



THEME :Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER

**SPÉCIALITE GÉNIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLE**

Présenté et soutenu publiquement le

Prénom SOW Abdallah (20190752)

Encadrant 2iE : Dr Lawani Adjadi MOUNIROU

Maître de stage : Thierno Sadou SOW, Chargé de projets SONES

Structure d'accueil du stage : Société Nationale de l'Eau du Sénégal (SONES)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président :

Dr BIAOU

Membres et correcteurs :

M. COULIBALY

M. KABORE

Promotion [2024/2025]

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

DEDICACE

- Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à
- A mes parents pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour la réussite de mes études
- A ma tante Adja Lala KOUNTA,
- A feu mes oncles, Serigne Cheikh Mouhamed Rafael KOUNTA, Mamadou GUEYE et Abdallah SOW

REMERCIEMENTS

Nous tenons d'abord à remercier le corps professoral et administratif de 2ie pour les efforts qu'ils déploient afin d'assurer à leurs étudiants une formation de qualité.

Nous tenons à remercier aussi les personnes qui nous ont aidé dans la rédaction de ce travail pour leurs disponibilités et l'aide fournie. Mes remerciements vont droit à :

- Mon encadreur Dr Lawani A. MOUNIROU
- M DIAGNE FAYE
- L'ensemble des employés de la SONES
- M Thierno Sadou SOW chargé de projet, mon maitre de stage pour toute l'aide fournie durant le stage.
- Mme Racky NDIAYE, de la Direction Générale
- Mme Marie P. SARR, Direction du Capital Humain
- M Jean L. COLY, chef de projet à la SONES
- M Arona SOW, Chargé de projets
- M Yoro DIASSY, Chef de projets à la SONES
- M Alioune B. NDIAYE, Chargé de projets
- A tous les camarades et promotionnaires de l'institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour les bons moments passés ensembles ;

- Et pour terminer toutes les personnes qui ont contribué à l'achèvement de ce travail.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

RESUME

La ville de Kaolack est située dans le département éponyme se trouvant dans le bassin arachidier. Elle fait partie des communes rencontrant des difficultés d'accès à une eau de qualité conforme aux normes de l'OMS. On y rencontre une forte concentration de fluor causant des maladies aux habitants de cette zone. Soucieux de ces problèmes liés à la qualité de l'eau et dans le but d'y remédier, le Gouvernement du Sénégal, à travers la SONES qui est sous tutelle du Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement a initié un projet de transfert d'eau de la région de Thiès vers la ville de Kaolack, sur financement de la Banque Mondiale. Pour les Besoins journaliers de pointe de la zone d'étude à partir des données sur le RGPH5 publié en 2024, la zone d'étude a une population de **317 723 habitants** en **2023**. Avec un taux d'accroissement de **3.11%**, la population de la ville a été estimée à **535 797** habitants pour l'horizon du projet. Cette évolution de la population nous a permis d'obtenir les besoins journaliers domestiques lesquels combinés aux besoins journaliers des activités socio-économiques estimés à **10%** des besoins journaliers domestiques nous ont donné les besoins journaliers moyens. Sur ces bases, les résultats ont permis d'obtenir un débit d'adduction de **2895 m³/h**. Ce débit a été obtenu en calculant la production journalière de pointe qui est de **49508 m³/j** laquelle avec le rendement de distribution, le rendement d'adduction nous fournit la production du jour de pointe lequel combiné avec le temps de refoulement nous ont donné un débit d'adduction de **2895 m³/h**. Dans le cadre de notre étude nous avons proposé un système d'adduction en eau potable composé d'une station de pompage de **4 pompes en parallèles de marque Grundfos** de type **NK 80-315/295** délivrant une capacité de **3000 m³/h** et une **HMT 116 m**. Pour le réseau de refoulement, on aura une conduite de transfert principale de longueur **52.45 km** en **Fonte Ductile DN800 PN 16** et de divers piquages **DN 500** de longueur totale **13.76 km** vers diverses localités. On aura 4 Châteaux d'eau donc un nouveau à construire de capacité de **3200m³**. Ce système pourra satisfaire à l'horizon **2040**, les besoins de **535 797 habitants**. Le cout des travaux est estimé à **28 200 000 000 F CFA TTC**

Mots-clés :

- 1-Adduction eau potable**
- 2-Château d'eau**
- 3-Etude de faisabilité**
- 4-Kaolack**
- 5- Kahone**

ABSTRACT

The city of Kaolack is located in the eponymous department located in the groundnut basin. It is one of the municipalities experiencing difficulties in accessing quality water that meets WHO standards. There is a high concentration of fluoride causing disease to the inhabitants of this area. Concerned about these problems related to water quality and with the aim of remedying them, the Government of Senegal, through SONES, which is under the supervision of the Ministry of Hydraulics and Sanitation, has initiated a project to transfer **317 723** of water from the Thiès region to the city of Kaolack, with financing from the World Bank. For the Peak Daily Needs of the study area from RGPH5 data published in 2024, the study area has a population of **317 723** habitants in 2023. With an increase rate of **3.11%**, the population of the city has been estimated at **535,797** inhabitants for the horizon of the project. This evolution of the population has allowed us to obtain the daily domestic needs which, combined with the daily needs of socio-economic activities estimated at **10%** of the daily domestic needs, have given us the average daily needs. On this basis, the results made it possible to obtain a conveyance flow of **2895 m³/h**. This flow rate was obtained by calculating the daily peak production which is **49508 m³/day** which, together with the distribution efficiency, the supply efficiency provides us with the production of the peak day which, combined with the discharge time, gave us a supply flow of **2895 m³/h**. As part of our study, we proposed a drinking water supply system consisting of a pumping station of 4 parallel pumps of the Grundfos brand type **NK 80-315/295** delivering a capacity of **3000 m³/h** and an HMT of **116 m**. For the discharge network, there will be a main transfer pipe of length 52.45 km in Ductile Iron **DN800 PN 16** and various **DN 500** taps with a total length of **13.76** km to various localities. We will have **4 water towers** so a new one to build with a capacity of **3200m³**. This system will be able to meet the needs of **535,797** inhabitants by **2040**. The cost of the work is estimated at **28,200,000,000 CFA FRANCS INCLUDING TAX**

Key words :

1-Potable water supply

2-Water tower

3-Feasibility study

4-Kaolack

5- Kahone

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

FICHE TECHNIQUE

Localisation	
Région	Kaolack
Département	Kaolack
Commune	Kaolack
Données socio-économiques	
Taux d'accroissement	3.11%
Population en 2019 (habitants)	317 723
Population (estimée) en 2040 (habitants)	535 797
Consommation spécifique	70
Demande en eau (m³/j)	42756.6
Débit de pointe horaire (m³/h)	2137.83
Station de pompage	
Nombre total de pompes	04
Débit d'exploitation (m³/h)	750
Durée de pompage (h)	20
Electropompes	
Débit (m³/h)	750
Nature de la pompe	NK 80-315/295
HMT (m)	116
Réseau Electrique National	
Type	Réseau national d'électricité
Groupe électrogène	
Puissance apparente	250 KVA
Réservoir	
Volume (m³)	3200
Type de réservoir	Béton armé
Hauteur réservoir (m)	9.5
Diamètre réservoir (m)	20.72
Hauteur sous radier (m)	20
Cote Réservoir (m)	14
Conduites de refoulement	
Matériau et DN	Fonte PN16 DN 800, Fonte PN16 DN 500
Longueur totale	
Aspects financiers et gestion	
Coût global du projet FCFA (TTC)	28 200 000 000

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Listes des Abréviations :

AEP : Adduction en Eau Potable

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

ASUFOR : Association des Usagers des Forages Ruraux

C.E : Château d'Eau

D.C.E : Dossiers Consultation des Entreprises

DCE : Direction de Contrôle de l'Exploitation

DCH : Direction du Capital Humain

DFC : Direction des Finances et de la Comptabilité

DRH : Division Régionale de l'Hydraulique

DP : Direction du Patrimoine

DPE : Direction de la planification et des Etudes

DTX : Direction des Travaux

HMT : Hauteur Manométrique Totale

MHA : Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement

NIES : Notice d'Impact Environnemental et Social

OFOR : Office des Forages Ruraux

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PEPAM : Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire

PFA : Pression de Fonctionnement Admissible

PMA : Pression Maximale Admissible

R(i)= Réservoir (i) avec $i=1,2,3\dots$

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

SEN'EAU : la

SONES : Société Nationale des Eaux du Sénégal

SENELEC : Société Nationale d'Electricité du Sénégal

VBG : Violence basée sur le genre

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	viii
FICHE TECHNIQUE.....	ix
Listes des Abréviations :	x
SOMMAIRE	xi
Listes des tableaux	xii
Listes des figures	xii
INTRODUCTION.....	14
I. Présentation de la structure et de la zone d'étude	15
I.1. Présentation de la structure	15
I.2. Présentation de la Zone d'étude	18
II.3. Etats des lieux	23
II. Matériels et Méthodologie.....	24
II.1. Matériels	24
II.2. Méthodologie de dimensionnement et conception	25
II.2.1. Horizon projet.....	25
II.2.2. Taux de croissance de la population	25
II.2.3. Estimation de la population	25
II.3. Le choix du tracé	28
II.6. Pertes de charges totales	30
II.7. Choix des pompes.....	31
II.8. Protection de la conduite contre les coups de bélier.....	32
II.9. Détermination des caractéristiques des châteaux d'eau.....	33
II.10. Simulation du réseau de distribution sur le logiciel Epanet	34
III. Résultats et discussion.....	34
III.1. Estimation de la population.....	34
III.2. Calcul des besoins en eau de la population de Kaolack	35
III.3. Le choix du tracé	36
III.4. Le Choix de la conduite	38
III.5. Calcul de pertes de charges le long du tronçon avec la formule de Bresse.....	38
III.6. Calcul de pertes de charges totales.....	39
III.7. Choix des pompes	40
III.8. Vérification si besoin de ballon anti-bélier	43
III.9. Dimensionnement du château d'eau.....	44
III.10. Simulation Epanet	45
III.11. Equipements annexes	47
III.12. Ouvrages génies civils.....	48
IV. Estimation du devis qualificatif.....	48
V. Synthèse de la Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES)	49
V.1. Présentation du projet	49
V.2. Cadre juridique et institutionnel.....	50
V.4. Analyse des impacts	54
V.5. Mesure d'atténuation	55
V.6. Programme de suivi environnemental	56
CONCLUSION	58
BIBLIOGRAPHIE	59
ANNEXES	60

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Listes des tableaux

Tableau 1: Matériels et logiciels utilisés	24
Tableau 2: Notation cout de revient du tracé.....	28
Tableau 3: Notation densité population.....	28
Tableau 4: Notation niveau d'encombrement de la zone.....	28
Tableau 5: Estimation du taux d'accroissement de la population	34
Tableau 6: Estimation de la population jusqu' à l'horizon du projet.....	35
Tableau 7: Calcul des besoins d'adduction en eau de la zone du projet.....	35
Tableau 8: Notation pour le choix du tracé	36
Tableau 9: Vérification pour le choix de la formule à utiliser pour les calculs.....	38
Tableau 10: Calcul des pertes de charges des Formule empiriques	38
Tableau 11: Vérification si les conditions sont respectées aux niveaux des différents tronçons	39
Tableau 12: Pertes de charges le long des tronçons	39
Tableau 13 : Calcul de pertes de charges.....	39
Tableau 14: Calcul de la HMT	40
Tableau 15: Détermination caractéristiques des pompes	40
Tableau 16: Caractéristiques pompes choisies	42
Tableau 17: Vérification si utilisation ballon anti bélier	43
Tableau 18: Dimensionnement château d'eau	44
Tableau 19: Table des liens.....	45
Tableau 20: Table des Noeuds.....	46
Tableau 21: Table des vannes	47
Tableau 22: tableau des noeuds	48
Tableau 23: Devis Quantitatif et Estimatif.....	49
Tableau 24: Matrice de Leopold.....	53
Tableau 25: Mesure d'atténuation.....	55
Tableau 26: Programme de suivi environnemental	56
Tableau 27: Devis quantitatif et estimatif de la pose des conduites	66
Tableau 28: Carnet des nœuds.....	79

Listes des figures

Figure 1: Organigramme de la SON.....	17
Figure 2: Carte de localisation de la zone d'étude.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3: Evolution de la population de Kaolack.....	35
Figure 4: courbe estimative des besoins en eau du projet	36
Figure 5: Vue d'oiseau du profil en long	37
Figure 6: occupation du sol (source: Sentinel 2 land cover 2023).....	37
Figure 7: Point de fonctionnement des pompes	41
Figure 8: Courbe puissance et NPSH	42
Figure 9: Moteur de la pompe	42
Figure 10: Pressions admissibles.....	43
Figure 11: Résultats des débits et côtes avec Cebelmail	44
Figure 12: Dimensionnement réservoir anti bélier.....	44

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Figure 13: Simulation réseau sur Epanet.....	45
Figure 14: Tracé sur Covadis du profil en long.....	77
Figure 15: station de pompage de Fatick à N1	77
Figure 16: Station de pompage de Fatick à N1. 2.....	77
Figure 17: station de pompage de Fatick à N1. 3.....	77
Figure 18: N1 à R7	77
Figure 19: N1 à N2.....	78
Figure 20: N2 à R5	78
Figure 21: N2 à N3.....	78
Figure 22: N3 à R6	78
Figure 23: N3 à N4.....	78
Figure 24: N4 à R8	78

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

INTRODUCTION

L'eau source de vie est un besoin vital pour tout être humain, pour le bon fonctionnement de l'organisme (maintien de la température et élimination des toxines) et l'apport de cette ressource nécessite la réalisation d'infrastructures hydrauliques telles que les systèmes d'approvisionnement en eau potable, pouvant relier la source au lieu d'approvisionnement. Ainsi l'un des objectifs du millénaire visé par les pays en développement dont le Sénégal est la réduction des populations n'ayant pas accès à l'eau potable et douce. Cependant l'atteinte de ces objectifs est confrontée à divers problèmes dont quelques-uns sont, la qualité de l'eau et la croissance de la demande de la population de la ville de Kaolack en particulier

Avec une population de 317 723 habitants pour l'année 2023 et une croissance démographique de 3.1% (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2019), une évolution de la production en eau de 21,8% a été notée pour la région de Kaolack Cette production d'eau est passée de 5 813 263 m³ en 2015 à 7 082 585 m³ en 2016. En terme quantitatif, les ressources en eau de la région sont suffisantes pouvant ainsi satisfaire les besoins en eau de la population, les besoins agricoles, industriels et touristiques Mais la qualité des eaux souterraines laisse à désirer. Elle varie en fonction de la profondeur et du lieu de captage.

Les nappes profondes et intermédiaires de la région de Kaolack, renferment de l'eau salée et/ou fluorée en quantité importante : les chlorures varient entre 750 à 3500 mg/l et les fluorures entre 1,5 à 6 mg/l.

Ces éléments constituent un facteur limitant aussi bien pour l'alimentation en eau des populations que pour le maraîchage, l'industrie et le tourisme. Ils constituent un impact négatif sur la santé des populations car la consommation d'eau à forte concentration de sels tels que le fluor, les nitrates, ou le fer entraîne souvent dans certaines régions du pays l'apparition de maladies hydriques telles que la fluorose.

Rappelons que les normes de potabilité établies par l'Institut Sénégalais de Normalisation (ISN) et qui servent de repères pour la consommation de ces eaux sont :

- Pour le chlorure la concentration maximale souhaitable est de 200 mg/l, admissible 600 mg/l.
- Pour le fluorure la concentration limite est de 1 mg/l.
- Pour le nitrate la concentration admissible est de 45 mg/l.

Pour l'OMS les valeurs admissibles sont de :

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

- Pour le chlorure, les directives de l'OMS recommandent une concentration de 250mg/l au maximum
- La teneur en nitrate ne doit dépasser 50mg/l
- Et pour le fluorure, la teneur doit être inférieure à 1.5mg/l.

Il faut noter que dans plusieurs forages de la région, ces normes sont dépassées pour au moins un paramètre de la composition chimique de son eau. De ce fait pour satisfaire les besoins en eau douce respectant les normes, une étude financée par la Banque mondiale est faite par la SONES (Société Nationales des Eaux du Sénégal), pour le transfert d'eau douce, de la ville de Khombole à la ville de Kaolack, en passant par la ville de Fatick.

Notre stage portera sur le transfert d'eau douce de la ville de Fatick à la ville de Kaolack, il a pour objectif, l'étude pour la mise en place d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Durable reliant la ville de Fatick à la ville de Kaolack et comme objectifs spécifiques :

- Faire un état des lieux du système actuel d'alimentation en eau potable en montrant les forces et les faiblesses
- Proposer une conception du nouveau système d'AEP pour la ville de Kaolack en effectuant une simulation hydraulique
- Elaborer le dossier d'exécution du nouveau système proposé (plan schémas techniques, carnet des nœuds (Annexe 5), etc.)
- Proposer un Devis Quantitatif Estimatif (Annexe 3)
- Proposer la Notice Etude Environnementale et Sociale (NIES)

I. Présentation de la structure et de la zone d'étude

I.1. Présentation de la structure

Crée en 1995 par la loi 95-10 du 7 Avril 1995, la Société Nationale des Eaux du Sénégal (SONES) a pour but la gestion de l'ensemble du patrimoine hydraulique de l'Etat en zone urbaine et semi urbaine. Elle est chargée

- De la planification, de la réalisation des études, de la maîtrise d'ouvrage, de la recherche et de la gestion des financements de l'ensemble des infrastructures et nécessaires au captage, à la production, au transport et à la distribution d'eau potable ;
- Du contrôle de la qualité de l'exploitation du service public de la production et de la distribution d'eau potable
- Et généralement, de toutes opérations pouvant se rattacher à l'objet spécifié. (*Faolex.fao.org*)

La SONES est composée de six directions :

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

- La Direction de la Planification et Etudes (DPE)
- La Direction du Patrimoine (DP)
- La Direction du Contrôle de l'Exploitation (DCE)
- La Direction du Capital Humain (DCH)
- La Direction des Finances et de la comptabilité (DFC)
- La Direction des Travaux (DTX)

Le stage est effectué au niveau de la DTX, qui a pour mission entre autres de :

- Etablir les programmes d'investissements avec la Direction Financière sur la base d'études menées,
- Examiner et approuver les programmes de renouvellement des canalisations et des branchements proposés par le fermier du service de l'eau potable (SEN'EAU) et financés par lui-même ou la SO.N.E.S.,
- Assurer la maîtrise d'œuvre de tous les projets de renouvellement ou d'extension de l'infrastructure hydraulique dans le périmètre concédé,
- Elaborer des Dossiers de Consultation des Entreprises (D.C.E.),
- Assister la passation des marchés,
- Notifier les ordres de service pour l'exécution des travaux,
- Assurer le contrôle de l'exécution des travaux.

Dans la figure 1 ci-dessous, nous avons l'organigramme de la SONES permettant d'avoir une vision plus précise des directions et services composant l'entité.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

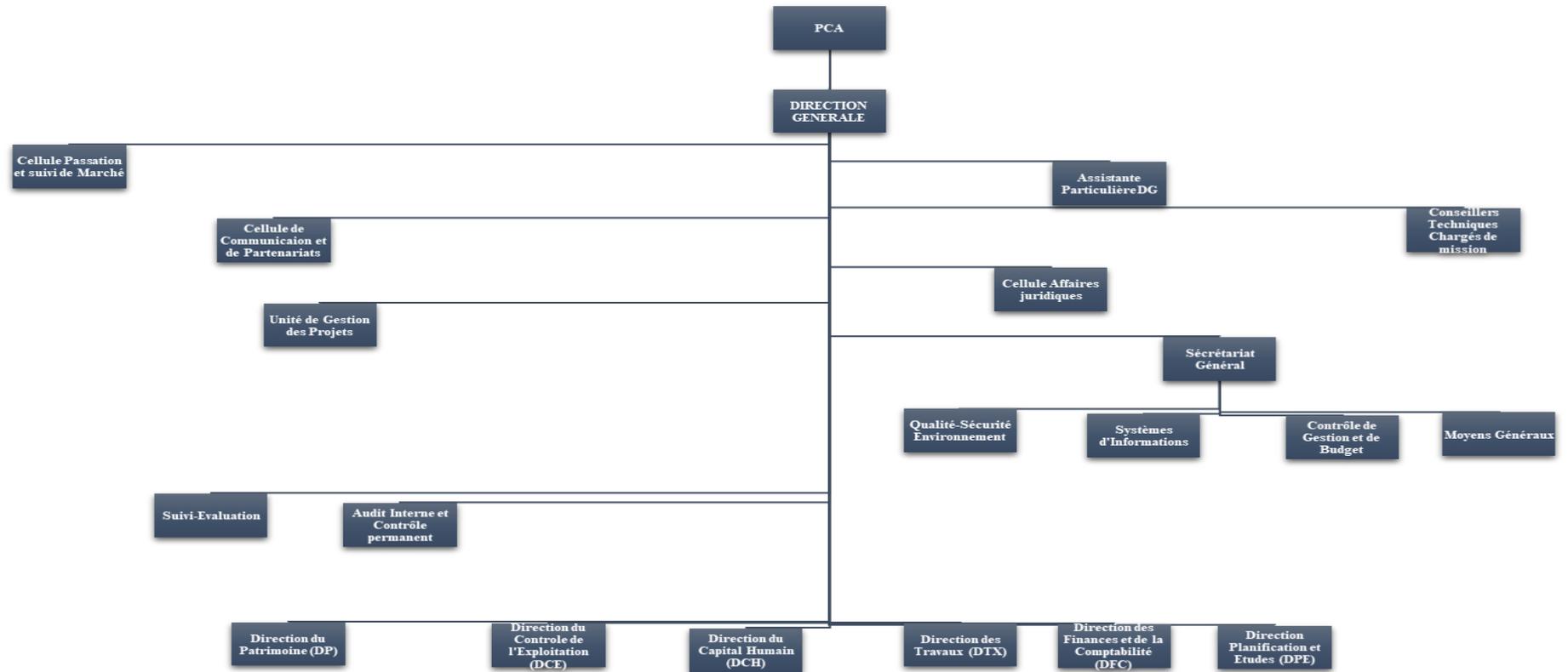


Figure 1: Organigramme de la SON

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

I.2. Présentation de la Zone d'étude I.2.1. Caractéristique du milieu physique

II.2.1.1. Situation géographique et administratif

La région de Kaolack est située entre 14°30' et 16°30' de longitude ouest et 13°30' et 14°30' de latitude nord. Il couvre une superficie de 5 357 kilomètres carrés, soit environ 2,8 % de la superficie du territoire (Agence Nationale de la Statistique et du Développement, 2019). Elle est située entre la région sud du Sahel et la région nord du Soudan, formant avec les régions de Kaffrine, Fatick et Diourbel le bassin arachidier. Cette situation géographique lui confère des conditions climatiques très favorables et nourrit divers écosystèmes naturels.

La figure 2 est une représentation de la zone d'étude qui se trouve dans la région de Kaolack.

La région est limitée :

- Au nord et à l'ouest par la région de Fatick.
- Au sud par la République de Gambie.
- Au nord-est par la région de Diourbel.
- A l'est par la région de Kaffrine.

Avec le dernier découpage de 2008, la région de Kaolack comptait : 3 départements, 10 communes, 8 arrondissements et 31 communautés rurales. Actuellement avec la communalisation intégrale la région compte 3 départements, 8 arrondissements et 41 communes.

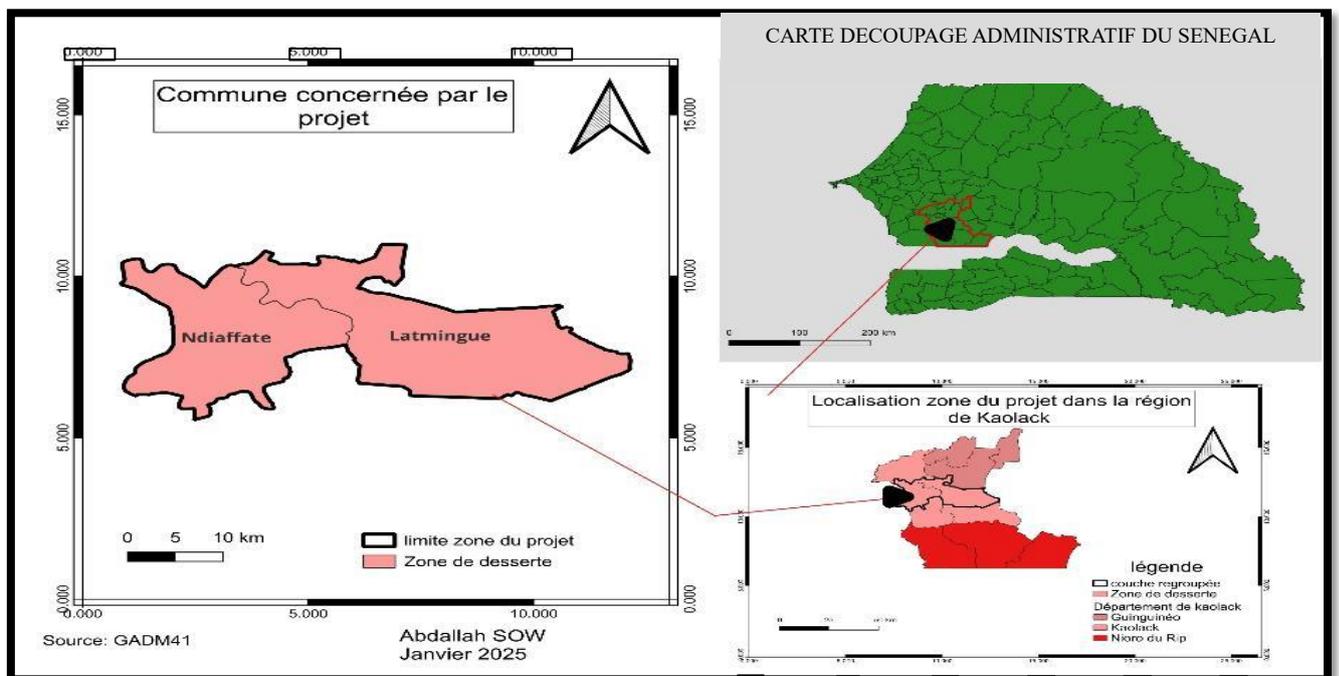


Figure 2: Localisation de la zone d'étude

Le climat est de type soudano-sahélien avec des températures élevées d'avril à juillet (35°-40°C).

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Cependant, compte tenu de l'évolution des températures moyennes enregistrées depuis à la station météo régionale de Kaolack, en 2000, on avait remarqué que la situation de 2007 était encore exceptionnelle, avec une température maximale annuelle moyenne de 37,3°C (Agence Nationale de la Statistique et du Développement, 2019). L'humidité, c'est-à-dire la quantité d'eau contenue dans l'air, est normale lorsqu'elle est comprise entre 80 % et 100 %, insuffisante lorsqu'elle est inférieure à 80 % et excessive lorsqu'elle est supérieure à 120 %. Dans la région, le taux d'humidité le plus élevé observé en 2016 s'est produit en hiver. De juillet à octobre, nous avons une humidité variant entre 91 % et 94 % (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Situation économique et sociale de Kaolack 2016).

La région de Kaolack est balayée par l'harmattan qui est un vent chaud et sec et la mousson qui est un vent porteur de pluie. La direction Ouest a été empruntée par les vents dès le mois de juin jusqu'en octobre, atteignant des vitesses dégressives comprises entre 3,2 m/s et 2,4m/s (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Situation économique et sociale de Kaolack 2016).

L'insolation ou le nombre d'heures de soleil se situe en 2016 entre un minima de 6,6heures durant les mois d'Août et décembre et d'un maxima de 9,9 heures dans le mois de Mai (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2019)

II.2.1.2. Relief et sols

Le relief est essentiellement plat avec trois types de sols qui sont les sols tropicaux ferrugineux lessivés, les sols hydro morphes et les sols halomorphes (Etude de faisabilité de l'agropole centre du Sénégal, 2022)

Le relief

La région tient son relief des données géomorphologiques marquées par la présence du Continental Terminal composé de formations gréseuses, résultats d'une longue érosion (Rapport Cadre de gestion environnementale et sociale de l'agropole, 2021).

Ainsi, la région est entièrement constituée d'une vaste plaine qui s'incline en pente douce vers l'ouest (Cadre de Gestion Environnementale et Sociale de l'agropole, 2021). Cette plaine est entaillée par plusieurs vallées peu profondes et dont les plus importantes sont : la vallée du Saloum, la vallée du Bao-bolong, la vallée du Nianija bolong, la vallée de Koutango et la vallée de Koular.

Les types de sols

Les sols de la région sont en grande partie de type ferrugineux tropical lessivé avec différentes variantes suivant le relief.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Les sols « joor » (rosâtres et meubles) sont dominants et se trouvent dans les plaines. Ces sols meubles, sablonneux et très profonds sont adaptés au système agricole adopté par les populations (Rapport cadre de gestion environnementale et sociale, 2023)

Les sols « dekk » (lourds et noirs), qu'on trouve dans les bas-fonds des zones de plaine ou au niveau de certaines vallées non salées (Bao-bolong, Koular). Ces sols qui sont de nature argileux et collants en hivernage, durs et parfois fendillés en période de sécheresse. Ces sols sont propices à la culture céréalière (Sorgho et riz).

Les sols halomorphes qui se trouvent le long du fleuve Saloum sont généralement pauvres et impropres à l'agriculture. Ils sont souvent dénudés ; les tannes, parfois inondés durant les marées hautes, les slikkes.

Les sols ferrallitiques qui forment des cuirasses latéritiques dans les zones de bas plateaux. Ces sols résultent de l'accumulation du fer en profondeur durant les périodes pluvieuses et suite à la sécheresse, ces formations se sont « carapacées » pour donner de la latérite (bowal en poular). Ces formations sont disséminées à travers la région, et constitue une réserve importante pour les entreprises de travaux routiers car la roche latéritique est assez bonne comme matériau pour le génie civil.

II.2.1.3. Végétation et faune

Végétation : C'est la zone de la savane avec plusieurs formations, nous avons sur cette zone :

La savane arborée avec de nombreuses espèces qui entrent dans les activités socioéconomiques des populations, certaines de ces espèces qui entrent dans les habitudes alimentaires des populations méritent d'être connues des responsables des cantines scolaires ((Rapport Cadre de Gestion Environnementale et Sociale de l'Agropole, 2021).

La savane buissonnante avec des plantes rabougries souvent pyrophiles. Le *nguéra sénégalaensis* et les différents types d'acacias sont les plus répandus (Plan d'actions de Réinstallation du Module Régionale de Kaolack site de Medina Sabakh, 2022)

Faune

La faune est essentiellement composée d'animaux sauvages à poils (chacals, singes.) et à plumes aquatiques (présence d'un parc ornithologique) et terrestres.

La région peut être subdivisée en deux sous zones :

Celle du vieux bassin arachidier qui couvre 75% de la superficie du département de Kaolack, abrite plus des 2/3 de la population régionale et pour les forêts classées se trouvant (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2019), dans la région de Kaolack, 5/9 se trouvent dans le département de Kaolack. C'est une zone où la culture de l'arachide est

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

prédominée, cependant, avec l'avancée de la lagune salée, on a noté aux niveaux de ces zones la destruction du couvert végétal et des sols dû à la salinisation des sols.

La sous zone de polyculture qui est composée du département de Nioro et la zone sud du département de Kaolack (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2019). Nous y retrouvons les forêts classées restantes, et c'est une zone agropastorale

II.2.1.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique est composé du bras de mer le Saloum et des affluents du fleuve Gambie (Baobolong et Miniminyang Bolong), (Situation économique et sociale régionale de la ville de Kaolack, 2016).

La région est peu arrosée au vu des données climatiques. Les eaux de surface pérennes peuvent se résumer au fleuve Saloum qui, en réalité est sans écoulement de l'amont vers l'aval. Ainsi son ancienne vallée occupée par la remontée de l'eau de mer est devenue une zone impropre à l'agriculture, mais propice à la culture du sel.

Les eaux de surface temporaires sont constituées de mares qui sont nombreuses en hivernage. Dans le cadre de l'aménagement des bassins de rétention, ces points d'eau mériteraient d'être recensés pour la culture après l'hivernage.

Les eaux souterraines sont de trois ordres : les nappes superficielles qui sont à 03 ou 04 mètres suivant les endroits ; la nappe phréatique qui peut arriver jusqu'à 60 mètres de profondeur est la principale pourvoyeuse en eau des populations rurales de la région (Rapport Cadre de gestion environnementale et sociale de l'agropole, 2021). Cette nappe dépendant directement des eaux de pluie qui se salinise de plus en plus en certains endroits.

La principale réserve d'eau souterraine est constituée par la nappe du mæstrichtien qui est atteinte par les forages entre 300 et 400 mètres. Cette eau très fluorée devait être traitée vu les incidences dans la dentition et la santé des enfants (Situation économique et sociale régionale, 2017).

II.2.2. Caractéristique socio-économique

II.2.2.1. Caractéristique démographique et administrative

Les projections du recensement de la population et du logement, de l'agriculture et de l'élevage indiquent qu'en décembre 2016, la région de Kaolack comptait une population résidente de 1 053 535 personnes, dont 49 % d'hommes et 51 % de femmes (Agence Nationale de la

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

statistique et de la démographie, 2018). La population de Kaolack se caractérise par une population extrêmement jeune. La forme de la pyramide des âges fait référence à la structure typique des populations à forte fécondité et mortalité élevée. La région de Kaolack est composée de 3 départements : Kaolack, Guinguinéo et Nioro. Le département de Kaolack est la capitale de la région et compte le taux le plus élevé d'habitants, soit 51 % de la population totale de la région, vient ensuite le département de Nioro avec 37%, le département de Guinguinéo est le département le moins peuplé de la région, avec 12 % de la population totale (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2019). De plus, la population de la région de Kaolack est composée à 51 % de femmes et à 49 % d'hommes. Ce ratio de 51% de femmes et 49% d'hommes est le même dans les différents départements, sauf à Guinguinéo, où l'égalité entre les sexes favorise les hommes (le nombre d'hommes dépasse celui des femmes). La majeure partie de la population de la région de Kaolack vit dans des zones rurales, la population rurale représentant 63,3 %. Cependant, la province de Kaolack, la capitale de la région, est fortement urbanisée, avec plus de la moitié de la population vivant en milieu urbain, tandis que les provinces de Nioro et de Guinguinéo ont des taux de ruralisation très élevés, à 91 % et 79 % respectivement.

II.2.2.2. Activités socio-économiques

Les activités socio-économiques de la région de Kaolack sont basées sur plusieurs activités dont les plus remarquables sont : l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'artisanat et le commerce.

Le secteur tertiaire occupe une place prépondérante dans l'économie locale, employant 65,5% des travailleurs salariés. Parmi eux, 45,3% travaillent dans l'administration publique et privée, 10,1% dans le transport et 7,1% dans le commerce et les activités bancaires.

L'agriculture demeure l'une des principales activités économiques de la région de Kaolack. Elle est essentiellement pluviale et saisonnière, reposant à la fois sur des cultures de rente (arachide coton) et sur des cultures vivrières de subsistance (mil, sorgho, maïs et riz). Elle occupe plus de 65% de la population active régionale. Les résultats du RGPHAE 2013 indiquent que sur les 77 629 ménages que compte la région, au moins 58 131 pratiquent l'agriculture.

La situation géographique de la région de Kaolack lui confère une position stratégique dans les échanges commerciaux entre les différentes régions du Sénégal et les pays voisins. En effet, c'est une porte d'entrée vers les régions du sud et du sud-ouest ainsi que vers les pays voisins comme la Gambie, le Mali et les deux Guinées.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

II.3. L'états des lieux

II.3.1. Source d'approvisionnement en eau

La division Régionale de L'Hydraulique (DRH) de Kaolack était chargée de la mise en œuvre de la politique du gouvernement en matière d'hydraulique rural au niveau de la région de Kaolack.

A ce titre, elle avait pour vocation essentielle l'exécution, le contrôle et le suivi sur le terrain des missions dévolues aux directions centrales du ministère chargé de l'hydraulique rurale, la réalisation, l'équipement de points d'eau pérennes et surtout leur maintenance. Mais avec la réforme hydraulique rurale opérée vers 2014-2015 la DRH a été remplacée par l'Office de Forages Ruraux (OFOR)

L'OFOR de la région de Kaolack gère à son actif un parc composé de 104 forages dans toute la région répartis comme suit dans les différents départements

- 36 forages à Kaolack
- 49 forages à Nioro du Rip
- 19 forages à Guinguinéo

La Brigade compte aussi quatre Unités de Potabilisation et de Traitement d'eau dont une est financée par l'Association des Usagers des Forages Ruraux (ASUFOR) ; il s'agit de celle de Fass Gossas. Les trois autres sont installées à Ndiago, Ndiaffate et Sibassor (SES-Kaolack, 2015), par le Projet PEPAM-AQUA.

II.3.2. Situation d'accès des points d'eau

La qualité de l'eau est la première contrainte du secteur au niveau régional, cette qualité des eaux souterraines varie en fonction de la profondeur et du lieu de captage.

Les nappes profondes et intermédiaires de la région de Kaolack, renferment de l'eau salée et fluorée en quantité importante : les chlorures varient entre 750 à 3 500 mg/l et les fluorures entre 1,5 à 6 mg/l.

Ces éléments constituent un facteur limitant pour l'alimentation en eau des populations ainsi que pour le maraîchage et ont un impact sur la santé des populations, et aussi le coût de l'électricité : Toutes les ASUFORS utilisant le courant de la SENELEC se plaignent de la cherté des factures d'électricité

II.3.3. Les perspectives

Des solutions existent, mais le principal problème serait leur mise en place. Il s'agit de :

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

- Installer des systèmes de transfert d'eau du département de Nioro et la région de Kaffrine où la qualité est bonne vers les départements de Kaolack et de Guinguinéo
- Définir une politique hydraulique nationale assortie des localités qui ont un déficit de point d'eau afin d'y orienter les bailleurs pour leurs financements ;
- Promouvoir la concertation, faciliter le dialogue et orienter les partenaires à financer des unités de potabilisation au niveau des forages où il y'a un problème de qualité ;
- Initier des politiques orientées vers des mini-transferts d'eau à l'image du projet de Keur Socé initié par le Sous-programme PEPAM –AQUA ;
- Promouvoir la collecte et le traitement des eaux de pluies pour certaines localités qui ont un problème de qualité surtout pour l'approvisionnement en eau du cheptel ;
- Imposer de nouvelles règles de vie et surtout une éthique de l'eau (protection, solidarité, partage, respect de l'exploitation et du rejet).

II. Matériels et Méthodologie

II.1. Matériels

Pour la conduite de l'étude, les matériels et logiciels dans le tableau 1 seront utilisés. Leurs rôles ou l'utilisation faite des logiciels, y sont décrites

Tableau 1: Matériels et logiciels utilisés

Matériels et logiciels	Rôles
Les fiches de collectes de données	Collecte de données pour l'étude sociologique
Le Logiciel Global mapper	Pour connaitre les coordonnées des différents points de la zone d'étude
Le logiciel Qgis	Pour élaborer la cartographie de la zone d'étude
Les logiciel Google Earth, COVADIS	Pour relier les coordonnées des points, faire ressortir les cotes et profils de l'ensemble de notre installation
Le logiciel Epanet	Pour le transfert des données de covadis vers Epanet
Le logiciel Epanet	Pour la simulation hydraulique de notre système
Le logiciel Cebelmail	Pour le calcul du ballon réservoir anti béliet
Le logiciels Autocad	Pour l'élaboration des plans
Les logiciels Word, Excel	Pour la rédaction du mémoire et les calculs

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

II.2. Méthodologie de dimensionnement et conception

II.2.1. Horizon projet

Pour ce projet, l'horizon retenu pour le dimensionnement du système d'approvisionnement en eau douce pour la ville de Kaolack, est l'année 2040 avec un démarrage effectif des travaux d'ici la fin de l'année 2024.

II.2.2. Taux de croissance de la population

D'après le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RPGH) de l'année 2023(Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2023), la ville de Kaolack avait 233707 habitants en 2013 contre 317723 habitants pour l'année de 2023. Avec la formule 1 ci-dessous, qui est le taux de croissance de la population, elle nous permettra de nous projeter à l'horizon du projet.

$\alpha = \left(\frac{P_n}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$	Population à l'année n Population à l'année 0 n = année
---	---

Formule 1: Formule Taux de croissance

II.2.3. Estimation de la population

Pour l'estimation de la population, on va utiliser le modèle de croissance géométrique (Formule 2) pour avoir le nombre d'habitant de la ville de Kaolack. Ce modèle s'applique à une population jeune et en pleine croissance

$P_n = P_0 \times (1 + \alpha)^n$	P _n = Population projetée à l'année n P ₀ = Population de l'année de référence α = Taux d'accroissement de la population n = nombre d'années.
-----------------------------------	--

Formule 2: Modèle de croissance géométrique

II.2.4. Estimation de la demande en eau

II.2.4.1. Consommation spécifique

Dans les pays de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, les intervalles suivants sont pris pour le dimensionnement des réseaux d'adduction. On a :

- Hydraulique rurale : 15 à 20 l/j/hab.
- Bornes fontaines : 15 à 30 l/j/hab.
- Branchements particuliers

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Un seul robinet : 30 à 70 l/j/hab.

Avec installations sanitaires intérieures raccordées 60 à 100 l/j/hab. (ZOUNGRANA, 2003)

Pour ce projet, nous choisirons une consommation spécifique de 70l/habitant/j

II.2.4.2. Variation de la demande

Les besoins en eau pour une adduction en eau potable varient en fonction des saisons, des jours et aussi des heures de la journée. Il existe deux (02) coefficients qui tiennent compte de la variation de la demande à savoir :

Le Coefficient de pointe saisonnière (Kps) : Il est le rapport de la consommation journalière de pointe de l'année sur la consommation journalière moyenne, il est représenté par la formule 3.

$Kps = \frac{Dj_{mp}}{Dj_m}$	Dj _{mp} = consommation journalière du jour de pointe(m ³ /j) Dj _m = consommation journalière moyenne(m ³ /j)
------------------------------	---

Formule 3: Coefficient de pointe saisonnière

le coefficient de pointe journalier peut prendre les valeurs suivantes :

- 1,10 en zone tropicale humide (ce qui traduit une ressource en eau abondante, et une température assez basse)
- 1,2 en zone sahélienne (forte chaleur, tarissement cyclique de la ressource)

Nous avons choisi un coefficient de pointe saisonnier de 1,2 car le Sénégal est situé dans la zone soudano sahélienne qui est soumise à de fortes chaleurs et des variations cycliques de la ressource.

II.2.4.3. Evaluation des pertes

Selon la nature de la ressource en eau, les pertes peuvent être calculées annuellement, mensuellement ou par jour.

Toutefois, en tenant compte de l'environnement du centre et du temps d'intervention sur le réseau qui peut être généralement long en cas de rupture de production et/ou de distribution, nous avons prévu un pourcentage de perte fixé à 5% à l'horizon du projet (2040) soit un rendement global de 95% pour l'ensemble de notre système d'AEP classique.

II.2.4.4. Estimation des besoins

Les besoins moyens journaliers de la population

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

C'est la quantité d'eau moyenne utilisée en une journée par la population dans la zone du projet. Les besoins moyens de la population à l'horizon du projet sont obtenus en multipliant le nombre d'habitants de la ville de Kaolack, leur consommation spécifique en une journée et les besoins en eau des activités socio-économiques de la zone et qui représente 10% des besoins moyens journaliers domestiques, illustrée par la formule 4.

$Bmj = \text{Nbre hbts} * Cs * (1 + 10\%)$	$Bmj = \text{Besoins moyens journaliers}$ $Cs = \text{consommation spécifique}$ $\text{Nbre habitants} = \text{Nombre d'habitants}$ $10\% = \text{Activités socio-économiques}$
--	--

Formule 4: Besoins moyens journaliers

Les besoins au jour de pointe : C'est les besoins d'eau exprimés au jour de grande consommation. Elles tiennent compte des variations journalières et saisonnières mais aussi du rendement de notre réseau de distribution. La formule 5 suivante permet de le calculer :

$B_{jp} = \frac{Bmj * Kps * Cpj}{n}$	$B_{jp} = \text{Besoins du jour de pointe (m}^3/\text{j)}$ $Bmj = \text{Besoins moyen journaliers (m}^3/\text{j)}$ $Kps = \text{coefficient de pointe saisonnier}$ $Cpj = \text{coefficient de pointe journalière}$ $n = \text{rendement du réseau de distribution}$
--------------------------------------	--

Formule 5: Besoins journaliers de pointe

La demande journalière brute de la zone d'étude (Djp) :

Ce sont les besoins bruts en eau qu'il faudra amener dans la zone d'étude pour couvrir les demandes de la population. Elle est déterminée par la formule 6 suivante :

$Djp = \frac{B_{jp}}{n_2}$	$Djp = \text{Demande journalière brute (m}^3/\text{j)}$ $n_2 = \text{rendement du réseau de distribution}$
----------------------------	---

Formule 6: Demande journalière de pointe

La production du jour de pointe (Pjp) :

C'est la quantité d'eau que la zone aura besoin pendant les jours de pointe. Elle est déterminée par la formule 7 suivante :

$Pjp = \frac{Djp}{n_1}$	$Djp = \text{Demande journalière brute (m}^3/\text{j)}$ $n_1 = \text{rendement du réseau d'adduction}$
-------------------------	---

Formule 7: Production journalière de pointe

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

II.2.4.5. Estimation du débit de production

Le débit de dimensionnement de la conduite d'adduction par refoulement est donné par la formule 8 suivante (Moussa D FAYE, 2021)

$Q_{add} = \frac{Bjm * Kps}{n \times T_p}$	$Q_{add} = \text{débit de refoulement } m^3/h$ $T_p = \text{temps de pompage (h)}$ $n = \text{rendement de l'ensemble du réseau}$
--	---

Formule 8: Débit d'adduction

II.3. Le choix du tracé

Le choix du tracé se fera en fonction de la contrainte de pose, de l'encombrement des emprises, de l'impact environnemental et social et enfin du coût que cela occasionnera.

Nous utiliserons une notation multicritère pour voir lequel des tracés aura moins de facteurs contraignants. Pour les Tableaux 2,3 et 4, la notation est faite en fonction du facteur de contrainte, plus il est élevé, plus sa note augmente.

Pour le coût : Dans le tableau 2 ci-dessous, nous avons le facteur contraignant coût de revient du projet avec ses composantes et leurs notes. L'estimation du coût de revient est obtenue en prenant en compte l'étude de la notice d'impact environnemental et social, et le coût des travaux de pose des conduites.

Tableau 2: Notation cout de revient du tracé

Cout de revient du projet élevé	3
Cout de revient du projet moyen	2
Cout de revient du projet faible	1

Pour la contrainte de poses, la notation dans le tableau 3 est fait en fonction de la densité de la population dans la zone d'étude du projet.

Tableau 3: Notation densité population

Densité de la population élevée	3
Densité de la population moyenne	2
Densité de la population faible	1

Pour l'encombrement des emprises, la notation du Tableau 4 se fera par rapport aux raccordements sur le réseau existant

Tableau 4: Notation niveau d'encombrement de la zone

Réseaux avec de nombreux raccordements	3
Réseaux avec peu raccordements	2

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Zones sans réseau	1
-------------------	---

II.4. Le dimensionnement de la conduite

L'adduction d'eau de notre réseau se fera par refoulement à partir d'une station de pompage se trouvant à Fatick. Le réseau va assurer la desserte de quatre (4) Châteaux d'eau se trouvant dans la ville de Kaolack. Le choix de notre conduite devra prendre en compte le coût des conduites et le coût d'électricité pour l'entreprise qui sera en charge de l'exploitation de l'AEP classique. La conduite sera en fonte ductile. Le calcul des diamètres de la conduite se fera en fonction des Formules empiriques (Formule 9) ci-dessous :

$D_{th} = \begin{cases} \text{Bresse: } D_{th} = 1,5 \times \sqrt{Q} \\ \text{Bresse modifié: } D_{th} = 0,8 \times \sqrt{Q} \\ \text{Bonin: } D_{th} = \sqrt{Q} \\ \text{Munier: } D_{th} = (1 + 0,02 \times n) \times \sqrt{Q} \\ \text{Bédjaoui: } D_{th} = 1,27 \times \sqrt{Q} \end{cases}$	Avec : D_{th} : Diamètre théorique [m] Q : débit refoulé [m ³ /s] n : temps de pompage [h]
--	--

Formule 9: Formule empirique

Pour le choix de la formule à utiliser pour la suite de l'étude, nous allons calculer la vitesse dans ces conduites avec la formule 10 suivante :

$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$	Q = Débit en m ³ /s V = la vitesse dans la conduite (m/s) D = diamètre de la conduite m
---	--

Formule 10: Calcul de la vitesse dans les conduites

Puis voir lesquelles des vitesses respectent les conditions de Flamant et de GLS décrites aux niveaux de la formule 11 :

Flamant dont $V(\text{m/s}) \leq D_{int} + 0,6$	D_{int} = Diamètre intérieur m V = vitesse d'écoulement (m/s)
GLS dont $V(\text{m/s}) \leq \left(\frac{D_{int}}{50}\right)^{0,25}$	

Formule 11: Conditions à respecter

II.5. Calcul de pertes de charges

Dans la pratique les pertes de charge linéaires sont déterminées à l'aide de Formule monômes, dont la précision est suffisante, telles les Formule de Manning-Strickler, Calmon et Lechapt, ou

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

plus simplement par l'utilisation des abaques fournis par les fabricants de conduites, mais un résultat plus précis peut être obtenu en utilisant la Formule 12 qui est de Darcy-Weisbach avec le facteur de friction Swamee-Jain. (ZOUNGRANA. 2003)

$\Delta H = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$	ΔH = pertes de charges f = coefficient de pertes de charges L = longueur de la conduite (m) D = diamètre de la conduite (m) V = Vitesse de la conduite (m/s) g = pesanteur (m ² /s)
---	---

Formule 12: Calcul pertes de charge

Avec le coefficient de pertes de charges qui sera obtenu avec la formule de Swamee-Jain (Formule 13).

$f = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2}$	ε = Rugosité absolue D = le diamètre Re = nombre de Reynolds
--	--

Formule 13: Formule de Swamee-Jain

Pour le nombre de Reynolds (formule 14), il est obtenu en multipliant la vitesse obtenue et le diamètre, le résultat obtenu sera divisé par la viscosité cinématique.

$Re = \frac{V * D}{\mu}$	V = vitesse D = diamètre μ = Viscosité cinématique
--------------------------	--

Formule 14: Calcul du Nombre de Reynolds

II.6. Pertes de charges totales

Les pertes de charges singulières peuvent être estimées en une fraction des pertes de charge linéaires soit 5% pour les conduites d'adduction équipées de peu de singularité, et 10% pour les conduites de distribution. (ZOUNGRANA, 2003). Mais pour ce travail nous allons utiliser un taux de 10% pour les conduites d'adduction. Les calculs effectués sont représentés par la Formule 15 suivante.

$\Delta H_s = 0.10 * \Delta H$ $\Delta H_t = \Delta H_s + \Delta H$	ΔH_s = pertes de charges singulières ΔH_t = pertes de charges totales
---	--

Formule 15: Calcul de pertes de charges singulières et totales

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

II.7. Choix des pompes

Pour le choix des pompes se fera par méthode graphique, après avoir calculé la Hauteur Manométrique Totale (HMT) que nous utiliserons avec le débit $Q(m^3/s)$ pour obtenir le point de fonctionnement de la pompe.

- Pour le calcul de la HMT nous utiliserons la formule 16 suivante :

$HMT = H_{géo} + \Delta H_t$ <p>Avec</p> $H_{géo} = H_r - H_s$	H _{géo} = hauteur géométrique H _r = altitude de la surface de l'eau dans le réservoir H _s = altitude du point le plus haut de la station de pompage
--	--

Formule 16: Calcul de la HMT

- Pour avoir la puissance hydraulique (PH) développée par la pompe, nous utiliserons la formule 17 suivante :

$PH = \rho * g * Q * HMT$	PH= puissance hydraulique nécessaire en W $\rho=1000kg/m^3$ $g=9.81m/s^3$ HMT= Hauteur Manométrique Totale
---------------------------	---

Formule 17: Calcul de la puissance hydraulique

- Pour la puissance mécanique absorbée par la pompe, nous utiliserons la formule 18 suivante :

$P_{abs} = \frac{PH}{n_p}$	P _{abs} = Puissance absorbée PH= Puissance Hydraulique n _p = Rendement pompe
----------------------------	--

Formule 18: Calcul de la puissance absorbée

- Pour la puissance électrique qui sera utilisée par la pompe ; nous allons utiliser la formule 19 suivante :

$P_e = \frac{P_{abs}}{n_m}$ $n_m = \frac{n}{n_p}$	P _e = Puissance électrique P _{abs} = Puissance absorbée n _m = Rendement moteur
--	---

Formule 19: Calcul de la puissance électrique

II.8. Protection de la conduite contre les coups de bélier

Le coup de bélier est un phénomène d'oscillation de pression qui cause des surpressions et dépression à l'intérieur de la conduite. Il est provoqué par un arrêt brusque, la mise en marche de la pompe et/ou la fermeture de la vanne. Ce phénomène cause des dégâts dans la conduite si elle n'est pas protégée.

Calcul de la célérité

Le calcul de la célérité est représenté par la formule 20.

$C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{e} \times \frac{\varepsilon}{E}\right)}}$	C= célérité (m/s) ρ =la masse volumique du fluide (1000kg /m ³) ε = le module d'élasticité du fluide (2,05.10 ⁹ N/m ²) X=le coefficient de compressibilité du fluide (Pa ⁻¹) E = le module d'élasticité de la conduite (Module de Young) (Pa) D = le diamètre intérieur de la conduite (m) e (m) =l'épaisseur de la conduite
---	--

Formule 20: Calcul de la célérité

➤ **La variation instantanée de la pression ΔP (m) :**

La variation de la pression sera calculée par la formule 21 ci-dessous qui est de Jukovski-Allievi

$\Delta P = \frac{C \times u_o}{g}$	Avec C= célérité u_o =vitesse moyenne de l'écoulement(m/s) g= pesanteur (9,8m/s ²)
-------------------------------------	---

Formule 21: Calcul de la variation de pression

La protection anti-bélier est nécessaire lorsque la pression (P) du régime permanent additionné à la variation de pression (ΔP) dépasse la pression maximale admissible (PMA). *+

Les conditions suivantes doivent être vérifiées :

- $HMT + \Delta P \geq PMA$ avec $PMA = 1,2 * PFA$
- On procède à l'installation d'un anti-bélier si : $P + \Delta P \geq 1,2 * PFA$

Avec :

- **PFA** qui est la Pression de Fonctionnement Admissible ou pression nominal ($PFA = PN$)
PMA qui est la Pression Maximale Admissible ou pression que le système peut supporter en cas de coup de bélier.

➤ **Volume réservoir anti bélier avec CEBELMAIL**

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Pour le calcul du réservoir anti bélier, nous utiliserons CEBELMAIL qui est un logiciel de simulation des régimes transitoires dans des réseaux hydrauliques en charge. CEBELMAIL permet de décrire un modèle, principalement constitué d'un réseau. Ce modèle est enregistrable dans un fichier et trois types de calcul sont intégrés à CEBELMAIL :

- Simulation en régime permanent ;
- Simulation en régime transitoire ;
- Optimisation d'un ballon anti-bélier.

Son moteur de calcul est basé sur les équations de Saint-Venant avec une résolution par la méthode des caractéristiques de Bergeron. Les pertes de charges dans les conduites sont calculées à partir de la formule de Colebrook et seront discrétisées selon le pas de temps et les célérités choisies. Les pompes centrifuges prennent en compte la valeur de la HMT et du couple résistant dans les quatre quadrants (extrapolation raisonnable à partir des valeurs nominales). Les équations dans une certaine mesure, vont permettre d'avoir une inversion de la vitesse de rotation pour le fonctionnement en turbine.

Les étapes de la modélisation sur CEBELMAIL décrites ci-après sont nécessaires pour l'étude du coup de bélier et de la protection à mettre en œuvre avec le logiciel CEBELMAIL :

- Le recueil des données décrivant le réseau et ses équipements ;
- La détermination des cas de fonctionnement normaux
- L'inventaire des manœuvres (volontaires ou accidentelles) pouvant provoquer des coups de bélier ;
- La schématisation du réseau ;
- La préparation des données selon le format compris par CEBELMAIL ;
- La simulation du coup de bélier avec CEBELMAIL ;
- La définition d'une protection, au besoin en utilisant l'option de CEBELMAIL qui optimise le volume d'un ballon anti-bélier ;
- La simulation du réseau protégé et dépouillement des résultats ; la barre d'outils d'Excel, livrée avec CEBELMAIL, permet d'examiner le profil en long des piézométries instant par instant, et de le comparer à l'enveloppe (des pressions) des minima et maxima atteints, ainsi qu'au profil en long de la conduite.

II.9. Détermination des caractéristiques des châteaux d'eau

Le château d'eau joue le rôle de réservoir et se situe entre le système de refoulement et de distribution. Sa position permettra une distribution gravitaire de l'eau.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Pour les châteaux d'eaux, dans la zone d'étude trois châteaux d'eau déjà fonctionnels vont être utilisés, mais un autre château d'eau sera ajouté dans la zone.

Pour ce château d'eau, le réservoir qui est un volume prédéfini est de 3200m³, elle aura une hauteur de 30m et sera de forme cylindrique

$V = \frac{\pi * R^2 * h}{4}$	V= volume en m ³ R= rayon en m H= hauteur en m
-------------------------------	---

Formule 22: Volume Château d'eau

II.10. Simulation du réseau de distribution sur le logiciel Epanet

La simulation a été effectuée sur le logiciel Epanet afin d'évaluer le comportement hydraulique du réseau tel que les pressions aux différents nœuds, les vitesses et débits dans les différents tuyaux. Les données d'entrées sont les côtes obtenues et les demandes de base en m³/h au niveau des différents nœuds ainsi que les longueurs (m) et les diamètres (mm) des différents tronçons. La simulation nous permet de vérifier la conformité des calculs établies.

III. Résultats et discussion

III.1. Estimation de la population

Calcul du taux de croissance de la population

Selon les données recueillies par le RPGH du premier trimestre de l'année 2024, la ville de Kaolack comptait 233707 habitants en 2013, contre 317723 habitants en 2023. Nous utiliserons la formule d'accroissement de la population entre 2013 et 2023 qui va nous donner un taux de 3.11%. les résultats des calculs de l'évolution de la population se trouvent dans le tableau 5.

Tableau 5: Estimation du taux d'accroissement de la population

Villes	Population en 2013	Population en 2023	Taux de croissance en 10 ans	Population en 2040
Kaolack	233707	317723	0,031187627	535797

Evolution de la population de la ville de Kaolack

A partir du taux de croissance de la population de la zone d'étude, nous allons estimer la population de la ville de Kaolack de 2024 à l'horizon du projet qui est l'année 2040 (tableau 6), en utilisant la formule de croissance géométrique pour avoir le nombre d'habitants de la zone d'étude.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Tableau 6: Estimation de la population jusqu' à l'horizon du projet

Année	2023	2024	2030	2035	2040
nbre d'habts	317723	327641	394003	459462	535797

L'évolution démographique de la ville de Kaolack est représentée par la figure 3. Avec une population de 317 723 habitants, à l'horizon du projet la zone d'étude aura une population estimée à 535 797 habitants.

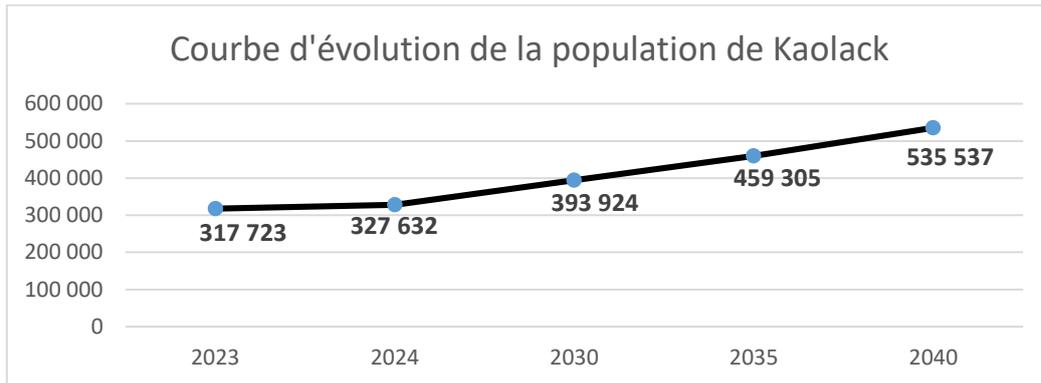


Figure 3: Evolution de la population de Kaolack

III.2. Calcul des besoins en eau de la population de Kaolack

Ci -dessous au niveau du tableau 7 nous avons les besoins en eau de la population de la ville de Kaolack estimés en l/j et en m³/h et un graphe (figure 4) décrivant l'évolution des besoins en eau jusqu'à l'horizon du projet.

Tableau 7: Calcul des besoins d'adduction en eau de la zone du projet

Année	Unité	2 023	2 024	2 030	2 035	2 040
Population	[habitants]	317 723	337 869	394 003	459 462	535 797
Consommation moyenne spécifique : Cs	[l/j/hbt]	70	70	70	70	70
Besoins journaliers moyens domestiques Bjm_dom	[m3/j]	22 241	23 651	27 580	32 162	37 506
% des activités socioéconomiques	[%]	10%	10%	10%	10%	10%
Besoins journaliers moyens : Bjm	[m3/j]	24 465	26 016	30 338	35 379	41 256
Coefficient de pointe saisonnier Kps	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Besoins journaliers de pointe : Bjp	[m3/j]	29 358	31 219	36 406	42 454	49 508

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Rendement de distribution h2	[%]	95%	95%	93%	91%	90%
Demande journalière de pointe Djp	[m3/j]	30 903	32 862	39 146	46 653	55 008
Rendement d'adduction h1	[%]	98%	98%	97%	96%	95%
Production du jour de pointe Pjp	[m3/j]	31 533	33 533	40 357	48 597	57 904
Temps de refoulement	[h]	20	20	20	20	20
Débit d'adduction : Qadd	[m3/h]	1 577	1 677	2 018	2 430	2 895

Pour 2040 avec une population de 535 797 habitants, la ville de Kaolack aura un besoin de 2895 m³/h

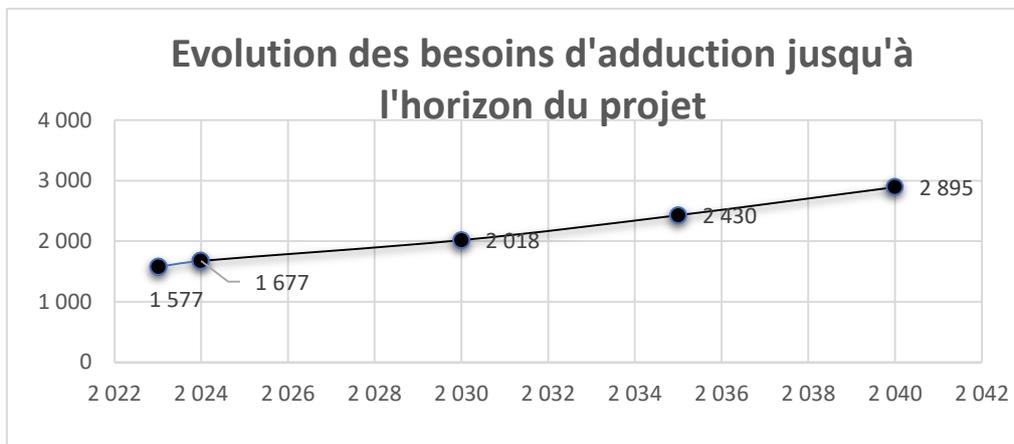


Figure 4: courbe estimative des besoins en eau du projet

L'augmentation de la demande en eau est dépendante de l'augmentation de la population. En 2040, le système devra supporter l'ensemble des populations de la ville de Kaolack. La demande du jour de pointe à l'horizon du projet est 57 904 m³/j ce qui prend en compte les variations dues aux habitudes saisonnières et les besoins en eau des activités socio-économiques. Elle prend aussi en compte la durée de pompage par jour qui est de 20 h/j, ce qui nous donnera un débit d'adduction 2895 m³/h. Ce débit sera arrondi par la suite à 3000 m³/h.

III.3. Le choix du tracé

Ci-dessous dans le tableau 8, les résultats de la notation pour les tracés.

Tableau 8: Notation pour le choix du tracé

	Encombrement des emprises	Contraintes de poses	Cout de revient	Somme des facteurs
Tracé 1	1	1	1	3

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Tracé2	3	3	3	9
--------	---	---	---	---

A partir de ces résultats le tracé 1 a été retenu car étant dans une zone peuplement faible par rapport à la route de la Nationale 1 où on y trouve de nombreux localités et villages. Le tracé 2 a un réseau d'adduction déjà présent avec de nombreux raccordements desservants ces localités, et on note aussi la présence des infrastructures d'autres services de l'état (électriques, télécommunications...). Tous ces encombrements de l'emprise vont causer si besoin de travaux de nombreux impactés augmentant de facto le coût de revient du projet. Tous ces facteurs ont fait que le Tracé 1 qui passera sur une zone avec moins d'habitations et de contraintes a été choisi.



Figure 5: Vue d'oiseau du profil en long

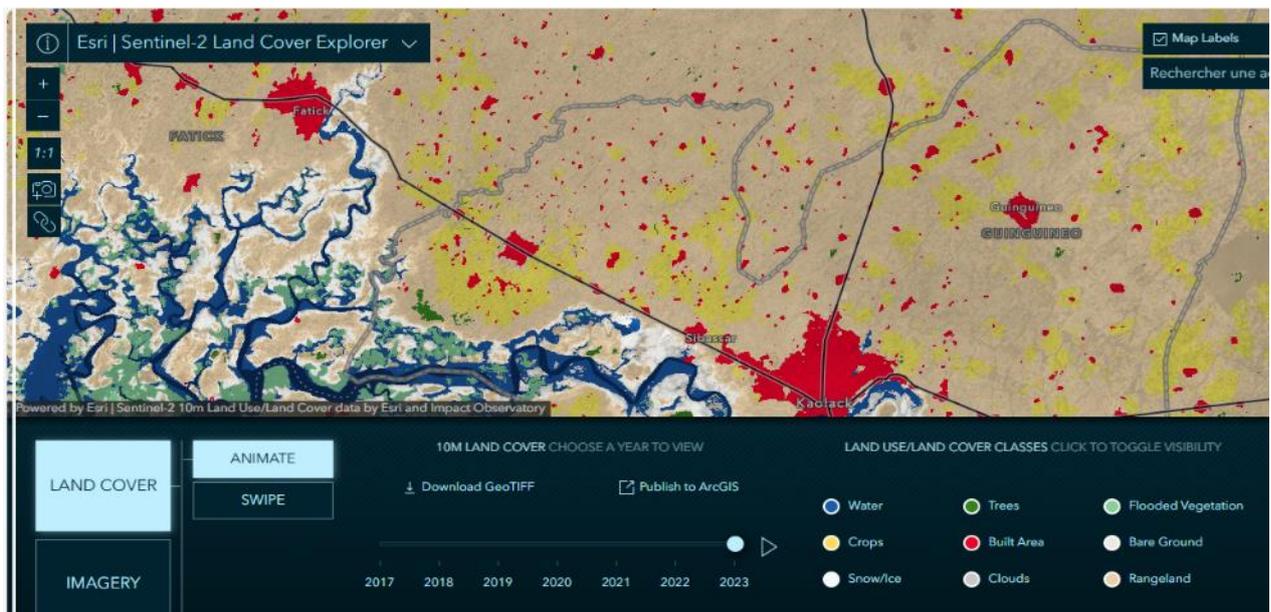


Figure 6: occupation du sol (source: Sentinel 2 land cover 2023)

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

III.4. Le Choix de la conduite

Pour le choix de la conduite, nous commencerons par utiliser des Formule empiriques et en fonction de leur vitesse, nous verrons quelle Formule respecte les conditions de Flamant et de GLS.

Tableau 9: Vérification pour le choix de la formule à utiliser pour les calculs

Nom	Formules	Q m ³ /h	Q m ³ /s	D _{th} (m)	Dret (m)	V(m/s)	CF	GLS
formules de Bresse	1,5*Q ^{0,5}	3 000,0	0,833	1,37	1,18	0,57	1,97	2,29
Formules de Bresse modifié	0,8*Q ^{1/3}			0,75	0,90	1,87	0,60	1,97
Formules de Munier	(1+0,02n)*Q ^{0,5}			1,28	1,10	0,65	1,88	2,25
Formules de Bonin	Q ^{0,5}			0,91	0,80	1,27	1,51	2,07
A, Bedjaoui, B, Achour	1,27*Q ^{0,5}			1,16	1,00	0,79	1,76	2,19

Nous noterons que parmi les Formule utilisées, seule la formule de Bresse Modifié ne respecte pas les conditions. Donc pour pouvoir faire le choix de quelle formule utilisée pour la suite du dimensionnement, nous chercherons les pertes de charges pour voir laquelle de ces Formule se trouvant au niveau du Tableau 11 aura la plus faible perte de charges.

Tableau 10: Calcul des pertes de charges des Formule empiriques

Nom	Formule	ΔH
Formule de Bresse	1,5*Q ^{0,5}	8,61
Formule de Bresse modifié	0,8*Q ^{1/3}	79,16
Formule de Munier	(1+0,02n)*Q ^{0,5}	11,80
Formule de Bonin	Q ^{0,5}	54,43
A, Bedjaoui, B, Achour	1,27*Q ^{0,5}	18,41

Nous prendrons pour la suite, la formule de Bresse ayant obtenu la plus faible perte de charges le long du tronçon d'après les résultats obtenus dans le tableau 11

III.5. Calcul de pertes de charges le long du tronçon avec la formule de Bresse

Ci-dessous dans le Tableau 12, nous aurons le calcul de pertes de charges par tronçon en utilisant la formule de Darcy-Weisbach qui est la formule, la plus plébiscitée car offrant plus de précisions.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Tableau 11: Vérification si les conditions sont respectées aux niveaux des différents tronçons

Tracé réseau	Q (m ³ /h)	D _{th} (mm)	Dret	Uref [m/s]	Condition de Flamet
SP-Nœud 1	3 000,0	1,37	900	1,31	1,5
Nœud 1- R7	750,0	0,68	600	0,74	1,2
Nœud 1-Nœud 2	2 250,0	1,19	900	0,98	1,5
Nœud 2- R5	750,0	0,68	600	0,74	1,2
Nœud 2 - Nœud 3	1 500,0	0,97	900	0,65	1,5
Nœud 3 -R6	750,0	0,68	600	0,74	1,2
Nœud 3-- Nœud 4	750,0	0,68	900	0,33	1,5
Nœud 4 - R8	750,0	0,68	900	0,33	1,5

Tableau 12: Pertes de charges le long des tronçons

Tracé réseau	Longueur(m)	Dth(mm)	Dret [mm]	Re	l	DH [m]
SP-Nœud 1	41800	3000	900	1,05,E+06	0,0155	66,11
Nœud 1- R7	5370	750	600	2,63,E+05	0,018	4,68
Nœud 1- Nœud 2	1760	2250	900	7,88,E+05	0,0157	1,59
Nœud 2- R5	4010	750	600	2,63,E+05	0,018	3,50
Nœud 2 - Nœud 3	4270	1500	900	5,25,E+05	0,0161	1,75
Nœud 3 -R6	4360	750	600	2,63,E+05	0,018	3,80
Nœud 3-- Nœud 4	1800	750	900	2,63,E+05	0,0171	0,20
Nœud 4 - R8	2820	750	900	2,63,E+05	0,0171	0,31

III.6. Calcul de pertes de charges totales

Les pertes de charges sont obtenues en prenant en compte les pertes de charge linéaires et les pertes de charges singulières qui seront additionnées. Dans le Tableau 14 ci-dessous, le calcul de la perte de charge totale a été effectué pour obtenir les pertes de charge totale au niveau de chaque nœud.

Tableau 13 : Calcul de pertes de charges

Tracé réseau	SP-Nœud 1	Nœud 1- R7	Nœud 1- Nœud 2	Nœud 2- R5	Nœud 2 - Nœud 3	Nœud 3 -R6	Nœud 3- - Nœud 4	Nœud 4 - R8
SDH	66,11	70,79	67,69	71,19	69,45	73,25	69,64	69,95

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

III.7. Choix des pompes

Calcul de HMT

La Hauteur Manométrique Totale sera calculée en fonction des pertes de charges et de la Hauteur géométrique obtenue par la différence de la cote du trop-plein du Château d'eau la plus élevée et la cote du trop-plein de la Bâche de la station de pompage.

Tableau 14: Calcul de la HMT

SDH [m]	Cote TN R	Hauteur sous radier	Hauteur d'eau utile	Plan d'eau SP	Hg [m]	Hmt requise	Hmt ret
66,11				8			116
70,79	11,5	29,5	9,5		42,5	113	
67,69							
71,19	9,86	24,5	9,5		35,86	107	
69,45							
73,25	6,88	24,5	9,5		32,88	106	
69,64							
69,95	14,58	29,5	9,5		45,58	116	

Choix de la pompe

Le choix de la pompe se fait sur la base de la côte de calage du château et des caractéristiques physiques de la station de pompage. Les paramètres essentiels sont le débit d'exploitation du forage et la Hauteur Manométrique Totale (HMT). Le choix a été fait sur le catalogue des pompes GRUNDFOS (www.grundfos.com). La pompe choisie est le NK 80-315/295 avec un débit de 750 m³/h avec une HMT de 116m, nous utiliserons 4 pompes en parallèles et une autre pompe de secours pour en cas de panne d'une des pompes. Les caractéristiques de la pompe choisie sont consignées dans le tableau 15 suivant.

Tableau 15: Détermination caractéristiques des pompes

Débit Pompe	Qp	m ³ /s	0,208
-------------	----	-------------------	-------

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Hauteur Manométrique Totale	HMT	m	116
Vitesse de rotation	N	tr/mn	2900
Vitesse de rotation spécifique	Ns	tr/mn	38,19
Diamètre spécifique	Ds		2,48
Diamètre roue	D	m	0,35
rendement	ng	%	85,28
Puissance Hydraulique	P	kW	230,94

On aura quatre pompes centrifuges monocellulaires avec des vitesses de rotation de 2900 tr/mn et une de rotation spécifique de 38 tr/mn, de diamètre spécifique 2.48 avec un rendement de 86%.

Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement de la pompe sera obtenu au point d'intersection des deux courbes (la courbe caractéristique de la pompe fournie par le constructeur et la courbe caractéristique du réseau de refoulement). Pour la figure 7, nous avons les courbes des 4 pompes parallèles identiques fonctionnant en même temps. Le point de fonctionnement des pompes est à 750 m³/h et 116 m.

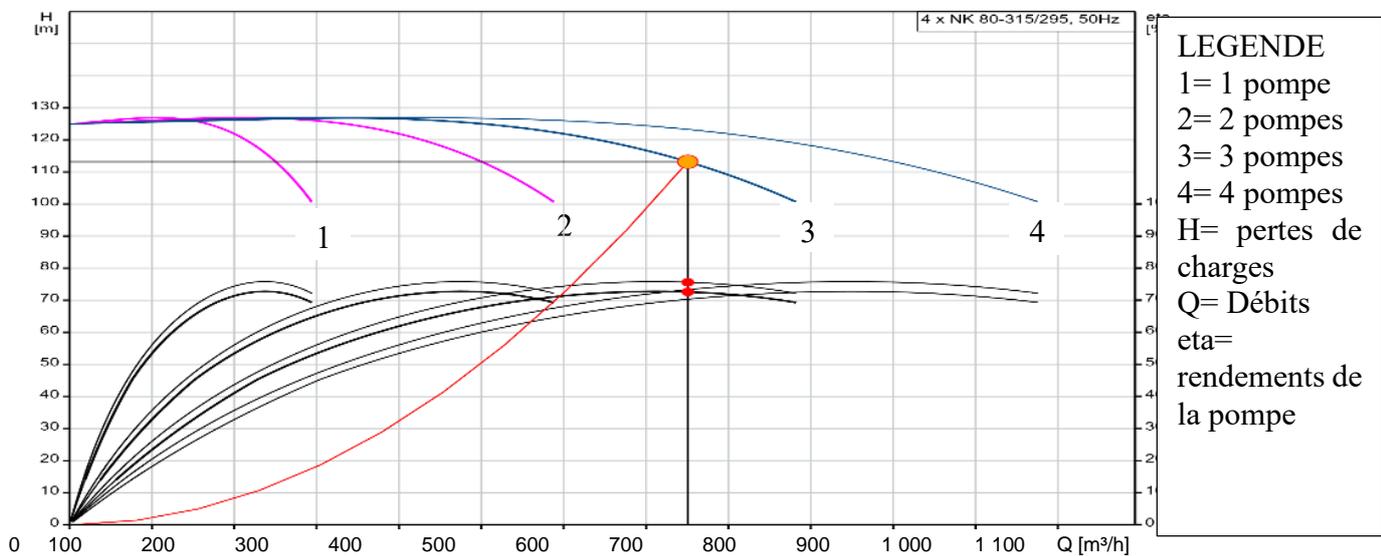


Figure 7: Point de fonctionnement des pompes

La pompe sera en surcharge, si une pompe s'arrête. Les pertes dans accessoires et vannes non incluses, nous avons un débit de 750.6 m³/h et une HMT de 116.2 m avec un rendement pompe de 75.6 % et un rendement pompe + moteur de 72.6%.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

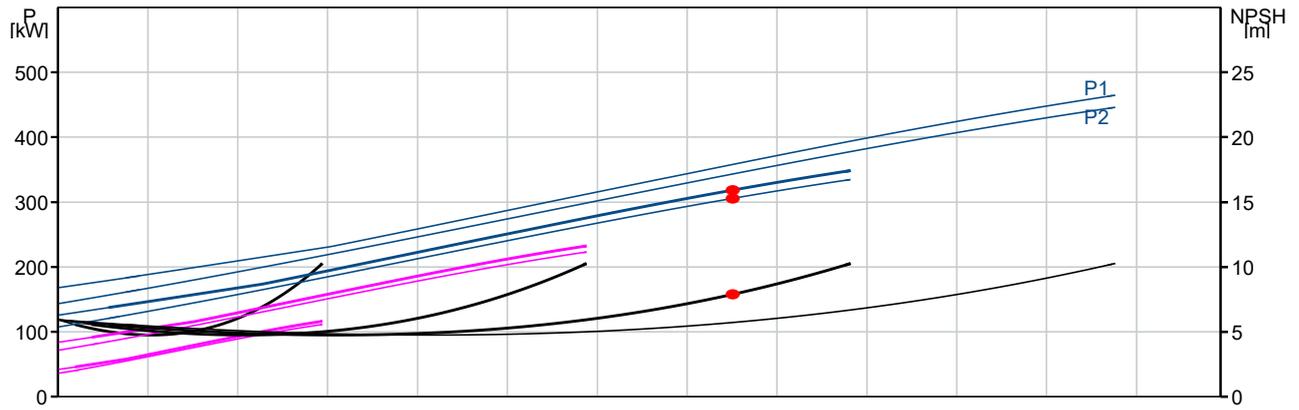


Figure 8: Courbe puissance et NPSH

Pour la figure 8, Le NPSH est égal à 7.89m, P1= 318.3 kW et P2= 305.5 kW avec :

- P1= Puissance hydraulique à l'entrée
- P2= Puissance hydraulique à la sortie



Figure 9: Moteur de la pompe

Tableau 16: Caractéristiques pompes choisies

Désignation	Valeur
Nom de la Pompe	GRUNDFOS / NK 80-315/295
Débit (m3/h)	750
HMT (m)	116
Tension (volt)	3 x 380-420 D/660-725 V
Fréquence (Hz)	50
Cos phi	0,9
Rendement pompe (%)	80.1
Rendement moteur(%)	96
Courant nominal (A)	184 A
Puissance (KW)	250 kW
Gamme	Haut de Gamme

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

III.8. Vérification si besoin de ballon anti-bélier

Il est nécessaire de vérifier si notre réseau aura besoin de dispositif anti-coup de bélier. Ci-dessous dans le Tableau 17, les calculs pour la vérification du besoin d'un dispositif anti-bélier

Tableau 17: Vérification si utilisation ballon anti bélier

E	2,E+09
E	2,E+09
P	1000
G	9,81
célérité (c) m/s	1357,55226
Uo(m/s)	1,41542817
ΔP (m)	195,873365
HMT+ ΔP (m)	364,001901
PMA (m)	192
$T = 2l/c$ (s)	77,0224491

Le réseau d'adduction aura besoin d'un dispositif anti bélier car $HMT + \Delta P > PMA$.

➤ Calcul volume anti bélier avec CEBELMAIL

Le calcul du volume du réservoir anti bélier a été effectué avec le logiciel Cebelmail, la figure 10 représente l'évolution des pressions lors de la simulation, elles sont conformes aux pressions déclarées. La figure 11 représente les résultats de la simulation avec pour données représentées la pression et les débits pour les réservoirs, les conduites et les différents nœuds du projet.

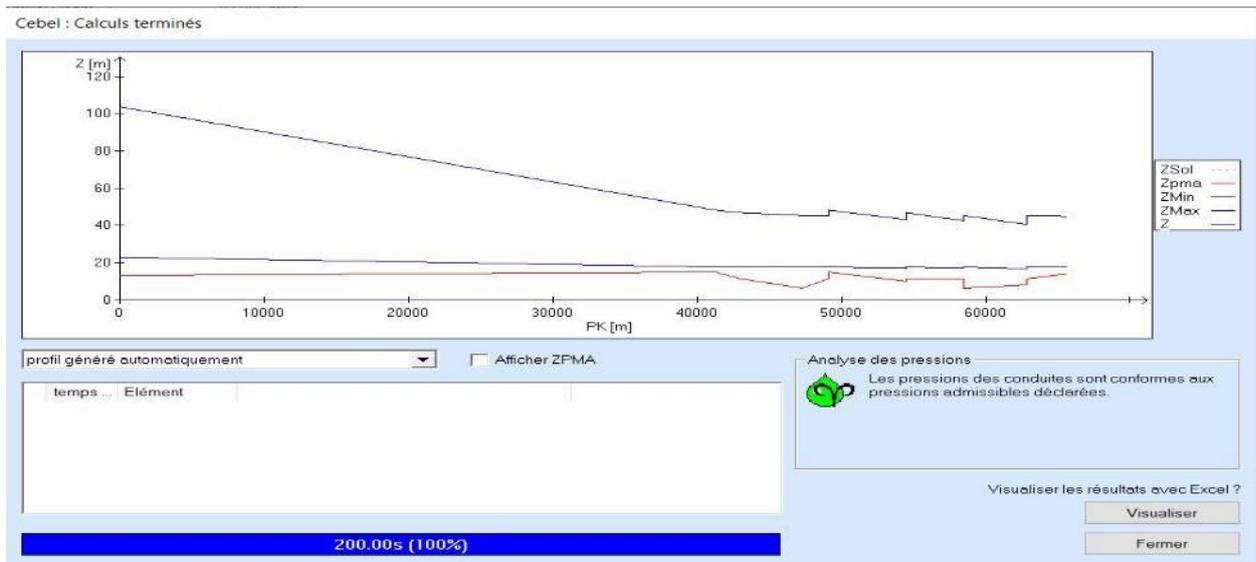


Figure 10: Pressions admissibles

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

			Q	Z
<	n1	Réservoir (Z0=4.50 m)		4.50 m
	n1-n2	Pompe centrifuge (disjonction_t=1s; Qnom.=0.667 m³/s; Hnom.=1...	0.6662 m³/s	
	n2-n3	Conduite (D=800.0 mm; L=41260.00 m; k=0.165 mm)	0.6662 m³/s	
<	n2	Ballon anti-bélier (Vgaz comprimé=125.000 m³)		124.56...
	n3	Noeud simple		56.69 m
	n3-n4	Conduite (D=800.0 mm; L=1760.00 m; k=0.165 mm)	0.5048 m³/s	
<	n4	Noeud simple		55.00 m
	n4-n5	Conduite (D=800.0 mm; L=4280.00 m; k=0.165 mm)	0.3319 m³/s	
<	n5	Noeud simple		53.17 m
	n5-n6	Conduite (D=800.0 mm; L=1800.00 m; k=0.165 mm)	0.1577 m³/s	
<	n6	Noeud simple		52.98 m
	n3-c1	Conduite (D=500.0 mm; L=5360.00 m; k=0.165 mm)	0.1614 m³/s	
<	c1	Point de consommation (Qmoyen=0.139 m³/s)		50.51 m
	n4-c2	Conduite (D=500.0 mm; L=4000.00 m; k=0.165 mm)	0.1729 m³/s	
<	c2	Point de consommation (Qmoyen=0.139 m³/s)		49.74 m
	n5-c3	Conduite (D=500.0 mm; L=4370.00 m; k=0.165 mm)	0.1742 m³/s	
<	c3	Point de consommation (Qmoyen=0.139 m³/s)		47.33 m
	n6-c4	Conduite (D=800.0 mm; L=2820.00 m; k=0.165 mm)	0.1577 m³/s	
<	c4	Point de consommation (Qmoyen=0.139 m³/s)		52.68 m

Figure 11: Résultats des débits et côtes avec Cebelmail

Figure 12: Dimensionnement réservoir anti bélier

Pour éviter les coups de bélier au niveau de la conduite nous aurons un ballon anti bélier de volume de gaz 125 m^3 (2 ballons de 50 m^3 et un de 25 m^3) et un pré gonflage de 5 bar.

III.9. Dimensionnement du château d'eau

Pour les réservoirs, quatre (4) seront desservis par cette conduite. Les châteaux d'eau de Kabatoki (R7), Ngagne Alassane (R5) et Thioffack (R6) étaient déjà utilisés pour par la population. Un nouveau château d'eau sera construit avec les dimensions suivants : 30m de hauteur et 3200 m^3 comme volume de stockage.

Tableau 18: Dimensionnement château d'eau

nombre de château	Volume (m^3)	Hauteur utile(m)	Rayon (m)	Hauteur poutre + Radier (m)
1	3200	9,5	10,3573431	20,5

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

--	--	--	--

III.10. Simulation Epanet

Le logiciel Epanet nous a permis d'effectuer une simulation du réseau d'adduction en eau potable du projet. Le résultat de la simulation sont affichés ci-dessous au niveau de la figure 13.

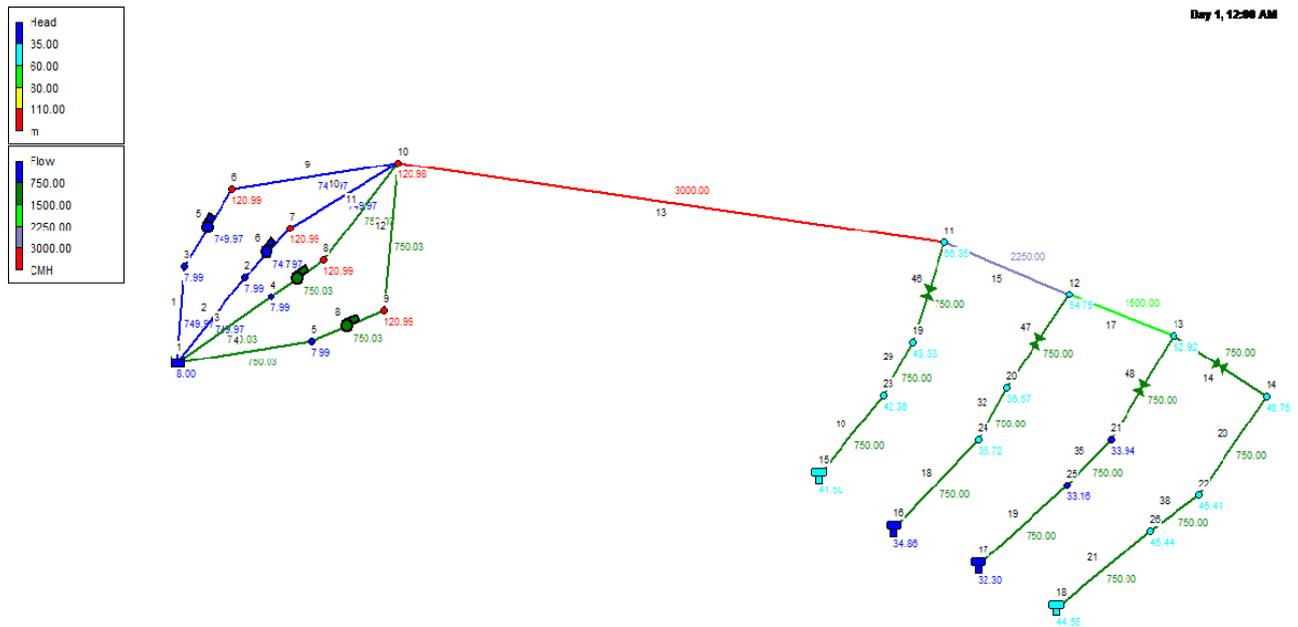


Figure 13: Simulation réseau sur Epanet

Dans le tableau 19 suivant, qui est la table des liens nous avons les valeurs des vitesses, des pertes de charges et facteur de friction dans les pompes, les tuyaux de refoulement et les vannes. Les vitesses sont comprises entre 0.33 m/s et 1.66 m/s qui respectent les conditions de vitesses, les pertes de charges linéaires pour les tuyaux sont comprises entre 0.86 m/km et 6.16 m/km, pour les vannes entre 6 et 19 m/km et pour les pompes elle est de 116 m/km. La perte de charge linéaire causée par les pompes est prise comme référence pour la HMT.

Tableau 19: Table des liens

	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pertes de charges	Facteur de friction	Statut
ID Lien	m	mm	m ³ /h	m/s	m/km		
Tuyau 1	2	400	749.97	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 2	2	400	749.97	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 3	1	400	750.03	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 4	1	400	750.03	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 9	2	400	749.97	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 10	2	400	749.97	1.66	6.16	0.018	Ouvert

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Tuyau 11	2	400	750.03	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 12	2	400	750.03	1.66	6.16	0.018	Ouvert
Tuyau 13	41800	900	3000.00	1.31	1.55	0.016	Ouvert
Tuyau 15	1760	900	2250.00	0.98	0.91	0.017	Ouvert
Tuyau 17	4270	900	1500.00	0.65	0.43	0.018	Ouvert
Tuyau 20	2820	900	750.00	0.33	0.12	0.020	Ouvert
Tuyau 29	39	300	750.00	2.95	25.02	0.017	Ouvert
Tuyau 32	34	300	750.00	2.95	25.02	0.017	Ouvert
Tuyau 35	31.38	300	750.00	2.95	25.02	0.017	Ouvert
Tuyau 38	39	300	750.00	2.95	25.02	0.017	Ouvert
Tuyau 16	1000	600	750.00	0.74	0.86	0.019	Ouvert
Tuyau 18	1000	600	750.00	0.74	0.86	0.019	Ouvert
Tuyau 19	1000	600	750.00	0.74	0.86	0.019	Ouvert
Tuyau 21	1000	600	750.00	0.74	0.86	0.019	Ouvert
Pompe 5	#N/A	#N/A	749.97	0.00	-116.00	0.000	Ouvert
Pompe 6	#N/A	#N/A	749.97	0.00	-116.00	0.000	Ouvert
Pompe 7	#N/A	#N/A	750.03	0.00	-116.00	0.000	Ouvert
Pompe 8	#N/A	#N/A	750.03	0.00	-116.00	0.000	Ouvert
Vanne 46	#N/A	600	750.00	0.74	13.02	0.000	Active
Vanne 47	#N/A	600	750.00	0.74	18.19	0.000	Active
Vanne 48	#N/A	600	750.00	0.74	18.98	0.000	Active
Vanne 14	#N/A	600	750.00	0.74	6.18	0.000	Active

Pour le tableau 20 qui représente la charge, la pression et la demande en eau des différentes connections du réseau, les chateaux d'aux et la station de pompage. Elles sont comprises entre 7.99m et 121m pour la charge et pour la pression elle est comprise entre 0.5m et 121m.

Tableau 20: Table des Noeuds

	Demande	Charge	Pression
Nœud ID	CMH	m	m
Jonction 2	0.00	7.99	-0.01
Jonction 3	0.00	7.99	-0.01
Jonction 4	0.00	7.99	-0.01
Jonction 5	0.00	7.99	-0.01
Jonction 6	0.00	120.99	120.99
Jonction 7	0.00	120.99	120.99
Jonction 8	0.00	120.99	120.99
Jonction 9	0.00	120.99	120.99
Jonction 10	0.00	120.98	108.98
Jonction 11	0.00	56.35	41.35
Jonction 12	0.00	54.75	43.75
Jonction 13	0.00	52.92	46.92
Jonction 14	0.00	46.75	41.75
Jonction 19	0.00	43.33	28.33
Jonction 20	0.00	36.57	25.57
Jonction 21	0.00	33.94	27.94

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Jonction 22	0.00	46.41	41.41
Jonction 23	0.00	42.36	30.86
Jonction 24	0.00	35.72	26.72
Jonction 25	0.00	33.16	26.28
Jonction 26	0.00	45.44	30.86
Station Pompage 1	-3000.00	8.00	0.00
Chateau d'eau R7	750.00	41.50	0.50
Chateau d'eau R5	750.00	34.86	0.50
Chateau d'eau R6	750.00	32.30	0.50
Chateau d'eau R8	750.00	44.58	0.50

Tableau 21: Table des vannes

ID	Nœud 1	Nœud 2	Diamètre	Type	Débit	Perte mineur
46	11	19	600	FCV	750	0
47	12	20	600	FCV	750	0
48	13	21	600	FCV	750	0
14	13	14	600	FCV	750	0

Il ressort de la simulation que les pressions varient entre 18.18 m et 97.89 m et que la vitesse varie entre 0.33 et 1.66 m/s. On peut en conclure que les pressions au nœud et la vitesse dans les arcs respectent les conditions de pression et de vitesse.

III.11. Equipements annexes

Comme équipements annexes pour le réseau d'adduction nous aurons les éléments suivants :

- **Le By-pass** : c'est un élément de protection qui permettra d'isoler certains équipements pour faire passer l'eau dans un sens. Il sera installé dans un regard au pied du château
- **Clapets anti retours** : ils permettent d'empêcher le retour de l'eau dans un sens non-désiré. Ils seront installés au niveau de la conduite de refoulement pour bloquer le retour de l'eau à la pompe
- **Raccordements** : Ce sont des éléments qui permettent de contrôler le flux d'eau, d'isoler des sections de conduites pour des réparations ou des remplacements, et de garantir la sécurité et la fiabilité du réseau.
- **Piquages** : Ils vont permettre le transfert de l'eau du réseau principal vers les réseaux secondaires.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

- **Sectionnement** : Elles vont permettre d'arrêter l'écoulement dans le réseau en cas de maintenance ou de réparations. Elles assurent l'étanchéité et la manœuvrabilité du fluide
- **Vanne de régulation** : Elles permettent de réguler la circulation dans le réseau en maintenant le débit de production et la pression constants évitant les variations brusques.
- **Ventouses** : elles permettent de libérer l'air ou les gaz dans les conduites. Elles se trouvent au niveau des points hauts du réseau.
- **Vidanges** : Elles permettent d'éliminer les dépôts dans le réseau, l'évacuation des gaz et la prévention des coups de bélier. Elles se trouvent dans les points bas

III.12. Ouvrages génies civils

Pour la station de pompage pour le système d'adduction par refoulement, comme ouvrages en génie civil nous aurons les éléments suivants :

- **Un bassin de pompage** : C'est la structure qui abrite les pompes et les équipements associés. Il doit être conçu pour résister aux charges hydrauliques et mécaniques.
- **Une chambre de vannes** : Elle abrite les vannes de régulation et d'isolement pour contrôler le débit d'eau.
- **Des conduites d'aspiration et de refoulement** : Ces canalisations transportent l'eau entre la station de pompage et le réseau d'adduction. Elles doivent être dimensionnées pour minimiser les pertes de charge.
- **Des équipements électriques** : Poste de transformation, armoire électrique, dispositifs de commande et de protection.
- **Des trappes de visite** : Pour l'accès et l'inspection des canalisations.
- **Un talutage et aménagement paysager** : Pour intégrer la station de pompage dans l'environnement.

IV. Estimation du devis quantitatif

Selon l'estimation du devis quantitatif effectuée (voir annexe 3), le cout pour la réalisation du projet est estimé à 28 200 000 000 F CFA. Le récapitulatif des prix est présenté par le tableau 23. Dans le tableau 22 ci-dessous, nous avons l'ensemble des équipements annexes pour la conduite.

Tableau 22: tableau des noeuds

Carnet de Nœuds	Vanne de régulation	Vidanges	Ventouses	Sectionnement	Piquage	Raccordements
Nombre	3	13	13	6	4	4

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Tableau 23: Devis Quantitatif et Estimatif

N°	DESIGNATION	MONTANT MARCHE FCFA
1	INSTALLATION, REPLI ET ETUDES D'EXECUTION	112 000 000
3	RESERVOIR AU SOL DE 3000 M3	393 975 000
4	STATION DE POMPAGE	2 893 242 500
5	POSE DU RESEAU DE TRANSFERT VERS LA VILLE	17 062 495 371
6	LOGEMENTS D'ASTREINTE	101 427 500
	Sous total du LOT HT/HD	20 563 140 371
	Droits de douanes	3 290 102 459
	Total : HTVA	23 853 242 830
	TVA 18%	4 293 583 709
	Total TTC	28 146 826 539

V. Synthèse de la Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES)

V.1. Présentation du projet

Après l'identification de l'emplacement des travaux, des accès et de la délimitation des abords de chantier et servitudes, les travaux de terrassement pourront être entamés. Ils comprendront le nettoyage des surfaces, le décapage de la terre végétale, la mise à la décharge des déblais.

Le réseau d'adduction d'eau sera implanté entre 1.5m et 3.5 m de profondeur en fonction de la nature du terrain et des diverses pentes d'évacuation. Les travaux consistent ainsi en la réalisation de fouilles en tranchée et de remblai de tranchée pour canalisation, la fourniture, la pose et le raccordement de conduite en fonte ductile.

Ces fouilles linéaires doivent être porteuses et planes pour que les tuyaux reposent en totalité sur le sol.

La technique de pose doit respecter les normes sénégalaises et les bonnes pratiques qui traitent de la question. Il faudra également respecter les distances minimales de retrait par rapport à la végétation, aux routes et par rapport aux habitations.

Des tests d'étanchéité sur le réseau doivent être faits afin de s'assurer de la fiabilité de l'ouvrage.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Pour les châteaux d'eau, il s'agit outre la construction de ces édifices, la fourniture et l'installation des équipements électromécaniques. L'exécution de la fondation support est assujettie à des études de dimensionnement poussées qui permettent de déterminer la charge de la structure ainsi que le type de fondation à mettre en place. Les deux châteaux d'eau seront en béton armé et leur construction nécessitera des travaux en hauteur.

V.2. Cadre juridique et institutionnel

V.2.1. Cadre National

La Constitution sénégalaise, adoptée le 22 janvier 2001 et révisée le 20 mars 2016 par référendum, a introduit des dispositions environnementales importantes qui doivent être prises en compte pour la mise en œuvre du projet. L'article 8 de la Constitution garantit à tout individu, le droit à un environnement sain. Ce droit s'exerce dans le cadre de lois et règlement. Différents textes ont précisé les conditions de mise en œuvre d'un tel droit qui devra être garanti aux travailleurs et aux populations riveraines aux chantiers. Ci-dessous loi et décrets portant sur différents codes au Sénégal.

La Loi N°2001-01 du 15 janvier 2001 portant Code de l'environnement qui fait de l'environnement un patrimoine national qu'il faut protéger et instaurer les principes généraux de prévention et de précaution. Le Code de l'environnement encadre tous les secteurs de l'environnement et dégage les principes directeurs d'une bonne gestion, dont le respect est nécessaire quel que soit le domaine visé. Nous pouvons prendre en compte les articles suivants
L'article 9 qui fait de l'étude d'impact une obligation pour tout projet et qui permettra d'apprécier les conséquences directes et/ou indirectes de l'investissement sur les ressources de l'environnement

L'article 30 qui plébiscite un plan la gestion des déchets par tout entreprise

L'article 76 et 77 qui prend en compte la qualité de l'air

L'article 78 où l'entreprise ou l'entité doit respecter les normes d'émissions de l'air

Pour le **Code de l'eau** la **Loi n° 81-13 du 4 Mars 1981** a été adoptée dans le but de mieux rationaliser l'intervention des pouvoirs publics dans la gestion de cette ressource naturelle.

Différents décrets d'application du Code de l'eau de 1981 ont été édictés :

- Décret n° 98-555 du 25 Juin 1998 portant application des dispositions du Code de l'eau relatives aux autorisations de construction et d'utilisation des ouvrages de captage ;

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

- Décret n° 98-556 du 25 Juin 1998 portant application des dispositions du Code de l'eau relatives à la police de l'eau qui concerne aussi bien les eaux superficielles que les eaux souterraines.

Pour le code du travail, nous allons nous baser sur :

La Loi n°97-17 du 1er décembre 1997 qui fixe les conditions de travail, notamment en ce qui concerne la durée du travail qui ne doit pas excéder 40 heures par semaine, le travail de nuit, le contrat des femmes et des enfants et le repos hebdomadaire qui est obligatoire ;

La Loi n° 73-37 du 31 juillet 1973 portant Code de sécurité sociale modifiée par la Loi N°97-05- 10 Mars 1997 qui traite des accidents du travail et maladies professionnelles en son titre II En 2006 de nouveaux décrets sont venus s'ajouter aux dispositions mises en place. Il s'agit du

- Décret n° 2006-1249 du 15 novembre 2006 fixant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour les chantiers temporaires ou mobiles ;
- Décret n° 2006-1250 du 15 novembre 2006 relatif à la circulation des véhicules et engins à l'intérieur des entreprises ;
- Décret n° 2006-1251 du 15 novembre 2006 relatif aux équipements de travail

La **législation forestière** trouve son fondement dans la Loi n° 98-03 du 8 Janvier 1998 portant Code forestier, complétée par son décret d'application n° 98-164 du 20 Février 1998.

Le code régit les ressources végétales et les aires protégées. Les procédures de défrichement sont décrites dans le chapitre 2 du décret portant application du Code forestier à son Art. R.47 à Art. R. 55.

V.3. Identification et évaluation des impacts potentiels

• Présentation des composantes environnementales

Les composantes environnementales susceptibles d'être affectées par le projet sont réparties en trois catégories, elles sont appelées éléments importants de l'environnement et concernent :

- **Les composantes physiques** qui regroupent la qualité de l'air, la qualité des sols et la qualité des eaux de surface et souterraines
- **Les composantes biologiques** qui englobent : la faune terrestre, les habitats fauniques, l'avifaune et la végétation terrestre.
- **Les composantes humaines** qui regroupent les caractéristiques sociodémographiques, les activités économiques ; l'affectation et l'utilisation des terres, les infrastructures et équipements publics, la santé publique, le cadre de vie incluant la sécurité publique, le paysage, l'ambiance sonore, la pollution.

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

- **Présentation des sources d'impacts**

C'est l'ensemble des activités susceptibles de générer des impacts positifs ou négatifs durant les phases du projet : phase de construction et d'exploitation

- **Pour la phase de construction :** On peut citer les études socioéconomiques, géotechniques et topographiques, le débroussaillage et abattages d'arbres sur le site avant la mise en place puis l'installation de la base de vie et autres installations techniques. Pendant la phase de construction on aura le transport, la circulation des engins, la production de déchets, les travaux d'emprunt, le terrassement et l'implantation des infrastructures du système.
- **Pour la phase d'exploitation :** Pour la mise en service du réseau d'adduction, le fonctionnement du réseau d'adduction et l'entretien seront des source d'impacts.

- **Evaluation des impacts**

L'évaluation des impacts est basée sur l'analyse des interactions possibles entre les différentes activités et le milieu récepteur dans la phase de construction et d'exploitation de notre réseau d'adduction. Pour cette évaluation, nous allons utiliser la matrice de Léopold

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Tableau 24: Matrice de Leopold

Phase du projet	Composantes activités	Composante environnementale			Composante biologique		Composante humaine				
		Air	Eau sous-sols	Sol	Faune	Flore	Revenue	Social	Sécurité -sante	Emploi	Hygiène
Phase de construction	Etudes socio, géotechnique, et Topographique	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0
	Le débroussaillage et abattage d'arbres sur le site	-	0	-	0	-	+	+	-	+	0
	Installation de la base vie et autres installations techniques	0	0	-	-	-	+	-	0	+	0
	Transport et circulation des engins	-	-	-	0	-	+	-	-	+	-
	Production de déchets	-	-	-	0	-	0	0	-	-	-
	Travaux d'emprunt, terrassement	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	Implantation des infrastructures du système	-	-	-	0	-	+	+	0	+	0
Phase d'exploitation	Fonctionnement	0	-	0	0	0	+	+	+	+	+
	Entretien/Maintenance	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+

Légende du tableau : - impact négatif ; + impact positif ; 0 : impact nul

V.4. Analyse des impacts

Les travaux de réalisation de notre système d'AEP et son exploitation vont engendrer des impacts aussi bien positifs que négatifs sur l'environnement physique ainsi que la population de la ville de Kaolack.

- **Impacts négatifs**

L'ampleur des impacts négatifs varie selon leurs incidences sur la population et la zone d'étude.

Ils se résument aux aspects suivants :

- Des déchets et polluants
- Perturbation de l'écosystème ;
- Risque d'accidents Altération de la qualité de l'air ;
- Nuisance sonore au cours des travaux et à travers la circulation des engins et camions ;
- Dégradation de la ressource végétale ;
- Modification du paysage naturelle et possible érosion de la structure du sol ;
- Occupation des espaces de cultures pour travaux et les bases vies ;
- Création de circulation ou de travail ;
- Risque de conflits entre nouveau acteurs intervenants et autochtones du village ;
- Risques d'abus sur les ressources en eau (phase de construction) ;
- Rabattement du niveau de la ressource en eau souterraine ;

Impacts positifs

Le projet présente plusieurs avantages positifs aussi bien sur le plan social qu'économique. On peut citer :

- La création d'emploi lors de la réalisation du projet ainsi que lors de la gestion du système
- L'amélioration des conditions de vie à travers la réduction des maladies d'origine hydrique, la réduction des corvées des femmes, la réduction du temps d'attente ;
- L'amélioration du taux d'accès à l'eau potable au profit des bénéficiaires
- Le renforcement des infrastructures d'approvisionnement en eau

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

V.5. Mesure d'atténuation

Pour la bonne marche de notre projet, il est nécessaire de mettre en place des mesures qui peuvent permettre d'atténuer les impacts.

Tableau 25: Mesure d'atténuation

PHASE	TYPE D'IMPACT	SOURCE D'IMPACT	MESURE D'ATTENUATION
MILIEU PHYSIQUE			
Construction	Risques d'altération de la qualité de l'air Pollution sonore et accident due à la circulation	Circulation des véhicules et engins	Respecter la vitesse de 20 km/h à l'intérieur du village et 60 km/h sur les routes Suivre l'entretien des véhicules et le réglage régulier des moteurs ; Couvrir les camions avec les bâches ; Éviter la circulation des véhicules dans la nuit ; Limiter la vitesse dans les villages à 30 km/h ;
construction	Exposition des sols à l'érosion	Travaux de nivellement	Effectuer les poses et refermer les tranchées immédiatement après avoir creuser
construction	Dégradation du couvert végétal	Circulation des véhicules, abattage volontaire pour pose des conduite	Mise en place d'un programme de reboisement pour restaurer le patrimoine végétal perdu
Construction et Exploitation	Occupation de terre de cultures de propriétaire terrien par les composantes du réseau	Composantes du réseau (châteaux d'eau)	Mise en place d'une cellule de concertation sociale
Milieu socioéconomique et culturel			
Construction et exploitation	Risques d'accident de travail (blessures, incendie...) ;	Au cours de l'installation des composantes du système ;	<ul style="list-style-type: none"> Installer les consignes de sécurité (affiches) sur le site des travaux

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

	Risques d'accident de circulation	Mauvaise conduite des engins ;	<ul style="list-style-type: none"> • Former le personnel à l'usage des extincteurs et aux opérations de premières interventions (OPI) ; • Former le personnel à la manipulation des instruments sensibles ; • Mettre en place et obliger le port des équipements de sécurité adéquats (masques, gants, casques, bottes, tenue.) ; • Prendre en charge tout cas d'accident de travail directement imputable au projet ; • Installer les signalisations des postes de danger et des consignes de
construction	Risques de profanation des sites culturels, culturels, archéologiques et historiques	Comportement maladroit face aux valeurs de civilisation locales	<ul style="list-style-type: none"> • Respecter les pratiques et les rituels traditionnels locaux ; • Faire intervenir les autorités coutumières à chaque étape du projet
construction	Risque de conflits	Personnes extérieures intervenants et les autochtones	Mettre en place une cellule d'intermédiation sociale avec à la tête les autorités locale

V.6. Programme de suivi environnemental

Il est important de mettre en place un programme de suivi environnemental pour pouvoir évaluer l'efficacité des consignes mises en place et dénombrer d'autres impacts. Ce programme s'inscrit dans la volonté de pouvoir pérenniser la viabilité de l'ensemble du projet dans la ville de Kaolack.

Tableau 26: Programme de suivi environnemental

Impacts	Paramètres de suivi	Indicateurs	Fréquence de mesure	Responsables	Moyens de vérification
---------	---------------------	-------------	---------------------	--------------	------------------------

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Hygiène	Habitudes	Séances de formation réalisées	Chaque trois (03) mois	Ministère de la santé, laboratoire de santé Publique	Rapport de formation
Gestion de la ressource en eau	Quantité d'eau utilisés	Nombre d'utilisateurs du système et nombres d'acteurs formés à la gestion de l'eau	Chaque une (01) année	Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA),	Rapport de formation
Qualité de l'eau fournie	Analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques	Taux de présence des bactéries et valeurs des différents paramètres (pH, température, turbidité, etc.)	Chaque six (06) mois	Le ministère de la santé, Laboratoires de santé publique	Fiches d'analyse
Maladies hydriques	Cas de maladies enregistrés	Nombre de personnes malades présentant des signes de maladie due à la consommation d'eau	Chaque six (06) mois	Le ministère de la santé, laboratoire de la santé publique	Rapport de santé du Centres de santé de la ville de Kaolack

CONCLUSION

La réalisation du projet d'adduction en eau de Kaolack conçu pour l'horizon 2040, représente une solution durable pour l'amélioration des conditions de vie de la population à travers l'accès à l'eau potable en quantité suffisante. La mise en œuvre de ce projet est **réalisable sur le plan technique** et prend en compte le **volet social** avec l'implication et l'adhésion des populations depuis son démarrage. Ainsi, il est important de noter que l'exécution de ce projet entraînera des impacts négatifs, lesquels seront pris en compte par des mesures d'atténuation appropriées. Parallèlement, les impacts positifs seront renforcés par des mesures de valorisation. De plus, **un programme de suivi environnemental** sera mis en place afin de remédier à d'éventuels impacts potentiels. Ce projet représentera ainsi un catalyseur significatif pour le développement de la région de Kaolack.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSD (2015), Rapport projection de la population du Sénégal.
- ANSD (2023), Rapport préliminaire Recensement général de la population et de l'habitat.
- ANSD (2019), Situation économique et sociale régionale de Kaolack.
- Antea groupe, SGI ingénierie SA et SGI Sénégal SARL (2023), Rapport d'étude de la demande en eau et des ressources disponibles – Direction Régionale de Kaolack.
- Antea groupe, SGI ingénierie SA et SGI Sénégal SARL (2023), Rapport de Diagnostic de l'infrastructure et du réseau – Direction Régionale de Kaolack
- Bèga Urbain OUEDRAOGO (2005), Cours ouvrages constitutifs de systèmes d'AEP
- Cabinet EES (2019), EIES programme d'urgences d'aménagement intégré de la voirie primaire.
- Denis ZOUNGRANA (2008) Cours d'Approvisionnement en Eau Potable
- FAYE (2019), Cours les systèmes d'adduction en eau potable.
- Groundsfos, livret technique
- Mahmoud M. (2002), Alimentation en eau potable
- Marion T. (2010), Epanet : Simulation Hydraulique
- Ministère de l'environnement et du développement durable (2001), Code de l'environnement du Sénégal
- MOUNIROU (2018), Essentiels de pompes et stations de pompages.
- REZIG O. (2015), Méthode de calcul aux écoulements transitoires-application au coup de bélier.
- Veolia (2009), Guide Technique eau
- <https://www.cebelmail.fr/Histoire.aspx> 5/06/24

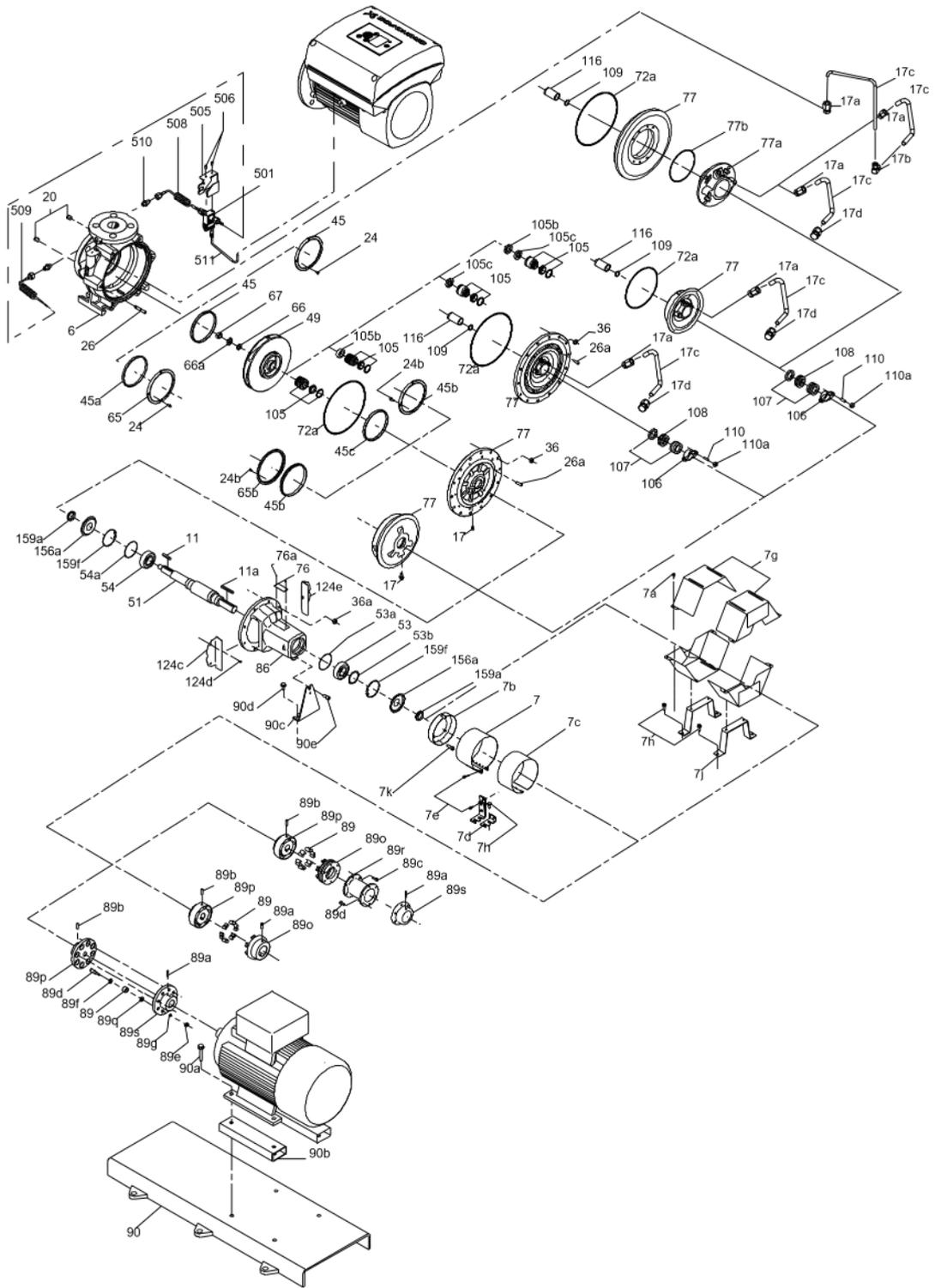
Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

ANNEXES

ANNEXE 1 : Caractéristiques des pompe

Quantité	Description
4	<p>NK 80-315/295 AA1F2AESBQQE1W1</p>  <p>Note ! La photo produit peut différer du produit réel</p> <p>Référence: Sur demande</p> <p>La pompe centrifuge non auto-amorçante, monocellulaire, est conçue selon la norme ISO 5199 avec des dimensions et une performance nominale conformes à la norme EN 733. Les brides sont PN 16 avec des dimensions conformes à EN 1092-2. La pompe possède un orifice d'aspiration axial, un orifice de refoulement radial et un arbre horizontal. La conception à coulisse arrière permet de retirer l'accouplement, le support palier et la roue sans intervention sur le moteur, le corps de pompe ou la tuyauterie.</p> <p>La garniture à soufflet en élastomère non équilibrée est conforme à la norme DIN EN 12756. La pompe est équipée d'un moteur ventilé asynchrone monté sur pied. La pompe et le moteur sont montés sur un châssis commun.</p> <p>Commandes: Frequency converter: Aucun Capteur de pression: N</p> <p>Liquide: Liquide pompé: Eau Plage température liquide: -25 .. 120 °C Température liquide sélectionnée: 20 °C Densité: 998.2 kg/m³</p> <p>Technique: Vitesse de rotation pour les données de la pompe: 2988 mn-1 Débit calculé réel: 750.6 m³/h Pompe avec moteur: O Point de fonctionnement réel de la pompe: 116.2 m Diamètre réelle de la roue mobile: 295 mm Diamètre nominal de la roue: 315 Code de la garniture mécanique: BQQE Type de garniture mécanique: Single Tolérance courbe: ISO9906:2012 3B Conception des paliers: Standard</p> <p>Matériaux: Corps de pompe: Fonte EN-GJL-250 ASTM class 35 Bague d'usure: Laiton</p>

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack



Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

Pos	Description	Annotation	Classification Data	Part no.	Qty.	Unit
	Kit, palier			96579599	1	pcs
53	Roulement à billes				1	pcs
54a	Joint torique				2	pcs
54	Roulement à billes				1	pcs
156a	Couvercle de palier				2	pcs
159f	Bague de blocage				2	pcs
159a	Joint en V				2	pcs
	Kit, support roulement			95131794	1	pcs
86	Support roulement			96039637	1	pcs
7k	Vis à tête creuse hexagonale				4	pcs
36a	Ecrou				6	pcs
76a	Rivet				2	pcs
124e	Protection arbre				1	pcs
124d	Vis à tête plate				4	pcs
124c	Protection arbre				1	pcs
	Kit, boulon pour accouplement			96809942	1	pcs
89d	Boulon				8	pcs
89	Taquets caoutchouc pour				1	pcs
89q	accouplement Rondelle				1	pcs
89g	Rondelle frein à ressort				1	pcs
89f	Rondelle				1	pcs
89e	Ecrou				1	pcs
89d	Boulon				1	pcs
	Kit, accouplement			96848910	1	pcs
11.a	Clavette parallèle				1	pcs
89o	Connecteur				1	pcs
89b	Vis sans tête				2	pcs
89a	Vis sans tête				2	pcs
89.p	Accouplement femelle				1	pcs
89	Boulon				8	pcs
89	Taquets caoutchouc pour				1	pcs
89q	accouplement Rondelle				1	pcs
89g	Rondelle frein à ressort				1	pcs
89f	Rondelle				1	pcs
89e	Ecrou				1	pcs
89d	Boulon				1	pcs
	Kit, protège accouplement			98108334	1	pcs
7b	Vis à tête creuse hexagonale				4	pcs
7b	Retainer for coupling guard				1	pcs
7	Protège-accouplement cpl.				1	pcs
7e	Vis à tête creuse hexagonale				3	pcs
7	Protection mécanique				1	pcs
94	Contre-écrou				2	pcs
	Kit, couvercle			95131792	1	pcs
18	Bouchon				1	pcs
36	Ecrou hexagonal				14	pcs
36	Ecrou				8	pcs
77	Couvercle femelle/garniture				1	pcs

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

26.a	mécanique	Goujon de fixation		8	pcs
45		Bague d'usure		1	pcs
		Kit, fixation support roulement	96909488	1	pcs
36		Ecrou hexagonal		2	pcs
66		Rondelle		2	pcs

Pos	Description	Annotation	Classification Data	Part no.	Qty.	Unit
90e	Vis à tête hexagonale				1	pcs
90d	Boulon à tête hexagonale				2	pcs
90d	Vis à tête hexagonale				2	pcs
90d	Vis à tête hexagonale				2	pcs
90d	Vis à tête hexagonale				2	pcs
90c	Pied				1	pcs
	Kit, fixation protège accouplement			96848500	1	pcs
7h	Vis à tête hexagonale				2	pcs
7d	Pied cpl.				1	pcs
7l	Support f/coupling guard foot				1	pcs
7h	Vis à tête creuse hexagonale				2	pcs
7d	Fixation pour protège accouplement				1	pcs
66	Rondelle plate				2	pcs
	Kit, écrou			96939130	1	pcs
11	Clavette				1	pcs
36	Ecrou				1	pcs
66a	Rondelle frein à ressort				1	pcs
66	Rondelle plate				1	pcs
67	Ecrou				1	pcs
	Kit, corps de pompe			95131732	1	pcs
6	Corps de pompe				1	pcs
20	Bouchon				2	pcs
26	Goujon de fixation				14	pcs
36	Ecrou hexagonal				14	pcs
45	Bague d'usure				1	pcs
	Kit, taquets caoutchouc pour accouplement			96789269	1	pcs
89	Taquets caoutchouc pour				8	pcs
	Kit, arbreaccouplement			96039655	1	pcs
11a	Clavette parallèle				1	pcs
11	Clavette				1	pcs
51	Arbre				1	pcs
66a	Rondelle frein à ressort				1	pcs
66	Rondelle plate				1	pcs
67	Ecrou				1	pcs
	Kit, Protection d'arbre			96809957	1	pcs
124e	Protection arbre				1	pcs
124d	Vis à tête plate				4	pcs
124c	Protection arbre				1	pcs

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

	Pièce détachée, Bague d'usure	96797626	1	pcs
45	Bague d'usure		1	pcs
	Pièce détachée, Bague d'usure	96797628	1	pcs
45	Bague d'usure		1	pcs
	Joint en V	96871238	1	pcs
159a	Joint en V		2	pcs
86	Support roulement	96039637	1	pcs
	Bloc support	92659228	2	pcs
	Moteur		1	pcs
7k	Lot, Vis à tête creuse hexagonale (20 PC)	97506946	4	pcs
28	Vis à tête hexagonale	99522923	1	pcs
36	Lot, Ecrou hexagonal (20 PC)	96620479	14	pcs
49	Roue	98517604	1	pcs
67	Lot, Ecrou (5 PC)	92526535	1	pcs
72a	Lot, Joint torique (5 PC)	92547632	1	pcs
72a	Lot, Joint torique (5 PC)	92526511	1	pcs
72a	Lot, Joint torique (10 PC)	97511846	1	pcs
72a	Joint torique	97757675	1	pcs
77a	Lot, Vis à tête plate (20 PC)	99266550	4	pcs

Pos	Description	Annotation	Classification Data	Part no.	Qty.	Unit
77	Couvercle			99437001	1	pcs
36	Lot, Ecrou (20 PC)			96620484	8	pcs
36	Ecrou			92766626	8	pcs
89	Lot, Taquets caoutchouc pour accouplement (5 PC)			92744250	1	pcs
89	Taquets caoutchouc pour accouplement			92738879	1	pcs
105b	Entretoise			96591277	1	pcs
105	Lot, Garniture mécanique (5 PC)			92514302	1	pcs
105	Garniture mécanique			98434906	1	pcs
109	Lot, Joint torique (10 PC)			97511809	2	pcs
109	Joint torique			93300637	2	pcs
154	Lot, Roulement à billes (5 PC)			98638919	2	pcs
156a	Lot, Couvercle de palier (10 PC)			97506937	2	pcs

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

ANNEXE 2 : Devis quantitatif et estimatif

Pour l'annexe 3 est le tableau 27 ci-dessous qui représente les tâches à effectuer pour les travaux de fourniture et pose de conduite, ce sont les prix unitaires et le prix total des tâches effectuées pour les travaux de fourniture et pose du réseau de transfert vers la ville de Kaolack

Tableau 27: Devis quantitatif et estimatif de la pose des conduites

TRAVAUX DE FOURNITURE ET POSE DU RESEAU DE TRANSFERT VERS LA VILLE DE KAOLACK DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF SP de Fatick à Kaolack					
Travaux de fourniture et pose de 52 450 ml de canalisations en fonte ductile DN 800 PN 16 et 13 761 ml de DN 500 PN16 de la SP de Fatick aux Châteaux d'eau choisis de la ville de Kaolack					
N° Prix	Désignation des tâches	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
1	INSTALLATION, REPLI ET ETUDES D'EXECUTION				
1,1	Installation de chantier, l'amenée et le repli du matériel de toute nature nécessaire à la réalisation des prestations	Forfait	2	300 000 000	600 000 000,00
1,2	Mesures destinées au plan d'assurances qualité, au plan de sécurité santé et aux dispositions de protection environnementale (EIES & PGES)	Forfait	2	7 000 000	14 000 000,00
1,3	Réalisation de l'ensemble des études d'exécution	Forfait	2	35 000 000	70 000 000,00
1,4	Implantation et piquetage de l'ensemble des ouvrages	Forfait	2	15 000 000	30 000 000,00
1,5	Etablissement des dossiers de récolement	Forfait	2	10 000 000	20 000 000,00
1,6	Audit en usine	Forfait	2	25 000 000	50 000 000,00
1,7	Réception matériels en usine	Forfait	2	25 000 000	50 000 000,00
	TOTAL INSTALLATION, REPLI & ETUDES D'EXECUTION				834 000 000
2	DÉGAGEMENTS DES EMPRISES ET TERRASSEMENT				
2.1	DÉBROUSSAILLAGE ET DÉCAPAGE DE LA TERRE VÉGÉTALE				

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

2.1.1	Débroussaillage (végétaux de diamètres ≤ 30cm) et décapage de la terre végétale	m ²	67 500	142	9 585 000,00
2.1.2	Débroussaillage (végétaux de diamètre supérieure à 0,30 m, mesurée à 1 m au-dessus du sol) et décapage de la terre végétale	Unité	250	41 538	10 384 500,00
2.1.3	Démolition de voirie goudronnée	ml	30	25 000	750 000,00
2.1.4	Démolition constructions bâties, ouvrage en dur ou terrain loti	m ²	1 250	12 000	15 000 000,00
2.3	GESTION DES FLUX				
2.3.1	Epuisement des venues d'eau en fond de fouille	ml	66 211	4 260	282 058 860,00
	TOTAL DE DÉGAGEMENTS DES EMPRISES ET TERRASSEMENT				317 778 360
3	FOURNITURE DU NOUVEAU RESEAU				
3.1	FOURNITURE DES TUYAUX				
3.1.1	Fourniture de tuyau Fonte ductile à emboitement <i>non verrouillé</i>				
3.1.1.1	Fourniture de tuyau en fonte ductile à emboitement DN 800 mm , PN16	ml	52 450	215 000	11 276 750 000,00
3.1.1.2	Fourniture de tuyau en fonte ductile à emboitement DN 500 mm, PN16	ml	13 761	106 946	1 471 683 906,00
3.1.1.3	Fourniture de tuyau en fonte ductile à emboitement DN 300 mm, PN16	ml	150	64 344	9 651 600,00
3.1.1.4	Fourniture de tuyau en fonte ductile à emboitement DN 200 mm, PN16	ml	-	45 000	-
3.1.2	Fourniture de fourreau en acier de dimension adaptée				
3.1.2.1	Fourniture de fourreau en acier de dimension adaptée à la conduite fonte DN 800 PN16	ml	90	1 200 000	108 000 000,00
3.1.2.2	Fourniture de fourreau en acier de dimension adaptée à la conduite fonte DN 500 PN16	ml	60	450 000	27 000 000,00
3.1.2.3	Fourniture de fourreau en acier de dimension adaptée à la conduite fonte DN 300 PN16	ml	60	275 521	16 531 260,00
3.1.2.4	Fourniture de fourreau en acier de dimension adaptée à la conduite fonte DN 200 PN16	ml	195	275 521	53 726 595,00
3.1.3	Plus-value pour la fourniture de tuyau fonte ductile à emboitement <i>verrouillé</i>				

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

3.1.3.1	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement verrouillé DN 800, PN16	ml	945	75 000	70 875 000,00
3.1.3.2	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement verrouillé DN 500, PN16	ml	60	66 110	3 966 600,00
3.1.3.3	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement verrouillé DN 300, PN16	ml	60	36 110	2 166 600,00
3.1.3.4	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement verrouillé DN 200, PN16	ml	195	18 110	3 531 450,00
3.1.4	Plus-value pour la fourniture de tuyau fonte à emboîtement, revêtement polyuréthane				-
3.1.4.1	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement, revêtement polyuréthane DN 800, PN16	ml	5 206	35 000	182 210 000,00
3.1.4.2	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement, revêtement polyuréthane DN 500, PN16	ml	60	26 000	1 560 000,00
3.1.4.3	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement, revêtement polyuréthane DN 300, PN16	ml	60	18 000	1 080 000,00
3.1.4.4	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement, revêtement polyuréthane DN 200, PN16	ml	195	18 000	3 510 000,00
3.1.5	Plus-value pour la fourniture de tuyau fonte à emboîtement, revêtement amélioré par alliage Zinc Aluminium à 400g/m²				-
3.1.5.1	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement, alliage Zinc Aluminium DN 800, PN16	ml	13 200	75 000	990 000 000
3.1.5.2	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboîtement, alliage Zinc Aluminium DN 500, PN16	ml	120	56 000	6 720 000
3.1.5.3	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à	ml	150	42 000	6 300 000

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

	emboitement, alliage Zinc Aluminium DN 300, PN16				
3.1.5.4	Plus-value pour la fourniture de tuyau en fonte ductile à emboitement, alliage Zinc Aluminium DN 200, PN16	ml	90	36 000	3 240 000
3.2 FOURNITURE DES RACCORDS EN FONTE DUCTILE					
3.2.1	Fourniture à pied d'œuvre d'adaptateurs à bride PN16 pour tuyau fonte				
3.2.1.1	DN800mm PN16	U	13	705 000	9 165 000,00
3.2.1.2	DN500mm PN16	U	4	248 558	994 230,00
3.2.1.3	DN400mm PN16	U	4	248 558	994 230,00
3.2.1.4	DN300mm PN16	U	6	115 000	690 000,00
3.2.1.5	DN200mm PN16	U	10	115 000	1 150 000,00
3.2.1.6	DN150mm PN16	U	4	99 629	398 516,00
3.2.3	Fourniture à pied d'œuvre de coudes à emboitement verrouillé 1/4 (90°) - 1/8 (45°) - 1/16 (22°30') - 1/32 (11°15') en fonte ductile				-
3.2.3.1	DN800 mm PN16	U	15	863 000	12 945 000,00
3.2.3.2	DN500 mm PN16	U	4	658 661	2 634 644,00
3.2.3.3	DN300mm PN16	U	6	238 039	1 428 234,00
3.2.3.4	DN200mm PN16	U	9	196 701	1 770 309,00
3.2.3.5	DN150mm PN16	U	8	99 926	799 408,00
3.2.4	Fourniture à pied d'œuvre de plaque pleine en fonte ductile				-
3.2.4.1	DN 800mm, PN16	U	2	352 000	704 000,00
3.2.4.2	DN 500mm, PN16	U	2	273 637	547 274,00
3.2.4.3	DN 300mm, PN16	U	3	90 519	271 557,00
3.2.4.4	DN 200mm, PN16	U	6	66 070	396 420,00
3.2.4.5	DN 150mm, PN16	U	6	66 070	396 420,00
3.3 PROVISION POUR PIECES (à fournir après validation travaux à 80%)					
3.3.1	Fourniture à pied d'œuvre de joint de démontage auto buté pour tuyau fonte ductile				-
3.3.1.1	DN800 mm, PN16	U	6	450 000	2 700 000,00
3.3.1.2	DN500 mm, PN16	U	2	352 000	704 000,00
3.3.1.3	DN400 mm, PN16	U	2	198 050	396 100,00
3.3.1.4	DN300 mm, PN16	U	4	198 050	792 200,00
3.3.1.5	DN200 mm, PN16	U	12	180 000	2 160 000,00
3.3.1.6	DN150 mm, PN16	U	4	180 000	720 000,00

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

3.3.2	Fourniture à pied d'œuvre de tés BBTB en fonte ductile PN16 de diamètre				-
3.3.2.1	DN800/X, X variant de 900 à 60mm	U	11	1 000 000	11 000 000,00
3.3.2.2	DN500/X, X variant de 500 à 60mm	U	2	715 000	1 430 000,00
3.3.2.3	DN400/X, X variant de 400 à 60mm	U	2	315 000	630 000,00
3.3.2.4	DN300/X, X variant de 300 à 60mm	U	4	315 000	1 260 000,00
3.3.2.5	DN200/X, X variant de 200 à 60mm	U	2	250 000	500 000,00
3.3.2.6	DN150/X, X variant de 150 à 60mm	U	2	250 000	500 000,00
3.3.3	Fourniture à pied d'œuvre de cône de réduction BB en fonte ductile PN16 de diamètre				-
3.3.3.1	DN800/X, X variant de 900 à 200mm	U	2	1 000 000	2 000 000,00
3.3.3.2	DN500/X, X variant de 500 à 150mm	U	2	785 000	1 570 000,00
3.3.3.3	DN400/X, X variant de 400 à 100mm	U	2	542 122	1 084 244,00
3.3.3.4	DN300/X, X variant de 300 à 80mm	U	2	422 000	844 000,00
3.3.3.5	DN200/X, X variant de 200 à 60mm	U	4	285 000	1 140 000,00
3.3.3.6	DN150/X, X variant de 150 à 60mm	U	4	285 000	1 140 000,00
3.3.4	Fourniture à pied d'œuvre de robinets de vannes en fonte ductile PN16				-
3.3.4.1	à opercule DN150mm	U	10	250 000	2 500 000,00
3.3.4.2	à opercule DN200mm	U	9	250 000	2 250 000,00
3.3.4.3	papillon DN300 mm	U	4	725 000	2 900 000,00
3.3.4.4	papillon DN400 mm	U	2	950 000	1 900 000,00
3.3.4.5	papillon DN500 mm	U	2	1 750 000	3 500 000,00
3.3.4.6	papillon DN800 mm	U	2	6 500 000	13 000 000,00
-					
	TOTAL DE FOURNITURE DU NOUVEAU RESEAU				14 330 408 797
4	TRAVAUX DE POSE DE LA NOUVELLE CONDUITE & ACCESSOIRES				
-					
4.1	TERRASSEMENT EN TRANCHEE				
4.1.1	Terrassement en tranchée en terrain normal	m3	197 105	1 747	344 342 435,00
4.1.2	Terrassement en tranchée en terrain rocheux	m3	200	2 677	535 400,00
4.1.3	Plus-value pour terrassement en terrain normal de profondeur supérieure à 3m.	m3	6 550	1 500	9 825 000,00
4.1.4	Fourniture et mise en place de matériau d'apport pour lit de pose et enrobage	m 3	9 537	5 500	52 453 500,00

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

4.1.5	Remblaiement de tranchée	m 3	179 835	2 500	449 587 500,00
4.1.6	Evacuation des déblais excédentaires	m 3	36 895	350	12 913 250,00
4,1,7	Fourniture et mise en place de perré maçonné pour protection	m ³	3 600	12 000	43 200 000,00
4.2	BLINDAGE				-
4.2.1	<i>Soutènement des fouilles par mise en œuvre de blindage en tranchée pour pose de canalisation</i>	ml		1 350	-
4.3	POSE DES RESEAUX				-
4.3.1	Pose de tuyau fonte ductile à emboitement non verrouillé.				-
4.3.1.1	DN800mm	ml	52 450	10 750	563 837 500,00
4.3.1.2	DN500mm	ml	13 761	5 347	73 584 195,30
4.3.1.3	DN300mm	ml	150	3 217	482 580,00
4.3.1.4	DN200mm	ml	-	2 250	-
4.3.2	Pose de fourreau en acier de dimension adaptée à la conduite				-
4.3.2.1	DN800mm	ml	90	60 000	5 400 000,00
4.3.2.2	DN500mm	ml	60	22 500	1 350 000,00
4.3.2.3	DN300mm	ml	60	13 776	826 563,00
4.3.2.4	DN200mm		195	13 776	2 686 329,75
4.3.3	Plus-value pour pose de tuyau fonte ductile à emboitement verrouillé.				-
4.3.3.1	DN800mm	ml	945	3 750	3 543 750,00
4.3.3.2	DN500mm	ml	60	3 306	198 330,00
4.3.3.3	DN300mm	ml	60	1 806	108 330,00
4.3.3.4	DN200mm	ml	195	906	176 572,50
4.3.4	Plus-value pour pose de tuyau à emboitement en fonte ductile recouvert de polyuréthane.				-
4.3.4.1	DN800mm	ml	5 206	1 750	9 110 500,00
4.3.4.2	DN500mm	ml	60	1 300	78 000,00
4.3.4.3	DN300mm	ml	60	900	54 000,00
4.3.4.4	DN200mm	ml	195	900	175 500,00
4.3.5	Plus-value pour passage de tuyau à emboitement en fonte ductile au niveau des fourreaux de réservation				-
4.3.5.1	DN800mm	ml	160	250 000	40 000 000,00
4.4	POSE DE RACCORDS EN FONTE DUCTILE				-
4.4.1	Pose d'adaptateurs à bride PN16 pour tuyau fonte				-

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

4.4.1.1	DN800mm PN16	U	13	36 500	474 500,00
4.4.1.2	DN500mm PN16	U	4	28 000	112 000,00
4.4.1.3	DN400mm PN16	U	4	28 000	112 000,00
4.4.1.4	DN300mm PN16	U	6	28 000	168 000,00
4.4.1.5	DN200mm PN16	U	10	28 000	280 000,00
4.4.1.6	DN150mm PN16	U	4	28 000	112 000,00
4.4.3	Pose de coudes à emboîtement verrouillé 1/4 (90°) - 1/8 (45°) - 1/16 (22°30) - 1/32 (11°15) en fonte ductile				-
4.4.3.1	DN800 mm PN16	U	15	42 000	630 000,00
4.4.3.2	DN500 mm PN16	U	4	28 000	112 000,00
4.4.3.3	DN300mm PN16	U	6	28 000	168 000,00
4.4.3.4	DN200mm PN16	U	9	28 000	252 000,00
4.4.3.5	DN150mm PN16	U	8	28 000	224 000,00
4.4.4	Pose de plaque pleine en fonte ductile				-
4.4.4.1	DN 900mm, PN16	U	2	56 000	112 000,00
4.4.4.2	DN 500mm, PN16	U	2	48 000	96 000,00
4.4.4.3	DN 300mm, PN16	U	3	17 300	51 900,00
4.4.4.4	DN 200mm, PN16	U	6	17 300	103 800,00
4.4.4.5	DN 150mm, PN16	U	6	17 300	103 800,00
					-
4.5.	PRIX POUR POSE DE PIÈCES APPROVISIONNÉES				-
4.5.1	Fourniture à pied d'œuvre de joint de démontage auto buté pour tuyau fonte ductile				-
4.5.1.1	DN800 mm, PN16	U	6	45 032	270 192,00
4.5.1.2	DN500 mm, PN16	U	2	45 032	90 064,00
4.5.1.3	DN400 mm, PN16	U	2	28 000	56 000,00
4.5.1.4	DN300 mm, PN16	U	4	28 000	112 000,00
4.5.1.5	DN200 mm, PN16	U	12	28 000	336 000,00
4.5.1.6	DN150 mm, PN16	U	4	28 000	112 000,00
4.5.2	Fourniture à pied d'œuvre de tés BBTB en fonte ductile PN16 de diamètre				-
4.5.2.1	DN800/X, X variant de 900 à 60mm	U	11	45 032	495 352,00
4.5.2.2	DN500/X, X variant de 500 à 60mm	U	2	45 032	90 064,00
4.5.2.3	DN400/X, X variant de 400 à 60mm	U	2	28 000	56 000,00
4.5.2.4	DN300/X, X variant de 300 à 60mm	U	4	28 000	112 000,00
4.5.2.5	DN200/X, X variant de 200 à 60mm	U	2	28 000	56 000,00
4.5.2.6	DN150/X, X variant de 150 à 60mm	U	2	28 000	56 000,00
4.5.3	Fourniture à pied d'œuvre de cône de réduction BB en fonte ductile PN16 de diamètre				-
4.5.3.1	DN800/X, X variant de 900 à 200mm	U	2	45 032	90 064,00

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

4.5.3.2	DN500/X, X variant de 500 à 150mm	U	2	45 032	90 064,00
4.5.3.3	DN400/X, X variant de 400 à 100mm	U	2	28 000	56 000,00
4.5.3.4	DN300/X, X variant de 300 à 80mm	U	2	28 000	56 000,00
4.5.3.5	DN200/X, X variant de 200 à 60mm	U	4	28 000	112 000,00
4.5.3.6	DN150/X, X variant de 150 à 60mm	U	4	28 000	112 000,00
4.5.4	Fourniture à pied d'œuvre de robinets de vannes en fonte ductile PN16				-
4.5.4.1	à opercule DN150mm	U	10	50 000	500 000,00
4.5.4.2	à opercule DN200mm	U	9	50 000	450 000,00
4.5.4.3	papillon DN300 mm	U	4	145 000	580 000,00
4.5.4.4	papillon DN400 mm	U	2	190 000	380 000,00
4.5.4.5	papillon DN500 mm	U	2	350 000	700 000,00
4.5.4.6	papillon DN800 mm	U	2	1 300 000	2 600 000,00
	TOTAL DE TRAVAUX DE POSE DE LA NOUVELLE CONDUITE				712 291 951
5	TRAVAUX DE RÉALISATION DES ÉLÉMENTS CONNEXES AU RÉSEAU				
5.1	GENIE CIVIL DES OUVRAGES DE VISITE				
5.1.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour ventouse				-
5.1.1.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour ventouse triple fonction sur DN800	U	19	3 800 000	72 200 000,00
5.1.1.2	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour ventouse double fonction sur DN500	U	4	2 640 000	10 560 000,00
5.1.1.3	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour ventouse simple fonction sur DN300	U	2	2 500 000	5 000 000,00
5.1.2	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges				-
5.1.2.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges Type 1 en béton armé sur DN800	U	19	4 200 000	79 800 000,00
5.1.2.2	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges Type 1 en béton armé sur DN500	U	4	3 100 000	12 400 000,00
5.1.2.3	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges Type 1 en béton armé sur DN300	U	2	2 875 000	5 750 000,00

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

5.1.3	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges type 2				
5.1.3.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges Type 2 sur DN800	U	6		
5.1.3.2	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges Type 2 sur N500	U	2		
5.1.3.3	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour vidanges Type 2 sur DN300	U	1		
5.1.4	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage ou attente				-
5.1.4.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage DN800/200	U	1	6 000 000	6 000 000,00
5.1.4.2	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage DN800/300	U	1	6 000 000	6 000 000,00
5.1.4.3	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage 800/500	U	3	6 000 000	18 000 000,00
5.1.4.4	Réalisation du génie civil d'ouvrage pour connexion des conduites DN800	U	1	8 500 000	8 500 000,00
5.1.5	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour sectionnement				-
5.1.5.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour sectionnement avec by pass sur la conduite DN 800	U	14	3 800 000	53 200 000,00
5.1.6	Butée en Béton				-
5.1.6.1	Confection de béton à 300kg/m ³ pour butées	m ³	400	150 000	60 000 000,00
					-
5.2	EQUIPEMENTS DES REGARDS				-
5.2.1	Equipement pour ventouse				-
5.2.1.1	Equipement complet d'ouvrages de visite pour ventouse triple fonction sur DN 800, PN16	U	19	3 200 000	60 800 000,00
5.2.1.2	Equipement complet d'ouvrages de visite pour ventouse double fonction sur DN 500, PN16	U	4	1 852 000	7 408 000,00
5.2.1.3	Equipement complet d'ouvrages de visite pour ventouse simple fonction sur DN 300, PN16	U	2	1 260 000	2 520 000,00
5.2.2	Equipement pour vidange				-

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

5.2.2.1.a	Equipement complet des regards de vidange de type1, regard en béton armé sur DN800	U	19	4 500 000	85 500 000,00
5.2.2.1.b	Equipement complet de vidange de type2 sur DN800	U	6	4 500 000	27 000 000,00
5.2.2.2.a	Equipement complet des regards de vidange de type1, regard en béton armé sur DN500	U	4	1 875 232	7 500 928,00
5.2.2.2.b	Equipement complet de vidange de type2 sur DN500	U	2	1 875 232	3 750 464,00
5.2.2.3.a	Equipement complet des regards de vidange de type1, regard en béton armé sur DN300	U	2	1 300 000	2 600 000,00
5.2.2.3.b	Equipement complet de vidange de type2 sur DN300	U	1	1 300 000	1 300 000,00
5.2.3	Equipement pour piquage et départ en attente				-
5.2.3.1	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage DN800/200	U	1	6 500 000	6 500 000,00
5.2.3.2	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage DN800/300	U	1	23 256 871	23 256 871,00
5.2.3.3	Réalisation du génie civil d'ouvrage de visite pour piquage 800/500	U	3	3 500 000	10 500 000,00
	Réalisation du génie civil d'ouvrage pour connections des conduites DN800	U	1	3 500 000	3 500 000,00
5.2.4	Equipement pour sectionnement				-
5.2.4.1	Equipement complet d'ouvrage de visite pour sectionnement avec by-pass sur la conduite DN 800	U	14	15 500 000	217 000 000,00
5,2	Supervision par le fermier du raccordement sur réseau existant	FF	1		-
	TOTAL DE TRAVAUX DE RÉALISATION DES ÉLÉMENTS CONNEXES AU RÉSEAU				796 546 263
6	TRAVAUX DE VRD				
6.1	TRAVERSEE DE VOIRIES ET RESEAUX DIVERS				
6.1.1	Traversée de route bitumée par fonçage	ml	90		
6.1.2	Traversée d'amorce chaussé bitumée	ml	45		
6.1.3	Traversée de rail par fonçage	ml	120		
6.1.4	Traversée de piste	ml	60		
6,2	REFECTION VOIRIE				
6.2.1	Réfection de voirie bitumée	ml	60	175 000	10 500 000,00
6.2.2	Réfection de pistes latéritiques	ml	10	92 000	920 000,00
6.2.3	Remise en état de trottoir y/c dallage	m ²	250		

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

6,3	PLATEFORME LATÉRIQUE POUR PISTE				
6.3.1	Décapage de terre végétale sur 15 cm	m ²	329 000	82	26 978 000,00
6.3.2	Fourniture et mise en œuvre de remblai en latérite sélectionné pour piste	ml	22 000	15 000	330 000 000,00
	TOTAL DES TRAVAUX DE VRD				11 420 000
7	ESSAI DE PRESSION				-
7.1	Essai de pression	ml	22 000	1 200	26 400 000,00
7.2	Lavage et désinfection de réseau	ml	22 000	1 200	26 400 000,00
7.3	Essai général sur réseau	FF	1	6 000 000	6 000 000,00
7,4	Participation aux essais de mise en service de la nouvelle station de pompage	FF	1	1 250 000	1 250 000,00
	TOTAL ESSAIS DE RECEPTION				60 050 000
TOTAL GENERAL HT/HD					

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

ANNEXE 3 : Profil en long sur Covadis

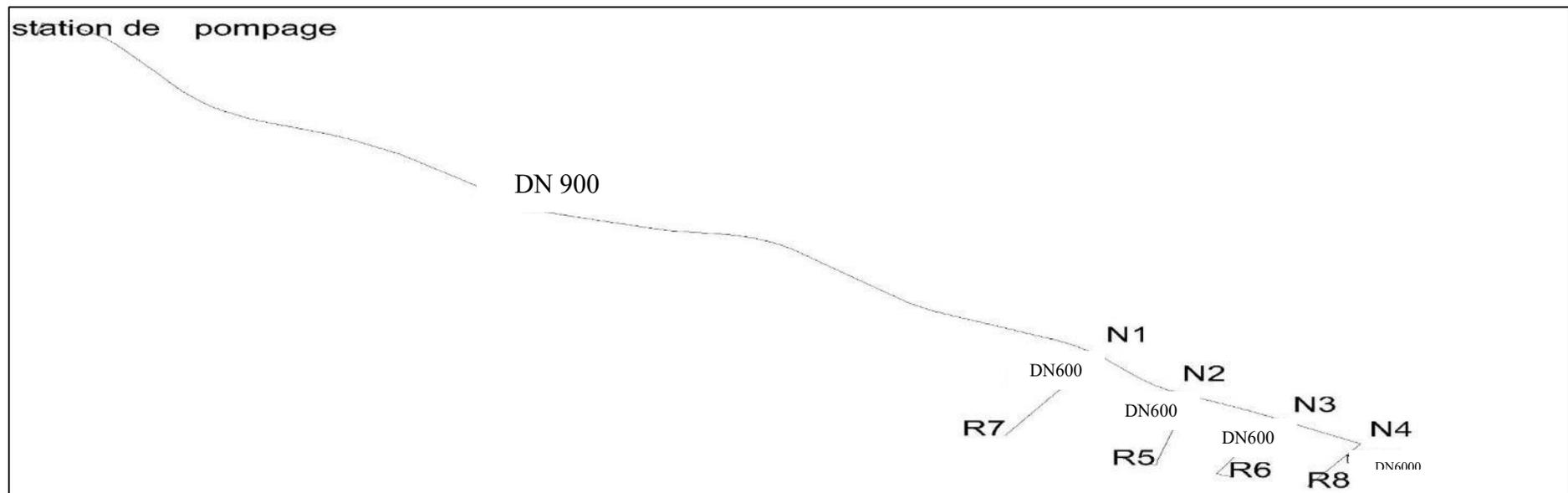


Figure 14: Tracé sur Covadis du profil en long

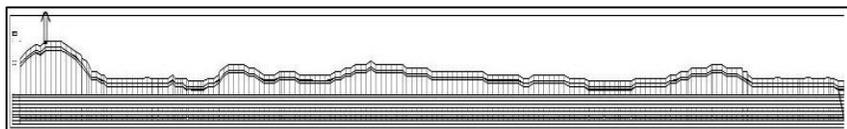


Figure 15: station de pompage de Fatick à N1

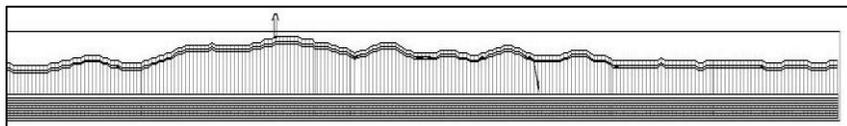


Figure 17: station de pompage de Fatick à N1. 3

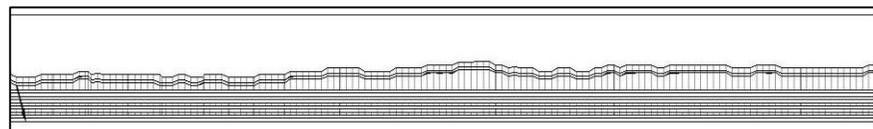


Figure 16: Station de pompage de Fatick à N1. 2

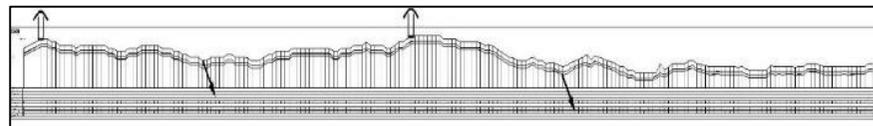


Figure 18: N1 à R7

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

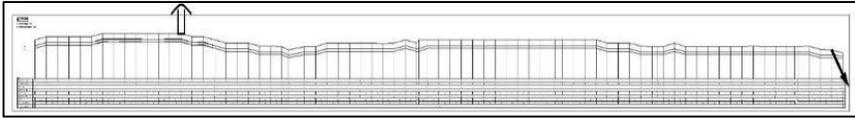


Figure 19: N1 à N2

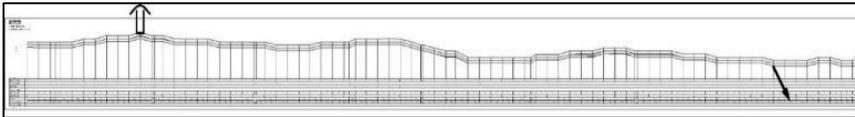


Figure 21: N2 à N3

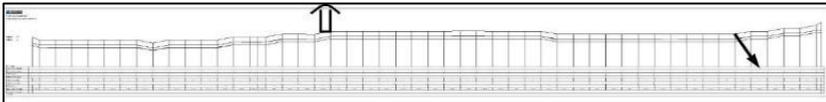


Figure 23: N3 à N4

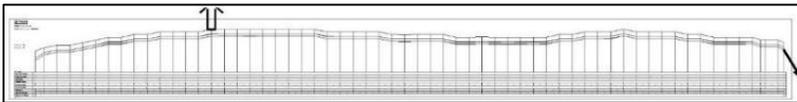


Figure 24: N4 à R8

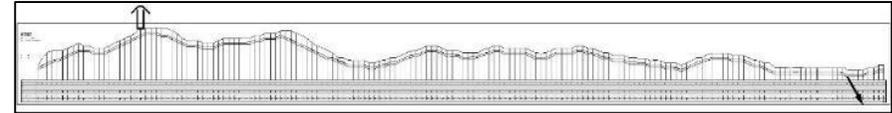


Figure 20: N2 à R5

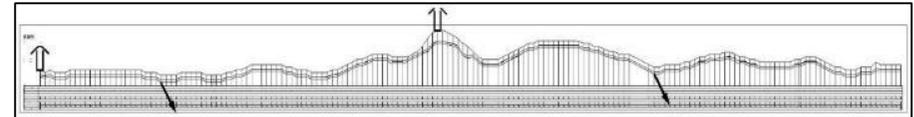


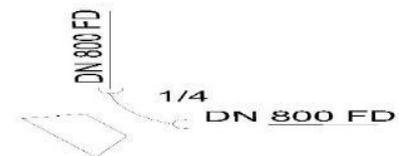
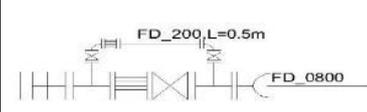
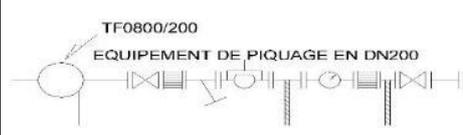
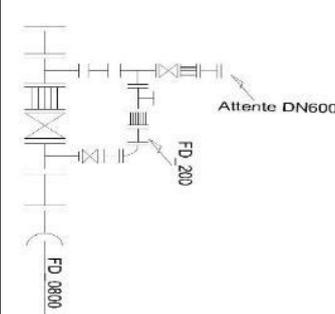
Figure 22: N3 à R6



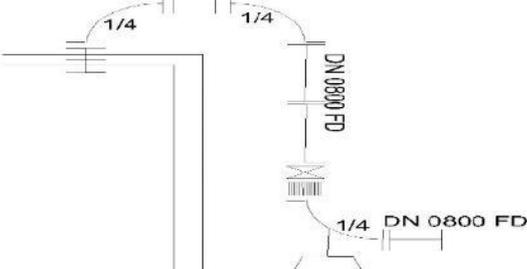
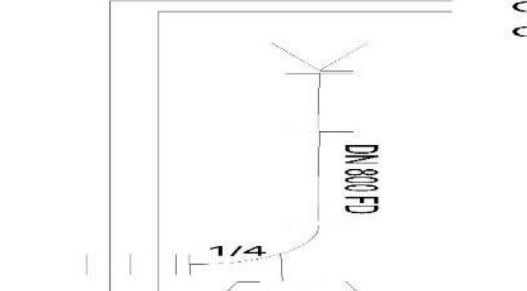
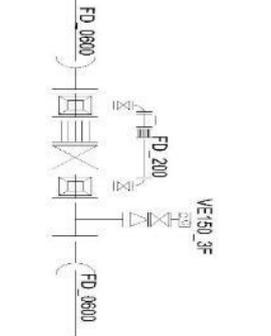
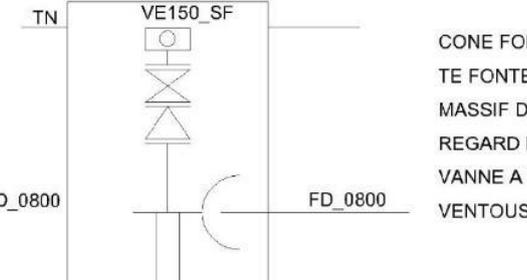
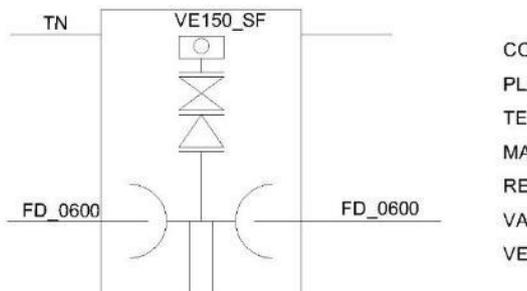
Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

ANNEXE 4 : Carnet des nœuds

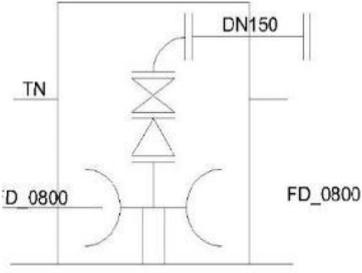
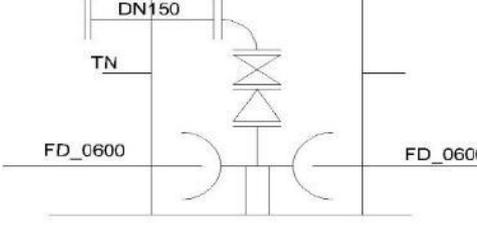
Tableau 28: Carnet des nœuds

Nœud	Nom	Schéma et description	
A		<p>Plaque Pleine Fo</p>  <p>DN 800 FD</p>	
B	COUDE FONTE ¼ DN 800	 <p>DN 800 FD</p> <p>1/4</p> <p>DN 800 FD</p> <p>COUDE FONTE EE BUTEE EN BETON</p>	
C	SECTIONNEMENT FONTE DN 800	 <p>FD_200 L=0.5m</p> <p>FD_0800</p>	<p>BRIDE EMBOITEMENT 0800</p> <p>COUDE FONTE BB 1/4 DN 0200</p> <p>JOINT DE DEMONTAGE DN0200</p> <p>JOINT DE DEMONTAGE DN0800</p> <p>MANCHETTE FONTE BB DN 800 Long =</p> <p>manchette d'ANCRAGE DN0800</p> <p>PLAQUE PLEINE Fonte DN 800</p> <p>TE FONTE BBTB 800/200</p> <p>VANNE A OPERCULE DN 200</p> <p>VANNE PAPILLON DN 800</p>
D	EQUIPEMENT PIQUAGE DN 800/200	 <p>TF0800/200</p> <p>EQUIPEMENT DE PIQUAGE EN DN200</p>	<p>BOÎTE A BOUE DN 0100</p> <p>CONE FONTE BB 200/100</p> <p>JOINT DE DEMONTAGE DN0100</p> <p>MANCHETTE FONTE BB DN 100 Long = 0.5</p> <p>MANCHETTE FONTE BB DN 100 Long = 1</p> <p>TE FONTE EETB 700/200</p> <p>COMPTEUR DN 0100</p> <p>REGARD BA 450 x 150 + tampon</p> <p>Régulateur de pressions aval DN0100</p> <p>VANNE A OPERCULE DN 100</p>
E	EQUIPEMENT MAILLAGE 800/600	 <p>Attente DN600</p> <p>FD 200</p> <p>FD 0800</p>	<p>COUDE FONTE BB 1/4 DN 0200</p> <p>JOINT DE DEMONTAGE DN0200</p> <p>JOINT DE DEMONTAGE DN0600</p> <p>JOINT DE DEMONTAGE DN0800</p> <p>MANCHETTE FONTE BB DN 200 Long = 1</p> <p>manchette d'ANCRAGE DN0600</p> <p>manchette d'ANCRAGE DN0800</p> <p>PLAQUE PLEINE Fonte DN 200</p> <p>PLAQUE PLEINE Fonte DN 200</p> <p>PLAQUE PLEINE Fonte DN 600</p> <p>PLAQUE PLEINE Fonte DN 800</p> <p>TE FONTE BBTB 600/200</p> <p>TE FONTE BBTB 800/200</p> <p>TE FONTE BBTB 800/600</p> <p>CHAMBRE DE REGARD</p> <p>VANNE A OPERCULE DN 200</p> <p>VANNE PAPILLON DN 600</p> <p>VANNE PAPILLON DN 800</p>
F	EQUIPEMENT RACCORDEMENTS	 <p>FD_0800</p> <p>FD_0800</p> <p>Joint Isolant</p>	

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

G	REPLISSAGE BACHE	 <p>BRIDE ANCRAGE FONTE COUDE A PATIN DN 0800 COUDE FONTE BB 1/4 DN 0800 JOINT DE DEMONTAGE DN 0800 MANCHETTE FONTE BB DN 200 Long = 2.5 m VANNE PAPILLON DN 150</p>
H	TROP PLEIN	 <p>CONE FONTE BB 200/150 COUDE A PATIN DN 0800</p>
I	SECTIONNEMENT FONTE DN 600 AVEC COUDE FONTE BB 1/4	 <p>BRIDE EMBOITEMENT 0600 CONE FONTE BB 200/150 COUDE FONTE BB 1/4 DN 0200 JOINT DE DEMONTAGE DN0200 JOINT DE DEMONTAGE DN0800 MANCHETTE FONTE BB DN 200 Long = 2.5 m manchette d'ANCRAGE DN0600 PLAQUE PLEINE Fonte DN 200 TE FONTE BBTB 200/200 TE FONTE BBTB 700/200 CHAMBRE DE REGARD VANNE A OPERCULE DN 150 VANNE A OPERCULE DN 200 VANNE PAPILLON DN 600 VENTOUSE 3 Fonctions DN150</p>
J	VENTOUSES TRIPLE FONCTION FD DN 800	 <p>CONE FONTE BB 200/150 TE FONTE EETB 800/200 MASSIF DE SUPPORT EN BETON DN 0800 REGARD EN BA VANNE A OPERCULE DN 150 VENTOUSE 3 Fonctions DN150</p>
K	VENTOUSES TRIPLE FONCTION FD DN 600	 <p>CONE FONTE BB 200/150 PLAQUE PLEINE Fonte DN 150 TE FONTE EETB 600/200 MASSIF DE SUPPORT EN BETON DN 0600 REGARD EN BA VANNE A OPERCULE DN 150 VENTOUSE 3 Fonctions DN150</p>

Etude d'un projet de transfert d'eau douce pour la ville de Kaolack

L	<p align="center">VIDANGE TRIPLE FONCTION FD DN 800</p>		<p>CONE FONTE BB 200/150 COUDE FONTE BB 1/4 DN 0150 MANCHETTE FONTE BB DN 150 Lc TE FONTE EETB 800/200 MASSIF DE SUPPORT EN BETON D REGARD EN BA VANNE A OPERCULE DN 150</p>
M	<p align="center">VIDANGE TRIPLE FONCTION FD DN 600</p>		<p>CONE FONTE BB 200/150 COUDE FONTE BB 1/4 DN 0150 MANCHETTE FONTE BB DN 150 Lc TE FONTE EETB 600/200 MASSIF DE SUPPORT EN BETON D REGARD EN BA VANNE A OPERCULE DN 150</p>