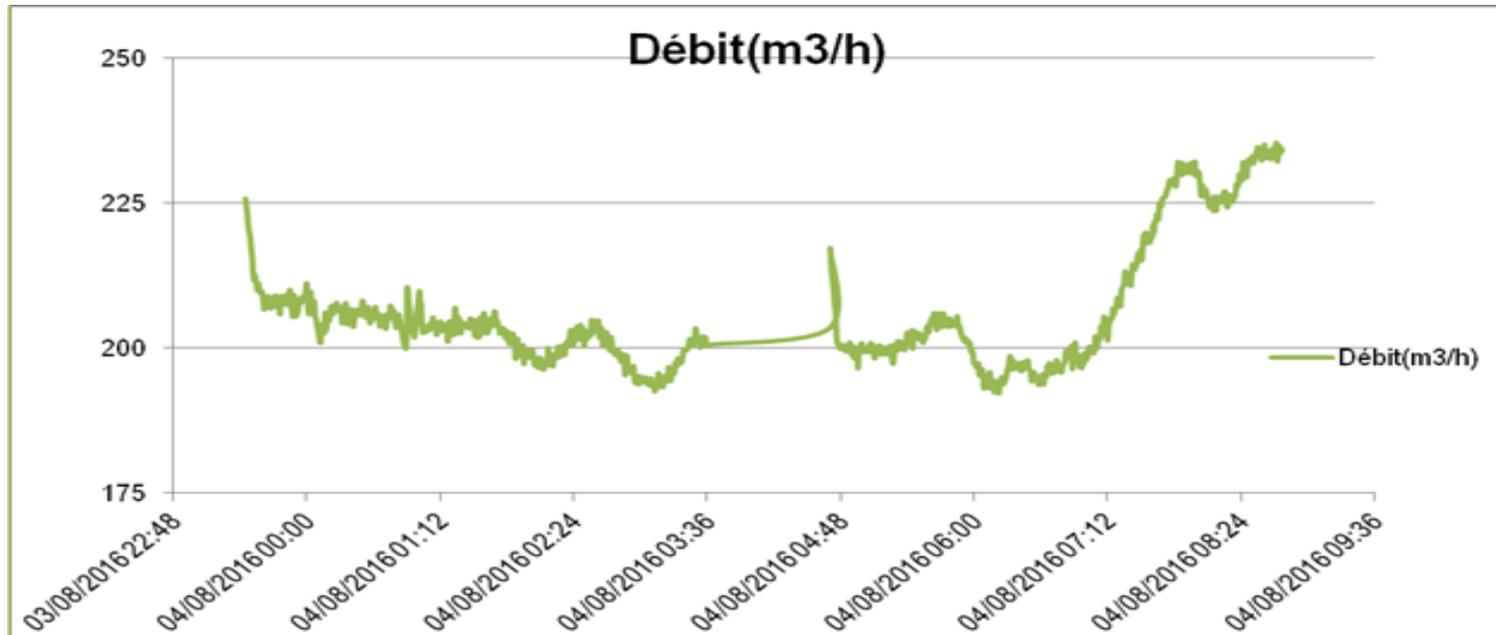
- Agence de l'eau, 2004. Guide rédactionnel Diagnostic AEP.
- Commune de Koudougou, 2006. Rapport définitif du diagnostic socio-économique et technique. Koudougou.
- FAYE, M., OUEDRAOGO, M., 2016. Recherche des fuites. 2ie, Burkina Faso.
- GIZ, V., 2011. Gestion pour la réduction des pertes en eau centré sur la gestion de la pression.
- IGIP, 2009. Projet de renforcement et d'extension des systèmes AEP des villes de Bobo-Dioulasso, Koudougou et Dédougou. DRNO (Ouagadougou).
- KOMENA, E.A., 2011. Diagnostic du service d'eau de la commune de Zorgho. 2IE.
- MOUSSA, F.D., 2012. Étude de sectorisation d'un réseau urbain d'eau potable de Dakar ville : Cas de Fann Hock. 2IE.
- OEUDRAOGO, M., 2015. Gestion Technique des AEP- recherche de fuites.
- ONEA, 2015a. Rapport mensuel d'exploitation. ONEA (Ouagadougou).
- ONEA, 2015b. Rapport technique d'exploitation. ONEA (Ouagadougou).
- OUEDRAOGO, B., 2005. Évaluation des besoins en eau, in : Ouvrages Constitutifs Des Systèmes d'AEP. 2IE.
- Zoungrana, D., 2008. Polycopié du cours : Alimentation en Eau Potable. 2IE.

### Sites Internet

1. [www.mairie-koudougou.bf](http://www.mairie-koudougou.bf)
2. [www.onea.bf](http://www.onea.bf)
3. [www.documentation.2ie-edu.org](http://www.documentation.2ie-edu.org)

ANNEXES

ANNEXE 1 : DEBIT NOCTURNE SUR CONDUITE DE REFOULEMENT DISTRIBUTIF



## ANNEXE 2 : FICHE D'ENQUÊTE

### FICHE D'ENQUETE MENAGE

#### Section 1 : Identification du chef de ménage

<b>S1Q01</b>	Nom et Prénom du chef de ménage (facultatif)	<input type="text"/>
<b>S1Q02</b>	Sexe : 1= Masculin 2= Féminin	<input type="text"/>
<b>S1Q03</b>	Age du chef de ménage (en année révolue)	<input type="text"/>
<b>S1Q04</b>	Secteur :	<input type="text"/>
<b>S1Q05</b>	Religion : 1= Chrétien 2= Musulman 3= Sans religion 4=Autres	<input type="text"/>
<b>S1Q06</b>	Situation Matrimoniale 1= Célibataire 2= Marié(e) 3 = Union libre 4= Divorcé(e)/ Séparé(e) 5= Veuf/Veuve	<input type="text"/>
<b>S1Q07</b>	Niveau d'instruction : 1=Sans Niveau 2= Primaire 3= Secondaire 4= Supérieur	<input type="text"/>
<b>S1Q08</b>	Nombre de personnes dans le ménage : 1= moins de 5 2=5 à 10 personnes 3=Plus de 10 personnes	<input type="text"/>

#### Section 2 : Besoin en eau potable, les fuites et capacité à payer l'eau

<b>S2Q01</b>	Quelles sont vos sources d'approvisionnement en eau ? 1=BF 2= BP 3=Puits 4= BF,BP 5=BF, Puits 6= BP, Puits	<input type="text"/>
<b>S2Q02</b>	Avez-vous un branchement ONEA 1=Oui 2= Non	<input type="text"/>
<b>S2Q03</b>	Si oui, depuis combien d'année ?	<input type="text"/>
<b>S2Q04</b>	Sinon avez-vous la capacité d'en prendre ? 1= Oui 2= Non	<input type="text"/>
<b>S2Q05</b>	Sinon Pourquoi (à Préciser) 1= Pas d'argent 2= Branchement éloigné	<input type="text"/>
<b>S2Q06</b>	L'approvisionnement en eau est-elle permanente ? 1= Oui 2= Non	<input type="text"/>
<b>S2Q07</b>	Sinon Pourquoi ? 1= Coupure temporaire 2= Coupure longue	<input type="text"/>
<b>S2Q08</b>	Quelle est la qualité de l'eau de l'ONEA ? 1= Bonne 2= Moins bonne 3= Mauvaise	<input type="text"/>
<b>S2Q09</b>	Quelle est la couleur de l'eau en général au robinet ? 1= Claire 2=Trouble	<input type="text"/>
<b>S2Q10</b>	Constatez-vous souvent les fuites d'eau ? 1= Oui 2= Non	<input type="text"/>
<b>S2Q11</b>	Si oui, les fuites sont-elles réparées à temps ? 1= Oui 2= Non	<input type="text"/>
<b>S2Q12</b>	Quelle quantité d'eau utilisez-vous par jour ? 1= Moins d'une barrique 2= 1 à 2 barriques 3= Plus de 2 barriques	<input type="text"/>
<b>S2Q13</b>	Quels sont vos besoins prioritaires en eau ? 1= Travaux ménagers 2= Usage commercial (Préparation ,boisson etc.)	<input type="text"/>

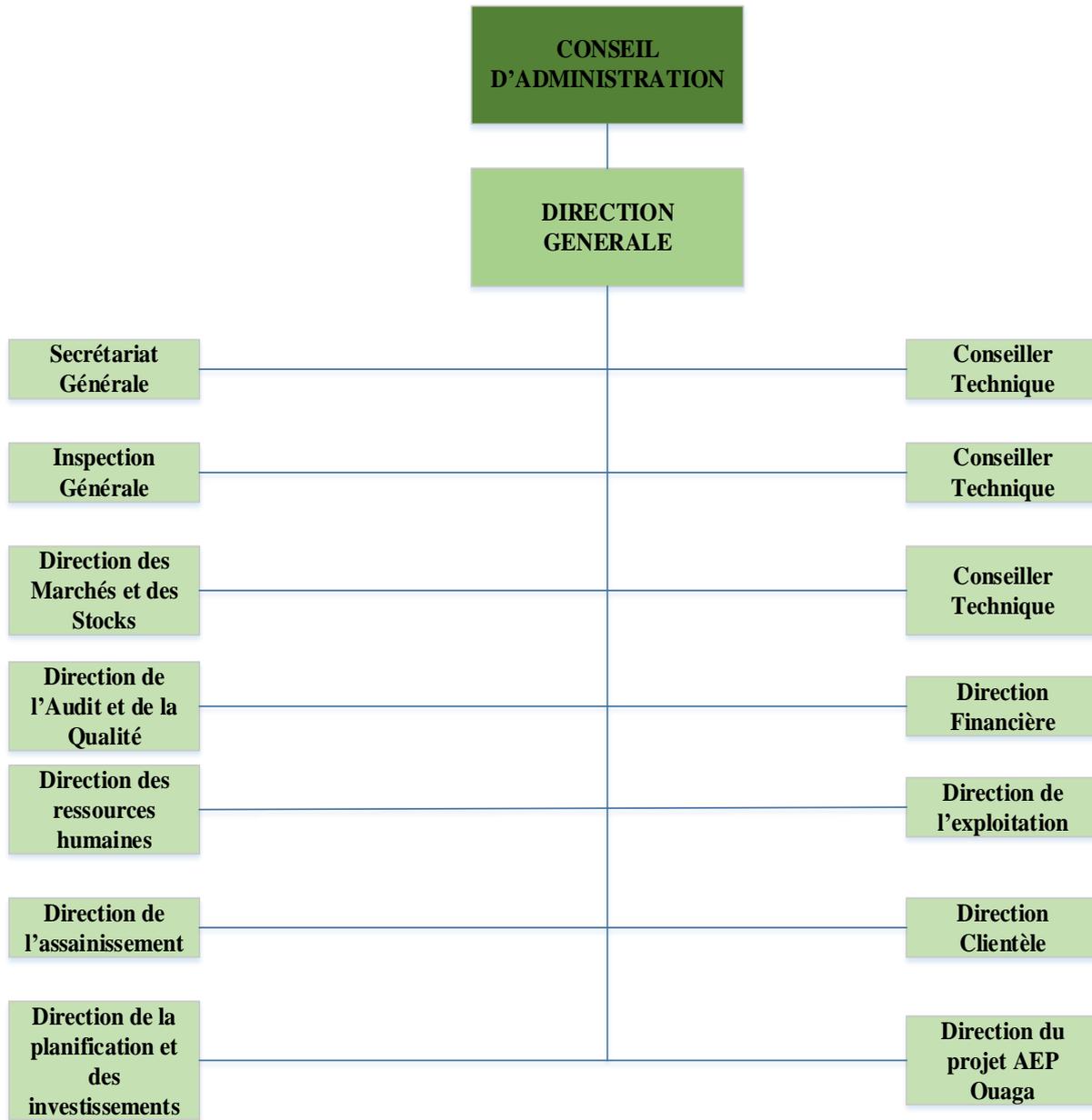
### ANNEXE 3 : RÉPARTITION DES COMPTEURS ET DES CONSOMMATIONS

DN (mm)	Nombre de CTR en service BP+BF
15	9188
20	518
30	34
32	3
40	4
50	4
60	1
<b>Total</b>	<b>9752</b>

35 compteurs de DN15 ont été posés en décembre 2015, 740 ont été résiliés et 597 déposés impayés.

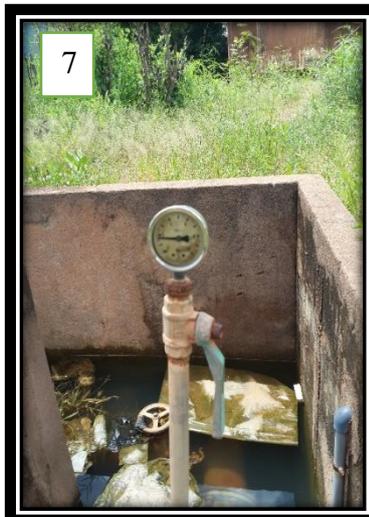
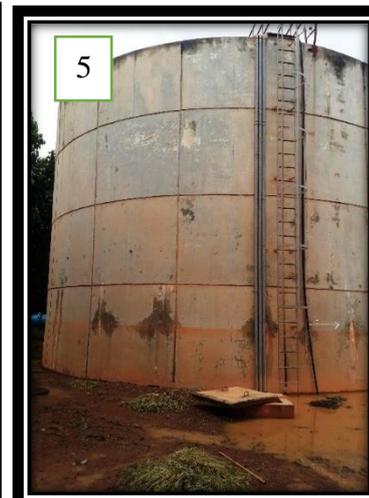
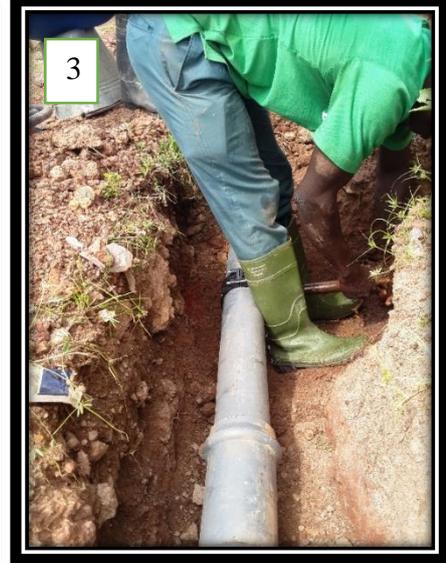
Mois	Abonnés Part. (m <sup>3</sup> )	BF (m <sup>3</sup> )	Consommation (m <sup>3</sup> )	Distribution (m <sup>3</sup> )
Janvier	90 343	51 284	157 871	194 784
Février	92 628	52 927	161 915	181 585
Mars	100 263	53 126	169 971	217 984
Avril	109 458	64 247	193 343	239 637
Mai	109 778	61 897	187 712	240 168
Juin	96 011	54 457	166 212	217 488
Juillet	91 008	44 142	151 392	203 673
Août	87 400	33 844	136 681	197 080
Septembre	80 498	35 988	129 261	189 096
Octobre	89 431	36 900	140 680	217 672
Novembre	93 130	46 428	156 683	210 093
Décembre	100 115	38 865	152 857	209 269
<b>Annuel</b>	<b>1 140 063</b>	<b>574 105</b>	<b>1 904 578</b>	<b>2 518 529</b>

## ANNEXE 4 : ORGANIGRAMME DE L'ONEA



Source : [www.onea.bf](http://www.onea.bf)

## ANNEXE 5 : QUELQUES PHOTOS DE KOUDOUGOU LORS DE LA VISITE SUR LE TERRAIN



1 : Ancien château d'eau en réhabilitation ; 2 : Nouveau château d'eau ; 3 : Réparation d'une fuite sur le réseau ; 4 : Pose d'un branchement ; 5 : Bâche d'eau brute ; 6 : Reprise de branchement ; 7 : Manomètre à la sortie de la station :

## ANNEXE 6 : RÉSULTATS ÉTALONNAGE DES COMPTEURS DE PRODUCTION

SITE: Refoulement n°1 (Refoulement distributif)

Date: 03/08/2016

	Marque	DN	Type compteur	Temps de mesure		Index débitmètre			Index débitmètre portatif			Écart		Tolérance	Observations
				Début	Fin	Initial	Final	Vol 1	Initial	Final	Vol 2	(m <sup>3</sup> )	%		
1ère mesure	SIEMENS	400	Électromagnétique	12h39	13h39	64182	64 435	253	19 744	19 973	229	24	10,48	±5	Sur compte
2ème mesure				14h49	15h55	64619	64 853	234	19 992	20 202	210	24	11,43	±5	Sur compte
3ème mesure				15h55	16h55	64853	65 118	265	20 202	20 436	234	31	13,25	±5	Sur compte
								<b>752</b>			<b>673</b>	<b>79</b>	<b>11,74</b>	±5	<b>Sur compte</b>

**Commentaire :** Débitmètre en état de sur comptage, nécessite l'application d'un facteur correctif de -11,74%.

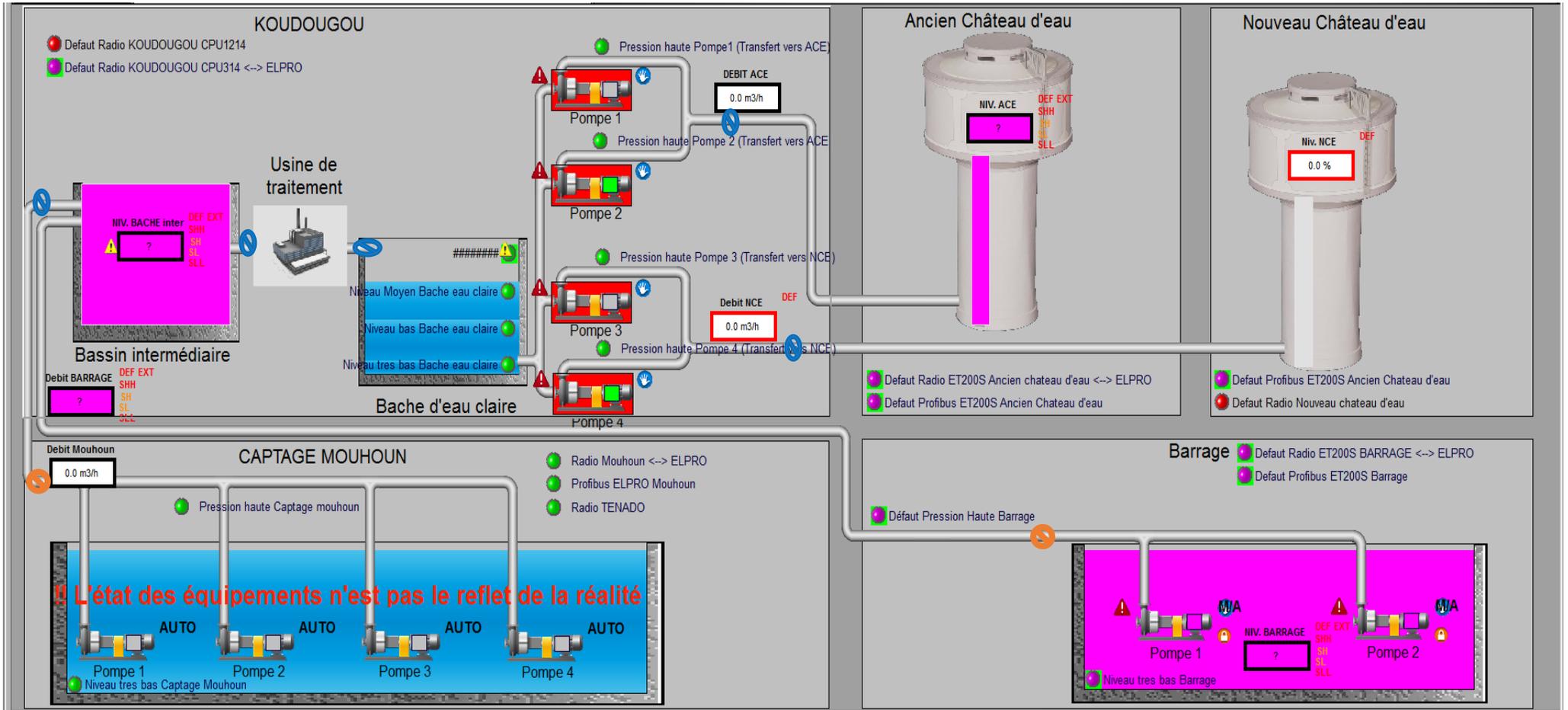
**SITE: Refoulement n°2 (Refoulement vers nouveau château)**

Date: 03/08/2016

	Marque	DN	Type compteur	Temps de mesure		Index débitmètre			Index débitmètre portatif			Écart		Tolérance	Observations	
				Début	Fin	Initial	Final	Vol 1	Initial	Final	Vol 2	(m³)	%			
1ère mesure	KRHONE	250	Électromagnétique	12h00	13h00	1138156	1 138 325	169	18 503	18 679	176	-7	-	3,98	±5	Bon
2ème mesure				13h00	14h03	1138325	1 138 509	184	18 679	18 868	189	-5	-	2,65	±5	Bon
3ème mesure				14h03	15h03	1138509	1 138 674	165	18 868	19 039	171	-6	-	3,51	±5	Bon
								<b>518</b>			<b>536</b>	<b>-18</b>	<b>-</b>	<b>3,36</b>	±5	<b>Bon</b>

**Commentaire :** Débitmètre en bon état de fonctionnement, ne nécessite pas de facteur correctif.

ANNEXE 7 : SYNOPTIQUE DE L'AEP DE LA VILLE DE KOUDOUGOU



### ANNEXE 8 : CALCUL RESEAU RAMIFIÉ DE DISTRIBUTION

Tronçons	L(m)	Q <sub>r</sub> (l/s)	D <sub>th</sub> (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	DN(mm)	J(m) sur tronçons	R <sub>ε</sub> JX	ZTN(m)aval	P <sub>mine</sub> en X(m)	Z <sub>mine</sub> (m)	P en X(m)	V(m/s)
R-100	161	41.2	228.85	285.00	300.00	0.187	0.187	314.6	10	324.79	27.04	0.64
100-101	581.6	39.80	224.80	226.20	250.00	2.157	2.344	308.75	10	321.09	30.74	0.99
101-102	412.51	13.88	132.66	144.60	160.00	2.018	4.362	310.65	10	325.01	26.82	0.84
101-93	90	25.37	179.57	180.80	200.00	0.449	2.793	311.25	10	324.04	27.79	0.99
102-103	227.78	12.49	125.82	126.60	140.00	1.832	4.625	306	10	320.63	31.21	0.99
93-95	223	1.21	39.24	45.20	50.00	4.123	8.749	306.2	10	324.95	26.88	0.75
93-90	585.4	23.07	171.24	180.80	200.00	2.415	5.208	316.2	10	331.41	20.42	0.90
90-79	120.3	22.52	169.19	180.80	200.00	0.473	0.660	309.24	10	319.90	31.93	0.88
79-74	364.6	21.41	164.95	180.80	200.00	1.295	1.955	305.6	10	317.55	34.28	0.83
74-80	1141	3.08	62.52	67.80	75.00	15.636	17.591	303.41	10	331.00	20.83	0.85
80-106	524	1.49	43.58	57.00	63.00	4.276	21.867	306	10	337.87	13.96	0.58
74-75	561	19.06	155.65	180.80	200.00	1.579	19.171	306	10	335.17	16.66	0.74
75-81	106	2.10	51.71	67.80	75.00	0.680	2.635	309.24	10	321.87	29.96	0.58
81-84	500	1.47	43.25	57.00	63.00	3.958	6.593	311.2	10	327.79	24.04	0.58
75-76	1892.3	16.53	144.95	180.80	200.00	4.007	6.641	301.5	10	318.14	33.69	0.64
7--13	221	11.74	122.19	126.60	140.00	1.581	4.216	312.5	10	326.72	25.11	0.93
18--3	135	7.54	97.83	99.40	110.00	1.442	5.658	310	10	325.66	26.17	0.97
8---9	1194.3	4.41	74.76	99.40	110.00	4.349	5.009	307	10	322.01	29.82	0.57
9--10	1355.63	2.28	53.77	67.80	63.00	10.161	15.171	306	10	331.17	20.66	0.63
104--20	706.3	7.50	97.38	113.00	110.00	3.737	8.746	310.5	10	329.25	22.58	0.74
20--2	772.01	6.83	92.96	113.00	110.00	3.391	12.137	311	10	333.14	18.69	0.68
2--15	1024.01	6.11	87.86	99.40	110.00	7.115	19.252	307.5	10	336.75	15.08	0.78
21--22	1104.11	6.18	88.41	99.40	110.00	7.863	20.000	308.5	10	338.50	13.33	0.79
2--21	1355.6	5.14	80.61	99.40	110.00	6.674	15.421	310	10	335.42	16.41	0.66
21--11	1916	2.81	59.66	99.40	110.00	2.829	22.829	309	10	341.83	10.00	0.36

**ANNEXE 9 : CALCUL DES DÉBITS EN ROUTE ET DÉBITS DE CALCUL**

TRONCONS	L(m)	Q <sub>r</sub> (l/s)	Q <sub>f</sub> (l/s)
R-100	161	0.00	41.2
100-101	581.6	1.00	39.80
101-102	412.51	0.71	13.88
101-93	90	0.15	25.37
102-103	227.78	0.39	12.49
93-95	223	0.38	1.21
93-90	585.4	1.01	23.07
90-79	120.3	0.21	22.52
79-74	364.6	0.63	21.41
74-80	1141	1.96	3.08
80-106	524	0.90	1.49
74-75	561	0.96	19.06
75-81	106	0.18	2.10
81-84	500	0.86	1.47
75-76	1892.3	3.25	16.53
7--13	221	0.38	11.74
18--3	135	0.23	7.54
8---9	1194.3	2.05	4.41
9--10	1355.63	2.33	2.28
104--20	706.3	1.21	7.50
20--2	772.01	1.33	6.83
2--15	1024.01	1.76	6.11
21--22	1104.11	1.90	6.18
2--21	1355.6	2.33	5.14
21--11	1916	3.29	2.81
103-6bn	255	0.44	11.28
6bn-4re	160	0.27	11.04
4re-3e	100	0.17	9.89
3e--104	308	0.53	8.79
104-103	1311.06	2.25	8.74
76-7	734	1.26	10.65
7-12bn	281	0.48	3.36
12bn-8j	100	0.17	4.36
8j-76	287	0.49	5.36
13-18	158	0.27	8.90
18-17	249	0.43	0.90
17-16	60.72	0.10	0.10
16-15bn	138	0.24	1.10
15bn-14	120	0.21	2.10
14-13	129	0.22	3.10
3--8	1027	1.76	3.58
8--6	233.17	0.40	0.22
6--5	579.96	1.00	0.55
5--4	507.99	0.87	1.48
4--3	136.92	0.24	2.61
<b>TOTAL</b>	<b>24150.27</b>	<b>41.20</b>	

## ANNEXE 10 : RESEAU RAMIFIE

### Maille I

Tronçon	L(m)	D(m)	Qhyp(m <sup>3</sup> /s)	Vitesse (ms/s)	Pdyn (m)	Pst (m)
103-6bn	255	0.145	0.012	0.70	13.43	34.35
6bn-4re	160	0.145	0.011	0.68	14.08	39.00
4re-3e	100	0.127	0.010	0.79	13.23	38.70
3e--104	308	0.145	0.009	0.55	10.42	36.60
104-103	1311.06	0.188	-0.010	0.36	11.83	39.00

### Maille II

Tronçon	L(m)	D(m)	Qhyp(m <sup>3</sup> /s)	Vitesse (ms/s)	Pdyn (m)	Pst (m)
76-7	287	0.188	0.01128	0.41	28.89	37.50
7-12nb	734	0.081	-0.0036	0.69	21.96	36.00
12nb-8j	281	0.113	-0.0044	0.44	17.97	32.60
8j-76	100	0.113	-0.0056	0.56	17.54	32.50

### Maille III

Tronçon	L(m)	D(m)	Qhyp(m <sup>3</sup> /s)	Vitesse (ms/s)	Pdyn (m)	Pst (m)
13-18	158	0.057	0.001035	0.41	22.20	31.30
18-17	248	0.057	-0.00111	0.43	18.08	28.40
17-16	60.72	0.057	-0.00015	0.06	22.67	33.00
16-15bn	138	0.057	-0.00122	0.48	18.87	30.00
15bn-14	120	0.057	-0.0021	0.82	19.94	33.00
14-13	129	0.099	-0.0031	0.40	20.99	32.40

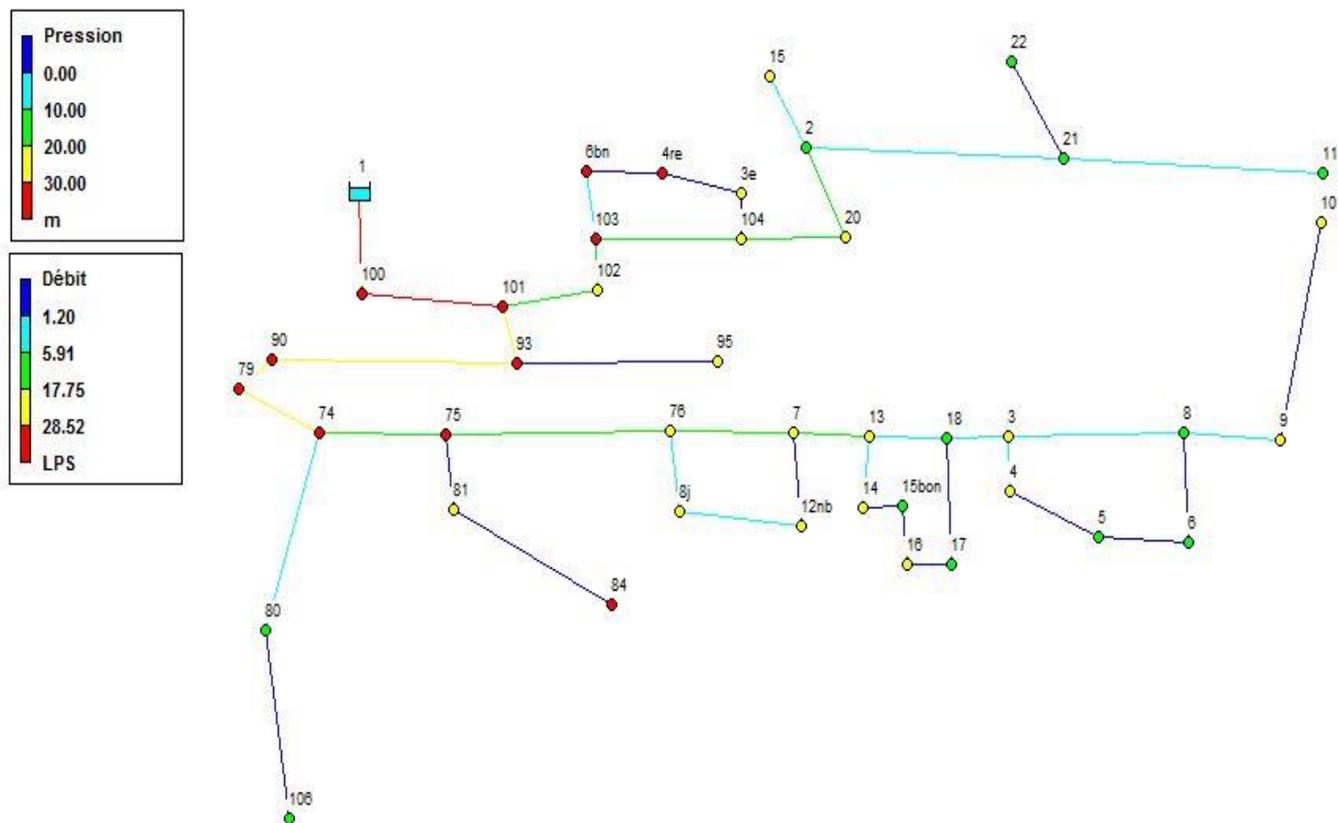
### Maille IV

Tronçon	L(m)	D(m)	Qhyp(m <sup>3</sup> /s)	Vitesse (m/s)	Pdyn (m)	Pst (m)
3--8	1027	0.099	0.004	0.52	21.34	35.6
8--6	233.17	0.045	0.001	0.45	19.26	35.2
6--5	579.96	0.045	0.000	0.04	21	37
5--4	507.99	0.045	-0.001	0.56	15.07	36.5
4--3	136.92	0.057	-0.002	0.82	11.37	35

## ANNEXE 11 : CADRE LOGIQUE

Objectifs spécifiques	Action à mener	Méthodes et Outils	Lieu de collecte	Résultats attendus
<b>Établir un diagnostic du réseau existant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Vérification de l'état des ouvrages actuels du réseau.</li> <li>✚ Vérification des moyens de comptage.</li> <li>✚ Vérification de la production et de la consommation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Visite sur le terrain des ouvrages.</li> <li>✚ Entretien avec les exploitants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ ONEA</li> <li>✚ Ménages</li> <li>✚ Les bornes fontaines</li> <li>✚ La source</li> <li>✚ Station de traitement</li> <li>✚ Services publiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Le rapport de diagnostic est disponible.</li> <li>✚ Connaissance de la capacité de production.</li> <li>✚ Rendement du réseau.</li> </ul>
<b>Évaluer les besoins en eau futurs (à l'horizon 2022).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Détermination des besoins actuels.</li> <li>✚ Détermination de la capacité des ressources actuelles et la performance des infrastructures.</li> <li>✚ Évaluation des besoins futurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Recherches documentaires.</li> <li>✚ Enquêtes.</li> <li>✚ Excel</li> <li>✚ Sphinx</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ ONEA</li> <li>✚ Ménages</li> <li>✚ Services publics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Les besoins actuels en AEP ainsi que leurs évolutions sont estimées.</li> <li>✚ La capacité du réseau actuel est connu.</li> </ul>
<b>Identifier les facteurs qui peuvent rendre le réseau de distribution optimal.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Détermination des facteurs de défaillance.</li> <li>✚ Identification des pertes au niveau du réseau de distribution.</li> <li>✚ Évaluation de la gestion et l'entretien du réseau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Diagnostic des installations existantes.</li> <li>✚ Documentations des rapports d'exploitation du réseau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ ONEA</li> <li>✚ Le réseau complet d'AEP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Les méthodes d'optimisation du réseau.</li> <li>✚ Les actions en vue de résoudre les anomalies et satisfaire les besoins futurs.</li> </ul>

## ANNEXE 12 : SIMULATION RÉSEAU



**ANNEXE 13 : ETAT DES ARCS ET NŒUDS ZONE 2**

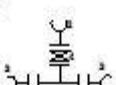
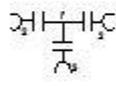
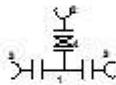
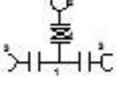
**Etat des nœuds à 6 h**

<b>ID Nœud</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Charge (m)</b>	<b>Pression (m)</b>	<b>ID Nœud</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Charge (m)</b>	<b>Pression (m)</b>
74	307.5	339.33	31.83	12nb	309	334.98	25.98
75	312	338.18	26.18	13	313.7	333.91	20.21
76	312.5	335.17	22.67	14	313	333.79	20.79
79	306	340.67	34.67	15bon	315	333.5	18.5
80	309.24	325.97	16.73	16	312	332.95	20.95
81	310	337.99	27.99	17	314.5	332.79	18.29
84	308	336.5	28.5	18	314	332.79	18.79
90	314	341.2	27.2	20	310	333.22	23.22
93	311.25	341.69	30.44	2	311	329.74	18.74
95	316.2	341.21	25.01	3	310	331.96	21.96
100	317	344.78	27.78	4	308.5	330.66	22.16
101	313	342.21	29.21	5	308	327.01	19.01
102	310.65	340.21	29.56	6	308	327.63	19.63
103	311	338.26	27.26	8	309.4	328.99	19.59
104	308.4	337.57	29.17	9	300	328.46	28.46
106	311.2	324.27	13.07	10	306	328.19	22.19
3e	308	337.89	29.89	11	295	326.02	31.02
4re	304	337.94	33.94	15	307.5	329.01	21.51
6bn	310	338	28	21	310	326.05	16.05
7	311	334.77	23.77	22	307.5	325.85	18.35
8j	312.4	335.07	22.67				

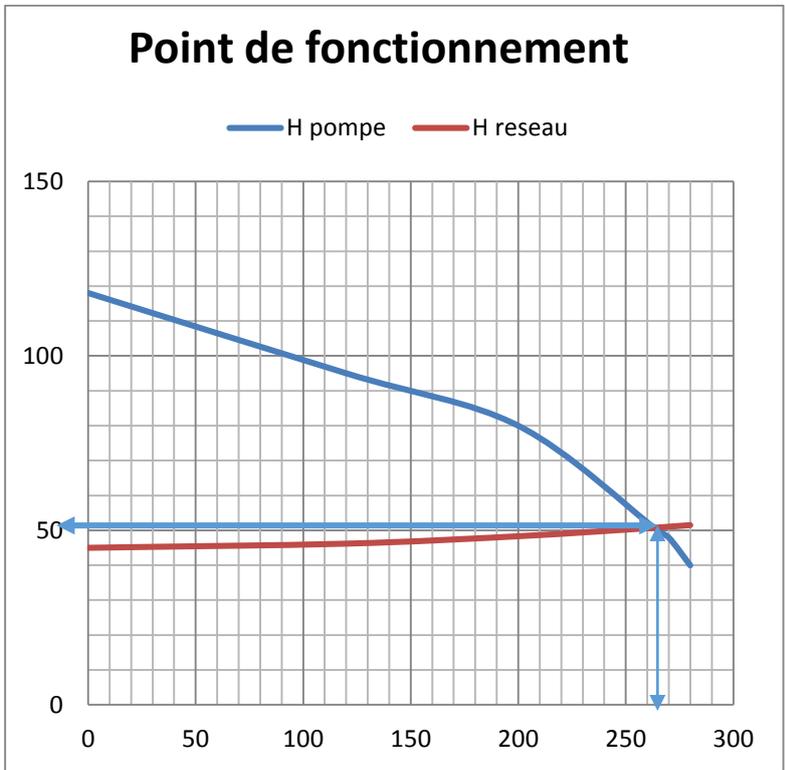
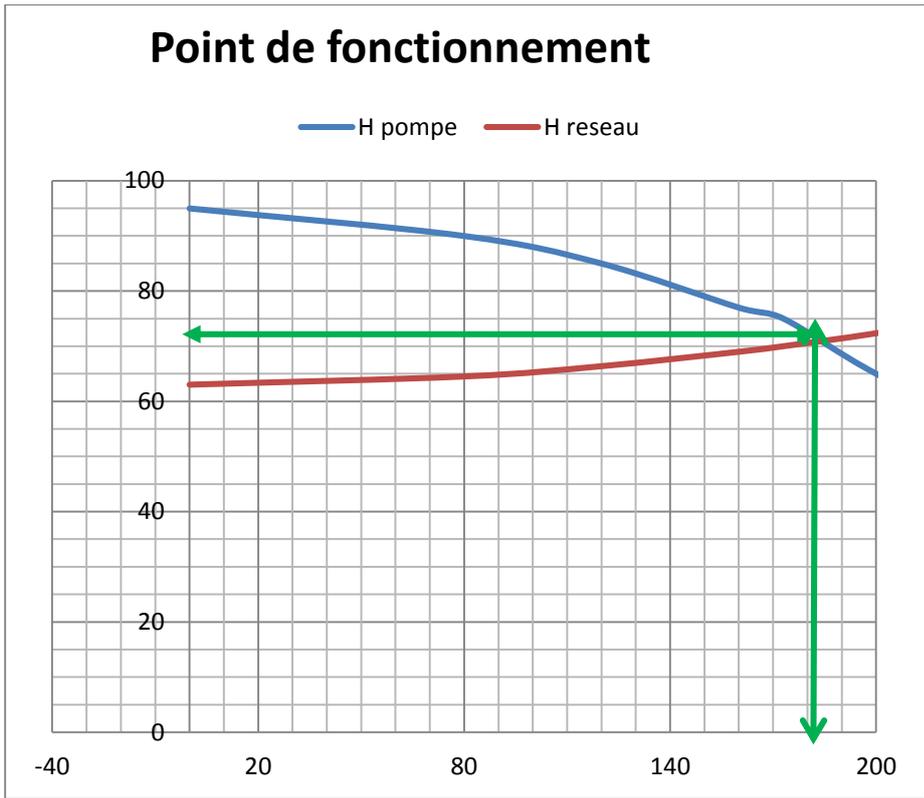
## Etat des arcs à 6 h

ID arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit	Vitesse m/s	Pdc (m/km)
86	561	180.8	15.33	0.6	2.06
87	1892.3	180.8	13.35	0.52	1.59
90	1141	67.8	-2.83	0.78	11.71
91	364.6	180.8	-20.78	0.81	3.66
93	106	67.8	1.03	0.29	1.8
101	120.3	180.8	-22.98	0.9	4.43
116	581.6	224.8	40.83	1.03	4.42
117	90	180.8	26.51	1.03	5.82
118	412.51	144.6	13.33	0.81	4.85
119	227.78	126.6	12.63	1	8.56
120	1311.06	180.8	8.26	0.3	0.53
126	524	57	0.89	0.35	3.24
6	255	99.4	-2.14	0.28	1.04
8	287	113	1.69	0.17	0.36
12	734	180.8	8.36	0.3	0.54
14	221	126	8.15	0.65	3.92
15	158	99.4	-5.82	0.75	7.09
16	281	81.4	-1.04	0.2	0.74
17	129	99.4	1.96	0.25	0.89
18	120	57	0.76	0.3	2.43
19	138	45.2	0.53	0.33	3.97
20	60.72	45.2	-0.43	0.27	2.72
21	249	57	-0.01	0.01	0
24	160	99.4	1.15	0.145	0.34
25	161	285	-41.1	0.64	1.36
26	308	45.2	0.25	0.16	1.02
1	281	113	1.52	0.15	0.3
2	135	99.4	5.56	0.72	6.11
5	136.92	57	1.59	0.62	9.53
7	507.99	45.2	0.73	0.46	7.19
9	579.96	45.2	-0.26	0.16	1.07
10	233.17	45.2	-0.66	0.41	5.83
11	1194.3	99.4	1.33	0.17	0.44
13	1027	99.4	3.74	0.48	2.9
27	772.01	113	6.66	0.66	5.41
28	1355.63	67.8	0.3	0.08	0.2
30	100	81.4	0.88	0.17	0.55
32	1024.01	99.4	1.74	0.22	0.71
33	1355.6	99.4	3.61	0.47	2.72
34	1916	200	1.2	0.04	0.01
35	1104.11	45.2	0.1	0.06	0.18
36	500	57	0.85	0.33	2.98
37	100	180.2	23.98	0.94	4.88
38	223	45.2	0.38	0.24	2.16
39	706.3	113	7.86	0.78	6.17

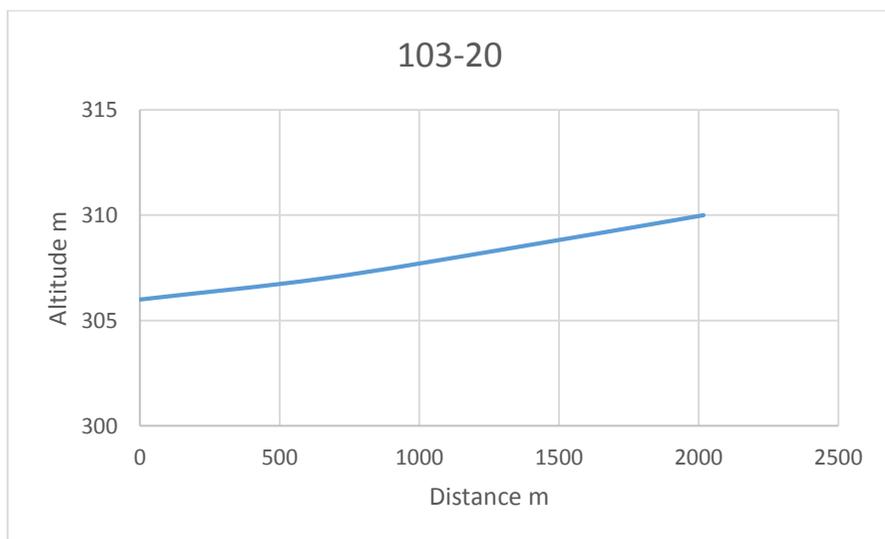
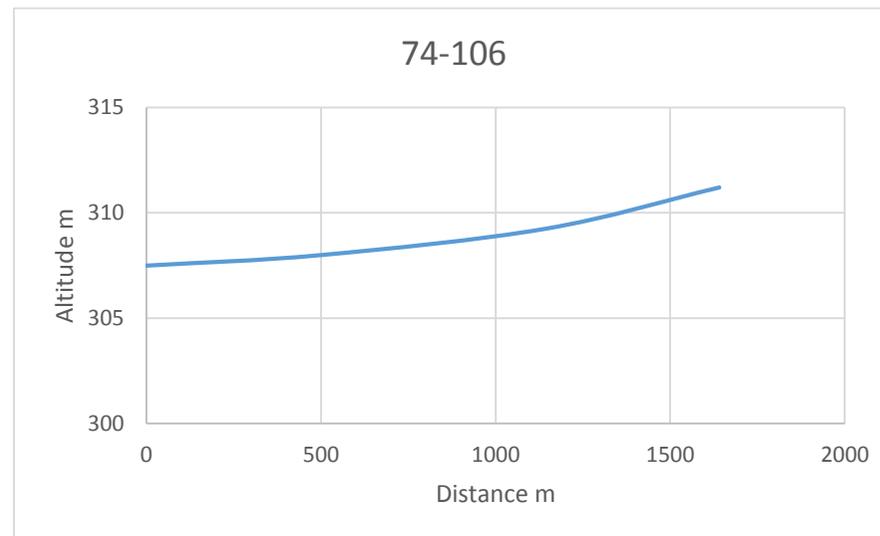
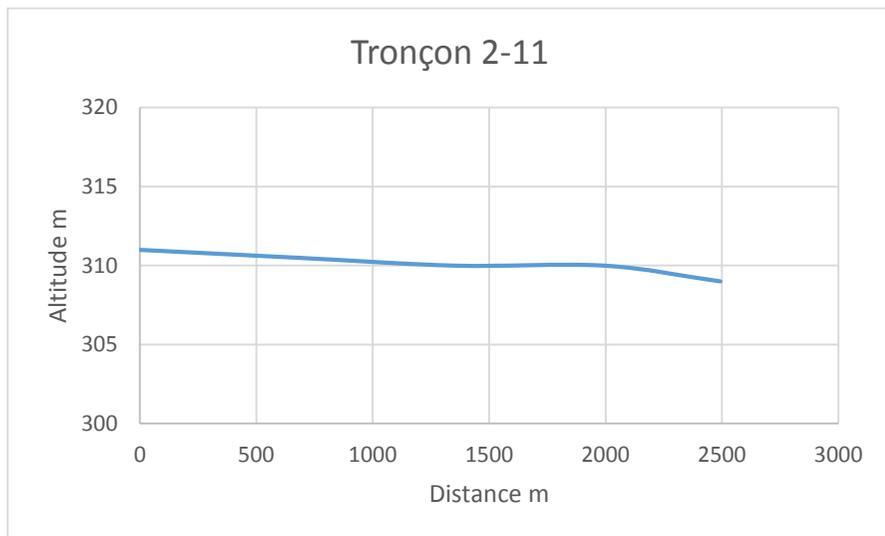
## ANNEXE 14 : CARNET DES NOEUDS

<p align="center"><u>Noeud n°1</u></p> 	<p align="center"><u>Pièces</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Té DN 140/110</li> <li>2. Adaptateur à brides DN 140</li> <li>3. Adaptateur à brides DN 110</li> <li>4.Vanne DN 110</li> </ol>	<p align="center"><u>Noeud 13</u></p> 	<p align="center"><u>Pièces</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Té DN 140/110</li> <li>2-Adaptateur à brides DN 110</li> <li>3-Adaptateur à brides DN 140</li> <li>4- Vanne Plate ES DN 110</li> </ol>
<p align="center"><u>Noeud n°18</u></p> 	<p align="center"><u>Pièces</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Té DN 63/110</li> <li>2-Adaptateur DN 110</li> <li>3-Adaptateur DN 110</li> <li>4. Vanne DN 110</li> </ol>	<p align="center"><u>Noeud n°</u></p> 	<p align="center"><u>Pièces</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Té DN 140/90</li> <li>2. Adaptateur DN 90</li> <li>3. Adaptateur DN 140</li> <li>4. Vanne DN 90</li> </ol>
<p align="center"><u>Noeud 75</u></p> 	<p align="center"><u>Pièces</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Té DN 200/75</li> <li>2-Adaptateur DN 75</li> <li>3-Adaptateur DN 200</li> <li>4- Vanne DN 75</li> </ol>	<p align="center"><u>Noeud A7</u></p> 	<p align="center"><u>Pièces</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Coude DN 63, 90°</li> </ol>

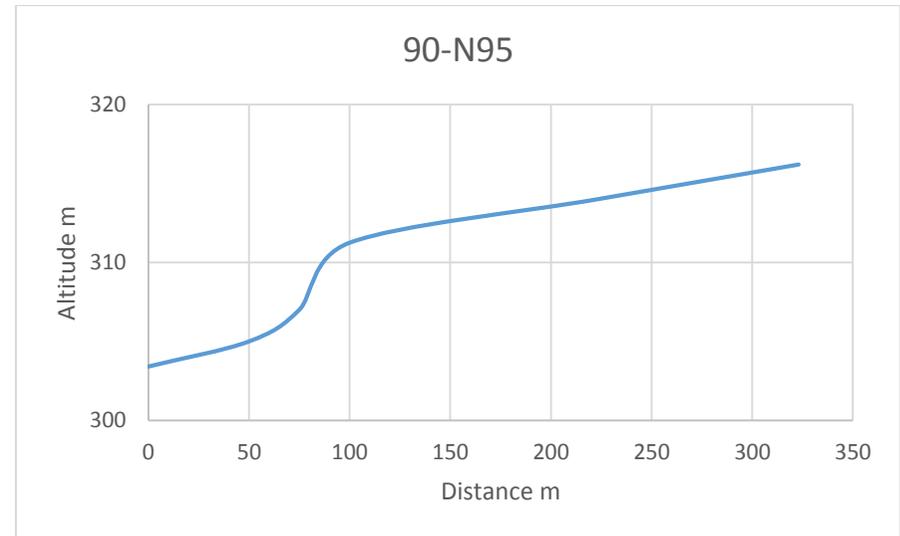
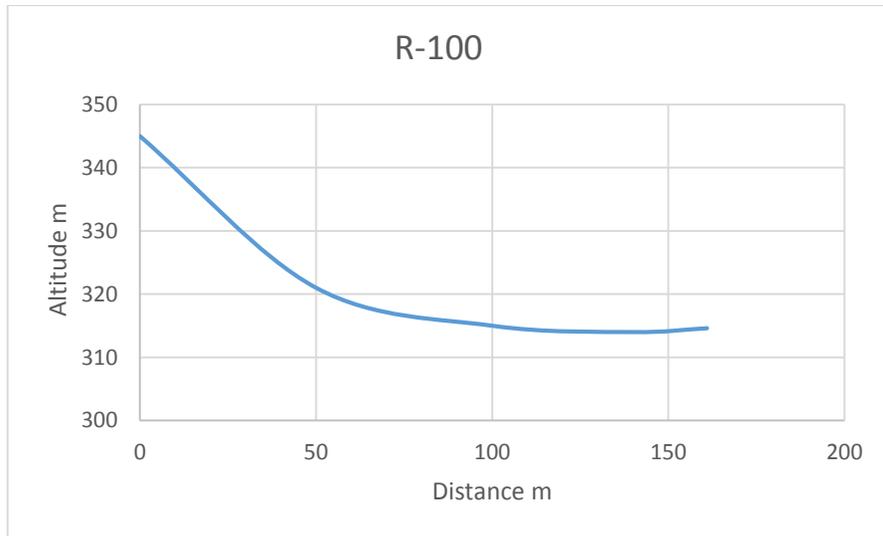
**ANNEXE 15 : COURBE POINT DE FONCTIONNEMENT**



### ANNEXE 16 : PROFIL EN LONG



« Diagnostic du réseau d'AEP de la ville de Koudougou »



## ANNEXE 17 : ESTIMATION DES COUTS

### Coûts d'extension secteur 5 et 6

**Caractéristiques :** Canalisation : Tube PVC DN200 et DN110. Longueur 8300 ml et 2300 ml

**Reference :** Secteur 5, 6 et 7

**Tableau 30:** Coût travaux extension secteur 5 et 6

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unit	Prix Total
Tranchée	ml	10 600	1 500	15 900 000
Tube PVC DN 110 PN 10	ml	2 300	3 300	7 590 000
Adaptateur de bride DN 110	U	2	12 500	25 000
Adaptateur de bride DN 200	U	3	15 000	45 000
Vanne ES DN 110	U	1	80 000	80 000
Vanne ES DN 200	U	2	95 000	190 000
Tube évacuation DN 200	ml	10	3 000	30 000
Boulon	U	70	520	36 400
Tube PVC DN 200 PN 10	U	8 300	7 300	60 590 000
Tête de bouche à clé	U	10	10 000	100 000
Tube évacuation DN 110	ml	10	2 500	25 000
Grillage avertisseur DN 30 cm	ml	10 600	95	1 007 000
Coude pvc DN 200	U	5	15 000	75 000
Coude pvc DN 110	U	3	12 000	36 000
Imprévue 15%				12 859 410
<b>Total fournitures et tranchée</b>				<b>98 588 810</b>

### Coûts d'extension pour couvrir les quartiers Est de la ville

**Caractéristiques :** Canalisation : Tube en PVC DN200 ; Longueur : 31 060 m

**Reference :** Secteur : 2, 4 et 3

**Tableau 31:** Coût extension secteur 2 , 4 et 3

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
Tranchée	ml	31 060	2 000	62 120 000
Tube PVC DN 200	ml	31 060	3 300	102 498 000
Vanne Plate Es DN	U	20	211 000	4 220 000
Tête de Bouche à Clé 05 kg	U	4	9 700	38 800
Adaptateur à Brides FT/PVC DN 160	U	1	17 255	17 255
Joint plat DN	U	4	450	1 800
Té Fonte 3 Bride DN 200	U	7	90 000	630 000
Tube évacuation DN 200 1.1 ml	ml	20	2 500	50 000
Courbe PVC à Joint DN 200 à 90 °	U	20	17 000	340 000

Boulon	U	200	335	67 000
Grillage avertisseur de 30 cm	ml	31 060	100	3 106 000
Coude PVC DN 200	U	20	15 000	300 000
Autres équipements 10%				17 338 886
Imprévue hausse des prix 15%				28 609 161
<b>Total fournitures et tranchée</b>				<b>219 336 902</b>

**✚ Coût de la sectorisation, remplacements et réhabilitation des équipements défectueux**

**Tableau 32:** Coût sectorisation et renforcement du réseau

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
<b>Remplacement, Réhabilitation des équipements défectueux</b>				
Poteaux Incendie	U	10	700 000	7 000 000
Poteaux incendie défectueux	U	6	350 000	2 100 000
Ventouses	U	9	250 000	2 250 000
vannes de vidange	U	15	400 000	6 000 000
Pose Vannes, Ventouses ,PI	U	96	25 000	2 400 000
Manomètre	U	15	100 000	1 500 000
Réducteur de pression	U	10	700 000	7 000 000
Stabiliseur de pression	U	10	1 000 000	10 000 000
Mise en place borne fontaine	U	40	1 000 000	40 000 000
Borne fontaine défectueuse	U	5	1 000 000	5 000 000
Campagne d'étalonnage des compteurs clients	FF	1	5 000 000	5 000 000
Remplacement compteur DN 400 refoulement distributif qui sur compte	U	1	4 040 000	4 040 000
Remplacement compteurs clients défectueux	U	3 807	20 000	76 140 000
<b>Total 1</b>				<b>168 430 000</b>
<b>Sectorisation du réseau</b>				
Fourniture et pose compteur moyen calibre	U	5	3 500 000	17 500 000
Fourniture et pose des manomètres	U	5	100 000	500 000
<b>Total 2</b>				<b>18 000 000</b>
Divers (10%)				18 643 000
Imprévue hausse des prix 15%				27 964 500
<b>Total</b>				<b>233 037 500</b>

**✚ Coûts réseau mixte secteur 2-4-3**

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
<b>Adduction</b>				
Fourniture et installation Pompe	FF	4	30 000 000	120 000 000
Fourniture et pose de PVC PN16 -DN 400 mm / DN 350 mm	FF	1	553 237 400	553 237 400
Accessoires	Ens	1	10 000 000	10 000 000
<b>TOTAL A</b>				<b>698 237 400</b>
<b>FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE DISTRIBUTION</b>				
<b>Fourniture et pose de conduites</b>				
Conduite en PVC 50 PN 10	ml	2 187.67	2 200	4 812 874
Conduite en PVC 63 PN 10	ml	884.55	2 500	7 211 375
Conduite en PVC 75 PN 10	ml	623.5	4 750	2 961 625
Conduite en PVC 90 PN 10	ml	834	5 500	4 587 000
Conduite en PVC 110 PN 10	ml	1 571	6 300	9 897 300
Conduite en PVC 140 PN 10	ml	605.39	8 600	5 206 354
Conduite en PVC 160 PN 10	ml	412.51	11050	4 558 236
Conduite en PVC 200 PN 10	ml	5 211.66	14 200	74 005 572
Conduite en PVC 250 PN 10	ml	581.6	18 000	10 468 800
Borne Fontaine	Ens	1	1 000 000	1 000 000
Accessoires	Ens	1	20 000 000	20 000 000
<b>TOTAL B</b>				<b>144 709 136</b>
<b>DIVERS</b>				<b>8 429 465</b>
<b>TOTAL HORS TAXE</b>				<b>851 376 000</b>
<b>TVA</b>				<b>18%</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1 004 623 681</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>1 004 623 681</b>

**✚ Récapitulatif des différents coûts d'optimisation**

**Tableau 33:** Coût global d'optimisation

Actions à mener	Coûts
Pose nouvelle conduite de refoulement DN 400 mm/DN 350 mm	553 237 400
Travaux d'extension secteur 5,6 et 7	98 588 810
Travaux d'extension secteur 2,4 et 3	219 336 902
Sectorisation, Renforcement du réseau	233 037 500
Proposition réseau mixte	
<b>Total</b>	<b>1 555 586 893</b>

Le montant hors taxe s'élève à **1 555 586 893 F CFA**.