



HAL
open science

Étude de faisabilité pour l'amélioration du système d'AEP de la ville de Kisumu

Abdou Hanzim Salet Saroukou

► **To cite this version:**

Abdou Hanzim Salet Saroukou. Étude de faisabilité pour l'amélioration du système d'AEP de la ville de Kisumu. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2018. dumas-02061008

HAL Id: dumas-02061008

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02061008>

Submitted on 7 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Structure d'accueil : BRL Ingénierie

ETUDE DE FAISABILITE POUR L'AMELIORATION DU SYSTEME D'AEP DE LA VILLE DE KISUMU

**Mémoire de fin d'Etudes pour l'obtention du
DIPLOME DE MASTERE SPECIALISE EN EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT**



Présenté et soutenu le 21 Novembre 2018 par :

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU

Maitre de Stage :

Delphine Marty

Période de stage

19 Avril 2018 au 18 Octobre 2018

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier le corps professoral et administratif de l'ENGEES pour les efforts qu'ils déploient afin d'assurer à leurs étudiants une formation de qualité.

J'exprime toute ma reconnaissance envers Mme Delphine Marty d'avoir cru en moi et en mes motivations en m'offrant l'occasion d'effectuer ce stage. Merci de m'avoir conseillé, orienté et guider dans mon travail.

Je tiens à remercier et témoigner ma gratitude envers Mr Victor Ducrot pour sa disponibilité et pour toutes les explications qu'il a pu m'apporter sur le projet. Merci de m'avoir aidé à mieux comprendre le réseau de Kisumu, le contexte et les difficultés rencontrées. Chaque échange a été un pur régal parce que, soit j'y ressortais avec un plus, soit cela me permettait de débloquent une situation. J'ai été très ravis par la collaboration.

Merci également à Fatima Zahra Behhadouche pour son encadrement durant ma période de stage.

Merci à mon référent école Mr Jean Bernard BARDIAUX de m'avoir accordé du temps et répondu à mes préoccupations.

J'adresse également mes remerciements à l'endroit de Mr Luc Girard et à l'ensemble du personnel de BRL Ingénierie pour leur accueil. Je ne me suis jamais senti étranger au sein du groupe. Merci infiniment.

Je remercie également mes amis de promotion avec qui j'ai partagé d'agréables expériences et heureux moments. Vous êtes une belle famille et j'ai savouré chaque instant passé auprès de vous.

Je ne saurai oublier ma FAMILLE, ses membres qui me sont si chères et qui me sont d'un soutien infaillible. Je vous remercie d'avoir répondu présent à chaque fois que l'occasion s'est présentée. Je vous remercie de n'avoir pas hésité à me soutenir et m'offrir l'occasion de faire de grandes études.

PAPA, MAMAN je vous remercie pour tout.

RESUME

La présente étude concerne l'adduction et la distribution d'eau potable de la ville de Kisumu, siège provincial de la province de Nyanza au Kenya. Géographiquement, la ville est située sur les rives du Lac Victoria.

L'objectif de ce projet porte sur l'étude du fonctionnement hydraulique du réseau pour établir un programme de travaux afin d'améliorer le système d'adduction et de distribution d'eau potable de la municipalité de Kisumu.

Ainsi, pour atteindre les objectifs visés, la démarche méthodologique adoptée a consisté à faire un traitement des données préalablement à la construction d'un modèle hydraulique sous le logiciel Epanet, le diagnostic du fonctionnement du réseau, une étude de faisabilité des travaux non achevés dans le cadre PALT (Plan d'Action à Long Terme) ainsi que des aménagements. Cependant, en l'absence des données de la campagne de mesures, le calage du modèle n'a pas été effectué dans les règles de l'art. Un test de sensibilité du modèle aux rugosités a donc été privilégié.

L'étude diagnostic effectué grâce au modèle hydraulique a montré la présence de fortes pressions en situation actuelle sur des zones spécifiques de la ville : Konya et Dunga. Les simulations réalisées sur le modèle ont également que les vitesses étaient généralement très faibles dans le réseau. L'exploitation du modèle a également permis d'étudier la faisabilité des travaux restants dans le cadre du PALT et de conclure que la réalisation de ces travaux ne permettait pas d'améliorer le fonctionnement hydraulique du réseau.

Afin d'améliorer le fonctionnement hydraulique du réseau, une sectorisation a donc été envisagé. La sectorisation a donc été effectuée sur le modèle construit pour l'horizon du projet (2048). Le présent mémoire ne traite cependant que de quelques secteurs notamment : Obwolo, Mamboleo, Château d'eau de Riat, Réservoir de Riat, Kanyamedha et le nouveau réservoir de Riat.

Mots clés : Réseau d'Eau Potable, Adduction, Traitement de données, Modélisation, Diagnostic, Sectorisation

ABSTRACT

The present study concerns the supply and distribution of drinking water in the city of Kisumu, the provincial seat of Kenya's Nyanza province. Geographically, the city is located on the shores of Lake Victoria.

The objective of this project is to study the hydraulic operation of the network to establish a work program to improve the drinking water supply and distribution system of the Municipality of Kisumu.

Thus, to achieve the objectives, the methodological approach adopted was to do a data processing prior to the construction of a hydraulic model under the software epanet, the diagnosis of the operation of the network, a feasibility study of work not completed in the PALT framework as well as amenities. However, in the absence of data from the measurement campaign, the calibration of the model was not carried out in the state of the art. A sensitivity test of the model to roughness was therefore preferred.

The diagnostic study carried out thanks to the hydraulic model showed the presence of strong pressures in current situation in Konya and Dunga. Simulations performed on the model also indicated that speeds were generally very low in the network. The exploitation of the model also made it possible to study the feasibility of the remaining works within the framework of the PALT and to conclude that the realization of this work did not make it possible to improve the hydraulic functioning of the network.

In order to improve the hydraulic operation of the network, a sectorization was therefore envisaged. Sectorization was therefore carried out on the model built for the project horizon (2048). However, this memoir deals with only a few sectors: Obwolo, Mamboleo, Riat Water Tower, Riat Reservoir, Kanyamedha and the new Riat Reservoir.

Keywords : Drinking Water Network, Adduction, Data processing, Modelization, Diagnostic, Sectorization

REMERCIEMENTS	I
RESUME.....	II
ABSTRACT	III
I. INTRODUCTION	1
1. Présentation du Groupe BRL	1
2. Contexte et Problématique	1
3. Objectifs	2
II. APPROCHE METHODOLOGIQUE	2
1. Recherche documentaire	2
2. Analyse et traitement des données	2
3. Diagnostic du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu.....	3
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	3
1. Situation géographique.....	3
2. Données climatiques	4
3. Topographie	4
4. Contexte hydrologique	5
5. Activités socio-économiques.....	5
IV. CONTEXTE DE LA DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE DE KISUMU.....	5
1. Diagnostic de la situation actuelle au niveau des ouvrages.....	5
a. Etat des ressources	5
b. Description du système de production et de distribution	6
c. Fonctionnement du réseau d'eau potable de Kisumu	8
2. Organisation actuelle du service de gestion de l'eau	9
3. Projections futures.....	10
a. Projection de la population	11
b. Demande en eau.....	12
V. MODELISATION HYDRAULIQUE.....	12
1. Construction du modèle	12
a. Généralités	12
b. Logiciel utilisé	13
c. Equations utilisées	13
d. Tronçons	14
e. Nœuds.....	14

f.	Réservoirs	15
g.	Bâches.....	15
h.	Pompes.....	15
i.	Répartition de la consommation	15
j.	Courbe de modulation de la consommation	17
2.	Calage du Modèle.....	18
VI.	EXPLOITATION DES RESULTATS DU MODELE.....	20
1.	Diagnostic du réseau	20
a.	Critères de vitesses et de pressions.....	20
b.	Diagnostic au niveau du paramètre Vitesses	20
c.	Diagnostic au niveau du paramètre Pressions	22
d.	Diagnostic au niveau du paramètre Marnage des réservoirs	24
2.	Etudes d'aménagement	24
a.	Analyse critique de la faisabilité des travaux	25
b.	Proposition de solutions pour les fortes pressions.....	30
c.	Recommandation pour les faibles vitesses	31
3.	Recommandation pour la situation future	31
a.	Sectorisation	32
b.	Secteurs étudiés	34
VII.	CONCLUSION	41
	BIBLIOGRAPHIE	42
	ANNEXES	a
	Annexe 1 : Population de la zone d'étude	b
	Annexe 2 : Volumes d'eau mis en distribution	d
	Annexe 3 : Réservoirs de distribution	e
	Annexe 4 : Courbe de pompes : Kanyamedha (situation existante).....	f
	Annexe 5 : Les gros consommateurs	f
	Annexe 7 : Travaux proposés par les études antérieurs dans le cadre du PALT.....	k
	Annexe 8 : Devis estimatif des travaux testés	l
	Annexe 9 : Marnage des réservoirs	m
	Annexe 10 : Synthèse des travaux à réaliser pour les aménagements.....	n
	Annexe 11 : Schéma réseau d'eau potable de la ville de Kisumu	r

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Réservoirs de distribution d'eau potable de la ville de Kisumu	6
Tableau 2: Demande en eau par zone technique	17
Tableau 3 : Hypothèses de rugosités de Darcy Weisbach testés dans le modèle.....	18
Tableau 4 : Confrontation des pressions entre les différents modèles	18
Tableau 5 : Confrontations des vitesses entre les différents modèles	19
Tableau 6 : Quantités des travaux restant dans le cadre du PALT.....	25
Tableau 7: Conduites avec une amélioration de la vitesse – travaux X3.....	27
Tableau 8: Conduites avec une amélioration de la vitesse - travaux X4.....	28
Tableau 9: Synthèse des travaux effectués.....	30
Tableau 10 : Caractéristiques pompes Obwolo.....	30
Tableau 11: Capacité de stockage requise [source].....	33
Tableau 12 : Réservoirs alimentant chaque secteur	34
Tableau 13 : consigne des stabilisateurs aval de pression installés.....	36
Tableau 14 : Niveau des réservoirs du réseau de distribution de Kisumu	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation de la ville de Kisumu	4
Figure 3: Conduites par type de matériaux	7
Figure 4: Carte des zones techniques de distribution	8
Figure 2: Relation entre KIWASCO, les entrepreneurs communautaires et les abonnés [7] ..	10
Figure 5 : Zones du projet et les sous localités	11
Figure 6: Evolution de la population de la ville de Kisumu entre 2009 et 20048.....	12
Figure 7: Consommations mensuelles par zone technique en 2017.....	16
Figure 8: Courbe de modulation de la consommation utilisée dans le modèle.....	17
Figure 9: Variation de pressions entre le modèle initial et le modèle en scénario 2.....	19
Figure 10: Vitesses d'écoulement dans les conduites à 3 heures.....	21
Figure 11: Vitesses d'écoulement dans les conduites à 8 heures.....	22
Figure 12 : Répartition des pressions sur le réseau de Kisumu à 3 heures	23
Figure 13: Répartition des pressions sur le réseau de Kisumu entre 8 heures et 9 heures	24
Figures 14: Résultats observés à 3 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux	26

Figure 15 : Résultats observés à 8 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux	26
Figure 16: Résultats observés à 8 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux	27
Figure 17 : Résultats observés à 8 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux	28
Figure 18 : Abonnés avec des pressions élevées à Dunga (à gauche) et Obwolo (à droite)	29
Figure 19 : Situation existante (à gauche) et après aménagement (à droite) pour la pression - Obwolo	30
Figure 20 : Extension du réseau pour l'horizon 2048.....	32
Figure 21: Sectorisation du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu	33
Figure 22 : Réseau de distribution avec les secteurs étudiés.....	34
Figure 23: Secteur Alimenté par le réservoir dit d'Obwolo (secteur VI)	35
Figure 24: Secteur alimenté par le réservoir de Mamboleo	36
Figure 25 : Secteurs desservis par les réservoirs de Gee, Riat et le château d'eau de Riat	37
Figure 26 : Secteurs alimentés par les réservoirs de Kanyamedha et le nouveau réservoir Riat	38
Figure 27: Secteur desservi par le réservoir de Kajulu	39
Figure 28: Marnage des réservoirs de Mamboleo, Gee, Réservoir et Château d'eau de Riat ..	40

I. INTRODUCTION

1. Présentation du Groupe BRL

Le stage a BRL Ingénierie est l'aboutissement d'un projet professionnel murement réfléchi bien avant mon arrivée en France. En effet, mon objectif était de faire un stage dans un bureau d'étude français afin d'effectuer un travail de réflexion lors de la conception ou l'étude sur un projet d'alimentation en eau potable ou assainissement. Ainsi, suite à une offre publiée par le bureau d'étude BRL Ingénierie, j'ai été retenu pour un stage de six mois sur un projet portant sur l'étude de faisabilité pour l'amélioration du système d'AEP de la ville de Kisumu au Kenya.

Depuis 60 ans, BRL participe au développement d'un vaste territoire méditerranéen, situé entre le delta du Rhône et l'Espagne, en mobilisant des ressources en eau sécurisées (principalement issues du Rhône ou de barrages) pour répondre aux besoins des activités économiques (tourisme, agriculture) et des populations (eau potable), tout en préservant les ressources locales les plus fragilisées.

BRL est aujourd'hui un Groupe composé de plusieurs filiales dont BRL Ingénierie qui intervient en France et à l'International dans les domaines de l'eau, de l'environnement et de l'aménagement du territoire. Ses experts sont en particulier mobilisés sur les grands défis que représentent, l'alimentation en eau et l'assainissement, l'adaptation au changement climatique et son atténuation, la protection contre la sécheresse, les inondations, la submersion marine, la gestion intégrée des zones côtières, la protection de la biodiversité ou la transition écologique et énergétique

2. Contexte et Problématique

L'eau, source de vie est un besoin vital pour tout être humain. L'apport de cette ressource aux populations nécessite la réalisation d'infrastructures hydrauliques telles que les réseaux d'adduction d'eau potable.

Ainsi, l'un des objectifs du millénaire pour le développement visé par les pays en développement dont le Kenya est la réduction de moitié des populations n'ayant pas accès à l'eau potable. Cependant l'atteinte de ces objectifs est confrontée à plusieurs problèmes dont l'incapacité des infrastructures hydrauliques à faire face à la demande croissante de la population. C'est le cas du réseau de distribution de la ville de Kisumu.

La ville de Kisumu est située sur les rives du lac Victoria, le deuxième plus grand lac d'eau douce au monde et principale ressource en eau de la ville.

Kisumu est la troisième plus grande ville du Kenya avec une population d'environ 260000 habitants, parmi les 970000 à l'échelle du comté. En raison d'un manque d'investissements publics depuis les années 1980 et du manque d'entretien de l'ancien conseil municipal de Kisumu les services publics d'approvisionnement en eau et d'assainissement de la ville de Kisumu se sont détériorés au début des années 2000. Environ 50% de la population n'a pas accès aux services d'eau et d'assainissement et reçoit également de l'eau de mauvaise qualité à un coût élevé. Afin d'améliorer les conditions de desserte en eau potable de la population, le ministère de l'Eau et de l'Irrigation a lancé le projet d'alimentation en eau et assainissement pour développer les systèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement. En effet, suite à la création de l'Office des services d'eau du lac Victoria : LVSWSB (Lake Victoria South Water Service Board) en tant qu'agence de développement et de gestion des ressources en eau et

assainissement de la ville de Kisumu en vertu de la Water Act 2002, le projet d'alimentation en eau et d'assainissement de Kisumu a été initié par le ministère de l'Eau et de l'Irrigation pour développer les systèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement afin de desservir adéquatement une population projetée de 1205000 habitants environ d'ici l'horizon 2048. C'est dans ce contexte que la société BRL Ingénierie a été désignée pour réaliser une étude de faisabilité afin d'améliorer le système d'Adduction d'Eau Potable (AEP) de la ville de Kisumu au Kenya à travers la construction d'un modèle hydraulique.

3. Objectifs

L'objectif de ce travail est de réaliser une modélisation hydraulique du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu. Ce modèle permettra notamment d'avoir une meilleure compréhension du réseau, d'effectuer le diagnostic de ce dernier et ensuite faire des propositions d'aménagements. Pour ce faire, j'ai procédé au traitement et à la synthèse des différentes données disponibles sur le projet.

Cette étape m'a notamment permis d'analyser et de comprendre le fonctionnement du réseau. Puis, j'ai construit le modèle hydraulique à partir de la base de données cartographique disponible à cet effet. Les données de la campagne de mesures n'étant pas disponible, le calage du modèle n'a pas été effectué. Un test de sensibilité du modèle a été réalisé pour apprécier la sensibilité du modèle aux rugosités – le réseau étant ancien. Pour finir, grâce au traitement et à l'analyse des données de simulation, j'ai effectué le diagnostic du réseau et fait des propositions d'aménagements.

II. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Pour mener à bien ce travail, la méthodologie adoptée repose sur les différents axes suivants. Elle a d'abord consisté à faire une revue documentaire, l'acquisition, le traitement et la synthèse des données. Ensuite nous avons procédé à l'analyse de la situation actuelle et future du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu et à la modélisation de ce dernier. Le diagnostic et l'étude des aménagements ont clos ce travail.

1. Recherche documentaire

Cette étape a consisté à faire une revue des connaissances bibliographiques relatives à Kisumu à partir des documents disponibles notamment les projets et études réalisés par le passé.

Cette phase a dans un premier nécessité de faire la collecte de données sur la nature physique de la zone d'étude, le contexte socio démographique, de comprendre le fonctionnement actuel du système d'eau potable de la ville de Kisumu et son évolution ces dernières années. En effet, la consultation et l'exploitation de la base de données disponibles sur l'alimentation en eau potable de la ville de Kisumu a permis d'obtenir des éléments précieux pour la construction du modèle.

2. Analyse et traitement des données

C'est la phase d'analyse, de traitement et de compilation des toutes les informations recueillies et collectées. En effet, cette étape nous a permis de faire le tri et la synthèse des données collectés afin d'en retenir celles qui sont pertinentes pour cette étude. Elles concernent par exemple les données pour la construction du modèle : les caractéristiques des ouvrages : réservoirs (côtes radier, côtes tampon, coordonnées, géométrie et volume des réservoirs), Station de pompage et courbe caractéristique des pompes et compréhension du système, tronçons, l'altitude et les coordonnées des nœuds de demandes. Nous avons eu également à faire

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

le traitement des données de consommation et de production. Ces données nous ont permis d'une part de faire la répartition des consommations aux nœuds par zone technique et d'autre part, de faire une estimation du rendement du réseau.

3. Diagnostic du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu

L'amélioration et la pérennisation des réseaux d'eau potable passent nécessairement par une analyse de leurs performances. L'objectif de cette analyse est de poser un diagnostic qui nous permettra de relever les incohérences dans le réseau d'eau afin de formuler des propositions de solutions. Ce diagnostic a été possible grâce la construction du modèle réalisé dans un premier temps. Il convient cependant de rappeler que compte tenu de l'absence des données de la campagne de mesures, le calage du modèle n'a pas pu être réalisé.

La construction du modèle s'est basée essentiellement sur les données disponibles et le retour du collaborateur présent sur place. A partir de la modélisation ainsi effectuée, nous avons donc effectué des simulations et observés le comportement du réseau dans les conditions les plus difficiles c'est-à-dire lorsqu'il est très sollicité.

Pour cette phase différents outils ont été utilisés pour atteindre nos objectifs :

- Excel pour le traitement des données sous forme de tableau et graphique,
- Autocad pour la consultation des plans de recollement.
- Quantum gis (Qgis) et Arc gis pour la cartographie et la visualisation du réseau d'eau potable de Kisumu
- Epanet pour la construction du modèle

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Situation géographique

La zone du projet est située dans la ville de Kisumu, dans la province de Nyanza. Kisumu est le siège provincial de la province de Nyanza et est située sur les rives du lac Victoria, le deuxième plus grand lac d'eau douce du monde. Avec une superficie totale de 417 km² dont 157 km² (kilomètre carré) pour le lac Victoria et 260 km² sont des terres, Kisumu est le troisième plus grand centre urbain du Kenya. La superficie officielle de la ville est 297 km² [1]. Les zones densément peuplées sont les zones de peuplement périurbaines et informelles de Manhattan A et B, Nyalenda A et B, Bandari, Obunga, Nyamasaria et Kibos. La [Figure 1] ci-dessous présente la carte de localisation de la ville.

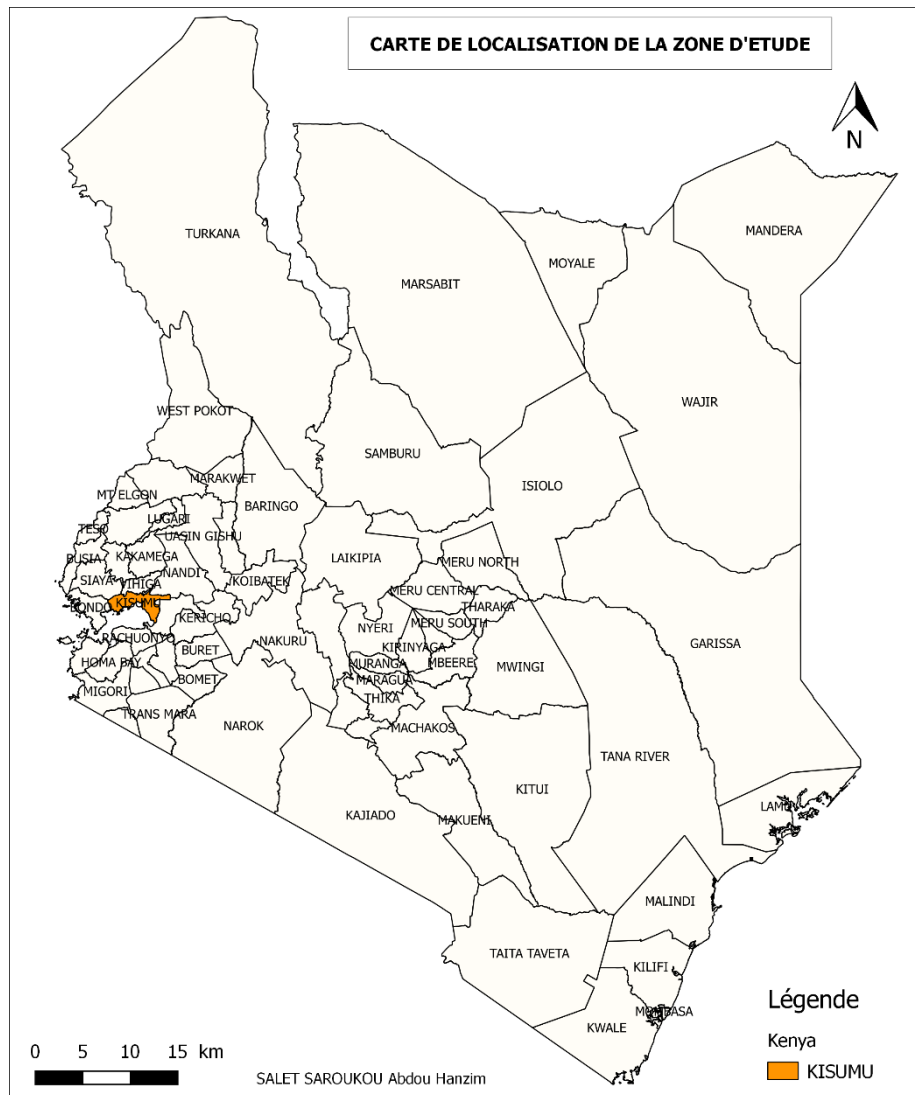


Figure 1: Carte de localisation de la ville de Kisumu

2. Données climatiques

A Kisumu, le climat est de type tropical chaud et humide caractérisé par une température annuelle moyenne comprise entre 17 et 29 ° C (degré Celsius). Les précipitations annuelles moyennes sont de 1083 mm par an. La pluviométrie est associée à un mouvement saisonnier de basse pression et des courants d'air humide d'ouest du bassin du Congo. Les pluies les plus abondantes se produisent en Avril et en Mai, coïncidant avec le mouvement vers le nord des dépressions à basse pression, tandis que Janvier est le mois le plus sec. En raison de sa proximité avec le lac Victoria, la ville connaît également de violents orages, notamment des cyclones, qui proviennent généralement du lac et se déplacent vers l'intérieur des terres. [1]

3. Topographie

La topographie générale de la zone descend doucement de l'escarpement de Nandi au nord jusqu'à la rive du lac au sud. L'élévation de la ville varie de 1 280 mètres au nord à 1 140 mètres au bord du lac. Le point le plus élevé dans le centre de la ville est Kibuye, à une altitude de 1 180 masl (masl : mètre au-dessus du niveau de la mer). La prise d'eau de Kajulu, située sur la

rivière Kibos à une altitude d'environ 1 280 masl favorable pour alimenter gravitairement les zones situées en contre bas. La topographie du milieu influence aussi grandement les pressions – généralement faibles dans les zones situées dans la partie haute de la ville [1].

4. Contexte hydrologique

Le lac Victoria est la principale ressource en eau de la ville. Les principaux fleuves qui drainent les parties orientales de la ville sont les fleuves Kibos, Nyamasaria, Luado et Lielango, qui prennent leur source dans les collines humides de Nandi et de Nyabondo et constituent la principale source d'approvisionnement en eau. À l'ouest, les rivières Nyangori, Muguruk, Kisian et Awach prennent leur source dans le nord vallonné bien drainé [2].

La nappe phréatique de la ville est généralement élevée et inondée en permanence. En conséquence, la recharge des eaux souterraines est généralement élevée et les puits peu profonds constituent donc une source importante d'eau [1].

5. Activités socio-économiques

Les quatre principales activités économiques de la zone du projet sont : l'agriculture, la pêche, le commerce et l'emploi dans la fonction publique. L'agriculture est la principale source de revenus pour la majorité des habitants de l'arrière-pays. Les cultures de rente telles que la canne à sucre, le riz et le coton sont cultivées, en plus du maïs et du sorgho qui sont cultivés pour l'alimentation. Les autres cultures qui sont cultivées à titre commerciale sont les haricots, les bananes, les ananas et les agrumes. Il y est également pratiqué de l'élevage du bétail pour la production de la viande et du lait. Cependant, l'agriculture ne fournit pas suffisamment de moyens de subsistance en raison des fréquentes sécheresses alternant avec de graves inondations et des sols difficiles à drainer (plaines plates) [3]. Il en a donc résulté une migration rapide de la population des zones rurales vers les villes, entraînant une expansion urbaine non planifiée et incontrôlée par conséquent **une augmentation des besoins en eau de la ville**.

IV. CONTEXTE DE LA DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE DE KISUMU

1. Diagnostic de la situation actuelle au niveau des ouvrages

a. Etat des ressources

Il existe deux principales sources d'eau pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Kisumu. L'une d'elles est située dans le lac Victoria, à l'entrée de la pointe Hippo, à l'ouest du centre-ville. L'eau provenant de la prise d'eau est pompée vers la station de traitement de Dunga avec une capacité totale de production estimée à 45000 m³/j (mètre cube par jour). Cependant, notons que la station de traitement de Dunga a connu trois phases d'évolution de sa capacité de production. La première phase en 1958, la seconde en 1985 et la troisième en 2011. Si la capacité de production en phase I et II était estimée respectivement entre 700 m³/h (16800 m³/j) et 900 m³/h (21600 m³/jour), à ce jour, la production d'eau est estimée à 300 m³/h (7200 m³/j) pour les phases I et II et 600 m³/h (14400 m³/j) pour la phase III soient au totale 21600 m³/j. L'eau produite est acheminée dans le réseau de distribution via des stations de pompages.

L'autre source d'approvisionnement est la rivière Kibos d'où l'eau est captée et traitée à l'usine de traitement de Kajulu avec une capacité de production de 1500 m³/h (mètre cube par heure)soient 36000 m³/j, située au Nord de la ville. L'eau produite à la station de traitement de Kajulu est acheminée gravitairement dans le réseau de distribution de la ville via une conduite en acier galvanisé de 700 mm (millimètre) de diamètre [4].

b. Description du système de production et de distribution

Station de pompage : L'acheminement de l'eau produite dans les réservoirs et le réseau se fait par l'intermédiaire des stations de pompages. Des sept (7) pompes installées en phase I, une seule fonctionne à ce jour, les six autres sont hors service. La seconde station de pompage construit en phase II contient 4 pompes dont 2 qui alimentent les réservoirs de Kibuye et Watson et les deux autres le centre-ville. La dernière station de pompage construit en 2013 (phase III) comprend deux pompes dont une qui fonctionne à ce jour. Il permet d'alimenter les réservoirs de Watson et Kibuye (Kibuye_H et Kibuye_I).

Réservoirs : Le stockage [annexe 3] et la distribution de l'eau potable dans la ville de Kisumu sont assurés par 16 réservoirs semi-enterrés et élevés dans les caractéristiques figurent dans le [Tableau 1]. Ces réservoirs sont alimentés soit par pompage de l'eau provenant de la station de Dunga soit gravitairement par l'eau provenant de la station de traitement de Kajulu. L'eau ainsi acheminée dans les différents réservoirs alimente le réseau de distribution gravitairement ou par pompage à certains endroits du réseau notamment Obwolo, Mamboleo et au niveau du réservoir de Kibuye_E [5] et [6].

Nom	Année de construction	Capacité m ³	Forme	Type
Dunga_I	1958	600	Circulaire	Semi enterré
Dunga_II	1986	760	Rectangulaire	Semi-enterré
Dunga_III	2011	1 400	Circulaire	Semi-enterré
Watson	1970	2 273	Circulaire	Semi-enterré
Nyalenda	2013	267		Château
Kanyamedha	2013	2 100	Circulaire	Semi-enterré
Kibuye_C	1957	60		Château
Kibuye_D	1968	126	Carré	Château
Kibuye_E	1947	455	Circulaire	Semi-enterré
Kibuye_F	1950	910	Circulaire	Semi-enterré
Kibuye_H	2013	6 000	Circulaire	Semi-enterré
Kibuye_I	2013	6 000	Circulaire	Semi-enterré
Robert Ouko Estate	1975	104		Château
Obwolo	2013	1 300	Circulaire	Semi-enterré
Mamboleo	2013	5 000	Circulaire	Semi-enterré
Kajulu	2013	5 000	Circulaire	Semi-enterré

Tableau 1: Réservoirs de distribution d'eau potable de la ville de Kisumu

Réseau de distribution : Le système de distribution est généralement ancien et composé de canalisations de différentes tailles allant de tubes de 50 mm de diamètre à 700 mm de diamètre. Ces canalisations sont en divers matériaux et en proportions différentes avec une dominance des conduites en PVC (Polychlorure de vinyle) [Figure 2].

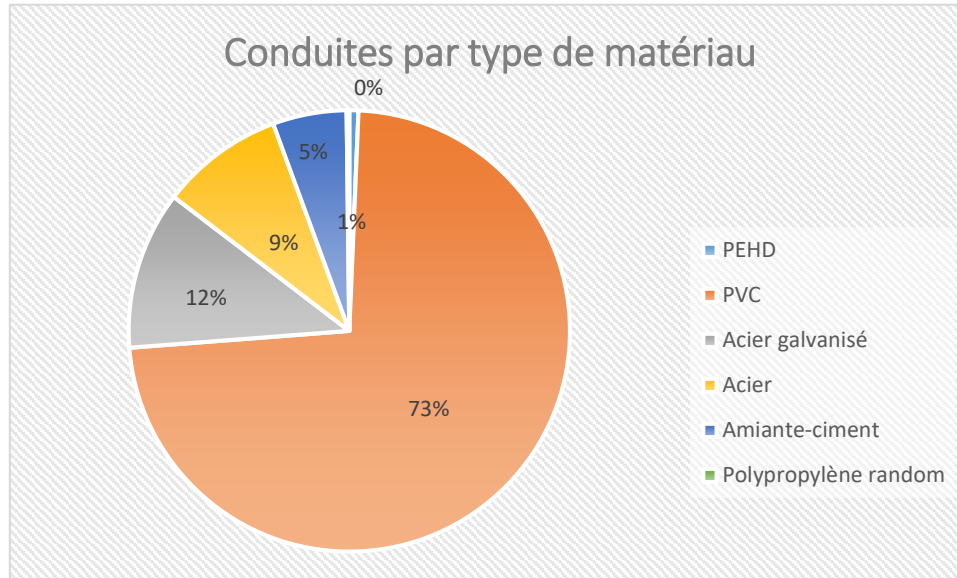


Figure 2: Conduites par type de matériaux

Avant le lancement du programme d'extension et de mise à niveau, la longueur totale du réseau était estimée à environ 112 km [3] contre environ 494 km à ce jour. En effet, le réseau a fait l'objet de plusieurs programmes de travaux dans le but de le renforcer et le réhabiliter. En atteste d'ailleurs les travaux de réhabilitation financés par la Banque Allemande de Développement (KfW entre 1985 et 1986 et, par l'Agence Française de Développement (AFD) depuis l'année 2005 dans le cadre du PACT (Plan d'Action à Court Terme). Cependant, malgré les efforts consentis, ces travaux n'ont pas permis pour le moment d'améliorer les performances du réseau. Certaines parties du réseau sont anciennes et détériorées. En général, le système ne fonctionne pas bien et les pertes dans le réseau sont assez élevées. Cette situation serait due au fait que le réseau et ses différents équipements soient très vieillissants. En effet l'âge du réseau serait compris entre 30 et 55 ans. L'analyse des données de facturation fournies par Kiwasco a montré qu'environ 52 % du volume d'eau distribué n'est pas comptabilisé d'où le faible rendement du réseau de l'ordre de 48 %. Ce rendement correspond au rapport du volume comptabilisé sur le volume mis en distribution [annexe 2]. Les causes du mauvais fonctionnement du réseau sont à rechercher dans le manque d'entretien du réseau par les exploitants, les fuites non réparées, le vandalisme dû au mécontentement (lié au manque d'eau au robinet) de certains abonnés et les branchements clandestins. A ce jour, la distribution de l'eau se fait uniquement dans les cinq zones techniques opérationnelles de distribution établies par Kiwasco. Il s'agit de : CBD (Central Business District), Millimani, Middle East, Kenya Re-kajulu, Manyatta). Ces zones de distribution sont interconnectées et ne sont pas autonomes sur le plan hydraulique, c'est-à-dire que le réseau n'est pas sectorisé. La [Figure 3] ci-dessous présente les cinq différentes zones de distribution.

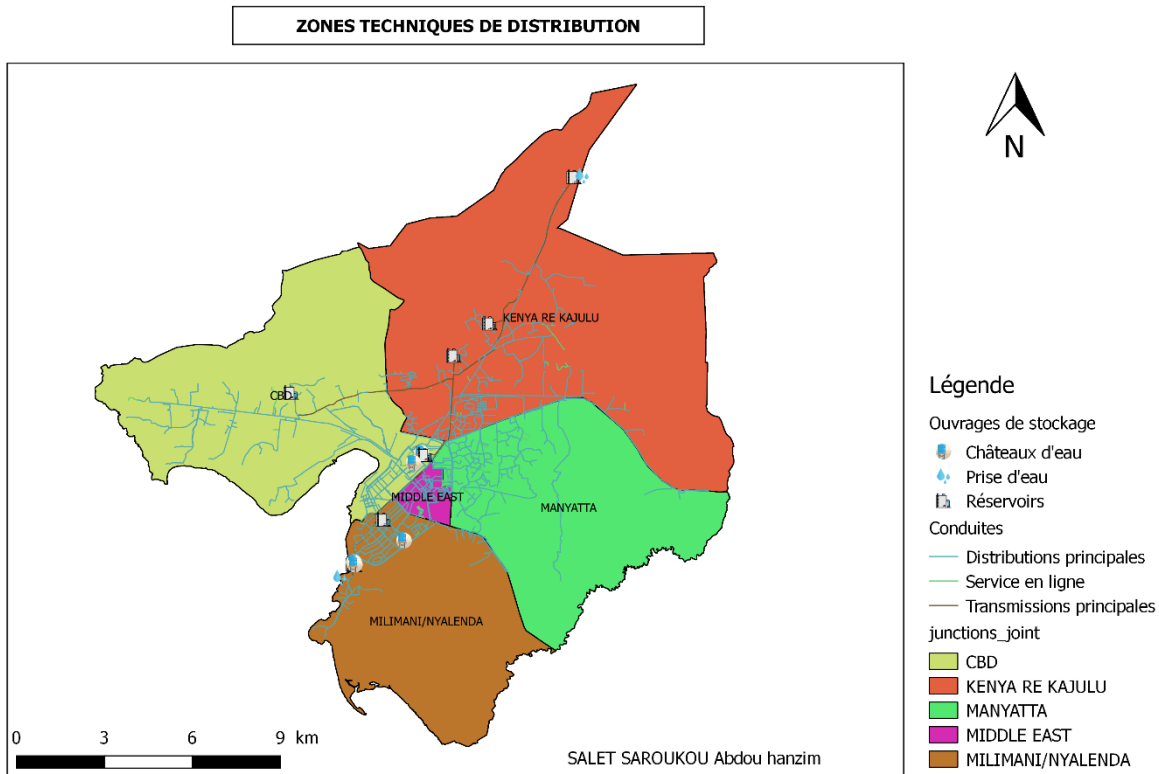


Figure 3: Carte des zones techniques de distribution

c. Fonctionnement du réseau d'eau potable de Kisumu

Le fonctionnement du réseau, relativement complexe à maîtriser est présenté dans le schéma fonctionnel ci-après – [Annexe 11]. L'eau potable est produite sur les sites de production de Dunga et de Kajulu situés respectivement au Sud et au Nord de la ville. Cette eau est acheminée vers les réservoirs de tête de Dunga et Kajulu qui desservent respectivement par pompage et gravitairement les différents réservoirs de stockage [Tableau 1] alimentant les différentes zones de distribution.

Ainsi, la desserte en eau se fait de la manière suivante à partir de la station de traitement d'eau potable de Dunga [4] :

- Le réservoir Dunga_1 (600 m³) permet d'alimenter via deux conduites de diamètre Ø225 mm les zones du CBD, Millimani, Nyalenda, Nyamasaria ainsi que le réservoir dit de Watson (2273 m³) qui alimente gravitairement à son tour le réservoir de Nyalenda 267 m³).
- Dunga_2 (760 m³) et Dunga_3 (1400 m³ - Ø400 mm en sortie) permettent d'alimenter aussi les réservoirs de Watson et Kibuye [4] via deux conduites principales de diamètre Ø600 mm et Ø350 mm.
- Les deux réservoirs de 6000 m³ de Kibuye alimentent principalement la ville ainsi que les zones du CBD, Millimani, Nyalenda, Nyamasaria de façon gravitaire.
- Les réservoirs Kibuyé_E (455 m³) et Kibuyé_F (910 m³) interconnectés, permettent d'alimenter les deux réservoirs élevés Kibuyé_C (60 m³) et Kibuyé_D (126 m³), Migosi, la zone industrielle, l'hôpital Nyanza par pompage et, le réservoir dit de Robert Ouko (104 m³) de façon gravitaire.

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

A partir de la station de traitement d'eau potable de Kajulu, le système fonctionne de la façon suivante [4] :

- Le réservoir de traitement d'eau potable de 5000 m³ permet d'alimenter gravitairement via une conduite de diamètre Ø700 mm les réservoirs de stockage permettant de desservir les différentes zones de distribution. Il s'agit des réservoirs dit d'Obwolo, Mamboleo, et kanyamedha.
- Le réservoir d'Obwolo (1300 m³) permet d'alimenter Kanyakwar, une partie de Wathorego (gravitairement) et Konya par pompage.
- Le réservoir de Mamboleo (5000 m³) dessert en eau Mamboleo, Chigas, Migosi, Kanyakwar et les deux réservoirs de 6000 m³ situés à Kibuyé.
- Le réservoir de kanyamedha (2100 m³) dessert en eau potable Otonglo, le JAN'S hôtel, l'aéroport et l'ouest de la ville de Kisumu (Korando, Kogony, Kisian)

A ce jour aucun organe ne permet de contrôler l'asservissement au niveau des différents réservoirs. La régulation de pression ou de débit n'est non plus assurée dans le réseau par aucun organe. Tout se fait de façon manuelle par les exploitants du réseau. En effet, lorsque les réservoirs sont pleins par exemple, l'exploitant des réservoirs passe un coup de fil à l'exploitant de la station de traitement d'eau potable qui se charge d'arrêter les pompes de reprise et la station. L'une des conséquences de cette situation réside dans le fait que les réservoirs de Kibuyé soient pleins la plupart du temps.

2. Organisation actuelle du service de gestion de l'eau

L'exploitation et la gestion du réseau d'eau de la ville de Kisumu sont assurées par KIWASCO. En effet, KIWASCO a été créée dans le cadre de la réforme du secteur de l'eau en 2002. La société a été créée en juillet 2003 en tant que société indépendante après la transformation du département d'eau et d'assainissement de l'ancien conseil municipal de Kisumu. L'objectif principal de KIWASCO est d'assurer efficacement la fourniture de l'eau aux clients et, collecter, traiter et évacuer les eaux usées en toute sécurité et de façon écologique. Ceci, en générant des revenus suffisants pour soutenir ses opérations dans le comté de KISUMU.

Notons que dans les zones à faible revenu comme Nyalenda par exemple, le service est basé sur un modèle de gestion délégué. C'est-à-dire que le service de gestion de l'eau – KIWASCO – vend de l'eau aux entrepreneurs communautaires privés qui la revendent à leur tour aux ménages et aux kiosques de revente. De cette façon, les entrepreneurs communautaires sont responsables, des maintenances mineures (réparation de petites fuites), du paiement de leurs consommateurs et assurent le raccordement des nouveaux clients (abonnés) [3]. Le Modèle de management délégué montrant la relation entre l'exploitant, les entrepreneurs communautaires privés et les abonnés est présenté dans la [Figure 4] ci-dessous.

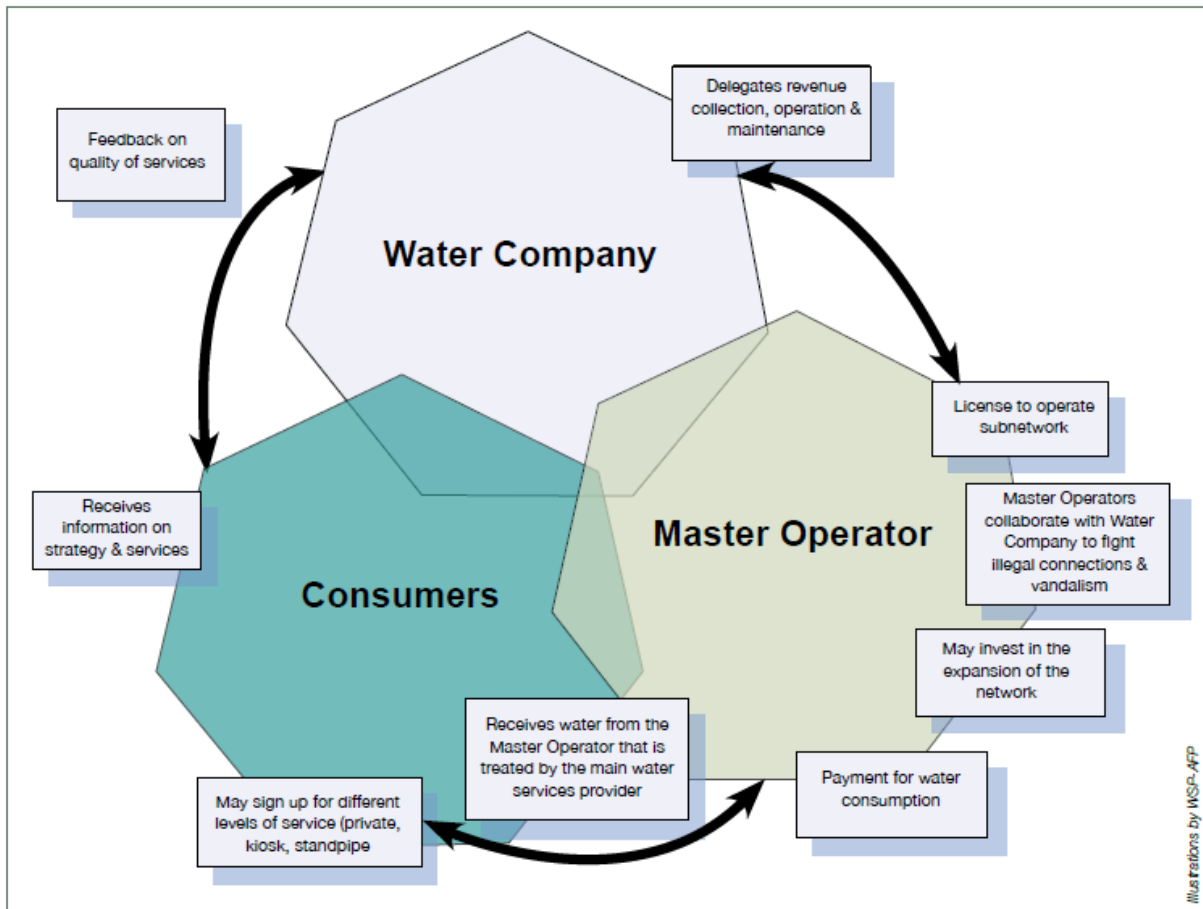


Figure 4: Relation entre KIWASCO, les entrepreneurs communautaires et les abonnés [7]

3. Projections futures

En 2005, l'étude de faisabilité qui avait été réalisée dans le cadre du PALT n'intégrait pas toute la municipalité de la ville de Kisumu pour l'approvisionnement en eau potable des populations. En effet, seule une partie de la ville devait être desservie à partir des principales ressources disponibles. Désormais, l'objectif est d'étendre le réseau aux localités voisines et celles situées en périphérie de la ville. A partir des visites de terrain réalisées par les équipes de terrain de BRL Ingénierie au Kenya, une délimitation a été proposée pour les différentes localités concernées par l'extension du réseau. La [Figure 5] ci-dessous présente en rouge le secteur actuellement desservi en eau par KIWASCO (Kisumu Water Supply And Sewerage Company), et en bleue les localités concernées par l'extension du réseau.

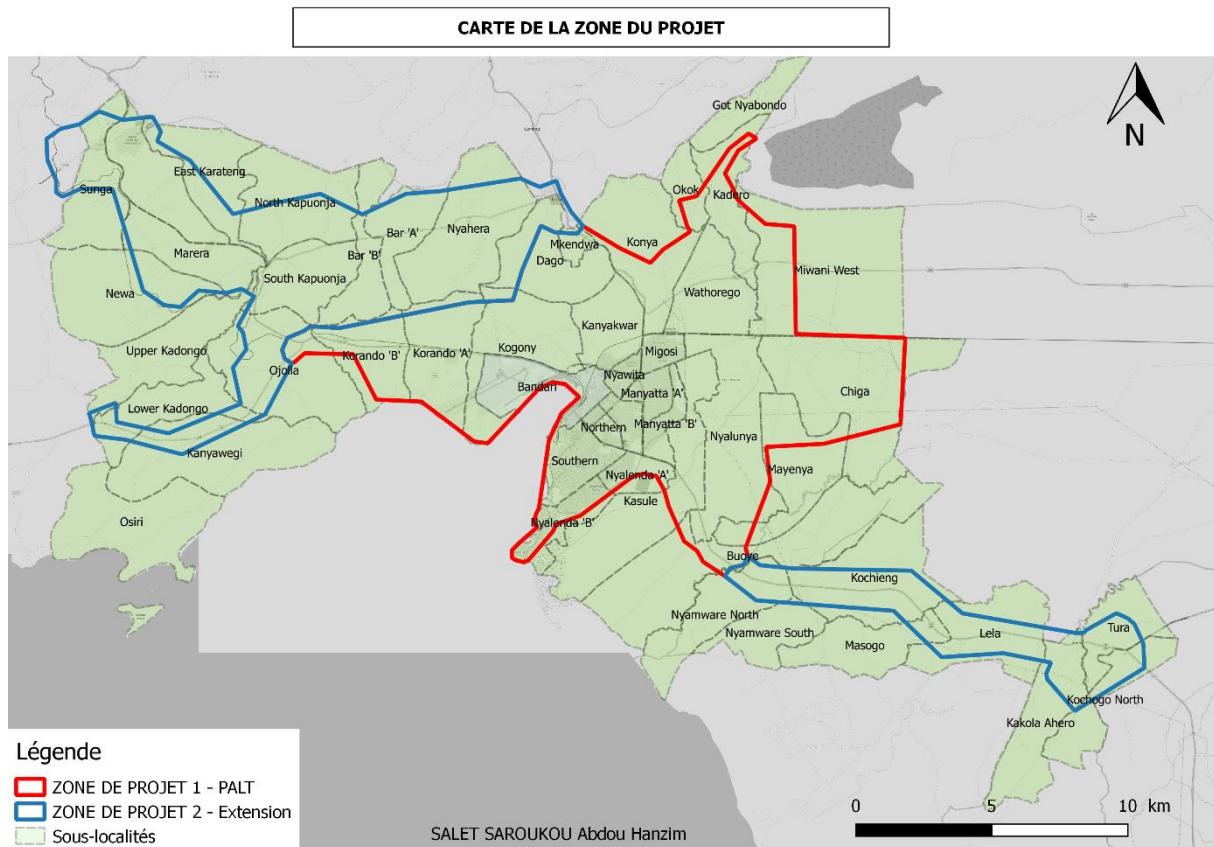


Figure 5 : Zones du projet et les sous localités

Il est important de noter que tous les calculs et hypothèses retenus pour le dimensionnement de la situation future ont strictement tenu compte du “Practice Manual for Water Supply Services in Kenya” et du “Kenya Water act of 2002”. Suivant les termes de référence le dimensionnement s’est fait pour l’année 2018 et pour une projection à l’horizon 2048.

a. Projection de la population

L’estimation de la population [annexe 1] a tenu compte du recensement général de la population effectué en 2009. Elle était estimée à 504084 [4] habitants avec un taux d’accroissement de 2,26 % (KNBS). Actuellement elle estimée à 616261 habitants. La [Figure 6] ci-dessous présente l’évolution de la population de la situation actuelle jusqu’à l’horizon du projet en 2048.

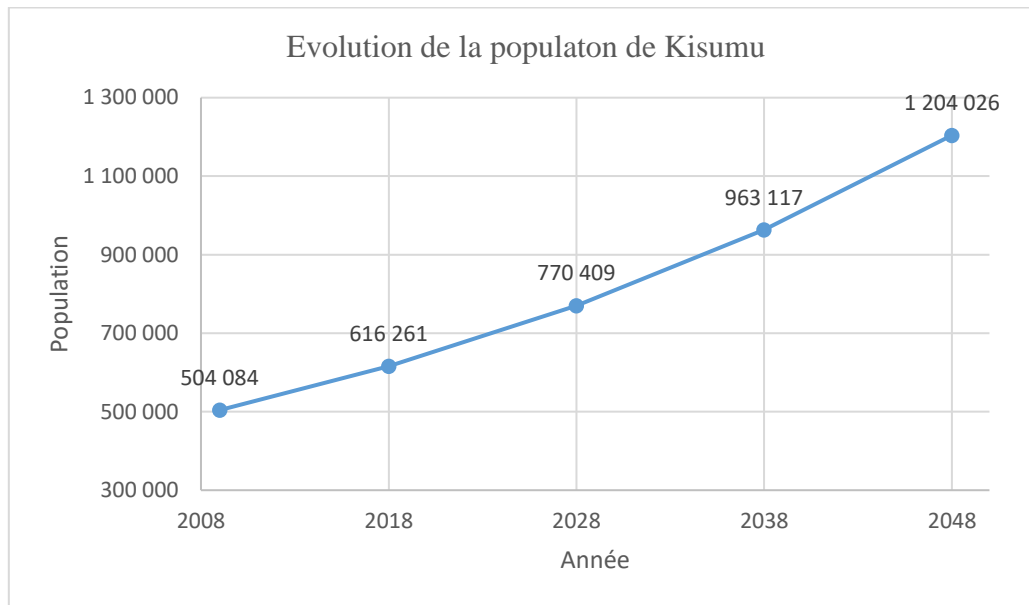


Figure 6: Evolution de la population de la ville de Kisumu entre 2009 et 20048

Conformément aux recommandations du “Practice Manual for Water Supply Services in Kenya” la projection de la population a été faite séparément par sous-localités en tenant compte d’une analyse multicritère basée sur une estimation de la densification de la population par sous-localité, du Plan de développement urbain intégré de Kisumu et l’attractivité de certains centres urbains. Le nombre d’habitant estimé par sous-localités sont présentés en annexe.

b. Demande en eau

Les demandes en eau avaient déjà été estimées et ne font donc pas partie du travail personnel effectué dans le cadre de ce stage. Cependant un effort personnel a été fourni afin de comprendre la façon dont elles ont été évaluées. L’estimation de la demande en eau par sous-localité est basée sur les critères de dimensionnement définis par le “Practice Manual for Water Supply Services in Kenya”. En outre il a été pris en compte la typologie des habitats, la distinction entre zones rurales et urbaines, le taux de consommation individuel, la consommation domestique, les consommations institutionnelles, commerciales et industrielles actuelles. Dans l’estimation de la consommation domestique le pourcentage des pertes considérées correspond au pourcentage des volumes d’eau non comptabilisés en situation actuelle ce qui semble raisonnable afin de ne pas sous-estimer la demande en eau. A l’horizon 2048 l’objectif est d’atteindre un rendement de 80 % soit un volume d’eau non comptabilisé de 20 %. Les critères de dimensionnement et les demandes en eau estimées sont présentés en annexe.

V. MODELISATION HYDRAULIQUE

1. Construction du modèle

a. Généralités

La modélisation d’un réseau d’alimentation en eau potable est une représentation détaillée des différents constituants du réseau. Elle permet en effet de simuler le comportement des différents dispositifs du réseau (tronçons, ouvrages, organes de régulation, ...) afin de comprendre son fonctionnement. La simulation du réseau permettra également de visualiser les différents scénarii possibles en fonction des paramètres que nous offre le logiciel de modélisation (Epanet)

pour l'étude du réseau d'une part, et, d'autre part, de réfléchir sur les différents aménagements à mettre en place afin de résoudre le problème d'approvisionnement en eau potable des populations de la ville de Kisumu.

b. Logiciel utilisé

L'outil de simulation utilisé pour la modélisation du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu est le logiciel Epanet. En effet, Epanet est un logiciel permettant d'analyser les systèmes de distribution d'eau potable. Cette analyse comprend la simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression (conduites). Le réseau étant constitué de tuyaux, nœuds, pompes, vannes, bâches et réservoirs, Epanet est capable de calculer différentes variables comme la pression à chaque nœud, le niveau d'eau dans les réservoirs, le débit dans chaque tuyau ainsi que la concentration en substances chimiques, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes.

Il permet également de faire une analyse hydraulique de réseau à partir des caractéristiques physiques des tuyaux et dynamiques des nœuds et peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse de systèmes de distribution d'eau. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau. Epanet a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. En voici quelques exemples : définition d'un programme de prélèvement d'échantillons, calage d'un modèle hydraulique, simulation du chlore résiduel, et estimation de l'exposition de la population à une substance. Epanet offre aussi une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer un réseau (modification du régime de pompage, précision d'usage des stations de chloration, planification des entretiens et des remplacements des éléments du réseau, etc.).

c. Equations utilisées

Pour le calcul des pertes de charges, le logiciel Epanet offre la possibilité d'utiliser trois (3) formules. En effet ce sont les formules de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach et Chezy-Manning qui permettent de calculer les pertes de charges dans les conduites. La formule de Darcy est la plus théoriquement [8] correcte et la plus utilisée en Europe. Pour la modélisation du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu, la formule retenue est celle de Darcy-Weisbach [Équation 1] conformément aux exigences du MCK.

$$h_L = 0,0827 f (\epsilon, d, q) d^{-5} L q^B$$

Équation 1: Formule de Darcy-Weisbach

Avec :

h_L : perte de charge

f : facteur de friction

d : diamètre du tuyau (m)

L : longueur du tuyau (m)

q : débit (m³/s)

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

B : exposant du débit ; B = 2

Pour la formule de Darcy-Weisbach, EPANET utilise différentes méthodes pour calculer le facteur de friction f selon le régime d'écoulement [8] :

- La formule de Hagen-Poiseuille est utilisée pour un écoulement laminaire ($Re < 2000$). L'équation utilisée dans ce cas est :

$$f = \frac{64}{Re}$$

Équation 2: Approximation de Hagen-Poiseuille

- L'interpolation cubique du diagramme de Moody est utilisée pour un écoulement transitoire ($2000 < Re < 4000$) et permet de déterminer le facteur de friction.
- L'approximation de Swamee et Jain dans l'équation de Colebrook-White est utilisée pour un écoulement entièrement turbulent ($Re > 4000$). Les équations utilisées pour cette approximation sont définies ci-dessous. La formule de Colebrook est celle qui est généralement utilisée.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} + \frac{\varepsilon}{3.71D} \right)$$

Équation 3: Formule de Colebrook-White

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Équation 4: Approximation de Swamee et Jain

d. Tronçons

Le plan du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu est disponible sous forme de SIG (Système d'Information Géographique) et a été obtenu de Kiwasco. Nous avons donc utilisé les logiciels de SIG - ArcGIS et Qgis - pour visualiser la configuration du réseau et obtenir les informations sur les conduites. La conversion du réseau en format Epanet a été réalisée à partir de l'extension G-Hydraulics de Qgis. Le réseau est constitué de plusieurs types de canalisations variant suivant le diamètre, le type de matériau et la longueur. Pour les diamètres, il s'agit en général des diamètres nominaux pour la majorité des conduites à l'exception des conduites en PEHD (Polyéthylène Haute Densité) où nous avons notés des diamètres extérieurs. Rappelons que le réseau est très vieux et donc constitué de conduites vieillissantes. Les conduites modélisées ont un diamètre variant de 50 mm à 700 mm. La rugosité retenue pour toutes les conduites est de 0.1 mm.

e. Nœuds

Un plan SIG était également disponible pour les nœuds de demandes et on pouvait y retrouver les coordonnées des différents nœuds, leurs altitudes ainsi que la zone technique à laquelle ils appartiennent. Ils ont été importés du SIG à Epanet au même moment que le réseau de distribution. Point d'intersection entre plusieurs conduites dans

le réseau le nœud représente soit un changement de diamètre ou la desserte des abonnés. L'altimétrie est très importante et varie entre 1134 mètres et 1278.5 mètres.

f. Réservoirs

Le réseau d'eau potable de la ville de Kisumu est constitué de 16 réservoirs qui participent à la desserte en eau des populations de la ville de Kisumu. Pour chaque réservoir nous avons renseigné quatre (4) éléments [annexe 3] importants pour la modélisation de ces derniers. Il s'agit de :

- La cote du radier obtenue dans la base de données disponible.
- Les niveaux minimums et maximum
- Le diamètre, obtenu dans la base de données ou calculé à partir des autres caractéristiques du réservoir

Des informations qui nous ont été parvenues, il n'existe à ce jour aucun asservissement sur le réseau afin de réguler les débits entrant dans les réservoirs. Cependant, des contrôles ont été mis sur les canalisations alimentant les réservoirs pour réguler le débit en entré.

g. Bâches

Les bâches représentées dans le modèle constituent la ressource d'eau. Dans notre cas il s'agit de quatre bâches d'eaux traitées dont trois (3) sont situées respectivement à la station de traitement d'eau potable Dunga et une (1) seule à Kajulu. Ces bâches permettent d'alimenter les réservoirs de tête que sont : Dunga_1, Dunga_2, Dunga_3 et Kajulu. Pour leur modélisation nous avons introduit dans Epanet leur charge totale.

h. Pompes

Pour les pompes, une courbe caractéristique a été renseignée dans le modèle pour chaque pompe. Les références des pompes ont été relevées par l'équipe de terrain présente sur site au Kenya. Pour les pompes dont les références n'étaient pas disponibles des propositions ont été faites. Les fiches techniques des pompes ont été consultées sur les sites des fournisseurs d'équipement de manière à obtenir le plus de points possibles pour la courbe caractéristique. Un exemple de courbes tracée sur EPANET est disponible en [annexe 4].

i. Répartition de la consommation

Concernant la répartition de la consommation, elle a été réalisée par zones techniques opérationnelles de distribution d'eau qui ont été établies par KIWASCO. Sur le réseau nous disposons des petits et gros consommateurs. Les gros consommateurs [annexe 5] sont les abonnés dont la consommation est supérieure à 10 m³/jour en moyenne [4]. La répartition de la consommation aux différents nœuds du modèle hydraulique a été effectuée à partir des données de facturation de l'année 2017 fournies par KIWASCO par zone technique [Figure 7]. Ces volumes facturés intègrent le volume d'eau consommé par l'ensemble des abonnés c'est-à-dire domestique, commercial, intentionnel, industrielle ainsi que les abonnés concernés par le modèle de gestion délégué.

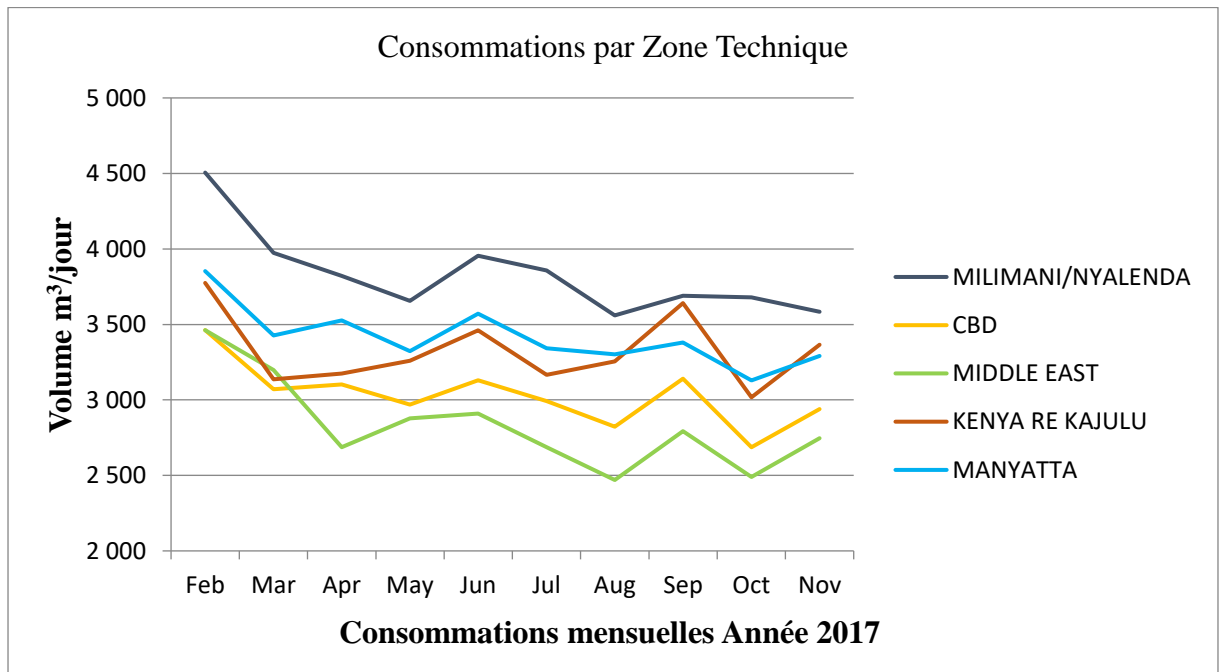


Figure 7: Consommations mensuelles par zone technique en 2017

Ainsi, pour la répartition de la consommation (m^3/h), nous avons d'abord localisé les gros consommateurs (133 au total) sur le modèle afin d'affecter leurs consommations aux nœuds de demandes les plus proches. Pour ce faire, nous avons d'abord calculé la demande journalière par zone technique à partir de la consommation dans ces différentes zones. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{Demande (m}^3/\text{jour)} = \frac{\text{Consommation moyenne (m}^3/\text{jour)}}{1 - \text{NRW}_{2018}}$$

Ensuite, nous avons déterminé la demande des gros consommateurs en fonction de leurs données de consommation [annexe 2] à partir de la formule ci-dessous :

$$\text{Demande}_{\text{gros conso}} (\text{m}^3/\text{jour}) = \frac{\text{Consommation moyenne gros consommateur (m}^3/\text{jour)}}{1 - \text{NRW}_{2018}}$$

Puis, connaissant le nombre de nœuds et la demande par zone de distribution, nous avons déterminé la demande de base horaire – Rapport demande journalière sur le nombre de nœuds par zone technique.

Les demandes ainsi calculées, la répartition de ces demandes aux différents nœuds du s'est faite de la manière suivante :

- Gros consommateurs : la demande des gros consommateurs a été majorée de la demande de base à chaque nœud puis affectée aux nœuds correspondant dans le modèle.
- Petits consommateurs : concernant les petits consommateurs, leur demande a été répartie équitablement sur les nœuds correspondants selon leur zone d'appartenance.

Zone technique	Consommation moyenne (m ³ /jour)	Demande en eau (m ³ /jour)	Nombre de nœuds	Demande par nœud (m ³ /jour)
MILIMANI/NYAENDA	3 828	7 920	231	0,72
CBD	3 032	6 273	346	0,35
MIDDLE EAST	2 832	5 859	129	1,54
KENYA RE KAJULU	3 325	6 880	299	0,86
MANYATTA	3 414	7 065	219	1,02
Total	16 431	33 998	1 224	

Tableau 2: Demande en eau par zone technique

Rappelons tout de même dans le calcul pour la répartition de la demande nous avons pris en compte que cinquante et un virgule soixante-sept pourcents (51,67 %) des volumes d'eau destinés aux consommateurs ne sont pas facturés. En effet, en tenant compte des données de facturation disponibles pour l'année 2017, le volume d'eau non compté est estimé à environ cinquante-deux pourcents (52 %) du volume produit. Ce volume non comptabilisé correspond au volume de perte sur le réseau.

j. Courbe de modulation de la consommation

Etant donné que la consommation de l'eau varie au fil de la journée selon les habitudes des consommateurs, nous avons ajouté au modèle une courbe de modulation afin de rendre le modèle plus réaliste. Elle correspond à des coefficients multiplicateurs appliqués aux nœuds de demande heure par heure afin de moduler la consommation. Pour ce modèle, la courbe de modulation renseignée est celle que Seureca avait déjà utilisée dans son modèle en 2011 [annexe 6]. La courbe avait été développée en fonction des expériences de villes ayant une taille de population, un modèle de consommation et une échelle ou des activités économiques similaires [9]. Sur la [Figure 8] représentant la courbe de modulation, on peut se rendre compte que le pic de consommation se situe entre 8h et 9h, correspondant d'ailleurs à la tranche d'heure où la pression dans le réseau est faible et les vitesses élevées. Cette information a été obtenue auprès de l'Expert BRL Ingénierie présent sur le terrain.

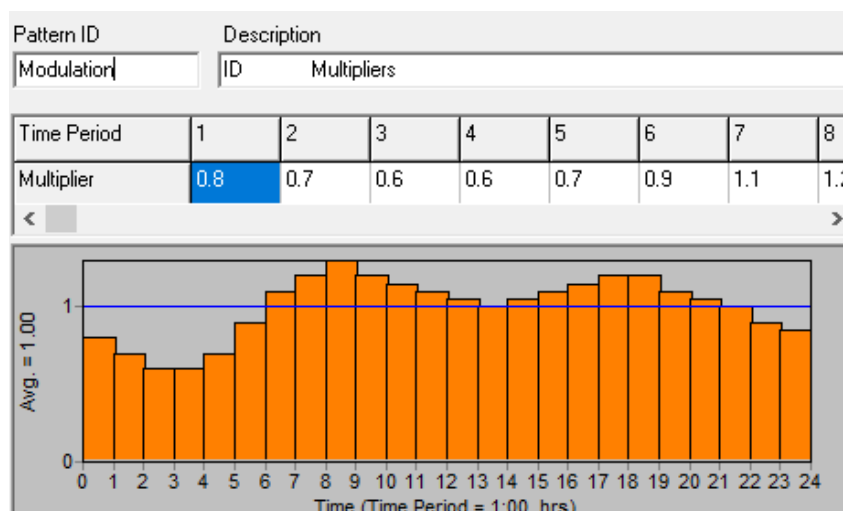


Figure 8: Courbe de modulation de la consommation utilisée dans le modèle

2. Calage du Modèle

Après la construction du modèle, il est primordial d'adapter les caractéristiques du réseau à la réalité faute de quoi il ne fournira pas des résultats satisfaisants. Pour exemple, les conduites s'usent avec le temps et réduisent de ce fait la capacité hydraulique de l'ensemble du réseau. Dans ce cas de figure, il paraît donc nécessaire de procéder à un ajustement de diamètre et des rugosités des conduites à l'aide des données ou retours recueillis sur le terrain. Cet exercice appelé calage permet de vérifier et d'ajuster les grandeurs simulées par le modèle hydraulique grâce à la campagne de mesure préalablement effectuée. Le modèle ainsi calé, il devient alors représentatif du fonctionnement du réseau d'eau potable. Cependant, en l'absence des données de la campagne de mesures, le calage n'a pas pu être effectué dans les règles de l'art. Un test de sensibilité du modèle aux rugosités a donc été réalisé en fonction des différents types de matériaux des canalisations. Il nous permettra notamment d'observer si celles-ci ont une influence importante sur les pressions. En effet, la rugosité de la canalisation correspond à la notion habituelle de plus ou moins de présence d'aspérités à l'intérieur de la conduite due à l'usure de cette dernière. Lorsque la conduite va se dégrader, la rugosité va augmenter et entraîner une augmentation des pertes de charges en raison des frottements devenus plus importants. Pour ce faire, deux scénarii ont été testés. Un premier scénario dans lequel les rugosités sont faibles traduisant ainsi un meilleur état du réseau et un second scénario dans lequel les rugosités sont plus importantes traduisant un réseau vieillissant. Le [Tableau 3] ci-dessous présente les rugosités retenues.

Matériaux	Rugosités (mm)	
	Scénario 1	Scénario 2
PVC	0.1	0.5
Fonte	0.2	0.6
PEHD	0.01	0.03
Amiante-Ciment	0.1	0.5
Acier galvanisé	0.2	0.5
PPR	0.1	0.5

Tableau 3 : Hypothèses de rugosités de Darcy Weisbach testés dans le modèle

Deux modèles appelés scénario 1 et 2 ont donc été créés à partir de ces deux scénarii. Ces deux modèles ont été comparés au modèle initialement créé en prenant pour rugosité 0,1 mm sur l'ensemble du réseau. Les grandeurs étudiées sont les pressions et les vitesses et les différences observées par rapport au modèle initial sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Pressions (mCE)	Modèle initial	Scénario 1	Scénario 2	Différence (%)	
				Scénario 1	Scénario 2
> 10	995	996	981	-0.10	1.41
> 60	107	103	52	3.74	51.40
> 80	59	59	18	0.00	69.49
> 100	39	40	6	-2.56	84.62

Tableau 4 : Confrontation des pressions entre les différents modèles

De l'analyse de ce tableau il en ressort qu'il n'y a pas une différence notable entre le modèle initial et le modèle construit au scénario 1. Les pressions observées dans les deux modèles sont pratiquement identiques et satisfaisantes au regard des exigences de la réglementation kenyane.

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

Le constat reste le même en comparant les vitesses c'est-à-dire aucun changement important n'est à noter. Par contre, le modèle construit pour le scénario 2 est beaucoup plus sensibles aux rugosités en termes de pressions qu'en vitesses. En effet des écarts importants de pressions [Tableau 4] ont été observés entre le modèle initial et le modèle au scénario 2. On remarque également une chute significative (de plus de la moitié) de pressions au niveau des abonnés situés dans la partie basse de la station de traitement à Dunga [Figure 9]

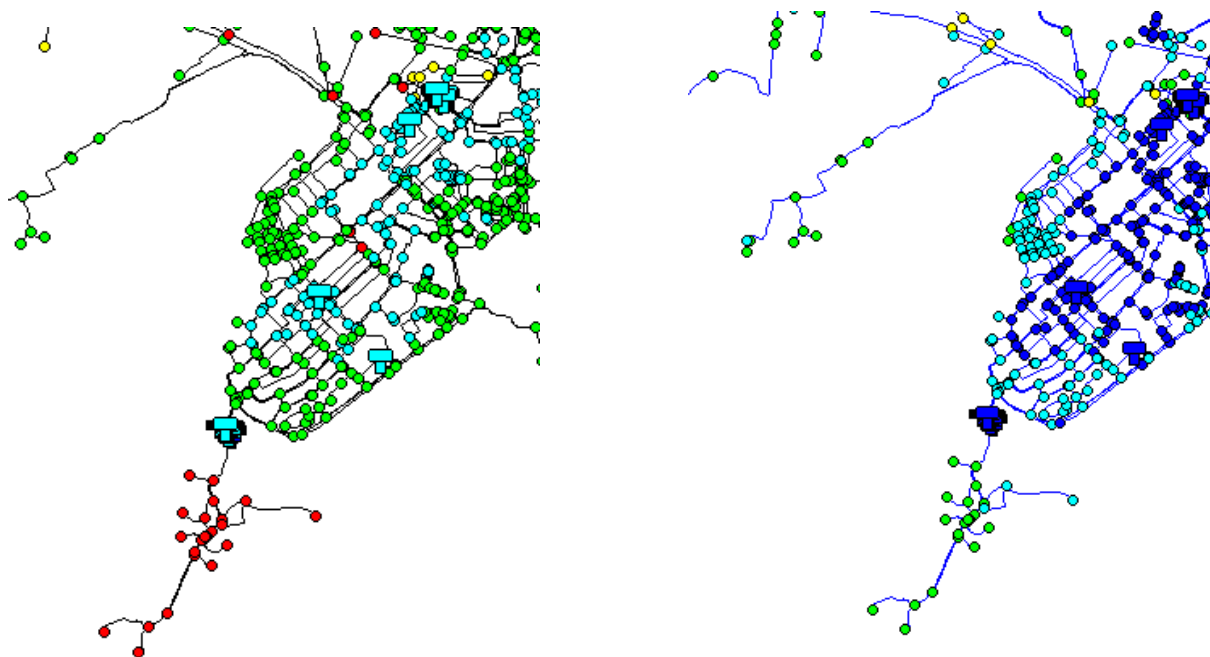


Figure 9: Variation de pressions entre le modèle initial et le modèle en scénario 2

La comparaison des vitesses entre les deux modèles a également montré des différences variables selon l'ordre de grandeur des vitesses étudiées [Tableau 5]. Même si cette différence est supérieure par rapport au modèle du scénario 1, elle n'est pas si importante au point d'estimer ici que le modèle est sensible à la rugosité en termes de vitesses.

Vitesses	Modèle initial	Scénario 1	Scénario 2	Différence (%)	
				Scénario 1	Scénario 2
> 0.05	1074	1073	1094	0.09	1.83
> 0.1	899	897	915	0.22	1.75
> 0.2	618	615	642	0.49	3.74
> 0.4	406	404	426	0.49	4.69
> 0.6	287	286	305	0.35	5.90

Tableau 5 : Confrontations des vitesses entre les différents modèles

L'analyse des résultats obtenus à partir de la comparaison entre les différents modèles, il en ressort que le modèle n'est pas sensible à la rugosité dans le scénario 1. A contrario, dans le scénario 2, la rugosité a une influence sur le modèle notamment au niveau des pressions. En effet nous avons remarqué qu'il y avait des écarts importants de pressions entre les deux modèles (Initial et Scénario 2). Aussi, nous avons pu voir qu'entre 8h et 9h les pressions ont significativement chuté au niveau des nœuds situés au contrebas de la station de traitement de Dunga. Ces variations semblent être représentatives de l'état actuel du réseau qui est assez

vieillissant comme nous l'avons indiqué plus haut dans la partie description du réseau. Au regard de tout ceci, on pourrait dire que le modèle est sensible à la rugosité. Le modèle retenu pour poursuivre ce travail est celui du scénario 2. Le modèle construit a été considéré comme représentatif de la situation actuelle. Toutes les conclusions et aménagements proposés seront basés sur le modèle construit constituant ainsi un outil d'aide à la décision.

VI. EXPLOITATION DES RESULTATS DU MODELE

Le modèle ainsi construit a été exploité et des simulations ont été effectuées afin de réaliser une étude diagnostic du réseau, la faisabilité des travaux restants dans le cadre du PALT et d'établir des propositions d'aménagements.

1. Diagnostic du réseau

Le diagnostic du réseau s'est fait à partir des simulations réalisées grâce au modèle hydraulique. Il permettra d'étudier le comportement actuel du réseau ceci dans le but d'en ressortir ses dysfonctionnements. Les grandeurs pour lesquelles nous avons accordés une attention sont : la vitesse, la pression, le marnage des réservoirs et le temps de séjour de l'eau dans les canalisations. Pour ce faire, nous avons observé le comportement du réseau à 3 heures et à 8 heures correspondant à l'heure à laquelle le réseau est sollicité (forte demande) entraînant donc des faibles pressions et des vitesses importantes. Avant de démarrer le diagnostic nous prendrons soin de rappeler brièvement les critères à respecter pour les vitesses et pressions tenant compte des exigences de la réglementation kenyane.

a. Critères de vitesses et de pressions

Il est important de rappeler ici les critères de vitesses et de pressions admissibles dans le réseau. En effet, regardant la réglementation kenyane, la pression minimale admissible est de 1 bar à l'heure de pointe. La valeur maximale de pression autorisée chez les abonnés est de 6 bars mais une pression de 8 bars est autorisée durant la nuit [10] et [4].

Concernant les vitesses dans les conduites, elles doivent être également conformes aux préconisations du "Practice Manual for Water Supply Services in Kenya". Ainsi, il est recommandé une vitesse de 0,8 m/s (mètre par seconde) dans les conduites principales alimentées par pompage. En outre, il a été suggéré une vitesse admissible de 0,6 m/s au minimum dans les conduites alimentées par pompage et gravitairement. Les conduites de distribution principales ne devront pas voir une vitesse maximale de 2m/s. les critères ainsi rappelés, nous pouvons procéder au diagnostic du réseau.

b. Diagnostic au niveau du paramètre Vitesses

A trois (3) heures du matin, heure à laquelle le réseau est moins sollicité (demande faible), on remarque que les vitesses de l'eau dans les conduites sont faibles sinon nulles à certains endroits. Environ 45 % des conduites ont une vitesse inférieure à 0,1 m/s et 5% ont des vitesses nulles. Regardant la réglementation kenyane 80% ont une vitesse inférieure à 0,6 m/s. Une vitesse trop faible favorise la stagnation de l'eau dans les conduites et donc les risques de corrosion et de dépôts dégradant ainsi la qualité de l'eau. La [Figure 10] montre les vitesses dans les canalisations.

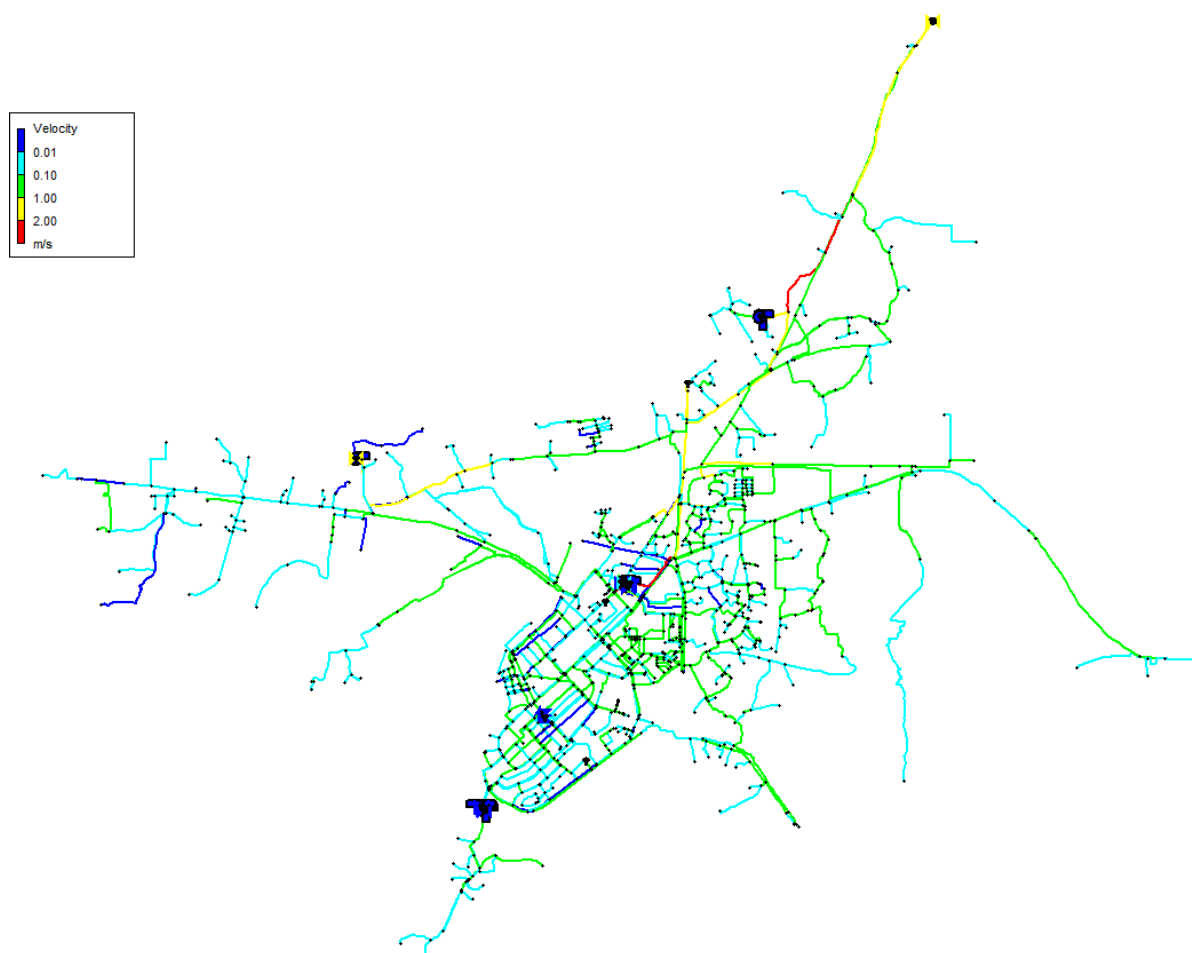


Figure 10: Vitesses d'écoulement dans les conduites à 3 heures

A huit (8) heures où le réseau est plus sollicité (demande forte), les vitesses de l'eau dans les conduites sont sensiblement meilleures qu'à trois (3) heures. Les résultats obtenus ne sont pas si différents. Il y a moins de conduites qui ont des vitesses nulles (3 % environ). Les conduites ayant une vitesse inférieure à 0,1 m/s. Tenant compte de la réglementation kenyane 70 % des conduites ont une vitesse inférieure à 0,6 m/s. Nous avons également remarqué des vitesses supérieures à 2m/s (1%). Des vitesses de l'eau trop élevées dans les canalisations, au-delà de 2 m/s sont responsables d'une usure prématurée des réseaux et de pertes de charges importantes pouvant être à l'origine de défaut de pression. La [Figure 11] montre la répartition des vitesses d'écoulement dans le réseau à l'heure de pointe.

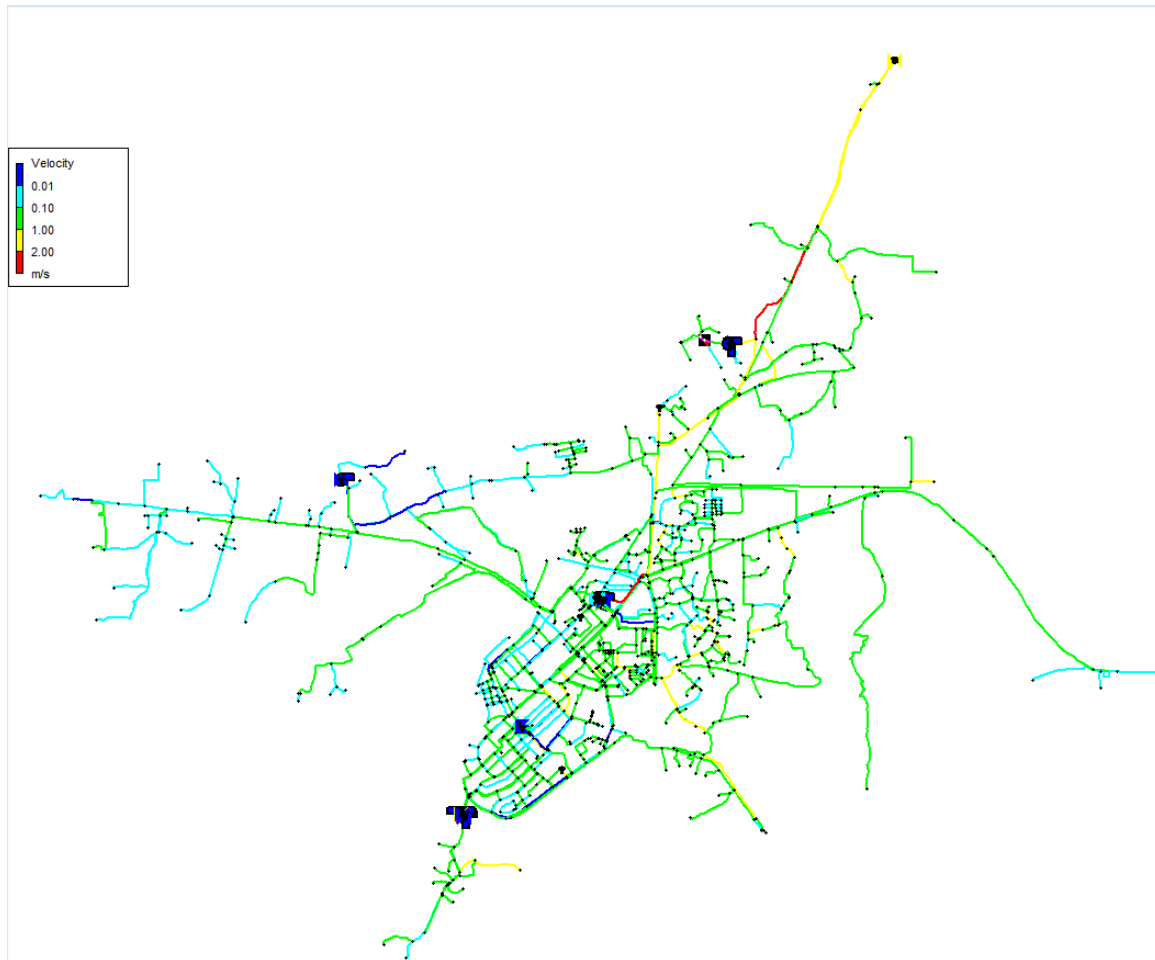


Figure 11: Vitesses d'écoulement dans les conduites à 8 heures

Le problème de faibles vitesses rencontrées dans le réseau pourrait s'expliquer par le fait que le réseau soit constamment en charge regardant par exemple le fait que les réservoirs situés sont pleins la plupart du temps. Cette situation serait due au manque d'infrastructures de distribution [4]. En l'état actuel, le réseau n'étant pas sectorisé entraîne une non maîtrise des flux. Une autre cause de faibles vitesses rencontrées dans le réseau pourrait également s'expliquer par le fait que le réseau soit vieillissant. En effet avec le temps, les conduites vont se dégrader et entraîner une augmentation des forces de frottement réduisant ainsi la vitesse.

c. Diagnostic au niveau du paramètre Pressions

Comme rappelé plus haut, sur le réseau d'eau de la ville de Kisumu la pression minimale admissible chez l'abonné doit être comprise entre 1 bar et 6 bars en journée. Mais une pression de 8 bars est autorisée durant la nuit. A cet effet, nous convenons qu'une pression inférieure à 1 bar est considérée comme faible et donc jugée insuffisante pour satisfaire l'abonné. A l'inverse, des pressions élevées, supérieure à 8 bars auraient des conséquences sur les conduites. En effet, des pressions trop élevées entraînent une augmentation des fuites sur les conduites et donc la dégradation de l'état du réseau. Cela pourrait également endommager certaines installations chez l'abonné. Ainsi, pour observer ou étudier la répartition des pressions dans le réseau, une simulation a été lancée à partir du modèle. Les pressions ont été observées durant la nuit c'est-à-dire à trois (3) heures du matin et à huit (8) heures. La [Figure 12] montre la répartition des pressions chez les abonnés durant la nuit.

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

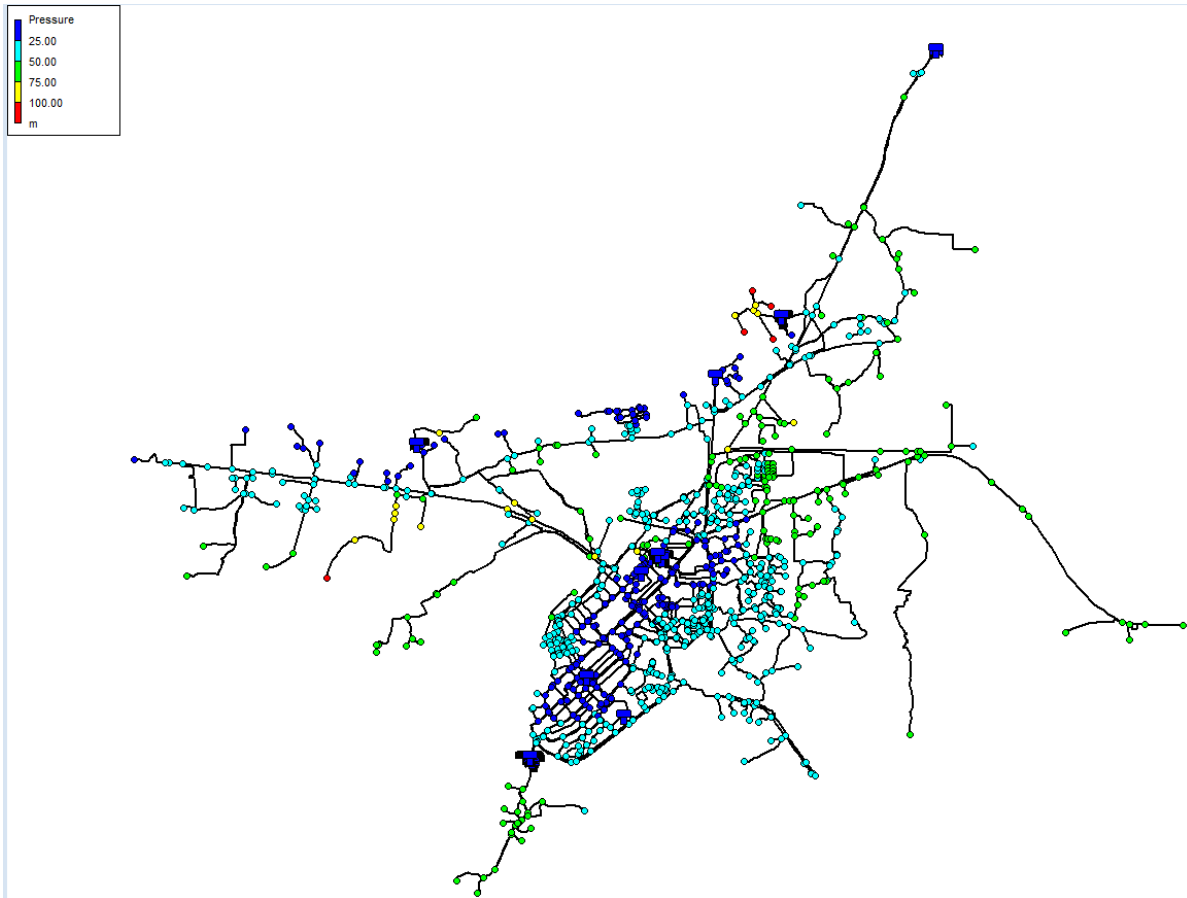


Figure 12 : Répartition des pressions sur le réseau de Kisumu à 3 heures

La pression aux différents nœuds est globalement satisfaisante durant la nuit. La majorité des abonnés ont une pression minimale de 1 bar. Cependant, de faibles pressions ($< 1\text{bar}$) ont été observées chez certains abonnés situés dans les alentours de Kanyamedha, Mamboleo, Watson et Kibuye. Des zones de fortes pressions sont également notées au niveau d'Obwolo. En heure de pointe (8 heures) la simulation effectuée ne montre pas des baisses de pressions importantes dans le réseau. La situation n'est pas très éloignée des observations de la simulation réalisée en période de nuit. Mais on remarque des fortes pressions ($> 8\text{ bars}$) toujours au niveau d'Obwolo et au niveau Dunga entre huit (8) heures et neuf (9) [Figure 13].

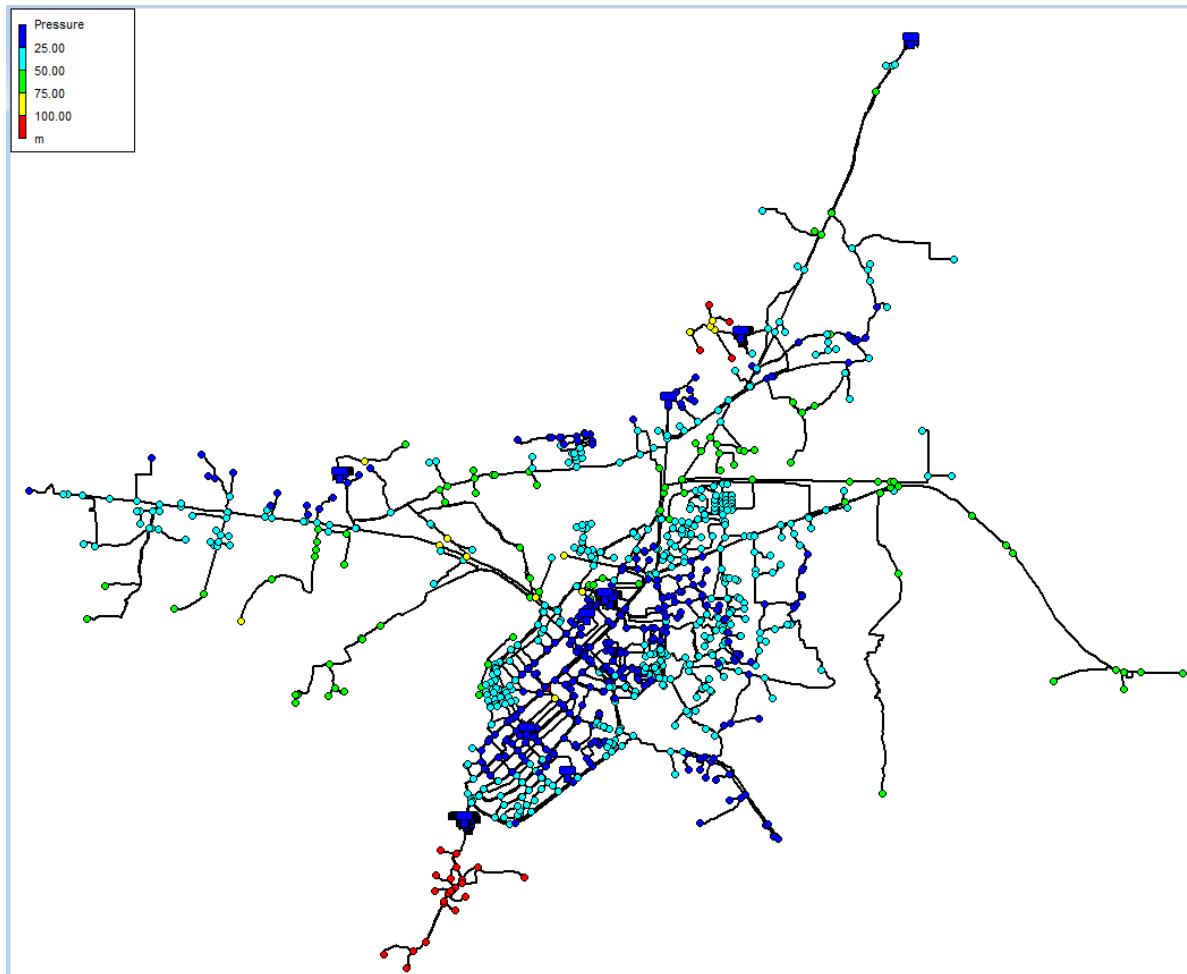


Figure 13: Répartition des pressions sur le réseau de Kisumu entre 8 heures et 9 heures

d. Diagnostic au niveau du paramètre Marnage des réservoirs

Le principal problème à noter au niveau des réservoirs d'eau du système d'adduction d'eau potable de la ville de Kisumu concerne l'asservissement et la régulation des débits entrant. Il n'existe pas de vannes électriques ou d'organes permettant de maîtriser le remplissage ou le vidage des réservoirs. Tout se fait de façon manuelle grâce aux communications téléphoniques entre l'exploitant réservoir et l'exploitant de la station de traitement d'eau potable. Cette situation ne permet pas d'avoir une bonne appréciation des marnages au niveau des réservoirs. On peut par exemple signaler que cette situation fait que les réservoirs situés à Kibuye sont pleins la plupart du temps. Dans ce cas le principal problème à souligner est l'augmentation du temps de séjour de l'eau dans les ouvrages de stockage qui favoriserait le développement bactérien et donc la dégradation de la qualité de l'eau.

2. Etudes d'aménagement

L'étude diagnostic effectué nous a permis d'identifier les points de dysfonctionnements sur le réseau d'eau potable de la ville de Kisumu notamment les zones de fortes pressions et les conduites ayant de faibles vitesses. Afin de résoudre les problèmes soulignés il convient de faire des propositions d'aménagements sur le réseau étudié. Pour ce faire, nous avons dans un premier temps procédé à l'étude de faisabilité des travaux restant (non effectués) dans le cadre du PALT. Cette étude permettra de juger de l'utilité ou non des travaux à réaliser et faire une

étude de prix. Le cas échéant, nous proposerons des aménagements ou ferons des recommandations pour l'amélioration des zones de fortes ou faibles pressions et des vitesses d'écoulement.

a. Analyse critique de la faisabilité des travaux

Avant d'envisager tout aménagement nous avons d'abord procédé à l'étude de faisabilité des travaux non effectués en phase 1 dans le cadre du PALT. Ces travaux avaient été proposés par des études antérieures. Ils devaient permettre d'améliorer les conditions hydrauliques du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu notamment en termes de vitesse et de pression. L'objectif ici est d'exploiter le modèle en intégrant ces travaux puis faire des simulations afin de voir si oui ou non ils permettent vraiment d'améliorer le réseau. Nous rappelons encore que les critères de dimensionnement restent inchangés. En effet nous restons conformes aux exigences de la réglementation Kenyane en termes de vitesse et de pressions. Le [Tableau 6] ci-dessous présente la liste des travaux à réaliser.

Matériau	Diamètre (mm)	Longueur (m)
PVC	100	3568.06
	350	528.43
Fonte	300	4218.81
Total	8315.3	

Tableau 6 : Quantités des travaux restant dans le cadre du PALT

Nous rappelons que les diamètres ont été optimisés pour la plupart des canalisations initialement proposées. En effet selon les branchements réalisés nous avons dû réduire ou augmenter les diamètres des conduites proposées. La méthode d'optimisation a tenu compte de plusieurs critères :

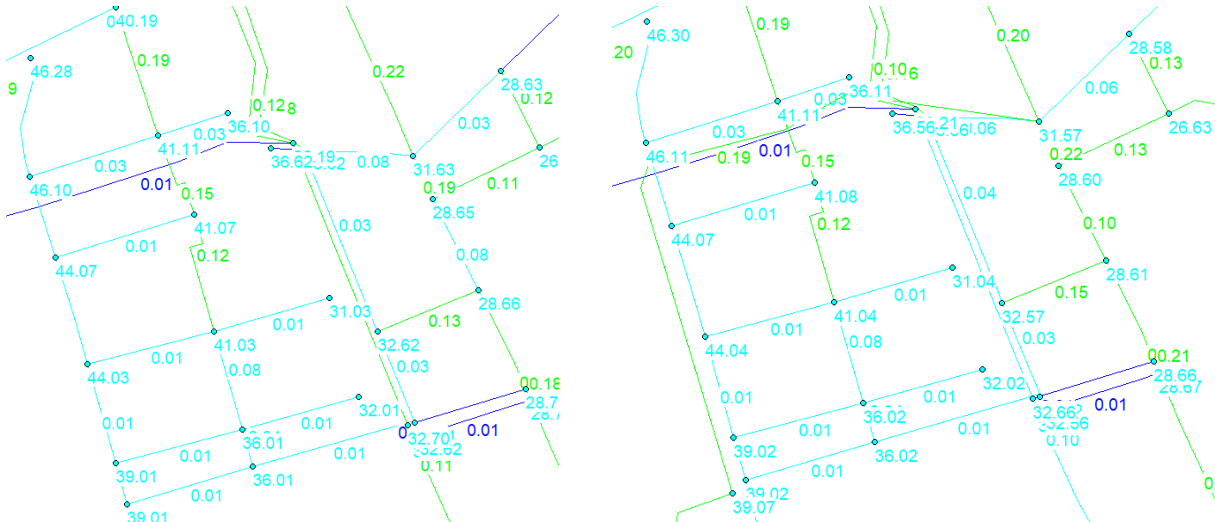
- L'installation des conduites ayant un diamètre permettant de limiter au maximum les pertes de charges singulières dans le réseau. Les branchements ont été réalisés dans le sens de l'écoulement (amont –aval).
- Un diamètre trop grand et non proportionnel au débit transitant entrainera des vitesses trop faibles dans le réseau d'eau. A titre d'exemple, pour faire passer un débit de 24 m³/h (notre réseau de distribution en véhicule moins) à une vitesse de 0,5 m/s une conduite de 125 mm suffit.
- L'autre critère de choix a été de comparer les pressions aux nœuds avec les diamètres initialement proposés et de faire une confrontation entre la situation existante et après travaux. L'impact sur les pressions n'est vraiment pas important. Il ne servait donc à rien de poursuivre avec ces diamètres.

A partir des diamètres retenus, plusieurs tests ont été réalisés avec le modèle. Les canalisations ont d'abord été testées une à une puis conjointement. Et, en fonction des résultats obtenus nous avons jugés de leur utilité. Pour réaliser la connexion des conduites installées, il a d'abord été procédé à la superposition des Shape files Pipe 2 (représentant le réseau) et WS_WP_LTAP_works (représentant les travaux restants). Les connexions des différentes conduites ont donc été basées sur une méthode d'identification en correspondant les deux couches sus citées

- Test 1 : lorsqu'on réalise les travaux notés X1 (Ø75 mm et Ø150 mm) sur le schéma en [annexe 7] on se rend compte que ces travaux ne permettent pas d'améliorer les

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

conditions de vitesse dans les conduites situées dans le réseau environnement. L'impact sur la pression est également très négligeable. Ces travaux notés X1 ne semblent pas utiles pour améliorer les conditions hydrauliques du réseau. Les résultats ont été observés durant la nuit (3 heures) et durant l'heure de pointe (8 heures) [Figures 14 et Figure 15]. Les résultats de simulations présentés dans les figures ci-dessous corroborent notre analyse.



Figures 14: Résultats observés à 3 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux

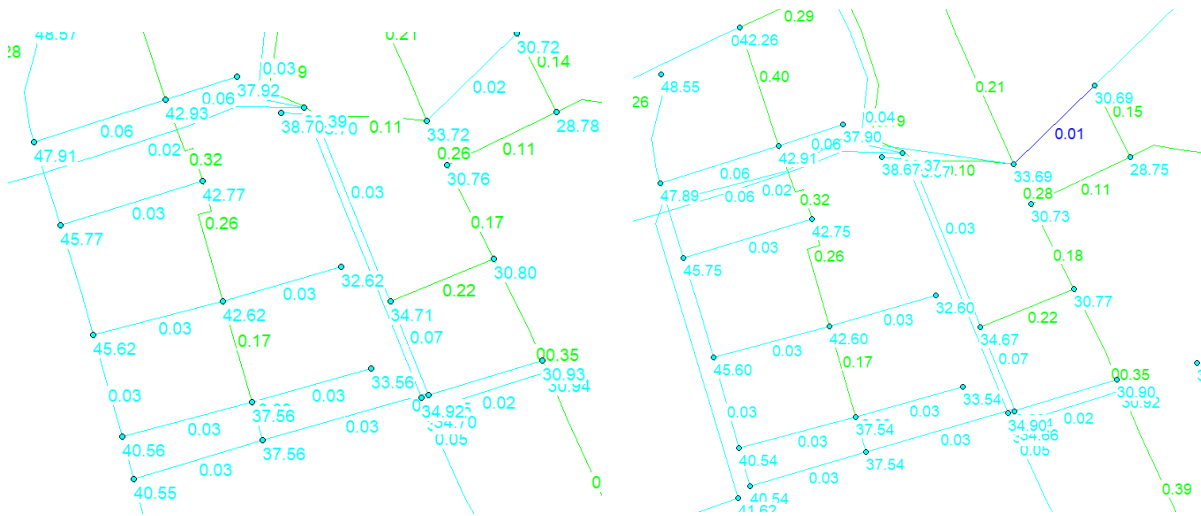


Figure 15 : Résultats observés à 8 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux

- Test 2 : lorsqu'on réalise les travaux notés X2 (Ø 150 mm) on se rend compte que ces travaux, ils ne permettent pas d'améliorer les vitesses dans les conduites. L'impact sur la pression est négligeable. La simulation a été effectuée pour l'heure de pointe. Compte tenu des résultats [Figure 16] obtenus, la réalisation de cette tranche de travaux ne semble pas utile. Elle n'apportera aucune amélioration à la situation actuelle.

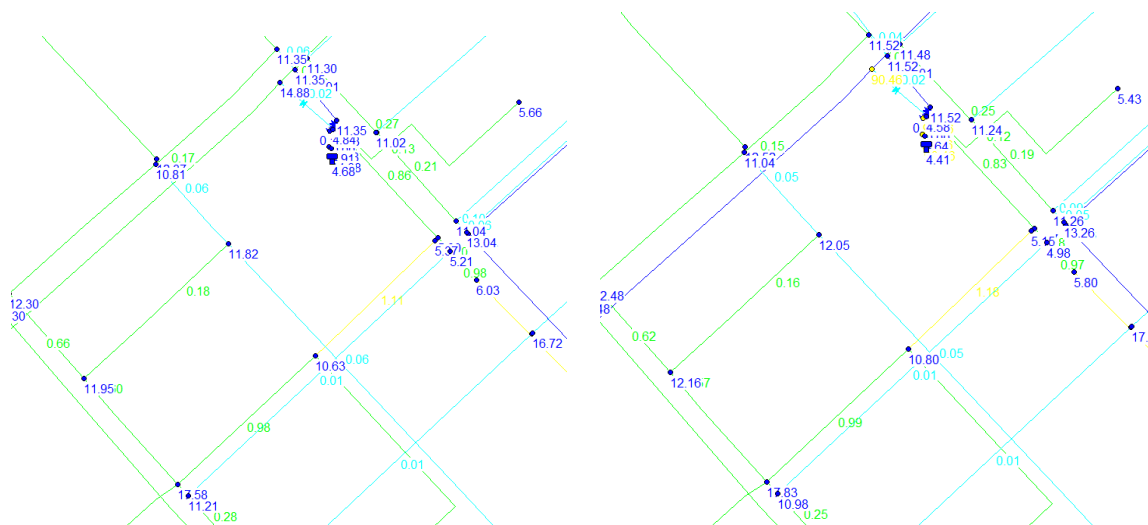


Figure 16: Résultats observés à 8 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux

- Test 3 : Lorsqu'on réalise les travaux notés X3 on remarque que ces travaux améliorent légèrement la circulation de l'eau dans le réseau. En effet les vitesses dans certaines conduites sont meilleures qu'en situation existante. Le diamètre des conduites initialement proposés ont été réduits passant de Ø300 mm à : Ø150 mm Ø100 mm. Le [Tableau 7] présente les résultats obtenus sur certaines canalisations. Concernant l'impact sur la pression est négligeable puisqu'aucun changement important n'a été observé. La réalisation de ces travaux pourrait être utiles mais pas indispensable. On pourra tester ces travaux conjointement avec d'autres afin d'analyser leur impact sur le réseau.

Les travaux notés X3' ont également été testés seuls puis conjointement avec les travaux X3. Les résultats obtenus n'étaient pas satisfaisants. En effet Ils ne permettent vraiment pas d'améliorer les vitesses et pressions dans le réseau.

Conduites	Diamètre (mm)	Existant	Avec travaux
		Vitesse (m/s)	
P-1471"	150	0,33	0,4
P-1385	125	0,11	0,23
P-1363'	75	0,33	0,43
P-1209	125	0,17	0,29
P-1471	150	0,1	0,16
P-0753	150	0,47	0,55
P-0754	125	0,28	0,64

Tableau 7: Conduites avec une amélioration de la vitesse – travaux X3

- Test 4 : avec les travaux notés X4 (Ø 100 mm) réalisés, le constat est le même qu'en test 3 avec des conclusions identiques. Ci-dessous une liste non exhaustive [Tableau 8] montrant une petite amélioration de la vitesse dans les conduites à l'heure de pointe. Ils seront également testés conjointement avec d'autres travaux.

Conduites	Diamètre (mm)	Existant	Avec travaux
		Vitesse (m/s)	
P-1090	100	0,12	0,23
P-0320	100	0,29	0,34
P-1089	100	0,15	0,23
P-1091	100	0,07	0,19
P-1454'	100	0,04	0,22
P-1477'	100	0,13	0,23
P-1230	250	0,18	0,3
P-0622	250	0,38	0,53

Tableau 8: Conduites avec une amélioration de la vitesse - travaux X4

- Test 5 : La réalisation des travaux notés X5 (Ø 75 mm) n'a pas un impact important sur l'amélioration des vitesses dans le réseau. Ces travaux restent bénéfiques sur certains tronçons mais globalement les vitesses ne sont pas trop différentes de ce que nous observons en situation actuelle [Figure 17]. En testant ces travaux conjointement à d'autres et en optimisant les diamètres des canalisations, nous pourrions peut-être obtenir des résultats plus satisfaisants. Concernant les pressions, elles restent toujours aussi satisfaisantes et les travaux réalisés n'y exercent aucune influence.

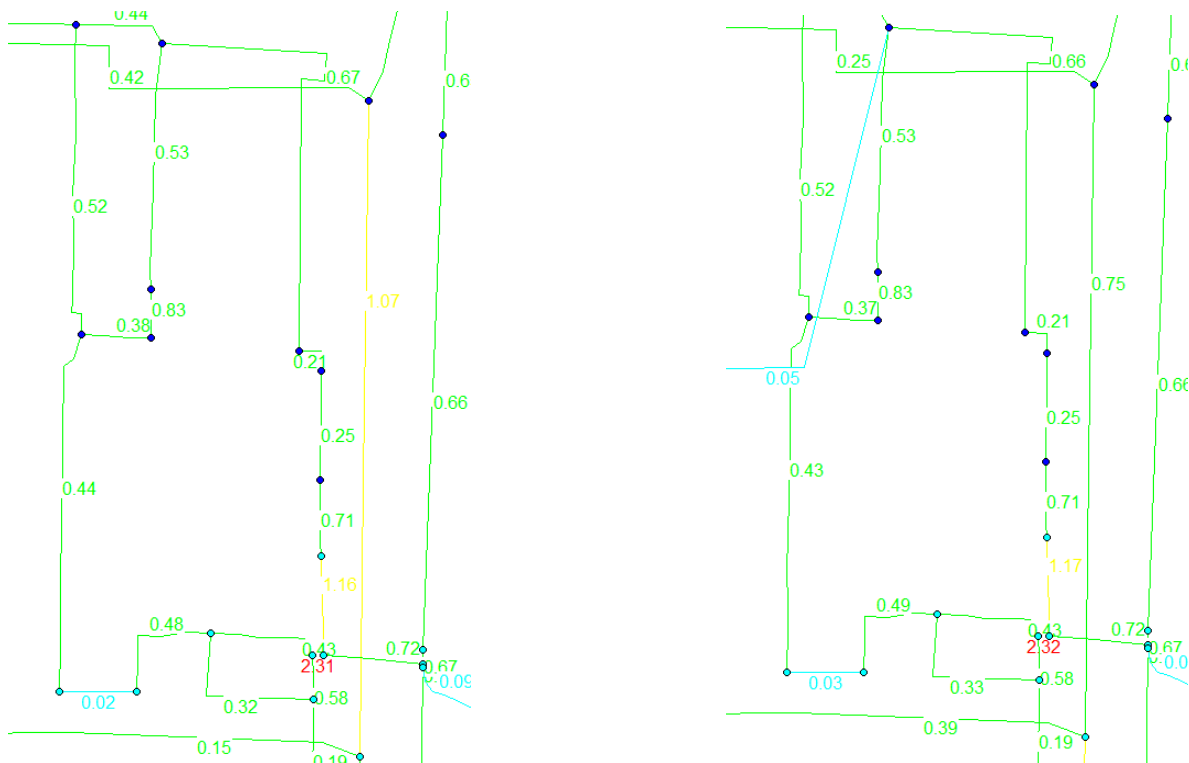


Figure 17 : Résultats observés à 8 heures : à gauche la situation existante et à droite celle après travaux

Les travaux notés X6 et X7 n'ont pas été jugés utiles d'être testés. Prenant par exemple, la conduite X6 elle correspond déjà à une conduite déjà existante de diamètre et matériaux identiques. Il ne sert donc à rien de le tester.

- Test conjoint des canalisations : Une simulation a également été effectuée en testant conjointement certains travaux. Ce test a pour objectif de voir si on pourrait avoir des meilleurs résultats en réalisant l'ensemble des travaux proposés. Pour ce faire, trois travaux ont été testés conjointement (X3, X4 et X5). En effet seuls ces travaux avaient permis d'obtenir une légère amélioration des vitesses dans les conduites. Ainsi, des résultats obtenus lors de la simulation, il en ressort que les travaux testés conjointement permettent d'obtenir de meilleures vitesses comme nous l'avions déjà évoqué lors des tests individuels. Cependant, même si ces travaux favorisent une meilleure circulation de l'eau à certains endroits, ils ne permettent pas contre pas de réduire les fortes pressions observées à Dunga et Obwolo [Figure 18] ou d'augmenter celles qui sont faibles.

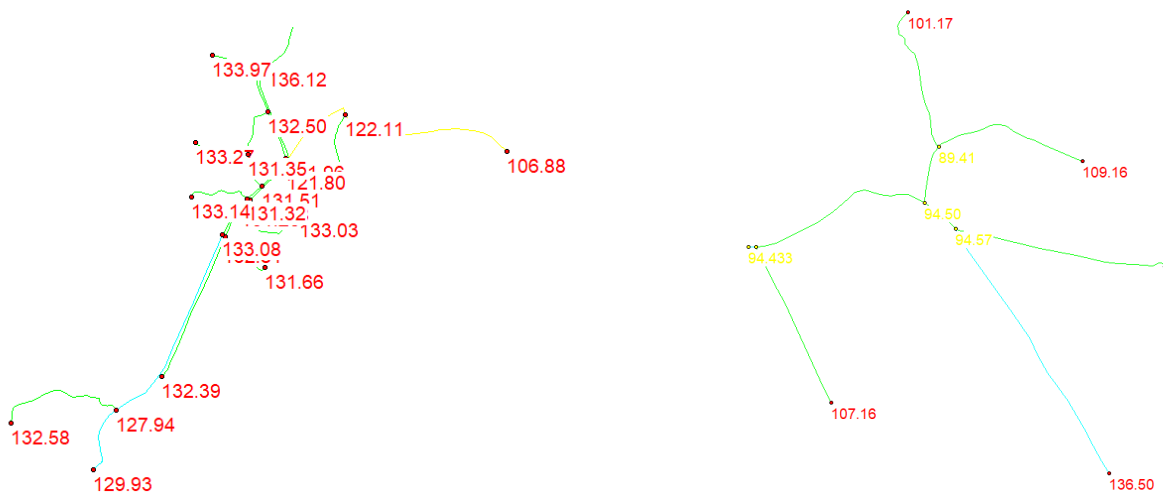


Figure 18 : Abonnés avec des pressions élevées à Dunga (à gauche) et Obwolo (à droite)

Des travaux réalisés, seuls les tests X3, X4 et X5 nous offrent des meilleurs résultats dans le réseau d'un point de vue de vitesses. Cependant, regardant la réglementation Kenyane d'une part et, d'autres part les coûts **291975** euros [annexe 8] qu'engendreraient ces derniers, ces travaux ne sont pas recommandés car les vitesses obtenues sont très inférieures à 0,6 m/s. En outre, les conséquences sur la pression sont très négligeables de l'ordre de plus ou moins trois (3) mètres colonne d'eau. Cependant, les pressions sont satisfaisantes et conformes pour la plupart aux exigences de la réglementation Kenyane à l'exception des cas signalés à Dunga et Obwolo [Figure 18].

Travaux	Description dans Epanet	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Matériaux	Rôle
X3	PN-5	100	486,6	PEHD	Conduite de distribution : elle devait permettre d'apporter plus de débit dans le réseau environnant et favoriser un meilleur écoulement
	PN-6	100	617,34	PEHD	
	PN-10	100	692,35	PEHD	
	PN-11	150	232,47	PEHD	
X4	PN-15	110	536,4	PVC	Conduite de distribution : cette canalisation permettra également de fluidifier l'écoulement
	PN-16	110	910,17	PVC	

X5	PN-12	75	569,89	PVC	C'est plutôt une conduite d'inter connexion (service en route) entre les abonnés. Elle n'a pas un impact important sur le réseau environnant
	PN-13	75	148,42	PVC	
	PN-14	75	372,44	PVC	

Tableau 9: Synthèse des travaux effectués

b. Proposition de solutions pour les fortes pressions

- Problème de fortes pressions au niveau d'Obwolo

En situation actuelle, les abonnés situés à l'aval du réservoir d'Obwolo ont une pression variante entre 9 et 13 bars environ. Cela s'explique par le fait que les pompes servant à alimenter les abonnés situés à Konya (en hauteur) sont surdimensionnées. En effet, actuellement la demande au niveau de Konya est de 8 m³/h et la hauteur géométrique est de 29,5 m. En tenant compte des pertes de charges et considérant une pression résiduelle de 1 bar, une pompe dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous est suffisante. Celle qui était prévue est beaucoup plus puissante

Pompes	Q (m ³ /h)	HMT (m)	Description
CR32-6A-F-A-E-HQQE	300	90,4	Pompe prévue
CR 32-3 A-F-A-E-HQQE	30	40	Pompe proposée

Tableau 10 : Caractéristiques pompes Obwolo

La mise en place de la pompe proposée permettrait de résoudre le problème de fortes pressions observées. La pression passera ainsi de 2,5 à 7 bars [Figure 19]. La pompe définitive à installer devra tenir compte de l'extension futur du réseau et des nouveaux abonnés à desservir.

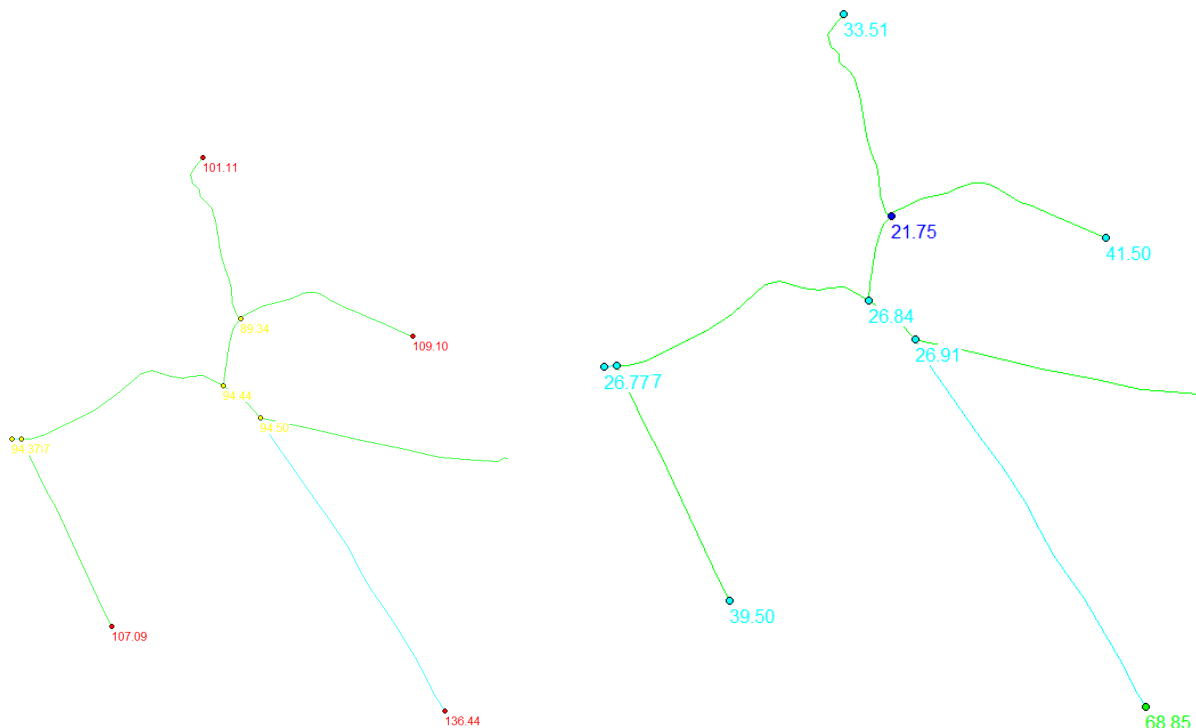


Figure 19 : Situation existante (à gauche) et après aménagement (à droite) pour la pression - Obwolo

- Problèmes de fortes pressions au niveau de Dunga

Au niveau des abonnés situés au contrebas de la station de traitement de Dunga, les fortes pressions observées s'expliquent par le fait que les abonnés soient raccordés sur les conduites de transmission alimentés par les pompes situées à la station de Dunga. Les fortes pressions engendrées ont forcément un impact sur la pression au niveau des abonnés. La sectorisation du réseau permettra de résoudre ce problème. Ces abonnés ne seront plus directement alimentés depuis la station d'eau potable mais plutôt à partir des réservoirs situés au centre-ville notamment ceux de Kibuyé. Les conduites partant de la station n'auront pour rôle que le transfert de l'eau dans les réservoirs. Le cas échéant, on envisagera la mise en place d'un organe pour la régulation de la pression.

c. Recommandation pour les faibles vitesses

Le principal risque encouru en cas de faibles vitesses dans les réseaux d'eau potable est la dégradation de la qualité de l'eau. En effet les vitesses trop faibles entraînent les dépôts et un temps de séjour important dans les conduites, favorisant ainsi un développement bactérien. D'un point de vue technique, compte tenu du maillage important du système d'adduction d'eau potable étudié, une sectorisation (en cours) de ce dernier et l'installation des organes de régulation favoriseraient une meilleure performance du réseau. Ces aménagements devront intervenir après l'extension du réseau aux populations non desservies dans le cadre du PALT. D'un point de vue qualité de l'eau, il serait judicieux de prévoir une rechloration sur le réseau notamment au niveau des réservoirs de Kibuyé.

3. Recommandation pour la situation future

L'étude de la situation future a débuté mais, compte tenu des retards pris lors de l'attente de la campagne de mesure et de la disponibilité des données, nous n'avons pas pu aller au bout de cette étude dans le cadre de ce stage. Pour l'horizon 2048 l'objectif est d'étendre le réseau actuel aux populations non desservies dans le cadre du PALT [Figure 5]. Cependant, la partie en rouge sur la [Figure 5] correspondant à la zone desservie par le réseau actuelle de la ville de Kisumu n'est pas entièrement desservie. En effet, bon nombre d'abonnés potentiels situés dans cette zone (notamment au sud) n'ont toujours pas accès à l'eau potable en raison du manque d'infrastructures de distribution. A cet effet, l'objectif est de raccorder prioritairement les populations qui n'ont toujours pas accès à l'eau potable. Une proposition d'extension du réseau [Figure 20] aux populations non desservies a donc été faite dans le cadre de cette étude confiée à BRL Ingénierie. Le nouveau réseau prend compte la population à l'horizon du projet (2048). Il est constitué d'environ 553 Km de conduites, 20 réservoirs, 4 bâches d'eau, 22 pompes, 23 vannes et 1529 nœuds.

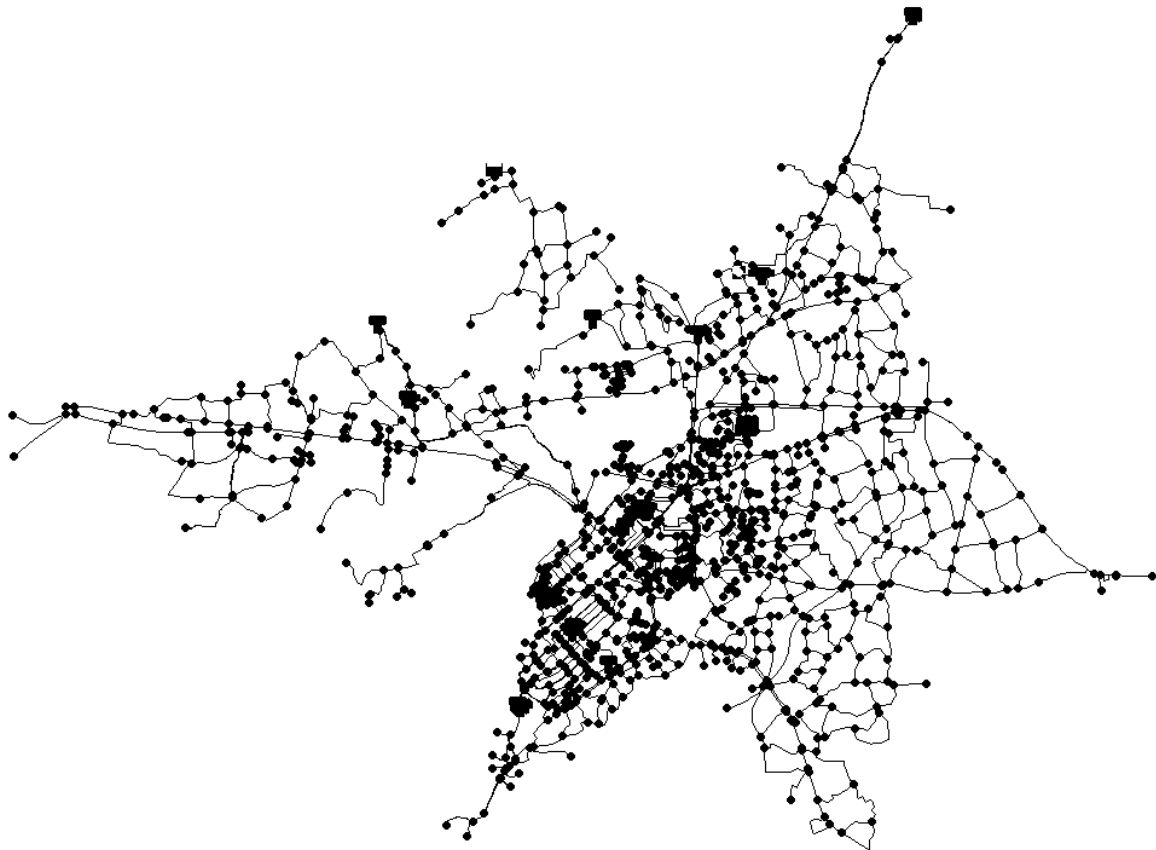


Figure 20 : Extension du réseau pour l'horizon 2048

a. Sectorisation

Comme nous l'avons évoqué, l'ensemble du réseau de la ville de Kisumu est entièrement raccordé avec un maillage très important. Afin de régler les différents problèmes observés sur le réseau notamment les faibles vitesses une sectorisation a été réalisée. Elle permettra en outre de maîtriser l'état des consommations, détecter rapidement les fuites afin de réduire les volumes de fuites, assurer la régulation et/ou l'asservissement du réseau. La sectorisation a été faite de manière à profiter au maximum de la topographie de la zone d'étude. En effet, suivant les exigences de la réglementation kenyane, la sectorisation a été faite de manière à favoriser au maximum l'alimentation gravitaire. D'autres secteurs seront alimentés gravitairement et par pompage [Tableau 12]. La [Figure 21] ci-dessous présente la sectorisation réalisée.

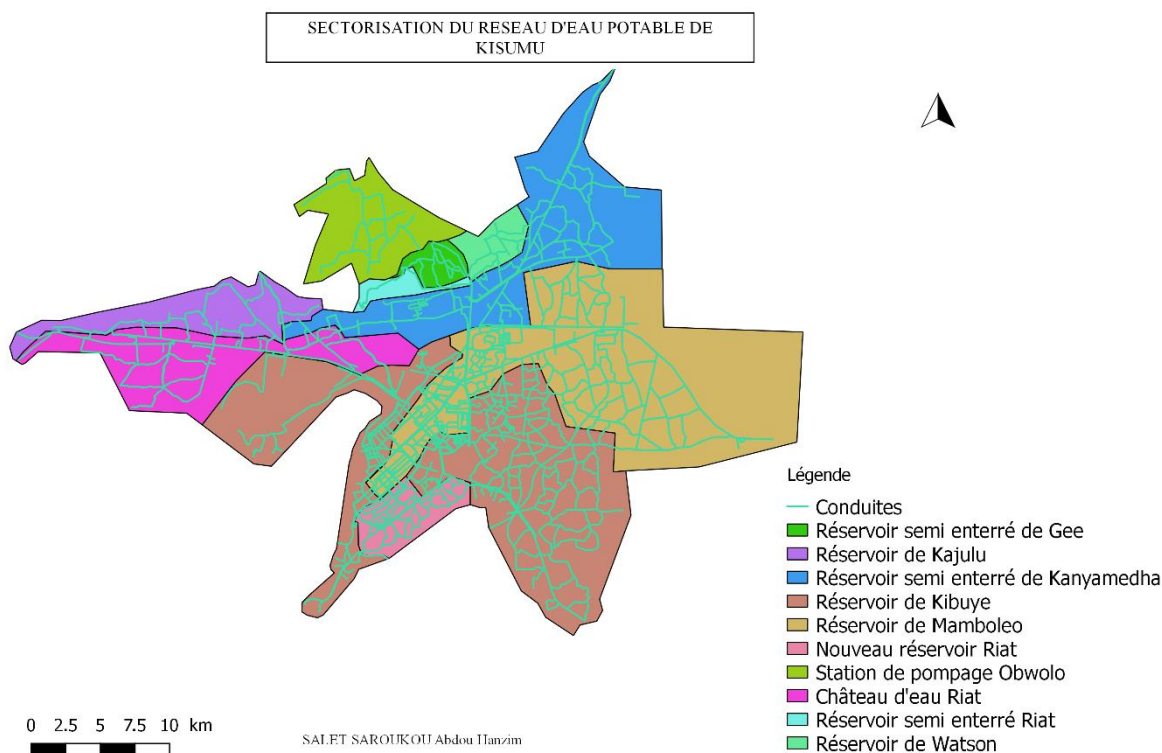


Figure 21: Sectorisation du réseau d'eau potable de la ville de Kisumu

Dans le cadre de cette sectorisation un nouveau réservoir devrait être construit. Selon la réglementation kenyane, la capacité des réservoirs doit représenter 50 % [Tableau 11] de la demande journalière des abonnés desservis. En outre, pour les réservoirs alimentant les centres urbains, une réserve est à prévoir en cas de panne ou d'urgence [Tableau 11].

Milieu		Capacité (m ³)	Urgence ou panne
Rural		50 % de la demande journalière de la zone desservie	Pas nécessaire
Urban	Alimentation gravitaire	50 % de la demande journalière de la zone desservie	12 heures
	Alimentation par pompage		18 heures
	Plus d'un système indépendant		8 heures

Tableau 11: Capacité de stockage requise [source]

Le [Tableau 12] ci-dessous présente la synthèse des différents réservoirs qui alimenteront les secteurs définis. Des réservoirs déjà existant mais non modélisés en situation actuelle ont été intégrés au nouveau réseau [Tableau 12]. Si le nouveau réservoir respecte les exigences kenyanes en termes de capacité de stockage, les anciens réservoirs (Mamboleo, Kanyamedha, ...) ne permettront pas d'assurer la continuité du service conformément aux exigences de la réglementation définies dans le [Tableau 11]. Cependant cela ne devrait normalement pas poser de problèmes à considérer que tous les réservoirs ne cesseront de fonctionner au même moment.

Secteur	Réservoirs	Capacité de stockage (m ³)	Demande (m ³ /h)	Mode d'alimentation
I	Kajulu	5000	202,83	Gravitaire
II	Mamboleo	5000	1277,12	Gravitaire et pompage
III	Kibuye	13856	700,6	Gravitaire et pompage
IV	Kanyamedha	2100	392,26	Gravitaire
V	Watson	2273	1129	Gravitaire
VI	Obwolo	1300	58,11	Pompage
VII	Gee - TK-4	225	146,06	Gravitaire
VIII	Nouveau réservoir Riat - TK-3	3754,4	221,24	Gravitaire
IX	Château d'eau Riat - TK-2	89	45,85	Gravitaire
X	Réservoir semi enterré Riat - TK-1	227,7	10,72	Gravitaire

Tableau 12 : Réservoirs alimentant chaque secteur

b. Secteurs étudiés

La durée de stage restante n'étant plus suffisante pour traiter tous les secteurs, nous n'avons pas pu sectoriser tout le réseau. Les secteurs étudiés dans ce mémoire sont : Kajulu, Obwolo, Mamboleo, Gee, Château d'eau de Riat, Réservoir semi enterré de Riat, Kanyamedha et le nouveau réservoir de Riat. Dans ces différents secteurs l'alimentation des abonnés se fait gravitairement à l'exception d'Obwolo où la desserte en eau des abonnés se fait essentiellement par pompage. La sectorisation proprement dite sur le logiciel Epanet a été faite de la manière suivante : nous avons dans un premier temps repéré les conduites situées à la frontière des autres secteurs, ensuite nous avons observé les altitudes des nœuds des conduites correspondantes, enfin, selon la configuration du réseau nous avons mis en place ou non des vannes fermées sur ces canalisations. La sectorisation ainsi effectuée est présentée dans la [Figure 22] ci-dessous :

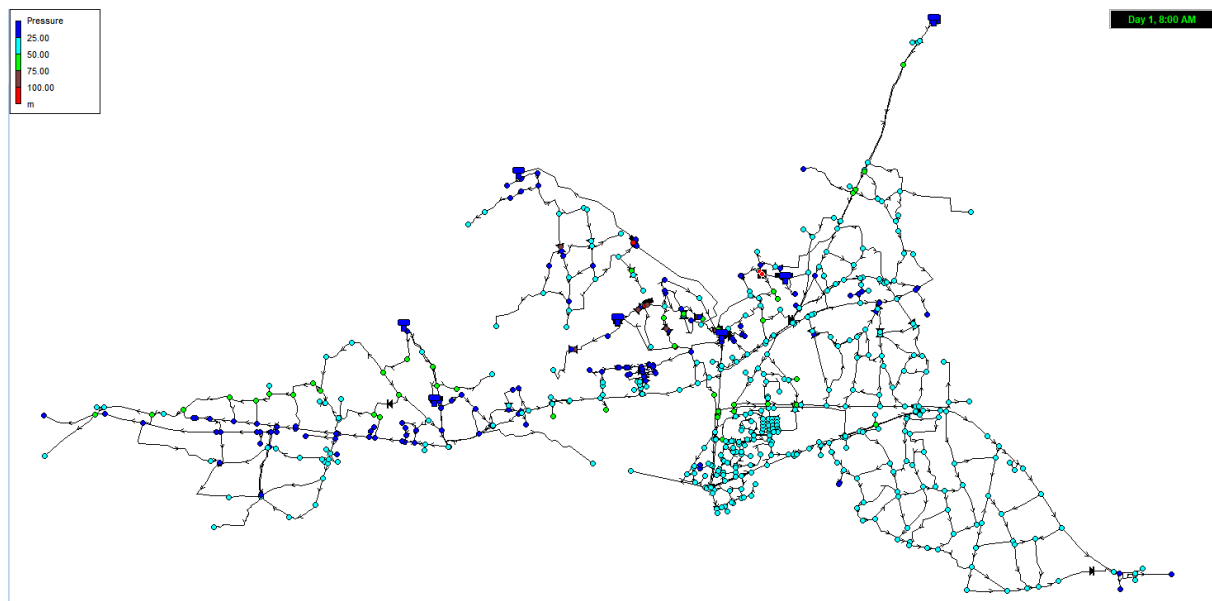


Figure 22 : Réseau de distribution avec les secteurs étudiés

- Secteur VI (Obwolo) : Ce secteur est alimenté par le réservoir dit d'Obwolo par deux pompes. Les pressions obtenues sont satisfaisantes entre 2 et 6 bars. Les vitesses sont également suffisantes pour assurer l'auto curage. Les pompes initialement installées étant trop puissantes [Tableau 10], elles ont été redimensionnées et la pompe définitive recommandée a les caractéristiques suivantes : Q (m^3/h) = 50 et HMT (m) = 55. Quatre vannes fermées ont été placées au niveau des conduites P-418 et P-335, P-340 ainsi que P-1002. Elles permettront d'isoler respectivement les secteurs VI et VII et VI et I. La [Figure 23] ci-dessous présente le secteur VI.

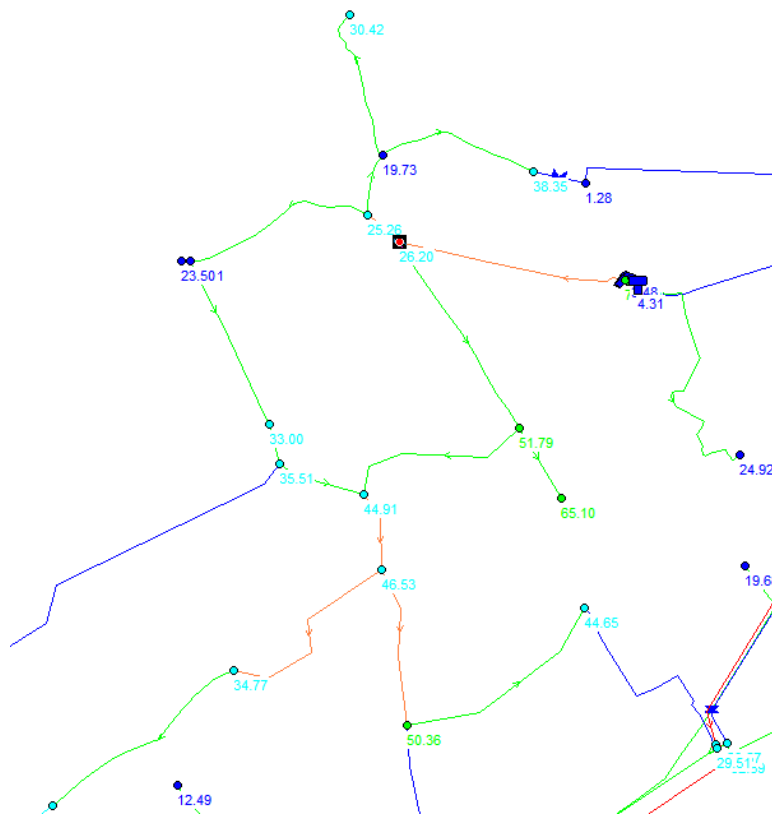


Figure 23: Secteur Alimenté par le réservoir dit d'Obwolo (secteur VI)

- Secteur II (Mamboleo) : Ce secteur est alimenté par le réservoir de Mamboleo. La desserte en eau se fait gravitairement. Les pressions obtenues sont comprises entre 2 (en bleu sur la figure 24) et 5 bars. Le problème de faibles vitesses a été réglé. En effet la sectorisation effectuée a permis d'obtenir des vitesses suffisantes dans les différentes conduites. Il est recommandé d'augmenter la capacité de stockage de ce réservoir puisqu'il alimente trois autres réservoirs par pompage en plus du secteur II. Le volume additionnel à prévoir est de $10800 m^3$ environ un clapet anti retour a été installé sur la conduite P-0771. La [Figure 24] ci-dessous présente le secteur alimenté par le réservoir de Mamboleo.

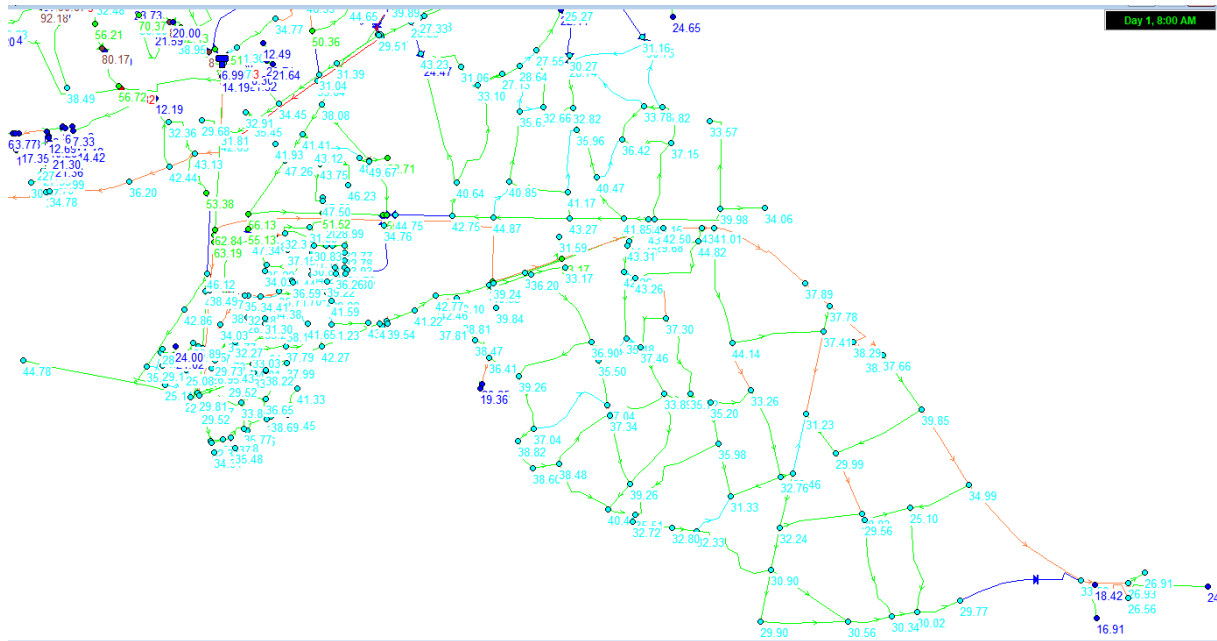


Figure 24: Secteur alimenté par le réservoir de Mamboleo

- Secteurs VII, IX et X : Ces secteurs sont alimentés respectivement par les réservoirs de Gee, Riat et le château d'eau de Riat.
 - Le réservoir de Gee est alimenté par deux pompes en série à partir du réservoir de Mamboleo. Les caractéristiques des pompes installées sont : Q (m^3/h) = 145 et HMT (m) = 166. Pour le secteur alimenté par le réservoir de Gee, les pressions obtenues sont comprises entre 2 et 6 bars. Le réservoir étant situé en très haute altitude (1548 m) par rapport aux abonnés en aval, une vanne fermée et un stabilisateur aval de pression avec une consigne de 3 bars ont été installés afin de réduire les fortes pressions observées. Les vitesses obtenues pour ce secteur sont également suffisantes.
 - Le réservoir semi enterré de Riat (secteur X) et le château d'eau de Riat (secteur IX) sont également alimentés par pompage ($Q = 60 m^3/h$ et HMT = 175 m) à partir du réservoir de Mamboleo. Pour le secteur X un stabilisateur aval de pression (consigne 1 bar) a été installé pour réduire les fortes pressions observées. Au niveau du secteur IX, 3 stabilisateurs de pressions [Tableau 13] ont été installés pour réduire les fortes pressions observées. Cette solution a eu pour conséquence la baisse de pression chez les abonnés mais également des dépressions chez les abonnés situés en hauteur. Pour y remédier un surpresseur avec les caractéristiques Q (m^3/h) = 30 et HMT (m) = 60 a été installé. Pour ces deux secteurs, la pression obtenue est comprise entre 2 et 6 bars. Aucun problème n'est à signaler concernant les vitesses.

Description Epanet	Diamètre (mm)	Consigne (bar)
Vanne 15	150	2
Vanne 18	50	3
Vanne 20	40	2

Tableau 13 : consigne des stabilisateurs aval de pression installés

La [Figure 25] ci-dessous présente les secteurs alimentés par les réservoirs de Riat, Gee et le château d'eau de Riat.

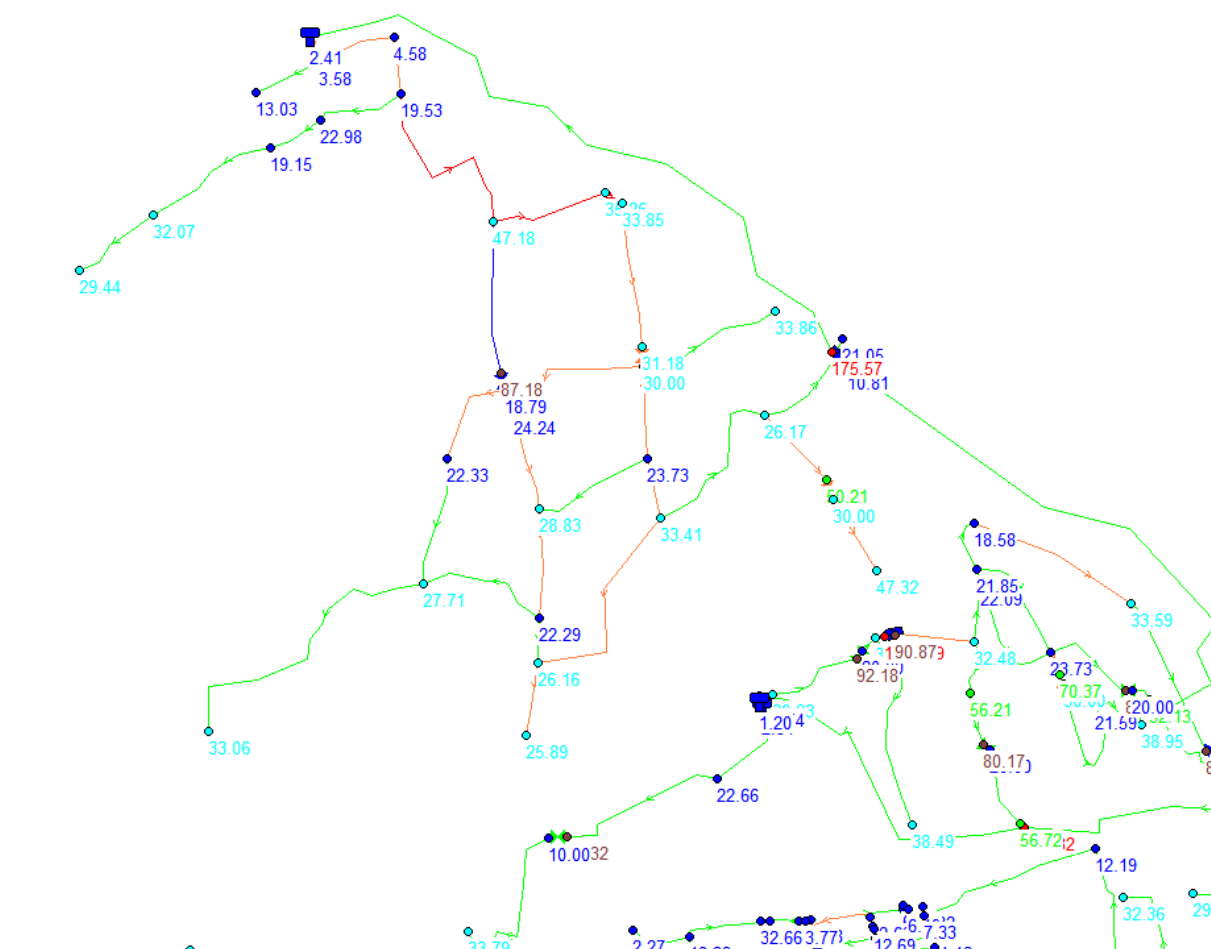


Figure 25 : Secteurs desservis par les réservoirs de Gee, Riat et le château d'eau de Riat

- Secteurs IV et VIII : Ces secteurs sont alimentés respectivement à partir des réservoirs de Kanyamedha et le nouveau réservoir de Riat.
 - Le remplissage du réservoir de Kanyamedha se fait gravitairement à partir du réservoir de tête situé à Kajulu via une conduite de diamètre \varnothing (mm) = 400. Ce réservoir alimente gravitairement le secteur IV. Les pressions obtenues sont globalement correctes entre 1 bar et 4 bars environ. Cependant des faibles pressions (5 et 10 m) ont quand même été observées à certains endroits. Les vitesses dans le réseau sont correctes. Des vannes fermées (5) ont été placées sur les conduites P-373, P-0617, P-370, P-0392, P-0789 pour isoler les secteurs IV et VIII.
 - Le nouveau réservoir de Riat est alimenté par le réservoir de Kanyamedha via deux pompes dont les caractéristiques sont les suivantes : Q (m^3/h) = 250 et HMT (m) = 115. Ce réservoir permet d'alimenter gravitairement les abonnés situés dans le secteur VIII. Les vitesses d'écoulement sont suffisantes et les pressions obtenues sont comprises entre 2 et 7 bars environ. Des pressions supérieures à 8 bars ont cependant été notées dans la nuit. Il est recommandé d'installer des débitmètres au niveau des conduites P-366, P-0389 et P-375 afin de connaître les volumes qui

transitent par ces conduites pour le secteur IV.La [Figure 26] ci-dessous présente le réseau pour les secteurs IV et VIII.

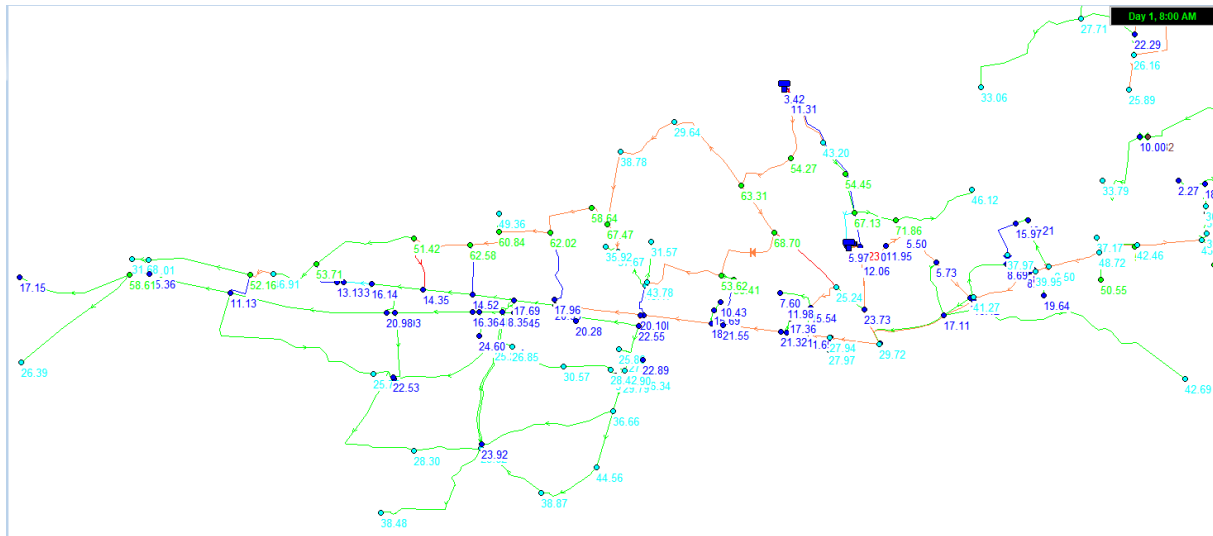


Figure 26 : Secteurs alimentés par les réservoirs de Kanyamedha et le nouveau réservoir Riat

- Secteur I : Ce secteur est alimenté gravitairement à partir du réservoir de Kajulu le réservoir est alimenté gravitairement à partir de la station de traitement d'eau de Kajulu. Globalement les pressions sont conformes à la réglementation. Mais des faibles pressions ont été localisées à certains endroits au cours de la nuit (encadré rouge). Nous avons également noté une vitesse supérieure à 2 m/s sur la conduite de principale de transfert. Neuf vannes fermées ont été installées pour isoler ce secteur de celui alimenté par le réservoir de Mamboleo. Un clapet anti retour a également été installé. La [Figure 27] ci-dessous présente le réseau pour le secteur alimenté par le réservoir de Kajulu.

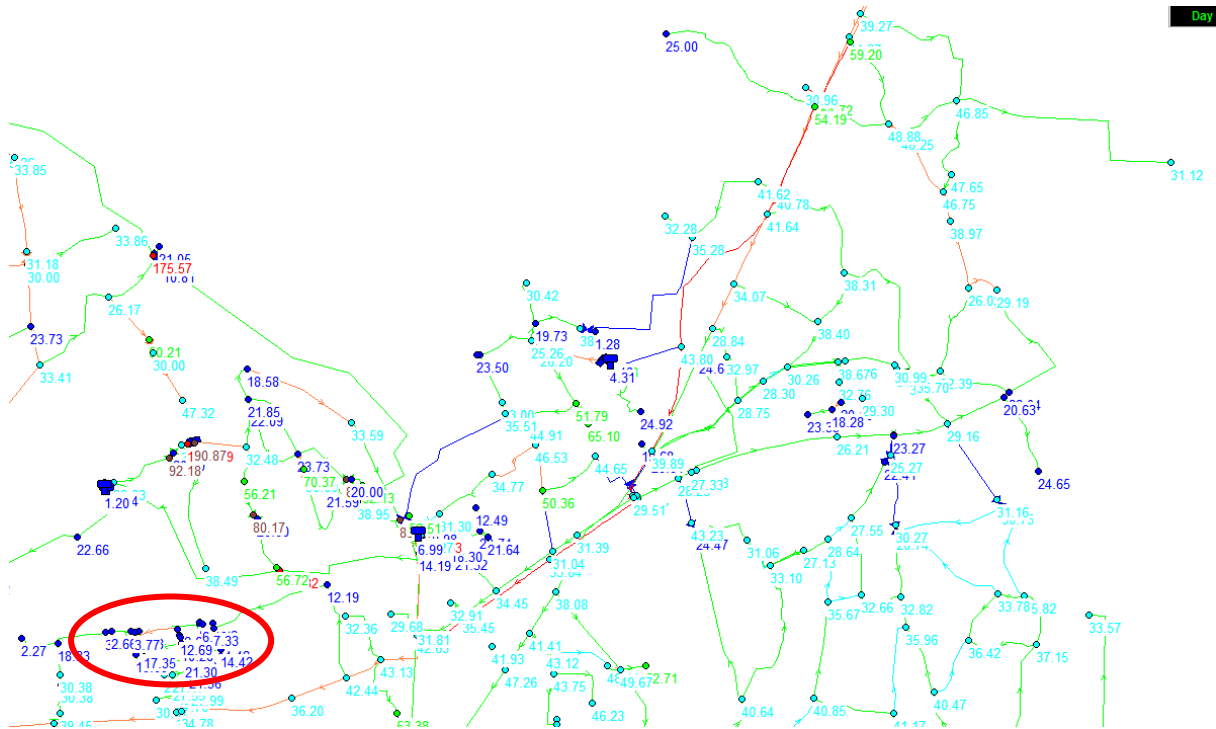


Figure 27: Secteur desservi par le réservoir de Kajulu

La sectorisation effectuée est globalement satisfaisante et permet d'améliorer les conditions hydrauliques du réseau. En effet, regardant la réglementation kenyane les pressions et vitesses obtenus sont satisfaisantes. Les stabilisateurs aval de pression I installés au niveau des secteurs VII, IX et X ont permis de réduire les fortes pressions observées lors de la sectorisation. Le redimensionnement des pompes alimentant le secteur VI ont également permis de réduire les fortes pressions observées dans ce secteur. La capacité de stockage du réservoir de Mamboleo a été augmentée car le stockage actuel ne permettait pas de faire face à la demande à ce réservoir. La synthèse des travaux réalisés par secteur est présenté en [annexe 10].

Il faut noter que la demande des abonnés par secteur est élevée par rapport au volume des réservoirs disponibles à ce jour. La conséquence de cette situation réside dans le fait que les réservoirs se vident rapidement au cours de la journée. Pour y remédier il existe deux solutions. A long terme il faudra prévoir une augmentation des capacités de stockage des réservoirs et à court terme il faudra se fixer les niveaux initiaux des réservoirs afin d'obtenir un marnage plus ou moins correcte au cours de la journée. Le tableau ci-dessous présente les niveaux retenus pour chaque réservoir.

Réservoir	Niveau initial (m)	Niveau Maximum (m)
Kajulu	5,5	6
Obwolo	4	6
Mamboleo	4	8
Gee	2	5
Réservoir Riat	2	3,66
Château d'eau Riat	2	3
Kanyamedha	4	6
Nouveau réservoir Riat	3	5

Tableau 14 : Niveau des réservoirs du réseau de distribution de Kisumu

Le marnage des réservoirs [Figure 28] permet surtout de s'assurer que l'eau se renouvelle dans les ouvrages de stockages. Cela permet d'empêcher le développement des bactéries dans le réservoir en cas de temps de séjour important. La [Figure 28] ci-dessous présente le marnage pour les réservoirs de Mamboleo, Gee, réservoir de Riat, et le château d'eau de Riat pour une simulation de 5 jours.

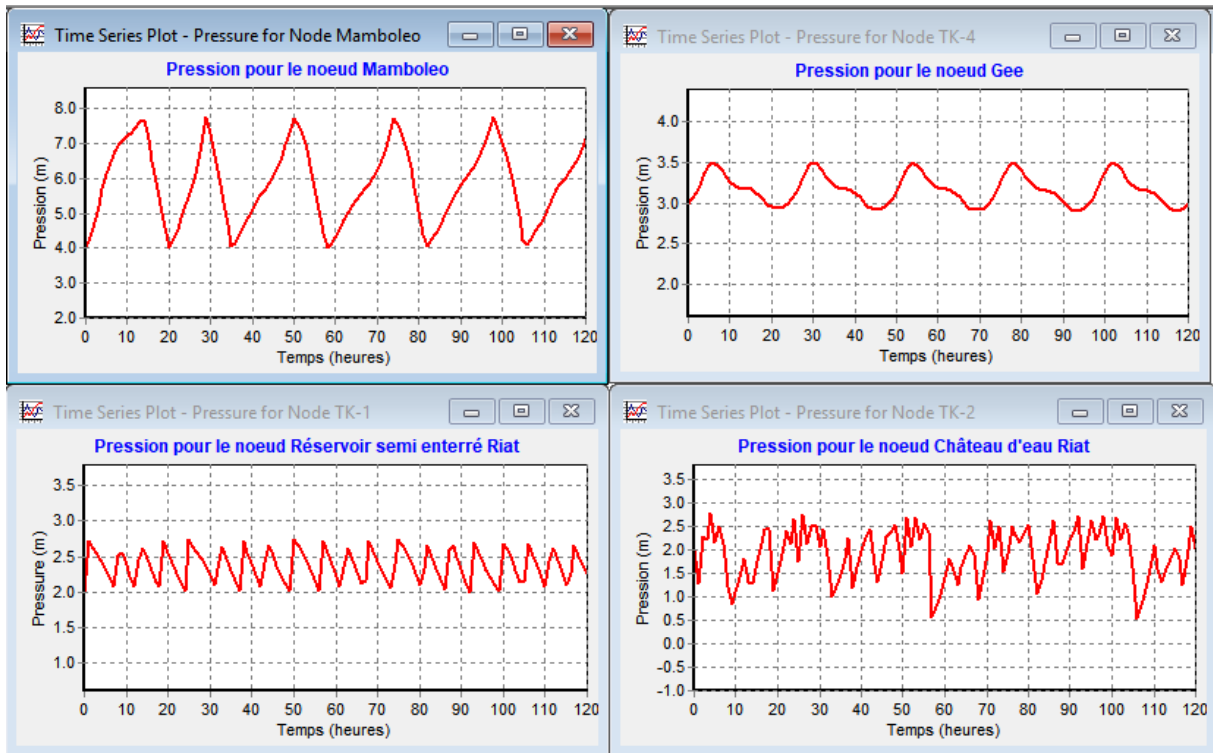


Figure 28: Marnage des réservoirs de Mamboleo, Gee, Réservoir et Château d'eau de Riat

Le marnage des autres réservoirs (Kanyamedha, Kajulu, Nouveau réservoir Riat et Obwolo) sont présentés en [annexe 9].

VII. CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'étude du fonctionnement hydraulique du réseau de distribution d'eau potable de la ville de Kisumu et la proposition d'aménagement afin d'améliorer la desserte en eau des populations.

La construction du modèle représentant le système d'adduction et de distribution d'eau de la ville de Kisumu sous le logiciel Epanet constitue un outil d'aide à la décision. Il a été créé à partir de la base de données cartographiques disponibles à cet effet. Mais il n'a pas fait l'objet d'un calage par rapport à une campagne de mesures dédiée.

Cependant, dans l'état le modèle a notamment permis de mieux comprendre le fonctionnement du réseau et de faire une étude diagnostic du réseau de distribution étudié. En effet, l'étude du fonctionnement hydraulique du réseau a permis de détecter que la vitesse d'écoulement dans le réseau était très faible par rapport à la réglementation au Kenya. Des fortes pressions ont également été notées au niveau de Konya et Dunga. En outre, l'analyse des données de facturations fournies par Kiwasco a montré des volumes de pertes élevés dans le réseau conséquence du faible rendement du réseau. Cependant, malgré les dysfonctionnements observés, le réseau dans l'état actuel répond bien aux besoins des abonnés.

Le modèle a également permis d'effectuer des simulations pour étudier les aménagements possibles dans l'optique d'optimiser le fonctionnement du réseau. L'étude de faisabilité des travaux proposés par d'autres études dans le cadre du PALT a montré que le fonctionnement hydraulique du réseau en termes de pression reste inchangé. Concernant les vitesses elles ont légèrement augmenté dans les conduites environnantes mais elles n'étaient pas importantes et conformes du point de vue de la réglementation Kenyane. La mise en œuvre de ces travaux n'a donc pas été recommandée.

L'étude de la situation future, pour l'horizon 2048, a permis de prendre en compte une extension du réseau à d'autres sous localités. Cette extension permettra de raccorder les populations qui n'étaient pas raccordées lors du projet PALT.

Dans le but d'améliorer les conditions hydrauliques du réseau une sectorisation a été effectuée. Le réseau a été sectorisé de manière à favoriser l'alimentation gravitaire. Les réservoirs d'Obwolo, Mamboleo, et Kanyamedha sont alimentés gravitairement à partir de Kajulu. Les réservoirs de Kibuyé et de Watson sont alimentés par pompage à partir de la station de Dunga. La sectorisation effectuée à ce stade a permis d'optimiser le fonctionnement hydraulique du réseau. En effet, les vitesses et pressions obtenues sont conformes à la réglementation kenyane. La capacité des réservoirs étant faible par rapport à la demande, en cas d'urgence ou de casse, les réservoirs ne seront pas en mesure d'assurer la continuité de service.

Sur le plan personnel, ce stage m'a permis de me familiariser avec le milieu de l'emploi en France notamment en bureau d'étude. Ce stage m'a également permis de consolider et valoriser mes acquis théoriques et antérieurs. Aussi j'ai pu apprendre à travailler en confiance et en autonomie. A l'issue de ce stage je peux désormais dire sans l'ombre d'un doute que je suis Ingénieur compétent avec une marge de progression.

Professionnellement j'ai contribué à l'atteinte des objectifs de l'entreprise dans le cadre de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ATKINS, «Project Formulation for scaling up the Lake Victoria and Sanitation Initiative,» Kisumu, 2012.
- [2] Seureca, «Long Term Action Plan : Package 1, Construction of Distribution Networks and Reservoirs,» Kisumu, 2011.
- [3] Egis Eau, «design and supervision of NRW Reduction and Management package,» Kisumu, 2013.
- [4] BRL Ingénierie, «Technical studies, Design and Supervision of works package 1 and 2 in Kisumu city and satellite towns under LVWATSAN program,» Nîmes, 2018.
- [5] Seureca, «STAP FINAL DESIGN AND LTAP FEASABILITY REPORT - ANNEXES,» Kisumu, 2005.
- [6] Seureca, «STAP FINAL DESIGN AND LTAP FEASABILITY REPORT,» Kisumu, 2005.
- [7] W. a. S. P. -. W. World Bank, «Improving Water Utility Services through Delegated Management,» 2009.
- [8] L. A. Rossman, Simulation Hydraulique et Qualité pour les Réseaux d'Eau sous Pression : manuel de l'utilisateur, G. d. eaux, Éd., Cincinnati, 2003, p. 222.
- [9] Mouchell Parkman and Otieno Odongo and Patners, «Long Term Action Plan : water Supply Proposals Report,» Nairobi, 2007.
- [10] Ministry of Water and Irrigation, «Practice Manual for Water Supply Services,» Kenya, 2005.
- [11] Finix Consulting LTD, «PROVISION OF CONSULTANCY SERVICES TO CARRY OUT A DETAILED STUDY FOR OUTPUT BASED AID (OBA) PROJECT FOR KIWASCO,» Kisumu, 2016.
- [12] J. V. e. M. DUSFRESNE, *HYDROSTATIQUE ET HYDRAULIQUE EN CHARGE*, 2014, p. 87.
- [13] A. AZMAOUI, «SCHÉMA DIRECTEUR D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU PÉRIMÈTRE DE LA MODER,» Strasbourg, 2016.
- [14] H. ZIDA, «Diagnostic du système d'alimentation en eau potable du syndicat intercommunal de la région de Regnaville,» Strasbourg, 2015.

ANNEXES

Annexe 1 : Population de la zone d'étude

- La projection de la population à l'horizon du projet a été déterminée à partir de la formule du taux d'accroissement géométrique suivant :

$$P_n = P_0 * (1 + Tx)^n \text{ avec :}$$

P_n : Population projetée ;

P_0 : Population à l'année de référence

Tx : taux d'accroissement de la population

n : Différence entre l'année projetée et l'année de référence

Le taux d'accroissement a été calculée à partir des données du recensement général de la population réalisée par le KNBS (tableau ci-dessous).

County	2009	2016	Taux d'accroissement
	Population		
Kisumu	968 451	1132264	2,257629547
Vihiga	567 387	626707	1,430673503
Nandi	752 665	953978	3,443982951
Kenya	38 641 649	45847857	2,472906765

La population à l'horizon 2048 a donc été calculée à partir du taux d'accroissement de la ville de Kisumu. Le tableau ci-dessous présente la population projetée de la ville de Kisumu.

Zone de projet	Projection de la population				
	2009	2018	2028	2038	2048
Kisumu	504 084	616 261	770 409	963 117	1 204 026
Vihiga	19 062	21 662	24 968	28 779	33 172
Nandi	6 317	8 568	12 020	16 864	23 660
Total	529 463	646 491	807 397	1 008 760	1 260 858

- La population par sous localité déterminée selon plusieurs critères est présentée dans les tableaux ci-dessous [4] :

Sous-localités	2009		2018		2028		2038		2048	
	Population	Densité	Population	Densité	Population	Densité	Population	Densité	Population	Densité
BANDARI	7 623	10,46	10 935	15	10 935	15	10 935	15	10 935	15
BUOYE	5 789	2,42	10 226	4,27	26 345	11	43 110	18	59 875	25
CHIGA	9 876	4,43	13 374	6	24 519	11	40 122	18	55 725	25
DAGO	5 724	5,82	8 014	8,14	10 824	11	17 712	18	24 600	25
GOT NYABONDO	4 050	8,64	5 176	11,04	6 798	14,49	8 928	19,04	11 725	25
KADERO	6 790	9,26	8 538	11,65	11 014	15,03	14 206	19,38	18 325	25
KALOLENI	14 806	69,84	17 767	83,81	17 767	83,81	17 767	83,81	17 767	83,81
KANYAKWAR	12 554	18,96	14 461	21,84	16 922	25,56	19 801	29,91	23 170	35
KASULE	19 252	10,91	24 312	13,78	31 508	17,86	40 834	23,15	52 920	30
KOGONY	19 625	16,52	23 338	19,64	28 292	23,81	34 299	28,87	41 580	35
KONYA	14 275	10,33	17 505	12,67	21 958	15,89	27 544	19,93	34 550	25

Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

KORANDO 'A'	12 057	11,42	17 952	17	23 734	22,48	29 568	28	36 960	35
KORANDO 'B'	6 446	7,94	10 556	13	14 616	18	20 121	24,78	24 360	30
MANYATTA 'A'	48 004	201,7	48 004	201,7	48 004	201,7	48 004	201,7	48 004	201,7
MANYATTA 'B'	27 952	109,19	27 952	109,19	27 952	109,19	27 952	109,19	27 952	109,19
MAYENYA	5 623	4,67	9 624	8	13 233	11	21 654	18	30 075	25
MIGOSI	19 826	102,2	19 826	102,2	19 826	102,2	19 826	102,2	19 826	102,2
MIWANI WEST	4 731	1,75	7 763	2,88	18 879	7	26 970	10	40 455	15
MKENDWA	1 032	7,7	1 354	10,11	1 831	13,67	2 477	18,49	3 350	25
NORTHERN	9 739	73,78	11 687	88,54	11 687	88,54	11 687	88,54	11 687	88,54
NYALENDA 'A'	28 269	88,62	33 923	106,34	33 923	106,34	33 923	106,34	33 923	106,34
NYALENDA 'B'	32 430	68,27	38 916	81,93	38 916	81,93	38 916	81,93	38 916	81,93
NYALUNYA	12 487	7,45	16 514	9,85	22 528	13,43	30 732	18,33	41 925	25
NYAWITA	14 747	111,72	14 747	111,72	14 747	111,72	14 747	111,72	14 747	111,72
OJOLA	8 323	4,95	12 095	7,19	18 502	11	30 276	18	42 050	25
OKOK	3 938	10,7	4 790	13,02	5 954	16,18	7 401	20,11	9 200	25
SOUTHERN	9 163	17,45	10 383	19,78	11 930	22,72	13 708	26,11	15 750	30

Sous-localités	2009		2018		2028		2038		2048	
	Population	Densité	Population	Densité	Population	Densité	Population	Densité	Population	Densité
WATHOREGO	11823	13,06	14323	15,83	17726	19,59	21938	24,24	27150	30
BAR 'A'	4319	6,74	5552	8,66	7338	11,45	9699	15,13	12820	20
BAR 'B'	4065	6,01	5364	7,94	7300	10,8	9935	14,7	13520	20
EAST KARATENG	5269	5,42	6666	6,85	8656	8,9	11240	11,55	14595	15
KAKOLA AHERO	9766	9,02	10983	10,14	12514	11,55	14258	13,17	16245	15
KANYAWEGI	6529	3,71	9630	5,47	17590	10	22867	13	35180	20
RABUOR – KOCHIENG	7135	4,73	9315	6,17	12526	8,3	16844	11,15	22650	15
KOCHOGO NORTH	4365	6,17	5359	7,57	6731	9,51	8455	11,94	10620	15
LELA	4863	4,13	6550	5,56	9118	7,74	12693	10,77	17670	15
LOWER KADONGO	4633	5,43	5859	6,86	7604	8,9	9870	11,56	12810	15
MARERA	5923	7,89	6870	9,15	8101	10,79	9553	12,72	11265	15
MASOGO	3253	3,81	4462	5,23	6339	7,43	9006	10,56	12795	15
NEWA	3421	2,19	5332	3,42	10927	7	15610	10	23415	15
NORTH KAPUONJA	5640	4,25	7545	5,69	10426	7,86	14406	10,86	19905	15
NYAHERA	9750	5,9	12924	7,82	17675	10,69	24173	14,62	33060	20
NYAMWARE NORTH	6190	5,95	7662	7,37	9711	9,34	12308	11,83	15600	15
NYAMWARE SOUTH	4976	8	5753	9,25	6759	10,87	7941	12,77	9330	15
OSIRI	7274	4,42	10304	6,26	15173	9,22	22343	13,58	32900	20
SOUTH KAPUONJA	4137	4,83	5595	6,54	7824	9,14	10941	12,78	15300	17,87
SUNGA	5278	5,72	6592	7,15	8439	9,15	10803	11,72	13830	15
TURA	8543	12,9	9452	14,28	10576	15,98	11833	17,87	13240	20
UPPER KADONGO	4316	3,97	5864	5,4	8243	7,59	11588	10,67	16290	15

WEST KARATENG	7485	8,33	8574	9,54	9971	11,09	11596	12,9	13485	15
EKWANDA	4695	13	5335	14,74	6150	16,99	7088	19,58	8170	22,57
ESABALU	5262	12,8	5980	14,51	6892	16,73	7944	19,28	9157	22,23
MASENO	5020	9	5705	10,21	6575	11,76	7579	13,56	8736	15,63
KAPSENGERE	6317	6,6	8568	8,96	12020	12,57	16864	17,64	23660	24,75
GAMALENGA	4085	15,9	4642	18,06	5351	20,82	6167	24	7109	27,66

Annexe 2 : Volumes d'eau mis en distribution

- Données de facturation fournies par Kiwasco

Mois	Volumes d'eau facturés en 2017 (m3)				
	Domestic	Commercial	Institutionnel	Industriel	Total
Janvier	-	-	-	-	-
Février	346 360	106 064	49 090	32 088	533 602
Mars	322 695	116 904	46 781	34 655	521 035
Avril	313 013	107 758	37 484	31 100	489 355
Mai	325 304	95 977	47 851	29 510	498 642
Juin	335 973	104 055	41 132	29 700	510 860
Juillet	317 780	107 621	43 143	28 799	497 343
Août	333 649	75 293	44 750	23 913	477 605
Septembre	330 067	99 829	42 551	26 846	499 293
Octobre	313 733	87 619	39 597	24 098	465 047
Novembre	324 867	88 064	38 417	26 400	477 748
Décembre	-	-	-	-	-
Total	3 263 441	989 184	430 796	287 109	4 970 530

- Volumes d'eau non comptabilisé et rendement du réseau

Le volume d'eau non comptabilisé a été déterminé en faisant la différence entre le volume d'eau produit et le volume d'eau facturée. Nous avons ensuite calculé le pourcentage de volume d'eau non facturé en faisant le rapport volume non comptabilisé sur volume produit. Enfin, le rendement a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\eta = 100 - \text{pourcentage de volume non facturé avec } \eta : \text{rendement (\%)}$$

Le tableau ci-dessous présente les résultats.

Mois	Volume total en 2017		Volume non comptabilisé		Rendement (%)
	Facturé (m3)	Produit (m3)	Volumes (m3)	%	
Janvier	-	-	-	-	
Février	533 602	988 292	454 690	46	
Mars	521 035	1 079 023	557 988	52	
Avril	489 355	1 000 129	510 774	51	
Mai	498 642	1 063 586	564 944	53	
Juin	510 860	937 985	427 125	46	
Juillet	497 343	1 034 001	536 658	52	

Août	477 605	1 011 396	533 791	53	
Septembre	499 293	1 030 841	531 548	52	
Octobre	465 047	1 149 950	684 903	60	
Novembre	477 748	-	-	-	
Décembre	-	-	-	-	
Total	4 970 530	9 295 203	4 802 421	52	48

Annexe 3 : Réservoirs de distribution

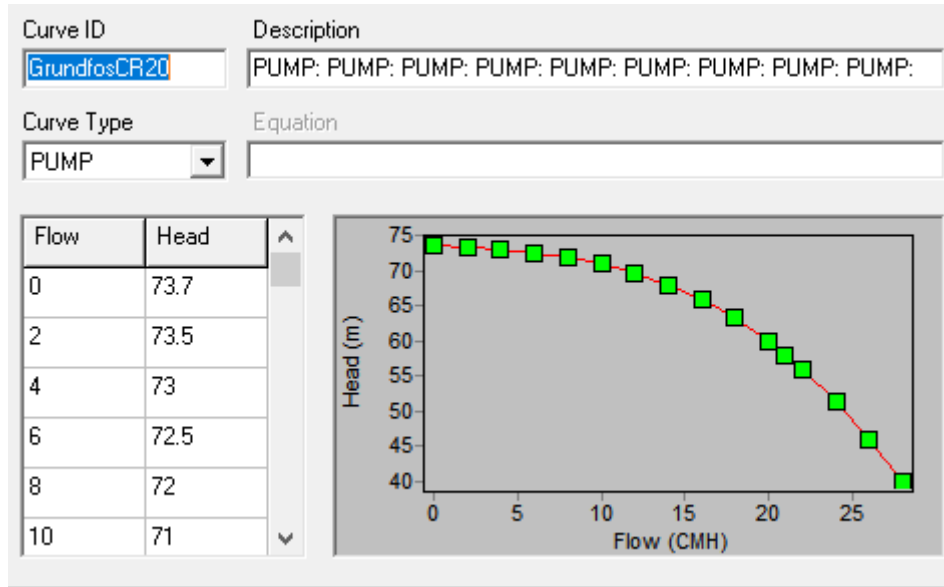
Caractéristiques détaillées des réservoirs

Zone	Nom	Année de construction	Capacité (m³)	Type	Hauteur (m)	Diamètre (m)	Côte radier (m)	Charge totale (m)
MILIMANI ZONE	Dunga_III	2011	1400	Semi enterré	6	17,24	1134	6
	Dunga_II	1986	760	Semi enterré	2,97	18,05	1138	2,97
	Dunga_I	1958	600	Semi enterré	3,92	13,87	1137	3,92
	Watson	1970	2273	Semi enterré	6	21,96	1181,27	6
	Nyalenda	2013	267	Château	3,15	10,39	1178,82	3,15
CDB	Kanyamedha	2013	2100	Semi enterré	6	21,11	1200	6
	Kibuye (H)	2013	6000	Semi enterré	6	35,68	1197,81	6
	Kibuye (I)	2013	6000	Semi enterré	6	35,68	1197,81	6
	Kibuye (F)	1950	910	Semi enterré	4,856	15,45	1191,144	4,86
	Kibuye (E)	1947	455	Semi enterré	4,856	10,92	1191,144	4,86
	Kibuye (D)	1968	126	Château	3	7,31	1209,144	3
	Kibuye (C)		60	Château	3	5,05	1209,144	3
	Robert Ouko Estate	1975	104	Château	3,6	6,06	1201	3,6
K-Re ZONE	Obwolo	2013	1300	Semi enterré	6	16,61	1242,5	6
	Mamboleo	2013	5000	Semi enterré	6	32,57	1230	6
	Kajulu	2013	5000	Semi enterré	6	32,57	1278,5	6

- Données renseignées dans le logiciel epanet : réservoir Obwolo

Property	Value
*Tank ID	Obwolo
X-Coordinate	698928.00
Y-Coordinate	9994772.00
Description	
Tag	
*Elevation	1242.5
*Initial Level	4
*Minimum Level	0
*Maximum Level	6
*Diameter	16.61
Minimum Volume	0
Volume Curve	

Annexe 4 : Courbe de pompes : Kanyamedha (situation existante)



Annexe 5 : Les gros consommateurs

Numéro de compte	Consommation (m3/mois)										Nœud
	févr-17	mars-17	avr-17	mai-17	juin-17	juil-17	août-17	sept-17	oct-17	nov-17	
1002000094	716	588		597	622	498	534	478	445	546	N-1036
01002000186-01	1 787	1 594		931	976	1 074	1 140	1 220	1 192	1 219	N-1340
3001011160	933	1 040	1 040	1 087	1 028	1 144	1 115	1 110	1 081	1 183	N-0934
3002000898	478	414	414			414	409	537	746	603	N-1444
8000002384	295	376	376	354					388		N-1135
10002002520	1 000	1 146	1 146	1 027	928	983	1 073	949	865	971	N-1267
12002002743	432	1 443	1 443		1 341	2 376	3 447	3 010	2 061	2 061	N-0487
12002002747	502	509	509	544	563			352			N-0094
30000007850	931	1 034	1 034	473	748	630	965	486	545	390	N-1338
30002007827	3 134	4 156	4 156	1 626	3 816	2 948	1 715	1 715	1 715	1 836	N-0867
30002007849	1 207	1 284	1 284	1 175	1 170	1 139	575	835	807	886	N-0513
33002009314	1 163	1 186	1 186	1 084	1 213	1 098	802	1 138	982	990	N-0513
33002009571	1 305	1 368	1 368	4 183	939	1 326	1 326	1 762	1 655	965	N-0285
37000000060-02	486	658	658	896	747	1 092	1 643	838	650	920	N-0832
37000002794	505	681	681	563	652	655	709	679	844	912	N-0137
40000015702	1 318	1 418	1 418	1 620	2 202	2 209	3 191	2 896	3 438	3 295	N-1237
40002010749	302	827	827	709	328	450	388	459			N-0648
01000000033-01	470	809		609	483	713	402	452		636	N-1414
1001000050	796	915		739	887	588	369	530			N-1283
1001000144	1 920	1 910		1 676	1 926	1 928	2 177	1 589	1 518	1 221	N-0179
2000000362	299				323		352	349	334		N-0520
02000000522-01	441	451	451	447	499	444	396	451	499	571	N-0254
2000000916	2 472	5 000	5 000	977	1 262	5 000		321	5 000	1 496	N-1440

2000000974	501	661	661	661	661	695	661	661	375		N-1083
2001000515	617	617	617	362	599	564	564	564	685	685	N-1083
3000111489	709	786	786	647	736	675	331	580	580	580	N-0175
3000111654	770	937	937	761	647	642		653	506	478	N-1243
3001000886	392	422	422	353	319			367	625	423	N-0708
3001011075	495	364	364	407	409			422		399	N-1062
6000001577	617	770	770	1 084	810	806	1 331	954			N-0450
6001001452	1 557	1 282	1 282	1 115	1 130	1 102	910	1 135	777	948	N-1431
6001001475	3 381	3 397	3 397	2 949	1 249	3 112	621	1 085	903	895	N-1233
8000002375	1 252	1 340	1 340	1 298	1 843	2 138	2 054	2 147	1 677	1 421	N-1136
08000002381-01	1 518	2 003	2 003	1 302	1 382	1 251	986	1 081	857	565	N-1115
8000002387	612	868	868	812	746	704	636	729	625	615	N-0067
8001002152	1 208	1 314	1 314	999	996	1 127	899	1 023	1 036	1 118	N-1134
8001002172	395	488	488	428	488	481	433	428	452	396	N-1250
8001002189	545	550	550	550	479	456	408	513	638	563	N-1431
8001002219	392	464	464	335	355	343		315		327	N-0067
8001002226	767	931	931	885	833	831	647	924	727	756	N-1225
08001002273-01	657	753	753	595		612	530	301		355	N-1488
08001002283-01	708	328	328	472	504		320	340	357	340	N-1431
11000003386	401	380	380	395	423	341				311	N-0436
11001002611	658	1 130	1 130	593	524	547	426	528	487		N-0733
11001002647	5 860	5 386	5 386	2 594	3 464	2 576	1 106	2 847	2 713	2 652	N-1461
11001002939	1 158	1 332	1 332	1 033	1 092	1 047	883	978	433	304	N-0440
11001002941	396	490	490	451	311						N-0440
11001002947	2 350	1 968	1 968	2 431	3 196	2 564	1 360	1 251	1 834	1 792	N-1140
11001002955-01	1 442	1 375	1 375	1 582	1 520	1 540	1 386	1 531	1 194	1 250	N-1348
11001003016	605	669	669	521	317	395	311	402	485	521	N-1461
11001003045	762	834	834	384	490	504	570	645		559	N-1015
11001003173-01	829	973	973	1 098	1 264	1 159	796	1 082	828	905	N-0440
12000003094	1 315	897	897	2 716	845				439	1 831	N-0074
12001002860	1 369	1 639	1 639	1 507	1 537	1 530	1 434	1 502	1 254	1 426	N-0086
14001003414	464	728	728	769	796	622	552	664	349	757	N-1080
14001003479	1 004	1 403	1 403	1 358	1 111	1 162	1 091	1 175	1 350	1 358	N-1281
19000007980	697	643	643	634	414	382	343	332		322	N-0980
19001004541	510	663	663	603	515	573	532	578	546	605	N-0983
23000005683-01	477	531	531	500	630	608		368			N-0096
25001006259-01	601	478	478	376	415						N-0742
27001007190	679	590	590	394	346			316			N-0460
28000007389-01	425	350	350		437	322					N-0290
28001007324	649		302	414	425	418	357	323	425		N-0293
29000007805	332	416	416	417		379					N-1374
29001007453	1 695	1 489	1 489	1 557	938	1 581	1 054	1 160	1 653	869	N-0679

29001007454	1 427	1 957	1 957	1 736	1 589	2 486	2 219	3 324	2 566	2 374	N-0087
30000007697-02	1 340	1 201	1 201	907	905	905	1 050	1 202	966	800	N-0092
30000007867-01	427	403	403	419	513	586	422	555	421	317	N-0102
30001007956	634	820	820	1 499	1 342	1 478	1 570	1 404	1 585	1 944	N-1324
31000008482-01	2 085	1 699	1 699	2 077	2 100	2 153	1 929	1 991	450	1 481	N-0096
31000009540	602	352	352	447	406	467	320	402	340	402	N-0923
31000009682	2 570	2 462	2 462	2 758	3 371	3 300	3 740	2 819	3 478	2 591	N-0057
31000009712	342					579		663	338	305	N-1132
32000009946	5 443	3 250	3 250	3 492	1 224	1 224	1 274	1 754	1 817	3 216	N-0316
32000010380	3 770	2 646	2 646	4 338	4 338	2 797	4 410	3 761	1 737	1 518	N-0715
32000010385	573	689	689	340			380	366	405		N-0633
32000010441	1 435	2 355	2 355	1 612	2 064	2 001	2 073	2 073	2 073	503	N-0632
32000010555	1 806	1 879	1 879	1 448	2 301	3 525	2 319	2 312	2 317	2 370	N-1089
32000010955	990	1 612	1 612	1 333	912	493	571	465	567	654	N-1027
32000010956	628	454	454		420	329		320	377	435	N-1089
32000010992	821	1 033	1 033	1 353	1 227	1 378	1 468	1 289	1 406	1 155	N-0322
32000010996	1 144	1 206	1 206	939	770	825	704	745			N-1317
32000010997	1 076	1 061	1 061	862	862	855	906		1 715	822	N-0549
32000011025	402	397	397	374	464	475		733	325	516	N-1459
32000011677	779	798	798	1 323	1 470	925	903	1 258	1 260	985	N-0866
33000009280	912	912	912	912	912	985	502	502	502	502	N-1152
33000009919	654	770	770	893	988	1 036	951	1 017	927	815	N-1178
33000010351	1 460	3 040	3 040	1 679	1 679	1 462	1 923	1 923	1 923	2 026	N-0810
33000010900	356	315	315					367	471	413	N-1119
33001009270	564	717	717	634	671	550	630	723	668	1 168	N-0095
33001009322	403	463	463				313	424			N-0514
33001009458	2 452	3 342	3 342	1 895	2 065	1 898	2 409	2 463	2 198	2 334	N-0514
33001009505	1 137	1 164	1 164	1 284	1 319	1 479	983	1 368	1 171	1 371	N-1247
33001009517	3 228	3 262	3 262	3 361	3 367	2 779	3 288	2 167	2 750	3 308	N-1151
33001009530	509	560	560	498	475	488	477	533		475	N-0658
33001009548	6 362	7 408	7 408	5 042	5 168	5 424	2 891	8 441	2 251	2 463	N-0514
37000000046	622	726	726	684	708	670	457	630	552	537	N-0402
37000000063	679	433	433	374	485	452	369	418	350	396	N-0951
37000001097	2 052	3 129	3 129	2 748	2 895	2 724	2 439	2 475	2 449	2 520	N-0747
37000009491	400			421	451	448	346	415	391	399	N-1050
37001008833-01	295	364	364	459	459	343		438	382	396	N-0301
39001011818	450	561	561	714	397	379	322	391			N-1085
40000010842	3 430	1 849	1 849	719	852	1 064	944	1 001	755	1 024	N-1056
40000014184	386	384	384			377		363	322	355	N-0758
40001010203	509	597	597	1 003	1 038	892		588	532		N-0285
41000111661-01	2 298	939	939	3 185	3 284	3 607	3 229	2 298	2 298	2 298	N-0702
41000111668	1 513	1 416	1 416	1 078	1 583	1 468	1 293	1 504	1 342	1 997	N-1430

41000111670	3 096	2 884	2 884	3 762	4 776	3 943	2 282	3 670	2 841	3 240	N-1446
41000111850-01	4 368	1 465	1 465	2 140	1 826	1 913	2 319	2 319	3 276	4 152	N-0489
41000111851-01	622	2 694	2 694	2 767	3 455	3 843	4 423	1 474	3 690	3 024	N-0710
41000112081-02	1 600	1 472	1 472	1 128	1 274	1 201	1 102	1 272	1 287	743	N-1111
41000112277	1 260	1 798	1 798	748	1 041	971	1 455	824	891	1 041	N-0711
41000112285	2 241	449	449	1 277	1 143	923	625	2 044	1 658	2 322	N-0710
41000112294	5 020	7 730	7 730	4 530	5 334	5 729	5 255	5 307	5 197	4 063	N-0709
41000112385	2 468	2 302	2 302	2 532	2 252	2 000	2 000	2 012	2 069	2 214	N-0489
41000112515	937	1 009	1 009	1 123	1 813	1 597	1 751	980	1 220	912	N-0709
41000112648	2 378	2 868	2 868	359	866	798	923	490	474	757	N-1465
41001111598	4 691	5 971	5 971	4 892	4 892	4 892	5 359	5 359	4 392	3 324	N-1357
45000000207	691	355	355	419	523	654	520	456			N-0162
48001000215	554	482	482	316	365	335	332	310			N-0471
52000000063	1 102	534	534	685	412	819	953	654	382		N-1303
29001007626		558	558					406	452	357	N-0086
61000000611		420	420	500	332				314		N-1147
37000001684			302		319	334		331	322		N-0300
2000000936				365	673	464	1 075	649	696	827	N-1440
33001009276				981	1 081	822	884	1 089	1 247	1 408	N-1151
40000010526-01				341		756	756		432	336	N-1436
41001111650-01				3 346	3 964	3 292	3 631	3 689	3 574	3 279	N-1446
2000000294					310		370	311	338	308	N-1086
32000010957					507	514	768	840	870	1 048	N-0633
41000112735					412	622	667	773	728	697	N-0712
61000000649					1 381	1 604	1 674	1 065	766	851	N-0285
33000009964-01						313	337	394	346	330	N-1246

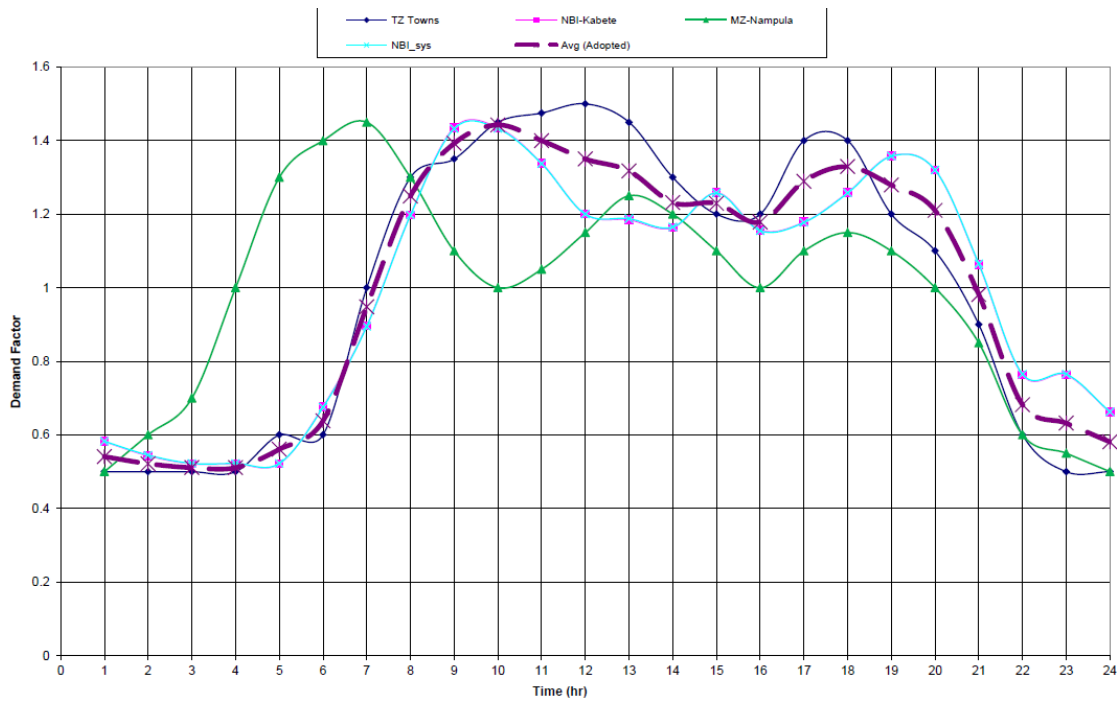
Annexe 6 : Courbes de modulation étudiées par Seureca

Seureca a développé pour la ville de Kisumu une courbe de demande horaire pour l'ensemble du système en se basant sur leurs expériences d'approvisionnement en eau et d'assainissement - Construction d'un réseau de distribution et de réservoirs de villes ayant une population de, une structure de peuplement et une échelle ou activités économiques similaires qu'à Kisumu. Les courbes étudiées sont celles des villes suivantes :

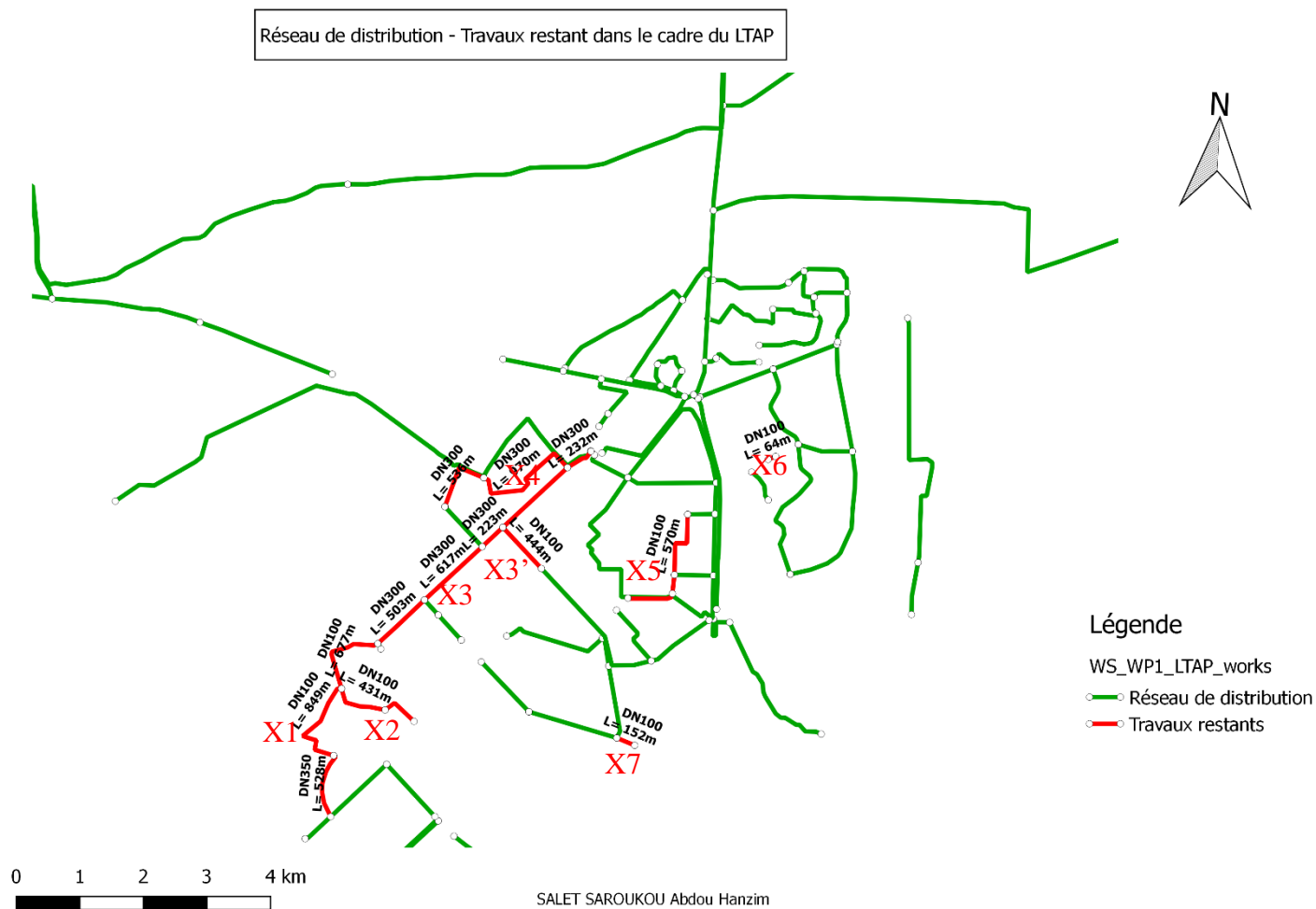
- Zone de Kabete dans la ville de Nairobi ;
- Ville de Nampula au Mozambique avec une population de plus de 350 000 habitants ;
- Courbe élaborée par le consultant pour les neuf villes de Tanzanie ;

Comme le montre la figure ci-dessous, la courbe développée pour neuf villes en Tanzanie donnerait des facteurs supérieurs à la demande moyenne qui s'étendraient sur une longue période de la journée. De telles courbes entraîneraient un plus gros volume de réservoir. L'utilisation de la courbe pour Nampula ne serait pas recommandée car les heures de pointe se produiraient à des moments différents des autres. Comme indiqué, la moyenne des courbes pour la Tanzanie, Kabete du Kenya et le système de Nairobi a été adoptée et utilisée pour vérifier

l'adéquation de la conception précédente et de la conception des nouveaux réservoirs de réseau et de service.



Annexe 7 : Travaux proposés par les études antérieures dans le cadre du PALT



Abdou Hanzim SALET SAROUKOU – Novembre 2018 – MS Eau Potable et Assainissement

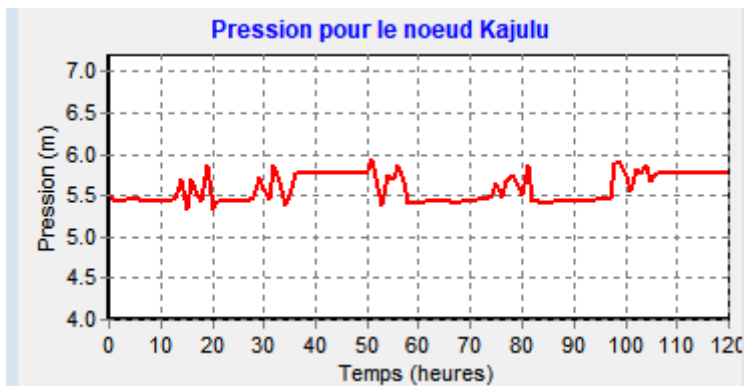
Annexe 8 : Devis estimatif des travaux testés

Travaux	Description epanet	Diamètre (mm)	Matériaux	Quantité	Unité	Prix unitaire (€)	Prix total (€)
X3	P-N11 connexion N-0091 et N-0814						
	P-N11	150	PEHD	232,47	ml	85	19759,95
	Connexion N-0814						
	Coude 45°	150	PEHD	1	u	202	202
	Culotte et embranchement à bride	200	PEHD	1	u	301	301
	Connexion N-0091						
	Culotte et embranchement à bride	125	PEHD	1	u	250	250
	P-N10 connexion N-0091 et N-N4						
	P-N10	100	PEHD	692,35	ml	75	51926,25
	Connexion N-0091						
	Culotte et embranchement	125	PEHD	1	u	250	250
	Coude 45°	100	PEHD	1	u	202	202
	P-N6 connexion N-0647 et N-N4						
	P-N6	100	PEHD	617,34	ml	75	46300,5
	Culotte et embranchement	150	PEHD	1	u	302	302
	Réducteur	150/350	PEHD	1	u	267	267
Culotte et embranchement	315	PEHD	1	u	724,25	724,25	
P-N5 connexion N-0081 et N-0647							
P-N5	100	PEHD	486,6	u	75	36495	
Culotte et embranchement	100	PEHD	1	u	225	225	
Sous total X3							157 205
X4	P-N16 connexion N-1268 et N-0091						
	P-N16	110	PVC	910,17	ml	60	54610,2
	Té	125	Fonte	1	u	185,64	185,64
	Réducteur	125/110	Fonte	1	u	181,36	181,36
	Réducteur	125/75	Fonte	1	u	179,47	179,47
	P-N15 connexion N-1254 et N-1268						
	P-N15	110	PVC	536,4	ml	60	32184
	Connexion N-1268						
Culotte et embranchement	110	PVC	1	u	150	150	
Sous total X4							87 491
X5	P-N12 connexion N-0491 et N-0858						
	P-N12	75	PVC	569,89	ml	42	23935,38
	Culotte et embranchement	75	PVC	1	u	100	100
	Té	80/80	Fonte	1	u	106,67	106,67
	Cône réducteur	100/80	Fonte	1	u	216,83	216,83
P-N13 connexion N-0858 et N-1277							

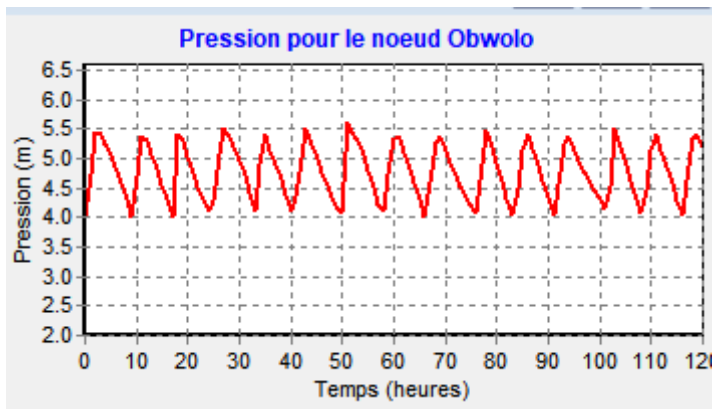
P-N13	75	PVC	148,42	ml	42	6233,64
Té	350/80	Fonte	1	u	786,98	786,98
Réducteur	80/75	Fonte	1	u	34,08	34,08
P-N14 connexion N-1277 et N-0737						
P-N14	75	PVC	372,44	ml	42	15642,48
Culotte et embranchement	75	PVC	2	u	100	200
Coude 45°	75	Fonte	1	u	23	23
Sous total X5						47 279
Total Travaux						291 975

Annexe 9 : Marnage des réservoirs

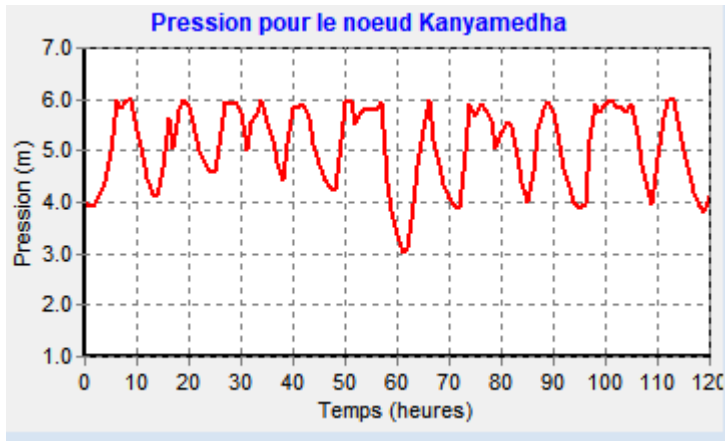
- Réservoir Kajulu



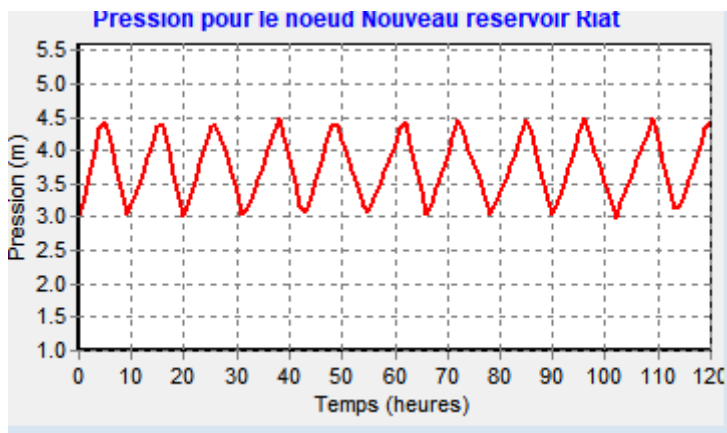
- Réservoir Obwolo



- Réservoir kanyamedha



- Nouveau réservoir Riat



Annexe 10 : Synthèse des travaux à réaliser pour les aménagements

Secteur	Travaux	Diamètre (mm)	Matériaux	Quantité	Unité
Kanyamedha	Pose de conduites	40		326,34	ml
		50		7507,99	ml
		65		182,39	ml
		75		3966,81	ml
		100		3528,41	ml
		125		2402,35	ml
		150		2655,16	ml
		200		208,95	ml
	Vanne fermée	50		3	U
		75		1	U
		100		1	U
	Débitmètre	40		1	U
		50		1	U
75			1	U	

Nouveau réservoir Riat	Pose de conduites	32		285,81	ml	
		50		123,25	ml	
		60		168,46	ml	
		65		154,77	ml	
		75		1351,26	ml	
		80		1272,74	ml	
		90		3226,44	ml	
		100		895,29	ml	
		125		1068,78	ml	
		150		1718,84	ml	
		175		3556,01	ml	
		200		670,33	ml	
		225		2806,61	ml	
		250		1788,26	ml	
	Clapet anti retour	90		1	U	
	Pompes			2	U	
	Réservoir			1	U	
Gee	Pose de conduites	40		414,3	ml	
		50		2031,75	ml	
		60		961,92	ml	
		63		679,2	ml	
		75			ml	
		90		1545,68	ml	
		100		85,12	ml	
		125		2133,8	ml	
		140		245,1	ml	
		150		379,03	ml	
		200		235,7	ml	
		250		6148	ml	
		vanne fermée	90		1	U
		Stabilisateur aval de pression	40		1	U
	125			1	U	
	Pompes			2	U	
Réservoir semi enterré Riat	Poses de conduites	75		435,17	ml	
		200		2634,84	ml	
	Vanne de régulation	200		1	U	
	Pompe			1	U	
Château d'eau Riat	Pose de conduites	40		1460,4	ml	
		100		971,7	ml	

		150		4	ml
	Stabilisateur aval de pression	50		3	U
		150		1	U
	Vanne de régulation	150		1	U
	clapet anti retour	150		1	U
	Surpresseur			1	U
Obwolo	Poses de conduites	40		721,4	ml
		50		548,23	ml
		63		153,3	ml
		75		947,52	ml
		100		431,65	ml
		150		204,32	ml
	Vannes fermées	50		4	U
Pompes			2	U	
Mamboleo	Poses de conduites	25		1282,22	ml
		32		5335,71	ml
		50		4649,12	ml
		65		1269,5	ml
		75		1466,31	ml
		90		423,39	ml
		100		8886,13	ml
		125		9931,73	ml
		140		1121,62	ml
		150		11927,88	ml
		160		320,7	ml
		175		4861,14	ml
		200		4273,14	ml
		250		2660,24	ml
		300		4130,6	ml
		350		1869,73	ml
	400		3592,74	ml	
	Clapet anti retour	150		1	U
Kajulu	Poses de conduites	50		3205,17	ml
		65		385,87	ml
		75		3037,78	ml
		90		3416,64	ml
		100		1721,61	ml
		125		4748,78	ml

		150		966,56	ml
		200		1435,35	ml
		250		3262,42	ml
		40		1	U
	Vannes fermées	50		6	U
		75		2	U
		90		1	U
	clapet anti retour	75		1	U

Annexe 11 : Schéma réseau d'eau potable de la ville de Kisumu

