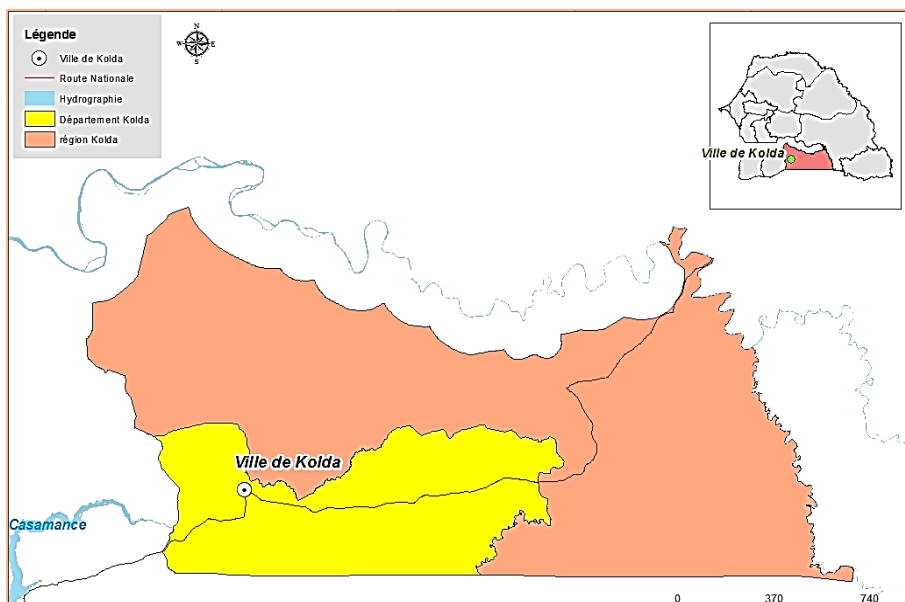




ETUDES DES PLANS DIRECTEURS D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES ET DES EAUX PLUVIALES DES VILLES DE KOLDA ET VELINGARA (HORIZON 2030)



AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) DE LA VILLE DE KOLDA

VOLUME N°1 : RAPPORT PRINCIPAL

VERSION PROVISOIRE

Réf. du doc.							
16/13/06/165S/KV	Etude	Provisoire v0.0	Sénégal	EDE	Assurance qualité	Aly TOUNKARA	Juillet 2017
Code projet	Type	Statut	Lieu	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Date

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX	4
LISTE DES CARTES	5
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES PHOTOS	5
GLOSSAIRE DES ACRONYMES	6
RESUME	9
1 INTRODUCTION	20
1.1. Contexte de l'étude	20
1.2. Objectifs et phasage de l'étude	21
1.3. Contenu et organisation du rapport	21
1.4. Méthodologie	22
2. RAPPEL DE L'ETAT DES LIEUX ET DES DONNEES DE BASE	23
2.1 Présentation de la zone d'étude	23
2.2 Milieu naturel	24
2.2.1 Géologie et géomorphologie	24
2.2.2 Hydrogéologie	27
2.2.3 Hydrologie	28
2.2.4 Climat et végétation	29
2.2.5 Courbe IDF et pluie projet	30
2.3 Milieu urbain	31
2.3.1 Urbanisation et occupation du sol	31
2.3.2 Accès et usage de l'eau	31
2.3.3 Réseau routier	32
2.4 Milieu humain	33
2.4.1 Evolution et répartition spatiale de la population	33
2.4.2 Structure socio-économique	34
2.4.3 Secteurs d'activités économiques liés à l'assainissement	35
2.5 Description des problèmes d'assainissement	38
2.5.1 Problématique liée à la gestion des eaux usées	38
2.5.2 Problématique liée à la gestion des eaux industrielles et toxiques	38
2.5.3 Problématique liée à la gestion des eaux pluviales	39
2.5.4 Problématique liée à la gestion des déchets solides	41
3. PROPOSITIONS DE VARIANTES	42
3.1 Zonage de l'assainissement	42
3.2 Systèmes d'assainissement envisageables	44
3.3 Technologies retenues	46
3.3.1 Assainissement des eaux usées	46
3.3.2 Assainissement des eaux pluviales	46
3.4 Définition des variantes	46
3.4.1 Assainissement des eaux usées	46
3.4.2 Assainissement des eaux pluviales	49
3.5 Critères de conception et de dimensionnement des ouvrages	50
3.5.1 Assainissement des eaux usées	50
3.5.2 Assainissement des eaux pluviales	58

3.6	Dimensionnement des ouvrages	62
3.6.1	Dimensionnement du réseau	62
3.6.2	Dimensionnement des stations de pompage	66
3.6.3	Dimensionnement du bassin de rétention de Gadapara de description Bassin	79
3.6.4	Dimensionnement de la station d'épuration	80
4	EVALUATION DES COUTS	97
4.1	Coûts d'investissement	97
4.1.1	Consistance des travaux physiques	97
4.1.2	Etude de prix	99
4.1.3	Récapitulatif des coûts d'investissement	103
4.2	Charges d'exploitation	103
4.2.1	Eaux usées	103
4.2.2	Eaux pluviales	104
5	COMPARAISON DES VARIANTES	105
5.1	Eaux usées	105
5.1.1	Sur le plan technique	105
5.1.2	Sur le plan économique et financier	106
5.1.3	Sur le plan environnemental et social	106
5.1.4	Sur le plan de l'entretien et de la maintenance	107
5.2	Eaux pluviales	107
6	CHOIX D'UNE VARIANTE ET PHASAGE	108
6.1	Présentation de la variante retenue pour le PDA	108
6.1.1	Eaux usées	108
6.1.2	Eaux pluviales	108
6.2	Plan d'investissement à l'horizon 2030	108
6.2.1	Eaux usées	108
6.2.2	Eaux pluviales	109
7	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	111
7.1	Introduction	111
7.2	Les supports IEC	111
7.3	Les supports pour la communication de masse	112
7.4	Les supports pour l'éducation de proximité	112
7.5	Les supports pour le plaidoyer	113
7.6	Les supports pour les événements	113
7.7	Le renforcement des capacités	113
7.8	Le service d'appui / conseil	114
8	CONCLUSION GENERALE	115
	BIBLIOGRAPHIE	117

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Phasage de l'étude	21
Tableau 2 : Consommation en eau potable par catégorie d'abonnés à la SDE en 2015.....	31
Tableau 3 : Evolution de la consommation spécifique jusqu'à l'horizon du projet	32
Tableau 4 : Projections de la population de Kolda à l'horizon 2030	33
Tableau 5 : Répartition de la population de Kolda par quartier.....	34
Tableau 6 : Améliorations souhaitées du système d'assainissement	35
Tableau 7 : Intérêt pour les TCM et les VIP.....	35
Tableau 8 : Données de base et paramètres de dimensionnement du réseau EU.....	51
Tableau 9 : Critères de conception réseau d'assainissement.....	53
Tableau 10 : Z max. admissible en fonction de la puissance nominale du moteur	55
Tableau 11 : Normes sénégalaises du rejet des eaux usées	58
Tableau 12 : Données de base et paramètres de dimensionnement du réseau EP	58
Tableau 13 : Estimation du débit moyen journalier dans la zone d'étude.....	62
Tableau 14 : Caractéristiques des bassins de collecte	63
Tableau 15 : Débit pris en charge par le réseau en 2030.....	63
Tableau 16 : Linéaire du réseau projeté	64
Tableau 17 : Caractéristiques des bassins versants de la zone de projet.....	65
Tableau 18 : Localisation et caractéristiques des stations de pompage - variante 1	67
Tableau 19 : Localisation et caractéristiques des stations de pompage - variante 2	68
Tableau 20 : Localisation et caractéristiques des stations de pompage - variante 3	68
Tableau 21 : Données de base du dimensionnement des stations de pompage – Variante 1	69
Tableau 22 : Données de base du dimensionnement des stations de pompage – Variante 2	69
Tableau 23 : Données de base du dimensionnement des stations de pompage – Variante 3	69
Tableau 24 : Section des grilles – Variante 1	70
Tableau 25 : Section des grilles – Variante 2	71
Tableau 26: Section des grilles – Variante 3	71
Tableau 27 : Caractéristiques des dégrilleurs.....	71
Tableau 28 : Dimensions des chenaux dégrilleurs	72
Tableau 29 : Dimensions des dessableurs piston	72
Tableau 30: Dimensions des dessableurs aéré.....	73
Tableau 31 : Résultats dimensionnement stations de pompage - Variante 1	73
Tableau 32 : Résultats dimensionnement stations de pompage - Variante 2.....	74
Tableau 33: Résultats dimensionnement stations de pompage - Variante 3.....	74
Tableau 34 : Dimensionnement des conduites de refoulement – Variante 1.....	75
Tableau 35 : Dimensionnement des conduites de refoulement – Variante 2.....	75
Tableau 36: Dimensionnement des conduites de refoulement – Variante 3.....	76
Tableau 37 : Calcul de la HMT – Variante 1	76
Tableau 38 : Calcul de la HMT – Variante 2.....	77
Tableau 39: Calcul de la HMT – Variante 3.....	77
Tableau 40 : Caractéristiques des pompes choisies – Variante 1	77
Tableau 41 : Caractéristiques des pompes choisies – Variante 2 U.....	77
Tableau 42: Caractéristiques des pompes choisies – Variante 3	78
Tableau 43 : Volumes des ballons anti-béliers – Variante 1	78
Tableau 44 : Volumes des ballons anti-béliers – Variante 2.....	78
Tableau 45: Volumes des ballons anti-béliers – Variante 3.....	78
Tableau 46 : Caractéristiques des bassins de collecte	82
Tableau 47: Charges polluantes de pré-dimensionnement de la STEP	83
Tableau 48 : Estimation de la production de boues de vidange en 2017	85
Tableau 49 : Estimation de la production de boues de vidange et d'épuration à l'horizon 2030.....	85
Tableau 50 : Débit et concentration en polluants des boues brutes	86
Tableau 51 : Caractéristiques du bassin de décantation	88
Tableau 52 : Débit et charges du percolât issu des lits de séchage plantés	88
Tableau 53 : Calcul de prédimensionnement des lits de séchage plantés	89
Tableau 54 : Caractéristiques du dégrilleur	89
Tableau 55 : Caractéristiques du dessableur	90
Tableau 56 : Charges des effluents traités	93
Tableau 57 : Caractéristiques des bassins de lagunage	94
Tableau 58 : Linéaire de réseau par variante	98

Tableau 59 : Linéaires du réseau de drainage	99
Tableau 60 : Prix unitaires terrassement	100
Tableau 61 : Prix unitaires pose conduites	100
Tableau 62 : Prix unitaires ouvrages en béton	100
Tableau 63 : Prix unitaires caniveaux de drainage en béton armé	100
Tableau 64 : Prix unitaires pour regards de visite.....	101
Tableau 65 : Prix unitaires terrassement ouvrages de génie civil.....	101
Tableau 66 : Prix unitaires liés aux postes de suivi et d'accompagnement	102
Tableau 67 : Coûts d'investissement par variante EU	103
Tableau 68 : Coûts d'investissement par variante EU	103
Tableau 69 : Charges d'exploitation	104
Tableau 70 : Charges d'exploitation du réseau EP.....	104
Tableau 71 : Diamètre et linéaire collecteurs principaux	105
Tableau 72: Tableau comparatif des caractéristiques principales des variantes	106
Tableau 73 : Consommations annuelles en énergie des stations de pompage des variantes	106
Tableau 74 : Phasage des travaux EU prioritaires	109
Tableau 75 : Phasage des travaux EP prioritaires.....	110

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Délimitation de la zone d'étude.....	23
Carte 2 : Modèle numérique de terrain (MNT)	24
Carte 3 : Relief de la ville de Kolda.....	25
Carte 4 : Carte des sols présents dans la zone d'étude	26
Carte 5 : Zones d'inondation observées dans la zone d'étude	26
Carte 6 : Carte piézométrique de la ville de Kolda.....	27
Carte 7 : Réseau hydrographique de la ville de Kolda.....	28
Carte 8 : Carte du couvert végétal.....	29
Carte 9 : Infrastructures existantes dans la commune de Kolda.....	33
Carte 10 : Part des ménages n'ayant pas connu d'inondations au cours des 12 derniers mois	39
Carte 11 : Réseau d'eaux pluviales existant dans la ville de Kolda	40
Carte 12 : Zonage de l'assainissement des eaux usées	43
Carte 13 : Variante 1 du réseau des eaux usées projeté.....	47
Carte 14 : Variante 2 du réseau des eaux usées projeté.....	48
Carte 15 : Variante 3 du réseau des eaux usées projeté.....	49
Carte 16 : Réseau des eaux pluviales projeté	50
Carte 17 : Implantation des stations de pompage et de la station d'épuration.....	67

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbes Intensités – Durées – Fréquence	30
Figure 2 : Algorithme de choix technologique.....	42
Figure 3 : Flow Diagram de la variante 1	67
Figure 4 : Flow Diagram de la variante 2.....	68
Figure 5 : Flow Diagram de la variante 3.....	68
Figure 6 : Schéma de fonctionnement des STEP par lagunage.....	84
Figure 7 : Représentation schématique d'un lit de séchage planté	87

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Latrine traditionnelle - WC.....	38
Photo 2 : Latrine traditionnelle - Salle d'eau (SDE)	38
Photo 4 : Caniveau de drainage d'eaux pluviales dans une zone de dépression à Sinthian Idrissa.....	41
Photo 3 : Caniveau de drainage d'eaux pluviales rempli de déchets.....	41

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

- Accès à l'assainissement : Système privé ou partagé (mais pas public) et d'une technologie garantissant que les excréta sont hygiéniquement séparés de tout contact humain. Ces technologies remplissant ce critère sont dites « améliorées ».
- Aérobic : Se dit d'un organisme qui vit ou d'un phénomène qui se déroule en l'absence d'air ou d'oxygène libre.
- Agence : Désigne une administration, un organisme bilatéral, international, non gouvernemental ou autres qui jouent le rôle de maître d'œuvre pour un projet.
- Anaérobic : Se dit d'un organisme qui vit ou d'un phénomène qui se déroule en l'absence d'air ou d'oxygène libre.
- Assainissement autonome : Technologie d'assainissement majoritairement utilisée par les ménages sénégalais. Il comprend : i) l'assainissement individuel et ii) l'assainissement des zones à forte fréquentation (gares routières, marchés, lieux de cultes, bâtiments scolaires équipés d'édicules publics et d'aires pour les ablutions ...)
- Assainissement collectif : Technologie d'assainissement présente seulement dans les villes du Sénégal, dites "villes assainies". Elle comprend : i) la production des déchets : Excréta humains et eaux usées domestiques ; ii) le transport ou l'évacuation des déchets : réseau de collecte et d'évacuation des eaux usées constitué de canalisations, de regards et éventuellement de station de relèvement ; iii) le traitement : la station d'épuration des eaux usées et l'évacuation ou rejet des eaux usées épurées.
- Assainissement individuel : Infrastructures permettant de gérer les excréta et les eaux usées ménagères à l'intérieur de la parcelle. Ils comprennent : i) les ouvrages de gestion des Excréta et ii) les ouvrages de gestion des eaux grises.
- Assainissement semi-collectif : Technologie d'assainissement récente au Sénégal. Elle associe un système et un concept de gestion : réseau d'égout de petit diamètre et le condominium ou la cogestion des eaux usées et Excréta par les propriétaires. Ces termes sont utilisés lorsque les infrastructures d'assainissement sont constituées d'ouvrages individuels ou collectifs interceptant les boues et d'un réseau de drains évacuant les effluents vers un exutoire.
- Boue : Matières solides qui se sont séparées des déchets liquides par Sédimentation (boues de vidange ou boues d'épuration).
- Eaux grises : Volumes d'eau générés par les activités de lessive, hygiène personnelle (douche), cuisine (préparation des aliments, lavage des ustensiles), et ménage (lavage des sols). Egalement nommées "eaux usées ménagères »
- Eaux usées : Eaux résiduelles, notamment d'origine domestique, qui comprennent, par exemple, les eaux grises et les eaux-vannes.

- Eaux-vannes : Eaux en provenance des WC contenant des matières fécales et des urines.
- Effluent : Liquide qui sort d'une fosse ou d'un réseau d'égouts.
- Egout : Canalisation ou conduite servant à transporter les eaux usées.
- Excréta : Matières fécales et urines.
- Fosse septique : Réservoir étanche servant à l'emmagasinage et au traitement partiel des eaux-vannes et des eaux ménagères, qui seront ensuite évacuées en vue d'un traitement plus poussé.
- Latrine : Lieu ou construction, situé normalement à l'extérieur d'une habitation ou de tout autre bâtiment, destiné à recevoir et emmagasiner des excréta et quelquefois à en assurer la décomposition.
- Latrine à chasse : Latrine dans laquelle une petite quantité d'eau est déversée afin de chasser les excréta dans une fosse au travers d'un siphon.
- Latrine à fosse : Latrine au-dessous de laquelle est creusé un puits où s'accumulent et se décomposent les excréta dont la partie liquide s'infiltré dans le sol environnant.
- Ouvrages de gestion des eaux grises : Fosses septiques suivies de puisards, de puits perdus, les fosses étanches et les puisards.
- Ouvrages de gestion des excréta : Latrines traditionnelles, latrines ventilées, latrines à chasse manuelle, fosses septiques, fosses étanches.
- Pollution : Pénétration dans l'eau, le sol ou l'air de substances liquides, solides ou gazeuses nocives.
- Puits d'infiltration : Puits foré dans le sol et qui permet la dispersion souterraine des eaux usées.
- Réseau d'égout : Ensemble de canalisations d'égouts reliées entre elles.
- Sédimentation : Processus au cours duquel des matières solides en suspension plus denses que l'eau se déposent sous la forme de boue
- Siphon hydraulique : Garde d'eau maintenue dans un tuyau en forme de U ou une cuve hémisphérique qui relie la cuvette des toilettes à un tuyau, une rigole ou une fosse et qui est destinée à éviter la remontée des gaz et des insectes depuis l'égout ou la fosse
- Superstructure : Barrière, paravent ou construction installés sur le sol d'une latrine, qui assure l'intimité et la protection de l'utilisateur.
- Toilettes : Lieu réservé à la défécation et la miction, qui peut être constitué par la superstructure d'une latrine.
- Trou de défécation : Trou aménagé dans le plancher d'une latrine et à travers lequel les excréta tombent directement dans la fosse située à son aplomb.
- Tuyau de ventilation : Tuyau destiné à faciliter l'échappement des gaz émis par une latrine ou une fosse septique.

- Vecteur : Insecte ou autre animal susceptible de transmettre une infection, soit directement, soit indirectement d'une personne à une autre ou d'un animal infecté à une personne.
- Vidange : Elimination des matières solides déposées au fond des puits, fosses, réservoirs et fosses septique.
- Vitesse d'infiltration : Donne la baisse du niveau d'eau en mètre pour une seconde d'infiltration en moyenne dans le sol.
- WC : Installation comprenant une chasse d'eau et un siège et dans laquelle les excréta sont chassés dans un drain d'évacuation.

RESUME

La présente étude d'avant-projet sommaire (APS) vise à élaborer le Plan Directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de la ville de Kolda à l'horizon 2030, conformément aux termes de référence de la mission confiée au Cabinet EDE International.

Ce rapport d'avant-projet sommaire du plan directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales a été réalisé selon les étapes suivantes :

- un rappel succinct de l'état des lieux et des résultats du diagnostic de la situation existante de l'assainissement de la ville de Kolda ;
- la détermination, la conception et le pré-dimensionnement des variantes d'assainissement optimales en eaux usées et eaux pluviales, adaptées au contexte de la ville de Kolda ;
- une évaluation sommaire des coûts d'investissement et des charges d'exploitation du projet ;
- le choix et la présentation de la meilleure solution d'assainissement pour la ville ;
- le phasage des travaux et le programme d'investissement à l'horizon du projet ;
- la présentation des mesures d'accompagnement du projet.

1. Rappel de l'état des lieux

L'état des lieux de l'assainissement des eaux usées et des excréta a permis de montrer que le taux d'accès à l'assainissement dans la ville de Kolda est d'environ 45.7%. Il n'existe dans la commune aucun réseau d'assainissement collectif et aucun ouvrage d'assainissement public (STEP, STBV...). Les ouvrages d'assainissement individuels existant à l'échelle des ménages ne sont pas souvent conformes aux normes, d'où le déversement fréquent des eaux usées dans la nature, causant ainsi un véritable problème de santé publique, avec tous les risques afférant à la contamination de la nappe phréatique toute proche et à la prolifération de maladies hydriques.

Concernant les eaux pluviales, un réseau de drainage de 12 200 ml a été réalisé dans des zones sensibles comme le centre-ville et les quartiers riverains du fleuve Casamance, pour lutter contre les inondations. Mais la pluviométrie étant relativement intense dans la zone, ce réseau de drainage demeure insuffisant devant le débit important des eaux de ruissellement qui traversent la ville de Kolda en provoquant des dégâts majeurs au niveau des routes et des habitations (inondations, ravinements, érosions). Leur capacité étant aujourd'hui dépassé, une extension du réseau se révèle nécessaire pour une meilleure gestion des eaux pluviales.

2. Principes d'établissement du PDA et définition des types d'assainissement par zone

➤ LES PRINCIPES DE BASE

Le plan directeur d'assainissement sera élaboré sur les principes de base suivants :

- Offrir au plus grand nombre de ménages une couverture adéquate en service de gestion des excréta, des eaux usées et des eaux pluviales ;
- Utiliser pleinement le potentiel offert par l'assainissement autonome dans les quartiers où cette technique est adaptée ;
- Les caniveaux de drainage existants seront conservés et le cas échéant, réhabilités de manière hydraulique et/ou structurelle.

Sur cette base, les systèmes d'assainissement suivants ont été retenus :

- Un réseau d'égout classique pour les eaux usées.
- Un réseau de drainage gravitaire pour les eaux pluviales.

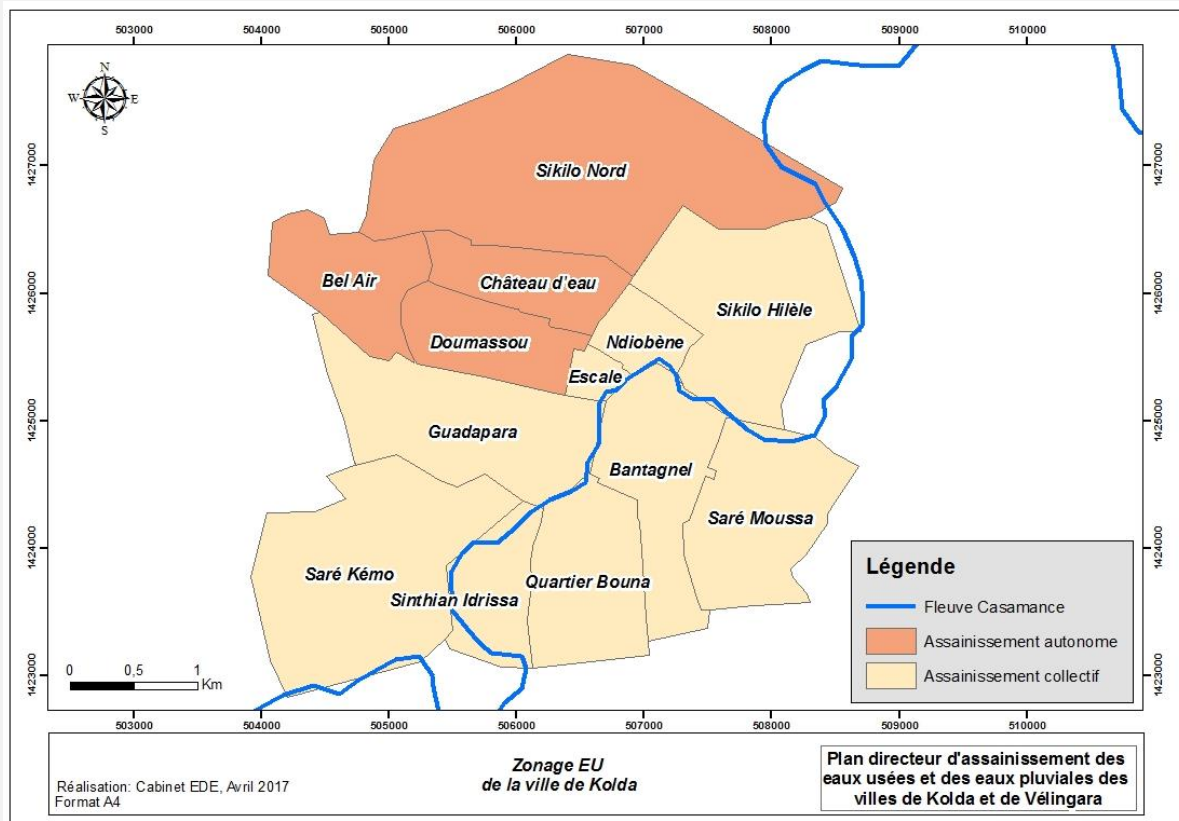
➤ LE ZONAGE DE L'ASSAINISSEMENT DANS LA VILLE

Compte tenu de la topographie fortement dépressionnaire de la ville de Kolda et de la proximité de la nappe phréatique qui est presque affleurante par endroits, un zonage par type d'assainissement a été réalisé sur la base de critères techniques et socio-économiques.

De manière générale, un réseau d'égout est prévu pour la gestion des eaux usées à l'échelle de la commune, avec un taux de raccordement estimé à 96 % en 2030. Mais vu que tous les ménages ne pourront pas s'y raccorder immédiatement, ceux qui se trouvent dans des zones où l'aptitude du sol est favorable à l'assainissement autonome, resteront sur ce type de système le temps que leurs eaux usées puissent être pris en charge par le réseau collectif à mettre en place, d'ici 2030.

Les ménages se trouvant dans des zones où l'assainissement autonome n'est pas envisageable et ne disposant pas d'ouvrages d'assainissement individuels aux normes, devront bénéficier d'un ensemble toilettes TCM + Lavoir + Lave-main adapté pour pouvoir être connectés au réseau d'égout. Des branchements sociaux seront envisagés dans ce cadre pour pouvoir desservir un maximum de populations.

La cartographie de la ville par systèmes d'assainissement est présentée ci-dessous :



Carte 1 : Carte d'aptitude à l'assainissement des quartiers de Kolda

L'assainissement collectif sera réalisé en priorité au niveau des zones inondables. Pour atténuer le phénomène récurrent des inondations et limiter les points de stagnation d'eau au niveau de ces zones, un réseau de drainage gravitaire des eaux pluviales sera réalisé pour renforcer le réseau existant.

3. Propositions du PDA pour les eaux usées

➤ **Assainissement autonome**

L'assainissement autonome consistera à la réalisation de 7981 toilettes TCM (niveau superstructure), accompagnées de lavoirs et de lave-mains pour les ménages ne disposant pas d'ouvrages d'assainissement individuels aux normes. Ces ouvrages seront directement branchés sur le réseau d'égout projeté.

➤ **Assainissement collectif**

- **Données de base**

Le tableau suivant donne, pour chacun des quartiers, la population projetée en 2030 pour le dimensionnement des collecteurs.

Quartiers	Surface (ha)	Population projetée en 2030
Quartier Bouna	116,7	6 774
Saré Moussa	137,0	7 953
Saré Kémo	243,2	14 122
Bel Air	89,1	5 173
Gadapara	173,1	10 051
Sikilo Illèle	182,1	10 574
Bantagnol	122,5	7 114
Sinthian Idrissa	67,4	3 912
Doumassou	78,6	4 564
Escale	14,9	863
Sikilo Nord	379,4	22 034
Ndiobène	36,6	2 127
Château d'eau	75,1	4 364
Kolda Extension	661,6	38 418
TOTAL	2377,2	138 042

Les données de base nécessaires à l'établissement du Plan Directeur d'Assainissement (PDA) pour le volet eaux usées et excréta ont été synthétisés dans le tableau suivant :

N°	Dénomination du paramètre	Unité	2030
Population			
1	Population	hab	138 042
2	Nombre de personnes par ménages	hab	10
3	Nombre des ménages	mén	13 804
4	Densité maximale de la population	hab/ha	58,1
5	Densité max. des ménages	mén/ha	5,8
Consommation en eau			
6	Consommation domestique totale	m ³ /an	1 517 374
7	Consommation publique totale	m ³ /an	455 315
8	Consommation privée totale	m ³ /an	40 837
9	Consommation spécifique des ménages	l/j/hab	60
10	Consommation moyenne journalière en eau potable	m ³ /j	12 400
Données générales			
11	Coefficient de pointe		1.53
12	Taux de branchement	%	54,8
13	Taux de rejet EU	%	80
14	Eaux parasites	%	10
15	Eaux industrielles	%	5
Superficies			
16	Surface de la zone habitée à couvrir par le réseau EU	ha	2377

Le réseau pourra desservir à terme tous les quartiers de la ville, excepté une partie du quartier Escale qui se trouve dans une zone de dépression trop basse, aux environs du fleuve Casamance et qui n'est pas raccordable à moindre coût. Ainsi, le taux de raccordement au réseau d'égout visé à l'horizon du projet est de 96 %. Le dimensionnement des collecteurs tiendra donc compte de **133 134 habitants**.

➤ **LES VARIANTES DE RESEAU**

Compte tenu de la topographie difficile de la zone d'étude, deux variantes de tracé du réseau ont été identifiées :

- ✓ **Variante 1** : Réseau d'égout classique doté de sept (7) stations de pompage, raccordées à une station d'épuration par lagunage, avec une seule traversée du fleuve Casamance.
- ✓ **Variante 2** : Réseau d'égout classique doté de sept (7) stations de pompage, raccordées en série à une station d'épuration par lagunage, avec deux traversées du fleuve Casamance.
- ✓ **Variante 3** : Réseau d'égout classique doté de sept (7) stations de pompage, raccordées en parallèle à une station d'épuration par lagunage, avec deux traversées du fleuve Casamance.

Les tracés des collecteurs sont identiques, de même que la position des stations de pompage. Toutefois, le tracé des conduites de refoulement change d'une variante à l'autre et selon la variante considérée, la taille et la configuration des bassins de collecte sont différents. L'objectif est d'envoyer le maximum de débit vers la station de pompage la plus proche de la station d'épuration, afin de minimiser les puissances de pompage. Seulement, le fleuve Casamance, qui divise la ville en deux parties, constitue un obstacle pour accéder à la station d'épuration située au sud de la ville, d'où la nécessité de la traverser par une conduite en PEHD PN 10, afin de pouvoir acheminer les effluents de la partie nord vers la station de traitement.

Donc, les différences au niveau du tracé pour les trois variantes seront marquées par :

- la répartition du débit au niveau des stations de pompage, guidée par la règle qui privilégie la réduction des débits à pomper en cascade par l'acheminement gravitaire les eaux vers la dernière station de pompage avant d'atteindre la station de traitement ;
- les longueurs des conduites de refoulement ;
- la profondeur de pose des conduites.

Les schémas des réseaux de chaque variante et leurs composantes sont présentés en annexes. Les principales caractéristiques des variantes sont présentées dans les deux tableaux ci-après :

Les collecteurs principaux :

Diamètre (mm)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Linéaire (ml)		
250	114 556	114 880	114 880
315	2 497	3 608	3 608
400	3 942	2 507	2 507
TOTAL	120 995	120 995	120 995

Les stations de pompage :

Paramètres	Variantes	Unité	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	SP 7
Débit de pointe	Variante 1	l/s	33	64	74	100	15	38	37
	Variante 2	l/s	35	30	40	110	56	42	40
	Variante 3	l/s	33	26	37	25	15	38	37
Débit de fonctionnement par pompe	Variante 1	l/s	35	70	75	150	15	60	40
	Variante 2	l/s	35	30	40	110	56	42	40
	Variante 3	l/s	35	70	80	110	16	42	40
Longueur conduite de refoulement	Variante 1	ml	901	992	136	1 223	917	3 216	1 315
	Variante 2	ml	901	992	136	1 223	917	3 216	549
	Variante 3	ml	901	992	1 262	1 223	917	3 216	3 508

Paramètres	Variante	Unité	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	SP 7
Diamètre conduite de refoulement	Variante 1	mm	250	315	315	400	200	315	250
	Variante 2	mm	250	250	250	315	250	250	250
	Variante 3	mm	250	315	315	315	160	250	250
Nombre de pompes installées	Variante 1	U	2	2	2	2	2	2	2
	Variante 2	U	2	2	2	2	2	2	2
	Variante 3	U	2	2	2	2	2	2	2
Volume anti-bélier nécessaire	Variante 1	m ³	500	1000	500	500	500	500	500
	Variante 2	m ³	500	500	500	500	500	500	500
	Variante 3	m ³	500	500	500	500	500	500	500
Puissances aux bornes	Variante 1	KW	4,7	18,2	21,2	42,9	4,2	56,1	21
	Variante 2	KW	4,7	4,6	23,2	30,8	11,4	56,1	8,5
	Variante 3	KW	2,8	11,7	43,1	30	4,7	41,8	20,1

Comparaison technique des variantes

- **Réseau de collecte**

Les trois variantes ne diffèrent que de par la répartition des débits au niveau des bassins de collecte, donc au niveau des stations de pompage et des diamètres des canalisations principales. Autrement, le linéaire des canalisations et les débits collectés sont quasiment identiques. La seule différence entre ces trois variantes réside dans les longueurs de canalisations de diamètre 315 mm et 400 mm. L'on constate une prévalence des canalisations de gros diamètres dans la variante 1 plus que dans les variantes 2 et 3.

- **Stations de pompage**

Pour les trois variantes, les positions des stations de pompage sont identiques. Cependant, leurs interconnexions, les débits et les longueurs de refoulement sont différents. Les puissances des stations de pompage sont plus importantes pour la variante 1 que pour les autres variantes. En effet, dans la variante 3, les bassins de collecte sont beaucoup plus réduits que sur les variantes 1 et 2, ce qui fait que les stations de pompage de la variante 3 reçoivent un débit plus faible que celles des variantes 1 et 2. Cependant, cette variante 3 présente une longueur de refoulement cumulée plus élevée de 45 %, mais permet de faire des économies d'énergie minimale de l'ordre de 60 %.

Cela se traduit ainsi par des consommations annuelles d'énergie plus faibles pour la variante 2 au détriment des deux autres variantes. Le tableau suivant donne les consommations en énergies par an pour chaque variante.

Variante	Débit pompes (l/s)	Puissance stations de pompage (KW)	Volume annuel pompé (m ³ /an)	Nombre d'heure de fonctionnement	Nombre de KWh
1	445	168	14 033 520	3 650 h	614 295
2	353	139	11 132 208	3 650 h	250 508
3	393	154	12 393 648	3 650 h	251 562

➤ **STATION D'EPURATION**

Actuellement, l'absence de traitement adéquat des eaux usées et des boues de vidange provoque une dissémination incontrôlée de ces déchets dans la nature. Afin de stopper la propagation des risques sanitaires dans l'environnement immédiat des zones habitées, la station d'épuration à mettre en place

devra garantir un niveau de traitement suffisant des eaux usées et des sous-produits du traitement (boues séchées).

Ainsi, le réseau d'assainissement collectif sera raccordé à une station d'épuration par lagunage naturel disposant en son sein d'une dépositante de boues de vidange destiné à recueillir les eaux usées en provenance des fosses des ménages qui ne sont pas raccordés au réseau d'égout.

En effet, il est prévu d'effectuer le traitement des boues de vidange sur le site de la future station d'épuration des eaux usées. Dans ce contexte, le traitement de la fraction liquide sera traité conjointement aux eaux usées au niveau de la station d'épuration.

Les lits de séchage plantés ont été choisis comme système de traitement des boues de vidanges car présentant l'avantage de stocker la matière organique pendant une période allant jusqu'à 5 ans. Ceci réduit considérablement les dépenses opérationnelles. En outre, les boues sont hygiéniquement neutres après un temps de séjour prolongé.

Quant aux rejets des eaux usées dans le milieu récepteur et à la réutilisation des eaux usées épurées, ils sont réglementés par :

- Les normes relatives aux rejets d'effluents domestiques dans le milieu récepteur et non domestiques dans les réseaux d'assainissement ;
- Les conditions de réutilisation pour l'agriculture des eaux traitées (type de cultures, modalités et les conditions particulières).

Les effluents qui sont rejetés dans le milieu récepteur doivent être traités de manière à respecter les valeurs indiquées à l'annexe II de la norme sénégalaise NS 05-061.

Comme mentionné dans l'état des lieux, la zone périurbaine de la ville de Kolda présente un fort potentiel de développement agricole (savoir-faire, main-d'œuvre et marchés disponibles). Les principales cultures se font le long des berges du fleuve Casamance.

4. Propositions du PDA pour les eaux pluviales

➤ DONNEES DE BASE

Les données de base nécessaires à l'établissement du Plan Directeur d'Assainissement (PDA) pour le volet eaux pluviales ont été synthétisés dans le tableau suivant :

N°	Dénomination du paramètre	Unité	Valeurs
1	Horizon		2 030
2	Superficie de la commune	ha	2 377
3	Pluviométrie annuelle	mm	1 062
4	Pluviométrie maximale de récurrence 20 ans	mm	1 500
5	Période de retour	ans	20
6	Coefficients de Montana	a = 15,59 et b = 0,59	
7	IDF de référence	Zone Sud	
8	Pluie projet	Pluie de durée 1h	
9	Temps de concentration	Méthode de Bourrier	
10	Dimensionnement	Méthode rationnelle	
11	Exutoire	Fleuve Casamance	

➤ LES VARIANTES DE RESEAU

Compte tenu de la topographie difficile de la zone d'étude, une seule solution a pu être proposée pour la réalisation du réseau de drainage des eaux pluviales. Cette solution consistera en un ensemble ramifié de caniveaux primaires qui vont prémunir la ville de Kolda contre les risques d'inondation, en tenant compte de l'occupation des sols, du relief du terrain et des zones à drainer.

Les conditions géotechniques et climatiques ne sont pas favorables à la réalisation des canaux à ciel ouvert en terre, sans revêtement et sans pavage : en conséquence, des canaux revêtus sont à prévoir

pour éviter l'érosion et le ravinement. Ces canaux revêtus représenteront un système de base sur lequel viendront se connecter les caniveaux et fossés appartenant à l'assainissement routier. Les canaux sont construits sous forme rectangulaire ou trapézoïdale et sont partiellement fermés par des dalles en béton ou des grilles afin de les consolider.

Il existe actuellement environ 12 200 ml de caniveaux, composés de collecteurs principaux et secondaires, dont une partie est à réhabiliter, leur capacité étant devenue insuffisante. Les résultats du dimensionnement se présentent comme suit :

- 5000 ml, soit 41 % du réseau de caniveaux existants, ont besoin d'être réhabilités.
- 16 772 ml de nouveaux collecteurs sont à construire, la majorité sous forme rectangulaire.

Les exutoires du réseau d'évacuation des eaux pluviales sont de deux types : le fleuve Casamance et le bassin de rétention de Gadapara.

Les schémas des réseaux de chaque variante et leurs composantes sont présentés en annexes.

Pour le réseau d'évacuation des eaux pluviales, les linéaires se présentent comme suit :

Dimensions (mm)	Linéaire (ml)
100 * 100	3 468
100 * 60	500
110 * 55	18
125 * 60	350
150 * 100	2 568
150 * 70	165
170 * 80	646
175 * 75	2 212
200 * 100	1 552
250 * 150	4 402
300 * 100	892
TOTAL	16 773

5. Evaluation de coûts pour les eaux usées

➤ **COÛT D'INVESTISSEMENT**

Les coûts d'investissement représentent les coûts de réalisation des différentes composantes physiques du projet à l'horizon 2030. A ce stade de l'étude, ils seront déterminés pour les trois variantes étudiées. Les différentes composantes du projet sont les suivants :

- Le réseau d'assainissement comprenant les collecteurs, les branchements et les regards ;
- Les stations de pompage au nombre de sept (7) ;
- La construction d'une station de traitement des eaux usées et d'une station de traitement de boues de vidange dans son enceinte ;
- La réalisation d'ouvrages d'assainissement autonome.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque variante les coûts d'investissement du système.

Coût d'investissement en FCFA			
Composante PDA	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Assainissement autonome	2 478 350 000	2 478 350 000	2 478 350 000
Réseau	42 932 745 145	42 938 784 994	42 938 784 994
Stations de pompage	1 478 590 681	1 429 005 073	1 661 768 373
STEP avec lagunage naturel	1 337 366 559	1 337 366 559	1 337 366 559
TOTAL	45 748 702 385	45 705 156 626	45 937 919 926

➤ **CHARGES D'EXPLOITATION**

Les charges d'exploitation annuelles des variantes envisagées se présentent comme suit.

Désignation	Unité	Prix unitaires (FCFA)	Quantité	Charges d'exploitation variante 1 (FCFA)	Charges d'exploitation variante 2 (FCFA)	Charges d'exploitation variante 3 (FCFA)
Curage réseau	ml	1 500	120 995	181 492 500	181 492 500	181 492 500
Curage refoulement V1	ml	1 500	8 700	13 050 000		
Curage refoulement V2	ml	1 500	7 934		11 901 000	
Curage refoulement V3	ml	1 500	12 019			18 028 500
Fonctionnement STEP	EH	517	158 750	82 073 750	82 073 750	82 073 750
Fonctionnement STBV	EH	100	158 750	15 875 000	15 875 000	15 875 000
Electricité – Variante 1	KWh	150	614 295	92 144 250		
Electricité – Variante 2	KWh	150	508 445		76 266 750	
Electricité – Variante 3	KWh	150	562 830			84 424 500
TOTAL				384 635 500	367 609 000	381 894 250

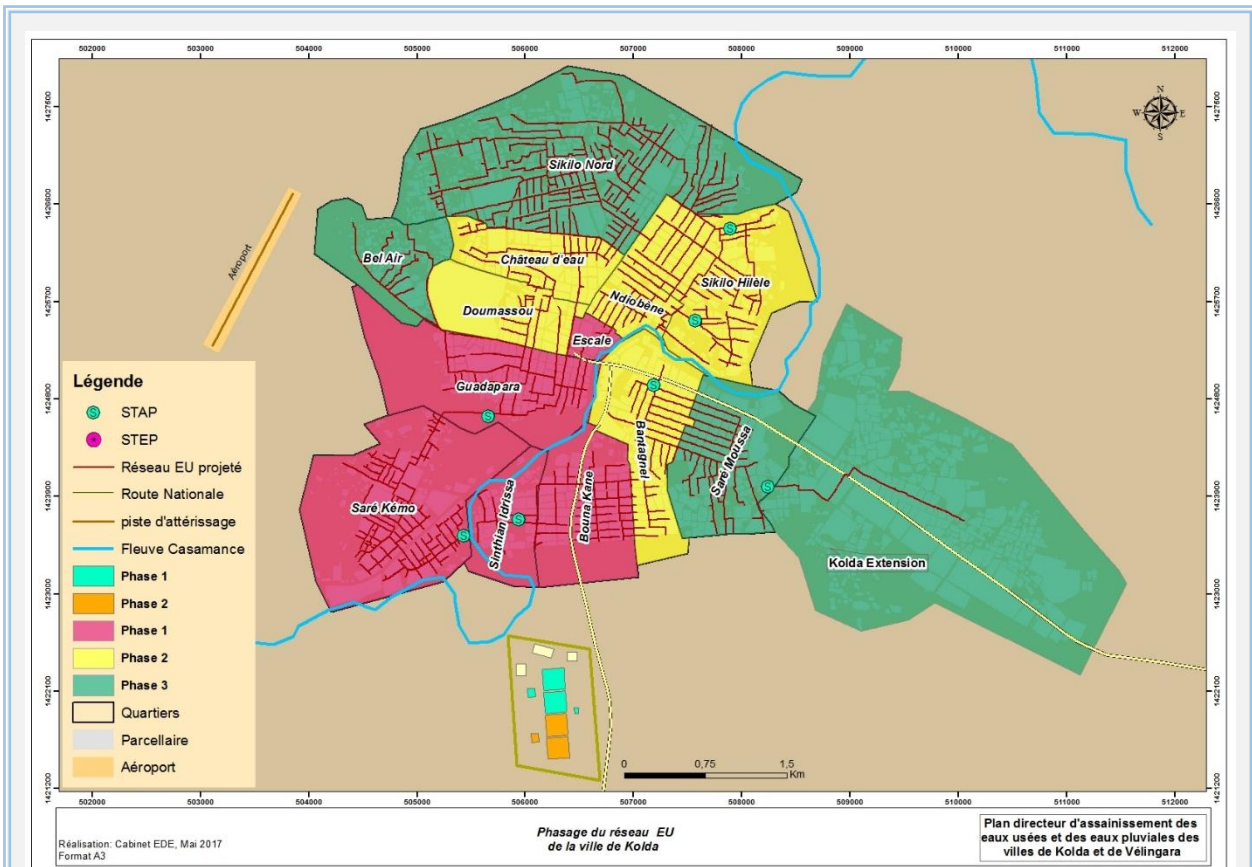
➤ **CHOIX D'UNE VARIANTE ET PHASAGE**

Les comparaisons techniques ainsi que l'évaluation des coûts des travaux ont montré que la variante 3 est la plus optimale du point de vue technique et financier, car présentation moins de contraintes à l'exploitation, en permettant un investissement sûr et durable. Elle a donc été retenue comme la meilleure solution pour l'évacuation des eaux usées de la ville de Kolda à l'horizon 2030.

Le tableau ci-dessous présente le coût des travaux pour chaque phase pour la variante 2 considérée.

Phasage	Période	Quartiers concernés	Coût de réalisation (FCFA)
Phase 1 (tranche prioritaire)	2015 - 2020	Escale, Gadapara, Bouna Kane, Saré Kemo, Sinthian Idrissa	14 281 843 503
Phase 2 (tranche à moyen terme)	2020 - 2025	Ndiobène, Doumassou, Château d'eau, Sikilo Illèle, Bantagnol,	14 603 889 925
Phase 3 (tranche à long terme)	2025 - 2030	Saré Moussa, Sikilo Nord, Bel Air, Zone lycée, Médina Chérif	17 052 186 498

Ce phasage est illustré à travers la carte suivante :



Carte 2 : Phasage de la réalisation du réseau d'eaux usées

6. Evaluation de coûts pour les eaux pluviales

➤ COUT D'INVESTISSEMENT

Les coûts d'investissement du système de drainage des eaux pluviales proposé sont résumés dans le tableau ci-contre. Ils prennent en compte un supplément de 20% assigné aux impondérabilités relatives à la mise en œuvre des travaux.

Coût d'investissement en FCFA	
Composante PDA	
Réseaux de drainage	11 529 273 069
Voiries	2 286 060 000
Camions hydrocureurs	135 000 000
Bassin de rétention	9 000 000 000
Exutoires	680 000 000
TOTAL	23 630 333 069

➤ CHARGES D'EXPLOITATION

Les charges d'exploitation du réseau de drainage des eaux pluviales sont constituées des coûts du personnel d'entretien (pour l'inspection, le curage et la remise en état des canaux, des dalots,...), des coûts du parc de véhicules nécessaires à ces travaux d'entretien, des coûts des matériaux et matériels requis pour les réparations et réhabilitations. Le tableau ci-dessous donne les charges annuelles globales d'exploitation du projet.

Désignation	Unités	Charges d'exploitation
Coûts du personnel	FCFA / an	18 000 000
Coûts du parc de véhicules	FCFA / an	26 600 000
Coûts de maintenance	FCFA / an	480 000
TOTAL	FCFA / an	45 080 000

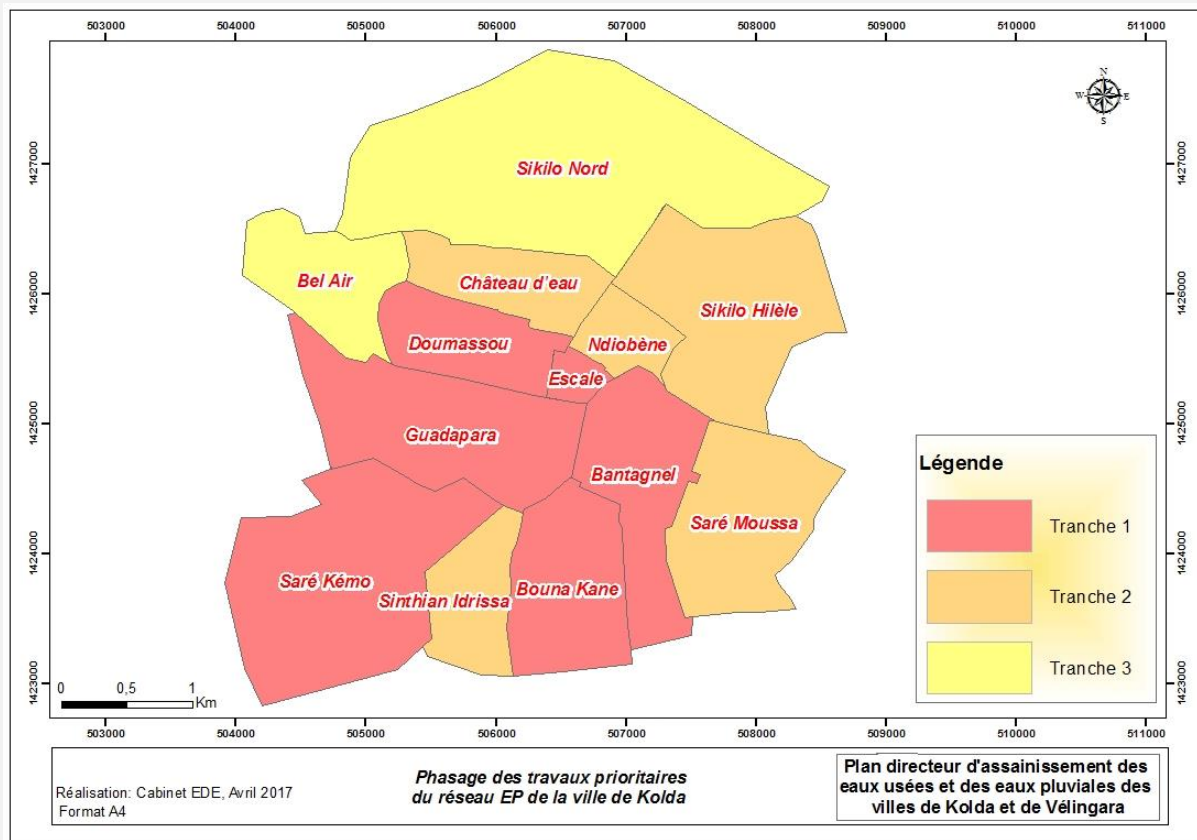
➤ **CHOIX D'UNE VARIANTE ET PHASAGE**

Les travaux de drainage des eaux pluviales seront réalisés en priorité dans les zones présentant un grand risque d'inondations. Compte tenu du fait que la capacité de la plupart des caniveaux existants est aujourd'hui dépassée, la réhabilitation de ces derniers constituera également une priorité.

Les travaux seront réalisés en plusieurs tranches, selon les risques et les dégâts probables des zones. Ainsi, un programme de travaux prioritaires a été défini comme suit :

Phasage	Période	Quartiers concernés	Coût de réalisation
Phase 1 (tranche prioritaire)	2015 - 2020	Escale, Gadapara, Doumassou, Saré Kemo, Bouna Kane, Bantagnol	10 566 409 096
Phase 2 (tranche à moyen terme)	2020 - 2025	Ndiobène, Château d'eau, Sikilo Illèle, Saré Moussa, Sinthian Idrissa	6 211 767 772
Phase 3 (tranche à long terme)	2025 - 2030	Sikilo Nord, Bel Air, Zone lycée, Médina Chérif	6 852 156 202

Ce phasage est illustré à travers la carte suivante :



Carte 3 : Phasage de la réalisation du réseau d'eaux pluviales

7. Mesures d'accompagnement

Quatre catégories de mesures vont être développées :

- Programme IEC composé d'outils pertinents pour la communication de masse, l'éducation de proximité, le plaidoyer et l'organisation d'événements ; une grande importance est accordée à la communication pour le lancement du programme ;
- Renforcement des capacités composé de formation destiné aux acteurs impliqués dans le processus dont : les entrepreneurs/maçons, les animateurs, les conseillers de quartiers, les agents municipaux et les agents de l'ONAS. Ce volet ira croissant au fur et à mesure du développement du service ;
- Services d'appui de consultants, en particulier pour le contrôle des travaux et le suivi-évaluation du programme 'soft', en y incluant les mesures environnementales.
- Coordination ou orientation du programme, en octroyant un fonds annuel réservé à l'animation d'un comité chargé d'orienter et de coordonner le service sur le périmètre communal

1 INTRODUCTION

1.1. Contexte de l'étude

Bien qu'il soit un des maillons essentiels du cycle de l'eau en milieu urbain, le secteur de l'assainissement au Sénégal connaît un retard important qui a conduit, dans beaucoup de localités, à la dégradation de l'environnement et surtout, des milieux naturels récepteurs des rejets d'eaux usées et d'eaux pluviales. Cette situation constitue une menace pour la santé publique et la préservation des ressources naturelles, d'autant plus qu'avec l'accroissement démographique et l'urbanisation galopante des villes, la problématique de l'assainissement est devenue une question cruciale à résoudre.

Les derniers recensements effectués en 2013, à l'échelle nationale, font apparaître que :

- 56,7% des ménages seulement disposent de systèmes d'évacuation des eaux usées ;
- le taux de traitement des eaux usées par les stations installées est de 49,3% ;
- le taux de dépollution est de 36,5% ;
- six (6) villes seulement, à savoir Dakar, Kaolack, Louga, Saint-Louis, Rufisque, Thiès et la station balnéaire de Saly Portudal, disposent d'un réseau collectif classique ; ce réseau totalise, en 2012, une longueur de 1594 km dont 1284 km à Dakar ;
- le taux de vétusté du réseau urbain d'assainissement des eaux est supérieur à 35%.

C'est la raison pour laquelle le gouvernement du Sénégal a décidé d'y remédier et d'en faire une priorité. Pour améliorer le cadre de vie des populations, il a mandaté l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS) pour doter toutes les Communes du Sénégal de Plans directeurs d'assainissement. C'est dans ce cadre qu'il a été confié au Cabinet EDE International la mission de réaliser les études des plans directeurs d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de la ville de Kolda, afin de doter la commune d'un document de planification des investissements en matière d'assainissement pour les quinze (15) prochaines années.

Située en Haute-Casamance, dans le sud du Sénégal, cette ville est caractérisée par l'absence d'ouvrages d'assainissement publics :

- l'évacuation des eaux usées s'y fait de manière autonome, à l'échelle des ménages, avec un très fort risque de pollution de la nappe phréatique qui alimente en eau potable une grande partie des concessions de la ville ;
- l'évacuation des eaux pluviales y est assurée via un réseau de drainage gravitaire qui a été réalisé lors de la mise en œuvre du programme « Spécial Kolda 2006 » de l'AGETIP, mais qui est aujourd'hui partiellement endommagé et est largement insuffisant, ne desservant qu'une infime partie de la ville.

Cette situation favorise au sein de la ville de Kolda :

- le dépotage sauvage des déchets et des boues de vidange dans la nature, faute de systèmes de traitement appropriés ;
- la prolifération de maladies d'origine hydrique, avec toutes les conséquences sanitaires y afférant ;
- la récurrence des inondations et la stagnation des eaux pluviales dans les zones basses aux alentours du fleuve Casamance ;
- l'érosion et le ravinement des voies et des aires d'habitations dans certaines zones à fortes pentes.

La finalité de ces études de plans directeurs d'assainissement est donc de promouvoir le développement durable dans la ville de Kolda à travers :

- une meilleure gestion des eaux usées et des eaux pluviales suivant un plan stratégique adapté aux orientations de développement de la commune ;
- la lutte contre la pollution des milieux naturels, des eaux de surface et des eaux souterraines par les eaux usées ;
- la lutte contre les inondations et les ravinements provoqués par les eaux pluviales ;
- la réutilisation des eaux usées épurées pour l'agriculture et la valorisation des sous-produits des stations d'épuration d'eaux usées.

1.2. Objectifs et phasage de l'étude

Les objectifs de la mission du Cabinet EDE International consisteront essentiellement à :

- élaborer le plan directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales, avec une hiérarchisation des investissements sur les quinze prochaines années ;
- faire une évaluation environnementale stratégique (EES) ;
- proposer un programme prioritaire d'investissement ;
- élaborer l'APD et le DAO des travaux prioritaires ;
- effectuer une étude d'impact environnemental et social (EIES) et un PGES.

Ces différentes prestations seront réalisées sur une durée globale de dix (10) mois, selon les étapes suivantes :

- Mission A : Plan Directeur d'Assainissement (PDA) : 3 mois
- Mission B : Evaluation Environnementale Stratégique (EES) : 1.5 mois
- Mission C : Avant- projet détaillé (APD) : 3 mois
- Mission D : Etude d'Impact Environnemental et social (EIES) : 1.5 mois
- Mission E : Dossier d'Appel d'Offres (DAO) : 1 mois

Le phasage des prestations est illustré dans le tableau ci-dessous :

Objectifs des missions	PDA	EES	APD	EIES	DAO
Durée des missions (en mois)	3	1.5	3	1.5	1

Tableau 1 : Phasage de l'étude

1.3. Contenu et organisation du rapport

Le présent rapport d'avant-projet sommaire (APS) propose les solutions les plus appropriées pour prendre en charge les besoins actuels et futurs des populations de Kolda en matière d'assainissement, en fonction des problèmes qui y ont été identifiés. Les points suivants y seront abordés :

- Après l'introduction, **le chapitre 2** présentera une synthèse de l'état des lieux et du diagnostic des systèmes d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales existant dans la ville de Kolda, pour donner un aperçu du milieu d'étude et des problèmes recensés ;
- **le chapitre 3** développera les principes retenus pour l'étude et les propositions de variantes de solutions envisagées pour résoudre ces problèmes ;
- **le chapitre 4** procèdera d'une comparaison des variantes de solutions proposées, suivant une analyse multicritères qui permettra de définir une variante de solution optimale pour la gestion des eaux usées et des eaux pluviales à l'échelle de la commune ;
- **le chapitre 5** présentera la variante retenue dans toutes ses composantes, ainsi que le programme d'investissement prioritaire et le phasage de la réalisation du plan directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales à l'horizon du projet.
- **le chapitre 6** donnera les conclusions importantes de cette étude d'avant-projet sommaire (APS).

1.4. Méthodologie

Cette section a pour but de décrire les principales étapes méthodologiques qui vont amener à l'élaboration du Plan Directeur d'Assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de la ville de Kolda.

A l'issue du rappel de l'état des lieux et du diagnostic du système d'assainissement existant, des variantes intéressantes sur le plan qualité/coût seront proposées pour atteindre les objectifs fixés.

Chaque variante définie sera dimensionnée sur la base des données recueillies. Les analyses environnementales et socio-économiques qui en découleront vont, par la suite, permettre un choix éclairé de la meilleure solution pour la gestion des eaux usées et des eaux pluviales.

Grâce aux conclusions de l'analyse comparative de ces variantes, le Consultant identifiera et proposera des variantes qui tiendront lieu de Plan Directeur d'Assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de la Commune à l'horizon 2030.

A partir des variantes retenues, un programme de travaux prioritaires sera défini, puis une estimation du coût total du PDA, un phasage des travaux, de même qu'un plan d'investissement, seront ensuite effectués. En parallèle à cette dernière étape, les mesures d'accompagnement et le plan d'IEC seront définies.

Des données complémentaires seront recueillies en phase avant-projet détaillé (APD), pour mieux affiner les études des variantes optimales qui seront retenues.

2. RAPPEL DE L'ETAT DES LIEUX ET DES DONNEES DE BASE

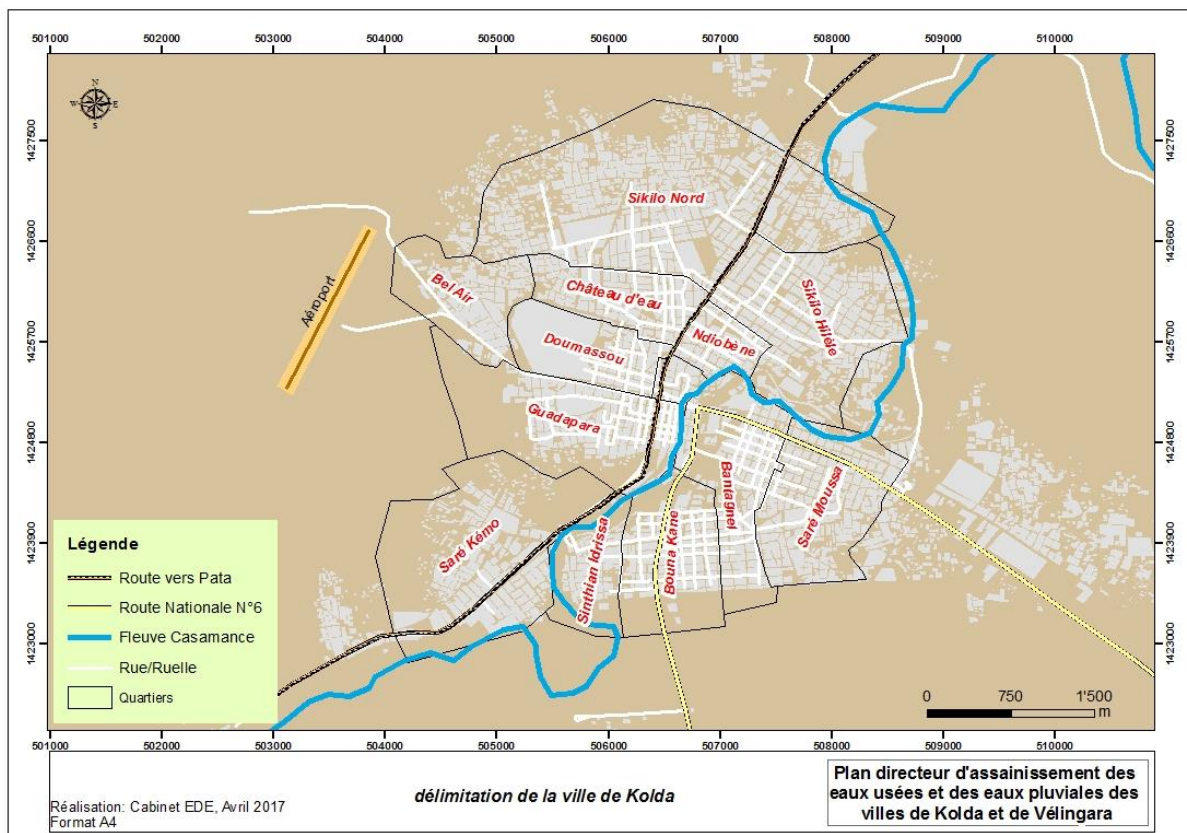
2.1 Présentation de la zone d'étude

La commune de Kolda est une ville de la Haute-Casamance, située à 12°54 de latitude Nord et 14°57 de longitude Ouest, sur la route nationale 6 qui relie Tambacounda à Ziguinchor. C'est une agglomération urbaine qui est traversée du Nord-Est au Sud-Ouest par le fleuve Casamance qui en parcourt la partie la plus basse et divise la ville en deux parties reliées entre elles par le pont Abou Diallo.

Malgré une situation démographique très aléatoire du fait des fortes migrations des populations, la ville a observé une urbanisation croissante au cours de ces dernières décennies. Cette expansion n'est malheureusement pas toujours accompagnée des services urbains adéquats, ce qui encourage davantage l'insalubrité et occasionne des inondations car les eaux usées, les eaux pluviales et les déchets solides ne sont pas pris en charge par des systèmes de collecte et de traitement appropriés à l'échelle de la commune.

Le territoire communal, fixé par l'arrêté n° 886 APA du 06/02/1952, est composé de six (6) quartiers officiels et s'étend sur une superficie de 9 Km². Cependant, ce périmètre communal tend aujourd'hui à être dépassé par l'urbanisation galopante, ce qui a induit un redécoupage des limites de la commune pour tenir compte des nouvelles zones d'habitats. L'étude du plan directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de la ville de Kolda couvrira donc l'ensemble des extensions actuelles et futures qui s'étendent sur les terres de son hinterland (urbanisation spontanée, zone d'aménagement concertée (ZAC), ...).

La Carte 4 ci-après donne une représentation graphique des limites de la zone d'étude.



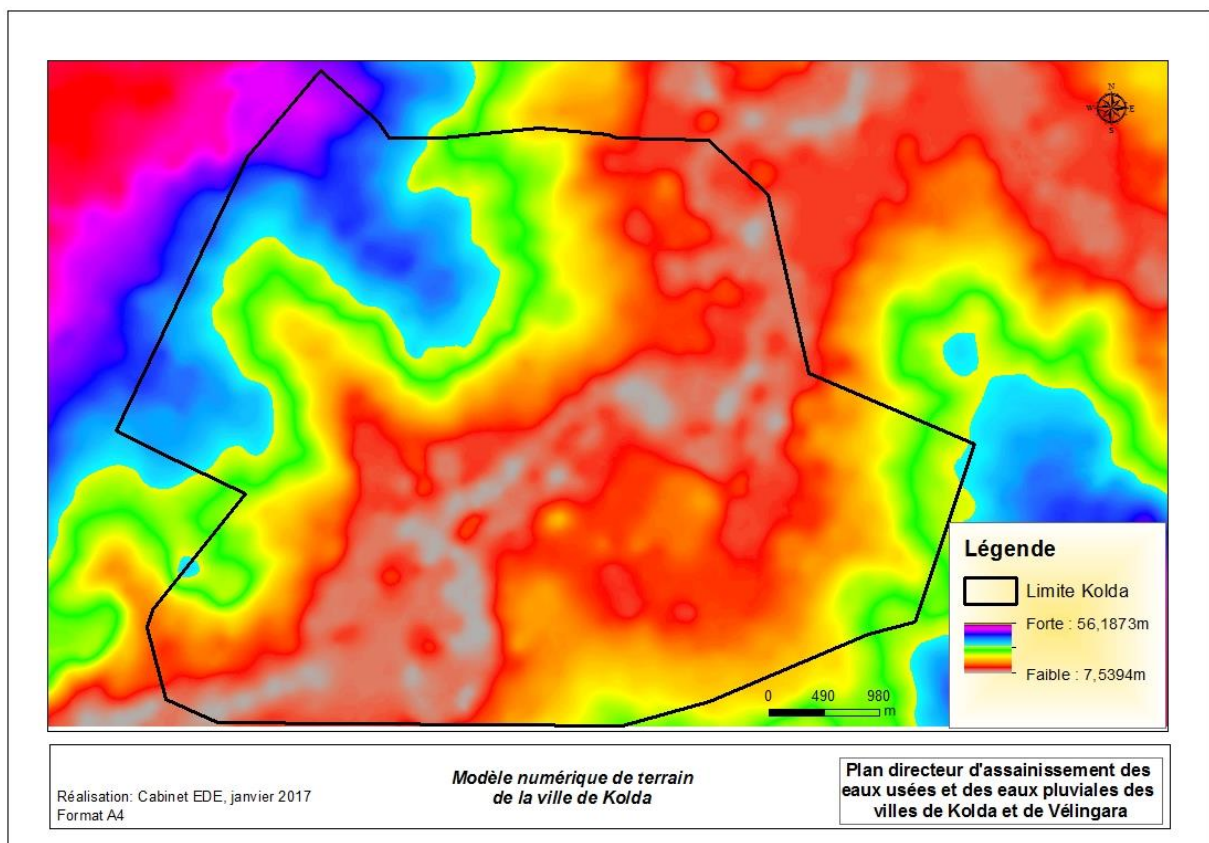
Carte 4 : Délimitation de la zone d'étude

2.2 Milieu naturel

2.2.1 Géologie et géomorphologie

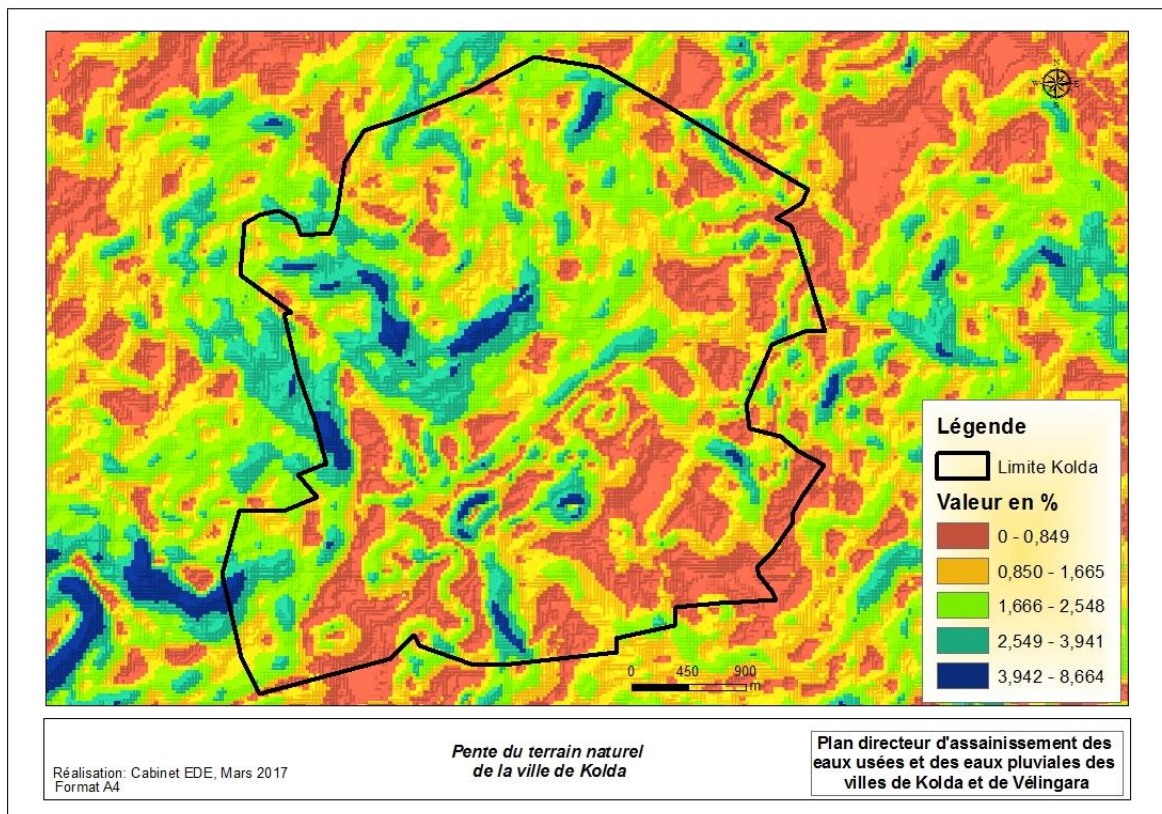
La ville de Kolda est implantée sur des bas-fonds et des levées de terres bordant le fleuve Casamance. La partie haute de son territoire se trouvant au Nord-Ouest de la ville est constituée d'un plateau atteignant une cote de 44 m par rapport au lit du fleuve.

La Carte 5 donne un aperçu du relief existant. L'altitude varie des zones les plus basses situées en-dessous de l'axe Nord-Est / Sud-Ouest de la ville (en rouge) aux zones les plus hautes, situées au Nord-Ouest et à l'Ouest de la ville (en bleu et mauve).



Carte 5 : Modèle numérique de terrain (MNT)

Cet aspect du relief est mieux représenté sur la Carte 6 ci-dessous qui montre également que les pentes du terrain naturel sont relativement faibles et varient entre 0 % et 1,6 % sur la majeure partie du territoire communal. On note toutefois de fortes dénivelées dans la zone du plateau, à l'Ouest de la ville, qui sont de l'ordre de 5 m.



Carte 6 : Relief de la ville de Kolda

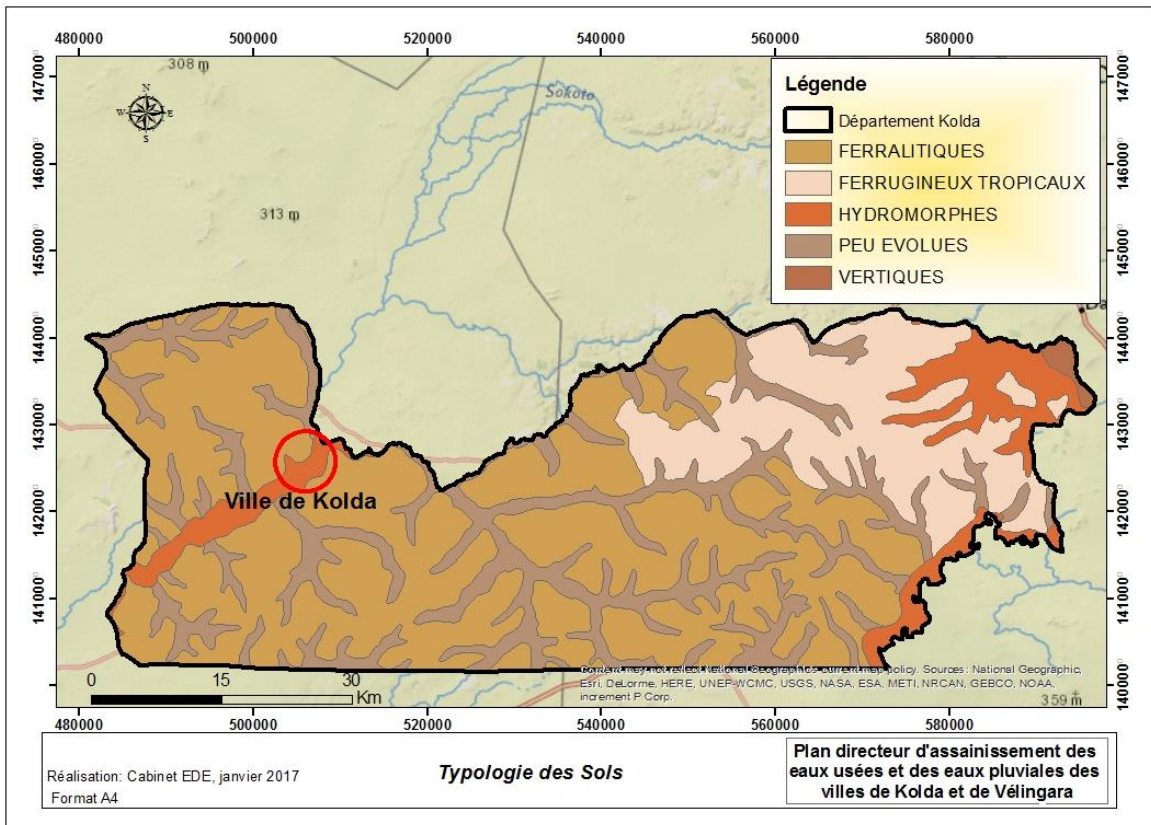
La zone du plateau est principalement composée de sols ferrugineux plus ou moins lessivés et de sols ferrugineux tropicaux lessivés, légèrement ferralitiques. Au Nord, à l'Est, au Sud et au Sud-Est, où le relief du terrain est relativement plus plat et légèrement incliné vers le cours du fleuve, cette conformation altimétrique se termine par des zones inondables constitués de sols hydromorphes et de limons sur matériau alluvial varié mais souvent argileux ou limoneux argileux.

En effet, les missions de reconnaissance et de diagnostic ainsi que la campagne topographique réalisées par le consultant ont permis de noter que tous les quartiers situés aux alentours du fleuve et dans les zones de dépressions sont touchés par les inondations en saison des pluies. Il s'agit notamment des quartiers suivants : Illèle, Ndiobène, Bantagnel, Bouna Kane, Sintiang Idrissa, Saré Moussa, Sinthian Tountourou, une partie de Saré Kémo et de Gadapara. Les sols qui y ont été identifiés sont essentiellement limoneux ou argileux ; la nappe y est souvent affleurante en saison pluviale et ils ont une capacité d'infiltration faible. Il n'y a donc que les quartiers situés sur le plateau de Kolda essentiellement composé de sols ferralitiques, à savoir Doumassou, Château d'eau, Bel Air, Sikilo Nord et Médina Cherif qui seraient aptes à l'assainissement autonome, avec une profondeur de la nappe phréatique variant de 5 à 15 m en saison des pluies et une capacité d'infiltration de l'ordre de 20 à 35 L/m².j.

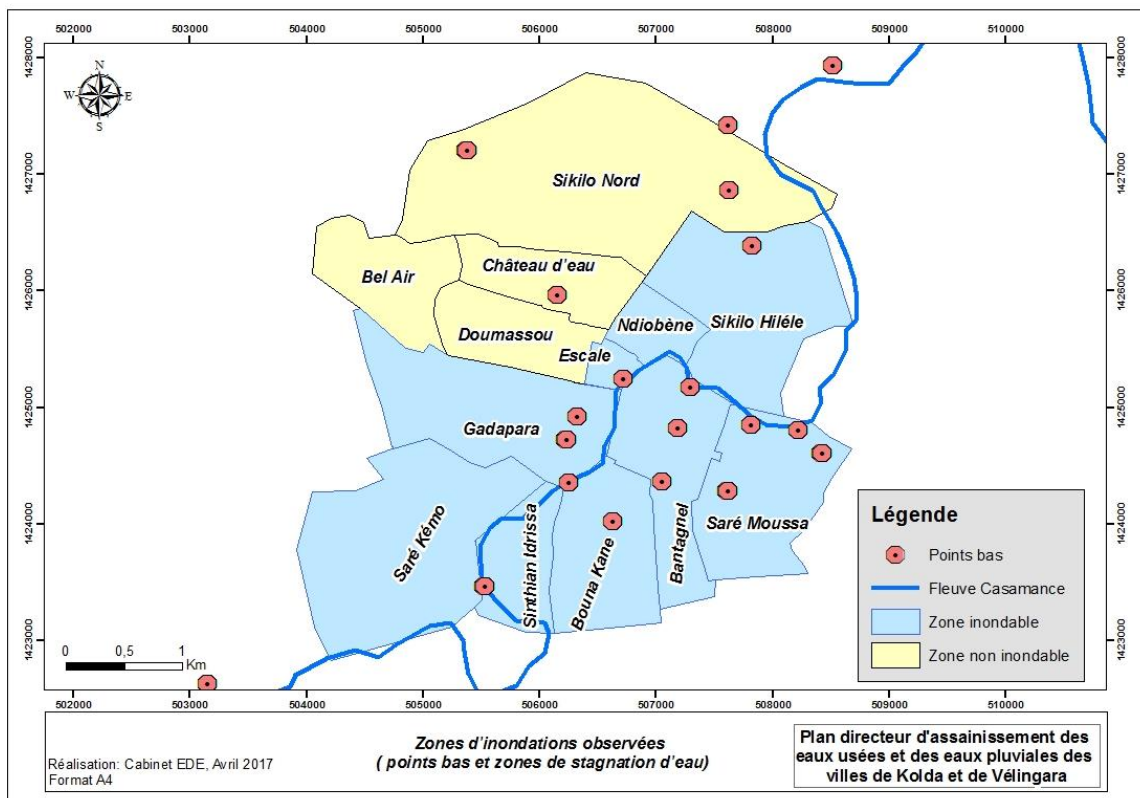
Les sols ferrugineux tropicaux sont aptes à la culture sèche et se retrouvent, pour la plupart, dans la moitié Ouest de la ville de Kolda. L'intérêt de ces sols est remarquable en raison de leur profondeur utile, de leurs qualités physiques et de leur texture grossière en surface. Leur cuirasse peut affleurer localement aux ruptures de pentes.

Quant aux sols hydromorphes des bas-fonds et dépressions, ils sont plus aptes à la riziculture, au maraîchage et à l'arboriculture. Ils se retrouvent beaucoup dans la partie Nord de la commune. Ces sols sont fortement concrétionnés en profondeur. L'intensité de l'érosion est accentuée par la combinaison d'une pluviométrie relativement élevée et une capacité d'infiltration généralement limitée par des sols sur cuirasse à faible profondeur.

Les [Carte 7](#) et [Carte 8](#) ci-après montrent que les sols sur lesquels repose la ville de Kolda, notamment les zones les plus proches du fleuve Casamance, sont en grande majorité hydromorphes et inondables.



Carte 7 : Carte des sols présents dans la zone d'étude



Carte 8 : Zones d'inondation observées dans la zone d'étude

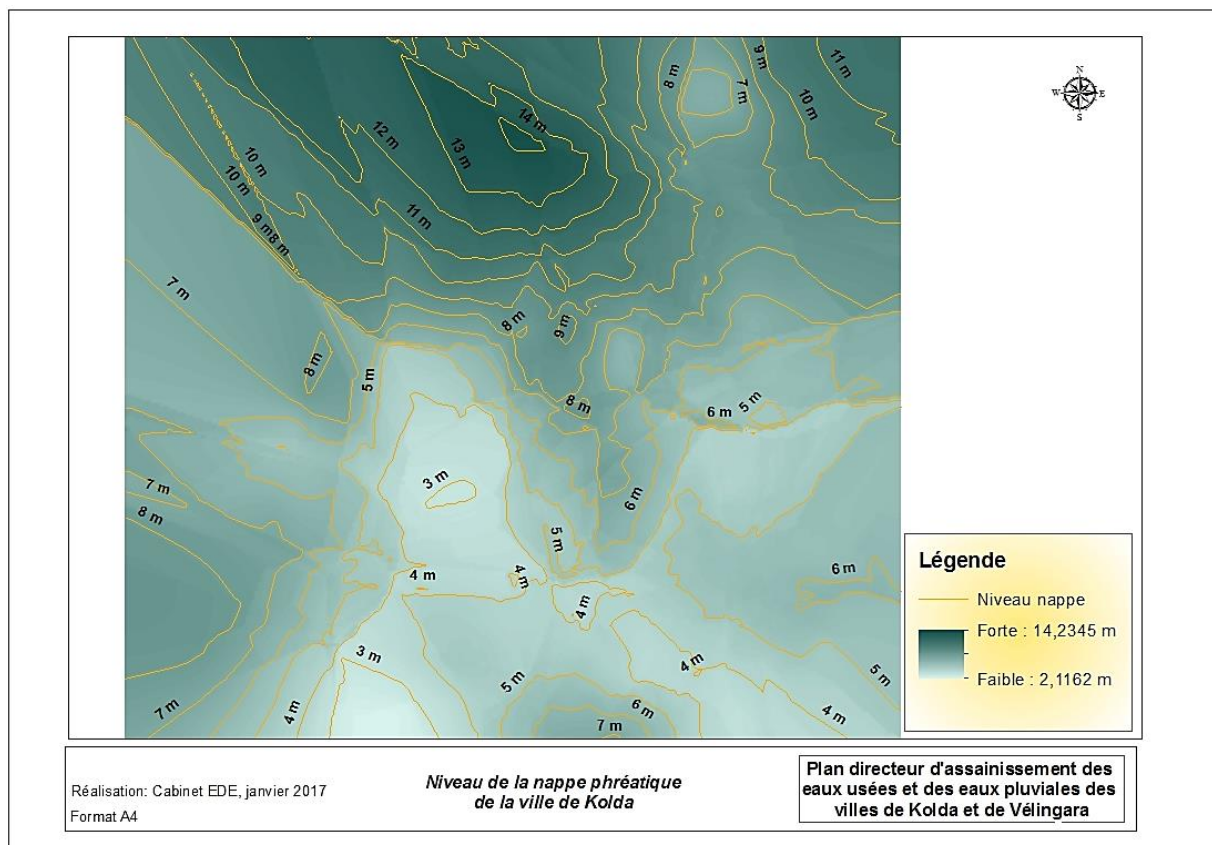
2.2.2 Hydrogéologie

Les nappes souterraines sont constamment renouvelées grâce à la forte pluviométrie et à l'existence d'un réseau de failles dans la ville de Kolda :

- L'aquifère superficiel (nappe superficielle) est contenu dans les niveaux sableux ou sablo-argileux de la zone superficielle d'altération du continental terminal. Il est libre et bien alimenté par les pluies. Les puits villageois traditionnels le captent à une profondeur variant entre 15 et 25 m sur les plateaux, voire 40 m. L'eau est de bonne qualité chimique ; mais sa position superficielle la rend toutefois vulnérable aux contaminations depuis la surface.
- La nappe semi-profonde ou aquifère captif du miocène, contenue dans les sables du miocène est captée à une profondeur inférieure à 150 m, avec des débits variant de 20 à 280 m³/h. Il comprend un ou plusieurs niveaux sableux. Il est présent sur l'ensemble des bassins, sauf à l'approche du socle et au sud de Kolda. Au nord et dans la zone de Vélingara, cet aquifère se confond à l'aquifère superficiel.
- La nappe maestrichtienne, d'une profondeur de 400 m à l'ouest de l'axe Sénoba-Bafata est accessible à moins de 160 m, au centre-sud et au sud-est de la région. Elle est logée dans le lutétien qui est exploitable à moins de 60 m par endroit, avec des débits pouvant varier entre 200 et 300 m³/h.

Le niveau de la nappe superficielle est un paramètre important dans l'évaluation de l'aptitude du sol à l'infiltration des eaux usées et des eaux pluviales.

Les fluctuations du niveau de cette nappe superficielle sont essentiellement basées sur l'évaluation du niveau des puits, lors d'une campagne de mesures du niveau de la nappe. Cette campagne menée dans les quinze (15) sous-quartiers a permis d'établir une carte de la profondeur maximale de la nappe (période d'hivernage) au travers de courbes isopièzes illustrées sur la [Carte 9](#).



Carte 9 : Carte piézométrique de la ville de Kolda

L'interprétation de cette carte nous permet de faire l'analyse suivante :

- La nappe affleure dans les zones de dépression.
- Dans les zones de plateaux, la profondeur de la nappe atteint une profondeur d'environ 15 m lorsqu'elle se trouve à son plus haut niveau (en période d'hivernage).

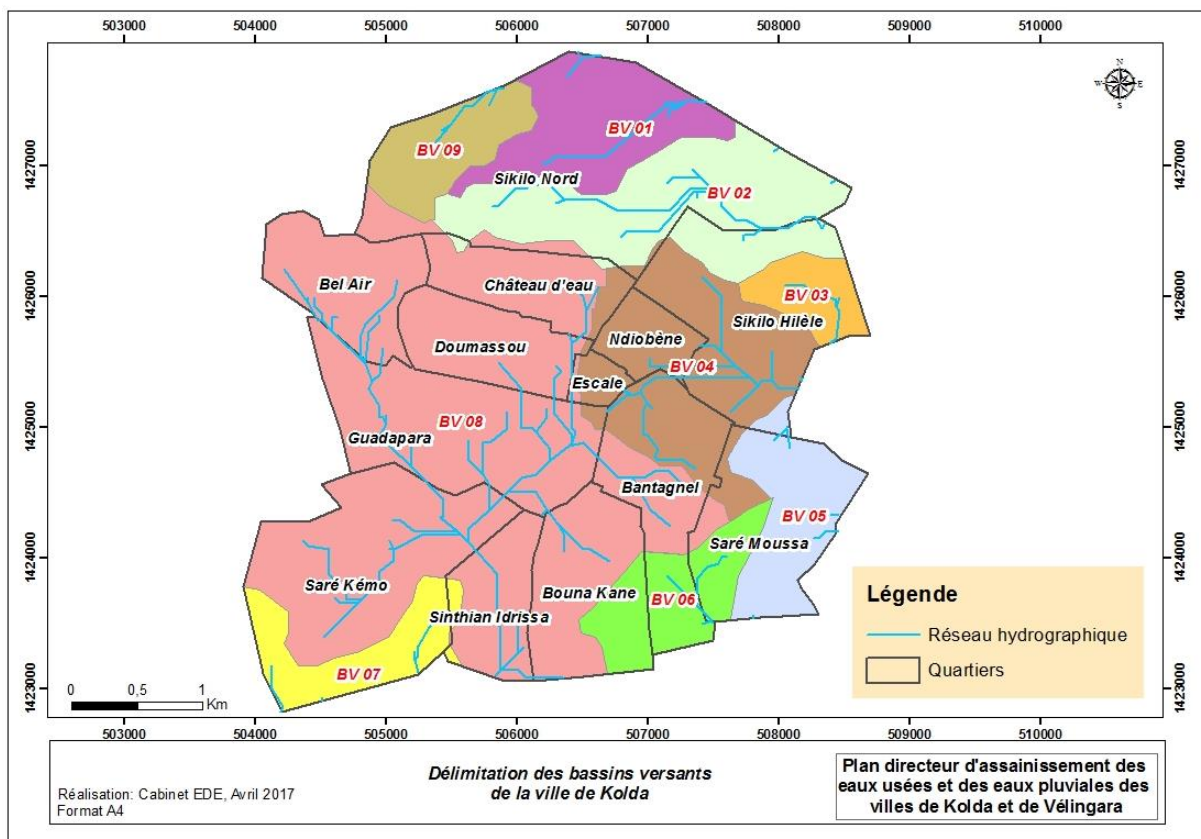
D'après les usagers, les variations saisonnières moyennes sont de l'ordre de 3 m.

2.2.3 Hydrologie

La ville de Kolda est traversée par le fleuve Casamance qui s'écoule de l'Est vers l'Ouest, en prenant sa source essentiellement à Fafacourou, à une cinquantaine de kilomètres de Kolda. Son régime, à Kolda, a un caractère saisonnier, car l'écoulement est observé de juin à mars et le reste de l'année, le cours d'eau est à sec par endroits.

Principal exutoire des eaux de ruissellement de la ville de Kolda, le Fleuve Casamance peut être pris en considération comme exutoire des réseaux d'assainissement d'eaux pluviales et d'eaux usées traitées. Son régime hydrologique varie en fonction des saisons, avec un niveau d'eau minimal journalier de 0,64 m entre les mois de Janvier et Juin et un niveau d'eau maximal journalier de 3,29 m entre les mois de Juillet et Septembre (*Source ORSTOM*). Malheureusement, les populations riveraines en ont fait un dépotoir de déchets d'origines diverses, alors que ses abords immédiats sont utilisés pour les cultures maraîchères en période d'étiage.

La Carte 10 ci-dessous donne une vue d'ensemble du réseau hydrographique et des bassins versants existant dans la zone d'étude. La plupart de ces bassins versants sont interconnectés et ont comme exutoire principal, le fleuve Casamance.



Carte 10 : Réseau hydrographique de la ville de Kolda

2.2.4 Climat et végétation

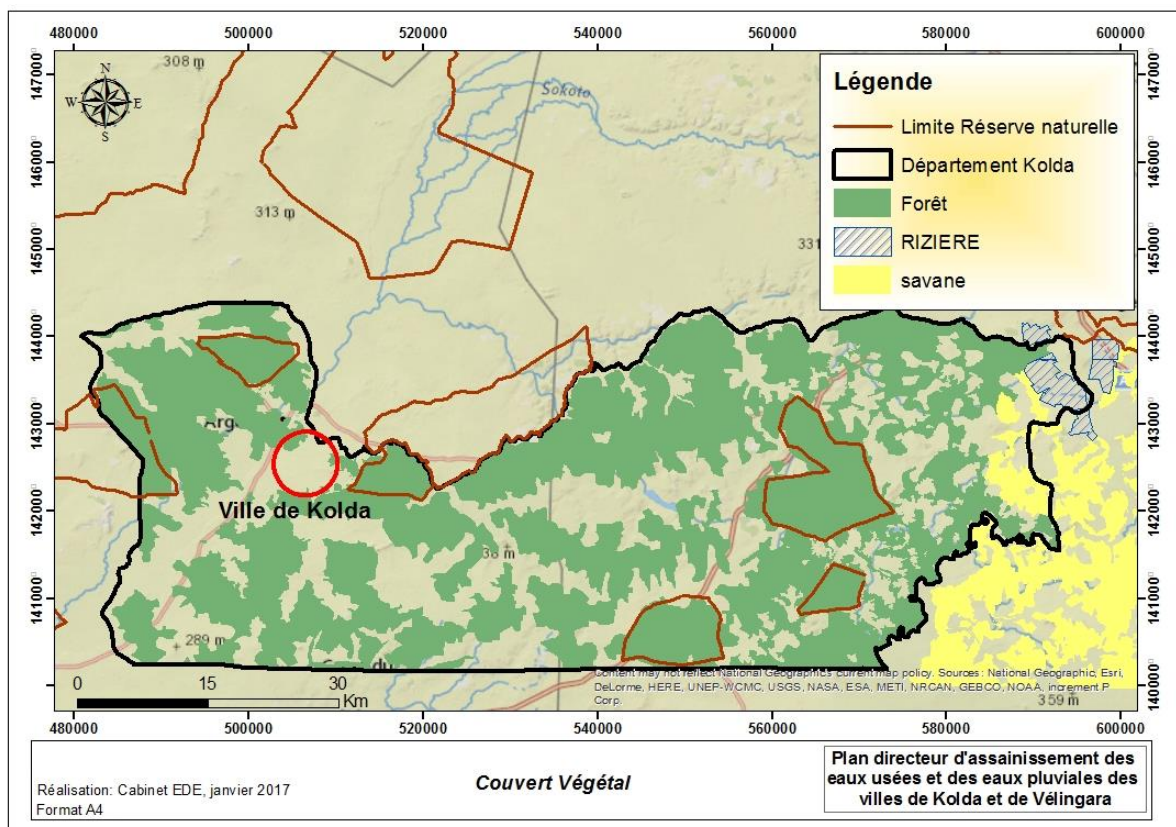
La ville de Kolda a un climat chaud et sec de type soudano-guinéen. Ce climat est caractérisé par des températures élevées et des vents relativement calmes (vitesse maximale 3 m/s).

En effet, les températures atteignent 28°C de moyenne annuelle et sont à fortes amplitudes thermiques, avec un minimum de 20,3°C et un maximum de 35,4°C. Ces températures, conjuguées à une insolation qui dépasse 2500 heures/an, avec une radiation élevée de l'ordre de 580 cal/cm²/j et une humidité relative de 97 % en saison pluvieuse, provoquent une évapotranspiration potentielle (ETP) annuelle d'environ 2100 mm.

Les vents qui sont dominants dans la région de Kolda sont constitués par l'alizé continental, chaud et sec (Nord-Est) et la mousson qui souffle du Sud-Est et apporte la pluie. Ainsi, la pluviométrie est favorable et dépasse parfois 1000 mm par an pour 72 jours de pluie (pluviométrie moyenne entre 800 et 1500 mm entre 1997 et 2016). Elle constitue une contrainte pour la commune, avec les eaux de ruissellement qui dégradent et érodent la voirie et les ruelles urbaines. Les débris charriés vers le fleuve contribuent à son comblement manifeste.

Le type de végétation existant aux alentours de la ville de Kolda est déterminé essentiellement par le niveau pluviométrique, les activités anthropiques et parfois la nature de la roche mère. Ainsi, on y trouve des savanes boisées sur les plateaux et des forêts galeries ou prairies de marécages dans les vallées. Une forêt classée appelé le « Mahon » existe à la périphérie de la commune de Kolda, sur la route de Vélingara.

La Carte 11 donne une représentation de l'étendue du couvert végétal de la zone d'étude.



Carte 11 : Carte du couvert végétal

2.2.5 Courbe IDF et pluie projet

Les courbes Intensités–Durées–Fréquence (IDF) utilisées dans le cadre de cette étude sont le résultat d'une détermination statistique des enregistrements de plusieurs stations pluviométriques dans le sud du Sénégal¹. Elles donnent la relation entre la durée d'une pluie et son intensité et expriment la relation de probabilité entre l'intensité et le temps de retour d'un événement pluvieux d'une intensité donnée. Elles ont été élaborées pour des temps de retour de 2, 5, 10 et 20 ans et pour des durées jusqu'à 180 minutes.

La Figure 1 ci-après donne les courbes IDF pour des périodes de retour de 2, 5, 10, 20 ans pour la zone pluviométrique Sud du Sénégal dont fait partie la ville de Kolda.

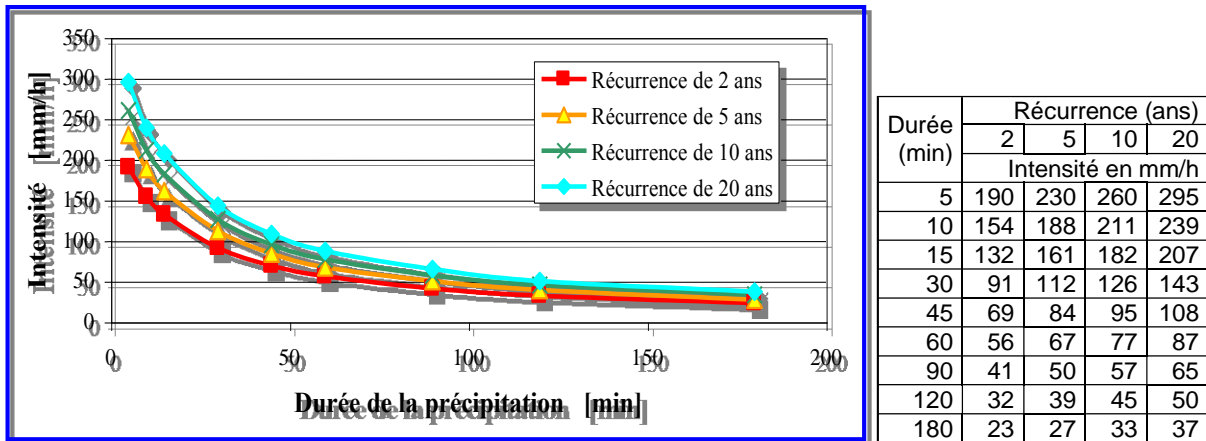


Figure 1 : Courbes Intensités – Durées – Fréquence

Statistiquement, les pluies de courte durée sont d'une intensité moyenne plus élevée que les pluies de longue durée. Sachant que les pluies de fortes intensités sont rares, la courbe IDF qui a été choisie dans le cadre de cette étude est celle de période de retour 20 ans, avec des coefficients de Montana $a = 15,59$ et $b = 0,59$.

La pluie projet construite sur la base de cette courbe IDF fournit pour chaque durée (donc pour chaque temps de concentration) l'intensité d'averse statistiquement maximale, donc sécuritaire vis-à-vis du dimensionnement. Les coefficients de Montana a et b ont servi de données d'entrée dans le logiciel MENSURA en vue de la génération de la pluie de projet, établie suivant la méthode double-triangle de Desbordes pour une pluie de durée 1 h, de période intense 15 min et de période de retour de 20 ans. La figure 2 ci-après représente le hyétogramme associé à cette pluie de projet.

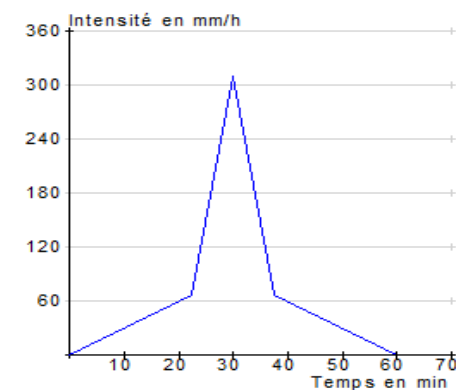


Figure 2 : Hyétogramme

¹ Etude de plans directeurs d'assainissement de 19 centres urbains du Sénégal, Mission I, Scandia consult International / SENETI

2.3 Milieu urbain

2.3.1 Urbanisation et occupation du sol

La commune de Kolda s'étend actuellement sur une superficie de 2377 ha, avec un taux d'occupation d'environ 93 %. Elle compte quinze (15) quartiers, à savoir Doumassou, Gadapara (dont le centre-ville Escale), Saré Kémo, Sikilo Nord-Est, Sikilo Ouest (dont Château d'eau), Zone lycée, Hillèle, Ndiobène, Bel Air, Médina Chérif, Bantagnol, Bouna Kane, Saré Moussa, Sinthian Idrissa et Sinthian Tountouroun. Malgré son étendue, un projet d'extension est en cours d'instruction pour résoudre les problèmes d'espaces existants avec l'urbanisation galopante de la ville.

Des projets de lotissement ont été réalisés dans les communautés rurales de Dioulacolon et de Saré Bidji. Des lotissements récents ont également été réalisés dans la zone Elevage et à Sikilo zone lycée, mais les parcelles n'ont pas encore fait l'objet d'affectation et d'installation. Donc, hormis le domaine du Centre de Recherche en Zootechnique (CRZ) qui bloque, à l'ouest, la progression des nouvelles constructions et lotissements, les communautés rurales de Dioulacolon, Saré Bidji et Bignarabé ont dû céder une partie de leurs terres sous l'effet du boom démographique noté dans la nouvelle capitale du Fouladou.

Il existe donc de véritables contraintes spatiales et juridiques à l'extension de la ville. Mais selon l'audit urbain, organisationnel et financier de la ville de Kolda, un projet de nouveau périmètre communal permettra de porter la superficie communale à 45 584 ha pour couvrir les besoins d'extension. Le périmètre communal futur sera délimité par les points ci-après :

- 7 km du Pont vers Ziguinchor (Route) ;
- 5,2 km du Pont vers Vélingara (Route) ;
- 5,35 km du carrefour de l'hôtel de ville sur la route Dianah Malaré ;
- 4,3 km du carrefour de l'hôtel de ville vers l'aéroport.

La Direction de l'Urbanisme et de l'Aménagement du territoire est également en train de travailler sur la mise en place d'une zone d'aménagement concertée (ZAC) qui permettra de désengorger la ville de Kolda.

2.3.2 Accès et usage de l'eau

Le taux d'accès global à l'eau potable de la commune de Kolda a été établi à 46,7% dont 45,3% par adduction d'eau (AEP) pour une consommation spécifique de 35 L/j/hab. L'alimentation en eau potable est assurée par un forage de 86 m³/h équipé d'un réservoir d'une capacité de 600 m³ et un réseau de distribution de plus de 151 km. Un 2^{ème} forage a été réalisé à Kolda par la SONES pour renforcer le service, mais à côté du réseau de distribution de la SDE, 69 % de la population de Kolda continuent de s'approvisionner à l'aide de puits, soit pour l'eau de consommation, soit pour l'eau de ménage.

A l'exception du quartier Centre, tous les autres quartiers nécessitent des extensions du réseau d'alimentation en eau potable et le renforcement des branchements sociaux pour leur mise à niveau.

Les clients de la SDE ont été classés en trois grandes catégories : les abonnés domestiques (ménages), les abonnés du secteur public (officiels) et les abonnés du secteur privé (affaires). En effet, outre les usagers domestiques, il y a également les gros consommateurs à prendre en compte, à savoir les administrations, les établissements scolaires, les hôtels, les casernes militaires, l'hôpital régional, les centres de santé, la gare routière, les stades, etc.

En 2015, le nombre d'abonnés s'élevait à 3989 abonnés pour un volume total annuel d'eau consommée de 798 872 m³. Cette consommation est répartie par catégorie, de la manière suivante :

Catégorie	Nombre d'abonnés	Consommation annuelle (m ³)
Ménages	3 842	488 924
Officiels	95	283 736
Affaires	52	26 212
TOTAL	3 989	798 872

Tableau 2 : Consommation en eau potable par catégorie d'abonnés à la SDE en 2015

Les consommations d'eau les plus élevées sont notées au niveau des ménages, les services administratifs, institutions privées et industries occupant un faible pourcentage de la population communale.

Ayant émis l'hypothèse selon laquelle la consommation augmentait de 5 % entre 2015 et 2020, puis graduellement à 10 % entre 2020 et 2030, le Consultant a estimé la consommation spécifique des ménages à 60 L/hab./j en 2030. Le tableau suivant donne l'évolution de cette consommation spécifique jusqu'à l'horizon du projet.

Année	2015	2020	2025	2030
Consommation spécifique (L/hab/j)	35	37	47	60

Tableau 3 : Evolution de la consommation spécifique jusqu'à l'horizon du projet

2.3.3 Réseau routier

Côté infrastructures, en plus des routes nationales qui s'entrecroisent au centre-ville, la ville de Kolda totalise depuis 2006 près de 20 kilomètres de linéaires de voiries principales et secondaires qui permettent de parcourir en un temps record des quartiers périphériques comme Médina Chérif, le Plateau et même les profondeurs de Saré Moussa et Sikilo. Malgré ces travaux importants, les routes existantes demeurent insuffisantes, sans compter qu'elles se dégradent par endroits du fait de l'absence de trottoirs et du ravinement causé par le ruissellement des eaux de pluies.

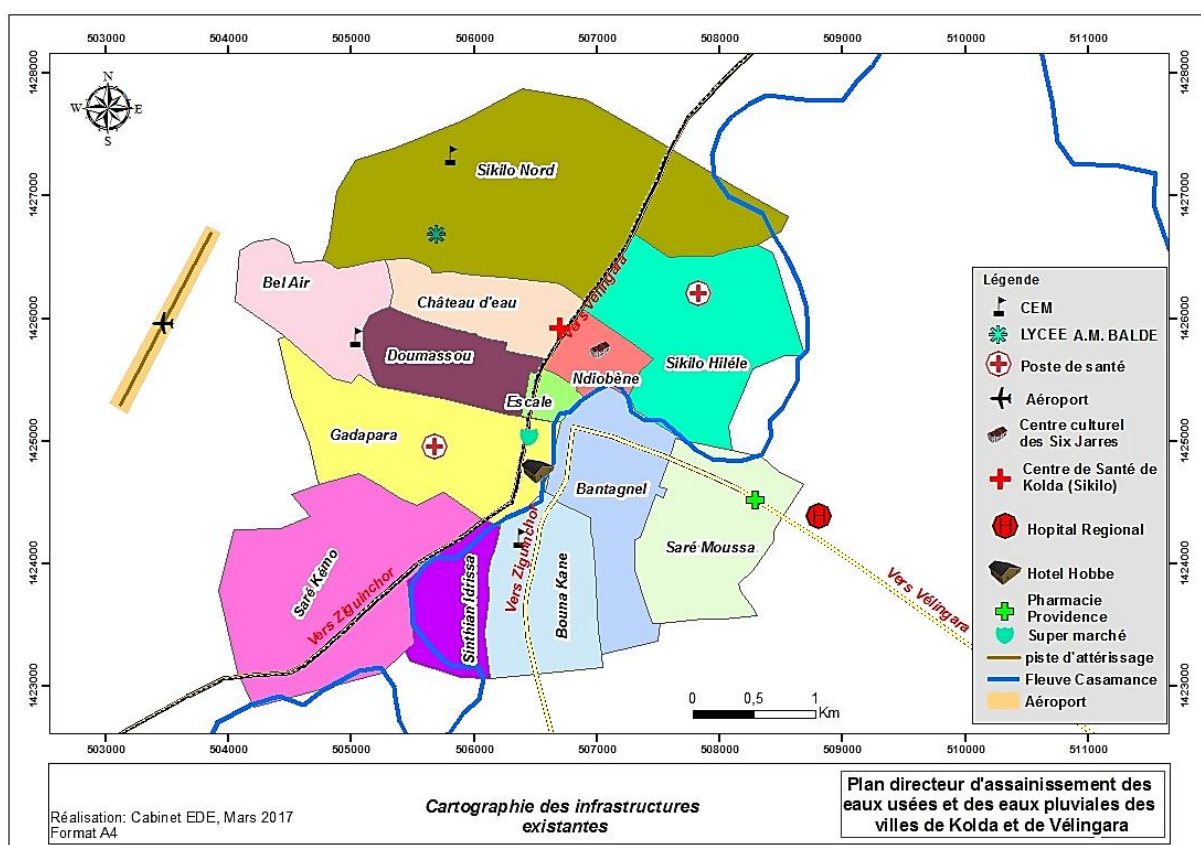
La ville de Kolda n'est également pas suffisamment desservie en éclairage public. Elle bénéficie certes de réseaux enterrés pour l'alimentation électrique des concessions et l'éclairage public au niveau de la Place de la mairie et alentours, de la route Saré Kémo, la route de Saré Moussa, la route de Bouna Kane, la route du centre de santé trypano et la place de la Gouvernance. Mais cet éclairage public doit être renforcé dans tous les quartiers périphériques.

Pour pallier ce déficit, les réalisations suivantes sont envisagées :

- la construction de routes bitumées à Illèle ;
- la construction d'un pont entre Sikilo et Illèle ;
- le recensement et l'ouverture des voies dans tous les quartiers ;
- la construction d'un pont sur le fleuve pour désenclaver Sinthiang Idrissa ;
- la construction d'un pont en béton armé (Saré Kémo-Sinthiang Idrissa-Bouna Kane) ;
- la construction d'un pont en béton armé Ndiobène-Bantagnol ;
- la construction d'un pont en béton armé Ndiobène II-Saré Moussa ;
- la construction d'un pont en béton armé Illèle-Faraba-Hôpital régional ;
- la construction d'une route en enrobés denses, y compris trottoirs : voie de contournement Est ;
- la construction d'une route en enrobés denses, y compris trottoirs et ouvrages d'arts : voie de contournement Ouest ;
- la construction d'une route en enrobés denses, y compris trottoirs et ouvrages d'arts (voie de desserte carrefour gendarmerie-trypano-Saré Dianfo-Ecole Mr SANE) ;
- la construction d'une route en enrobés denses, y compris trottoirs et ouvrages d'arts sur 1,2 km (voie de desserte Paierie régional-Camp militaire-Nord école Abdoulaye Diallo) ;
- la construction d'une route en enrobés denses, y compris trottoirs et ouvrages d'arts sur 1,8 km (voie de desserte Hydraulique-Cour Préfecture-Camp du GMI) ;
- la construction d'une route en enrobés sur 2,7 km (voie de desserte N°1 Château d'eau-Mosquée Ndiobène-Fleuve) ;
- la construction d'une route en enrobés denses du quartier Bouna au Pont Illèle, y compris ouvrages d'art ;
- la construction d'un dalot cadre en béton armé entre logement commissaire et le siège des anciens combattants ;
- la construction d'une route en enrobés avec trottoirs sur 3,1 km (Centre de santé-Trypano-Lycée-Ecole primaire derrière lycée) ;

- la construction d'une route en enrobés sur 0,9 km (voie de desserte Cimetière-Gadapara) ;
- la construction d'une route en enrobés avec trottoirs sur 2,1 km (voie de desserte Centre de santé-BMS-Gare routière) ;
- la construction d'une route en enrobés avec trottoirs sur 2 km (voie de desserte Camp GMI IIIèle);
- la construction de voiries secondaires ;
- la réhabilitation du pont Abdou Diallo.

La Carte 12 ci-après représente une partie des infrastructures majeures existantes dans la ville de Kolda.



Carte 12 : Infrastructures existantes dans la commune de Kolda

2.4 Milieu humain

2.4.1 Evolution et répartition spatiale de la population

Sur la base des données du Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE) de 2013, la commune de Kolda comptait à la même année 81 099 habitants. Avec un taux de croissance démographique moyen de 3,2 %, la population de la ville de Kolda atteindra 138 042 habitants en 2030.

En effet, en considérant que tous les quartiers de la zone d'étude sont habités avec un taux d'occupation de 100%, excepté celui de la zone d'extension qui est estimé à 75%, son évolution entre 2015 et 2030 se présente comme suit dans le tableau 4 ci-dessous :

Année	2015	2020	2025	2030
Population	86 157	94 519	117 970	138 042

Tableau 4 : Projections de la population de Kolda à l'horizon 2030

Avec la densification du tissu urbain, le développement des activités économiques et l'extension de la ville vers les communautés rurales environnantes telles que Saré Bidji, Dioulacolon et Bignarabé, la commune de Kolda est entièrement occupée. Sa population est répartie dans les quinze (15) quartiers de la ville, suivant le tableau 5 ci-dessous :

Quartiers	Surface (ha)	Population projetée en 2015	Population projetée en 2030	% population
Quartier Bouna	116,7	4 228	6 774	4,9
Saré Moussa	137,0	4 964	7 953	5,8
Saré Kémo	243,2	8 814	14 122	10,2
Bel Air	89,1	3 229	5 173	3,7
Gadapara	173,1	6 273	10 051	7,3
Sikilo Illèle	182,1	6 600	10 574	7,7
Bantagnel	122,5	4 440	7 114	5,2
Sinthian Idrissa	67,4	2 441	3 912	2,8
Doumassou	78,6	2 848	4 564	3,3
Escale	14,9	539	863	0,6
Sikilo Nord	379,4	13 752	22 034	16
Ndiobène	36,6	1 328	2 127	1,5
Château d'eau	75,1	2 723	4 364	3,2
Kolda Extension	661,6	23 978	38 418	27,8
TOTAL	2377,2	86 157	138 042	100

Tableau 5 : Répartition de la population de Kolda par quartier

2.4.2 Structure socio-économique

Les ménages de Kolda sont constitués en moyenne de 10 personnes. Près de trois quarts des ménages les plus pauvres possèdent des maisons individuelles (74 %), mais 18 % des ménages, en général les plus aisés, vivent dans des concessions, à raison de 2 ménages en moyenne. Ils sont principalement composés d'adultes âgés de 15 à 64 ans puis d'enfants de 6 à 14 ans, mais ne comportent, pour la plupart, pas de personnes âgées de 65 ans ou plus. On n'y dénombre autant d'hommes que de femmes.

La moyenne des chefs de ménages a un niveau d'éducation primaire. Plus du quart des chefs de ménages sont inactifs (29 %). Cela peut s'expliquer en partie par leur âge plutôt élevé : 15 % des chefs de ménages ont 65 ans ou plus. Parmi les actifs, les catégories les plus représentées sont celles des professions intermédiaires (15 %), devant les personnels des services directs aux particuliers, y compris les commerçants et vendeurs (14 %).

Les enquêtes-ménages montrent que leurs revenus d'activités sont faibles (moins de 50 000 FCFA/mois pour 47 % des répondants). En complément de ceux-ci, 26 % des ménages bénéficient d'un appui financier extérieur compris entre 100 000 et 150 000 FCFA/an en moyenne.

En ce qui concerne la situation épidémiologique, l'on note que :

- 36 % des ménages ayant des enfants indiquent qu'au moins un de leurs enfants a été malade au cours de l'année passée ; les maladies les plus fréquentes sont le paludisme (24 %) et les diarrhées (12 %).
- 17 % des ménages indiquent qu'au moins un de leurs adultes a été malade au cours de l'année passée ; la principale maladie observée est le paludisme (13 %).

Lorsqu'un enfant est malade, il est amené à l'hôpital ou au centre de santé dans 95 % des cas. Dans 2% des cas, on lui donne des médicaments directement, sans consulter un médecin, mais en demandant éventuellement conseil au pharmacien. La médecine traditionnelle est utilisée pour les enfants par moins de 1 % des ménages, exclusivement parmi les plus pauvres. Enfin, 3 % des ménages déclarent ne rien faire lorsqu'un enfant est malade et simplement attendre que cela passe.

6 % des ménages ne dépensent rien lorsque leur enfant est malade, grâce à la gratuité des soins pour les enfants de 0 à 5 ans. Les deux tiers des ménages dépensent moins de 10 000 FCFA/an pour le traitement des maladies de leurs enfants.

Lorsqu'un adulte est malade, il se rend au centre de santé ou à l'hôpital dans 89 % des cas, un taux plus faible que pour les enfants. 8 % des répondants déclarent ne rien faire lorsqu'un adulte a l'une de ces maladies. Le coût du traitement des maladies des adultes est plus élevé que celui des enfants. Il dépasse les 25 000 FCFA/an pour 46 % des ménages ayant eu un adulte malade au cours de l'année.

Pour y remédier, des ouvrages d'assainissement publics seront prévus dans le cadre de ce projet pour les aider à améliorer leurs systèmes d'assainissement. A cet effet, différents types d'ouvrages leur ont été proposés, comme mentionné dans le tableau 6 ci-dessous :

	1er quintile	2e quintile	3e quintile	4e quintile	5e quintile	Total
Nouvelles toilettes	23,7%	35,3%	54,5%	67,2%	74,8%	51,3%
Cabine	3,4%	5,2%	6,5%	10,9%	8,4%	6,9%
Chaise	3,4%	2,6%	4,1%	4,2%	0,8%	3,0%
Fosse	11,0%	15,5%	18,7%	15,1%	16,8%	15,5%
Réseau d'égout	15,3%	14,7%	17,9%	13,4%	21,8%	16,6%
Aucune amélioration	51,7%	41,4%	18,7%	16,8%	8,4%	27,2%

Tableau 6 : Améliorations souhaitées du système d'assainissement

Concernant les toilettes, deux types d'ouvrages ont été proposés aux populations : 85 % se déclarent intéressés par les TCM et 62 % par les VIP. Les demandes sont reportées en pourcentages, en fonction des quintiles de richesse, dans le tableau 7 ci-dessous :

	1er quintile	2e quintile	3e quintile	4e quintile	5e quintile	Total
TCM	93,1%	97,6%	92,6%	76,5%	79,8%	85,4%
VIP	69,0%	73,8%	64,7%	56,8%	57,3%	62,1%

Tableau 7 : Intérêt pour les TCM et les VIP

En moyenne, les ménages expriment une volonté à payer leur système d'assainissement de 22 100 FCFA (médiane : 10 000 FCFA). Ce montant est très faible par rapport au coût réel des améliorations souhaitées.

2.4.3 Secteurs d'activités économiques liés à l'assainissement

Les secteurs suivants, qui constituent les domaines d'activités phares des populations de Kolda, peuvent :

- pour certains, avoir un impact non négligeable sur la qualité des effluents évacués dans les réseaux d'assainissement ou la viabilité des ouvrages d'assainissement ;
- pour d'autres, bénéficier des avantages induits par le traitement et/ou la réutilisation des eaux usées et des eaux pluviales mais aussi par la renaturation du fleuve Casamance.

Il s'agit entre autres de :

L'Agriculture

Bien que la commune de Kolda soit une commune à vocation urbaine, l'agriculture reste une des activités phares des populations. Des cultures vivrières comme les céréales (maïs, mil, sorgho et riz) et des cultures commerciales comme l'arachide et le coton sont cultivés essentiellement sur les terres des communautés rurales environnantes (Dioulacolon, Saré Bidji, Bignarabé) et ceux du Centre de recherche zootechnique (CRZ). Des rizières existent dans les quartiers de Bantagnel, Saré Moussa, Bouna Kane, Sinthiang Idrissa, Gadapara et Illèle.

Les femmes pratiquent également le maraîchage dans le lit majeur du fleuve Casamance. Elles cultivent principalement l'oseille, le gombo, le piment, la tomate, etc., mais n'ont pas de périmètres maraîchers spécialement aménagés à cette fin, alors que le marché est bien réel. Le maraîchage contribue à l'amélioration de la qualité nutritionnelle de la population mais également aux recettes municipales, de par les taxes perçues sur le commerce des produits. On note aussi l'existence de plusieurs vergers de manguiers en zone périurbaine.

L'Élevage

L'élevage représente une activité assez importante dans la commune de Kolda qui garde quand-même un caractère rural assez marqué. Il est pratiqué par tous, dans un milieu naturel favorable au développement pastoral, malgré les aléas climatiques. La vocation pastorale très marquée de la commune est en partie due à une pluviométrie relativement bonne, à la richesse des parcours naturels, à l'abondance des résidus de récolte et à la diversité des espèces élevées. On y trouve toutes les espèces domestiques : ovins, caprins, porcins, asins, équins, volaille, etc.

L'exploitation et la valorisation de l'élevage se font à travers le commerce des animaux, la transformation et la conservation du lait. La commune de Kolda compte huit unités de transformation et de valorisation des produits laitiers et un Comité interprofessionnel des acteurs de la filière lait local (CINAFIL).

La Pêche

La pêche ne constitue pas un secteur très important dans la commune de Kolda. L'affluent du fleuve Casamance, le Sougrougrou, qui passe à l'intérieur de la ville, permet aux populations riveraines de pratiquer, à une échelle réduite, un type de pêche artisanal qui se limite à la consommation locale.

On note cependant une baisse de la production depuis quelques années due notamment à l'ensablement et à la pollution des cours d'eau par les eaux usées et les déchets solides. Cette situation devient de plus en plus catastrophique pour la faune aquatique. Une véritable réhabilitation des cours d'eau est nécessaire pour rétablir l'équilibre écologique, notamment par leur dragage et l'épuration des eaux usées.

Le Tourisme

Le tourisme à Kolda est essentiellement orienté vers le tourisme cynégétique qui profite de l'importance de la ressource faunique de la région. Il s'agit d'un tourisme saisonnier qui dure environ 6 mois. Sans compter les auberges et centres d'accueil de petite taille, les infrastructures hôtelières sont au nombre de quatre (4) hôtels de moyen standing :

- Hôtel « HOBBE » : 48 chambres climatisées et ventilées avec télé et wifi, 2 salles de conférence de 30 et 50 places et un restaurant ;
- Hôtel « MOYA » : 58 chambres dont 48 climatisées et 10 ventilées, une suite, 1 salle de conférence de 70 places et 1 restaurant et 1 dancing ;
- Hôtel le « FIRDOU ».
- Le Relais hôtel : 31 chambres dont 2 suites royales, une salle de conférence d'une capacité de 300 personnes et une piscine.

Malgré les efforts d'extension des hôteliers, la capacité d'accueil des réceptifs est encore faible. Mais la ville peut devenir un centre touristique important (circuits à destination de la Gambie et de la Guinée Conakry) grâce à ses ressources forestières, sa faune et sa diversité culturelle.

L'Artisanat

L'artisanat est une activité qui se développe dans la ville et joue un rôle important dans le tissu économique. Il relève du secteur informel et est représenté par l'artisanat d'art (poteries, sculpture et peinture), l'artisanat utilitaire ou de production (menuiserie, soudure, tapisserie, couture, textile, etc.), l'artisanat de service (mécanique, plomberie, bâtiment, blanchisserie, mécanique auto, vélos et motos...) et les réparations diverses.

Les ateliers de ces artisans sont disséminés dans les différents quartiers de la ville avec évidemment une tendance à la concentration dans et aux alentours du marché central.

L'Industrie

La ville de Kolda a un très faible niveau d'industrialisation qui limite fortement les opportunités de création d'emploi pour les jeunes. L'industrie est présente à travers l'usine d'égrenage de coton installée dans la ville par la SODEFITEX, qui joue un rôle important dans le tissu économique et social de la commune, à travers les emplois qu'elle crée.

Sur le plan social, la SODEFITEX s'investit dans l'encadrement de la production céréalière avec ses activités d'accompagnement dans la formation technique, l'alphabétisation et la formation en gestion. Elle investit également dans la mise en place de la ceinture laitière de Kolda.

A côté de la SODEFITEX, Kolda dispose également d'une unité de production d'électricité, d'une fabrique de glace alimentaire et de huit unités de transformation et de valorisation des produits laitiers. Il n'y existe pas d'abattoir moderne, l'abattage des animaux est réalisé de manière artisanale.

On note aussi la présence de quatre (4) stations d'essence dans la ville.

Le Transport urbain

Le transport urbain n'est pas assez bien développé dans la commune. Il est quand-même largement impacté par la dégradation des voiries urbaines due aux inondations, à l'érosion et au ravinement provoqué par le ruissellement ou la stagnation des eaux pluviales.

Concernant le transport inter-urbain, les infrastructures d'appui se limitent à la gare routière de Saré Kémo qui est la seule fonctionnelle. De cette gare, s'organise le transport interne à la région mais aussi vers les autres régions du Sénégal (Sédhiou, Ziguinchor, Tambacounda, Dakar etc.) et les pays frontaliers. Malgré son importance, l'infrastructure est en cours de dégradation : le cadre de vie n'est pas des meilleurs, avec un bloc sanitaire trop petit par rapport au nombre d'usagers. Aussi, pendant l'hivernage, les eaux de pluies stagnent devant l'entrée de la gare routière, ce qui pose un véritable problème d'accès pendant cette période de l'année. C'est pourquoi la délocalisation de la gare routière est devenue une priorité pour la commune qui souhaiterait la rendre plus confortable et plus sécurisée.

Par ailleurs, la ville de Kolda abrite également l'aéroport de Saré Bidji qui accueille presque exclusivement des vols militaires, les vols civils étant assez rares. Sa desserte régulière par la compagnie Transair devrait contribuer au désenclavement de la région et éviterait aux populations de se déplacer sur Ziguinchor pour prendre l'avion.

2.5 Description des problèmes d'assainissement

2.5.1 Problématique liée à la gestion des eaux usées

A Kolda, 99 % des ménages ont accès à des toilettes à leur domicile, mais le système le plus utilisé est la fosse perdue et les latrines traditionnelles. En effet, une infime partie des habitations possède une fosse étanche. 36 % des ménages disposant de latrines traditionnelles déclarent creuser une nouvelle fosse lorsque la première est remplie. Rares sont donc ceux qui font appel à un camion de vidange mécanique, surtout que la vidange manuelle est fréquemment pratiquée à un tarif moyen de 25 000 FCFA. Malheureusement, les produits issus de la vidange sont souvent rejetés dans la nature.

Par ailleurs, dans certains quartiers situés dans les zones basses de la ville (Gadapara, Bantagnol, Ndiobène, Saré Moussa, Bouna Kane), les eaux usées transitent par des installations généralement vétustes et rudimentaires et de ce fait, s'infiltrent et contaminent rapidement cette nappe phréatique très superficielle par endroits et trop souvent utilisée par les populations, pour l'approvisionnement en eau de boisson.

La densification urbaine entraîne la promiscuité et provoque souvent le creusement de puits de plus en plus proches des latrines ou puits perdus. Cette pratique comporte des risques sur la santé des populations qui ne sont pas conscients du danger occasionné par la pollution de la nappe due à l'installation inapproprié et anarchique de leurs latrines traditionnelles, largement dominantes dans le milieu. Les populations, qui ne disposent ni de fosses traditionnelles, ni de fosses étanches, font leurs besoins dans la nature avec des risques accrus de contamination de la nappe.

Par ailleurs, près de deux ménages sur trois rejettent leurs eaux grises (douches, cuisine, etc.) directement dans leur cour (63 %) et seulement un quart des ménages évacuent leurs eaux grises soit dans la même fosse que les toilettes (13 %), soit dans un puisard (13 %). Autrement, les 12 % des ménages rejettent leurs eaux grises à l'extérieur ou dans les caniveaux des eaux pluviales.

Des situations problématiques existent plus particulièrement autour des secteurs marchands (marché central, marché aux poissons, etc.) dans lesquels l'absence ou le nombre insuffisant d'édicules provoquent la création d'îlots d'insalubrité où le péril fécal est particulièrement marqué.

La réactualisation et la mise en œuvre du PDA de Kolda devraient ainsi contribuer à une meilleure gestion des eaux usées.



Photo 2 : Latrine traditionnelle - WC

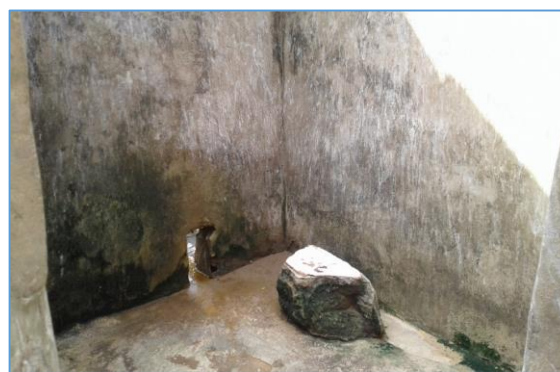


Photo 1 : Latrine traditionnelle - Salle d'eau (SDE)

2.5.2 Problématique liée à la gestion des eaux industrielles et toxiques

Les eaux industrielles et toxiques ne sont pas traitées ; elles sont directement rejetées dans les caniveaux de drainage des eaux pluviales ou dans la nature. Malgré le nombre réduit des unités industrielles et de la faiblesse de leurs débits, des ouvrages de prétraitement sont recommandés avant tout rejet dans le réseau d'égout.

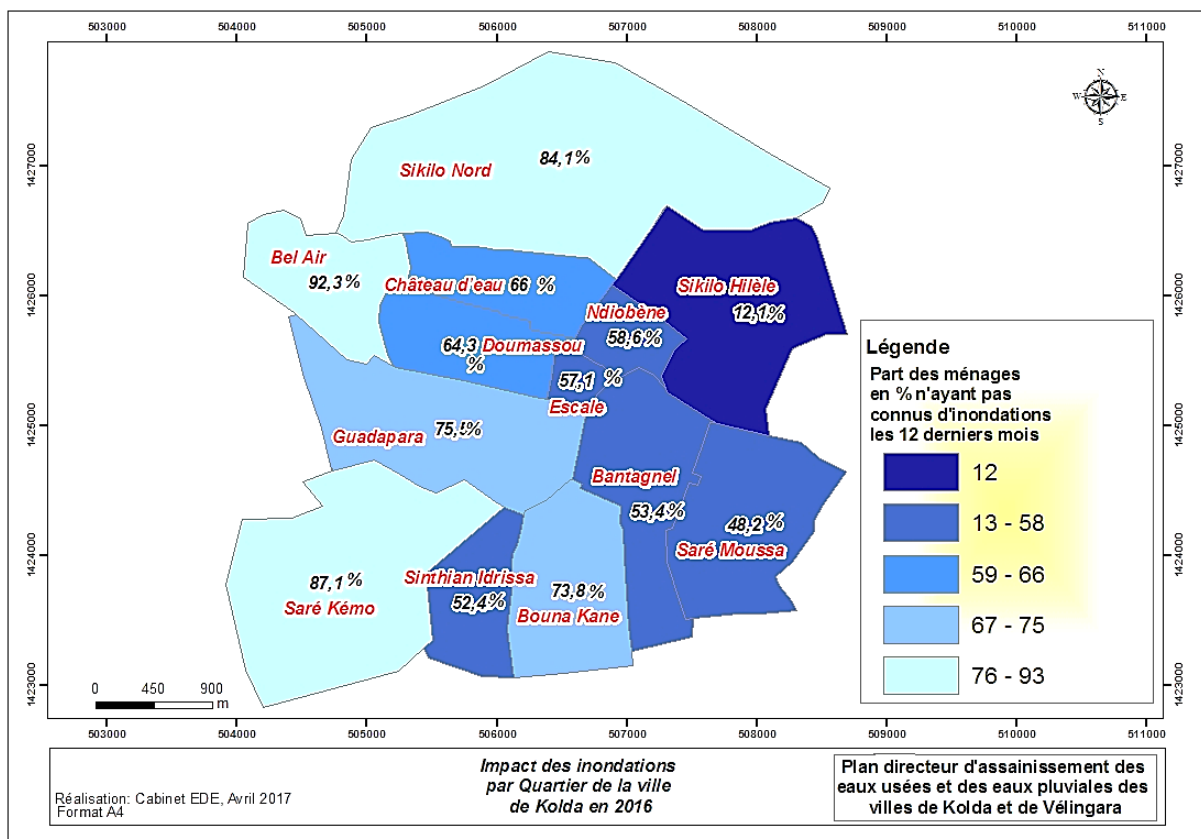
2.5.3 Problématique liée à la gestion des eaux pluviales

La faiblesse du réseau de collecte des eaux pluviales demeure l'un des problèmes majeurs de la ville de Kolda. Il existe des réseaux d'évacuation des eaux pluviales, mais ceux-ci ne sont presque plus fonctionnels car les populations n'hésitent pas à y déverser des déchets de toutes sortes. Cette situation amplifie la stagnation des eaux pluviales dans les points bas de la ville (surtout au centre-ville), créant ainsi d'énormes problèmes de santé et de nuisances pour la population.

En effet, chaque année pendant l'hivernage, les parties basses de la ville sont inondées. Ces zones de dépressions concernent des secteurs particulièrement sensibles :

- toutes les zones contiguës au fleuve Casamance, exutoire naturel de la ville ;
- l'Escale et ses environs, zone très fréquentée et de concentration du trafic routier ;
- le secteur dépressionnaire situé dans le quartier Gadapara et remontant vers le quartier Doumassou ;
- la dépression située non loin du pont sur le fleuve Casamance dans le quartier de Bantagnol.

Aujourd'hui, plus d'un ménage sur trois a été confronté à des problèmes d'inondations dans son voisinage au cours des douze (12) derniers mois. La Carte 13 ci-dessous illustre la part des ménages n'ayant pas connu d'inondations pendant cette période.



Carte 13 : Part des ménages n'ayant pas connu d'inondations au cours des 12 derniers mois

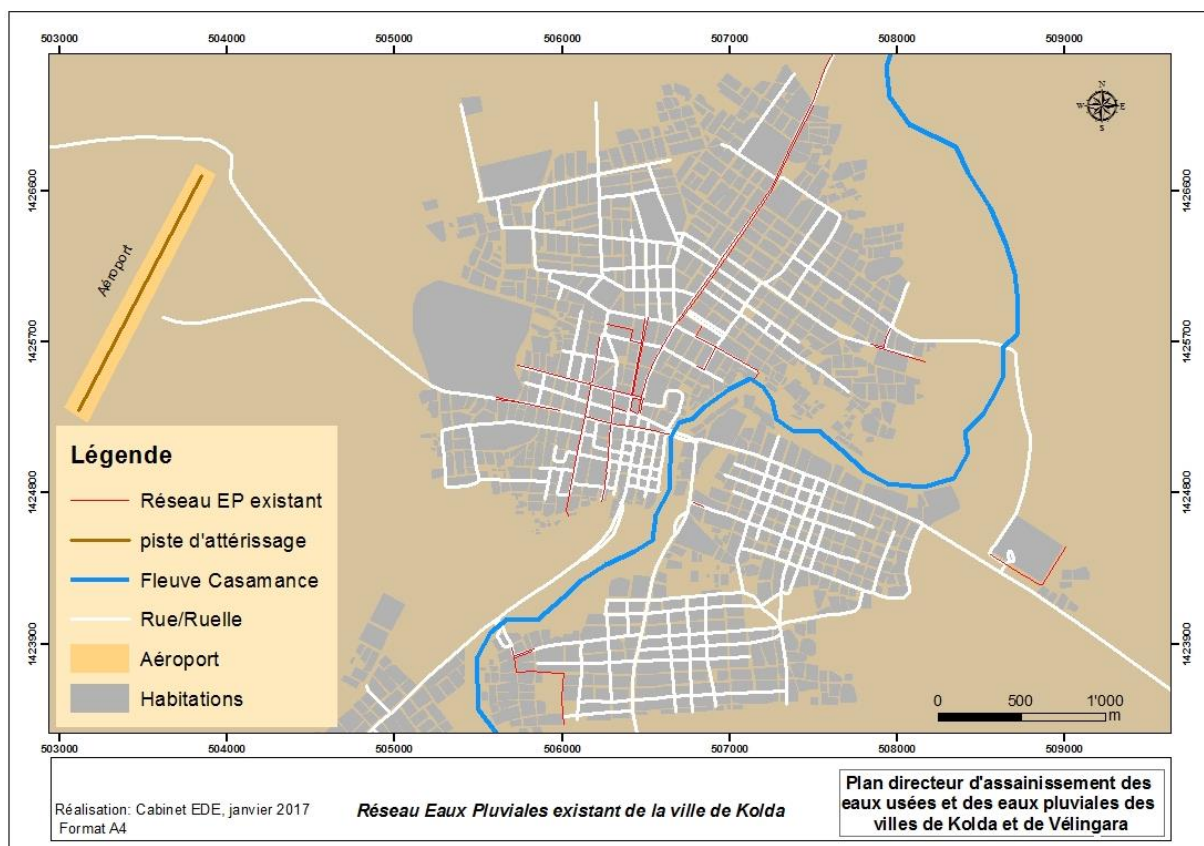
Ainsi, au moins 7 % des ménages ont dû faire face à l'inondation de leur logement. Lorsque celui-ci est inondé, l'eau est généralement évacuée manuellement, à l'aide de seaux (65 %) car le recours à des pompes reste faible, quelle que soit la zone inondée. L'eau s'évacue ainsi naturellement, par évaporation ou infiltration.

Malgré la sensibilisation de la population, l'urbanisation de ces secteurs inondables se poursuit largement, sans tenir compte du Plan Directeur d'Urbanisme (PDU) de la ville. Le ruissellement, en plus des problèmes d'inondation, cause beaucoup de dégâts à la voirie et aux habitations en banco encore très répandues. Les écoulements non canalisés ravinent la chaussée en provoquant souvent la

destruction de murs de clôture ou de bâtiments. Outre les nuisances causées par les véhicules, ce ravinement engendre des coûts non négligeables de reconstruction et de consolidation des bâtiments pour les populations. Ces phénomènes d'érosion sont surtout marqués dans les quartiers de Doumassou, Sikilo et Ndiobène (pentes fortes sur le rebord du plateau). Ceux-ci sont d'autant plus importants que les thalwegs d'écoulement naturel ont été entièrement urbanisés et bâtis.

Malgré l'existence d'un site récepteur des eaux pluviales, en l'occurrence le fleuve Casamance, la situation topographique de la ville en forme de cuvette ne permet pas une évacuation de toutes les eaux de ruissellement vers ce dernier. Cette contrainte est particulièrement notée dans le quartier de Gadapara.

Pour améliorer la situation, d'importants travaux d'assainissement ont été réalisés avec le programme spécial Indépendance 2006 qui a doté la commune d'un réseau de drainage des eaux de pluies composé de 12 200 ml de caniveaux à ciel ouvert. Le réseau existant à l'échelle de la commune est représenté sur la Carte 14 ci-après :



Carte 14 : Réseau d'eaux pluviales existant dans la ville de Kolda

Ainsi, il n'y a que la médiatrice de la ville de Kolda qui bénéficie d'un réseau de drainage des eaux pluviales. Le taux de couverture en caniveaux étant très insuffisant, de nombreux quartiers (Gadapara, Bantagnol, Bouna Kane, Saré Moussa) n'en sont pas dotés, ce qui pose un véritable problème sanitaire aux populations, surtout pendant la saison des pluies, avec les eaux qui stagnent dans les rues, accentuant ainsi l'enclavement des quartiers et la prolifération de maladies hydriques telles que le paludisme.

Ces caniveaux sont, pour la plupart, ensablés ou comblés par des déchets solides, d'où leur capacité de drainage n'est exploitée que partiellement. L'ensemble des caniveaux ont besoin d'être couverts et de faire l'objet d'un curage fréquent pour pouvoir remplir pleinement leur fonction. Une réhabilitation des caniveaux situés dans les zones de Doumassou, Bouna Kane et Bantagnol est nécessaire.

Compte tenu de tous ces aléas, l'amélioration du cadre de vie dans la commune de Kolda nécessite :

- la généralisation de la construction des caniveaux de drainage des eaux de pluies dans tous les quartiers ;
- la couverture des caniveaux à ciel ouvert ;
- le curage pré-hivernal des caniveaux ;
- la mise en œuvre d'un plan d'information et de sensibilisation en vue de changement de comportements des populations qui déversent les déchets solides dans les caniveaux.

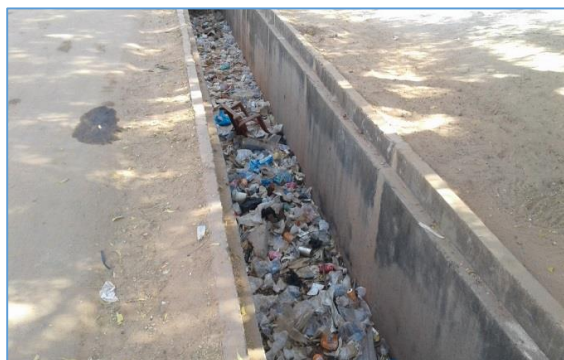


Photo 4 : Caniveau de drainage d'eaux pluviales rempli de déchets



Photo 3 : Caniveau de drainage d'eaux pluviales dans une zone de dépression à Sinthian Idrissa

2.5.4 Problématique liée à la gestion des déchets solides

La production journalière des déchets ménagers est estimée à 150 m³ pour la ville de Kolda. Un recensement des dépôts sauvages d'ordures réalisé en 2003 a montré qu'il existe plus de 80 lieux occupés par ces dépôts à travers les quartiers de la ville. Le volume estimé des déchets accumulés dans ces dépôts sauvages est d'environ 2300 m³ sur une superficie cumulée d'environ 35 000 m².²

De nombreux problèmes liés à l'insalubrité se posent donc dans tous les quartiers de la ville et encore plus dans les lieux de rassemblements publics comme les marchés. Les berges du fleuve Casamance sont envahies par des ordures ménagères, les dépôts sauvages sont recensés dans plusieurs quartiers et les rues de Kolda sont envahies d'ordures en tous genre (sacs en plastiques, boîtes métalliques, etc.).

En hivernage, les pluies torrentielles charrient tout ce qui se trouve dans les rues (eaux usées, excréments, déchets ménagers, sacs plastiques, détritiques en tous genre, cadavres d'animaux, etc.) et les transportent soit jusqu'à des mares temporaires, soit au niveau des caniveaux de drainage d'eaux pluviales non couvertes, soit directement vers le fleuve. Les places publiques et la voirie transformées en mares accumulent l'arrivée d'eaux usées et de déchets plastiques. A la fin de l'hivernage, ces mares persistent encore durant plusieurs semaines. La présence de cette eau souillée est très favorable au développement de germes pathogènes, ainsi qu'au développement des moustiques, vecteurs de paludisme.

La gestion des ordures ménagères n'est donc pas structurée et continue de poser un problème à la commune. Les moyens humains et matériels mis en œuvre sont largement insuffisants et les populations ne sont pas assez sensibilisées sur les risques sanitaires liés à l'exposition aux ordures et aux dangers de certaines pratiques comme l'incinération des ordures ménagères à l'intérieur même des concessions ou l'évacuation des ordures dans les caniveaux de drainage d'eaux pluviales.

La résolution du problème de la collecte et de l'évacuation des déchets ménagers fait donc partie des priorités dans la mise en œuvre d'une politique d'assainissement de la ville de Kolda.

² Source : PAPUK Enda Tiers-Monde

3. PROPOSITIONS DE VARIANTES

3.1 Zonage de l'assainissement

3.1.1 Eaux usées

Les systèmes d'assainissement à mettre en place dans la ville de Kolda seront choisis en fonction de critères techniques, socio-économiques, urbanistiques et environnementaux tels que :

- le type et la densité de l'habitat ;
- l'existence de branchements au réseau d'eau potable ;
- la nature du sol (capacité d'infiltration, profondeur de la nappe, épaisseur du sol meuble) ;
- la protection des ressources naturelles ;
- les contraintes d'exploitation ;
- l'acceptabilité et l'adhésion des bénéficiaires ;
- les coûts d'investissement et d'entretien ;
- la capacité et la volonté à payer des populations ;
- leur intérêt et sensibilité face au problème de l'assainissement ;
- leurs préférences pour certaines techniques ;
- la position du site de la station d'épuration et de la station de traitement de boues de vidange par rapport à la ville ;
- la destination finale des sous-produits de l'épuration.

L'algorithme de choix technologique ci-dessous donne, à travers une série de questions / réponses, les orientations permettant de définir le type d'assainissement adapté en fonction de certains des critères précédemment évoqués.

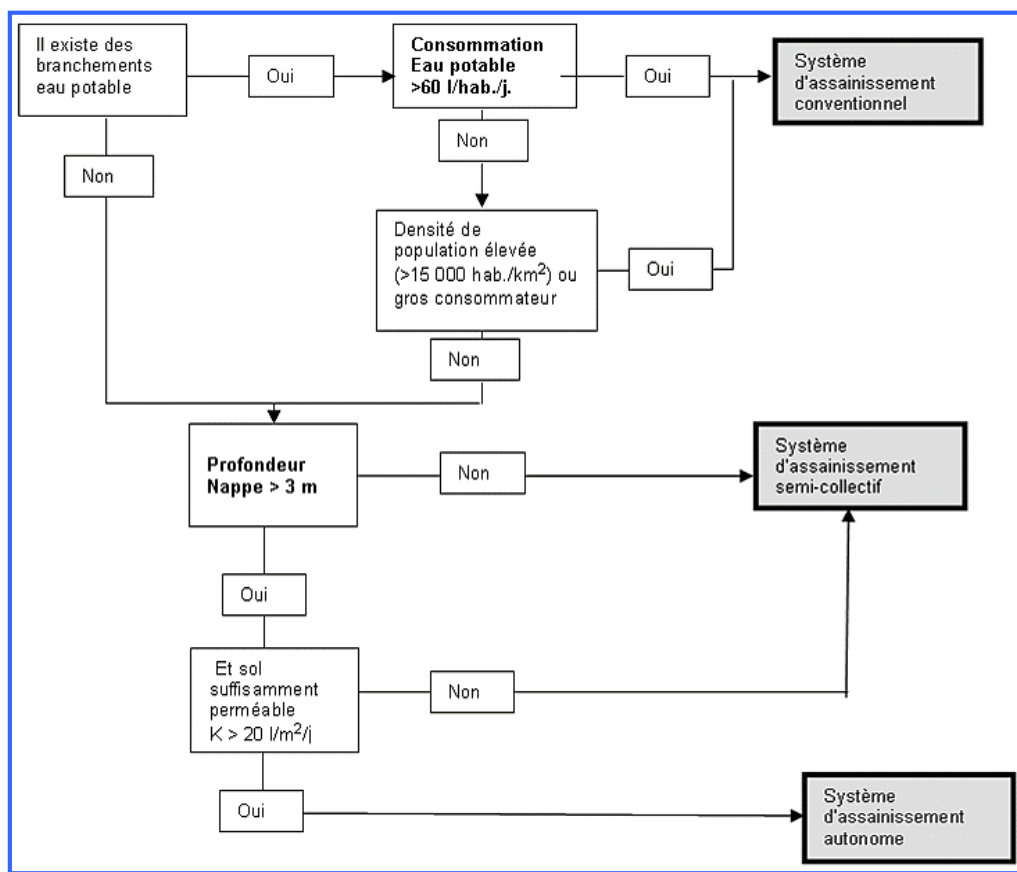


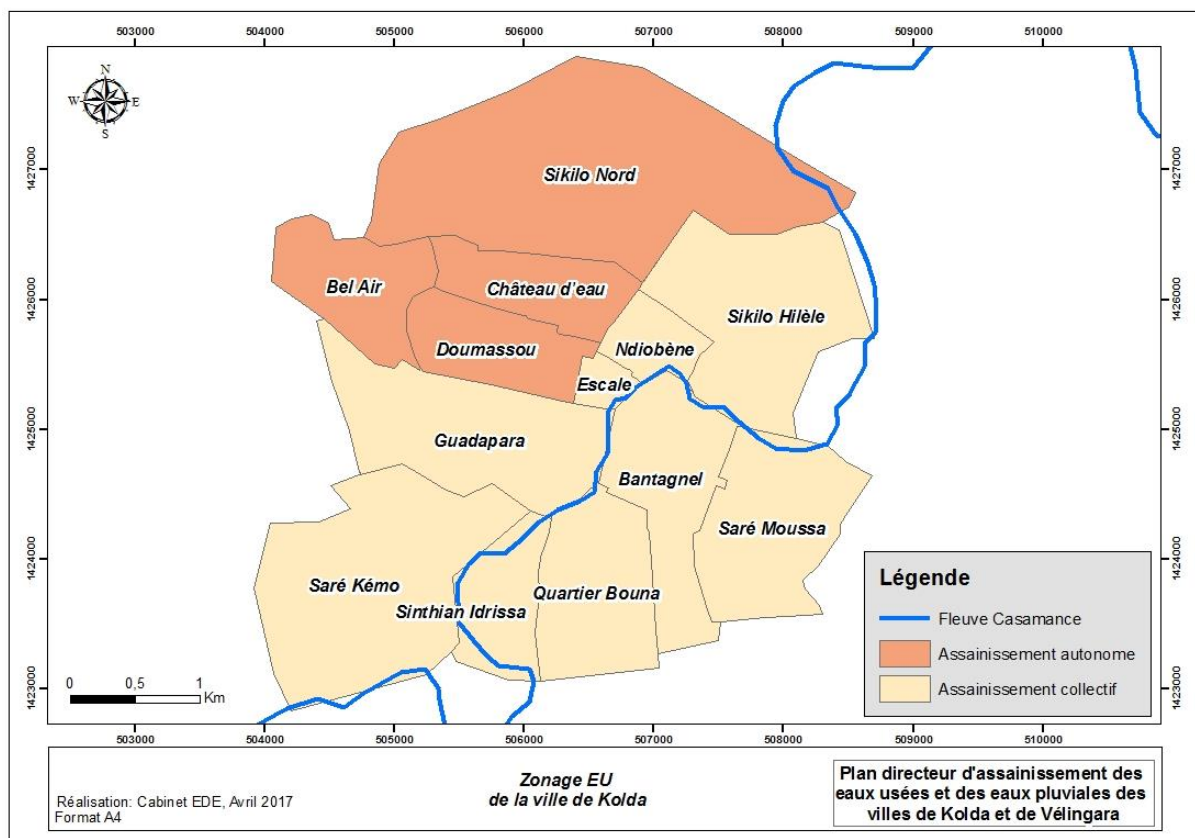
Figure 3 : Algorithme de choix technologique

L'état des lieux et le diagnostic de la situation actuelle de l'assainissement de la ville de Kolda a permis de montrer que cette dernière est desservie en eau potable sur presque l'ensemble de son territoire communal. Malgré sa forte urbanisation, les eaux usées y sont évacuées dans des ouvrages d'assainissement individuels, souvent non conformes aux normes, avec un fort risque de pollution de la nappe phréatique toute proche. De plus, les sols hydromorphes et partiellement argileux qui le constituent en grande majorité n'ont pas une bonne capacité d'infiltration, d'où une récurrence des inondations dans la plupart des quartiers. C'est la raison pour laquelle il est primordial qu'un système d'assainissement fiable y soit proposé pour assurer une bonne gestion des eaux usées et des eaux pluviales.

Sur la base de ces informations, l'application de l'algorithme de choix technologique donne les résultats suivants :

- Recours prioritaire à l'assainissement autonome dans les zones et quartiers techniquement appropriés, à savoir Sikilo Nord, Médina Chérif, Zone lycée, Bel Air, Château d'eau et Doumassou. Cette technologie permet l'élimination des rejets domestiques pour un coût modéré, adapté à la volonté à payer des ménages ;
- Assainissement collectif dans les quartiers où les conditions techniques l'imposent, avec raccordement des réseaux d'eaux usées ainsi collectées à une station de traitement extensive. Il s'agit notamment des quartiers de Gadapara, Saré Kémo, Sinthian Idrissa, Escale, Bouna Kane, Bantagnel, Saré Moussa, Ndiobène et Sikilo Hillèle.

La Carte 15 suggère le zonage suivant en fonction de ces résultats.



Carte 15 : Zonage de l'assainissement des eaux usées

Cependant, si l'on tient compte de l'urbanisation croissante, de la forte densité d'occupation des sols à l'état actuel et d'ici 2030, mais aussi de la proximité de la nappe phréatique en saison des pluies, la réalisation d'un réseau de collecte des eaux usées est fortement recommandée à l'échelle de la commune.

3.1.2 Eaux pluviales

Compte tenu de la topographie de la ville particulièrement marquée par des zones dépressionnaires inondables sur la majorité du territoire communal et favorisant un écoulement préférentiel des eaux de ruissellement vers le fleuve Casamance, l'assainissement collectif sera également privilégié pour les eaux pluviales sur toute la commune, afin de proposer des solutions durables qui permettront de régler les problèmes actuels et de prévoir les contraintes futures en matière d'assainissement.

3.2 Systèmes d'assainissement envisageables

3.2.1 Solutions probables pour l'assainissement des eaux usées

➤ Système d'assainissement collectif

L'ensemble du système d'assainissement collectif des eaux usées pourra être constitué de réseaux de canalisations qui seront raccordés à une station d'épuration (STEP) permettant de réutiliser les eaux traitées.

D'après les résultats des enquêtes-ménages, les populations de Kolda sont prêtes à payer le service si les tarifs rentrent dans leur budget. Il est toutefois à noter qu'il faudra prévoir un nombre de branchements sociaux considérable, au vu de la faiblesse de leurs revenus.

Le raccordement à un réseau d'égout est également recommandé dans les lieux à forte fréquentation comme les écoles, les gares routières, les marchés, les centres de santé, les hôtels, les services et administrations ; la principale contrainte au choix technique est d'assurer la robustesse des ouvrages et un entretien simple et peu coûteux.

Par ailleurs, malgré que les activités industrielles sont peu nombreuses dans la ville de Kolda, les industries doivent être impérativement raccordées à un réseau d'égout et respecter, au préalable, la réglementation en vigueur concernant le rabattement de leur pollution à des valeurs compatibles avec les valeurs d'entrée admissibles au niveau de la station d'épuration.

L'épuration des eaux usées pourra se faire selon quatre technologies intéressantes et adaptées en milieu tropical : le lagunage naturel, le lagunage aéré, les boues activées ou le lit bactérien.

Lorsque l'espace est disponible, le lagunage est le plus approprié en ce sens qu'il ne nécessite pas de dispositif mécanique pour son fonctionnement. Il permet d'obtenir des abattements de la pollution organique supérieurs à 80 % et un effluent dont la concentration en coliformes fécaux est inférieure à 3 unités logarithmiques.

Si l'espace est insuffisant pour l'implantation de bassins de stabilisation, les lits bactériens constituent une variante efficace pour l'abattement de la pollution organique. Les supports du biofilm peuvent être en matériaux locaux (gravier latéritique, quartz). Si les objectifs de réutilisation nécessitent d'avoir de faibles concentrations bactériennes, le procédé peut être couplé à un bassin de maturation.

En attendant que ce système d'assainissement collectif puisse être mis en place à l'échelle de la commune, des systèmes d'assainissement individuels pourraient être proposés aux populations pour la gestion des eaux grises et des excréta ; une déposante de boues de vidange sera alors à prévoir, à cet effet, sur le site de la station d'épuration.

➤ Système d'assainissement semi-collectif

Dans les zones densément peuplées, avec des habitations disposant de branchements internes au réseau d'eau potable et de fosses septiques, le réseau d'assainissement semi-collectif constitue une alternative au réseau d'assainissement collectif qui est onéreux. En effet, les réseaux de faibles diamètres présentent tous les avantages des systèmes classiques et sont moins chers à la réalisation comme à l'exploitation. La plupart des matières solides étant décantées dans les fosses intermédiaires des habitations, il n'est pas nécessaire de nettoyer les canalisations aussi soigneusement que celles des réseaux d'égout classiques. Cela permet en plus d'avoir des pentes plus faibles.

➤ **Système d'assainissement autonome**

Les options technologiques envisageables pour l'assainissement autonome des eaux usées et excréta sont les suivantes :

Latrines à fosse ventilée (VIP)

Les latrines VIP conviennent parfaitement aux quartiers pauvres. Leur dimensionnement tient compte du nombre d'usagers, de la périodicité de vidange d'au moins trois ans et du taux d'accumulation des boues de 0,03 m³/usager/an. La fosse peut être construite avec deux compartiments, utilisés alternativement tous les trois à cinq ans. Le contenu de la première fosse remplie se décompose en matière minérale pendant la période d'utilisation de la seconde. Au bout des trois à cinq ans, le contenu de la fosse, précédemment remplie, est transformé en compost, exempt de germe pathogène. Cette fosse peut ainsi être vidée manuellement par le bénéficiaire sans risque sanitaire. Ce type de latrines est réalisable dans une zone non inondable.

Toilette à chasse manuelle (TCM)

Les toilettes à chasse manuelle coûtent beaucoup moins cher à la construction et nécessitent beaucoup moins d'eau de chasse. Leur système de fermeture hydraulique empêche les remontées d'odeurs ou d'insectes depuis la fosse et assure en conséquence un fonctionnement aussi hygiénique que les WC conventionnels.

Dans une fosse de toilette à chasse manuelle, les eaux de chasse et la partie liquide des excréta sont évacuées par infiltration dans le sol. Les matières solides y sont digérées biologiquement, ce qui réduit sa vitesse de remplissage. Les composantes solubles ainsi que les gaz résultant de la digestion sont également diffusés dans le sol. Le volume utile de la fosse est fonction du nombre d'usagers, de la durée de remplissage et du taux d'accumulation des boues (0,04 m³/usager/an). Leur entretien peut être assuré par le bénéficiaire. Ce type de toilettes est également réalisable dans une zone non inondable.

Fosse septique

La fosse septique convient bien aux habitations disposant de branchement interne au réseau d'eau potable. Elle coûte plus cher et requiert beaucoup plus d'eau que les ouvrages précédents. Son fonctionnement nécessite un système centralisé de collecte et de traitement des boues ainsi que des dispositifs d'épuration des effluents liquides, qui doit permettre de supprimer presque toutes les matières solides en suspension et doit décomposer une bonne partie des matières organiques par voie anaérobie. Pour cela:

- Le temps de séjour du liquide dans la fosse doit être d'au moins 24 heures et deux tiers du volume sont réservés au stockage de boues. Ces contraintes sont respectées si le volume de la fosse permet une rétention de la quantité totale d'eau rejetée en 3 jours par les usagers.
- Les dispositifs d'alimentation et d'évacuation doivent être tels que les matières flottantes et les boues décantées ne se retrouvent pas dans l'effluent. Les tuyaux en té et un compartimentage tel que le premier compartiment soit deux fois plus volumineux que le second permette de satisfaire à cette exigence.

L'exploitation d'une fosse septique nécessite le recours aux entreprises de vidange.

Puisard

Le puisard est une fosse cylindrique de 2 à 3 m de profondeur remplie de gros graviers, destinée à évacuer les eaux usées par infiltration dans le sol. Il peut être utilisé dans les quartiers pauvres, pour l'évacuation des eaux de lessive, de vaisselle et de douche.

Dans les quartiers de standing plus élevé, ne disposant pas de réseau d'égout, ils peuvent être placés en aval des fosses septiques pour infiltrer les eaux usées dans le sol, si les conditions hydrogéologiques le permettent.

Son coût peut être plus faible lorsque le sol est suffisamment stable pour ne pas nécessiter une paroi en parpaings. Il est réalisable dans une zone non-inondable.

3.2.2 Solutions probables pour l'assainissement des eaux pluviales

Concernant le système d'évacuation des eaux pluviales, il sera réalisé de préférence un réseau de drainage gravitaire des eaux de ruissellement qui seront acheminées vers des exutoires permettant d'assurer :

- un écoulement libre au point de rejet ;
- une protection du milieu récepteur contre les sédiments et les ordures ;
- une protection du milieu récepteur contre les pollutions ;
- une protection du réseau d'eaux pluviales contre les marées hautes ;
- un niveau de service satisfaisant.

Les eaux pluviales s'écouleront de manière gravitaire par l'intermédiaire de canaux, de collecteurs et de dalots vers les exutoires, qui serviront à les évacuer de manière contrôlée et sans causer des dégâts, vers le milieu récepteur. Les exutoires seront localisés soit au niveau du fleuve Casamance vers lequel s'acheminent la presque totalité des eaux de ruissellement de la ville, soit au niveau de mares temporaires ou de bassins de rétention qui permettraient de réutiliser les eaux pluviales à d'autres fins.

La ville de Kolda présente un contexte physique particulier marquée par de multiples zones de dépressions inondables. Le réseau de drainage gravitaire y sera donc réalisé par priorité, selon les perturbations et les dégâts causés par les inondations des différentes zones. Les solutions élaborées assureront au maximum la mise en valeur des ouvrages existants et prendront en compte les zones d'habitation spontanée nécessitant une véritable restructuration urbaine.

3.3 Technologies retenues

Les options technologiques retenues pour ce plan directeur d'assainissement sont les suivantes :

3.3.1 Assainissement des eaux usées

- **Assainissement autonome**
 - TCM + Lavoir + Lave-main
 - Station de traitement de boues de vidange
- **Assainissement collectif**
 - Réseau d'égout classique
 - Station d'épuration par lagunage

3.3.2 Assainissement des eaux pluviales

- **Assainissement collectif**
 - Réseau de surface gravitaire constitué de caniveaux en béton armé couverts.
 - Bassins de rétention.

3.4 Définition des variantes

Les différents types de variantes de solutions étudiées au niveau de la zone d'étude, pour la gestion des eaux usées et des eaux pluviales, sont présentés succinctement comme suit :

3.4.1 Assainissement des eaux usées

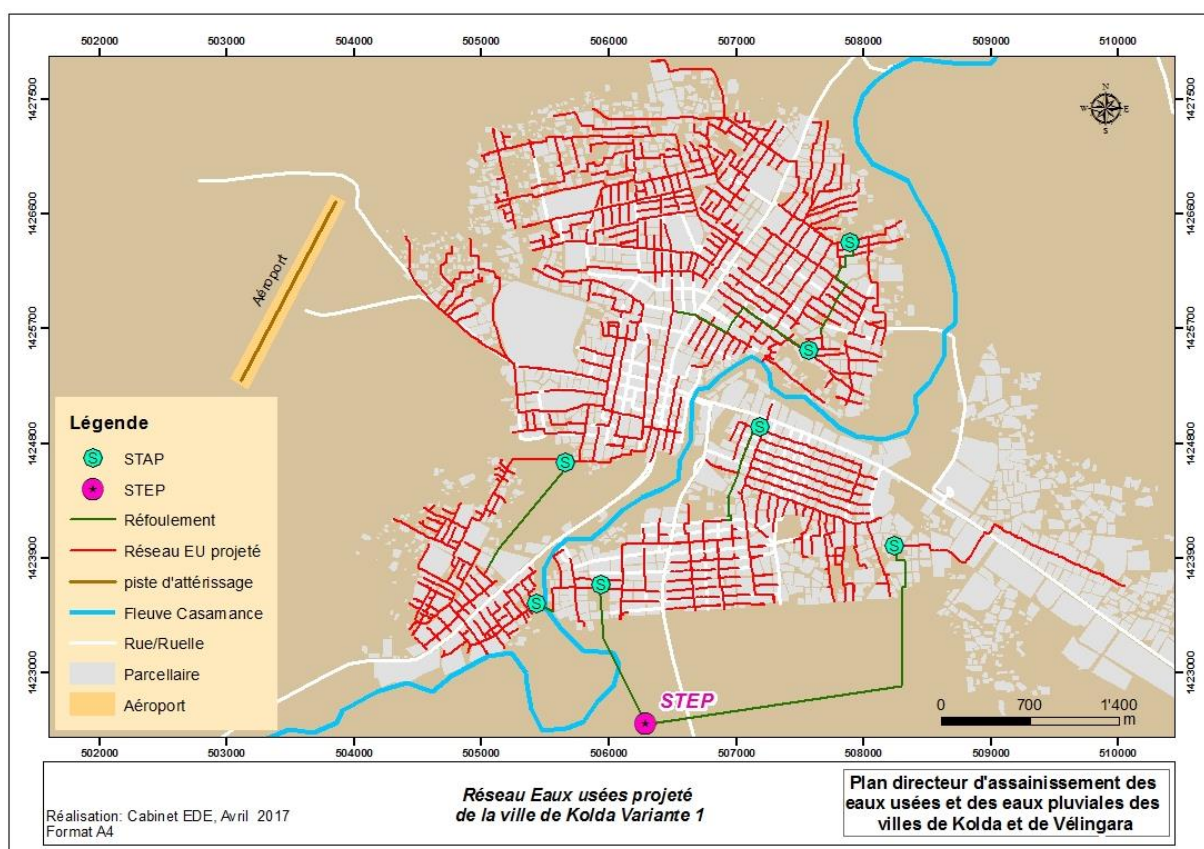
Dans les villes importantes comme Kolda, les systèmes collectifs constituent une solution privilégiée de gestion des eaux usées qui sont produites en quantité élevée, proportionnellement à la taille de la population. Compte tenu des contraintes topographiques qui sont difficiles et de la nature du sol qui n'est guère favorable à l'assainissement autonome sur la majorité du territoire communal, deux types de variantes ont été identifiés pour la gestion des eaux usées :

- **Variante de type 1 (V1) :** Réseau d'égout classique équipé de stations de pompage, avec une seule traversée du fleuve Casamance, raccordée à une station d'épuration par lagunage.

Cette variante prévoit la mise en place d'un réseau de canalisations dense qui va desservir toute la zone d'étude. Ce réseau de canalisations traverse le bras du fleuve Casamance au sud-ouest de la ville, pour venir se raccorder à une station d'épuration par lagunage située au sud de la ville, sur la rive gauche du fleuve Casamance.

Des latrines de type TCM (hors fosses) devront être réalisées pour les ménages ne disposant pas de toilettes aux normes, afin que ceux-ci puissent se raccorder au réseau d'égout. Ces latrines seront accompagnées de lavoirs et de lave-mains pour la prise en charge des eaux grises. Au niveau des lieux à forte concentration humaine, comme les marchés, les écoles, la gare routière, les structures sanitaires et autres, des blocs d'édicules publics sont éventuellement à prévoir. Ceux-ci seront également raccordés au réseau d'égout.

Une dépositrice de boues de vidange sera prévue dans l'enceinte de la station d'épuration pour recueillir les effluents provenant des fosses septiques des ménages, en attendant que ceux-ci soient raccordés au réseau d'égout.



Carte 16 : Variante 1 du réseau des eaux usées projeté

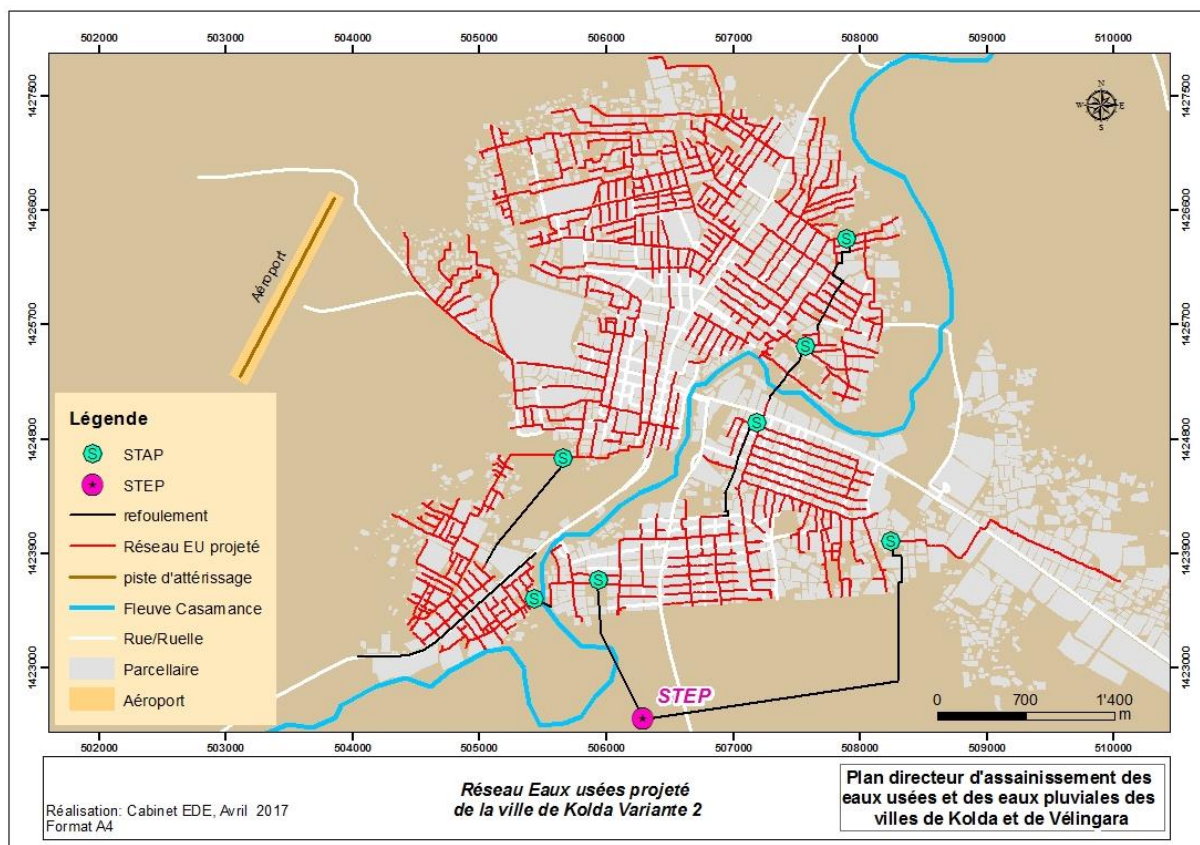
- **Variante de type 2 (V2) :** Réseau d'égout classique équipé de stations de pompage, avec deux traversées du fleuve Casamance, raccordé à une station d'épuration par lagunage.

Tout comme la variante de type 1, cette variante prévoit la mise en place d'un réseau de canalisations dense qui va desservir toute la zone d'étude. Elle présente les mêmes caractéristiques que la variante de type 1.

Des latrines de type TCM (hors fosses) ainsi que des lavoirs et lave-mains devront également être réalisées pour les ménages ne disposant pas de toilettes aux normes. De même, des blocs d'édicules publics seront réalisés dans les zones à forte concentration humaine (marchés, écoles, gare routière...). L'ensemble de ces ouvrages seront raccordés au réseau d'égout.

Une dépositaire de boues de vidange sera aussi prévue dans l'enceinte de la station d'épuration pour recueillir les effluents provenant des fosses septiques des ménages, en attendant que ceux-ci soient raccordés au réseau d'égout.

Par contre, pour cette variante de type 2, le réseau traverse à deux reprises le fleuve Casamance sur ses bras Sud-Ouest et Nord-Est, avant de rejoindre la station d'épuration par lagunage située au sud, sur la rive gauche du fleuve Casamance.



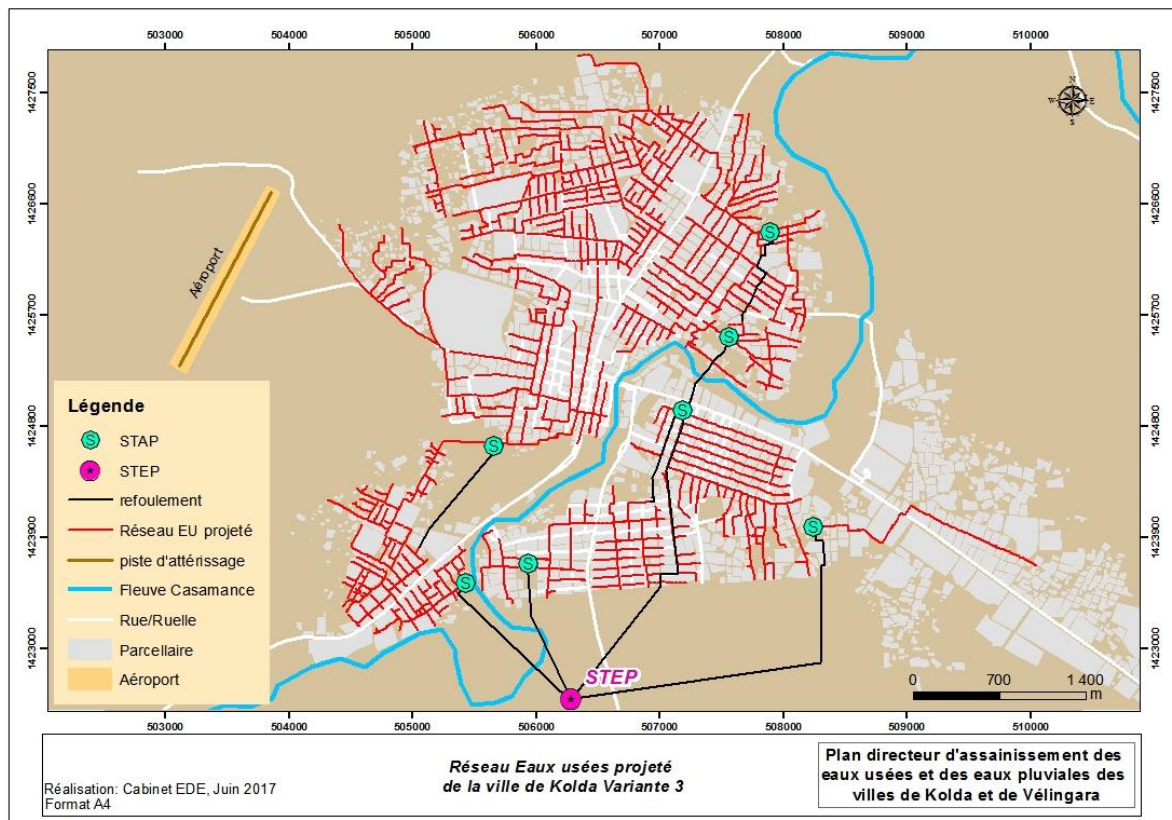
Carte 17 : Variante 2 du réseau des eaux usées projeté

- **Variante de type 3 (V3) :** Réseau d'égout classique équipé de stations de pompage, avec deux traversées du fleuve Casamance, raccordé à une station d'épuration par lagunage.

Tout comme les variantes précédentes, cette variante présente les mêmes caractéristiques et prévoit la mise en place d'un réseau de canalisations dense qui va desservir toute la zone d'étude. Elle est quasi identique à la variante 2, à la différence que pour celle-ci, les stations de pompage sont disposées en série deux par deux, via des regards brise-charge, avant de refouler vers la station d'épuration par lagunage située au sud, sur la rive gauche du fleuve Casamance.

Des latrines de type TCM (hors fosses) ainsi que des lavoirs et lave-mains devront également être réalisées pour les ménages ne disposant pas de toilettes aux normes. De même, des blocs d'édicules publics seront réalisés dans les zones à forte concentration humaine (marchés, écoles, gare routière...). L'ensemble de ces ouvrages seront raccordés au réseau d'égout.

Une dépositaire de boues de vidange sera aussi prévue dans l'enceinte de la station d'épuration pour recueillir les effluents provenant des fosses septiques des ménages, en attendant que ceux-ci soient raccordés au réseau d'égout.



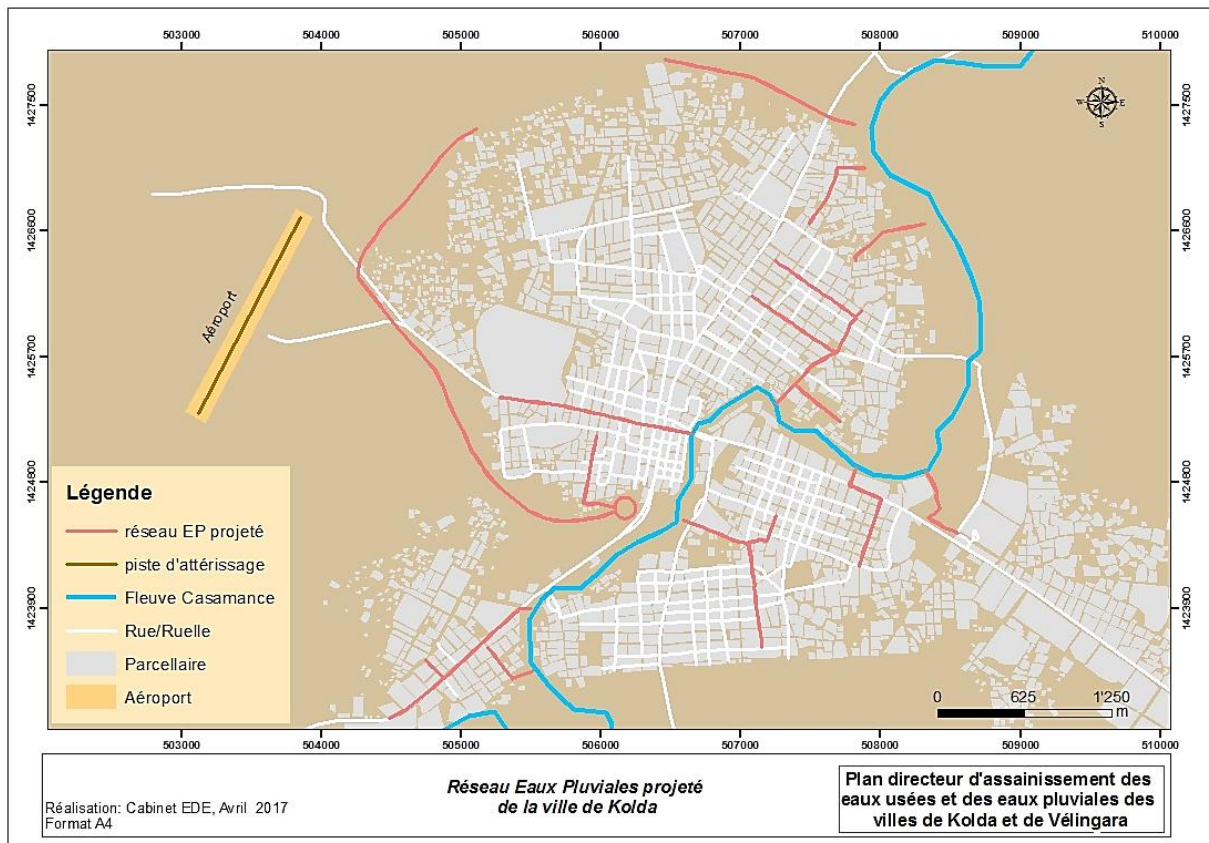
Carte 18 : Variante 3 du réseau des eaux usées projeté

3.4.2 Assainissement des eaux pluviales

L'assainissement des eaux pluviales de la ville de Kolda sera réalisé via un réseau de drainage gravitaire. La solution de drainage par réseau a été préconisée pour les zones susceptibles d'être connectées à des exutoires naturels ou artificiels et traversées par d'importants volumes d'eaux de ruissellement, en raison de la densité d'occupation du sol par les aménagements de voiries, de bâtiments, de parkings, de trottoirs, etc., propres à favoriser une imperméabilisation des surfaces à drainer.

Le réseau projeté dans le cadre de cette étude assurera l'évacuation des eaux pluviales de manière gravitaire, d'une part vers le fleuve Casamance à travers plusieurs exutoires, d'autre part vers un bassin de rétention situé dans une zone dépressionnaire. Il constitue un système de base offrant la possibilité de connecter les caniveaux appartenant à l'assainissement routier.

Compte tenu de la topographie très accidentée de la ville, une seule variante a pu être proposée pour la gestion des eaux pluviales. La solution retenue prévoit la mise en place d'un réseau de caniveaux en béton armé dotés d'une dalle de couverture qui va protéger la ville des risques d'inondation récurrents. Principalement situés à la périphérie de la ville, ces caniveaux ceignent la commune et interceptent les eaux de ruissellement venant du Plateau de Kolda. Ils traversent toute la ville pour venir déverser les eaux collectées dans le fleuve Casamance. Les zones de dépressions sont également drainées. Un bassin de rétention est à prévoir dans la plus grande zone dépressionnaire située à Gadapara. Ce bassin de rétention pourra faire l'objet d'un aménagement paysager, avec des aires récréatives et/ou sportives participant au bien-être des populations.



Carte 19 : Réseau des eaux pluviales projeté

3.5 Critères de conception et de dimensionnement des ouvrages

3.5.1 Assainissement des eaux usées

3.5.1.1 Données de base et paramètres de dimensionnement

Les données de base nécessaires à l'établissement du Plan Directeur d'Assainissement (PDA) pour le volet eaux usées et excréta ont été largement détaillées dans l'état des lieux de la situation de l'assainissement de la ville de Kolda. Il s'agira dans le cadre de ce chapitre de rappeler de façon succincte les données les plus importantes pour l'étude.

La conception du réseau d'assainissement des eaux usées dépend du débit des eaux usées collectées qui est fonction de la consommation en eau, de la population desservie, du taux de rejet, du taux de raccordement au réseau d'assainissement et des éventuelles eaux parasites.

➤ Taux de rejet

Selon les expériences des études d'assainissement au Sénégal, le taux de rejet usuel pour les eaux usées domestiques est admis entre 70 et 85 % du volume d'eau potable consommé. Sur la base de ces hypothèses, les dispositions suivantes ont été retenues :

- Le taux de rejet des eaux usées domestiques sera pris égal à 80% ;
- Le rejet des eaux usées industrielles sera évalué à 5% du rejet des eaux usées domestiques.

➤ Couverture du réseau

Cette étude est prévue pour couvrir entièrement tous les quartiers de la ville de Kolda.

➤ **Taux de raccordement à l'égout**

Un taux de branchement à l'égout de 96 % est prévu à l'horizon 2030. En effet, une partie du quartier Escale ne peut être raccordée au réseau d'égout à moindre coût à cause de la topographie d'une part et d'autre part, à cause de la menace occasionnée par l'effondrement des berges du fleuve Casamance. A long terme, les populations vivant au niveau de cette zone risquent d'être déguerpies et relogées ailleurs.

➤ **Eaux parasites**

Le calcul des débits d'eaux usées prend généralement en compte des eaux parasites qui sont constituées :

- d'eaux d'infiltration qui pénètrent dans le réseau à partir des nappes au niveau des raccordements domiciliaires, de canalisations, joints ou regards défectueux ;
- d'apports directs qui sont constitués par les ruissellements d'eaux pluviales pénétrant dans le réseau par les regards non étanches ou les mauvais branchements domiciliaires (eaux de toiture ou de cour) ;
- d'apports d'origines diverses : stockages d'eaux (canaux, talus) ou pertes ou volumes distribués et non comptabilisés dans le réseau d'eau potable.

Dans le cadre de ce projet, vu la faible profondeur de la nappe dans plusieurs endroits de la ville de Kolda, un débit d'eaux parasites égal à 10% du débit total sera considéré.

Ainsi, les données de base nécessaires à l'établissement du Plan Directeur d'Assainissement (PDA) pour le volet eaux usées et excréta ont été synthétisés dans le tableau suivant :

N°	Dénomination du paramètre	Unité	2015	2030
Population				
1	Population	hab	86 157	138 042
2	Nombre de personnes par ménages	hab	10	10
3	Nombre des ménages	mén	8 616	13 804
4	Densité maximale de la population	hab/ha	36,2	58,1
5	Densité max. des ménages	mén/h a	3,6	5,8
Consommation en eau				
6	Consommation domestique totale	m ³ /an	488 924	1 517 374
7	Consommation publique totale	m ³ /an	292 248	455 315
8	Consommation privée totale	m ³ /an	26 212	40 837
9	Consommation spécifique des ménages	l/j/hab	35	60
10	Consommation moyenne journalière en eau potable	m ³ /j	4 567	12 400
Données générales				
11	Coefficient de pointe		1.53	1.53
12	Taux de branchement	%	44,6	54,8
13	Taux de rejet EU	%	80	80
14	Eaux parasites	%	10	10
15	Eaux industrielles	%	5	5
Superficies				
16	Surface de la zone habitée à couvrir par le réseau EU	ha	2212	2377

Tableau 8 : Données de base et paramètres de dimensionnement du réseau EU

3.5.1.2 Principe du dimensionnement du réseau de collecte

Conception du tracé

Le réseau projeté pour la collecte des eaux usées est conçu de façon à limiter la profondeur des fouilles et le nombre de stations de pompage. Le principe de base est donc d'acheminer les eaux usées de manière gravitaire, avec le moins de stations de pompage possible, avant de rejoindre la station d'épuration par lagunage où leur traitement devra s'opérer.

A cet effet, la conception du système nécessite le découpage de la zone d'étude en bassins de collecte principaux connectés chacun à une station de pompage du fait du terrain accidenté. Ces stations de pompage refoulent soit vers un regard brise charge du réseau, soit directement vers la station de traitement.

La topographie impose, pour la couverture de la zone concernée, sept (7) bassins de collecte principaux. Ainsi, pour chacune des deux variantes, sept (7) stations de pompage sont à prévoir dont l'une, qui est la principale, servira à envoyer toutes les eaux collectées vers la station d'épuration dont le site se trouve au sud de la ville de Kolda.

Pour la conception et le dimensionnement du réseau de collecte, le logiciel MENSURA a été utilisé pour tracer et déterminer les sections des collecteurs, en fonction de la topographie (MNT) et des données hydrauliques (débits d'eaux usées) de la zone d'étude. L'objectif du calcul hydraulique est de vérifier en tout point que les collecteurs proposés permettront l'évacuation du débit de pointe à l'horizon du projet, en respectant les conditions d'auto-curage du réseau.

Normes de conception

Pour les conduites gravitaires, le diamètre minimum adopté est $D = 250$ mm. Comme il s'agit d'un réseau séparatif, les conditions suivantes devront être vérifiées :

- Le plein débit d'une conduite gravitaire correspond à une hauteur maximale de 80 % de diamètre intérieur ;
- A pleine section ou à demi-section, un tuyau circulaire doit assurer une vitesse d'écoulement de 0,60 m/s ;
- Pour un remplissage égal au 2/10 du diamètre, la vitesse d'écoulement doit être au moins égale à 0,30 m/s.

Pour vérifier la capacité d'auto-curage du réseau projeté, les valeurs correspondant aux deux premières conditions seront calculées, puis les vitesses obtenues seront comparées à celle de la troisième condition.

Dans le cadre de la présente étude, on adoptera dans tous les cas une pente minimale de 0,30 % et une vitesse maximale de 3 m/s pour limiter l'abrasion des conduites.

Méthode de calcul du réseau projeté

Pour les écoulements gravitaires, la formule de Manning a été retenue. Cette formule s'écrit pour la vitesse V en m/s:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \text{et} \quad Q = A \times V$$

$$R_h = \frac{1}{4} \left[1 - \frac{\sin\theta}{\theta} \right] D \quad \text{et} \quad \theta = 2\cos^{-1} \left[1 - \frac{2y}{D} \right]$$

Avec :

- n = Coefficient de rugosité (n = 0.01 pour le PVC y compris pertes dues aux jonctions, aux branchements latéraux)
- D = Diamètre en m
- I = Pente de la ligne d'énergie en m/m
- V = Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s
- Q = Débit en m³/s
- R_h = Rayon hydraulique en m
- A = Section conduite
- Θ = Angle formé, côté liquide, par l'axe de la canalisation et les génératrices de la conduite en contact avec la surface libre du fluide (radian)
- y = Profondeur normale en m

Les différents paramètres utilisés par le logiciel pour le tracé du réseau, la modélisation et les calculs hydrauliques sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Valeurs
Collecteurs	
Débit d'eaux usées spécifique (q_{EU}) [l/hab/j] [où q _{eau} est la consommation d'eau potable spécifique et 0,8 le taux de rejet admis]	0,8 · q _{eau}
Débit d'eau usée moyen (Q_m) [l/j] [où P est la population du bassin versant de la section à dimensionner, y compris les autres bassins versants raccordés en amont]	P · q _{EU}
Coefficient de pointe (C_p) ≤ 3 [-] [avec Q _m en m ³ /h]	1,5 + 2,5/Q _m ^{1/2}
Débit de projet (Q_c) [l/s]	C _p · Q _m [l/s]
Rugosité absolue par la méthode de Manning (n) tuyau en PVC	0.01
Diamètre de tuyau minimal (D) [mm]	DN 250
Vitesse d'écoulement minimale (V_{min}) [m/s]	0,60
Vitesse d'écoulement maximale (V_{max}) [m/s]	3,0
Remplissage max. des collecteurs DN ≤ 300 mm	0,8*DN
Pente min. / max. (I) [%]	3 / 30
Couverture minimale mesurée sur la génératrice supérieure de la conduite [m]	0,80
Profondeur maximale recommandée du fil d'eau mesurée sur la génératrice inférieure de la conduite [m]	4
Regards de visite	
Distance max. entre les regards DN ≤ 300 mm [m] 300 mm < DN ≤ 500 mm DN > 500 mm	35 45 60
Dimension minimale intérieure (regard visitable) [mm]	800
Cunette du regard- hauteur [m] - pente [%]	DN<500 → H _{min} = DN DN≥500 → H _{min} =0,5 m 10±2
Angle de raccordement	dn/DN≥0,5 → <67,5° dn/DN<0,5 → ≤90°
Angle de raccordement min. / max.	30° / 90°

Tableau 9 : Critères de conception réseau d'assainissement

3.5.1.3 Principe du dimensionnement des stations de pompage

➤ **Conception**

Le dimensionnement des stations de pompage concerne principalement les bâches et le système de pompage. Des pompes submersibles simples de conception et d'emploi et largement utilisés par l'ONAS seront proposées.

Chaque station de pompage sera composée, dans une enceinte clôturée, de :

- Un dégrilleur vertical automatique ;
- Un dessableur ;
- Une bache de pompage, y compris pompes et équipements annexes ;
- Un by-pass pour permettre l'entretien du dessableur.

Un trop-plein entre la bache et la chambre de départ du collecteur sera aussi à prévoir, afin d'éviter en cas de panne d'une des stations, un éventuel débordement. Le calage de ce trop-plein doit faire l'objet d'une attention particulière, afin d'obtenir un écoulement gravitaire entre chaque station (le niveau trop-plein d'une station aval doit être plus bas que celui de l'amont pour assurer un écoulement gravitaire).

Par ailleurs, il faut souligner que la station finale pour chaque variante devra être spécialement surveillée (étant donné qu'elle refoule directement vers la STEP) et des mesures sont à prendre pour assurer une durée d'interruption de pompage minimale en cas de panne (générateur, fourniture de pompes de secours, etc.).

➤ **Dégrilleur**

Il s'agit d'éliminer les matières volumineuses des eaux, afin d'éviter les risques de colmatage. La surface verticale du dégrilleur est donnée par la formule suivante :

$$S_v = \frac{Q_{\max}}{V_{\max} \cdot a \cdot (1 - c)} = \frac{Q_{\min}}{V_{\min} \cdot a \cdot (1 - c)}$$

Avec :

S_v = surface verticale en m^2

Q_{\max} = débit max en m^3/s (Q_{\min} = débit mini)

V_{\max} = vitesse max en m/s (V_{\min} = Vitesse mini)

a = espace entre barreaux (= 20 mm)

c = coefficient de colmatage (0,50 - 0,60 pour le dégrilleur mécanique)

d'où les dimensions de la grille sont les suivantes :

$$h = \frac{S_v}{l} \quad \text{et} \quad L = \frac{h}{\cos \alpha}$$

Avec :

h : hauteur de la grille

L : longueur oblique de la grille

l : largeur de la grille (station moyenne $0.3 \text{ m} < l < 2 \text{ m}$)

➤ **Dessableur**

Il s'agit d'éliminer les particules denses afin d'éviter une abrasion rapide des installations. On adoptera un dessableur canal en se fixant pour objectif d'y arrêter les particules de vitesses de chute $U_0 = 60 \text{ m/h}$.

Condition de piégeage : $\frac{V}{U_0} = \frac{L}{h}$

Expression de la vitesse de flot : $V = \frac{Q}{l \times h}$

Condition pour éviter des remises en suspension : $10 \leq \frac{L}{h} < 15$

Avec :

V : vitesse horizontale du flot

h, l et L : respectivement les hauteur, largeur et longueur de l'ouvrage

➤ **Bâche de pompage**

La bâche d'aspiration de la station de pompage constitue un volume tampon permettant de réguler le fonctionnement des pompes. Son volume total doit être suffisant pour :

- abriter les pompes à installer et permettre leur manipulation par le personnel ;
- que le nombre de déclenchements par heure des pompes ne dépasse pas une valeur maximale donnée par le constructeur.

Le volume de la bâche est donné par la relation :

$$V = \frac{0.9 \times Q}{n z}$$

Avec :

- V : volume de la bâche
- z : nombre maximal de démarrage par heures
- n : nombre de pompes adoptés (pompe de secours non comprise)
- Q : le débit à pomper en L/s

Le nombre maximal de démarrage par heure est fonction de la puissance des groupes électropompes, afin de tenir compte de la fatigue de ceux-ci. Les valeurs suivantes sont recommandées :

Puissance nominale du moteur (KW)	Z : nombre max de démarrage / h
P < 7,5	15
7,5 < P < 50	12
P > 50	10

Tableau 10 : Z max. admissible en fonction de la puissance nominale du moteur

➤ **Choix des pompes**

Le choix des pompes sera effectué par le logiciel FLYPS 3.1 à partir des données calculées et du système de pompage à mettre en place. Pour chaque station de pompage, deux pompes sont prévues pour l'horizon de projet (2030), une seule fonctionnant à la fois, avec possibilité de permutation. Ce

principe permet de dimensionner une bonne fois pour toutes les bâches de pompage et les conduites de refoulement.

➤ **Dispositif anti-bélier**

Le coup de bélier ou augmentation instantanée de la pression peut avoir lieu dans les canalisations à fonctionnement continu avec ou sans pression, dans le cas d'une variation brusque du débit. Parmi les facteurs de variation du débit les plus fréquents, on peut citer l'ouverture ou la fermeture d'une vanne, le démarrage ou l'arrêt d'une pompe ou bien l'interruption de l'alimentation électrique.

Pour déterminer la nécessité de mesures anti-bélier (réservoir anti-bélier ou autres) y compris un calcul détaillé hydraulique, une estimation a été réalisée. La formule utilisée pour calculer le facteur K est la suivante :

$$K = \frac{L \times V}{\sqrt{HMT}}$$

Avec :

L : Longueur de la conduite de refoulement en m,

V : Vitesse dans la conduite

HMT: Hauteur manométrique de la pompe en m.

Si ce facteur K est supérieur à 70, un calcul détaillé des mesures anti-bélier est nécessaire.

• **Amplitude (a) des surpressions et dépressions**

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{ksD}{e}}}$$

Elle est donnée par la formule suivante :

Avec :

a : Célérité de l'onde

D : diamètre de la conduite

ks : rugosité de la conduite

e : épaisseur de la conduite

La protection contre les dépressions sera assurée par un by-pass entre le collecteur de refoulement et la bâche de réception, équipé d'un clapet et d'une crépine et qui permettra l'aspiration directe à partir de la bâche en cas de dépression. A cet effet, on réservera une tranche d'eau permanente au-dessus de la crépine du by-pass. Le volume de cette tranche correspond à la compensation du débit refoulé pendant la durée de l'aller-retour de l'onde du coup de bélier et le volume.

• **Estimation du temps de propagation de l'onde : T**

Le coup de bélier dans un réseau sous pression est généralement le résultat de l'ouverture ou fermeture brusque d'une vanne. "Une fermeture brusque" signifie qu'elle se produit dans un temps inférieur ou égal à $T = 2 L/a$.

Avec :

T : Temps de propagation des ondes

a : Célérité de l'onde

L : Longueur de la conduite de refoulement.

Le volume nécessaire se calcule comme suit :

$$V = T \times Q$$

où T est le temps de propagation des ondes et Q le débit de refoulement.

La pression maximale dans la conduite est donnée par :

$$P = \Delta H_{\max} + HMT$$

La pression de service à ne pas dépasser dans les réseaux en PVC est la pression nominale du tuyau PN 16 (160 mCE). Donc, si $P_{\max} > PN\ 16$, l'anti-bélier est nécessaire.

➤ **Bilan énergétique**

La puissance de la station de pompage devra prendre en compte les éléments suivants :

- Les pompes ;
- Le dégrilleur automatique ;
- Un éclairage intérieur et extérieur ;
- Une réserve de puissance équivalant au moins à 10% des besoins totaux.

Dans cette phase de l'étude, le bilan énergétique se limitera au calcul de la puissance active en régime établie. Les puissances apparentes et actives au démarrage seront déterminées dans la phase suivante, en avant-projet détaillé (APD).

3.5.1.4 Principe du dimensionnement de la station d'épuration

Le dimensionnement d'une station d'épuration dépend d'une part des débits et charges d'eaux usées ou de boues de vidange à traiter et d'autre part, des conditions de rejet des eaux traitées. En effet, pour un même débit et les mêmes charges polluantes, les dimensions d'une station d'épuration varient de manière très importante suivant qu'il est demandé une réutilisation complète ou restreinte des eaux traitées dans l'agriculture ou encore un rejet dans le milieu naturel. Cela est d'autant plus marqué pour les procédés extensifs : les surfaces calculées peuvent varier du simple au double.

Les rejets des eaux usées dans le milieu récepteur et la réutilisation des eaux usées épurées sont régis par :

- La réglementation et les normes relatives aux rejets d'effluents domestiques dans le milieu récepteur et non domestiques dans les réseaux d'assainissement ;
- La réglementation fixant les conditions de réutilisation des eaux traitées pour l'agriculture (type de cultures, modalités et conditions particulières). Les paramètres à contrôler sont de nature physique (température, PH, transparence, etc.), solide et organique (matière en suspension et pollution organique biodégradable), bactériologique, minérale (éléments nutritifs (N et P) pouvant entraîner un phénomène d'eutrophisation), toxique (métaux lourds, pesticides, etc.).

Les stations d'épuration biomécaniques fonctionnent par succession de traitements primaires et secondaires visant la réduction des matières en suspension (MES) organiques et en partie les éléments nutritifs. Lorsque l'épuration secondaire est complétée par de l'épuration tertiaire, elles traitent également les paramètres nutritifs et bactériologiques.

La norme sénégalaise NS 05-061 de juillet 2001 édicte le cadre et les règles pour les rejets d'eaux usées dans les différents milieux récepteurs (naturels et réseaux).

Les effluents qui sont rejetés dans le milieu récepteur doivent être traités de manière à respecter les valeurs indiquées à l'annexe II de la norme sénégalaise NS 05-061. Ces normes sont les suivantes :

Paramètres	Valeurs limites
pH	> 5.5 et < 9.5 (milieu récepteur non protégé) > 6.0 et < 9.0 (milieu récepteur protégé)
Température	< 30°C $\Delta T < 3 \text{ }^\circ\text{C}$ (milieu récepteur protégé)
Matières en suspension (MES)	50 mg/L
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	40 mg/L si charge DBO ₅ > 30 kg/j 80 mg/L si charge DBO ₅ < 30 kg/j
Demande chimique en oxygène (DCO)	100 mg/L si charge DCO > 100 kg/j 200 mg/L si charge DCO < 100 kg/j
Azote total	30 mg/L si charge > 50 kg/j ou 80 % de réduction
Phosphore total	10 mg/L si charge > 15 kg/j
Coliformes Fécaux	2000 unités/100ml
Streptocoques Fécaux	1000 unités/100ml

Tableau 11 : Normes sénégalaises du rejet des eaux usées

La stratégie la plus appropriée consiste à adapter le degré de traitement aux besoins réels, tant en matière de débits et de charge, qu'en matière de capacité du milieu récepteur.

L'élimination et l'inactivation des pathogènes présents dans les excréta est considérée comme prioritaire sur les autres objectifs de traitement, afin de réduire les risques directs sur la santé.

3.5.2 Assainissement des eaux pluviales

3.5.2.1 Données de base et paramètres de dimensionnement

Les données de base nécessaires à l'établissement du Plan Directeur d'Assainissement (PDA) pour le volet eaux pluviales ont été synthétisés dans le tableau suivant :

N°	Dénomination du paramètre	Unité	Valeurs
1	Horizon		2 030
2	Superficie de la commune	ha	2 377
3	Pluviométrie annuelle	mm	1 062
4	Pluviométrie maximale de récurrence 20 ans	mm	1 500
5	Période de retour	ans	20
6	Coefficients de Montana	a = 15,59 et b = 0,59	
7	IDF de référence	Zone Sud	
8	Pluie projet	Pluie de durée 1h et d'intensité efficace de durée 15 min	
9	Temps de concentration	Méthode de Bourrier	
10	Dimensionnement	Méthode rationnelle	
11	Exutoire	Fleuve Casamance	

Tableau 12 : Données de base et paramètres de dimensionnement du réseau EP

3.5.2.2 Principe de dimensionnement du réseau EP

➤ Conception du tracé

Les réseaux gravitaires d'évacuation des eaux pluviales sont constitués d'un ensemble ramifié de caniveaux primaires qui ont été proposés pour prémunir la ville de Kolda contre les risques d'inondation, en tenant compte de l'occupation des sols, de la topographie du terrain et des zones à drainer.

Ces réseaux constituent en général des ouvrages structurants très efficaces pour la protection des populations, selon la période de retour considérée. Leur faisabilité technique reste sujette à :

- l'existence d'exutoires naturels ou aménageables ;
- la nature de la topographie du terrain qui est à dominance plate, avec une alternance de points hauts et bas ;
- l'occupation des sols.

La conception de la solution technique idéale pour l'évacuation des eaux pluviales sur la surface totale de la commune de Kolda prendra en compte les priorités de réalisation selon les perturbations et les dégâts causés par les inondations des différentes zones. Elle assurera également la mise en valeur maximale des ouvrages de drainage existants.

Les conditions géotechniques et climatiques ne sont pas favorables à la réalisation des canaux à ciel ouvert en terre, sans revêtement et sans pavage : en conséquence, des canaux revêtus sont à prévoir pour éviter l'érosion et le ravinement. Ces canaux revêtus représenteront un système de base sur lequel viendront se connecter les caniveaux et fossés appartenant à l'assainissement routier.

Les ouvrages prévus dans le cadre de cette étude ne comprennent que les caniveaux primaires et secondaires. Les zones d'habitations spontanées ne sont pas toujours desservies, faute de lotissement, mais les calculs hydrauliques tiendront compte des débits provenant de ces zones.

L'identification du tracé en plan et le dimensionnement du réseau sont effectués à travers les étapes suivantes :

- Génération de pluie de projet ;
- Définition de tous les bassins et sous-bassins versants en fonction de la topographie/courbes de niveaux et des positions des nœuds absorbants et évaluation de leurs paramètres hydrologiques ;
- Tracé des collecteurs principaux sur des voies d'emprises suffisantes et présentant une tendance générale de pente propice à l'écoulement gravitaire ;
- Tracé suivant la même logique de caniveaux secondaires prenant en compte l'ensemble des points d'inondation ou de stagnation d'eau relevant du domaine public et localisés durant la phase de diagnostic de l'étude ;
- Etablissement des profils en long des collecteurs pour étendre le drainage aux différents points d'inondation et de stagnation d'eau recensés ;
- Calage des cotes des réseaux aux exutoires.

Sur le plan technologique, il est recommandé de s'orienter vers des technologies bien adaptées aux circonstances et au contexte global de la ville de Kolda et plutôt simples à réaliser, tout en étant performants et facile d'entretien. Le choix porté sur les caniveaux revêtus en béton a été déterminé par quatre facteurs :

- **Fonction** : Les caniveaux revêtus en béton sont plus faciles à nettoyer, à entretenir et à maintenir que les canaux en terre ou enherbés.
- **Profil, profondeur** : Le profil et la profondeur d'un canal dépendent du débit, de la pente et de la surface disponible. Par contre, la forme du profil (pente des talus) et sa profondeur déterminent la nécessité de prévoir des mesures de sécurité. Un canal nécessitant une couverture de dalles ou de grilles doit automatiquement être construit en béton afin de constituer un bon appui pour la couverture.
- **Niveau de la nappe** : Les caniveaux revêtus en béton devront être construits de manière étanche, de manière à empêcher l'infiltration de l'eau de la nappe.
- **Pente du terrain** : Une pente de plus de 10 ‰ nécessite un revêtement obligatoire, afin de prévenir l'érosion latérale.

Lors du dimensionnement des caniveaux, le calcul de la charge des canaux doit être adapté au type d'ouvrage à mettre en place, mais aussi aux conditions physiques et humaines de la zone d'étude. Les

caniveaux couverts sont souvent dimensionnés pour un niveau de remplissage de 80% de leur hauteur, c'est-à-dire pour un débit correspondant à 93% du débit plein. Revêtus en béton, ils sont construits avec une profondeur moyenne de 800 mm.

Dalots

Au niveau du réseau existant, la capacité hydraulique des dalots est souvent moins grande que la capacité des caniveaux amont et aval. Les dalots forment alors des goulots et causent des débordements. En plus, les dalots sont souvent bouchés de sable et de déchets car ces dépôts ne sont pas enlevés assez régulièrement.

Comme solution pragmatique, facile à réaliser et qui ne nécessite pas un mode de conception sophistiqué, les nouveaux dalots seront constitués d'un simple abattant en béton qui couvre le canal et qui supporte en toute sécurité les charges de la circulation. Le canal en bas n'est pas interrompu par ce genre de dalot, mais continue avec une pente constante.

Étapes à forte pente

Les canaux en béton sont aptes aux écoulements d'une vitesse qui va jusqu'à environ 6 m/s. Par contre, au niveau des étapes où cette vitesse limite est dépassée à cause d'une forte pente, il faut prendre des mesures protectrices :

- employer des matériaux à haute résistance, surtout au niveau des joints (la pose d'éléments préfabriqués peut y être favorable),
- prévoir une fondation forte (ancrage, etc.),
- disperser l'énergie cinétique au niveau de l'étape par la pose de grosses pierres dans le béton des talus (empierrement),
- disperser l'énergie cinétique par des ouvrages de chute.

➤ **Normes de conception**

L'objectif principal du dimensionnement consiste à déterminer les sections optimales de caniveaux de drainage d'eaux pluviales, capables de véhiculer dans de bonnes conditions les débits de projet calculés (remplissage, vitesse, etc.).

Pour ce faire, les principaux critères de dimensionnement suivants ont été retenus dans le calage des canalisations :

- Exclusion de recours aux stations de pompage ou de relevage dans la mesure du possible ;
- Pentes de radier minimales comprises entre 0,002 m/m et 0,003 m/m, suivant les valeurs admises par l'ONAS ;
- Profondeurs minimales de pose de 0.80 m pour les caniveaux primaires des réseaux de surface permettant de drainer la totalité ou le maximum possible de points d'inondation ;
- Vitesse maximale d'écoulement de 4 m/s garantissant la protection mécanique de la canalisation ;
- Forme des caniveaux : rectangulaires.

Pour le calcul de l'évacuation des eaux pluviales, l'on a défini les valeurs du coefficient de ruissellement des différentes zones de la ville, selon l'occupation du sol et les taux de revêtement de surface. Ce coefficient de ruissellement est défini par le calcul d'une moyenne pondérée des zones touchées.

Le dimensionnement hydrologique a été réalisé pour une récurrence de 20 ans, avec la condition que l'eau doit être évacuée du territoire habité, 2 h après les précipitations. Cependant, il est nécessaire de compter au débit de projet, le débit des eaux pluviales venant des territoires extérieurs. A cet effet, un canal de ceinture est à prévoir pour protéger la ville des volumes importants d'eau de ruissellement susceptibles de la traverser.

➤ Méthode de calcul du réseau projeté

Avant de procéder au dimensionnement du réseau d'évacuation des eaux pluviales de la ville de Kolda, la zone d'étude a été découpée en sous-bassins versants dont les caractéristiques ont été déterminées en fonction de la topographie du terrain, de l'urbanisation actuelle et de l'horizon du projet. Les limites des sous-bassins versants des caniveaux ont été définies à l'aide du modèle numérique de terrain (MNT) élaboré à l'issue de la campagne topographique réalisée par le Consultant. Ces sous-bassins versants ont ensuite été encore subdivisés pour minimiser et répartir les débits, afin d'avoir un dimensionnement plus fin et plus précis des caniveaux de drainage. Leurs débits et le débit maximum calculés aux différents exutoires par Mensura ont permis de vérifier la cohérence des débits d'assemblage générés par le logiciel à travers les règles suivantes :

Bassins en série

Si $Q_{eq} > \sum(Q)$ alors $Q_{eq} = \sum(Q_j)$

Si $Q_{eq} < \text{Max}(Q)$ alors $Q_{eq} = \text{Max}(Q_j)$

Bassins en parallèle

Si $Q_{eq} > \sum(Q)$ alors $Q_{eq} = \sum(Q_j)$

Si $Q_{eq} < \text{Max}(Q)$ alors $Q_{eq} = \text{Max}(Q)$

Compte tenu de la topographie difficile de la ville de Kolda caractérisée par l'existence de cuvettes sur la quasi-totalité du périmètre communal, une seule variante de tracé a été proposée pour trouver une solution aux problèmes d'inondation dus à l'insuffisance du réseau de drainage d'eaux pluviales existant.

Le dimensionnement du réseau projeté a été effectué selon les conditions suivantes :

Vitesse

- Conduites gravitaires :
 - o $0,30 \text{ m} \leq \text{vitesse} < 4 \text{ m/s}$
- Conduites de refoulement :
 - o $0,65 \text{ m/s} < V < 1,50 \text{ m/s}$

Pente

- Minimum : 0,30 % pour éviter les dépôts de déchets solides
- Maximum : 5%

Regards

- Tous les 50 m en alignement droit.
- A chaque changement de direction.
- A chaque changement de pente.
- Diamètre intérieur minimal : 0,80 m X 0,80 m pour une profondeur comprise entre 0,80 m et 2,5 m au niveau des derniers tronçons.
- Diamètre intérieur minimal : 1,20 m X 1,20 m pour une profondeur supérieure à 2,50 m.

Dimensions des collecteurs de type cadre

- Dimensions minimales : 100 x 60
- Dimensions maximales : 300 x 100

Profondeurs du réseau

- Minimum : 0,80 m

Débits eaux pluviales

- o $V = 1,0 \text{ m/s}$ pour $Q = Q_{ps}$ (pleine section)
- o $V = 0,60 \text{ m/s}$ pour $Q = Q_{ps} / 10$
- o $V = 0,60 \text{ m/s}$ pour remplissage au 2/10 du diamètre

3.6 Dimensionnement des ouvrages

3.6.1 Dimensionnement du réseau

3.6.1.1 Eaux usées

➤ Calcul des débits

Pour chaque variante, le débit d'eaux usées collecté et acheminé vers la station d'épuration est déterminé en fonction des bassins de collecte du réseau. Sur la base des paramètres de dimensionnement définis au sous-chapitre 3.5.1.1, les débits moyens d'eaux usées arrivant à la station d'épuration ont été calculés, pour les différents horizons et les différents types d'usagers, comme suit :

➤ Détermination du débit moyen journalier : Q_{mj}

Le débit moyen journalier est défini comme étant la somme des volumes moyens d'eaux usées collectées par jour et arrivant à la station d'épuration.

Ces volumes sont exprimés dans le tableau ci-dessous qui donne les débits d'eaux usées produits dans la zone d'étude à l'horizon du projet.

Quartiers	Population projetée en 2030 (hab.)	Consommation en eau (m ³ /j)	Débit de rejet EU (m ³ /j)
Quartier Bouna	6 774	406	325
Saré Moussa	7 953	477	382
Saré Kémo	14 122	847	678
Bel Air	5 173	310	248
Gadapara	10 051	603	482
Sikilo Illèle	10 574	634	508
Bantagnol	7 114	427	341
Sinthian Idrissa	3 912	235	188
Doumassou	4 564	274	219
Escale	863	52	41
Sikilo Nord	22 034	1 322	1 058
Ndiobène	2 127	128	102
Château d'eau	4 364	262	209
Kolda Extension	38 418	2 305	1 844
TOTAL	138 042	8 283	6 626

Tableau 13 : Estimation du débit moyen journalier dans la zone d'étude

➤ **Définition des bassins de collecte**

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque bassin de collecte, la population projetée en 2030, la population à brancher sur le réseau à terme pour le dimensionnement des collecteurs et le débit caractéristique de rejet pour le dimensionnement des ouvrages du réseau d'assainissement à l'horizon du projet, tenant compte du taux de rejet et des eaux parasites.

Bassin	Surface (ha)	Données 2030				
		Population	Débit moyen (m ³ /j)	Coefficient de pointe	Débit de pointe (m ³ /h)	Débit de pointe (L/s)
bEU1	568	32 997	1 826,0	1,6	118,6	32,94
bEU2	454	21 815	1 459,7	1,6	95,2	26,45
bEU3	170	9 886	547,1	1,6	36,6	10,18
bEU4	190	11 041	611,0	1,6	40,8	11,32
bEU5	253	14 712	814,1	1,6	53,9	14,96
bEU6	662	38 418	2 126,0	1,6	137,7	38,24
bEU7	73	4 265	236,0	1,7	16,4	4,54
Total	2371	133 134	7 620	1,5	485,3	134,8

Tableau 14 : Caractéristiques des bassins de collecte

➤ **Détermination du débit de pointe : Q_{ph}**

Une fois le débit moyen des eaux usées obtenu, le débit de pointe est déterminé à partir du débit moyen horaire du jour de pointe par application d'un facteur de pointe horaire K_{ph}. Ce facteur de pointe a été pris égal à 1,53 dans le cadre de cette étude. Il est tenu en compte dans le calcul du débit des eaux usées.

$$\text{Débit de pointe (en m}^3\text{/j)} = Q_{ph} = K_{ph} \times Q_{mj}$$

où K_{ph} est le coefficient de pointe défini par la formule suivante : $K_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mj}}} < 3$

Sur cette base, la production d'eaux usées est évaluée comme suit :

Catégorie	Débit Rejet EU (2015)	Coef de pointe horaire	Débits horaires		Débit Rejet EU (2030)	Coef de pointe horaire	Débits horaires de pointe	
	(m ³ /j)	Sl	(m ³ /h)	(l/s)	(m ³ /j)	Sl	(m ³ /h)	(l/s)
Débit d'eaux usées domestiques	3 927	1,54	251,9	70,0	6 626	1,53	422,4	117,3
Débit d'eaux parasites	393	-	16,4	4,6	663	-	27,6	7,7
Débit d'eaux usées industrielles	196	-	8,2	2,3	331	-	13,8	3,8
Débits totaux	4 515	1,54	290	80,5	7 620	1,53	486	134,9

Tableau 15 : Débit pris en charge par le réseau en 2030

➤ **Résultats des calculs hydrauliques**

La ville de Kolda bénéficiera d'un réseau de collecteurs primaires qui évacueront gravitairement les eaux usées vers un collecteur principal raccordé à une station de pompage. Sont connectés à ces collecteurs primaires des collecteurs secondaires qui permettent de desservir presque entièrement la zone de projet.

Le dimensionnement tronçon par tronçon du réseau (un tronçon équivalant à la portion de conduites comprises entre deux regards successifs) à l'aide du logiciel Mensura donne les résultats suivants :

Diamètre (mm)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Linéaire (ml)		
250	114 556	114 880	114 880
315	2 497	3 608	3 608
400	3 942	2 507	2 507
TOTAL	120 995	120 995	120 995

Tableau 16 : Linéaire du réseau projeté

Ce réseau de canalisations, réalisé en PVC de classe CR8, comporte au total 1020 regards répartis comme suit :

- Profondeur < 1.50 m : **105 regards** ;
- Profondeur comprise entre 1.50 m et 2.50 m : **517 regards** ;
- Profondeur supérieure à 2.50m : **398 regards**.

L'ensemble des conduites ont une pente moyenne de 0.3 % pour des profondeurs de pose comprises entre 0.89 m et 4.39 m.

Les résultats détaillés du dimensionnement sont présentés en annexes.

3.6.1.2 *Eaux pluviales*

➤ **Bassins versants**

Les débits des bassins versants et le débit maximum aux différents exutoires, calculés par le logiciel Mensura, donne les résultats consignés dans le tableau suivant.

Numéro	A (ha)	I (%)	C	Q (m³/s)
BV1	22,318	2,0	0,42	4,363
BV2	16,120	0,9	0,30	1,967
BV3	21,938	0,1	0,30	1,530
BV4	13,850	0,2	0,30	1,153
BV5	9,470	0,2	0,30	0,905
BV6	13,071	0,5	0,30	1,264
BV7	29,571	0,3	0,30	2,107
BV8	8,846	1,0	0,30	1,168
BV9	12,445	0,3	0,30	1,302
BV10	5,384	0,2	0,30	0,678
BV11	5,683	0,5	0,30	0,911
BV12	5,227	0,3	0,30	0,605
BV13	0,977	0,7	0,30	0,201
BV14	12,563	2,2	0,42	2,595
BV15	11,572	2,5	0,42	2,440
BV16	11,620	2,4	0,42	2,410
BV17	12,329	1,7	0,42	2,319
BV18	13,034	0,2	0,30	1,059
BV19	9,082	0,1	0,30	0,676
BV20	5,199	0,4	0,30	0,619
BV21	8,571	0,3	0,30	0,890
BV22	15,121	0,3	0,30	1,253
BV23	6,351	29,6	0,42	4,733
BV24	4,815	0,2	0,42	0,684
BV25	4,753	0,4	0,42	0,796
BV26	4,366	28,3	0,42	3,326
BV27	4,644	1,1	0,42	1,009
BV28	5,424	2,4	0,42	1,926
BV29	7,765	0,9	0,43	1,754
BV30	5,339	0,1	0,42	0,589
BV31	7,338	0,1	0,43	0,991
BV32	6,756	0,2	0,30	0,744
BV33	6,363	1,0	0,30	0,951
BV34	5,140	0,4	0,30	0,634
BV35	4,322	0,3	0,30	0,495
BV36	8,311	0,7	0,30	0,997
BV37	6,961	0,5	0,30	0,794
BV38	6,773	0,3	0,28	0,612
BV39	10,219	0,9	0,30	1,376
BV40	12,228	0,7	0,30	1,361
BV41	7,472	0,0	0,42	0,716
BV42	21,292	0,1	0,30	1,274
BV43	7,699	0,3	0,30	0,811
BV44	10,120	1,1	0,30	1,467
BV45	13,188	3,0	0,30	2,169
BV46	13,845	1,0	0,30	1,698
BV47	12,508	0,7	0,30	1,418
BV48	5,628	0,2	0,42	0,931
BV49	9,916	0,5	0,42	1,615
BV50	6,751	0,4	0,42	1,104

Tableau 17 : Caractéristiques des bassins versants de la zone de projet

Avec :

- A : Surface du bassin
- I : Pente moyenne
- C : Coefficient de ruissellement
- Q : Débit du bassin seul

Une fois ces débits connus, ils ont été ensuite judicieusement répartis entre les collecteurs, afin d'intercepter au maximum les eaux ruisselantes susceptibles de créer des points de stagnation d'eau ou des inondations.

➤ **Dimensionnement du réseau de caniveaux en béton armé**

Il s'agira ici de :

- réhabiliter les caniveaux existants ;
- stabiliser les ravins ;
- construire de nouveaux collecteurs dans les bassins versants pas encore desservis par le réseau existant.

Il existe actuellement environ 12 200 ml de caniveaux, composés de collecteurs principaux et secondaires, dont une partie est à réhabiliter, leur capacité étant devenue insuffisante. Les canaux sont construits sous forme rectangulaire ou trapézoïdale et sont partiellement fermés par des dalles en béton ou des grilles afin de les consolider. Les résultats du dimensionnement se présentent comme suit :

- 5000 ml, soit 41 % du réseau de caniveaux existant à Château d'eau, Bantagnel, Ndiobène, Escale et Gadapara, ont besoin d'être réhabilités.
- 16 772 ml de nouveaux collecteurs sont à construire, la majorité sous forme rectangulaire.

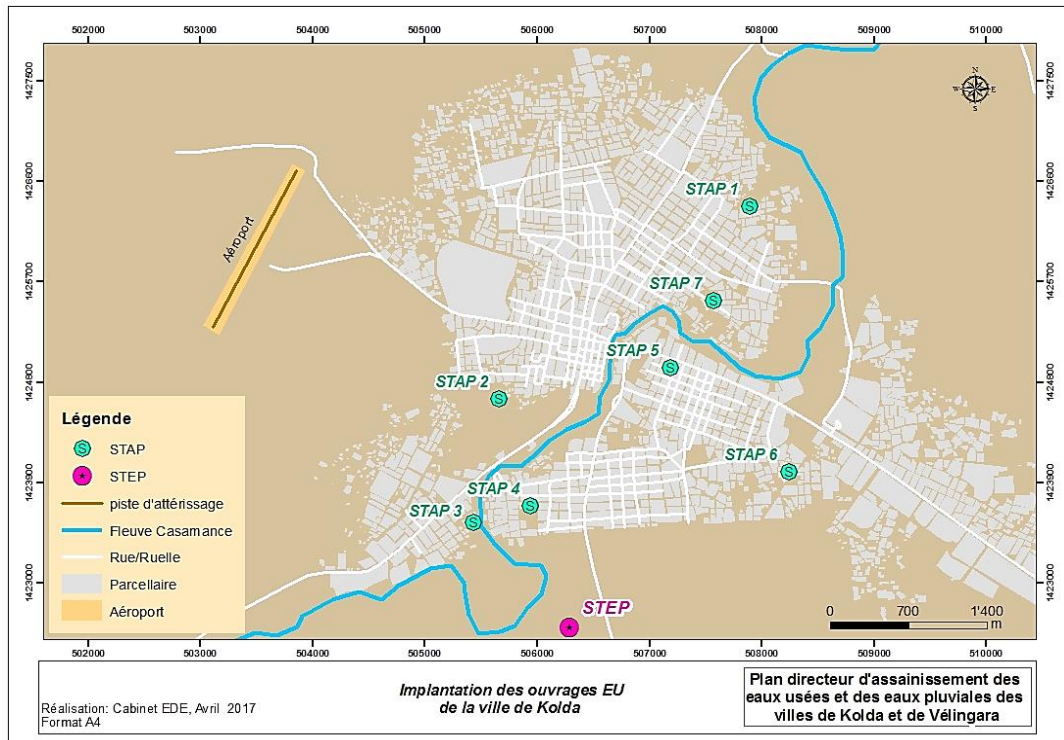
Les exutoires du réseau d'évacuation des eaux pluviales sont de deux types : le fleuve Casamance et le bassin de rétention de Gadapara.

3.6.2 Dimensionnement des stations de pompage

3.6.2.1 Eaux usées

➤ **Localisation**

Sept (7) stations de pompage sont projetées pour les deux variantes d'assainissement des eaux usées. Leurs emplacements sont identiques. Elles ne diffèrent que de par la position de leurs conduites de refoulement, de leurs débits et du nombre de traversées du fleuve. La carte ci-dessous donne une vue d'ensemble de l'implantation des ouvrages dans la ville de Kolda.



Carte 20 : Implantation des stations de pompage et de la station d'épuration

Leurs points de rejet sont définis comme suit, selon la variante identifiée :

➤ **Variante 1**

Nom de la station	Quartiers	Point de rejet
STAP 1	Sikilo Illèle	STAP 7
STAP 2	Gadapara	STAP 3
STAP 3	Saré Kemo	STAP 4
STAP 4	Sinthian Idrissa	STEP
STAP 5	Bantagnol	STAP 4
STAP 6	Saré Moussa	STEP
STAP 7	Sikilo Illèle	STAP 2

Tableau 18 : Localisation et caractéristiques des stations de pompage - variante 1

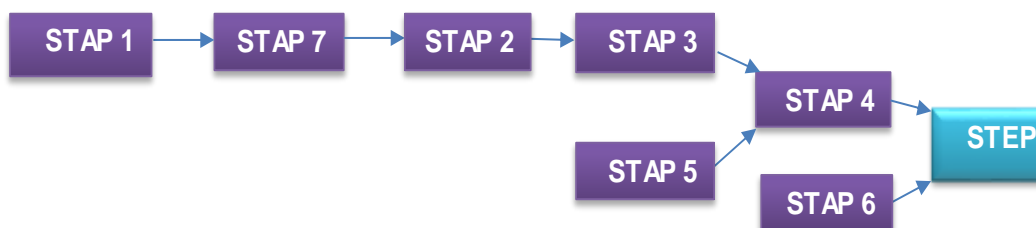


Figure 4 : Flow Diagram de la variante 1

➤ Variante 2

Nom de la station	Quartiers	Point de rejet
STAP 1	Sikilo Illèle	STAP 7
STAP 2	Gadapara	STAP 3
STAP 3	Saré Kemo	STAP 4
STAP 4	Sinthian Idrissa	STEP
STAP 5	Bantagnel	STAP 4
STAP 6	Saré Moussa	STEP
STAP 7	Sikilo Illèle	STAP 5

Tableau 19 : Localisation et caractéristiques des stations de pompage - variante 2

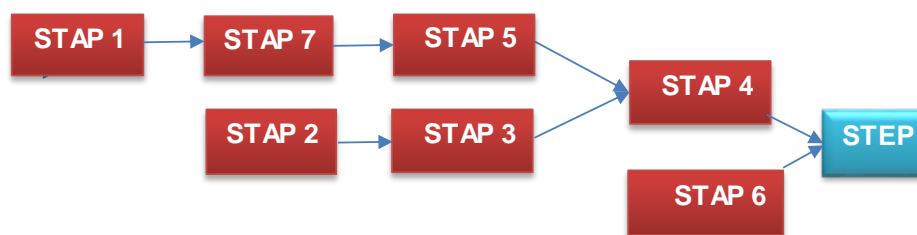


Figure 5 : Flow Diagram de la variante 2

➤ Variante 3

Nom de la station	Quartiers	Point de rejet
SP 1	Sikilo Illèle	SP 7
SP 2	Gadapara	SP 3
SP 3	Saré Kemo	STEP
SP 4	Sinthian Idrissa	STEP
SP 5	Bantagnel	SP 4
SP 6	Saré Moussa	STEP
SP 7	Sikilo Illèle	STEP

Tableau 20 : Localisation et caractéristiques des stations de pompage - variante 3

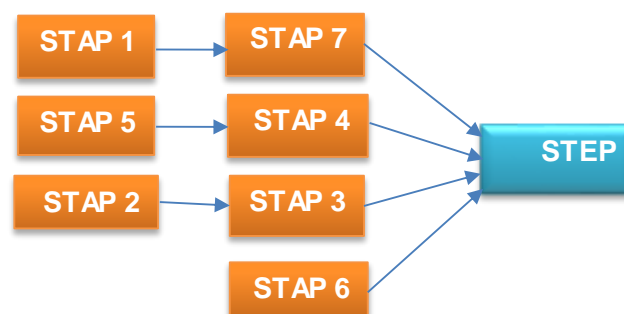


Figure 6 : Flow Diagram de la variante 3

➤ **Données de base pour le dimensionnement**

Les données principales de base pour le dimensionnement des stations de pompages sont :

- Les débits de pointe horaire à refouler à l'horizon du projet ;
- Les longueurs des conduites de refoulement.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque station de pompage ces différentes données, en fonction de la variante concernée. A noter que les débits de dimensionnement considérés constituent les débits à terme, pour un temps de fonctionnement de 6h/jour.

• **Variante 1**

Station de pompage	Débit moyen (L/s)	Débit de pointe (L/s)	Longueur de refoulement (ml)
STAP 1	21	33	901
STAP 2	41	64	992
STAP 3	46	74	136
STAP 4	63	100	1 223
STAP 5	9	15	917
STAP 6	25	38	3 216
STAP 7	23	38	1 315
TOTAL	227	362	8 700

Tableau 21 : Données de base du dimensionnement des stations de pompage – Variante 1

• **Variante 2**

Station de pompage	Débit moyen (L/s)	Débit de pointe (L/s)	Longueur de refoulement (ml)
STAP 1	21	33	901
STAP 2	17	26	992
STAP 3	23	37	136
STAP 4	63	100	1 223
STAP 5	33	52	917
STAP 6	25	38	3 216
STAP 7	23	38	549
TOTAL	204	325	7 934

Tableau 22 : Données de base du dimensionnement des stations de pompage – Variante 2

• **Variante 3**

Station de pompage	Débit moyen (L/s)	Débit de pointe (L/s)	Longueur de refoulement (ml)
SP 1	21	33	901
SP 2	17	26	992
SP 3	23	37	1 262
SP 4	16	25	1 223
SP 5	9	15	917
SP 6	25	38	3 216
SP 7	23	37	3 508
TOTAL	134	212	12 019

Tableau 23: Données de base du dimensionnement des stations de pompage – Variante 3

➤ **Conception**

• **Dégrillage**

Il sera mis en place un dégrilleur automatique à installer dans un chenal. Le dégrilleur automatique sera composé d'un châssis sur lequel sont montés :

- Une grille ;
- Un râteau de raclage des déchets ;
- Un moto-réducteur ;
- Un éjecteur.

La largeur de la grille est déterminée par la formule de Kirschmer :

$$L = \frac{Q \times \sin \alpha}{h \times (1 - \beta) \times \delta \times V}$$

Avec :

α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale $\alpha = 30^\circ$;

β : fraction de surface occupé par les barreaux;

Q : débit ;

δ : coefficient de colmatage de grilles = 0.50 pour grille automatique ;

h : hauteur maximale dans le chenal dégrilleur h = 0.30 m ;

V : vitesse de flot qu'on prendra égal à 0.8 m/s.

Pour un espacement entre les barreaux de 2 cm et une épaisseur de barreau de 1 cm, on aura $\beta = 1/3$

$$S = L \times h$$

Avec :

S : surface minimale des grilles à prévoir en m².

Les caractéristiques des grilles sont ainsi résumées dans les tableaux suivants :

➤ **Variante 1**

Station de pompage	H (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	L (m)	S (m ²)
STAP 1	0,1	0,8	0,033	0,1	0,091
STAP 2	0,2	0,8	0,064	0,2	0,176
STAP 3	0,2	0,8	0,074	0,2	0,204
STAP 4	0,3	0,8	0,100	0,3	0,276
STAP 5	0,0	0,8	0,015	0,0	0,041
STAP 6	0,1	0,8	0,038	0,1	0,105
STAP 7	0,1	0,8	0,037	0,1	0,103

Tableau 24 : Section des grilles – Variante 1

➤ Variante 2

Station de pompage	H (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	L (m)	S (m ²)
STAP 1	0,1	0,8	0,033	0,1	0,091
STAP 2	0,1	0,8	0,026	0,1	0,073
STAP 3	0,1	0,8	0,037	0,1	0,101
STAP 4	0,3	0,8	0,100	0,3	0,276
STAP 5	0,1	0,8	0,052	0,1	0,144
STAP 6	0,1	0,8	0,038	0,1	0,105
STAP 7	0,1	0,8	0,037	0,1	0,103

Tableau 25 : Section des grilles – Variante 2

➤ Variante 3

Station de pompage	H (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	L (m)	S (m ²)
STAP 1	0,1	0,8	0,033	0,1	0,091
STAP 2	0,1	0,8	0,026	0,1	0,073
STAP 3	0,1	0,8	0,037	0,1	0,101
STAP 4	0,1	0,8	0,025	0,1	0,069
STAP 5	0,0	0,8	0,015	0,0	0,041
STAP 6	0,1	0,8	0,038	0,1	0,105
STAP 7	0,1	0,8	0,037	0,1	0,103

Tableau 26: Section des grilles – Variante 3

Ainsi, on considérera des dégrilleurs mécaniques avec les caractéristiques suivantes :

Paramètres	Choix	Observations
Nombre de dégrilleurs	7	
Type de nettoyage	Mécanique	Recommandé
Vitesse de passage	0,8 m/s	
Epaisseur des barreaux (b)	20 mm	
Angle d'inclinaison	30°	Grâce au nettoyage mécanique
Entrefer (e)	15 mm	
Coefficient de colmatage dû aux eaux usées (C)	0.5	
Dimensions grille	1m x 1m	

Tableau 27 : Caractéristiques des dégrilleurs

Les dégrilleurs seront logés dans un chenal rectangulaire. Ce chenal sera réalisé en béton armé dosé à 350 kg/m³ de ciment CHF. Les parois auront une épaisseur de 20 cm. La profondeur retenue tient compte de la profondeur de la conduite d'arrivée, de la revanche de 1 m et de la hauteur d'eau dans le chenal de 0.20 m maximum. Les dimensions de ce chenal rectangulaire sont données dans le tableau suivant :

Station de pompage	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)
STAP 1	1,5	1	3
STAP 2	1,5	1	3
STAP 3	1,5	1	7
STAP 4	1,5	1	7
STAP 5	1,5	1	7
STAP 6	1,5	1	7
STAP 7	1,5	1	7

Tableau 28 : Dimensions des chenaux dégrilleurs

- **Dessablage**

Il s'agit d'éliminer les particules denses afin d'éviter une abrasion rapide des installations. On adoptera un dessableur canal en se fixant pour objectif d'y arrêter les particules de vitesses de chute $U_0 = 0.30$ m/s.

Condition de piégeage :
$$L \geq h \times \frac{V}{U_0}$$

$$h \times l = \frac{Q}{V}$$

Condition pour éviter des remises en suspension :
$$10 \leq \frac{L}{h} < 15$$

Avec :

Q : débit dans le dessableur ;

V : vitesse horizontale requise du flot dans le dessableur ;

L : longueur du dessableur en m ;

L : largeur du dessableur en m ;

h : hauteur d'eau dans le dessableur prise égale à 0,5 m ;

Pour les besoins d'exploitation, on considérera des dessableurs avec les dimensions suivantes :

➤ **Dessableur piston**

Station de pompage	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)
STAP 1	3	2	3,5
STAP 2	3	2	3,5
STAP 3	3	2	7,5
STAP 4	3	2	7,5
STAP 5	3	2	7,5
STAP 6	3	2	7,5
STAP 7	3	2	7,5

Tableau 29 : Dimensions des dessableurs piston

➤ **Dessableur aéré**

Station de pompage	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)
STAP 1	9	3	3,5
STAP 2	9	3	3,5
STAP 3	9	3	7,5
STAP 4	9	3	7,5
STAP 5	9	3	7,5
STAP 6	9	3	7,5
STAP 7	9	3	7,5

Tableau 30: Dimensions des dessableurs aéré

• **Bâche de pompage**

Sur la base des paramètres de dimensionnement définis précédemment, les résultats du pré-dimensionnement sont présentés directement dans le tableau ci-dessous.

➤ **Variante 1**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de pointe	l/s	33	64	74	100	15	38	37
Débit arrondi des pompes	l/s	35	70	75	150	15	60	40
Temps de fonctionnement par jour	h	14	14	15	10	15	10	14
Nombre de pompes installées	unité	2	2	2	2	2	2	2
Nombre de pompes en fonctionnement	unité	1	1	1	1	1	1	1
Nombre de démarrage par heure	unité	10	10	10	5	10	10	10
Volume utile bâche	m ³	3,15	6,30	6,75	27,00	1,35	5,40	3,60
Hauteur utile minimale	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Diamètre calculé bâche	m	1,64	2,31	2,39	4,79	1,07	2,14	1,75
Profondeur regard d'arrivée	m	1,79	2,06	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87
Charge d'eau au-dessus de la roue	m	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hauteur d'eau morte	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Profondeur bâche calculée	m	3,79	4,06	7,87	7,87	7,87	7,87	7,87
Diamètre adopté	m	3	3	3	5	3	3	3
Profondeur adoptée	m	4	4,5	8	8	8	8	8

Tableau 31 : Résultats dimensionnement stations de pompage - Variante 1

➤ Variante 2

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de pointe	l/s	33	26	37	100	52	38	37
Débit arrondi des pompes	l/s	35	30	40	110	56	42	40
Temps de fonctionnement par jour	h	14	14	14	14	14	14	14
Nombre de pompes installées	unité	2	2	2	2	2	2	2
Nombre de pompes en fonctionnement	unité	1	1	1	1	1	1	1
Nombre de démarrage par heure	unité	5	5	5	5	5	5	5
Volume utile bache	m ³	6,3	5,4	7,2	19,8	10,1	7,6	7,2
Hauteur utile minimale	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Diamètre calculé bache	m	2,3	2,4	2,5	4,1	2,9	2,5	2,5
Profondeur regard d'arrivée	m	1,8	2,1	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Charge d'eau au-dessus de la roue	m	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hauteur d'eau morte	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Profondeur bache calculée	m	3,8	4,1	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Diamètre adopté	m	3	3	3	5	3	3	3
Profondeur adoptée	m	4	4,5	8	8	8	8	8

Tableau 32 : Résultats dimensionnement stations de pompage - Variante 2

➤ Variante 3

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de pointe	l/s	33	26	37	25	15	38	37
Débit arrondi des pompes	l/s	35	70	80	110	16	42	40
Temps de fonctionnement par jour	h	14	14	14	14	14	14	14
Nombre de pompes installées	unité	2	2	2	2	2	2	2
Nombre de pompes en fonctionnement	unité	1	1	1	1	1	1	1
Nombre de démarrage par heure	unité	5	5	5	5	5	5	5
Volume utile bache	m ³	6,3	12,6	14,4	19,8	2,9	7,6	7,2
Hauteur utile minimale	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Diamètre calculé bache	m	2,3	3,3	3,5	4,1	1,6	2,5	2,5
Profondeur regard d'arrivée	m	1,8	2,1	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Charge d'eau au-dessus de la roue	m	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hauteur d'eau morte	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Profondeur bache calculée	m	3,8	4,1	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Diamètre adopté	m	3	4	4	5	3	3	3
Profondeur adoptée	m	4	4,5	8	8	8	8	8

Tableau 33 : Résultats dimensionnement stations de pompage - Variante 3

➤ **Conduites de refoulement**

Les stations de pompage refoulent sur des tronçons gravitaires, via des regards brise-charge. Le dimensionnement de ces collecteurs doit par conséquent tenir compte de ces flux supplémentaires. Les conduites de refoulement sont toutes en PEHD PN 10.

Les données de dimensionnement sont fournies dans le tableau suivant. Le diamètre économique est donné par la formule de Bresse : $1.5 \cdot Q^{1/2}$

Les pertes de charges totales sont données par la formule de Manning Strickler qui sont majorées de 10 % pour tenir compte des pertes singulières.

$$H = Q^2 \cdot L \cdot 1,1 / (\pi / 4)^{5/3} \cdot D^{8/3} / K^2$$

Cette formule devient :

$$H_{\Pi} = 10,29 \times 1,1 \times \frac{Q^2 \times L_{eq}}{K^2 \times D^{\frac{16}{3}}}$$

Les résultats obtenus sont les suivantes :

➤ **Variante 1**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de pointe	l/s	33	64	74	100	15	38	37
Débit pompes	l/s	35	70	75	150	15	60	40
Longueur conduite de refoulement	ml	901	992	136	1223	917	3216	1315
Diamètre économique	mm	187	265	274	387	122	245	200
Coefficient de Strickler		90	90	90	90	90	90	90
Diamètre adopté	mm	250	315	355	400	200	315	250
Pertes de charge totales	ml	2,5	3,2	0,3	5,1	1,5	7,7	4,8
Vitesse de refoulement	m/s	0,7	0,9	0,8	1,2	0,5	0,8	0,8

Tableau 34 : Dimensionnement des conduites de refoulement – Variante 1

➤ **Variante 2**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de pointe	l/s	33	26	37	100	52	38	37
Débit pompes	l/s	35	30	40	110	56	42	40
Longueur conduite de refoulement	ml	901	992	136	1223	917	3216	549
Diamètre économique	mm	187	173	200	332	237	205	200
Coefficient de Strickler		90	90	90	90	90	90	90
Diamètre adopté	mm	250	250	250	355	250	250	250
Pertes de charge totales	ml	2,5	2,03	0,5	5,2	6,5	12,9	2,00
Vitesse de refoulement	m/s	0,71	0,61	0,81	1,11	1,14	0,86	0,81

Tableau 35 : Dimensionnement des conduites de refoulement – Variante 2

➤ **Variante 3**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de pointe	l/s	33	26	37	25	15	38	37
Débit pompes	l/s	35	70	80	110	16	42	40
Longueur conduite de refoulement	ml	901	992	1262	1223	917	3216	3508
Diamètre économique	mm	187	265	283	332	126	205	200
Coefficient de Strickler		90	90	90	90	90	90	90
Diamètre adopté	mm	250	315	315	355	160	250	250
Pertes de charge totales	ml	2,51	3,22	5,35	5,18	5,76	12,89	12,75
Vitesse de refoulement	m/s	0,71	0,90	1,03	1,11	0,80	0,86	0,81

Tableau 36: Dimensionnement des conduites de refoulement – Variante 3

➤ **Dimensionnement et choix des pompes**

Le nombre de pompes à installer est fonction du débit à évacuer à l'horizon du projet. Pour chaque station de pompage, deux pompes, disposant chacune d'une capacité suffisante pour supporter le débit de pointe horaire, seront installées. En cas de défaut de l'une des pompes au cours de son fonctionnement, l'autre pourra servir de secours à tout moment. Les résultats du calcul des HMT sont consignés dans les tableaux suivants :

➤ **Variante 1**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de fonctionnement pompe	l/s	35	70	75	150	15	60	40
Longueur conduite de refoulement	ml	901	992	136	1223	917	3216	1315
Diamètre conduite de refoulement	mm	250	315	355	400	200	315	250
Pertes de charge totale Hf	ml	2,51	3,22	0,27	5,10	1,54	7,67	4,78
Cote TN de la SP	m	2,9	0,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Côte radier bêche de pompage	m	33,47	32,23	29,58	32,71	33,82	35,84	32,29
Côte point haut refoulement	m	34,22	37,91	55,98	68,18	37,73	68,00	43,72
Hauteur géométrique	m	0,75	5,68	26,40	35,47	3,91	32,16	11,43
Hauteur manométrique totale HMT calculée	m	3,26	8,90	26,67	40,56	5,45	39,83	16,21
Hauteur manométrique totale HMT adoptée	m	5	10	30	45	10	45	20

Tableau 37 : Calcul de la HMT – Variante 1

➤ **Variante 2**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Débit de fonctionnement pompe	l/s	35	30	40	110	56	42	40
Longueur conduite de refoulement	ml	901	992	136	1223	917	3216	549
Diamètre conduite de refoulement	mm	250	250	250	355	250	250	250
Pertes de charge totale Hf	ml	2,51	2,03	0,49	5,18	6,53	12,89	2,00
Cote TN de la SP	m	2,9	0,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Côte radier bêche de pompage	m	33,47	32,23	29,58	32,71	33,82	35,84	32,29
Côte point haut refoulement	m	34,22	37,91	55,98	68,18	37,73	68,00	43,72

Hauteur géométrique	m	0,75	5,68	26,40	35,47	3,91	32,16	11,43
Hauteur manométrique totale HMT calculée	m	3,26	7,71	26,89	40,65	10,44	45,05	13,43
Hauteur manométrique totale HMT adoptée	m	5	10	30	45	10	45	15

Tableau 38 : Calcul de la HMT – Variante 2

➤ **Variante 3**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP3
Débit de fonctionnement pompe	l/s	35	70	80	110	16	42	40
Longueur conduite de refoulement	ml	901	992	1262	1223	917	3216	3508
Diamètre conduite de refoulement	mm	250	315	315	355	160	250	250
Pertes de charge totale Hf	ml	2,51	3,22	5,35	5,18	5,76	12,89	12,75
Cote TN de la SP	m	2,9	0,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Côte radier bêche de pompage	m	33,47	32,23	29,58	32,71	33,82	35,84	32,29
Côte point haut refoulement	m	34,22	37,91	55,98	68,18	37,73	68,00	43,72
Hauteur géométrique	m	0,75	5,68	26,40	35,47	3,91	32,16	11,43
Hauteur manométrique totale HMT calculée	m	3,26	8,90	31,75	40,65	9,67	45,05	24,18
Hauteur manométrique totale HMT adoptée	m	5	10	35	45	10	50	25

Tableau 39: Calcul de la HMT – Variante 3

Les pompes choisies à partir du logiciel FLYPS 3.1 auront les caractéristiques suivantes :

➤ **Variante 1**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Nombre de pompes installées	unité	2	2	3	2	3	2	2
Mode de fonctionnement		1+1	1+1	2+1	1+1	2+1	1+1	1+1
Débit nominal d'une pompe	l/s	35	70	37,5	150	7,5	60	40
HMT de chaque pompe	m	5	10	30	45	10	45	20
Rendement de chaque pompe	%	60	60	60	60	60	60	60
Puissance d'une pompe	KW	3	11	18	110	1	44	13

Tableau 40 : Caractéristiques des pompes choisies – Variante 1

➤ **Variante 2**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Nombre de pompes installées	unité	2	2	2	2	2	2	2
Mode de fonctionnement		1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
Débit nominal d'une pompe	l/s	35	30	40	110	56	42	40
HMT de chaque pompe	m	5	10	30	45	10	45	15
Rendement de chaque pompe	%	60	60	60	60	60	60	60
Puissance d'une pompe	KW	3	5	20	81	9	31	10

Tableau 41 : Caractéristiques des pompes choisies – Variante 2

➤ **Variante 3**

Paramètres	Unité	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Nombre de pompes installées	unité	2	2	2	5	2	2	2
Mode de fonctionnement		1+1	1+1	1+1	4+1	1+1	1+1	1+1
Débit nominal d'une pompe	l/s	35	70	80	27,5	16	42	40
HMT de chaque pompe	m	5	10	35	45	10	50	25
Rendement de chaque pompe	%	60	60	60	60	60	60	60
Puissance d'une pompe	KW	3	11	46	20	3	34	16

Tableau 42: Caractéristiques des pompes choisies – Variante 3

➤ **Dispositif anti-bélier**

La pression maximale correspondante est de : $P = \Delta H_{\max} + \text{HMT}$

La pression de service à ne pas dépasser est, dans les réseaux en PEHD, la pression nominale du tuyau PN 10 (100 m CE).

Donc si $P_{\max} > \text{PN } 10$, l'anti-bélier est nécessaire.

Les volumes des ballons anti-béliers sont définis comme suit :

• **Variante 1**

Station de pompage	Volume (L)
SP 1	500
SP 2	1000
SP 3	500
SP 4	500
SP 5	500
SP 6	500
SP 7	500

Tableau 43 : Volumes des ballons anti-béliers – Variante 1

• **Variante 2**

Station de pompage	Volume (L)
SP 1	500
SP 2	500
SP 3	500
SP 4	500
SP 5	500
SP 6	500
SP 7	500

Tableau 44 : Volumes des ballons anti-béliers – Variante 2

• **Variante 3**

Station de pompage	Volume (L)
SP 1	500
SP 2	500
SP 3	500
SP 4	500
SP 5	500
SP 6	500
SP 7	500

Tableau 45: Volumes des ballons anti-béliers – Variante 3

3.6.3 Dimensionnement du bassin de rétention de Gadapara

➤ Présentation et principe de fonctionnement

Le bassin de rétention a pour rôle d'écrêter les débits de pointe de des eaux pluviales sur site après décantation et stockage et de les restituer progressivement selon les capacités de son pertuis aval.

Le volume à stocker dépendra de la surface imperméabilisée, mais également de la perméabilité du sol et de la surface d'infiltration.

Une perméabilité importante entraîne une vidange rapide et donc un volume de stockage réduit.

Avantages

-
- Ecrêtage des débits de pointe ;
- Dépollution efficace des eaux pluviales par décantation des particules ;
- Création et conservation de zones vertes en milieu urbain ou péri-urbain ;
- Création de lieux de promenades, d'activités récréatives et de jeux ;
- Mise en œuvre facile et bien maîtrisée ;
- Entretien simple.

Inconvénients

- Consommation d'espace ou emprise foncière importante ;
- Pollution de la nappe.

Conditions et domaine d'utilisation

- Localisation du site d'implantation dans une zone apte à l'infiltration, à savoir :
 - une perméabilité $> 3.10^{-6}$ m/s;
- une distance de 1 mètre minimum entre l'interface d'infiltration et le niveau le plus haut de la nappe doit être respectée ;
- Bonne porosité utile des matériaux graveleux ;
- Disponibilité de l'emprise pour implanter l'ouvrage ;
- Intégration complète du bassin à l'aménagement urbain en lui conférant une valeur paysagère (zone de détente, aire de jeu, ...). ;
- Mesures de mise en sécurité des personnes et des équipements constitutifs de l'ouvrage (mise en place de signalétique adéquate, bonne information des riverains ou des usagers sur son fonctionnement, etc.).

➤ Pré-dimensionnement

La démarche de dimensionnement d'un bassin de rétention se fait essentiellement en fonction des volumes de ruissellement pour lesquels le bassin constitue l'exutoire et de ses capacités de vidange.

Sa particularité tient à son exigence en disponibilité foncière significative, voire importante. En conséquence, il est plus indiqué pour des espaces encore inhabités ou en cours d'urbanisation, relativement spacieux et constitués de dépressions topographiques pouvant servir d'exutoires temporaires pour ce type d'aménagement.

Une surface disponible a été identifiée au niveau d'une zone de dépression dans le quartier de Gadapara, non loin du fleuve Casamance. Il s'agit d'un terrain vaste inondable d'une vingtaine d'hectares et actuellement non aménagé où le bassin de rétention peut être réalisé.

Le volume d'eau à y stocker peut être déterminé par la formule suivante :

$$V_{\max} = 1,2 \times 10 \times \Delta h \times S_a$$

Avec :

- V_{\max} : volume d'eau à stocker (en m)
- Δh : hauteur maximale d'eau à stocker (en mm)
- S_a : surface active de ruissellement (en ha)

En posant l'hypothèse selon laquelle le débit de fuite de l'ouvrage Q_f sera de $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ et son débit spécifique de fuite q_s de $13 \text{ mm}/\text{min}$ pour une période de retour de 20 ans, la surface active de ruissellement est déterminée par la formule suivante :

$$S_a \text{ (m}^2\text{)} = \frac{60\,000 \times Q_f}{q_s}$$

Donc, pour une hauteur maximale de stockage $\Delta_h = 1 \text{ m}$, le bassin de rétention pourrait intercepter un volume d'environ $50\,000 \text{ m}^3$, avec des dimensions de $250 \text{ m} \times 200 \text{ m}$.

Il devra être conçu de sorte à servir d'évacuateur de surface en cas de précipitations très intenses. A cet effet, il devra être équipé d'un organe d'étranglement, par exemple d'une vanne à commande manuelle, avec la possibilité d'évacuer les eaux pluviales vers le fleuve Casamance.

Les réservations foncières potentielles notées au niveau de cette zone seront examinées avec plus de détails en phase APD, avec l'aval du Client.

3.6.4 Dimensionnement de la station d'épuration

➤ Option technologique et localisation de la STEP

Le choix du site d'implantation de la station d'épuration est l'un des aspects fondamentaux de l'étude. En principe, un système de traitement par lagunage naturel sera mis en place pour la prise en charge des eaux usées au niveau de la station d'épuration. Une dépositrice de boues de vidange sera également à prévoir dans l'enceinte de cette station d'épuration par lagunage naturel, pour recueillir les eaux usées issues de l'assainissement autonome des zones non encore connectées au réseau collectif.

La localisation prévue devra ainsi permettre d'assurer :

- l'utilisation optimale des conditions gravitaires du terrain pour les collecteurs,
- la possibilité économique de la réutilisation éventuelle des eaux usées épurées,
- la possibilité optimale de rejet des eaux usées épurées au milieu récepteur naturel,
- l'accès routier simple,
- la position et la distance convenables par rapport aux zones d'habitation actuelles et futures.

Compte tenu des contraintes du relief qui limitent fortement le choix de sites potentiels pour l'implantation de la STEP, mais aussi de l'espace disponible, des enjeux liés à la réutilisation des eaux épurées et de la proximité de l'exutoire constitué par le fleuve Casamance, un seul site d'implantation a pu être proposé. Le site a été sélectionné en fonction des critères suivants :

- Disponibilité de la surface nécessaire à la réalisation de la station d'épuration ;
- Situation foncière : si possible domaine public, éviter les terrains à forte valeur pouvant compromettre le projet à terme ;
- Eloignement maximal des habitations ;
- Recours le moins possible à des ouvrages de relèvement ou de pompage ;
- Implantation dans une zone non inondable ou s'appropriant de la façon la plus aisée possible à un aménagement de mise hors d'eau ;
- Proximité aux réseaux d'électricité et d'eau potable ;
- Facilité d'accès : l'accès ne doit pas être trop difficile ni nécessiter des coûts d'aménagement disproportionnés par rapport au coût global de l'ouvrage ;
- Impacts négatifs minimaux sur l'environnement : nuisances dues au dégagement d'odeurs, de bruit, de déformation du paysage, d'évacuation des boues, problèmes d'expropriation. Il convient aussi d'éviter d'être à l'amont direct d'une prise d'eau ou d'une activité d'exploitation des ressources du fleuve, etc.

Le site en question se trouve à environ 1 km au sud de la ville, en dehors du territoire communal. Ce site est actuellement inoccupé et est entouré de terres cultivables. Il offre une surface disponible d'une centaine d'hectares à une distance de 817 m des dernières habitations et à 410 m du fleuve Casamance.

Le site est facilement accessible depuis la route nationale n°4, moyennant la création d'une route d'accès d'environ 380 m à aménager. Des raccordements aux réseaux SDE et SENELEC sont facilement envisageables.

Sur ce site, la plateforme de la STEP devra subir un remblayage afin de garantir une mise hors d'eau et un écoulement gravitaire de l'effluent traité.

Un point de rejet sur le fleuve est facilement aménageable par la création d'un canal à ciel ouvert ou la mise en place d'une conduite gravitaire pour évacuer les eaux traitées.

➤ **Implantation de la station d'épuration**

Les critères d'implantation d'une station d'épuration par lagunage sont les suivants, classés par ordre d'importance.

- Les bassins doivent être situés au moins à 3 m au-dessus de la nappe phréatique ;
- La condition d'écoulement gravitaire entre bassins doit être impérativement respectée ;
- Les bassins doivent être implantés en fonction de la qualité (imperméabilité) des sols en place ;
- Les travaux de terrassement doivent être minimaux et s'équilibrer, c'est-à-dire que les déblais doivent être égaux aux remblais, en incluant les pertes par foisonnement, compactage, etc.
- Les bassins anaérobies doivent être prévus avec un rapport longueur/largeur inférieur à 2, de façon à limiter les dépôts à l'entrée.
- Les bassins facultatifs doivent être prévus avec des rapports longueur / largeur proche de 2 ou plus, de façon à éviter des courts-circuits ou des zones mortes.
- Les digues doivent être continues et minimales, c'est-à-dire avec le moins d'angles possibles. Leur construction doit être facile, ce qui agira dans le sens d'une meilleure imperméabilité et résistance statique.
- La conception des digues doit prendre en compte les extensions futures. Ainsi les digues construites en première étape susceptibles de constituer les limites avec les bassins de l'étape 2 doivent directement être conçues dans cette optique, par exemple en ce qui concerne leur pente extérieure.
- Les aménagements hydrauliques doivent permettre un fonctionnement modulaire des bassins.

Il est parfois difficile d'atteindre ces critères simultanément, mais un optimum sera recherché. Le choix définitif des niveaux d'implantation verticale des bassins sera effectif après réalisation des campagnes topographiques et géotechniques de détail. En particulier, il importera de déterminer :

- les niveaux de la nappe au cours de l'année ;
- si la qualité du sol en place offre après compactage une étanchéité suffisante pour le fonds des bassins ou si l'apport de matériaux argileux est nécessaire ;
- la quantité définitive de remblais nécessaire en fonction de la topographie du site.

Par ailleurs, un aménagement adéquat du point de rejet doit donc être prévu avec un ouvrage de rejet en béton solidement ancré précédé d'une chambre équipée d'un clapet anti-retour.

➤ **Charges hydrauliques**

Les données de base utilisées pour la détermination des débits de rejet sont :

- **La population** : elle équivaut à la somme de la population domestique calculée pour chaque bassin versant ;
- **Les besoins de pointe en AEP** : ils correspondent à la somme des consommations domestiques, des institutions publiques et privées calculés sur la base d'un coefficient de pointe journalier de 1,54. La consommation spécifique est prise égale à 60 L/hab./j.
- **Les débits d'eaux usées** : ils sont calculés par application d'un taux de rejet de 80% sur la consommation en eau potable.
- **Les débits d'eaux parasites** : ils sont considérés comme étant égaux à 10% des débits d'eaux usées.
- **Les débits d'eaux industrielles** : ils sont estimés à 5% des débits d'eaux usées.

Les débits de dimensionnement de la STEP sont donnés dans le tableau ci-dessous qui donne une estimation du débit moyen de rejet des eaux usées à l'horizon 2030.

Bassin - EU	Superficie	Population 2030	Rejet EU	Rejets EU en pointe horaire
		habitants	(l/s)	(l/s)
Bassin n°1	568	32 997	119	33
Bassin n°2	454	21 815	95	26
Bassin n°3	170	9 886	37	10
Bassin n°4	190	11 041	41	11
Bassin n°5	253	14 712	54	15
Bassin n°6	662	38 418	138	38
Bassin n°7	73	4 265	16	5
TOTAUX	2 371	133 134	499	139

Tableau 46 : Caractéristiques des bassins de collecte

➤ Charges polluantes

Les charges polluantes pour l'horizon 2030 sont calculées comme suit :

- La **demande Biologique en oxygène (DBO)** exprimée en gramme de DBO/hab.j constitue la principale donnée pour l'établissement des capacités biologiques des stations d'épuration.
- La **demande chimique en oxygène (DCO)** correspond à la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation des matières oxydables par du bichromate de potassium à chaud et en milieu acide dans un litre de solution. Représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables, elle donne une bonne indication de la charge globale de pollution. Le rapport DCO/DBO vaut en général entre 1.8 et 2 pour les eaux usées domestiques.
- L'**azote total (N)** est un paramètre cumulatif qui englobe les composés azotés organiques (par exemple, urée, peptides, protéines) et inorganiques (par exemple, ammonium, ammoniac). Le rapport N/ DBO retenu est de 1/4.
- Les **matières en suspension (MES)** désignent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques insolubles dans l'eau. Le rapport MES/DBO retenu est de 1.35.
- Les **coliformes fécaux (CF)** sont un sous-groupe des coliformes capables de fermenter le lactose à une température de 44.5°C. L'espèce la plus fréquente associée à ce type de bactéries est l'Escherichia Coli et, dans une moindre mesure, Citrobacter et Klebsiella. Dans la littérature, une valeur de 1x10⁸ unités CF/100ml est souvent retenue.

Selon les normes OMS, l'indicateur déterminant pour la réutilisation des eaux traitées est le nombre d'**œufs d'helminthes**. La concentration d'œufs d'helminthes dans les eaux brutes est tirée des expériences pilotes réalisées à l'EIER de Ouagadougou, qui mesurait les valeurs suivantes :

- *Ascaris lumbricoides* : 110 oeufs / litre
- *Ankylostoma duodenale* : 39 oeufs / litre
- *Trichuris trichiura* : 19 oeufs / litre
- *Taenia saginata* : 53 oeufs / litre
- **Total : 221 œufs / litre**

Le tableau ci-après donne les charges polluantes de pré-dimensionnement de la station d'épuration. Le flux polluant spécifique adopté par jour est caractéristique de la ville de Ziguinchor, similaire du point de vue socio-économique et appartenant à la même région que la ville de Kolda. Il sera retenu pour la suite de l'étude.

Horizon	Unités	2030
Débit de dimensionnement	m ³ /j	7 620
Equivalent-habitant	EH	158 749
Flux polluant spécifique par jour	g/EH/j	40
Charge EU		
DBO5	kg/j	6 350
DCO	kg/j	12 700
MES	kg/j	8572
NTK	kg/j	1270
N	kg/j	762
P	kg/j	159
Concentrations moyennes		
DBO5	mg/l	833
DCO	mg/l	1 667
MES	mg/l	1125
NTK	mg/l	167
N	mg/l	100
P	mg/l	21

Tableau 47: Charges polluantes de pré-dimensionnement de la STEP

➤ Technologies de traitement des eaux usées

L'épuration des eaux usées est assurée à travers plusieurs bassins étanches disposés en série, pendant un long temps de séjour. Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière pour permettre la reproduction d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes". Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

L'installation de trois (3) types de lagunes en série est fréquente et permet d'assurer un bon niveau de fiabilité de fonctionnement pour l'élimination de la matière organique. Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

- le premier ("anaérobie") permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée (DBO/DCO) ;
- le second ("facultatif") permet l'abattement de l'azote et du phosphore, ainsi qu'une partie des charges carbonées et bactériologiques ;
- le troisième ("maturation") affine le traitement bactériologique.

Les superficies nécessaires au traitement des eaux usées domestiques étant un point critique du procédé par lagunage, et l'expérience africaine étant suffisante, les modèles de calcul adaptés à la réalité climatique locale sont disponibles et il est possible de réaliser un calcul relativement fin des surfaces nécessaires.

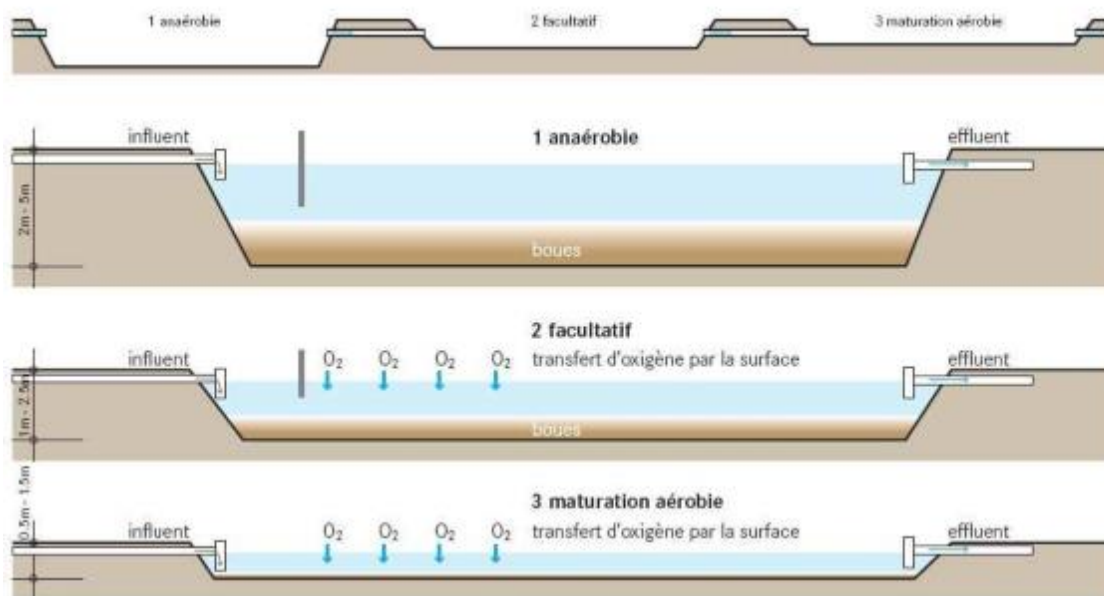


Figure 7 : Schéma de fonctionnement des STEP par lagunage

➤ **Traitement des boues de vidange**

• **Charges de dimensionnement**

Le choix de la mise en place d'une station de traitement de boues de vidange est déterminé principalement par le type d'ouvrage d'assainissement individuel utilisé par les ménages et la capacité à payer la vidange.

Les fosses septiques ou fosses étanches collectent généralement les eaux usées de ménages de niveau socio-économique élevé ou d'institutions (administration, caserne, hôtels, etc.) pour lesquels le coût de la vidange mécanisée est abordable. Ces ouvrages de grands volumes sont généralement vidangés mécaniquement, au moins une fois par an.

Les latrines, quant à elles, sont conçues pour permettre une infiltration des effluents. Cependant, avec le temps, les fosses deviennent étanches et se remplissent, ce qui nécessite alors de creuser une nouvelle fosse ou d'effectuer une vidange.

Quel que soit le type d'ouvrage, seules les boues de vidange collectées par la filière mécanisée seront prises en compte pour le prédimensionnement de la station de traitement.

• **Charges hydrauliques**

L'estimation des volumes de boues de vidange à prendre en compte pour la conception de la station de traitement dépend de nombreux facteurs tels que :

- Le nombre d'usagers et le type d'ouvrage d'assainissement autonome,
- La fréquence et le type de vidange (mécanisée par camions ou manuelle),
- L'attractivité de la station pour les vidangeurs (coûts du service vs. amende en cas de dépôtage sauvage),
- La capacité d'évacuation des entreprises de vidange de la ville (nombre de camions en service et accessibilité des fosses).

Selon les données obtenues par les enquêtes-ménages lors de la mission d'état des lieux, 22,2 % des ménages ont déjà eu leurs fosses remplies et seulement 43,8 % de ces ménages emploient la vidange mécanique, sans compter les gros consommateurs comme les services publics et privés

(administrations, écoles, hôtels, banques, centres de santé ...) qui sont estimés, d'après la SDE à 147 institutions. L'idée serait toute la population ainsi que les gros consommateurs aient recours à la vidange mécanique, en attendant la mise en place du système collectif à l'échelle de la commune. De ce fait, la demande de vidange mécanisée a été déterminée en fonction de la population connectée à ce jour au système d'assainissement autonome et susceptible d'employer la vidange mécanique. Les résultats obtenus ont été consignés dans le tableau n°42 suivant :

Consommateurs en 2017	Nombre de ménages	Nombre d'ouvrages	% vidange mécanisée	Fréquence (1/an)	Volume vidangé par camion (m ³)	Volume (m ³ /an)
Domestiques	9 175	9 175	100 %	1	5	45 875
		Equivalent-habitant			Production spécifique de boues (l/pers/an)	
Publics et privés	147	15 568	100%	1	365	5 682
	Total				(m ³ /an)	51 557
	Total				(m³/jour)	141

Tableau 48 : Estimation de la production de boues de vidange en 2017

Il est toutefois à noter que ce volume aura tendance à diminuer au fur et à mesure de la mise en place du système d'assainissement collectif dans la ville de Kolda qui vise un taux de raccordement de 96 % au terme du projet.

De ce fait, il a été procédé à la projection des quantités de boues à l'horizon 2030. La production de boues vidangées mécaniquement augmente progressivement en raison de l'augmentation de la population et de son niveau de vie, mais cette augmentation est compensée par une réduction de la production de boues de vidange liée au raccordement des ménages au nouveau réseau collectif. Cependant, il est à noter que les boues d'épuration produites par les bassins anaérobies viendront aussi s'ajouter au volume de boues à traiter.

Consommateurs en 2030	Nombre de ménages	Nombre d'ouvrages	% vidange mécanisée	Fréquence (1/an)	Volume vidangé par camion (m ³)	Volume (m ³ /an)
Ménages dotés d'ouvrages d'assainissement autonome	13 804	552	100 %	1	5	2 760
		Equivalent-habitant			Production spécifique de boues (l/pers/an)	
Ménages raccordés au système d'assainissement collectif	13 313	133 134			40	5 326
Services publics et privés raccordés au collectif	147	15 568			40	623
	Total				(m ³ /an)	8 709
	Total				(m³/jour)	24

Tableau 49 : Estimation de la production de boues de vidange et d'épuration à l'horizon 2030

La production estimée de boues à traiter est donc aujourd'hui de 141 m³/j, mais sera réduite jusqu'à 24 m³/j en 2030. Or, vu que les camions de vidange sont très peu fréquents dans la ville et collecte en général par quartier en fonction des besoins exprimés des populations, le dépotage des boues à la

STEP ne se fait donc pas de manière très régulière. Par conséquent, le débit journalier de boues arrivant à la STEP peut être largement inférieur à 141 m³/j.

Pour dimensionner la dépositrice de boues de vidange de la STEP, on considérera toutefois un débit moyen de **141 m³/j**, ce qui laisse une marge de sécurité suffisante en cas de forte affluence et permet d'avoir un ouvrage optimal en prévision de la réduction de la quantité de boues en 2030.

- **Charges polluantes**

Les boues de vidange sont beaucoup plus concentrées que les eaux usées (teneurs en matière organique (DBO₅) et en matières en suspension de 10 à 100 fois plus élevées). Contrairement aux eaux usées, les caractéristiques des boues de vidange varient énormément d'un endroit à l'autre, en raison des différents types d'installations d'assainissement individuel et de la pratique de vidange.

Les boues de fosses septiques sont biochimiquement plus stables car leur durée de stockage est plus longue que celle des boues de toilettes publiques, vidangées plus fréquemment.

Le tableau suivant rappelle des données de base en termes de débit et de charge polluante. Les valeurs retenues pour les concentrations en polluants se basent sur une étude comparative de la littérature disponible à ce sujet, en prenant en compte l'origine probable des boues de vidange.

Débit	MS	DCO	Rapport	DBO	N	CF	O.helm.
m ³ /j	mg/l	mg/l	DBO/DCO	mg/l	mg/l	unités/100ml	œufs / l
141	17 000	15 000	≈ 1/5	3 000	1 000	1E+09	9 000

Tableau 50 : Débit et concentration en polluants des boues brutes

Ces valeurs sont des valeurs moyennes permettant d'effectuer le prédimensionnement de la station de traitement des boues de vidange. Lors de la mise en service, elles devront être confirmées sur la base d'une analyse plus détaillée des boues de vidange de la ville de Kolda.

La charge déterminante exprimée en masse de matière sèche à traiter par la station est de :

$$\text{MES} = 141 \text{ m}^3/\text{j} \times 20 \text{ kgMS}/\text{m}^3 \times 365 \text{ j} = 1\,029,3 \text{ tonnes MS}/\text{an}.$$

- **Réception et déversement des boues**

La filière de traitement des boues de vidange débutera par un ouvrage de réception des boues, aménagé de manière à permettre le déversement des boues par les camions de vidange. La réception des boues sera placée sous la surveillance d'un responsable d'exploitation chargé de comptabiliser les volumes entrants (sur la base de la capacité nominale des camions). Leur dépotage nécessitera de répondre aux conditions suivantes :

1. **Réception** : Induire une rupture de charge lors du déversement des boues par les camions (débit très fort, surtout au début de la vidange, jusqu'à 10 L/s). Il est proposé un bassin de réception de forme rectangulaire, avec une zone de convergence, dans laquelle la largeur du bassin se rétrécit jusqu'à la largeur du canal conduisant les boues vers le dégrillage.
2. **Dégrillage** : Assurer un dégrillage efficace des boues en retenant les objets grossiers par passage à travers une grille inclinée d'écartement 10 mm. La grille sera nettoyée manuellement et les refus de dégrillage seront évacués en décharge après un stockage intermédiaire sur une aire de stockage prévue à cet effet.
3. **Dessablage** : Enlever les matières abrasives, sables et autres particules lourdes, qui pourraient endommager les équipements mécaniques de traitement des boues et embourber les canaux et les bassins. La séparation est obtenue par décantation dans une eau relativement calme. Il faut noter que les particules solides ont des vitesses de sédimentation d'autant plus lente que les particules sont plus fines. Les bassins sont donc longs et pas trop profonds. Le fond du bassin est raclé pour en extraire le sable.

4. Décantation : Avoir un traitement primaire des eaux usées, avec une élimination des différentes matières polluantes solides et un épaissement des boues qui, après un certain temps de séjour, sont stabilisées.
5. Alimentation et répartition : Permettre une alimentation efficace et homogène des boues sur toute la surface du lit de séchage. La répartition est effectuée gravitairement sur plusieurs lits par un canal avec une pente de 2%. L'alimentation successive des lits sera effectuée avec des vannes-guillottes latérales placées en bordure de lit déversant sur une dalle en béton protégeant le lit contre l'érosion. De faibles distances d'écoulement seront favorisées afin d'éviter les risques de dépôts de boues.
6. Lits de séchage : Les lits plantés sont préconisés dans le cadre de cette étude. Ces lits plantés à écoulement vertical sont des lits de séchage à filtre de sable et de graviers drainé, dans lesquels croissent des plantes marécageuses. Les boues sont chargées sur les lits puis déshydratées aussi bien par percolation à travers le filtre que par évapotranspiration à travers les végétaux. Le système racinaire des plantes évite le colmatage du filtre en maintient sa perméabilité et son aération partielle. Etant donné que la ventilation par les racines ne suffit pas pour la dégradation aérobie de la charge organique, il faut assurer une aération complémentaire par des tuyaux d'aération.

Les lits de séchage plantés seront constitués de bassins en latérite compactée (même constitution que les bassins de lagunage) avec des digues de pentes 1:1 recouvertes de perrés maçonnés.

L'intérieur d'un lit comportera les strates suivantes :

- une épaisseur maximale d'accumulation de boues de 50 cm, plus une revanche de 20 cm ;
- une couche de 10 cm d'épaisseur de sable criblé et lavé (0/2 mm) ;
- une couche de 20 cm d'épaisseur de gravier moyen (5-15 mm) ;
- une couche de 40 cm d'épaisseur de gravier moyens (15-25 mm) ;
- une couche de fond latérite compactée de 20 cm d'épaisseur (à préciser sur la base de l'étude géotechnique).

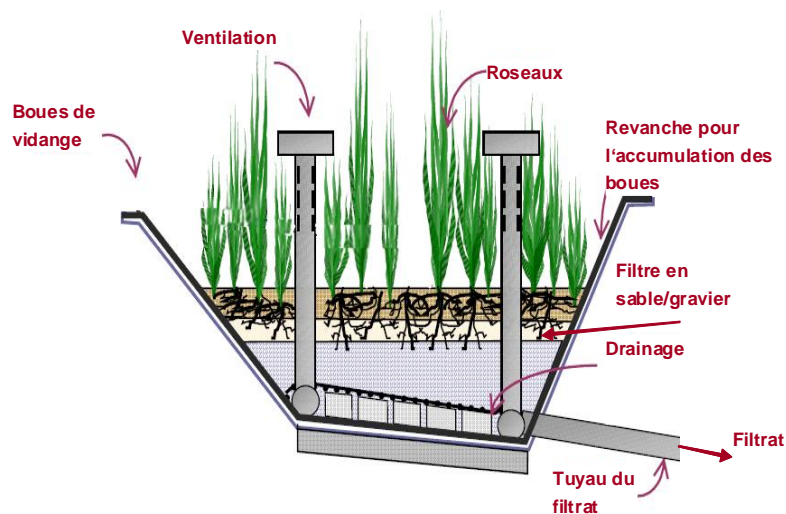


Figure 8 : Représentation schématique d'un lit de séchage planté

Les eaux qui seront filtrées à travers cette couche de graviers sont récupérées par un réseau de drains PVC Ø200 installés au fond du lit avec une pente de 5% en direction de l'exutoire. Le drain conduira dans un regard de contrôle. La sortie de ce regard pourra être fermée à l'aide d'un bouchon, pour que l'eau puisse être retenue dans les lits de séchage, par exemple pendant la saison sèche pour assurer l'alimentation en eau des plantes. Dans ce regard, on pourra aussi prélever des échantillons d'eau. Le percolât est ensuite dirigé par un réseau de canalisations vers l'entrée de la STEP (bassins anaérobies).

• Prédimensionnement

Sur le plan hydraulique, la différence de niveau entre le niveau d'alimentation et le niveau de sortie du percolât devra être choisie de façon à minimiser les volumes de remblais nécessaires pour l'aménagement de la STBV permettant de garantir un écoulement gravitaire du percolât vers la STEP. Cette hauteur est estimée à 1.20 m.

Pour un volume de boues de 141 m³ déposés par jour, on adoptera les dimensions suivantes pour la réalisation du bassin de décantation :

Dimensions du bassin de décantation	
Longueur (m)	12
Largeur (m)	8
Profondeur utile (m)	1,5
Revanche (m)	0,3
Profondeur totale (m)	1,8

Tableau 51 : Caractéristiques du bassin de décantation

Le temps de séjour dans ce bassin est pris égal à 1h. La distribution aux différents lits s'effectuera par un caniveau latéral, de façon à assurer une bonne distribution des boues. Afin d'assurer la répartition la plus homogène possible sur toute la surface du lit, les lits seront de forme rectangulaire et de dimensions 16 m x 8 m.

Les lits seront plantés en choisissant une espèce adaptée aux conditions locales comme l'*Echinochloa pyramidalis* et le *Typha australis*, moyennant une densité de plantes de 6 plantes par m². D'après les résultats expérimentaux obtenus au Sénégal par le SANDEC, la charge maximale admissible des lits de séchage est comprise entre 200 et 250 kg de MS par m² et par an. Selon les recommandations de l'US EPA 1995, la charge optimale de 250 kg/m²/an est recommandée pour la conception des filtres à lits plantés, avec un ratio minimal de 32,5 m² pour 1000 habitants. Ce système est par conséquent capable de traiter des boues de teneurs allant jusqu'à 20 g/L (2% en MS), avec une production spécifique de boues de l'ordre de 1L/pers/an.

Or chaque lit est alimenté en boues fraîches 1 fois par semaine jusqu'à la revanche. Les boues s'accablent donc à la surface des lits à raison d'environ 15 cm par an. En termes d'exploitation, la coupe des plantes devrait se faire approximativement deux fois dans l'année et le curage des boues séchées tous les 3 à 6 ans. En considérant une épaisseur maximale de boues de 50 cm, le curage des lits doit donc être effectué au minimum tous les 3.3 ans, soit 40 mois. Cependant, avant de les vider, il faudra les mettre hors service pendant 6 mois afin d'assurer que la couche de boues la plus récente reçoive aussi un traitement suffisant.

Les résultats obtenus à l'issue de la première année d'opération des STBV permettront de préciser la charge admissible en tenant compte des conditions climatiques locales et du type de boues réceptionnées.

Le débit et les charges du percolât issu des lits de séchage sont donnés dans le tableau suivant, sur la base de rendements théoriques :

	Boues brutes	Abattement ³	Percolât	Charge EU (Kg/j)
Débit (m ³ /j)	141	-1/3	94	
MS (mg/l)	17 000 mg/l	75%	4 250 mg/l	170 kg/j
DCO (mg/l)	15 000 mg/l	85%	2 250 mg/l	90 kg/j
DBO (mg/l)	3 000 mg/l	85%	450 mg/l	18 kg/j
NTK (mg/l)	1 000 mg/l	65%	350 mg/l	14 kg/j
NH4+ (mg/l)	400 mg/l	65%	140	6 kg/j
Coliformes fécaux (CF/100ml)	1E+09 CF/100ml	-2 log	1E+07 CF/100ml	
Œufs d'helminthe (O.helm/l)	9 000 O.helm/l	99%	90 O.helm/l	

Tableau 52 : Débit et charges du percolât issu des lits de séchage plantés

³ Source : Koottatep 2004 et PDA Ziguinchor.

D'après la littérature, l'efficacité des lits de séchage plantés sur l'élimination des œufs d'helminthes atteint généralement 100%. Cependant, par sécurité, le rabattement des œufs d'helminthe à la sortie des lits a été fixé à 99% afin d'être du côté de la sécurité pour le dimensionnement des bassins de lagunage pour le traitement du percolât.

Sur la base des charges de dimensionnement définies précédemment, le dimensionnement des lits de séchage donne les résultats suivants :

Désignation	Unité	Valeurs
Charge de MS choisie	kgMS/m ² /an	250
Charge de MS par an	kgMS/an	1 029 300
Surface de lits nécessaires selon ce critère	m ²	4 117
Surface d'un lit	m ²	128
Nombre de lits en phase d'alimentation	lits	32
Nombre de lits en phase de repos	lits	4
Nombre total de lits	lits	36
Surface totale de lits y.c. aménagements (+50%)	m ²	6 944

Tableau 53 : Calcul de prédimensionnement des lits de séchage plantés

Pour le dimensionnement de la STEP, on considérera comme paramètre critique la charge de DCO du percolât, soit 41 kg/j à ajouter à la charge des eaux usées urbaines.

➤ **Ouvrages de prétraitement des eaux usées :**

Les eaux transportées par refoulement vers la STEP sont chargées de MES et de particules solides. Un prétraitement s'avère donc nécessaire avant d'acheminer les eaux vers les bassins de lagunage, avec la mise en place des ouvrages suivants :

- **Regard brise-charge :**

L'arrivée des eaux usées au niveau de la station de traitement se faisant par pompage, il est nécessaire de prévoir un ouvrage permettant de réduire la vitesse des effluents à l'entrée de la STEP, avant le prétraitement. L'entrée des eaux dans ce regard se fera en forme de col de cygne à partir de la conduite de refoulement Cet ouvrage sera un regard de caractéristiques :

- **Dimensions planes intérieures = 1.20 m x 1.20 m ;**
- **Profondeur = 1.50 m.**

- **Dégrilleur :**

Les grilles ont pour but de retenir les déchets solides présents dans les eaux usées. Etant donné que les eaux usées proviennent directement d'une station de pompage disposant d'un dégrilleur automatique, l'on mettra en place un dégrilleur manuel constitué d'une simple grille en acier galvanisé ou inox. Pour éviter les dépôts dans le canal de dégrillage ou le passage des solides à travers la grille, la vitesse d'écoulement des effluents doit être comprise entre 0.60 m/s et 1 m/s. Une vitesse $V = 0.80$ m/s sera donc considérée à cette fin.

La hauteur maximale d'eau dans le canal est donnée par la formule suivante :

$$H_{max} = \frac{Q(b+s)}{0,6LxS} = 0,75 \text{ m}$$

Les caractéristiques du dégrilleur sont alors définies dans le tableau suivant :

	Q	θ	Vitesse (V)	c	Sm	Su	l	α	L	h
	m ³ /s	-	m/s	-	m ²	m ²	m	°	m	m
STEP	0,135	0,909	0,8	0,5	0,371	0,169	0,5	30	0,8	0,7

Tableau 54 : Caractéristiques du dégrilleur

Le dégrilleur sera donc installé dans un canal de 1 m de long, 0,5 m de large et 1 m de profondeur.

- **Dessableur :**

Deux canaux dessableurs rectangulaires seront placés en aval des grilles, de façon à permettre l'entretien d'un canal pendant que l'autre est actif.

Les conditions suivantes seront utilisées pour le calcul des dimensions du dessableur.

- Condition de piégeage : $L \geq h \times \frac{V}{U_0}$;
- Condition pour éviter des remises en suspension : $10 \leq \frac{L}{h} < 15$.

La vérification du dimensionnement des dessableurs donne les résultats suivants :

Q	Vc	Vh	I	Lu	hu	Sh	Perte de charge	LT	Temps de ret	L/Vh	h/Vc	Sh	Q/Vc	
m3/s	m/s	m/s	m	m	m	m2	m	m	s	Conditions de vérification				
STEP	0,135	0,02	0,3	1,5	4,5	0,3	6,8	0,108	5,9	15	15,0	15,0	6,8	6,7

Tableau 55 : Caractéristiques du dessableur

On considérera deux canaux rectangulaires avec chacune les dimensions suivantes :

- Longueur = 6 m ;
- Largeur = 1,50 m ;
- Profondeur totale = 1m.

Les parois des canaux auront une épaisseur de 20 cm et seront en béton armé. Le radier sera également en béton armé d'épaisseur 15 cm avec une pente de 1%. Le radier sera muni au fond d'une rigole de 20 cm de profondeur pour piéger les sables décantés.

- **Ouvrage de mesure de débit :**

L'ouvrage de mesure de débit à installer sera constitué d'un canal Parshall qui sera placé en aval des dessableurs. Il mesure les débits et fera également office de régulateur du débit amont, en assurant un écoulement laminaire constant dans le dessableur en fonctionnement.

- **Regard répartiteur :**

A la sortie du canal de mesure, un regard répartiteur de 2.90 m x 2.90 m et de profondeur 1 m permet de diriger les effluents vers les bassins anaérobies prévus.

➤ **Dimensions des bassins de lagunage**

- **Modèle de calcul**

Après examen des différents modèles disponibles à ce jour, il a été décidé de retenir comme source principale les résultats des études réalisées à l'EIER, complétés par les développements techniques présentés par le Dr Mara lors de la dernière conférence internationale sur ce thème, en octobre 2000 à Cali, en Colombie, pour les calculs des bassins de lagunage.

- **Réduction de la charge de pollution**

Le pré-dimensionnement des lagunes anaérobies se fait avec la charge volumique λ_v (g DBO/m³.j), d'après l'équation suivante :

$$\lambda_v = L_i \cdot Q / V_a$$

Où :

L = mg DBO/L de l'affluent brut

Q = débit moyen de l'affluent

V_a = Volume des lagunes anaérobies

La charge volumique λ_v devra être comprise entre 100 et 300 g DBO/m³.j pour garantir un bon fonctionnement et limiter le risque de dégagement de produits sulfurés. Pour des températures supérieures à 20°C, on peut admettre les valeurs suivantes :

$$\lambda_v = 10 T^{\circ} + 100$$

Le rabattement de DBO obtenu est alors 70%.

Les lagunes facultatives (profondeur 1 à 2 m) sont dimensionnées pour la dégradation d'une charge organique relativement faible permettant la croissance d'une population d'algues saines. Il est recommandé de dimensionner les lagunes facultatives avec la charge surfacique λ_s (kg DBO/m².j).

$$\lambda_s = 10 L_f Q_f / A$$

Où :

L_f = mg DBO/l de l'affluent à la sortie des bassins anaérobie.

Q_f = débit de l'affluent.

A_f = surface à mi-profondeur des lagunes facultatives.

La valeur admissible pour λ_s est fonction de la température T°:

$$\lambda_s = 350x (1.107 - 0.002xT^{\circ})^{T^{\circ} - 25}$$

Pour des températures supérieures à 20°C, le rabattement de DBO obtenu par les bassins facultatifs est estimé à 80% (Critère de Mara et Pearson).

- **Abatement de la charge bactérienne**

La charge bactérienne est normalement mesurée avec l'indicateur des coliformes fécaux. Le modèle de Mara considère que la décroissance des coliformes fécaux dans les lagunes de maturation peut être approchée par le modèle d'une décroissance de premier ordre dans un réacteur de mélange complet.

Pour des bassins placés en série, la formule utilisée est la suivante :

$$N_e = N_a / (1 + k_T \times \theta_a) (1 + k_T \times \theta_{f1}) (1 + k_T \times \theta_{f2}) (1 + k_T \times \theta_{f3}) \dots$$

Où :

N_e = unités de coliformes fécaux par 100ml à la sortie de la station

N_a = unités de coliformes fécaux par 100ml à l'entrée de la station

k_T = coefficient de mortalité, 1/jour

θ = temps de rétention en jours, et pour chaque bassin

La valeur de k_T dépend de la température. Pour tenir compte de cette dépendance, Marais propose :

$$k_T = 2,6 * (1,19)^{T-20}$$

- **Abatement du taux en œufs d'helminthes**

Les œufs d'helminthes et les kystes des protozoaires sont surtout éliminés par sédimentation et ceci indépendamment du type de lagune. Le taux d'élimination des œufs d'helminthes dépend donc surtout du temps de rétention (θ).

Le pourcentage d'élimination des œufs d'helminthes peut être vérifié à l'aide de l'équation suivante :

$$\% h = 100 [1 - 0,41 e^{(1-0,49\theta + 0,0085\theta^2)}]$$

Où :

$\% h$ = réduction du taux d'œufs d'helminthes

θ = temps de rétention, jours

En ce qui concerne les bassins de maturation, il est nécessaire de déterminer le nombre de bassins en série et les dimensions des bassins en partant de la condition que l'effluent du dernier bassin doit avoir un taux de coliformes fécaux et/ou d'œufs d'helminthes inférieur aux limites imposées par les normes. De plus, d'un point de vue pratique, il ne faut pas que le temps de rétention hydraulique d'un bassin de maturation soit plus grand que le temps de rétention du bassin facultatif, ni inférieur à trois jours pour éviter des courts-circuits hydrauliques.

La réduction des coliformes fécaux et œufs d'helminthes peut s'effectuer par différentes combinaisons entre le nombre de bassins en série n et le temps de rétention dans un bassin θ . L'objectif du calcul sera donc de trouver la combinaison qui donne le temps de rétention total le plus court (respectivement, la plus petite aire pour les bassins) tout en tenant compte des conditions indiquées ci-dessus.

Si la charge superficielle sur le premier bassin de maturation ne dépasse pas 75% de la charge superficielle du bassin facultatif précédent, alors on peut opter pour des bassins de maturation de même taille. Sinon, on calcule l'aire du premier bassin de maturation de façon qu'elle ait une charge superficielle valant 75% de la charge superficielle du bassin facultatif précédent. Dans ce cas, pour calculer le nombre de bassins de maturation supplémentaires, on calcule successivement le temps de rétention hydraulique avec des nombres différents de bassins. On retient le nombre de bassins le plus petit donnant un θ inférieur (ou égal) à 3 jours. On admet alors ce nombre de bassins de maturation supplémentaires et un temps de rétention égal au temps minimum de 3 jours.

➤ Pré-dimensionnement

Les bassins sont pré-dimensionnés en considérant une température de 20.3°C correspondant à la moyenne du mois le moins ensoleillé de l'année pour la ville de Kolda.

La réutilisation des eaux épurées est envisageable à tout moment.

- **Bassins anaérobies**

T = 20.3°C

Li = 833 mg/L

Q = 7 620 m³/j

$\lambda_v = 300 \text{ g/m}^3 \cdot \text{j}$

$$V_a = \frac{Li \times Q}{\lambda_v}$$

Le temps de séjour est limité à 3 jours.

Pour une profondeur fixée à 3.5 m, le volume d'un bassin anaérobie est de 22 860 m³.

- **Bassins facultatifs (aérobies)**

La charge surfacique admissible est de :

$$\lambda_s = 350 \times (1.107 - 0.002 \times 20.3)^{20.3 - 25} = 259 \text{ kg/ha} \cdot \text{j}$$

Pour un volume des bassins facultatifs de 152 399 m³, un temps de séjour de 20 jours est nécessaire. La profondeur des bassins facultatifs sera de 1.5 m.

- **Bassins de maturation**

Ils sont donnés par les abattements attendus pour les bactéries : Coliformes fécaux et œufs d'helminthes. Les directives de la norme NS 05-061 donnent les valeurs limites pour un rejet dans le milieu récepteur.

- Coliformes fécaux : $N_e = 2000$ CF/100ml ;
- Œufs d'helminthes : entre 2 et 5 œufs /l.

Pour une réutilisation des eaux usées épurées en agriculture, l'OMS recommande dans ses objectifs liés à la santé publique une réduction des agents pathogènes de 6 à 7 unités logarithmiques pour une irrigation sans restriction de laitues et d'oignons.

La charge résiduelle de CF serait :

$$N_e = N_a / ((1 + k_t \times \theta_a) (1 + k_t \times \theta_f) (1 + k_t \times \theta_m))$$

Où:

- θ_a : Temps de rétention dans le bassin anaérobie : 2 jours ;
- θ_f : Temps de rétention dans le bassin facultatif : 15 jours ;
- θ_m : Temps de rétention dans le (s) bassins de maturation qui doit être supérieur ou égal à 3 jours et inférieur au temps de séjour dans le bassin facultatif (15 jours).
- N_e = unités de coliformes fécaux par 100ml à la sortie des bassins de lagunage ;
 - N_a = unités de coliformes fécaux par 100ml à l'entrée des bassins de lagunage ;
 - k_T = coefficient de mortalité, 1/jour ;
 - La valeur de k dépend de la température. Pour tenir compte de cette dépendance, Marais propose : $k_T = 2,6 (1,19)^{T-20}$
 - En considérant $N_e = 6$ unités logarithmiques, θ_m est égal à 2 jours,

Pour la suite de l'étude, nous considérerons que θ_m est de 3 jours.

On considérera des bassins de maturation avec un temps de séjour de 3 jours et une profondeur de 1.5 m, soit un volume $V_m = 3 \times 11\,430 = 22\,860$ m³

• Performances épuratoires

L'abattement des matières organiques (DCO et DBO5) et de la pollution physique (MS) ainsi que de l'azote se fait sur l'ensemble des bassins. Les expériences donnent les valeurs suivantes :

- au niveau des bassins anaérobies avec un taux de réduction de 70% ;
- au niveau des bassins facultatifs avec un taux de réduction de 80% ;
- au niveau des bassins de maturation avec un taux de réduction de 80%.

Les taux d'abattement des bactéries (coliformes fécaux et œufs d'helminthes) sont donnés plus haut. Ceux des matières organiques (DBO, DCO, NH4+) sont consignés dans le tableau suivant :

Paramètres	Unités	Eaux usées brutes	Effluents à la sortie des bassins anaérobies	Effluents à la sortie des bassins facultatifs	Effluents à la sortie des bassins de maturation	Valeurs limites
DBO	mg/L	833	250	75	23	40
DCO	mg/L	1667	333	67	13	100
NH4+	mg/L	100	20	4	1	30

Tableau 56 : Charges des effluents traités

Les bassins facultatifs permettent à eux seuls d'abattre la pollution organique afin de respecter les conditions de rejet. En complément de la chaîne de traitement, les bassins de maturation permettront d'abattre la pollution biologique et organique et un rejet sans impact dans le milieu récepteur et la réutilisation pour le maraichage.

Ainsi, on retiendra les caractéristiques suivantes pour le traitement de la fraction liquide au niveau des trois (3) bassins :

Bassins	Paramètres	Valeurs	Unité	Rapport P/L'
Bassin Anaérobie	Surface à mi-profondeur	6 531	m2	1,00
	Largeur l'à mi-profondeur	81	m	
	Profondeur P	81	m	
	Hauteur d'eau h	3,5	m	
	Largeur fond l	79	m	
	Revanche	0,3	m	
	Hauteur total du bassin H	4	m	
	Largeur gueule L	81	m	
	Volume utile global	22 860	m3	
	Nombre de bassins	1		
	Volume utile par bassin	22 860	m3	
	Volume total par bassin	24 536	m3	
	Temps de séjour	3	jour	
Bassin facultatif	Surface à mi-profondeur	95 617	m2	2,00
	Surface par bassin	23 904	m2	
	Largeur L'à mi-profondeur	109	m	
	Profondeur P	219	m	
	Hauteur d'eau h	1,5	m	
	Largeur fond l	108	m	
	Revanche	0,3	m	
	Hauteur total du bassin H	2	m	
	Largeur gueule L	109	m	
	Volume utile global	152 399	m3	
	Nombre de bassins	4		
	Volume utile par bassin	38 100	m3	
	Volume total par bassin	42 891	m3	
Temps de séjour	20	jour		
Bassin maturation	Surface à mi-profondeur	22 860	m2	2,00
	Surface par bassin	11 430	m2	
	Largeur L'à mi-profondeur	76	m	
	Profondeur P	151	m	
	Profondeur	1	m	
	Largeur fond l	75	m	
	Revanche	0,5	m	
	Hauteur total du bassin H	2	m	
	Largeur gueule L	76	m	
	Volume utile global	22 860	m3	
	Nombre de bassins	2		
	Volume utile par bassin	11 430	m3	
	Volume total par bassin	17 112	m3	
Temps de séjour	3	jour		

Tableau 57 : Caractéristiques des bassins de lagunage

La filière de traitement devra fonctionner en série. Sa réalisation dépendra de l'espace disponible pour l'implantation des différents bassins dont les dimensions sont précisées dans le tableau 57 ci-dessus. Avec de telles caractéristiques, l'emprise de la station d'épuration, y compris la station de traitement de boues de vidange, est évaluée à **une superficie d'environ 20 ha**.

➤ **Déshydratation des boues de traitement**

Les boues stabilisées accumulées au fond des lagunes constituent le résidu final du traitement par lagunage. Ces boues doivent être extraites régulièrement afin d'éviter qu'elles ne remplissent les lagunes ce qui aurait comme conséquence de diminuer le volume disponible pour le processus de traitement. La déshydratation de ces résidus permet de réduire de manière importante leur volume et de garantir leur minéralisation.

Le taux d'accumulation des boues dépend de la charge en matière en suspension et du degré de stabilisation. En appliquant les valeurs de la littérature (environ 40 litres de boue accumulée dans une lagune anaérobie par an et par équivalent habitant), le volume de boue accumulée par an est de 5 949 m³, selon les paramètres de dimensionnement de l'horizon 2030.

Les boues d'épuration seront traitées conjointement aux boues de vidange dans des lits de séchage plantés. Elles seront transférées au moyen d'une pompe mobile (ou d'un camion vidange). La fréquence de vidange des bassins anaérobies devra être adaptée en fonction de la performance des lits de séchage. Préalablement à chaque opération de pompage, ces bassins devront être mis hors service pendant 1 à 2 semaines, afin d'augmenter la stabilité des boues. Cette contrainte impose d'ajouter un bassin supplémentaire à la filière de traitement, afin d'assurer une rotation des opérations de vidange.

Les bassins facultatifs doivent quant à eux être vidangés tous les 10 ans. Leurs boues, fortement stabilisées peuvent être épandues directement sur les champs (en dehors des périodes de récoltes).

➤ **Limites de qualité des eaux usées à l'entrée de la station d'épuration**

La possibilité de réutiliser les eaux usées dans l'agriculture rend particulièrement important le respect des limites de qualité des eaux usées arrivant à la station d'épuration. Ces limites sont définies par les hypothèses de pré-dimensionnement.

Un dépassement des limites de qualité pourrait entraîner un dysfonctionnement, avec comme conséquences possibles un impact olfactif négatif, le rejet d'eaux non ou mal traitées dans le milieu naturel ou un risque potentiel de contamination des agriculteurs ou des consommateurs.

Le respect des limites de qualité, notamment celles définies pour le rejet au réseau par la norme sénégalaise NS 05-061, devra être assuré par des contrôles stricts à l'entrée de la station d'épuration et une surveillance des branchements effectués sur le réseau de collecte.

➤ **Opérations de maintenance**

Ce chapitre décrit les activités à prévoir pour l'opération et la maintenance des ouvrages projetés de la STEP, ainsi que les besoins en personnel. En effet, un programme d'opération et maintenance devra être observé avec attention pour garantir un bon fonctionnement de ces ouvrages.

Le personnel à plein temps sur le site de la station sera chargé de la surveillance des bassins et des installations en général. Il devra en particulier se charger du nettoyage du dégrilleur. Pour les bassins de lagunage, un contrôle et entretien continu est nécessaire :

- Nettoyage du dégrilleur ;
- Etat des digues ;
- Etat des canalisations (absence d'obstruction) ;
- Absence de matériaux flottants (bassins facultatif et de maturation) ;
- Désherbage des bords de digues ;
- Distribution homogène des débits entre les bassins en parallèle ;
- Vidange régulière des boues de vidanges accumulées dans le fond des bassins anaérobies ;
- Les observations et mesures périodiques en vue de déterminer l'efficacité des installations.

Une évaluation régulière de la qualité de l'affluent permet de contrôler si les objectifs et les contraintes

de qualité sont respectés lors du rejet des effluents dans l'exutoire naturel ou vers les sites de réutilisation. Si le fonctionnement de la station devait montrer des signes de mauvais fonctionnement, les résultats des analyses permettraient d'en déterminer l'origine.

Dans un souci d'assurer une bonne réalisation des tâches ci-dessus, le personnel suivant devra être mis à la disposition des besoins de la STEP :

- Un gérant : rattaché à l'ONAS, il sera responsable de la gestion et de la viabilité de la STEP.
- Deux employés : ils réaliseront toutes les opérations courantes de la STEP et seront formés par le gérant.
- Un gardien : surveillance du site durant les périodes de fermeture.
- Une dizaine de journaliers chargés des activités de manutention périodiques.

4 EVALUATION DES COUTS

4.1 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement représentent les coûts de réalisation des différentes composantes du projet à l'horizon 2030, à savoir :

➤ **Pour les eaux usées :**

- Le réseau d'assainissement comprenant les collecteurs, les branchements et les regards ;
- Les stations de pompage au nombre de sept (7) par variante ;
- La construction d'une station de traitement des eaux usées par lagunage ;
- La réalisation de toilettes TCM pour les ménages ne disposant pas d'ouvrages d'assainissement individuels aux normes.

➤ **Pour les eaux pluviales :**

- Le réseau d'assainissement comprenant les caniveaux de drainage et les regards ;
- La réalisation d'un bassin de rétention des eaux pluviales.

L'évaluation des coûts d'investissement repose essentiellement sur les prix unitaires affectés aux différents postes ou corps d'états usités. Les prix sont actualisés pour 2016 et exprimés en FCFA Hors Taxes. Toutefois, il importe de préciser que ces prix sont estimatifs et susceptibles d'être revus au stade de l'avant-projet détaillé.

Généralement, les coûts de l'acquisition du terrain et les coûts du financement ne sont pas inclus. En outre, il importe de préciser que l'estimation des coûts à ce stade comporte aussi des montants forfaitaires ou des propositions de pourcentages (%) par rapport aux coûts des travaux pour les postes d'entreprise et hors entreprise suivants, qui pourraient faire l'objet de révision en fonction de la spécificité des chantiers. Il s'agit de :

- Mobilisation, installation de chantier, travaux préparatoires ;
- Levés topographiques, implantations, études géotechniques ;
- Dossiers d'exécution et de recollement ;
- Maîtrise d'œuvre / Supervision ;
- Divers et imprévus.

Le fichier des prix unitaires et les résumés des calculs des coûts d'investissements et d'entretien sont présentés dans les sections suivantes. Les tableaux complets de calculs des coûts sont joints en annexes.

4.1.1 Consistance des travaux physiques

4.1.1.1 Eaux usées

➤ **Assainissement individuel**

Compte tenu du fait que la majorité des ménages de la ville de Kolda doit être raccordée au réseau d'égout à l'horizon du projet, du fait que la plupart des zones habitées sont inondables, il conviendrait que ces derniers puissent disposer d'ouvrages d'assainissement individuels qui leur permettent de se raccorder au système d'assainissement collectif à mettre en place. A cet effet, les ménages disposant de latrines traditionnelles ou d'ouvrages d'assainissement individuels non conformes aux normes devront bénéficier de toilettes TCM pour permettre la récupération adéquate des eaux usées.

D'après les enquêtes-ménages, 51.3 % des ménages souhaitent disposer de nouvelles toilettes. Pour les trois variantes, il sera donc procédé à l'installation de 7 081 toilettes TCM, en priorité dans les quartiers de Gadapara, Bouna Kane, Bantagnel, Saré Moussa, Sinthian Idrissa et Illèle qui sont parmi

les plus pauvres et les plus sensibles aux problématiques des inondations, car se situant sur des zones où le sol, de nature hydromorphe, présente de faibles aptitudes à l'infiltration.

➤ **Réseau EU**

Les travaux à prévoir pour le réseau d'assainissement des eaux usées concernent :

- La fourniture et pose de collecteurs principaux en PVC type assainissement DN 250 mm, 315 mm et 400 mm ;
- La fourniture et pose de collecteurs secondaires en PVC type assainissement DN 250 mm ;
- La fourniture et pose de canalisations de branchements en PVC type assainissement DN 160 mm ;
- La construction de regards de visite et de branchements avec des fermetures en fonte ; ces travaux incluent les terrassements (déblais, remblais, évacuations de déblais excédentaires, apports de sable).

Les linéaires se présentent comme suit :

Diamètre (mm)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Collecteurs principaux et secondaires (ml)			
160	167 749	167 749	167 749
250	114 556	114 880	114 880
315	2 497	3 608	3 608
400	3 942	2 507	2 507
TOTAL	288 744	288 744	288 744
Conduites de refoulement en PN10 (ml)			
160			917
200	917		
250	2 216	6 711	7 625
315	4 344		2 254
355		1 223	1 223
400	1 223		
TOTAL	8 700	7 934	12 019

Tableau 58 : Linéaire de réseau par variante

➤ **Stations de pompage**

Pour les trois variantes, il est prévu la construction de sept (7) stations de pompage. Les travaux de réalisation des stations de pompage consistent :

- Acquisition de terrains ;
- Terrassements, y compris l'assèchement compte tenu de la profondeur des baches de pompage et du niveau de la nappe pour tous les sites ;
- Réalisation des ouvrages de génie civil (local dégrilleur, dessableur, bache de pompage, locaux techniques, salle de commande, mur de clôture, etc.) ;
- Fourniture et pose de matériel électromécanique, électriques et hydrauliques (pompes, groupes électrogènes, appareils électriques et de commande etc.)

➤ **Station d'épuration des eaux usées**

La réhabilitation de la station d'épuration des eaux usées nécessite pour chaque variante :

- Acquisition de terrains ;
- Terrassements, y compris l'assèchement compte tenu de la profondeur du niveau de la nappe ;

- Réalisation des ouvrages de génie civil (local, dégrilleur, dessableur, déposante de boues de vidange, bassin de décantation, bassins de lagunage, locaux techniques, mur de clôture, lits de séchage, etc.) ;
- La fourniture et pose de conduites de jonction.

4.1.1.2 Eaux pluviales

➤ Réseau EP

Les travaux à prévoir pour le réseau d'assainissement des eaux pluviales concernent :

- La fourniture et pose de caniveaux ou de collecteurs cadres en béton armé ;
- La construction de regards de visite et de branchements avec des fermetures en fonte ; ces travaux incluent les terrassements (déblais, remblais, évacuations de déblais excédentaires, apports de sable).

Pour le réseau d'évacuation des eaux pluviales, les linéaires se présentent comme suit :

Dimensions (mm)	Linéaire (ml)
100 * 100	3 468
100 * 60	500
110 * 55	18
125 * 60	350
150 * 100	2 568
150 * 70	165
170 * 80	646
175 * 75	2 212
200 * 100	1 552
250 * 150	4 402
300 * 100	892
TOTAL	16 773

Tableau 59 : Linéaires du réseau de drainage

➤ Bassin de rétention

L'aménagement d'un bassin de rétention requiert :

- Acquisition de terrains ;
- Travaux de terrassements ;
- Réalisation des ouvrages de génie civil (digues, ouvrage de rejet, etc.) ;

4.1.2 Etude de prix

L'estimation des coûts préliminaires des travaux se base principalement sur des expériences récentes réalisées dans le cadre de projets en cours, menés pour le compte de l'ONAS, dans les villes de Dakar, Saly, Ziguinchor et Tambacounda. Les prix sont actualisés et exprimés en FCFA Hors Taxes. Ils sont susceptibles d'être revus au stade de l'avant-projet détaillé.

4.1.2.1 Terrassement

Ce prix rémunère l'exécution des terrassements nécessaires pour la pose de conduites (fouilles, remblais en tout venant, remblais avec apport de sables de dunes et l'évacuation des déblais excédentaires).

Fouille en tranchée en terrain de toutes catégories y compris blindage		
P < 4 m	CFA/m ³	4 000
4 m < P < 6 m	CFA/m ³	5 500
P > 6 m	CFA/m ³	7 500
Remblais provenant des fouilles		
	CFA/m ³	3 000
Evacuation des déblais excédentaires		
	CFA/m ³	9 000

Tableau 60 : Prix unitaires terrassement

4.1.2.2 Fourniture et pose de conduites

Ce prix rémunère la fourniture, le transport et la pose de conduites gravitaires en PVC pour toutes profondeurs.

Fourniture et pose de conduites gravitaires		
F/T/P conduite PVC DN 160 CFA/ml	CFA/ml	7 800
F/T/P conduite PVC DN 200 CFA/ml	CFA/ml	15 362
F/T/P conduite PVC DN 250 CFA/ml	CFA/ml	15 362
F/T/P conduite PVC DN 315	CFA/ml	30 837
F/T/P conduite PVC DN 355	CFA/ml	40 000
F/T/P conduite PVC DN 400	CFA/ml	40 000
F/T/P conduite PEHD	CFA/ml	40 000

Tableau 61 : Prix unitaires pose conduites

4.1.2.3 Ouvrages de génie civil

Ce prix rémunère la fourniture, le transport et la mise en œuvre d'ouvrage en béton armé.

Ouvrages en béton		
Béton de propreté avec ciment CM III B 42,5 dosé à 150 kg/m ³	m ³	85 000
Béton armé avec ciment CM III B 42,5 dosé à 350 kg/m ³	m ³	250 000

Tableau 62 : Prix unitaires ouvrages en béton

4.1.2.4 Ouvrages de drainage

Ce prix rémunère la mise en œuvre d'ouvrages de drainage en béton armé pour toutes profondeurs.

Réalisation d'ouvrages de drainage		
Caniveau de drainage en béton armé	CFA/ml	400 000
Dalot	CFA/ml	300 000
Bassin de rétention	CFA/m ³	180 000
Exutoire – Canal de dessablement	CFA/m ³	800 000

Tableau 63 : Prix unitaires caniveaux de drainage en béton armé

4.1.2.5 Regards de visite

Ce prix rémunère la construction de regard de visite en béton armé avec fermeture en plaque en fonte, y compris les terrassements nécessaires (fouilles, remblais en tout venant, évacuation des déblais excédentaires) pour une profondeur allant jusqu'à 6 m.

Regards de visite		
Construction de regards de visite de type 1	Unité	600 000
Construction de regards de visite de type 2	Unité	700 000
Construction de regards de visite de type 3	Unité	750 000
Fourniture et pose de tampons en fonte série lourde	Unité	98 000

Tableau 64 : Prix unitaires pour regards de visite

Les regards se présentent comme suit :

- Regard de type 1 : Regard de profondeur < 1.5 m, dimensions intérieures 1.00 m x 1.00 m ;
- Regard de type 2 : 1.5 m < profondeur < 2.5 m, dimensions intérieures 1.20 m x 1.20 m avec échelon ;
- Regard de type 3 : Regard de profondeur > 2.5 m, dimensions intérieures 1.20 m x 1.20m avec échelon.

4.1.2.6 Branchements domiciliaires

Ce prix prend en compte les branchements domiciliaires depuis le regard de branchement situés à la périphérie de la concession jusqu'à la conduite. Il est évalué à 400 000 FCFA par unité, y compris conduites de branchement de diamètre 160 en PVC type assainissement, de longueur n'excédant pas 25 m, terrassement, lit de pose et toutes sujétions.

4.1.2.7 Stations de pompage

Compte non tenu de la conduite de refoulement, les stations de pompages sont constituées de deux parties distinctes :

- Le génie civil (béton et terrassement) : bache dégrilleur, bache dessableur, bache de pompage, locaux techniques et murs de clôture ;
- Les équipements (électromécaniques, hydrauliques, de commande) : groupes de pompes et accessoires, dégrilleur automatique, groupe électrogène, électricité (y compris un transformateur si nécessaire), dispositifs de commandes, dispositif anti-bélier si nécessaire...

➤ Le génie civil

Les travaux de génie civil des stations de pompage sont constitués :

- du terrassement pour les ouvrages y compris épuisement de la nappe (pompage, dégrillage, dessablage) à évaluer au mètre cube ;
- de la maçonnerie et du béton pour les locaux techniques (salle de commande, toilettes gardien, local groupe électrogène. Le coût est le même pour toutes les stations de pompage. Un forfait de 15 000 000 FCFA sera considéré.
- du béton armé pour les ouvrages suivants : chenal dégrilleur, bache dessableur, bache de pompage et regards à évaluer au mètre cube.

Désignation	Prix unitaire en FCFA / m ³
Terrassement (déblais, remblais, évacuations déblais excédentaires sur une profondeur > 4m	35 000
Béton armé Bâches, dégrilleur, dessableur	250 000

Tableau 65 : Prix unitaires terrassement ouvrages de génie civil

➤ Les équipements

Les équipements des stations de pompage sont identiques d'une station à une autre. Toutefois, leurs caractéristiques (puissance, taille, volume) sont assez variables. Les prix unitaires sont déterminés en fonction de la puissance P_i des stations qui est fonction du débit de refoulement et des hauteurs manométriques à vaincre.

➤ **Les conduites de refoulement**

Le prix des conduites de refoulement tient compte des prix de fourniture et pose des conduites données dans le paragraphe 5.3.3.

4.1.2.8 Ouvrages d'assainissement autonome

Les prix unitaires de réalisation des ouvrages d'assainissement concernent l'équipement complet pour un ménage à savoir un package comprenant une TCM, un lavoir et un dispositif de lave-main (TCM-L-DLM), payable à hauteur de 350 000 FCFA l'ensemble.

4.1.2.9 Réfection de voiries

Les prix unitaires rémunèrent la réfection de voiries pour un montant de 15 000 FCFA/m².

4.1.2.10 Stations de traitement

Pour la station d'épuration des eaux usées, sont envisagés les travaux suivants :

- Réalisation des ouvrages de prétraitement (ouvrage de réception des eaux brutes, dégrilleur, dessableur) ;
- Réalisation des différents bassins de la STEP (bassins anaérobies, bassins facultatifs et bassins de maturation).
- Un mur de clôture de l'enceinte en agglos sur une hauteur de 1 m.

Pour la gestion de la station, un bâtiment d'exploitation comprenant deux bureaux, une salle de réunion et des toilettes sera réalisé. De même, un local pour le gardiennage, comprenant une pièce et des toilettes, sera construit à l'entrée de la station.

4.1.2.11 Déposante et traitement des boues de vidange par lit planté

L'analyse des coûts des déposantes de boues de vidange de Dakar et de celles de Ouagadougou (Burkina Faso) permettent d'avoir une estimation de ratios de coûts pour Kolda. Le coût spécifique par m² de lits de séchage non planté dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest est estimé à environ 25 000 FCFA/m². Ces lits sont constitués de filtres en sable/graviers d'environ 40 cm d'épaisseur entourés de parapets en béton armé ou en maçonnerie. Les lits de Kolda sont plantés, comportent des filtres plus profonds (70 cm) et sont implantés dans des bassins en remblais compactés. Par analogie, le prix unitaire estimé retenu pour ce type de lits est de 40 000 FCFA/m². Pour la déposante et le bassin de décantation, un prix forfaitaire de 10 millions de FCFA par unité est estimé, sur la base des coûts de la station de Cambérène.

4.1.2.12 Autres postes

Il s'agit des coûts d'accompagnement pour le bon fonctionnement des installations. Ils sont évalués sur la base d'un pourcentage sur le coût global des travaux.

Autres postes	%
Mobilisation, installation de chantier, travaux préparatoires	1,5%
Levés topographiques, implantations, études géotechniques	0,5%
Dossiers d'exécution et de recollement	0,2%
Maîtrise d'œuvre / Supervision	5%
Divers et imprévus	25%
Coûts d'entretien des ouvrages en surface	1,5%
Coûts d'entretien des ouvrages enterrés	3%

Tableau 66 : Prix unitaires liés aux postes de suivi et d'accompagnement

4.1.3 Récapitulatif des coûts d'investissement

4.1.3.1 Eaux usées

Le tableau suivant présente les coûts d'investissement pour les deux variantes :

Coût d'investissement en FCFA			
Composante PDA	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Assainissement autonome	2 478 350 000	2 478 350 000	2 478 350 000
Réseau	42 932 745 145	42 938 784 994	42 938 784 994
Stations de pompage	1 478 590 681	1 429 005 073	1 661 768 373
STEP avec lagunage naturel	1 337 366 559	1 337 366 559	1 337 366 559
TOTAL	45 748 702 385	45 705 156 626	45 937 919 926

Tableau 67 : Coûts d'investissement par variante EU

4.1.3.2 Eaux pluviales

Les coûts d'investissement du système de drainage des eaux pluviales proposé sont résumés dans le tableau ci-contre. Ils prennent en compte un supplément de 20% assigné aux impondérabilités relatives à la mise en œuvre des travaux.

Coût d'investissement en FCFA	
Composante PDA	
Réseaux de drainage	11 529 273 069
Voiries	2 286 060 000
Camions hydrocureurs	135 000 000
Bassin de rétention	9 000 000 000
Exutoires	680 000 000
TOTAL	23 630 333 069

Tableau 68 : Coûts d'investissement par variante EU

4.2 Charges d'exploitation

4.2.1 Eaux usées

Les charges d'exploitation du projet sont constituées du coût de curage du réseau, du coût de l'énergie consommée par les stations de pompage et du coût de fonctionnement de la station d'épuration et de la station de traitement des boues de vidange.

Les hypothèses et ratios suivants, souvent utilisés dans des projets similaires, sont retenus :

- 30 % du réseau est curé annuellement pour un coût estimé à 1500 FCFA/ml ;
- le coût de fonctionnement de la station d'épuration estimé à 500 FCFA par habitant raccordé ;
- le coût de fonctionnement de la station de traitement des boues de vidange est estimé à 100 FCFA par habitant susceptibles de l'utiliser ;
- le coût de l'électricité est de 150 FCFA/KWh.

Le tableau ci-dessous donne les charges d'exploitations annuelles du projet.

Désignation	Unité	Prix unitaires (FCFA)	Quantité	Charges d'exploitation variante 1 (FCFA)	Charges d'exploitation variante 2 (FCFA)	Charges d'exploitation variante 3 (FCFA)
Curage réseau	ml	1 500	120 995	181 492 500	181 492 500	181 492 500
Curage refoulement V1	ml	1 500	8 700	13 050 000		
Curage refoulement V2	ml	1 500	7 934		11 901 000	
Curage refoulement V3	ml	1 500	12 019			18 028 500
Fonctionnement STEP	EH	517	158 750	82 073 750	82 073 750	82 073 750
Fonctionnement STBV	EH	100	158 750	15 875 000	15 875 000	15 875 000
Electricité – Variante 1	KWh	150	614 295	92 144 250		
Electricité – Variante 2	KWh	150	508 445		76 266 750	
Electricité – Variante 3	KWh	150	562 830			84 424 500
TOTAL				384 635 500	367 609 000	381 894 250

Tableau 69 : Charges d'exploitation

4.2.2 Eaux pluviales

Les charges d'exploitation du réseau de drainage des eaux pluviales sont constituées des coûts du personnel d'entretien (pour l'inspection, le curage et la remise en état des canaux, des dalots,...), des coûts du parc de véhicules nécessaires à ces travaux d'entretien, des coûts des matériaux et matériels requis pour les réparations et réhabilitations :

- Le coût du personnel est évalué à 75 000 FCFA/ (personne*mois) ;
- Les coûts annuels des véhicules sont estimés à 554 000 FCFA par mois et voiture ;

Les coûts du personnel et pour le parc de véhicules ont été pris en compte pour l'entretien de tous les canaux et ouvrages spéciaux. Dans les coûts annuels par véhicule de 554 000 FCFA par mois et voiture, l'amortissement du prix d'achat, les réparations, l'essence, les assurances et les coûts de tous appareils et équipements (pelles, treuils mécaniques, outils, projecteurs, vêtements protecteurs, etc.) sont inclus.

A part le curage, les canaux nécessitent d'être réparés instantanément dès qu'un dégât est constaté afin d'atteindre la durée de vie prévue. Sur la base des expériences gagnées auprès de l'exploitation durable de nombreux réseaux d'assainissement, les dépenses annuelles pour ces travaux (matériaux et matériels) sont d'environ 30 FCFA/ml.

Le tableau ci-dessous donne les charges annuelles globales d'exploitation du projet :

Désignation	Unités	Charges d'exploitation
Coûts du personnel	FCFA / an	18 000 000
Coûts du parc de véhicules	FCFA / an	26 600 000
Coûts de maintenance	FCFA / an	480 000
TOTAL	FCFA / an	45 080 000

Tableau 70 : Charges d'exploitation du réseau EP

5 COMPARAISON DES VARIANTES

5.1 Eaux usées

5.1.1 Sur le plan technique

Les deux variantes ne diffèrent que de par la répartition des débits au niveau des bassins versants, donc au niveau des stations de pompage et des diamètres des canalisations principales. Autrement, le linéaire des canalisations et les débits collectés sont quasiment identiques.

➤ Collecteurs principaux

Le tableau ci-dessous donne la longueur et les diamètres des collecteurs principaux pour chaque variante. La seule différence entre les trois variantes réside dans les longueurs de canalisations de diamètre 315 mm et 400 mm. L'on constate une prévalence des canalisations de gros diamètres dans la variante 1 plus que dans les variantes 2 et 3.

Diamètre (mm)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Linéaire (ml)		
250	114 556	114 880	114 880
315	2 497	3 608	3 608
400	3 942	2 507	2 507
TOTAL	120 995	120 995	120 995

Tableau 71 : Diamètre et linéaire collecteurs principaux

➤ Stations de pompage

Pour les deux variantes, les positions des stations de pompage sont identiques. Cependant, leurs interconnexions, les débits et les longueurs de refoulement, donc les puissances, sont différentes. Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de chaque station de pompage.

Paramètres	Variantes	Unité	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	SP 7
Débit de pointe	Variante 1	l/s	33	64	74	100	15	38	37
	Variante 2	l/s	35	30	40	110	56	42	40
	Variante 3	l/s	33	26	37	25	15	38	37
Débit de fonctionnement par pompe	Variante 1	l/s	35	70	75	150	15	60	40
	Variante 2	l/s	35	30	40	110	56	42	40
	Variante 3	l/s	35	70	80	110	16	42	40
Longueur conduite de refoulement	Variante 1	ml	901	992	136	1 223	917	3 216	1 315
	Variante 2	ml	901	992	136	1 223	917	3 216	549
	Variante 3	ml	901	992	1 262	1 223	917	3 216	3 508
Diamètre conduite de refoulement	Variante 1	mm	250	315	315	400	200	315	250
	Variante 2	mm	250	250	250	315	250	250	250
	Variante 3	mm	250	315	315	315	160	250	250
Nombre de pompes installées	Variante 1	U	2	2	2	2	2	2	2
	Variante 2	U	2	2	2	2	2	2	2
	Variante 3	U	2	2	2	2	2	2	2

Volume anti-bélier nécessaire	Variante 1	m ³	500	1000	500	500	500	500	500
	Variante 2	m ³	500	500	500	500	500	500	500
	Variante 3	m ³	500	500	500	500	500	500	500
Puissances aux bornes	Variante 1	KW	4,7	18,2	21,2	42,9	4,2	56,1	21
	Variante 2	KW	4,7	4,6	23,2	30,8	11,4	56,1	8,5
	Variante 3	KW	2,8	11,7	43,1	30	4,7	41,8	20,1

Tableau 72: Tableau comparatif des caractéristiques principales des variantes

L'on note que la puissance des stations de pompage est plus importante pour les variantes 1 et 3 que pour la variante 2. En effet, pour la variante 2, les bassins de collecte sont beaucoup plus réduits et la distance d'évacuation des effluents beaucoup plus courte que sur les variantes 1 et 3, ce qui fait que les stations de pompage de la variante 2 reçoivent un débit plus faible que celles des deux autres variantes.

Cela se traduit ainsi par des consommations annuelles d'énergie plus faibles pour la variante 2, au détriment des variantes 1 et 3. Les caractéristiques des pompes sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Variantes	Débit pompes (l/s)	Puissance aux bornes (KW)	Volume annuel pompé (m ³ /an)	Nombre d'heure de fonctionnement	Nombre de KWh
1	445	168	14 033 520	3 650 h	614 295
2	353	139	11 132 208	3 650 h	508 445
3	393	154	12 393 648	3 650 h	562 830

Tableau 73 : Consommations annuelles en énergie des stations de pompage des variantes

5.1.2 Sur le plan économique et financier

Les systèmes de réseaux collectifs sont coûteux, mais ils répondent mieux aux besoins et aux attentes des habitants en milieu urbain.

L'analyse des trois variantes en assainissement collectif proposées a montré que la variante 2 est plus avantageuse du point de vue coût. En effet, le coût d'investissement et les charges d'exploitation de la variante 2 sont beaucoup moins chers que ceux des variantes 1 et 3, malgré leurs similitudes du point de vue technique. La mise en œuvre de la variante 2 permettra de faire des économies de près de 43 millions de FCFA.

5.1.3 Sur le plan environnemental et social

Les deux variantes présentent les mêmes avantages et inconvénients sur le plan environnemental et social :

- La réutilisation des eaux épurées sera possible via la station de traitement par lagunage ; ces eaux devront répondre aux normes en matière de rejet d'eaux usées pour éviter tout risque de porter atteinte à la santé publique et tout risque de contamination du milieu naturel.
- Le projet, du point de vue des deux variantes, devra observer un nombre de branchements sociaux important, compte tenu de la faiblesse de revenus des populations autochtones.
- Les nuisances relatives à l'installation des ouvrages devront faire l'objet de mesures d'atténuation strictes visant à résoudre les problèmes observés sur le long terme.

5.1.4 Sur le plan de l'entretien et de la maintenance

Sur le plan de l'entretien et de la maintenance, les deux variantes se prévalent. Cet aspect concernera l'ensemble du système, à savoir, le réseau, les stations de pompage et la station d'épuration.

5.2 Eaux pluviales

Compte tenu de la topographie singulière et difficile de la zone d'étude, une seule solution a été proposée pour le drainage des eaux pluviales de la ville de Kolda. Celle-ci ne fera donc pas l'objet de comparaison.

6 CHOIX D'UNE VARIANTE ET PHASAGE

6.1 Présentation de la variante retenue pour le PDA

6.1.1 Eaux usées

En dépit du coût avantageux offert par la variante 2, **la variante 3 a été retenue comme la solution la plus optimale du point de vue technique et financier**, pour l'évacuation des eaux usées de la ville de Kolda à l'horizon 2030. Elle consistera à la réalisation d'un réseau d'assainissement collectif sur toute la commune.

Vu la configuration de la ville de Kolda divisée en deux parties par le fleuve Casamance, ce réseau d'égout comportera des tronçons qui vont traverser le cours d'eau, respectivement au Nord-Est et au Sud-Ouest de la commune. Ce réseau d'égout sera également connecté à sept (7) stations de pompage pour favoriser la desserte dans toute la ville marquée par de multiples zones dépressionnaires.

Dans les quartiers desservis, des toilettes de type TCM seront construites pour les ménages ne disposant pas d'ouvrages d'assainissement individuels aux normes. Elles seront également installées au niveau des zones à fréquentation publique comme les marchés, la gare routière, etc. Les eaux usées recueillies seront traitées au niveau d'une station d'épuration par lagunage située au sud de la ville.

Dans l'enceinte de cette station d'épuration, sera également installée une dépositrice de boues de vidange pour la prise en charge des eaux usées en provenance des fosses septiques des ménages qui ne seront pas encore raccordés au réseau d'égout d'ici l'horizon du projet. L'objectif est qu'en 2030, 96,4 % des usagers soient raccordés au réseau d'assainissement collectif.

6.1.2 Eaux pluviales

Les eaux pluviales seront drainées via un réseau de caniveaux rectangulaires en béton qui ceinturent la ville et acheminent les eaux de ruissellement de manière gravitaire vers des exutoires constitués par le fleuve Casamance ou un bassin de rétention évacuant également son trop-plein vers le cours d'eau.

Les caniveaux de drainage des eaux pluviales seront couverts pour éviter toute obstruction par des déchets solides qui impacteraient leur bon fonctionnement. Ils viendront compléter et renforcer le réseau de caniveaux existants qui seront également réhabilités. Pour améliorer le niveau de service de drainage des eaux pluviales, la commune sera équipée de 3 camions hydro-cureurs.

Les eaux pluviales ne seront pas réutilisées, n'étant pas traitées au préalable. Mais il sera réalisé autour du bassin de rétention des eaux pluviales des aménagements récréatifs qui permettront aux populations de pouvoir profiter d'espaces de détente à proximité de chez eux.

6.2 Plan d'investissement à l'horizon 2030

6.2.1 Eaux usées

Le phasage des travaux prioritaires prendra en compte le caractère urgent de la réalisation d'un réseau au centre-ville et dans les quartiers où la nappe phréatique est affleurante.

La position des stations de pompage par rapport à la station d'épuration impactera aussi sur le phasage, suivant le débit d'eaux usées évacuées dans le réseau à prendre en charge.

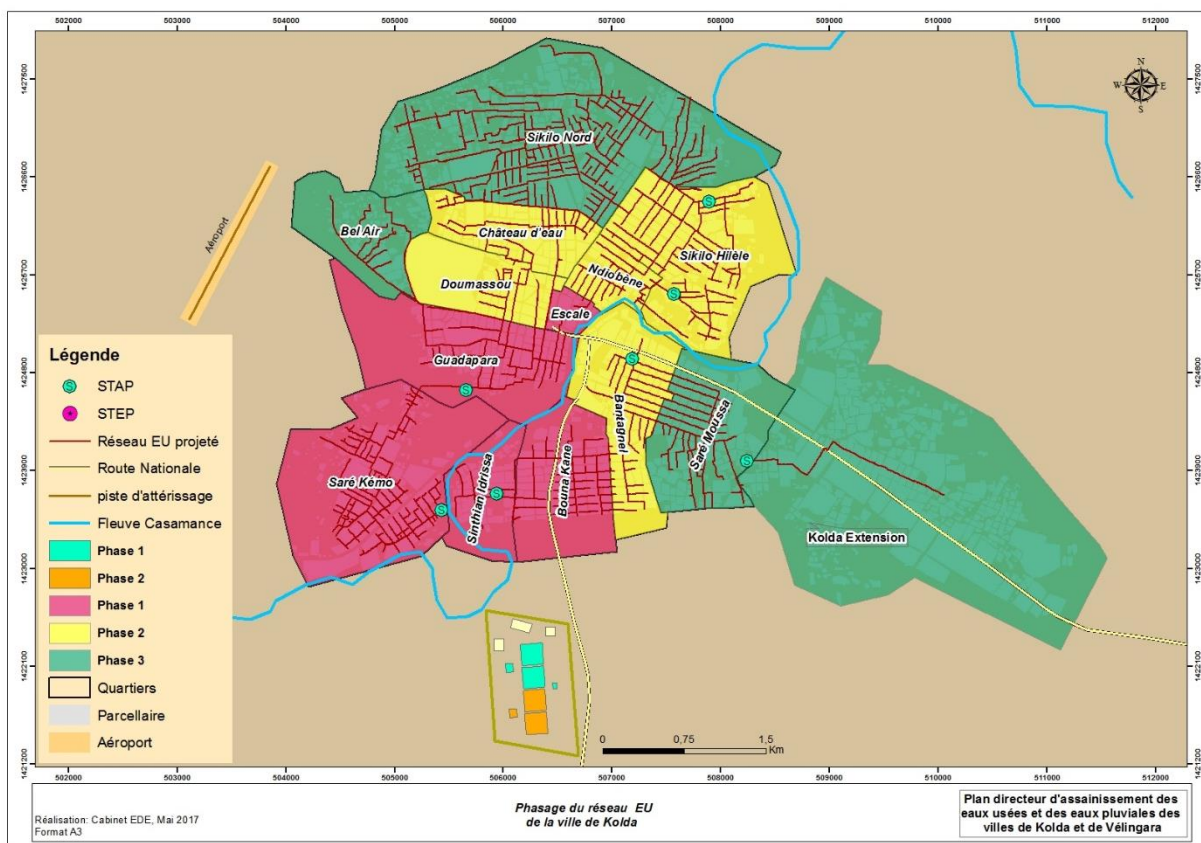
La dépositrice de boues de vidange et la première filière de la station de traitement des eaux usées, comprenant un bassin de décantation, deux bassins anaérobies et un bassin de maturation, seront réalisées au cours de la première phase de réalisation des travaux, tandis que la deuxième filière de traitement des eaux usées comprenant deux bassins anaérobies et un bassin de maturation supplémentaires, sera réalisée au cours de la deuxième phase des travaux.

Ainsi, un programme de réalisation a été défini comme suit :

Phasage	Période	Quartiers concernés	Coût de réalisation (FCFA)
Phase 1 (tranche prioritaire)	2015 - 2020	Escale, Gadapara, Bouna Kane, Saré Kemo, Sinthian Idrissa	14 281 843 503
Phase 2 (tranche à moyen terme)	2020 - 2025	Ndiobène, Doumassou, Château d'eau, Sikilo Illèle, Bantagnol,	14 603 889 925
Phase 3 (tranche à long terme)	2025 - 2030	Saré Moussa, Sikilo Nord, Bel Air, Zone lycée, Médina Chérif	17 052 186 498

Tableau 74 : Phasage des travaux EU prioritaires

La carte suivante illustre le phasage précédemment évoqué à l'horizon du projet :



Carte 17 : Phasage des travaux prioritaires du réseau EU à l'horizon 2030

6.2.2 Eaux pluviales

Les travaux de drainage des eaux pluviales seront réalisés en priorité dans les zones présentant un grand risque d'inondations. Il a été constaté que les eaux ruisselaient des zones de plateaux, au nord de la ville, vers le fleuve Casamance ; en conséquence, des caniveaux de ceinture ont été réalisés à ces niveaux pour protéger la ville des grandes arrivées d'eau. Le rôle principal des canaux de collecte est de limiter le débit ruisselé sur la surface des rues et du terrain pour diminuer les effets d'érosion et d'inondation.

Compte tenu du fait que la capacité de la plupart des caniveaux existants est aujourd'hui dépassée, la réhabilitation de ces derniers constituera également une priorité.

Les travaux seront réalisés en plusieurs tranches, selon les risques et les dégâts probables des zones :

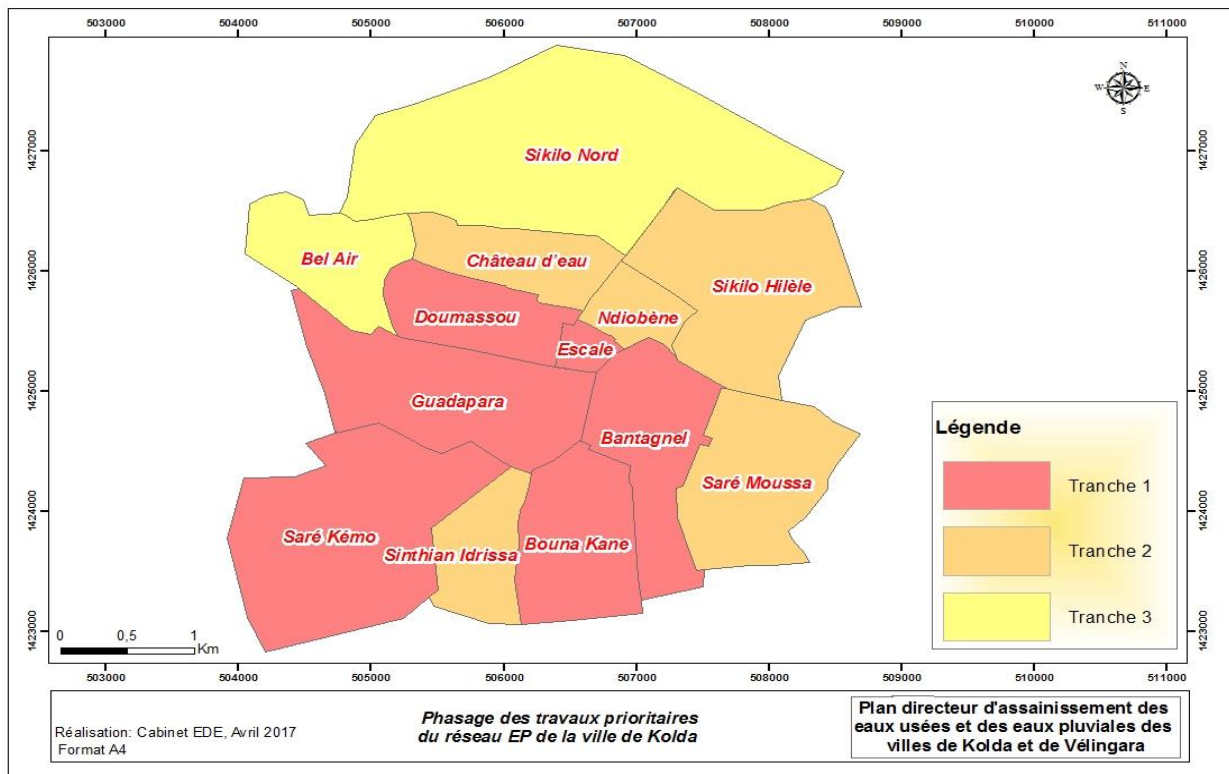
- La première tranche, entre 2015 et 2020, assurera l'évacuation des eaux des quartiers centraux, les quartiers les plus denses et plus menacés par les inondations.
- La deuxième tranche, entre 2020 et 2025, résoudra le drainage des zones un peu moins critiques et moins densément peuplées.
- La troisième tranche, entre 2025 et 2030, permettra de prendre en charge les quartiers restants, présentant des zones de dépressions ou des points de stagnation d'eau.

Un programme de travaux prioritaires a été défini comme suit :

Phasage	Période	Quartiers concernés	Coût de réalisation (FCFA)
Phase 1 (tranche prioritaire)	2015 - 2020	Escale, Gadapara, Doumassou, Saré Kemo, Bouna Kane, Bantagnel	10 566 409 096
Phase 2 (tranche à moyen terme)	2020 - 2025	Ndiobène, Château d'eau, Sikilo Illèle, Saré Moussa, Sinthian Idrissa	6 211 767 772
Phase 3 (tranche à long terme)	2025 - 2030	Sikilo Nord, Bel Air, Zone lycée, Médina Chérif	6 852 156 202

Tableau 75 : Phasage des travaux EP prioritaires

Ce phasage est illustré sur la carte suivante.



Carte 18 : Phasage des travaux prioritaires du réseau EP à l'horizon 2030

7 MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

7.1 Introduction

Dans cette section, il sera traité des mesures d'accompagnement du projet. Il est considéré que ce plan de mesures pourra être appliqué à l'identique pour les trois phases du Plan Directeur d'Assainissement de Kolda. Cependant, les coûts réservés à la communication de masse pourraient être affectés au renforcement de capacités, aux mesures environnementales et à l'orientation/coordination dès la deuxième phase du programme et dès l'installation du service sur une large échelle.

L'accompagnement du programme se répartira en quatre catégories d'activités :

- Programme IEC ;
- Renforcement des capacités ;
- Services d'appui de consultants, en particulier pour le contrôle des travaux et le suivi-évaluation du programme ;
- Coordination ou orientation du programme.

7.2 Les supports IEC

Il a été proposé les supports suivants pour la mise en œuvre du programme d'IEC :

➤ **Pour la campagne de communication :**

- Spot TV et radio
- Billboard ou panneau publicitaire à l'échelle de la ville
- Slogan
- Logo de la campagne

➤ **Pour la campagne d'éducation de proximité :**

Etant destiné généralement à un public très large, le programme d'éducation de proximité est basé sur des approches simples et pragmatiques utilisant le plus souvent comme support des images issues de la vie quotidienne et axées principalement sur les voies de contamination et l'entretien des ouvrages. Les publics cibles de ce programme seront principalement les ménages et les élèves.

➤ **Pour la campagne de plaidoyer :**

Suivant les lignes directrices de la déconcentration, la municipalité doit graduellement jouer un rôle plus important dans la planification et la réalisation d'ouvrages d'assainissement dans la ville.

Il appartient dès lors aux premiers responsables de la Municipalité de porter ce type de programme, ou en d'autres termes, de promouvoir, par différentes mesures, l'hygiène et l'assainissement. Les principaux leaders des quartiers de la ville (religieux, politiques, chefs traditionnels etc.) défendront les mesures d'assainissement et d'hygiènes et montreront l'exemple, de même que les enseignants ou responsables de formation.

➤ **Pour le site de démonstration**

Dans le cadre de cette stratégie destinée principalement au changement de comportement et à la promotion d'ouvrages d'évacuation des excréta et des eaux usées, il est prévu de construire quelques sites de démonstration en vue de rapprocher des futurs usagers les produits promus par le programme.

Des campagnes d'IEC de ce type sur une large échelle, ont été menées dans le cadre de programmes analogues gérés par l'ONAS, la Direction de l'Assainissement ou le WSP et parmi lesquels on peut citer :

- Le PAQPUD ;
- Le Programme d'Amélioration de la Ville de Dakar ;

- La promotion de l'Assainissement rural dans trois régions ;
- Le programme de lavage des mains sur huit régions (dont Ziguinchor).

Ces programmes, bien que distincts les uns des autres, ont comme dénominateurs communs la mise en œuvre d'un programme d'IEC alliant la communication de masse et l'éducation de proximité dans un contexte de marketing communautaire.

7.3 Les supports pour la communication de masse

Un programme de communication de masse comporte nécessairement un slogan et un logo, sorte de signature et de charte graphique de la campagne. En pratique, le slogan et le logo constituent la synthèse du message véhiculé par la campagne, la matérialisation de l'idée centrale, mémorisable, facile à comprendre et reflétant également la tonalité de la campagne.

On utilise bien évidemment les canaux de communication de masse comme la télévision, la radio et le panneau publicitaire installé aux endroits stratégiques de la ville. On utilisera les supports suivants :

Le **publireportage** d'une durée de 2 à 3 mm pour donner les principales informations dites 'institutionnelles' ;

Le **spot TV** d'une durée de 30'- 45' donnant 'envie' aux populations d'améliorer leur installation d'assainissement

Le **spot radio** de 30'-45' donnant 'envie' aux populations d'améliorer leurs installations et apportant toutes les informations pratiques ;

L'émission interactive à la radio, sorte de 'causerie' de proximité portée sur une large échelle, pour apporter les informations pratiques, développer des thèmes par des spécialistes comme les voies de contamination, les règles d'entretien des installations, et ponctué par les interventions des 'usagers' ;

Le **billboard** de 12m² à afficher sur des grands panneaux publicitaires, pour rappeler à la population les enjeux de ce programme ;

L'**affiche** de 6m² pour les panneaux de chantier, devant la Mairie et l'ONAS, en guise de rappel.

L'**affiche** (60/40) à placarder sur une large échelle, pour rapprocher le message des futurs usagers ;

Cette campagne de communication sera sous l'égide d'une agence de communication, de sa conception jusqu'à sa diffusion, en passant par son évaluation. Elle sera menée pendant la 1^{ère} année de lancement du programme et éventuellement à la fin du programme pour rappeler aux populations les efforts faits par les autorités compétentes et les efforts à faire par les nouveaux usagers.

Il est conseillé cependant, pour éviter de gonfler les coûts des outils de communication de masse, de se limiter à la conception et à la diffusion d'un publireportage. Cette économie pourrait être affectée au renforcement de capacités, à l'acquisition d'outils de planification/suivi, d'outils d'archivage, indispensables dans un programme de cette envergure mené par un nouveau service et pour de nouveaux services.

Ces outils de communication seront utilisés lors de la première phase des travaux, pour lancer le programme. Dès la 2^{ème} phase, l'enveloppe financière pourrait être destinée au renforcement de capacités, aux outils informatiques et aux mesures environnementales.

Le publireportage pourra être diffusé par d'autres canaux (événements, plaidoyer).

7.4 Les supports pour l'éducation de proximité

Le programme d'éducation de proximité contiendra les thèmes liés à la santé, les voies de contamination et les règles d'entretien à un bon usage de l'installation, comme demandé par les ménages.

Ce programme sera appliqué pour les ménages domiciliés dans les quartiers et les enfants inscrits dans les écoles de la ville.

Pour une meilleure compréhension du message et une bonne approche didactique, les supports utilisés seront imagés et ancrés dans la vie quotidienne des ménages et des élèves.

Jusqu'à ce jour, il n'existe qu'une seule méthode d'éducation de proximité répondant à ces différents critères. Elle sera utilisée comme méthode de référence.

On utilisera les images provenant des séries didactiques suivantes :

Voies de contamination et barrières : Images sur les voies de contamination, tels que demandé par les ménages

Les trois piles de cartes assorties : Images sur l'usage et l'entretien des installations

L'histoire à hiatus : Images sur le changement de comportement

Cette campagne d'éducation de proximité sera sous l'égide d'un bureau spécialisé, de sa conception jusqu'à sa mise en œuvre, en passant par son suivi-évaluation. Elle sera menée pendant la 1^{ère} année pour l'émergence de la demande et éventuellement à la fin du programme pour rappeler aux populations les efforts faits par les autorités compétentes et les efforts à faire par les nouveaux usagers pour la pérennité du service. Ce programme pourra être reconduit pour toutes les phases de travaux.

7.5 Les supports pour le plaidoyer

Dans ce type de programme, il est préférable d'y associer les autorités locales, qu'elles soient de nature religieuses, politiques, civiles/communautaires, pour un meilleur ancrage dans la conscience des populations. Cette orientation a d'ailleurs été rappelée lors des consultations locales et lors de l'atelier de validation de la stratégie.

Il serait intéressant que les délégués de quartiers qui ont suivi cette étude dès ses premières phases, puisse jouer un rôle dans l'installation des services d'assainissement et sa pérennité. Cette responsabilité serait bien évidemment contrôlée par un bureau spécialisé, représentant le maître d'ouvrage.

Hormis les supports promotionnels, ce programme pourra être reconduit à l'identique pour les 2^{èmes} et 3^{èmes} phases de travaux, en multipliant la diffusion des messages par tout type de canal, par exemple en diffusant en boucle le publipostage à la Mairie, à l'ONAS, éventuellement auprès de partenaire du secteur comme la SDE, ou les structures sanitaires. Le montant réservé aux supports promotionnels pourra très bien être destiné à l'acquisition de matériel pour la diffusion du publipostage dans ces différentes structures accueillant de multiples et diverses personnes.

7.6 Les supports pour les événements

Aujourd'hui, une campagne de communication ne peut se passer d'événements organisés et animés périodiquement. Puisque nous sommes sur un programme de développement, planifié à l'échelle d'une ville et de ses quartiers, nous proposons d'organiser des événements à l'échelle d'un quartier et d'une école, pour le lancement du programme et pour l'installation du service.

Au cours de ces événements, il est tout à fait judicieux, de diffuser le publipostage et le spot radio. Ce programme pourra être reconduit pour toutes les phases des travaux.

7.7 Le renforcement des capacités

Pour assurer la mise en œuvre d'un tel programme, les acteurs suivants verront leurs capacités renforcées :

Les maîtres maçons, ou le GIE ou l'entreprise : Une session de formation sera organisée par phase sur : i) la construction de systèmes d'assainissement autonomes individuels en respectant les règles de conception et de réalisation du Manuel de procédures, ou sur ii) les procédures d'appel d'offre, ou encore sur iii) les procédures de formalisation d'un GIE, ...

Les animateurs : Une session de formation sera organisée par phase à l'application d'un programme d'éducation à l'hygiène et au respect des règles d'enregistrement de la demande et d'utilisation du service demandé, selon le manuel des procédures en vigueur. Il est prévu la formation de 10 animateurs, soit environ 2.5 par quartier et par phase, pour faire émerger la demande dans les quartiers concernés et veiller au bon entretien de l'ouvrage. La durée de l'intervention est d'environ 6 mois.

Les enseignants : Une session de formation sera organisée par phase à l'application d'un programme d'éducation à l'hygiène en mettant particulièrement l'accent sur le lavage des mains au savon au sortir des toilettes, à l'entretien de l'édicule, et aux voies de contamination. Il est prévu la formation de 20 enseignants pour les écoles des quartiers concernés par les phases de travaux.

Les agents de l'ONAS : Il sera organisé deux sessions de formation par phase de travaux sur l'utilisation des outils de planification/programmation, de suivi/évaluation et en particulier les performances de traitement, le bilan des stations de pompage. Un accent sera mis également sur les outils d'installation d'un nouveau service, le système d'archivage, de SIG, ...
Cette enveloppe pourra s'accroître au fil des phases et des ans, en fonction de la croissance du service et par conséquent en fonction des besoins.

Les agents municipaux de Ziguinchor : Il sera organisé deux sessions de formation par phase de travaux sur l'utilisation des outils de gestion des infrastructures publique (édicules), de capacité de négociation, de coordination avec les services d'urbanisme, d'archivage, ... Un accent sera porté sur leur capacité de négociation en matière de gestion des services publics d'assainissement, afin de leur permettre de mieux exercer leurs missions et responsabilités dans ces domaines.

Les agents de développement communautaires (les conseils de quartiers) : Il sera organisé deux sessions de formation par phase de travaux pour les quartiers concernés. 20 conseillers de quartiers seront formés par phase de travaux et verront leur capacité d'intervention en matière d'information et de coordination des actions de développement en faveur des usagers. Cette enveloppe pourra s'accroître au fil des phases et des ans, en fonction de la croissance du service et par conséquent en fonction des besoins.

7.8 Le service d'appui / conseil

Le service d'appui conseil est composé :

- Des études techniques détaillées et la confection des DAO pour les phases autre que celles prioritaires ;
- Du suivi et contrôle des travaux ;
- Du suivi évaluation du programme, en particulier le suivi de la composante IEC, le renforcement des capacités et les mesures environnementales.

Ce service sera réalisé par des bureaux d'études spécialisés en matière de supervision et contrôle des travaux et suivi/évaluation de la composante 'soft' du programme.

Les différentes tâches à accomplir dans le cadre des services d'appui conseil sont :

- L'élaboration d'études techniques détaillées et de dossier d'appel d'offres ;
- Le suivi et contrôle des travaux ;
- L'élaboration d'un manuel de procédures pour l'enregistrement de la demande et l'installation du service ;
- Le suivi du dispositif pour l'émergence de la demande en service d'assainissement
- La conception et l'actualisation de la base de données sur la progression du taux d'accès aux installations d'assainissement ;
- Le renforcement des capacités des acteurs ;
- Le traitement d'enquêtes de satisfaction, par exemple ;
- La mise en œuvre et le suivi des mesures environnementales ;
- Et toutes autres tâches de conseil en développement de service public,...

8 CONCLUSION GENERALE

Kolda est une ville carrefour de plus de 9 km² de superficie, située en Haute-Casamance, à 186 km de la ville de Ziguinchor. Elle se trouve sur un plateau à 44 m d'altitude par rapport au lit du fleuve Casamance qui en parcourt la partie la plus basse, en la divisant en deux parties reliées par le pont Abou Diallo. Le relief de la commune est partiellement plat et incliné vers le fleuve (sur 700 ha). La nature des terrains qui le composent, majoritairement argileuse et la forte pluviométrie qui caractérise la commune (1000 mm/an en moyenne) font que celle-ci est souvent confrontée à des problèmes d'inondations, de stagnations d'eaux et d'érosions.

La ville de Kolda a un climat de type continental. Elle est caractérisée par des températures élevées (28°C de moyennes annuelles) et à fortes amplitudes thermiques (maxima entre 30,4 à 35,4 °C ; des minima entre 20,3 à 21,3 °C). La pluviométrie moyenne y varie entre 1000 mm à 1500 mm, avec une grande variété des hauteurs de pluies. Deux principaux types de vents sont rencontrés : l'alizé continental ou harmattan (novembre à janvier) et la mousson (mai-juillet) favorable aux pluies.

Du point de vue administratif et démographique, elle est constituée de six (6) quartiers officiels subdivisés en quinze (15) sous-quartiers, où vivent près de 88 840 habitants, d'après les estimations de l'ANSD en 2016, avec un taux de croissance de 3,2 %. Près de 90% de cette population évolue dans le secteur primaire du fait de la disponibilité de terres cultivables dans la région (soit 11 000 km² soit 52 % de la superficie régionale). Parmi les autres activités économiques importantes, il faut noter l'élevage, puis la pêche continentale, le tourisme cynégétique et le commerce. L'importance des formations forestières permet de receler des possibilités certaines allant du bois d'œuvre, de service aux produits de la cueillette, le charbon de bois, le bois de chauffe, le miel. Ces potentialités permettent aussi de développer des activités artisanales qui profitent aux populations.

Cependant, la dégradation du cadre de vie est très marquée dans la ville de Kolda et impacte négativement sur la vie des populations. Cela s'explique par :

- Une densité urbaine importante ;
- Une dégradation de la voirie urbaine due à la forte pluviométrie ;
- Une insuffisance des réseaux d'évacuation d'eaux pluviales existants ;
- L'inexistence de réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- Un système d'évacuation des déchets solides inefficace.

Un plan directeur d'assainissement (PDA) a été réalisé en 2001 pour résoudre tous ces problèmes et la première tranche prioritaire de ce PDA a été exécutée en centre-ville de Kolda, sur 2096 ml. Ensuite, en 2006, une extension du réseau de drainage a été réalisée sur 10 104 ml, dans le cadre du programme « Spécial Kolda 2006 » qui a permis de desservir plusieurs quartiers. Ces réseaux de drainage sont constitués de caniveaux en béton dont la plupart fonctionne aujourd'hui partiellement, du fait qu'ils sont ensablés ou obstrués par les déchets qui y sont déversés par les populations. Malgré les efforts qui ont été faits, ces réseaux de drainage restent insuffisants vis-à-vis de l'étendue de la ville qui se développe très vite au fil des années et des gros débits d'eaux pluviales du fait de la forte pluviométrie. Mais aussi, la situation topographique de la ville ne permet pas l'évacuation directe de toutes les eaux vers le récepteur naturel (l'affluent du fleuve Casamance, le Soungrougrou). Cette situation provoque des cas d'érosion et de ravinement importants, accentuant ainsi l'impraticabilité et l'inaccessibilité de certaines rues, la dégradation des voiries communales et l'enclavement de certains quartiers.

Par ailleurs, la commune ne dispose d'aucun réseau d'assainissement des eaux usées. Le mode d'assainissement utilisé pour gérer les eaux usées est l'assainissement autonome. La plupart des ménages disposent de latrines traditionnelles et de fosses perdues, quelques-uns seulement de fosses étanches et d'autres font leur besoin dans la nature. Les eaux ménagères sont généralement déversées sur la voie publique. L'UNICEF avec le service de l'hygiène a initié dans la commune l'installation de latrines avec puisards. Mais en raison du risque de pollution de la nappe phréatique souvent toute proche, surtout dans les parties basses de la ville, ces types d'assainissement sont souvent inadaptés et posent un véritable problème de santé publique.

A l'issue de la mission d'état des lieux et de diagnostic menée sur la situation actuelle de l'assainissement dans la commune de Kolda, les populations ont été presque unanimes à vouloir

participer aux coûts de branchement et de fonctionnement d'un futur réseau, car la plupart vivent dans des zones critiques où elles continuent à s'approvisionner en eau à partir des puits traditionnels et où avec l'urbanisation croissante, les inondations sont devenues récurrentes.

En effet, avec son urbanisation croissante, l'émergence de son développement économique et sa position stratégique importante, la commune de Kolda mériterait de bénéficier d'un système d'assainissement collectif efficace et bien élaboré qui lui permettrait de pouvoir améliorer son cadre de vie en résolvant une grande majorité des problèmes auxquels elle fait face de nos jours (insalubrité, prolifération de maladies hydriques, inondations, etc.).

C'est dans cette optique de la présente étude d'avant-projet sommaire a été menée pour répondre à ces attentes en proposant trois variantes de réseau collectif pour les eaux usées et une variante de réseau de drainage gravitaire pour les eaux pluviales.

Les variantes 1, 2 et 3 de gestion des eaux usées sont constituées d'un réseau d'égout classique doté de sept (7) stations de pompage qui acheminent les eaux usées vers une station d'épuration par lagunage naturel située au sud de la ville de Kolda. Cette station d'épuration dispose en son sein d'une dépositrice de boues de vidange pour collecter les eaux usées en provenance des fosses septiques des ménages non raccordés au réseau d'égout. Un ensemble Toilettes TCM + Lavoir + Lave-main, de même que des édicules publics, seront installés pour tous les ménages ou structures ne disposant pas d'ouvrages individuels d'assainissement aux normes. Ces ouvrages seront raccordés au réseau d'égout. Les trois variantes sont plus ou moins identiques. Toutefois, la variante 3 est plus optimale du point de vue technique et financier, car présentant moins de contraintes à l'exploitation. Elle présente la particularité d'avoir une partie de son réseau qui traverse le fleuve Casamance à deux reprises, au sud-ouest et au nord-est de la ville, mais aussi une consommation en énergie acceptable.

Concernant la gestion des eaux pluviales, un réseau de drainage gravitaire composé de caniveaux en béton armé sera mis en place. Des canaux de ceinture, en périphérie nord de la ville, permettront d'intercepter les eaux de ruissellement provenant en amont de la zone du plateau de la ville de Kolda. Par contre, il existe des inconvénients au niveau de la complexité de leur entretien et de leur construction, sans mentionner le besoin croissant en espace (presque le double). Ceci va aussi avoir pour corollaire d'augmenter les coûts de cette variante. Ce dernier point doit quand-même être étudié en perspective, parce que le besoin en espace augmentera au niveau des canaux secondaires.

A partir du moment qu'un choix a été fait sur la variante à retenir pour les systèmes des eaux usées et des eaux pluviales, les « croisements » entre ces deux réseaux devront être étudiés en APD.

Un phasage a été élaboré sur la base des principes retenus. Pour chaque phase, la consistance des travaux ainsi que les coûts d'investissement ont été déterminés :

➤ **Eaux usées**

Phasage	Période	Quartiers concernés	Coût de réalisation
Phase 1 (tranche prioritaire)	2015 - 2020	Escale, Gadapara, Bouna Kane, Saré Kemo, Sinthian Idrissa	12 079 514 455
Phase 2 (tranche à moyen terme)	2020 - 2025	Ndiobène, Doumassou, Château d'eau, Sikilo Illèle, Bantagnel,	9 719 477 301
Phase 3 (tranche à long terme)	2025 - 2030	Saré Moussa, Sikilo Nord, Bel Air, Zone lycée, Médina Chérif	24 138 928 170

➤ **Eaux pluviales**

Phasage	Période	Quartiers concernés	Coût de réalisation
Phase 1 (tranche prioritaire)	2015 - 2020	Escale, Gadapara, Doumassou, Saré Kemo, Bouna Kane, Bantagnel	7 208 099 207
Phase 2 (tranche à moyen terme)	2020 - 2025	Ndiobène, Château d'eau, Sikilo Illèle, Saré Moussa, Sinthian Idrissa	4 795 047 928
Phase 3 (tranche à long terme)	2025 - 2030	Sikilo Nord, Bel Air, Zone lycée, Médina Chérif	10 877 185 934

9 BIBLIOGRAPHIE

PIC	Plan d'Investissement Communal de la ville de Kolda
PDA	Plan Directeur d'Assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de Kolda, 2001
PDA	Plan Directeur d'Assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de Ziguinchor, 2012
PDA	Plan Directeur d'Assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de Saly, 2015
PDU	Plan Directeur d'Urbanisme de la ville de Kolda, 1989
SES	Rapport de la situation économique et sociale régionale de Kolda, ANSD, 2013
MCA	Rapport final mission MCA Région de Kolda, Février 2009
RED	Rapport d'état des lieux et de diagnostic du système d'assainissement EU/EP de Kolda