

**VALENCE
ROMANS AGGLO**



**VILLE DE
VALENCE**



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

Un Peuple - Un But - Une Foi



ADOS

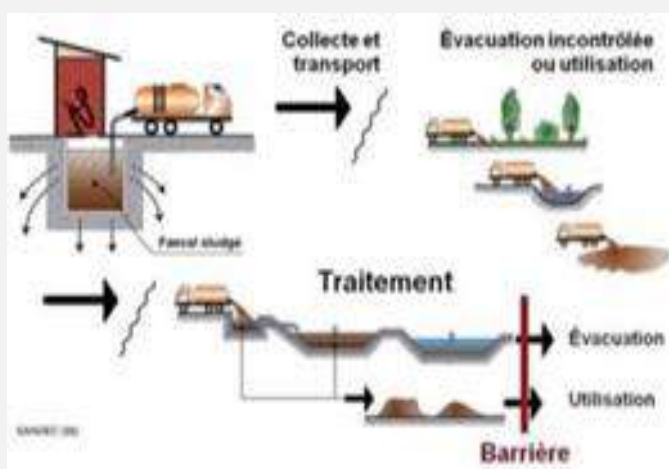


COMMUNE DE WAOUNDÉ



VERSION DÉFINITIVE

ÉTUDE SUR LE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE, VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ



RAPPORT D'ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE / MÉMOIRE TECHNIQUE

**Financement : Programme de coopération Ville de Valence Romans Agglo - Commune de
Waoundé**

FÉVRIER 2022



Société d'Ingénierie et d'Assistance Technique
Sicap liberté VI extension,
Immeuble Soda Maréme 3^{ème} étage Apts. B5 & B6
Dakar – Sénégal
Tél. : +221 33 859 25 10
Fax : +221 33 859 25 10
E-mail : info@siat-senegal.com



Groupement IDEV-ic

**VALENCE
ROMANS AGGLO**



**VILLE DE
VALENCE**



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

Un Peuple - Un But - Une Foi



ADOS

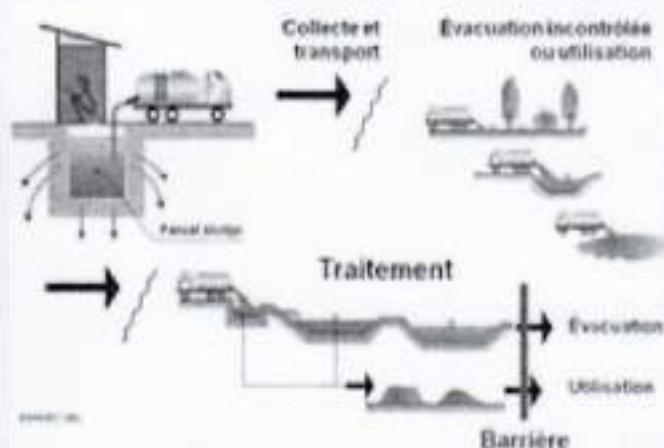


VERSION DÉFINITIVE

COMMUNE DE WAOUNDÉ



ÉTUDE SUR LE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE, VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ



RAPPORT D'ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE / MÉMOIRE TECHNIQUE

**Financement : Programme de coopération Ville de Valence Romans Agglo - Commune de
Waoundé**

B	210059_ASS_SN_E	Février 2022	Définitive	C Sylla	S. Touré	S. Touré
A	210059_ASS_SN_E	Janvier 2022	provisoire	C Sylla	S. Touré	S. Touré
Indice	Code projet	Date	Edition	Réalisé par	Revu par	Approuvé par

FÉVRIER 2022



Société d'Ingénierie et d'Assistance Technique
Sicap liberté VI extension,
Immeuble Soda Maréme 3^{ème} étage Apts. B5 & B6
Dakar - Sénégal
Tél. : +221 33 859 25 10
Fax : +221 33 859 25 10
E-mail : info@siat-senegal.com



Groupement IDEV-ic

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES.....	8
LISTE DES PHOTOS.....	9
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	10
I. INTRODUCTION	11
1.1. CONTEXTE	11
1.2. OBJECTIF DE L'ETUDE.....	11
1.3. CONTENU ET ORGANISATION DU RAPPORT	12
1.4. MÉTHODOLOGIE D'EXECUTION DE LA MISSION	12
1.4.1 Visite du site.....	12
1.4.2 Collecte et analyse des documents et données.....	13
II. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA ZONE DE PROJET ET ETAT DES LIEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE	14
2.1. DONNÉES PHYSIQUES	14
2.1.1. Situation géographique	14
2.1.2. Données climatiques.....	15
2.1.2.1 Pluviométrie	15
2.1.2.2 Températures.....	15
2.1.2.3 Insolation.....	15
2.1.2.4 Humidité relative à l'évaporation	15
2.1.2.5 Vents.....	16
2.1.3. Caractéristiques du couvert végétal	16
2.1.4. Caractéristiques topographiques et pédologiques	16
2.1.5. Caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques.....	16
2.1.6. Environnement immédiat de la commune.....	17
2.2. DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES ET HUMAINES.....	17
2.2.1 Populations actuelles et projections	17
2.2.2 Caractéristiques sociologiques et démographiques.....	17
2.2.3 Vie associative	18
2.2.4 Activités économiques.....	18

2.3.	INFRASTRUCTURES ET SERVICES SOCIAUX DE BASE	18
2.3.1.	Bâtiments administratifs	18
2.3.2.	Structures d'éducation et de formation	18
2.3.3.	Infrastructures sanitaires	19
2.3.4.	Infrastructures sportives	19
2.3.5.	Alimentation en énergie électrique	19
2.3.6.	Alimentation en eau potable	19
2.3.7.	Infrastructures d'assainissement	20
2.4.	ÉTAT DES LIEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE DANS LA COMMUNE DE WAOUNDE	21
2.4.1.	Taux d'accès	21
2.4.2.	Typologie des ouvrages d'assainissement	22
2.4.3.	Mode de vidange des boues	23
2.4.4.	Coût de la vidange	24
2.4.5.	Site de rejet des boues vidangées	25
III.	DESCRIPTION COMPARATIVE DES TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE BOUES DE VIDANGE ENVISAGEABLE ET PROPOSITIONS D'UNE SOLUTION	26
3.1.	INTRODUCTION	26
3.1.1.	Technologies de prétraitement	27
3.1.2.	Technologies de séparation liquide/solide	27
3.1.3.	Technologies de traitement de la fraction liquide	27
3.2.	DESCRIPTION DES OPTIONS ENVISAGEABLES	28
3.2.1.	Option 1 : Bassins de sédimentation	29
3.2.2.	Option 2 : lits de séchage simples non-plantés	31
3.2.3.	Option 3 : Lits de séchage plantés	32
3.3.	COMPARAISON ET CHOIX DES OPTIONS DE TRAITEMENT	34
3.4.	CONCLUSION	35
3.5.	TRAITEMENT DE LA FRACTION LIQUIDE DES BOUES	36
3.5.1.	Lits bactériens	36
3.5.2.	Lagunage naturel	38
3.5.3.	Lagunes aérées	40

3.5.4.	Comparaison des variantes de traitement de la fraction liquide des boues....	41
3.5.4.1	Critères de choix	41
3.5.4.2	Choix d'un procédé de traitement de la fraction liquide	41
3.5.4.3	Traitement de la fraction solide	42
IV.	ÉTUDES TECHNIQUE DÉTAILLÉE DE LA SOLUTION PROPOSÉE	43
4.1	DÉBIT DE BOUES.....	43
4.1.1	Estimation des volumes de boues.....	46
4.1.2	Charges polluantes pour les boues de vidange.....	47
4.2	NORMES DE REJET	48
4.2.1	Normes sénégalaises.....	48
4.2.2	Recommandations de l'OMS pour la réutilisation des eaux usées épurées...	49
4.3	POTENTIEL DE RÉUTILISATION	50
4.4	PRÉSENTATION DU SITE RETENU POUR ABRITER LA STBV	51
4.4.1	Localisation	51
4.4.2	Environnement du site.....	51
4.5	DONNÉES TOPOGRAPHIQUES	54
4.5.1	Introduction	54
4.5.2	Matérialisation de la polygonale primaire.....	54
4.5.3	Observations GPS	54
4.5.4	Point de rattachement planimétrique	55
4.6	DONNÉES GÉOTECHNIQUES.....	56
4.6.1	Introduction	56
4.6.2	Consistance des études géotechniques	56
4.6.3	Principaux résultats obtenus	57
4.7	TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE	60
4.7.1	Procédé de traitement retenue	60
4.7.2	Débits et charges de dimensionnement	61
4.7.3	Niveau de traitement escompté	61
4.7.4	Dimensionnement et description détaillé de l'ouvrage de réception.....	63
4.7.5	Canal de dégrillage et grille manuelle.....	64
4.7.6	Canal de répartition.....	66

4.7.7	Séparation liquide-solide	66
4.7.8	Traitement de la fraction liquide	69
4.7.9	Traitement de la fraction solide	77
4.7.10	Gestion des refus de dégrillage	79
4.7.11	Installation de rinçage des ouvrages	79
4.7.12	Le camion de vidange.	79
4.7.13	Qualité de réutilisation.....	80
4.7.14	Rejet des eaux traitées.....	77
4.7.15	Ouvrages et équipements annexes de la STBV	80
V.	OPÉRATIONS DE GESTION, D'ENTRETIEN ET DE MAINTENANCE DES OUVRAGES DE LA STBV	82
5.1	LES OPÉRATIONS	82
5.1.1	Opération à caractère technique	82
5.1.2	Opération à caractère commerciale ou de service.....	83
5.1.3	Opération d'entretien et de maintenance.....	84
5.2	LE SUIVI ET CONTRÔLE.....	85
5.2.1	Prise d'échantillon	86
5.2.2	Contrôle visuel	86
5.3	FONCTIONNEMENT DE LA STATION	86
5.3.1	Horaire d'ouverture	86
5.3.2	Personnel d'exécution et tâche	86
5.3.3	Équipements	87
5.3.4	Rapports	88
5.4	MESURE D'ACCOMPAGNEMENT	89
5.4.1	Renforcement de capacités.....	89
5.4.2	Programme IEC	89
VI.	ÉVALUATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION DE LA STBV ..	91
6.1	ESTIMATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT	91
6.1.1	Consistance des travaux.....	91
6.1.2	Les acquisitions.....	91
6.1.3	Description des travaux.....	91

6.1.4	Prix unitaires	94
6.1.5	Estimation des coûts d'investissement	94
6.1.6	Planning prévisionnel d'exécution des travaux	94
6.2	ÉVALUATION DES COÛTS D'EXPLOITATION	94
6.2.1	Charge du personnel.....	94
6.2.2	Charges de fonctionnement	95
6.2.3	Charges d'entretien et de maintenance	95
6.2.4	Charges totales	95
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		97
ANNEXES		98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Situation pluviométrique entre 2005 et 2013.....	15
Tableau 2 : Variations des températures dans la Région de Matam (°C)	15
Tableau 3 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle à la station de Matam (mm).....	15
Tableau 4 : Population de la zone d'étude et projection	17
Tableau 5 : Evolution de la population de Waoundé entre 2002 et 2011	17
Tableau 6 : Avantages et inconvénients des bassins de sédimentation / épaissement	30
Tableau 7 : Avantages et inconvénients des lits de séchage non plantés	32
Tableau 8 : Avantages et inconvénients des lits de séchage plantés.....	34
Tableau 9 : Comparaison des options de traitement des boues de vidange	35
Tableau 10 : Avantages et inconvénients du procédé par lits bactériens.....	37
Tableau 11: Avantages et inconvénients du procédé par lagunage naturel.....	38
Tableau 12: Avantages et inconvénients du procédé par lagunage aéré.....	40
Tableau 13: Comparaison des variantes de traitement des eaux usées	41
Tableau 14 : Production spécifique des boues de vidange par type d'ouvrage (Reymond, 2008). 43	
Tableau 15 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de mesure des quantités entrantes dans la méthode de « décompte de camions sur un site de dépotage »	45
Tableau 16: Estimation de la quantité de boues produites.....	46
Tableau 17 : Moyenne retenue pour les paramètres essentiels des charges de pollution.....	48
Tableau 18 : Paramètres limites à respecter pour le rejet d'effluents en fonction du milieu récepteur (Normes Sénégalaises NS 05-061)	48
Tableau 19 : Recommandations relatives à la qualité microbiologique pour l'utilisation des eaux usées en agriculture (OMS, 1989).....	49
Tableau 20 : Bornes de repère topographique	54
Tableau 21 : Essais in situ réalisés	56
Tableau 22 : Description visuelle des formations rencontrées	57
Tableau 23 : Hypothèse de calcul des fondations.....	58
Tableau 24 : Estimation des contraintes admissibles pour PM2 site STBV.....	58
Tableau 25 : Estimation des contraintes admissibles pour PM1 piste d'accès.....	59
Tableau 26 : Description visuelle des formations rencontrées	60
Tableau 27 : Moyenne retenue pour les paramètres principaux pour les boues de vidange.....	61

Tableau 28 : Performance sur la fraction liquide.....	62
Tableau 29 : Performances du lagunage sur la fraction liquide.....	63
Tableau 30 : Dimensions de l'ouvrage de réception	64
Tableau 31 : Dimensionnement du canal de dégrillage	65
Tableau 32 : Dimensionnement des lits de séchage simples non-plantés	67
Tableau 33 : Débit et charges du percolât.....	70
Tableau 34 : Caractéristiques du bassin facultatif	71
Tableau 35 : Caractéristiques des bassins de maturations.....	73
Tableau 36 : Caractéristiques hydrauliques des bassins de lagunage par filière	74
Tableau 37 : Calcul des besoins en eau total journalier.....	75
Tableau 38 : Dimensions des bassins de lagunage pour une filière	75
Tableau 39 : Opérations techniques d'exploitation de la station	83
Tableau 40 : Opérations commerciales et de service d'exploitation de la station.....	84
Tableau 41 : Opérations d'entretien et de maintenance de la station	85
Tableau 42 : Personnel d'exploitation de la station.....	87
Tableau 43 : Caractéristiques techniques des équipements d'exploitation et de protection	88
Tableau 44 : Composition des bétons	93
Tableau 45 : Planning prévisionnel d'exécution des travaux de la STBV.....	94
Tableau 46 : Charges du personnel	95
Tableau 47 : Charges de fonctionnement.....	95
Tableau 48 : Charges d'exploitation totales	95

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la commune de Waoundé.....	14
Figure 2 : Accès à l'assainissement dans les zones d'enquêtes.....	22
Figure 3 : Type d'ouvrage d'assainissement des excréta dans les ménages de Waoundé.....	22
Figure 4 : Nombre de cabine WC dans les ménages de Waoundé	23
Figure 5 : Répartition des ménages selon la Fréquence de vidange des fosses	24
Figure 6 : Options potentielles de traitement des boues de vidange.....	26
Figure 7 : Schéma de fonctionnement d'un bassin de décantation.....	29
Figure 8 : Schéma de fonctionnement d'un lit de séchage non planté.....	31
Figure 9 : Schéma de fonctionnement d'un lit de séchage planté.....	33
Figure 10 : Schéma de fonctionnement des lits bactériens.....	36
Figure 11: Schéma de fonctionnement lagunage naturel	38
Figure 12 : Schéma de fonctionnement des lagunes aérées	40
Figure 13 : Localités environnantes de Waoundé.....	47
Figure 14 : Localisation de la STBV projeté.....	51
Figure 15 : Environnement immédiat de la STBV	53
Figure 16 : Fiche signalétique de la borne IGN BO24	55
Figure 17 : Schéma du système d'alimentation des lits	61
Figure 18 : Schéma illustratif de l'ouvrage de réception	63
Figure 19 : Schéma illustratif du canal de dégrillage	64
Figure 20 : Schéma illustratif du canal de répartition.....	66
Figure 21 : Schéma de fonctionnement d'un lit de séchage simple non-planté	67
Figure 22 : Schéma de fonctionnement des STBV par lagunage naturel	70

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue du château d'eau de Waoundé	20
Photo 2 : Déversement d'eau usée dans la rue Waoundé.....	21
Photo 3 : Tuyaux d'aération de fosses caractéristiques de la plupart des concessions de Waoundé	21
Photo 4 : Vue de quelques toilettes (gauche) et fosse	23
Photo 5 : Vue de l'environnement du site	52
Photo 6 : Vue de la décharge et de la rizière.....	52
Photo 7 : Vue de la piste d'accès	53

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

APD	Avant-projet Détaillé
DAO	Dossier d'Appel d'Offres
DBO₅	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DN	Diamètre Nominal
MES	Matières en suspension
MS	Matières Sèches
NTK	Azote Keljdh
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PVC	Polychlorure de vinyle
STBV	Station de traitement des boues de vidange
IEC	Information Education et Communication
SENELEC	Société Nationale d'Électricité du Sénégal
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
PEPAM	Programme Eau Potable et Assainissement du Millénaire

I. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Dans un contexte marqué par les crises économiques, énergétiques et environnementales et une volonté croissante des communes d'améliorer les conditions de vie et d'hygiène de leurs populations, les stratégies d'assainissement ne se posent plus uniquement en termes de développement de l'accès et d'évacuation de matières, mais aussi et surtout en termes de chaîne de valeur et de modèles d'affaires. Ces deux paradigmes permettent d'adopter une nouvelle approche du sous-secteur, tout en fournissant aux populations les plus pauvres un meilleur accès à l'assainissement grâce à la bonne gestion des boues de vidange, la valorisation des sous-produits d'assainissement et la réduction du coût des services. C'est ainsi que la commune de Waoundé (région de Matam, Nord-Est du Sénégal, accompagnée par la ville de Valence et Valence Romans Agglo), avait élaboré en 2011, suivant un processus participatif, son schéma communal d'assainissement. Ce programme de coopération décentralisée, soutenu par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, le Ministère Français des Affaires Etrangères et le PEPAM (Programme Eau Potable et Assainissement du Millénaire), est mis en œuvre par l'opérateur ADOS.

L'innovation du programme réside dans son approche globale pour traiter simultanément les problèmes liés à l'assainissement : Eaux usées, déchets solides domestiques, eaux pluviales. Les deux premières tranches ont permis la mise en place d'un cadre de concertation (comité de pilotage le COMPIL), d'outils d'animation, de suivi et la réalisation d'ouvrages d'assainissement autonome. Elles se sont intéressées principalement au développement de l'accès à l'assainissement.

Cette stratégie, basée sur la promotion de l'assainissement autonome, a comme effet l'accumulation rapide des boues de vidange, compte tenu de l'accroissement démographique important à Waoundé.

Compte tenu des difficultés liées à la collecte, au transport et au besoin de promotion de la chaîne de valeur et de modèles d'affaires liés à la gestion des boues de vidange, ce projet a été lancé en vue d'étudier les différentes options de traitement local des matières de vidange des fosses pour finaliser la filière de gestion de l'assainissement rural précisément dans la commune de Waoundé et apporter des éléments d'analyse aux réflexions de l'Etat du Sénégal sur le traitement des boues de vidange. C'est dans ce contexte que la présente étude a été lancée. Le groupement **Idev/SIAT Sénégal** a été retenue à l'issue de la consultation.

1.2. OBJECTIF DE L'ETUDE

Conformément à la demande du client, l'objectif des prestations est d'étudier les différentes options de traitement local des matières de vidange des fosses pour finaliser la filière de gestion de l'assainissement rural et semi rural. En particulier, il s'agira de :

- ◆ Faire un état des lieux de la gestion des boues de vidanges, en identifiant les différents et principaux acteurs, la typologie des ouvrages d'assainissements les types de boues produites, les modes de vidanges et enfin les lieux des vidanges de ces matières de

Groupement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange
technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définitif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définitif\Mémoire

Technique\Mémoire

- vidange produites sur Waoundé ;
- ◆ Faire une proposition d'amélioration des services de collecte et de transport des boues de vidange dans la commune de Waoundé;
 - ◆ Réaliser une étude détaillée, comprenant des scénarii de solutions, pour la mise en place d'une unité de traitement des boues de vidange et de valorisation des sous-produits d'assainissement;
 - ◆ Élaborer des documents de consultation des entreprises (DAO) et l'assistance au maître d'ouvrage pour la passation des marchés.

1.3. CONTENU ET ORGANISATION DU RAPPORT

Le présent document constitue la version provisoire du rapport d'Avant-Projet Détaillé prévu dans le cadre du projet. Il comprend trois volumes complémentaires : un mémoire technique, un rapport confidentiel et un dossier plan. Le présent rapport constitue le mémoire technique. Outre ce présent chapitre introductif, il traite en particulier les points suivants :

- ◆ Présentation générale de la zone d'étude et état des lieux de la gestion des boues de vidange ;
- ◆ État des lieux de la gestion des boues de vidange dans la commune de Waoundé ;
- ◆ Description comparative des techniques de traitement de boues de vidange envisageables et propositions d'une solution ;
- ◆ Études techniques détaillées de la solution proposée ;
- ◆ Opération de gestion d'entretien et de maintenance des ouvrages de la STBV ;
- ◆ Évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation de la STBV.

1.4. MÉTHODOLOGIE D'EXECUTION DE LA MISSION

La présente étude a été exécutée conformément à la méthodologie développée dans la proposition du Consultant. À cet effet, les principales activités suivantes ont été menées :

- ◆ Reconnaissance de la zone d'intervention ;
- ◆ Collecte, revue et analyse des documents disponibles relatif à l'assainissement de la zone de projet :
 - o Point exhaustif des aménagements proposés dans le cadre de la gestion des boues de vidange ;
 - o Collecte des données de base (géographiques, topographiques, géologiques, pédologiques, hydrogéologiques, hydrologiques, météorologiques, climatologiques, urbanistiques, démographiques, etc.).

1.4.1 Visite du site

Afin de faire un état des lieux précis et proposer une solution optimale pour le traitement des boues de vidange, une visite de terrain a été effectuée dans la zone de projet du 14 au 17 novembre 2021 avec le maître d'œuvre (ONG ADOS) et les services de la commune de Waoundé. Cette visite de terrain a permis de parcourir la ville avec des visites au niveau de quelques ménages de la ville et une reconnaissance du site retenue par la commune pour abriter la station

de traitement des boues de vidange (STBV). Par la suite, le consultant a effectué une mission de levés topographiques et de sondage géotechnique.

1.4.2 Collecte et analyse des documents et données

Dans le cadre de l'étude, une documentation collectée a été analysée. La liste des documents consultés est disponible dans l'annexe bibliographique. Les documents collectés sont les suivants :

- ◆ **Rapport diagnostic pour l'élaboration participative d'un schéma communal d'assainissement de Waoundé** : ce document a été réalisé en 2012 par le bureau **H2O engineering** afin de caractériser la situation de l'assainissement des eaux usées. Ce rapport vise, entre autres, à identifier les problèmes posés par l'assainissement, ainsi que les pratiques en cours pour la gestion des boues de vidange et s'inscrit ainsi comme le document de base pour l'élaboration du schéma communal d'assainissement de la commune de Waoundé.
- ◆ **Schéma communal d'assainissement de Waoundé** : ce document a été réalisé en juin 2012 par le bureau **H2O engineering** sur la continuité du rapport diagnostic. C'est un document de planification qui vise à doter la commune de Waoundé d'un plan d'assainissement des eaux usées, des eaux pluviales et des déchets solides suivant plusieurs alternatives en fonction des contraintes physiques, socio-économiques et environnementales. Ainsi dans le cadre de l'assainissement des eaux usées domestiques, l'étude prévoit l'assainissement individuel pour les concessions (latrine VIP double fosses, BALP et Douche-Puisard) et les édifices publics pour les lieux publics de type TCM comportant six cabines, quatre urinoirs et deux lavabos.

II. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA ZONE DE PROJET ET ETAT DES LIEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE

2.1. DONNÉES PHYSIQUES

2.1.1. Situation géographique

La commune de Waoundé se trouve à l'extrême Est du Sénégal, sur la rive gauche du fleuve Sénégal. D'une superficie de 9 km², elle se situe à 70 km de Ourossogui, à l'Ouest de la Route Nationale N°2. Dans l'actuel découpage administratif du Sénégal, elle se situe dans le Département de Kanel qui est l'un des trois départements de la Région de Matam. Elle est limitée par les communes d'Orkadiéré à l'Est et Bokiladji à l'Ouest. Au Nord elle est limitée par le fleuve Sénégal tandis qu'au Sud, elle fait frontière avec la région de Tambacounda. Elle se trouve ceinturée aux deux tiers par la communauté rurale de Bokiladji.

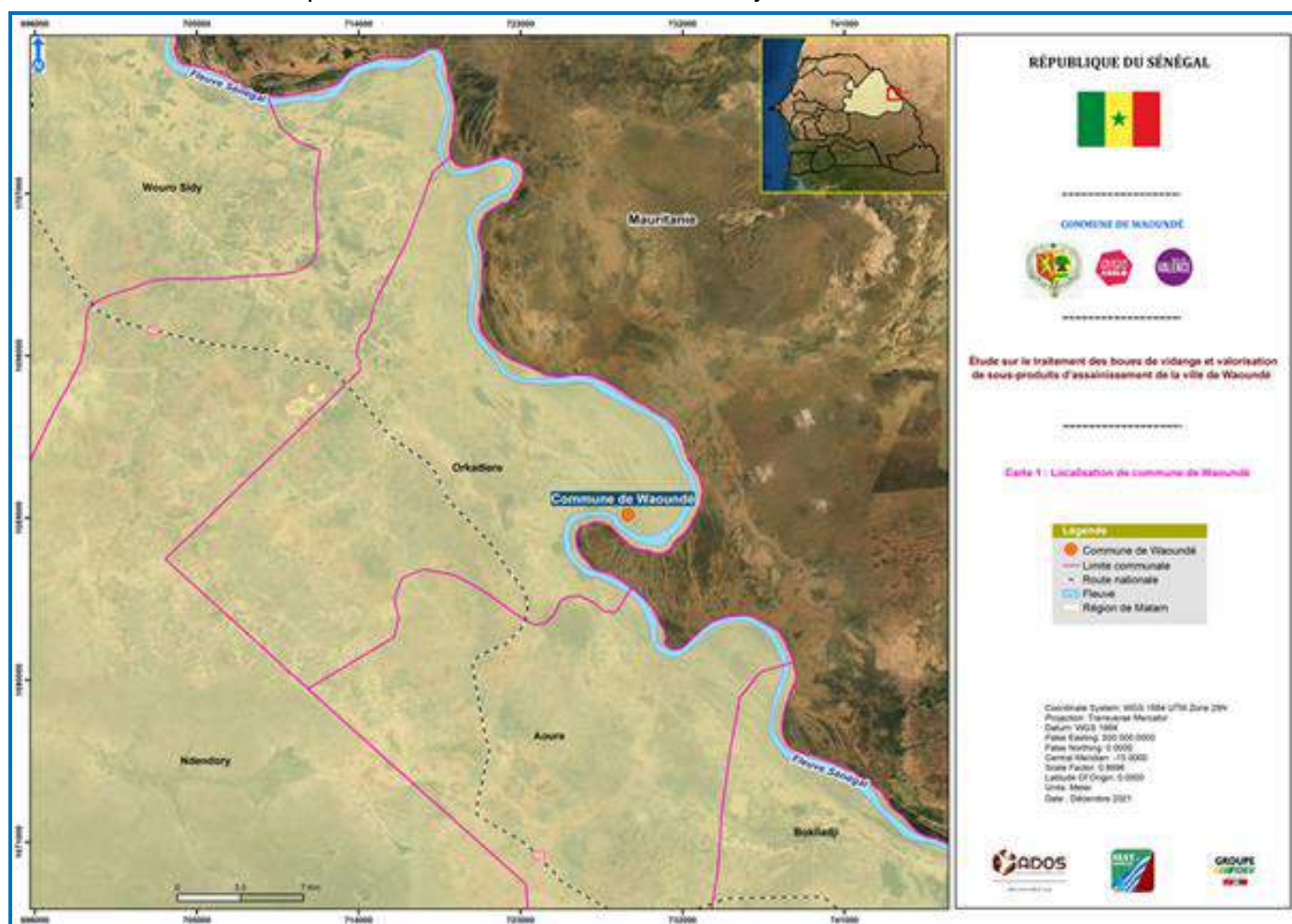


Figure 1 : Localisation de la commune de Waoundé

2.1.2. Données climatiques

2.1.2.1 Pluviométrie

La commune de Waoundé se situe en zone sahélo-soudanien avec un climat caractérisé par :

- ♦ une saison sèche de novembre à juin ;
- ♦ et une saison des pluies de juillet à octobre. Les mois les plus pluvieux sont août et septembre. La pluviométrie varie entre 350 et 600 mm par an. Le tableau suivant présente les données recueillies au niveau de la station de référence de Kanel proche de Waoundé.

Tableau 1 : Situation pluviométrique entre 2005 et 2013

Pluviométrie	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Cumul	430,60	347,30	460,50	630,80	493,90	547,70	373,30	500,20	367,60
Max journalier	46,80	42,40	74,20	115,40	89,20	53,60	76,70	62,70	60,00

Source : Service Météo Matam, PDA Kanel

2.1.2.2 Températures

On distingue deux grandes périodes de régimes thermiques dans la Région de Matam :

- ♦ une période allant de juillet à janvier avec des minima au mois de Décembre ;
- ♦ une période de hautes températures, comprise entre les mois de février et juin. Pendant cette période, les températures sont élevées avec des maxima en mars, avril, mai et juin (43 °C).

Tableau 2 : Variations des températures dans la Région de Matam (°C)

Température (°C)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octobre	Nov.	Déc.
Minimale	16.4	18.5	21.2	24.4	27.2	27.7	26.0	25.0	24.9	24.5	20.4	17.1
Maximale	33.0	36.3	39.0	42.0	43.0	41.0	37.4	35.3	35.9	38.8	37.3	33.5
Moyenne	24.7	27.4	30.1	33.2	35.1	34.35	31.7	30.15	30.4	31.65	28.85	25.3

Source : Météo Matam, PDA Kanel données 2005-2013

2.1.2.3 Insolation

Dans la Région de Matam, l'insolation moyenne annuelle est de 2 880 heures, soit 8 heures d'ensoleillement par jour. Le mois d'Août reçoit en général la durée d'insolation la plus courte. La durée d'insolation la plus longue est observée au mois de Mars.

2.1.2.4 Humidité relative à l'évaporation

Dans la Région de Matam, l'humidité relative est assez élevée en hivernage (surtout entre août et septembre). Entre décembre et juin, elle baisse pour atteindre son niveau minimal.

Tableau 3 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle à la station de Matam (mm)

Maximale	Minimale	Moyenne
280	170	225

Source : Service Météo Matam, PDA Kanel données 2005-2013

2.1.2.5 Vents

La région de Matam qui englobe Waoundé est soumise à deux types de vents :

- ◆ l'alizé continental appelé Harmattan : vent de direction Nord à Sud-Est, avec de l'air chaud et sec soufflant pendant la période chaude avec une vitesse variant de 1 à 8 m/s ;
- ◆ et la mousson : vent chaud et humide soufflant pendant la période des pluies avec une vitesse variant de 1 à 5 m/s.

Par ailleurs, des grains sont observés pendant l'hivernage avec une vitesse atteignant une pointe de 28 m/s accompagnée de poussières très denses de direction Nord-Est à Sud-Est.

2.1.3. Caractéristiques du couvert végétal

Du fait de sa position géographique (sahélo-soudanien) et des années de sécheresse cyclique, il n'existe pas de forêt ou de domaines boisés à Waoundé. L'espèce végétale dominante est l'Acacia nilotica (Gonakié).

2.1.4. Caractéristiques topographiques et pédologiques

Dans la commune de Waoundé, le relief est de manière générale plat et les sols sont essentiellement argileux dans le Walo et argilo-sableux dans le Dièry.

2.1.5. Caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques

Sur le plan hydrologique, la commune de Waoundé est entourée par le fleuve Sénégal à l'Est, à l'Ouest et au Sud. Avec la mise en service des barrages de Diama et Manantaly, la commune dispose, à l'instar de toute la Région de Matam, d'un potentiel important en eau douce. Par ailleurs, aux eaux du fleuve, s'ajoutent deux marigots permanents (le hairé et le Modingoulou), ainsi que quelques mares temporaires.

Le potentiel en eaux souterraines est important. Elles sont contenues dans :

- ◆ les nappes phréatiques peu profondes où elles sont atteintes à partir de puits dont la profondeur varie entre 25 et 100 mètres ;
- ◆ et les nappes du Maastrichtien dont la profondeur peut atteindre 300 mètres.

Les nappes phréatiques sont généralement captées par puits tandis que pour les nappes du Maastrichtien, le captage n'est possible que par forage.

2.1.6. Environnement immédiat de la commune

Le territoire communal de Waoundé est assez tributaire du site naturel sur la rive gauche du fleuve Sénégal. La commune de Waoundé se trouve dans une zone où l'on distingue plusieurs parties inégalement réparties le long des deux rives du fleuve Sénégal.

L'environnement immédiat de la commune est constitué de zones de cultures situées dans les bas-fonds ainsi que le long de la rive gauche du Fleuve Sénégal.

L'espace s'est beaucoup plus étendu sur la rive gauche qui présente de bonnes capacités d'accueil.

2.2. DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES ET HUMAINES

2.2.1 Populations actuelles et projections

Selon le rapport diagnostic du schéma communal d'assainissement de Waoundé, la commune comptait environs 10 581¹ habitants en 2011 dont 53% de femmes et 47% d'hommes.

Pour cette étude, le taux d'accroissement naturel de 3.1%, défini dans le Schéma communal d'assainissement de Waoundé sera retenu, qui estime la population de la commune à 16 224 habitants pour l'horizon 2025.

Les projections de la population de la commune d'arrondissement en considérant ce taux sont données dans le tableau ci-dessous aux différents horizons.

Tableau 4 : Population de la zone d'étude et projection

Désignation	2011	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Waoundé	10 581	11 955	13 508	15 736	18 331	21 354	24 875

La lecture du tableau indique que la population de Waoundé aura plus que doublée en 2040. Cette évolution démographique confirme le maintien d'un fort potentiel humain dans la commune, avec un taux annuel moyen de croissance démographique évalué à 3.1%.

2.2.2 Caractéristiques sociologiques et démographiques

La population de Waoundé est composée majoritairement de Soninkés (environ 95%). Les 5% restant concernent d'autres ethnies qui vivent en harmonie avec les Soninkés : il s'agit des Thiouballo d'ethnie Pulaar et les Somono d'ethnie Bambara. Les Somono et les Thioubalo sont originellement des familles de pêcheurs qui vivent en harmonie avec les Soninkés. Il existe également de nouveaux migrants, en faible minorité, qui parlent principalement le Wolof. Ces migrants sont en général des commerçants Baol-Baol venus travailler à Waoundé. La population de Waoundé est actuellement estimée à 10 581 âmes dont 53% de femmes et 47% d'hommes.

Tableau 5 : Evolution de la population de Waoundé entre 2002 et 2011

2002 ^a	2009 ^b	2011 ^c
-------------------	-------------------	-------------------

¹ Rapport diagnostic pour l'élaboration du schéma d'assainissement de Waoundé H2O Engineering 2011.

8 041	9 955	10 581
-------	-------	--------

- a) Source : Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2002
b) Source : Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Matam, 2009
c) Source : Estimation à partir des données de 2002 et 2009

2.2.3 Vie associative

On dénombre une trentaine de groupements féminins à Waoundé. Ces groupements sont bien structurés et dotés de caisses de fonctionnement alimentées par les cotisations des membres.

Les mouvements féminins sont très actifs et jouent un rôle important dans la commune dans le domaine de sensibilisation et de prévention des maladies infantiles.

Ces groupements féminins participent activement au développement de la commune. Organisées sous formes de coopératives, les femmes gèrent aussi des parcelles cultivables dont les produits sont essentiellement destinés à la consommation locale.

On dénombre également onze associations sportives et culturelles à Waoundé. Ces associations jouent un rôle important, entre autres, dans la gestion de la propreté des quartiers.

2.2.4 Activités économiques

Il n'existe pas d'industrie dans la commune de Waoundé. L'agriculture y est l'activité dominante ; elle est surtout pratiquée par les Soninkés. Les zones de cultures sont situées dans les bas-fonds ainsi que le long de la rive gauche du Fleuve Sénégal. Les exploitations sont de type familial et suivant les saisons, on alterne entre cultures de décrue, cultures irriguées et cultures sous pluies. Le maraîchage est en train de se développer avec les champs collectifs des associations féminines. Les produits agricoles sont en grande partie autoconsommés. Une partie des récoltes est écoulé au niveau des marchés environnants (Orkadiéré, Kanel, ...).

Les récoltes ne sont pas suffisantes à cause de la rareté des pluies et du peu de terres cultivées. Les ressortissants vivant à l'étranger participent activement aux dépenses quotidiennes (dont la nourriture) des familles.

Il y a également des activités annexes à l'agriculture comme la pêche, l'élevage (petits ruminants, bovins et volaille), la menuiserie métallique et le commerce.

2.3. INFRASTRUCTURES ET SERVICES SOCIAUX DE BASE

2.3.1. Bâtiments administratifs

La commune de Waoundé, en dehors du siège de la commune, dispose d'un seul bâtiment administratif qui abrite la brigade de gendarmerie.

2.3.2. Structures d'éducation et de formation

Les structures d'éducation et de formation présentes dans la commune sont les suivantes :

- ◆ une case des tout-petits qui accueille 80 pensionnaires ;
- ◆ deux écoles élémentaires (l'école 1 avec 800 élèves et l'école 2 avec 205 élèves) ;
- ◆ un collège de 382 élèves ;
- ◆ un centre de formation professionnelle qui reçoit actuellement 200 élèves ;
- ◆ une école franco-arabe de 508 élèves ;
- ◆ et une école coranique avec internat dont la capacité actuelle est de 46 pensionnaires.

2.3.3. Infrastructures sanitaires

La commune de Waoundé dispose d'une seule infrastructure sanitaire, le poste de santé, abritant une infirmerie (géré par un infirmier d'état) et une maternité par (gérée par une sage-femme d'état). Ces structures reçoivent en moyenne respectivement 450 et 750 patients par mois.

Deux officines de pharmacie privées sont également présentes à Waoundé.

2.3.4. Infrastructures sportives

Waoundé dispose d'un stade municipal et de plusieurs terrains de foot non aménagés.

2.3.5. Alimentation en énergie électrique

La commune de Waoundé est alimentée en énergie électrique par le réseau de la SENELEC.

2.3.6. Alimentation en eau potable

La commune de Waoundé est alimentée en eau à partir d'un forage équipé d'une électropompe et d'un château d'eau.

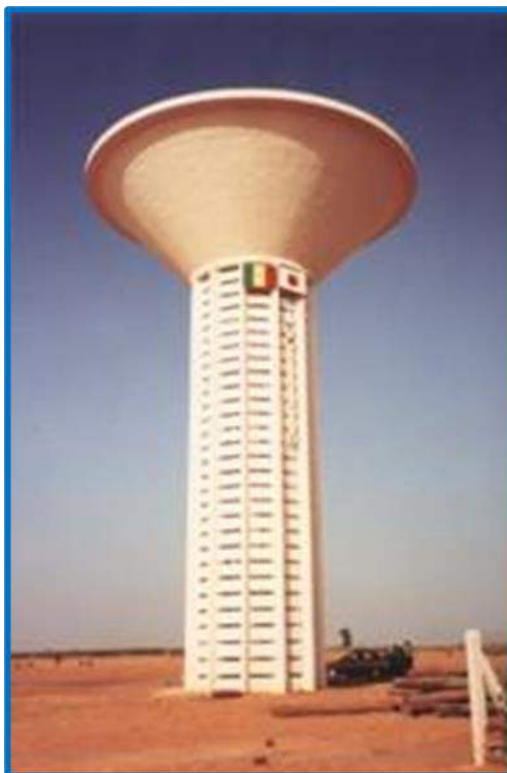


Photo 1 : Vue du château d'eau de Waoundé

L'eau est pompée depuis les nappes phréatiques d'une profondeur de 400 mètres. Le réservoir dessert les familles par des branchements individuels et les points publics par des bornes fontaines. Cependant, le réseau de distribution est fait de façon artisanale (casse des conduites, fuites d'eau) et présente des risques de contamination par les fosses septiques.

La commune dispose d'un comité de gestion du forage dont le rôle consiste, entre autres, à s'assurer que le forage fonctionne correctement et que les bornes fontaines sont bien gérées. Ce comité dispose également d'un personnel chargé de relever les compteurs d'eau au niveau des bornes fontaines et auprès des particuliers.

2.3.7. Infrastructures d'assainissement

Sur le plan de l'assainissement la commune ne dispose d'aucun système collectif de gestion des eaux usées et des ordures. Il en est de même concernant les eaux pluviales : aucun ouvrage public de drainage des eaux de ruissellement n'est présent à Waoundé. Les rues et les concessions de la commune sont ainsi grandement affectées par les inondations pendant la saison des pluies. Face à cette situation, les waoundankés ont développé des solutions à leur portée pour en réduire les désagréments, notamment par :

- ◆ la mise en place d'ouvrages individuel (latrine ou fosse septique suivie de puits perdu) pour la gestion des eaux vannes et les excréta ;
- ◆ la réalisation de puits perdus ou le rejet dans la rue pour les eaux de douche ;
- ◆ le rejet des eaux de cuisine et de lessive dans la cour de la concession ou à l'extérieur (rue,

marigots, fleuve) ;

- ◆ l'évacuation des eaux pluviales qui stagnent dans les concessions par voie manuelle, à l'aide de récipients ;
- ◆ et la collecte des ordures ménagères dans des récipients (bassines, seaux, brouettes) et leur évacuation dans des décharges sauvages. On note également une pratique très répandue consistant à incinérer les déchets solides au niveau des rues, avec comme conséquence l'émission de fumées qui constituent à la fois une pollution et une nuisance.

Les photos suivantes présentent une vue des pratiques d'assainissement dans la commune de Waoundé.



Photo 2 : Déversement d'eau usée dans la rue Waoundé



Photo 3 : Tuyaux d'aération de fosses caractéristiques de la plupart des concessions de Waoundé

2.4. ÉTAT DES LIEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE DANS LA COMMUNE DE WAOUNDE

2.4.1. Taux d'accès

Dans la commune de Waoundé, pratiquement tous les ménages (98.7%) disposent d'ouvrage d'assainissement des eaux vannes. Seul 1.3% des ménages pratique la défécation à l'air, essentiellement dans le quartier périphérique de Batakilé.

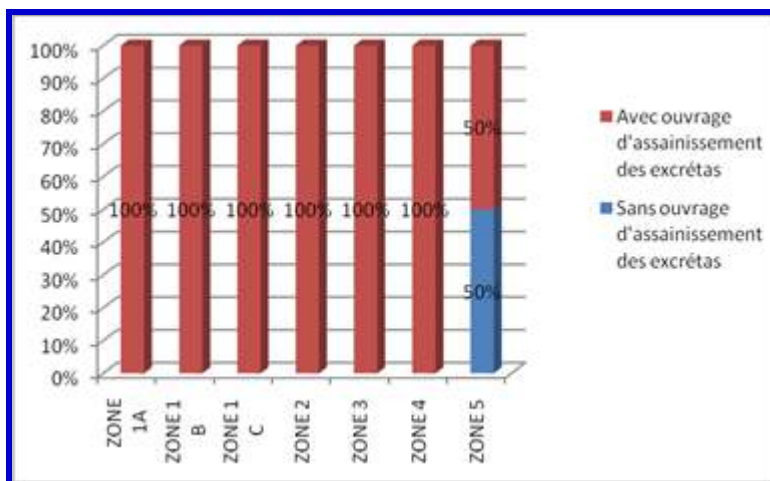


Figure 2 : Accès à l'assainissement dans les zones d'enquêtes²

2.4.2. Typologie des ouvrages d'assainissement

Les types Ouvrage d'assainissement des eaux vannes et des excréments les plus fréquents sont les latrines à fosse unique ventilée (46%) et les latrines traditionnelles (38%). Ce dernier type est considéré comme non amélioré par le JMP³ et n'est donc pas comptabilisé dans les OMD. Ainsi, le cumul des ménages disposant de latrines traditionnelles et de ceux pratiquant la défécation à l'air libre montre que 38,8% des ménages dispose d'ouvrages d'assainissement individuel ne répondant pas aux critères du JMP.

Seulement 13.7% des ménages disposent de fosses septiques.

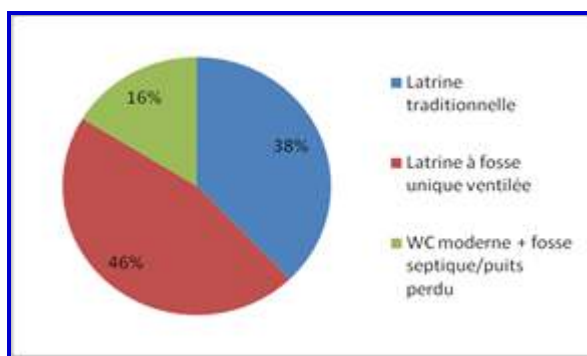


Figure 3 : Type d'ouvrage d'assainissement des excréments dans les ménages de Waoundé

² Rapport diagnostic : enquête ménage à Waoundé H₂O Engineering 2011.

³ Le JMP considère les ouvrages suivants comme non améliorés : chasse d'eau vers d'autres destinations que l'égout, latrine à fosse non couverte ; toilette à seau ; latrine suspendue et les latrines publiques

Dans chaque ménage, on trouve en moyenne 10 cabines WC. Ce nombre important de cabines s'explique par le fait que pratiquement, chaque chambre dispose d'une salle d'eau intérieur comportant un WC et une douche.

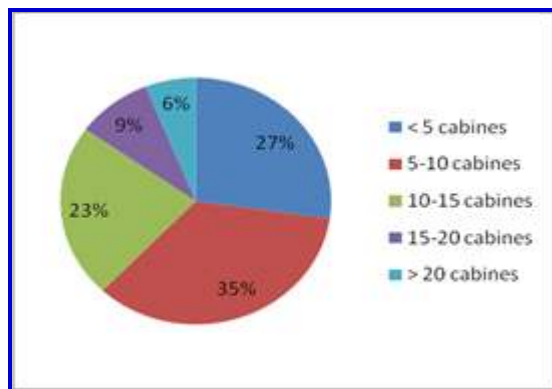


Figure 4 : Nombre de cabine WC dans les ménages de Waoundé

La majorité des ménages enquêtés (72%) disent être satisfait de leur installation pour diverses raisons (confort, propreté, entretien facile, etc). Tandis que les autres (28%) disent être confrontés à des problèmes d'odeurs, d'entretien difficile et de manque de confort. Il s'agit probablement, pour cette dernière catégorie, des ménages disposant d'une latrine traditionnelle pour lesquelles la fosse n'est pas ventilée.



Photo 4 : Vue de quelques toilettes (gauche) et fosse

2.4.3. Mode de vidange des boues

L'activité de vidange consiste à la collecte et au transport des boues soutirées des fosses des ménages vers d'autres lieux. Cette activité est un maillon indispensable de la chaîne de l'assainissement autonome car elle remplace le réseau d'égout qui relie les ménages et le site de transfert dans un système d'assainissement collectif.

L'activité de vidange est effectuée par des prestataires de services. Deux méthodes sont

Groupement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange
technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définatif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définatif\Mémoire

Technique\Mémoire

habituellement notées :

- ◆ **La vidange mécanique** : effectuée par le biais des opérateurs de vidange avec des camions ;
- ◆ **La vidange manuelle** : effectuée par une tierce personne ou quelques fois par les propres membres de la famille.

Le mode de vidange est tributaire du type de fosses rencontrées dans les ménages. A Waoundé, le coût de la vidange détermine en grande partie le choix du mode vidange.

L'inexistence de camion de vidange dans la commune et surtout d'une STBV réduit considérablement la taille du marché de la vidange. Les rares fois où les ménages sont confrontés à la vidange, ils font appel à des opérateurs privés au niveau du département de Kanel.

Pour ce qui est de la vidange des fosses, 96% des ménages enquêtés déclarent n'avoir jamais procédé à une vidange. Cette situation s'explique par le surdimensionnement des fosses (volume très important des fosses pour peu d'utilisateurs, chaque chambre étant dotée d'un ouvrage).

Parmi ceux qui ont déjà vidangé leur fosse, l'opération a lieu généralement tous les 2 à 4 ans.

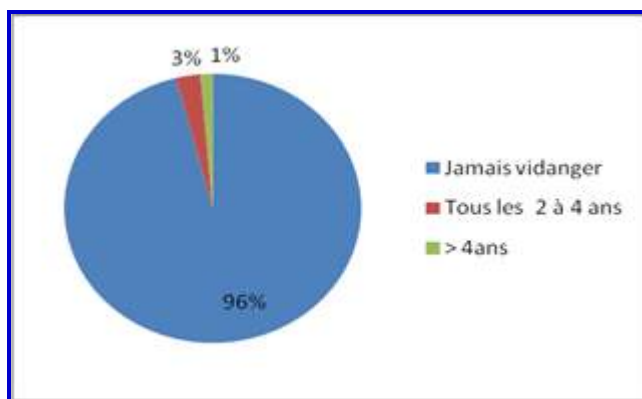


Figure 5 : Répartition des ménages selon la Fréquence de vidange des fosses

2.4.4. Coût de la vidange

Les coûts des opérations de vidange sont variables selon le type de vidange et également pour un même type de vidange. Le prix de l'opération de vidange mécanique est facturé par voyage qui constitue l'unité de facturation adoptée au Sénégal. C'est une opération de vidange effectuée par le prestataire de service de vidange (opérateur de vidange) auprès d'un ménage et ne tient compte que du volume du camion et non de l'ouvrage à vidanger. Ainsi, plusieurs « voyages » peuvent être effectués pour vider une même fosse et dans ce cas, le coût est multiplié par le nombre de « voyages » réalisé.

Pour le coût de la vidange mécanique, elle varie d'une localité à une autre mais une tendance

générale de prix fixé varie entre 15 000 F CFA et 25 000 F CFA voire 30 000 F CFA⁴.

2.4.5. Site de rejet des boues vidangées

La commune ne dispose pas de station de traitement ni de site de dépotage autorisé des boues de vidanges. Les boues sont déversées souvent directement dans la nature. Les opérateurs privés pour la vidange des fosses viennent des villes environnantes.

⁴ Étude monographique de l'assainissement autonome dans les régions du Sénégal : Groupement BECES/ASRADEC
Octobre 2017

III. DESCRIPTION COMPARATIVE DES TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE BOUES DE VIDANGE ENVISAGEABLE ET PROPOSITIONS D'UNE SOLUTION

3.1. INTRODUCTION

La technologie de traitement des boues de vidange est largement basée sur la séparation des phases liquide et solide.

Après cette première phase de séparation, les fractions liquide et solide sont traitées séparément.

La fraction liquide est ainsi traitée avec les technologies habituelles pour les eaux usées et la fraction solide peut être simplement séchée pour la mise en décharge, ou désinfectée pour permettre une utilisation agronomique exempte de risques sanitaires.

Le niveau de traitement des fractions liquides et solides ainsi séparées dépend de l'utilisation prévue des sous-produits. En effet si les sous-produits notamment l'eau épurée doivent être utilisés, il est nécessaire d'atteindre un niveau de traitement compatible avec l'utilisation prévue pour éviter les risques sanitaires. Par contre si les sous-produits ne sont pas destinés à être réutilisés, un traitement poussé engendrerait des surcoûts importants sans grand intérêt.

Le schéma suivant présente un aperçu d'options potentielles à coûts modestes pour le traitement des boues de vidange dans les pays en développement.

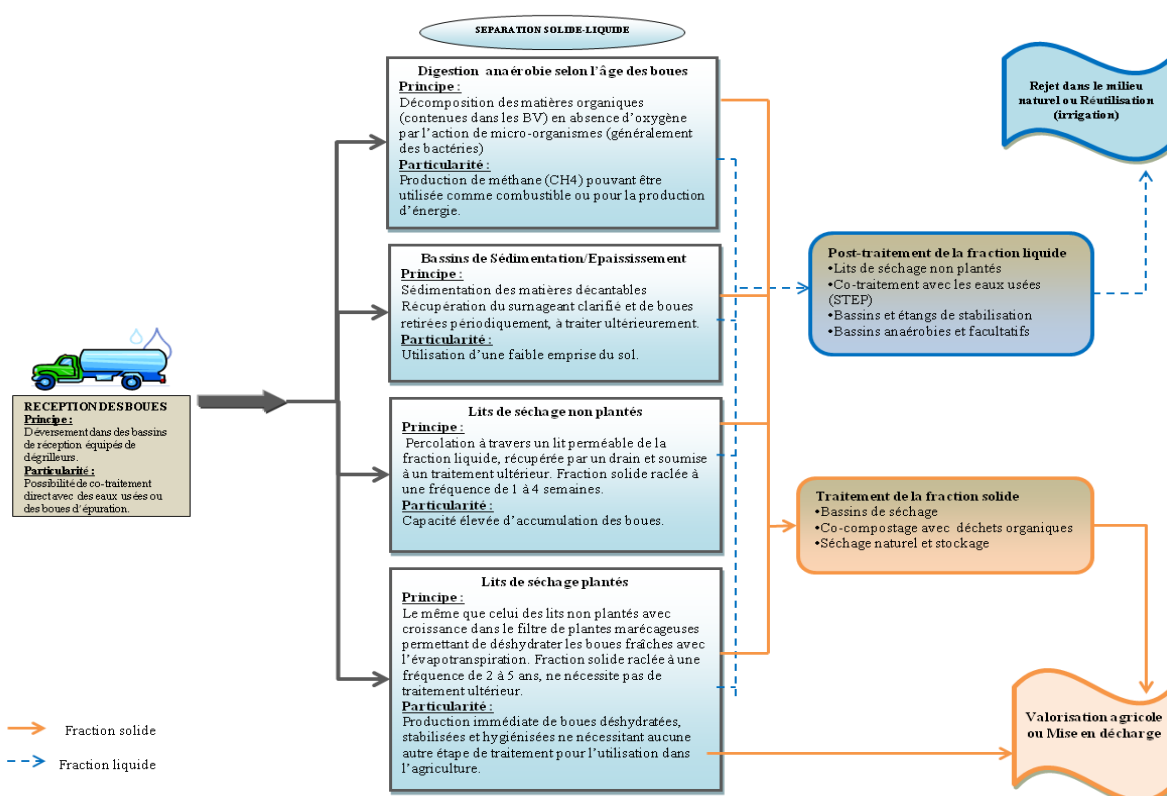


Figure 6 : Options potentielles de traitement des boues de vidange

3.1.1. Technologies de prétraitement

Pour le prétraitement (essentiellement rétention des matières solides grossières), les techniques généralement utilisées dans les stations de traitement de boues de vidange consistent essentiellement :

- ◆ En une réception dans un ouvrage en béton ;
- ◆ Une tranquillisation dans un canal ;
- ◆ Un dégrillage avec un deux ou trois types de grilles dont la différence se situe au niveau des écartements.

3.1.2. Technologies de séparation liquide/solide

La digestion anaérobie est une technologie de séparation liquide solide assez séduisante dans la mesure où elle permet une production de biogaz. Cependant, l'expérience en cours au Sénégal et au Burkina Faso a montré que les boues de vidange, contrairement aux boues issues du traitement des eaux usées n'ont pas un grand pouvoir méthanogène principalement du fait de leur séjour relativement long dans les fosses. La production de biogaz à partir des boues de vidange est donc théoriquement possible mais nécessite l'ajout d'un autre substrat pour accroître la productivité en biogaz du mélange et ainsi garantir la rentabilité d'une unité de production de biogaz à partir des boues de vidange.

De plus, la gestion et l'exploitation d'une unité de production de biogaz requiert une expérience assez pointue.

Au vu de ses considérations, la technologie de digestion anaérobie dont l'intérêt principal est la production de biogaz ne sera pas considérée.

Trois technologies de séparation liquide solide seront ainsi considérées par la suite :

- ◆ Les bassins de sédimentation/épaississement ;
- ◆ Les lits de séchage non plantés ou simples ;
- ◆ Les lits de séchage plantés.

3.1.3. Technologies de traitement de la fraction liquide

A l'issue de la séparation liquide/solide, la fraction liquide obtenue a des caractéristiques comparables à des eaux usées classiques. Les technologies de traitement de la fraction liquide sont donc les mêmes que pour les eaux usées urbaines.

La commune de Waoundé ne disposant pas d'une station d'épuration, le co-traitement dans une station d'épuration existante n'est pas envisageable.

En excluant les techniques de traitement nécessitant une grande consommation d'énergie et un matériel électromécanique dont l'exploitation est assez contraignante (boues activées par exemple), les techniques envisageables sont dans le contexte de Waoundé sont :

- ◆ Procédés intensifs :
 - o Lits bactériens.
- ◆ Procédés extensifs :
 - o Lagunage simple ;
 - o Lagunage aéré.

L'avantage des procédés extensifs en particulier le lagunage simple dans un contexte d'implantation tel que la ville de Waoundé est évident. Par conséquent, il est retenu, pour le traitement de la fraction liquide, des lagunes simples.

Dans un contexte d'un ensoleillement assez important, la technologie la plus simple pour le traitement de la fraction liquide solide est le séchage naturel suivi d'un stockage. Il ne sera donc pas nécessaire d'envisager l'utilisation de bassins de séchage ou le co-compostage.

3.2. DESCRIPTION DES OPTIONS ENVISAGEABLES

Au vu de ce qui précède, les variantes seront données par la technologie de séparation liquide/solide. Les avantages et inconvénients des variantes seront analysés. Les données sont tirées d'expériences menées récemment notamment à la station expérimentale de traitement de boues de vidange de Cambérène au Sénégal (avec les trois filières décrites ci-dessus) par l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS) et SANDEC⁵.

Les critères utilisés pour la caractérisation et la comparaison des technologies sont :

- **Efficacité** : indique la capacité de traitement de la technologie ;
- **Flexibilité** : mesure la capacité de la technologie à supporter les surcharges temporaires ;
- **Vulnérabilité** : fait référence aux parties de la technologie les plus exposées à des problèmes de fonctionnement et sur lesquels une attention particulière est requise pour l'exploitant ;
- **Impacts** : indique sommairement les impacts positifs comme négatifs directs attendus de la technologie ;
- **Investissement** : prend en compte les coûts d'investissement des ouvrages ;
- **Coûts récurrents** : fait référence aux coûts d'entretien et d'exploitation des technologies.
- **Surface occupée** : indique la surface nécessaire pour abriter les ouvrages et équipements de la station.

Les options suivantes seront étudiées :

➤ **Option 1 :**

- Réception et prétraitement : ouvrage de réception+ canal + grilles
- Séparation liquide/solide : bassins de sédimentation/épaississement + lits de séchage simple ;
- Traitement de la fraction liquide : lagunes simples
- Traitement fraction solide : séchage naturel

➤ **Option 2 :**

- Réception et prétraitement : ouvrage de réception+ canal + grilles ;
- Séparation liquide/solide : lits de séchage simples ;
- Traitement de la fraction liquide : lagunes simples ;
- Traitement fraction solide : séchage naturel.

➤ **Option 3 :**

- Réception et prétraitement : ouvrage de réception+ canal + grilles ;
- Séparation liquide/solide : lits de séchage plantés

⁵ Recueil des résultats de recherche sur la gestion des boues de vidange du projet de collaboration ONAS-Eawag/Sandec - Phase I, 2006-2009. Dakar, Juin 2009

- Traitement de la fraction liquide : lagunes simples ;
- Traitement fraction solide : séchage naturel.

3.2.1. Option 1 : Bassins de sédimentation

❑ Description et fonctionnement

Cette variante utilise les bassins de sédimentation/épaississement pour la réduction des quantités de boues à envoyer sur les lits de séchage. Les bassins de sédimentation/épaississement constituent donc les ouvrages principaux de la séparation liquide/solide. Un bassin de sédimentation / épaississement est un bassin de décantation simple qui permet d'épaissir les boues. L'effluent est évacué et traité alors que la boue épaissie est envoyée sur des lits de séchage.

La figure ci-dessous en présente le principe de fonctionnement des bassins de sédimentation/épaississement

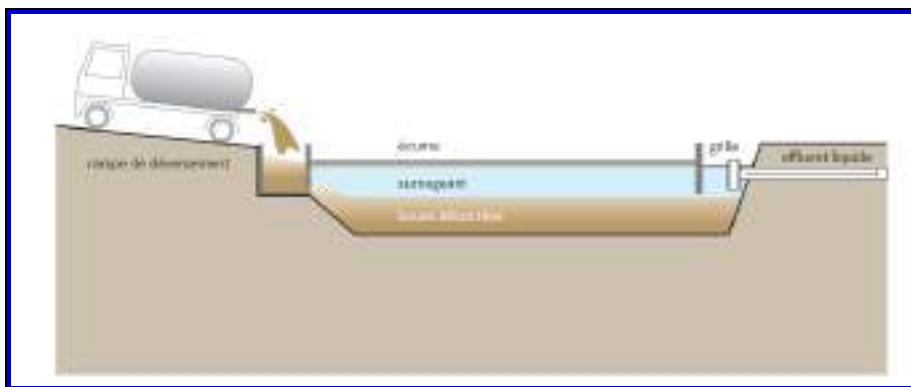


Figure 7 : Schéma de fonctionnement d'un bassin de décantation⁶

Le principe de fonctionnement pour cette variante est le suivant :

- ◆ Les boues reçues au niveau de l'ouvrage de réception passent sur un canal au travers duquel elles sont dégrillées pour être séparées des éléments solides grossiers. Le nombre de grille varie entre un et trois en fonction de la nature des boues ;
- ◆ Les refus de dégrillage sont ensuite retirés et déposés dans des bacs prévus à cet effet ;
- ◆ Les eaux ainsi dégrillées passent ensuite dans les bassins de sédimentation. Le bassin de sédimentation a pour objectif de concentrer les boues en décantant la matière en suspension. Les boues brutes y stagnent pendant plusieurs heures, ce qui permet la décantation gravitaire des matières en suspension. Les matières décantées s'accumulent au fond du bassin, tandis que le surnageant clarifié sort du bassin par un seuil ;
- ◆ Les boues accumulées au fond sont soutirées périodiquement et envoyées sur les lits de séchage par pompage. Pour une gestion optimale, deux bassins parallèles en fonctionnement alternatif sont prévus ;

⁶ Compendium of Sanitation, Eawag, 2008

- ◆ Les boues épaissies envoyées sur les lits subissent ensuite une percolation et un séchage. Le percolât rejoint la partie décantée issues des bassins et termine son traitement dans les bassins de lagunage avant le rejet final ;
- ◆ Les boues séchées sur les lits sont enlevées périodiquement pour être déposées sur une aire de séchage pendant un temps suffisamment long pour permettre la destruction des germes pathogènes ;

❑ Emprise

Du fait de la réduction par concentration des volumes de boues envoyées vers les lits de séchage, le nombre de lits est relativement réduit. L'emprise nette occupée par les ouvrages pour cette variante serait donc plus faible que pour les deux autres variantes.

❑ Performance

Les performances de la variante 1 sont données principalement par les performances des bassins de sédimentation/épaississement. En cas de respect des consignes d'exploitation notamment la nécessité d'un fonctionnement alternatif des bassins et le non dépassement des débits de dimensionnement, les performances sont relativement intéressantes. Dans le cas contraire, la décantation ne sera pas correctement réalisée ce qui aura pour conséquence directe l'envoi d'eaux décantées très chargées dans les ouvrages de traitement de la fraction liquide et des performances médiocres de l'ensemble à la sortie.

❑ Coûts d'investissement et d'exploitation

Du fait essentiellement de la réduction du nombre de lits de séchage, les coûts d'investissement pour cette variable sont relativement peu élevés par rapport aux deux autres variantes. En effet, les bassins de décantation et leurs équipements (pompes) sont peu coûteux et permettent en même temps de réduire de façon substantielle les lits de séchage nécessaires.

Par contre les coûts récurrents sont relativement importants du fait essentiellement du pompage nécessaire pour envoyer les boues épaissies vers les lits de séchage.

❑ Synthèse

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques de cette variante :

Tableau 6 : Avantages et inconvénients des bassins de sédimentation / épaississement

Poste	Avantages	Inconvénients
Efficacité	Abattement théorique élevé du bassin de sédimentation pour les MES (85%) Réduction du volume de boues appliquées à la suite du traitement	Abattement théorique faible du bassin de sédimentation pour la DCO (50%), des NTK (5%) et CF/Œufs d'helminthe (50%). Les lits de séchage restent nécessaires.
Flexibilité	Adaptée à la réception centralisée des boues	Efficacité très réduite en cas de surcharge :
Vulnérabilité		Très élevée : risque élevé d'obturation des conduites, nécessite en général une hydrocureuse.
Impacts	Possibilité de récupération du méthane en cas d'ajout d'un bassin anaérobie intermédiaire	Risque d'odeurs en cas d'arrêt prolongé. Impact majeur
Investissements	Surface de lits moins importante	L'investissement pour les lits de séchage reste nécessaire Coût des pompes
Coûts récurrents	Réduction du besoin de main d'œuvre nécessaire pour la manutention de boues séchées des	Elevés en raison du recours obligatoire au pompage pour l'évacuation des boues épaissies et aux coûts de curage avec

	lits de séchage	hydrocureuse quelques fois nécessaire. Solution assez gourmande en énergie.
Nécessité en surface	Permet de réduire les besoins en surface que les lits de séchage simple Nécessite moins de surface de terrain que les deux autres technologies	

3.2.2. Option 2 : lits de séchage simples non-plantés

❑ Description et fonctionnement

Cette variante utilise directement les lits de séchage simples pour la séparation liquide/solide.

Un lit de séchage non planté est un lit simple et perméable qui, une fois chargé avec la boue, draine la partie liquide et permet à la boue de sécher par évaporation. Approximativement, 50 à 80% du volume des boues percole comme liquide. Les boues accumulées sur les lits sont raclées à une fréquence à déterminée. La figure ci-dessous en présente le principe de fonctionnement des lits de séchage simples.

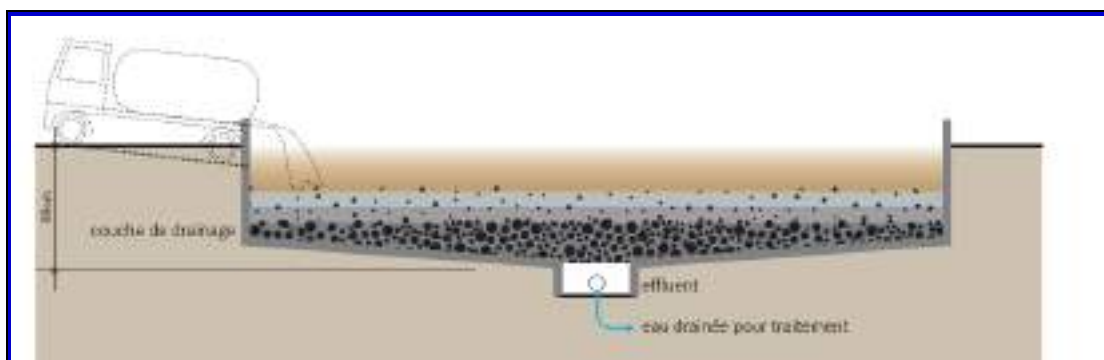


Figure 8 : Schéma de fonctionnement d'un lit de séchage non planté⁷

Le principe de fonctionnement pour cette variante est le suivant :

- ◆ Les boues reçues au niveau de l'ouvrage de réception passent sur des canaux au travers desquels elles sont dégrillées pour être séparées des éléments solides grossiers. Le nombre de grille varie entre un et trois en fonction de la nature des boues. Pour chaque filière, un ouvrage de réception + canal dégrilleur + canal de répartition sont prévus.
- ◆ Les refus de dégrillage sont ensuite retirés et déposés dans des bacs prévus à cet effet.
- ◆ Les eaux ainsi dégrillées passent ensuite dans les différents lits organisés en filière. Un système de vannage permette une utilisation successive des lits de séchage.
- ◆ Les boues épaissies envoyées sur les lits subissent ensuite une percolation et un séchage. Le percolât termine son traitement dans les bassins de lagunage avant le rejet final.
- ◆ Les boues séchées sur les lits sont enlevées périodiquement pour être déposées sur une aire de séchage pendant un temps suffisamment long pour permettre la destruction des germes pathogènes.

⁷ Compendium of Sanitation, Eawag, 2008

❑ **Emprise**

Les boues brutes sont étendues sur les lits sur des couches d'environ 30 cm d'épaisseur pour que le séchage se fasse dans les meilleures conditions. Les surfaces de lits nécessaires sont donc relativement importantes pour cette variante.

❑ **Performance**

Les performances de la variante 1 sont données principalement par les performances des lits de séchage. L'expérience montre que les lits de séchage donnent d'excellents résultats aussi bien pour les charges organiques et pour les charges bactériologiques. Les niveaux de traitement atteints pour les percolâts des lits est tels qu'ils soient moins chargés que des eaux usées urbaines donc facilement traitables par les ouvrages de traitement de la fraction liquide.

❑ **Coûts d'investissement et d'exploitation**

L'épaisseur des boues dans les lits devant être réduite pour optimiser la période de séchage, le nombre de lits est généralement important. Les coûts d'investissement pour cette variante seront donc plus élevés que pour les deux autres variantes.

Par contre les coûts récurrents sont relativement faibles. En effet, l'exploitation requiert des moyens matériels simples et un personnel qualifié.

❑ **Synthèse**

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques de cette variante :

Tableau 7 : Avantages et inconvénients des lits de séchage non plantés

Poste	Avantages	Inconvénients
Efficacité	Abattement théorique élevé pour tous les paramètres : MES (95%), DCO (90%), des NTK (50%) et CF/Œufs d'helminthe (99%)	Variabilité en fonction du taux de stabilisation des boues Rendement réduit en saison des pluies
Flexibilité	Elevée en raison de la capacité d'accumulation des boues séchées Impact limité sur le système d'épuration liquide en aval	Gestion du mode d'alimentation
Vulnérabilité	Pas de système de conduite/pompage Pas de plantes à surveiller	Capacité limitée par la vitesse de colmatage du filtre
Impacts	Cycle du carbone optimisé par valorisation des boues en agriculture Peu d'odeurs	Risque faible d'odeurs. Impact mineur
Investissements	Pas de bassin de sédimentation	Surface de lits plus importante que filière lits de séchage plantés et bassins de sédimentation, ou bien besoin d'une couverture
Coûts récurrents	Pas besoin d'énergie, pas besoin d'hydrocureuse Réfection du filtre (couche de sable)	Besoin de main d'œuvre important pour la manutention de boues séchées sur les lits
Nécessité en surface		Nécessite beaucoup plus de surface que les deux autres technologies

3.2.3. Option 3 : Lits de séchage plantés

❑ **Description et fonctionnement**

Cette variante utilise directement les lits de séchage plantés pour la séparation liquide/solide.

Un lit de séchage planté est semblable à un lit de séchage non planté avec l'avantage d'une évapotranspiration accrue par les plantes judicieusement choisies. La boue fraîche peut être appliquée directement sur la couche précédente. Les plantes et leur système racinaire maintiennent la perméabilité du filtre. Les boues accumulées sur les lits sont évacuées tous les 2 à 5 ans. Elles ont alors atteint un degré de stabilisation avancé ainsi qu'une bonne hygiénisation et humification.

Les lits de séchage plantés présentent l'avantage que les boues y resteront pendant une période allant jusqu'à 5 ans, vont réduire considérablement les dépenses opérationnelles. En plus, les boues sont hygiéniquement neutres après un temps de séjour prolongé. Des études ont révélé que le nombre d'œufs d'helminthes dans les boues est réduit à près de 100%, avec des concentrations inférieures à 6 œufs/gMS, donc dans la plage de tolérance de 3 - 8 œufs/g MS admise pour une réutilisation sûre dans l'agriculture.

Les boues ne requièrent pas d'autres étapes de traitement. A la fin du temps de stockage sur les lits de séchage, les boues séchées peuvent être épandues directement sur les surfaces cultivées.

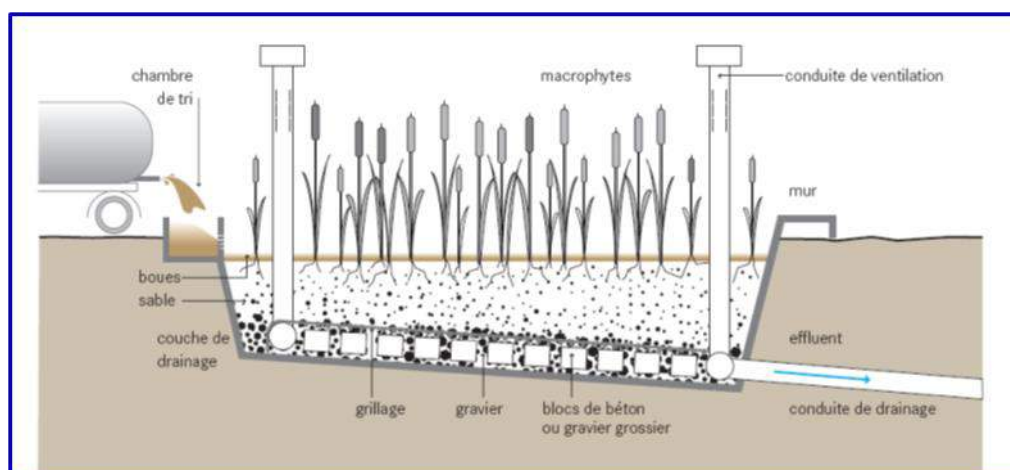


Figure 9 : Schéma de fonctionnement d'un lit de séchage planté⁸

Le principe de fonctionnement pour cette variante est le suivant :

- ◆ Les boues reçues au niveau de l'ouvrage de réception passent sur des canaux au travers desquels elles sont dégrillées pour être séparées des éléments solides grossiers. Le nombre de grille varie entre un et trois en fonction de la nature des boues. Pour chaque filière, un ouvrage de réception + canal dégrilleur + canal de répartition sont prévus.
- ◆ Les refus de dégrillage sont ensuite retirés et déposés dans des bacs prévus à cet effet.
- ◆ Les eaux ainsi dégrillées passent ensuite dans les différents lits organisés en filière. Un système de vannage permette une utilisation successive des lits de séchage.
- ◆ Les boues épaissies envoyées sur les lits subissent ensuite une percolation et un séchage. Le percolât termine son traitement dans les bassins de lagunage avant le rejet final.
- ◆ Les boues restent suffisamment longtemps sur les lits pour permettre la destruction des germes pathogènes.

❑ Emprise

⁸ Compendium of Sanitation, Eawag, 2008

Les boues brutes sont étendues sur les lits sur des couches d'environ 30 cm d'épaisseur pour que le séchage se fasse dans les meilleures conditions. Les surfaces de lits nécessaires sont donc relativement importantes pour cette variante.

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques des lits de séchage plantés.

Tableau 8 : Avantages et inconvénients des lits de séchage plantés

Poste	Avantages	Inconvénients
Efficacité	Abattement théorique élevé pour tous les paramètres : MES (95%), DCO (95%), des NTK (80%) et CF/Œufs d'helminthe (≈100%), bonne qualité agronomique	Variabilité en fonction de l'état de santé des plantes
Flexibilité	Elevée en raison de la capacité d'accumulation des boues séchées	Gestion du mode d'alimentation
Vulnérabilité	Pas de système de conduite/pompage Capacité élevée : les plantes empêchent le colmatage du filtre et permettent une alimentation continue pendant 2 à 5 ans	Risque de flétrissement des plantes lors de la (re)mise en service d'un lit Pas d'expérience locale Problème de choix des plantes
Impacts	Bonne intégration paysagère Cycle du carbone optimisé par valorisation des boues en agriculture Peu d'odeurs	Très faible risque d'odeurs. Impact mineur
Investissements	Surface de lits moins importante que pour les lits non plantés Pas besoin de zone de stockage	Surface de lits plus importante que les lits de séchage non plantés
Coûts récurrents	Pas besoin d'énergie, pas besoin d'hydrocureuse Réfection du filtre, entretien des plantes	Besoin de main d'œuvre important pour la manutention de boues séchées des lits de séchage
Nécessité en surface	Nécessite moins de surface les deux lits de séchage simple mais plus qu'avec les bassins de sédimentation.	

3.3. COMPARAISON ET CHOIX DES OPTIONS DE TRAITEMENT

Les mêmes critères suivants utilisés pour le choix d'une technique de traitement des eaux usées seront utilisés.

- ◆ **Efficacité** : indique la capacité de traitement de la technique ;
- ◆ **Flexibilité** : mesure la capacité de la technologie à supporter les surcharges temporaires ;
- ◆ **Vulnérabilité** : fait référence aux parties de la technique les plus exposées à des problèmes de fonctionnement et sur lesquels une attention particulière est requise pour l'exploitant ;
- ◆ **Impacts** : indique sommairement les impacts positifs comme négatifs directs attendus de la technologie ;
- ◆ **Investissement** : prend en compte les coûts d'investissement des ouvrages ;
- ◆ **Coûts récurrents** : font références aux coûts d'entretien et d'exploitation de la technique;
- ◆ **Surface occupée** : indique la surface nécessaire pour abriter les ouvrages et équipements de la station.

Sur la base des critères définis plus haut, une notation est appliquée pour la comparaison des options de traitement des eaux usées. Les postes de comparaison sont notés de 3 (la meilleure) à 1 (la plus mauvaise).

Le tableau ci-dessous donne une comparaison des trois (03) options.

Tableau 9 : Comparaison des options de traitement des boues de vidange

Poste	Option 1 : Bassins de sédimentation	Option 2 : Lits de séchage non plantés	Option 3 : Lits de séchage plantés
Efficacité	1	2	3
Investissements	1	3	2
Coûts récurrents	1	3	2
Nécessité en surface	3	1	2
Vulnérabilité	1	2	1
Total	07	11	10

La comparaison des options montre que :

- ◆ L'option 2 passe devant et est la plus adaptée au contexte de Waoundé notamment du fait de l'ensoleillement dans la commune et de la non-nécessité de mettre en place des équipements consommatrices d'énergie comme les pompes (comme pour l'option 1). Elle est peu gourmande en surface mais également moins onéreuse en investissement et surtout le fort potentiel de réutilisation;
- ◆ L'option 1 est la moins bien notée du fait essentiellement que son fonctionnement nécessite une pompe à boues avec ainsi des coûts récurrents qui seront nettement plus importants que pour les autres options. En effet, les boues épaissies devront être régulièrement pompées vers les lits de séchage ;
- ◆ L'option 3 (les lits de séchage plantés alimentés directement avec des boues brutes) est intéressante en termes de niveau de traitement mais n'est pas adapté au contexte de Waoundé. Il est plus vulnérable et son exploitation plus compliquée du fait de la nécessité de trouver des plantes adaptées et de le régénérées régulièrement. Il permet par contre de réduire l'espace nécessaire par rapport à l'option 2.

Les critères de comparaison pris en considération sont les différentes caractéristiques décrites dans les tableaux précédents pour chaque procédé. Il s'agit de l'efficacité, la flexibilité, la vulnérabilité, les impacts, les coûts d'investissement et récurrents et l'exigence en surface.

3.4. CONCLUSION

Sur la base de la comparaison des différentes options un système de traitement composé de lits de séchage simples non plantés est adoptée pour les raisons ci-dessous :

- ◆ Les lits de séchage non-plantés sont une solution robuste en particulier, dans les zones où les radiations solaires et l'évapotranspiration sont élevées. Ils nécessitent juste plus d'espace notamment du fait de l'aire de séchage. Cependant, les volumes en jeu étant faible et l'espace disponible, cet inconvénient ne constitue pas une contrainte dans le cas particulier de la ville de Waoundé ;

- ◆ Ils sont devenus de plus en plus intéressants pour la gestion des boues de vidange dans les villes à croissance rapide des pays à revenu faible, en raison de leur coût de construction relativement raisonnable parce que leur besoin en maintenance est faible et qu'ils n'ont pas ou peu besoin d'additifs chimiques et d'énergie pour fonctionner.

3.5. TRAITEMENT DE LA FRACTION LIQUIDE DES BOUES

A l'issue de la séparation liquide/solide, la fraction liquide obtenue a des caractéristiques comparables à des eaux usées classiques. Les technologies de traitement de la fraction liquide sont donc les mêmes que pour les eaux usées urbaines. La commune ne disposant pas d'une station d'épuration fonctionnelle, le co-traitement n'est pas envisageable.

En excluant les techniques de traitement nécessitant une grande consommation d'énergie et un matériel électromécanique dont l'exploitation est assez contraignante, les techniques envisageables sont dans le contexte de Waoundé sont :

- ◆ Procédés intensifs : Lits bactériens ;
- ◆ Procédés extensifs : Lagunage naturel et lagunage aéré ;
- ◆ Les filtres plantés verticaux (ou bassins phyto-épuration) peuvent aussi être envisagés.

3.5.1. Lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée pour apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux.

A l'instar des procédés à boues activées, les lits bactériens appartiennent au groupe des procédés intensifs. Bien que plus rares en Afrique de l'Ouest, ils ont jusqu'à ce jour souffert des mêmes difficultés d'opération que les boues activées, et connu un taux d'échec important. Les conditions d'application des lits bactériens sont donc les mêmes que celles des boues activées, bien que leur vulnérabilité apparaisse comme légèrement plus réduite.

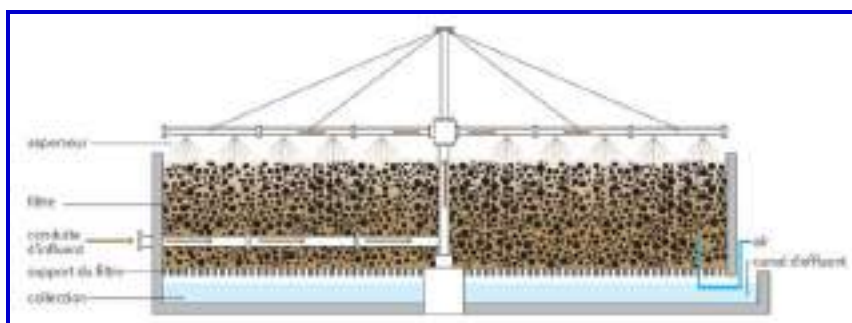


Figure 10 : Schéma de fonctionnement des lits bactériens

La répartition des tâches entre éléments d'une STEP à lits bactériens est différente de celle des boues activées : la percolation des eaux usées à travers les matériaux poreux exige un traitement primaire plus efficace, garantissant une homogénéité et une régularité des eaux usées percolées. Ce traitement primaire est également l'occasion d'abattre de manière importante les charges en DBO et DCO, en particulier par l'utilisation de procédés anaérobies : fosses Imhof ou réacteurs anaérobies à flux ascendants.

Ces techniques peuvent être utilisées en combinaison avec des filières extensives, par exemple suivies d'une lagune de finition. Ces procédés permettent alors d'obtenir des rejets d'excellente qualité (élimination des nutriments, fort abattement des germes pathogènes). Les estimations de taille sont basées sur des ratios internationaux : entre 0.1 m²/EH et 0.2 m²/EH. Cette dernière valeur sera retenue car elle se situe du côté de la sécurité et les surfaces spécifiques sont environ 80% de celles des boues activées.

Tableau 10 : Avantages et inconvénients du procédé par lits bactériens

Poste	Avantages	Inconvénients
Efficacité	Bonnes performances, mais généralement plus faibles que par boues activées. Bonne décantabilité des boues Haute efficacité de traitement / m ²	Nécessite un traitement primaire efficace pour réduire les risques de colmatage. Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.
Flexibilité	Plus faible sensibilité aux variations de charge de pollution que les boues activées. Opération maîtrisable, en intervenant sur la gestion de l'aération	Sensibilité aux surcharges hydrauliques.
Réutilisation	Potentiel de réutilisation du biogaz	Nécessite un traitement tertiaire de l'effluent pour réduire les charges bactériologiques.
Vulnérabilité		Elevée, car : - Sensibilité au colmatage; - dépend de la disponibilité d'énergie électrique; - nécessite l'importation d'équipements (neufs et en pièces de rechange) et réactifs. - Nécessite la formation et l'engagement pérenne de techniciens-opérateurs.
Impacts	Faible consommation d'espace Possibilité de méthanisation par digestion des boues dans un réacteur	Risque de bruits. Risque d'odeurs en cas de variations de charge ou opération déficiente, en particulier en présence de traitement primaire anaérobie
Investissements		Coûts très élevés
Coûts récurrents		Elevés, mais moins que pour les boues activées : ✓ Consommation d'énergie ; ✓ Dépendance aux énergies fossiles ; ✓ Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées.

3.5.2. Lagunage naturel

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le premier bassin est souvent anaérobie quand les charges organiques sont importantes.

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, ce qui permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et 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 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.

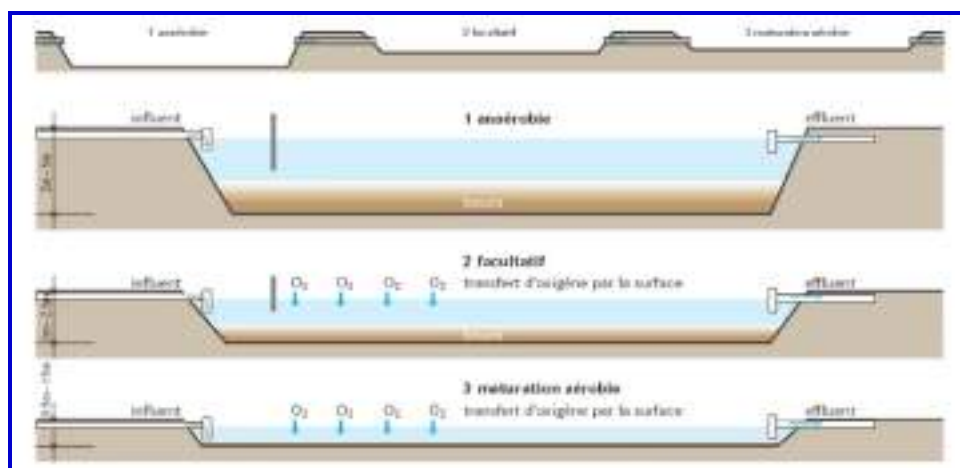


Figure 11: Schéma de fonctionnement lagunage naturel

Le tableau suivant indique les avantages et inconvénients du procédé de lagunage naturel.

Tableau 11: Avantages et inconvénients du procédé par lagunage naturel

Poste	Avantages	Inconvénients
Efficacité	Rendements élevés en moyenne près de 70 % (plus de 85 % en ne prenant en compte que la DCO filtrée en sortie, brute en entrée). Les concentrations en azote total au niveau du rejet sont très faibles. L'abattement du phosphore est remarquable les premières années ($\geq 60\%$), puis diminue pour atteindre un rendement nul au bout de 20 ans environ Importante réduction des charges bactériologiques liée au long temps de séjour de l'effluent. Les boues de curages sont bien stabilisées (sauf celles en tête du premier bassin)	Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation du milieu en aval. Très basse efficacité de traitement / m^2 : nécessite d'importantes surfaces disponibles. Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.
Flexibilité	Très faible sensibilité aux variations de charge et de débit.	Non-maîtrisable : le rendement est défini exclusivement par le dimensionnement des ouvrages.
Réutilisation	Très favorable : - Haute réduction des charges bactériologiques ; - Les algues contenues dans l'effluent traité transportent l'eau et les nutriments jusqu'aux plantes ; - Peut combiner les capacités de traitement et de stockage ; - Les boues de curages sont faciles à épandre sur sol agricole.	Pertes hydrauliques en raison de l'évaporation.
Vulnérabilité	Très faible : - Pas d'équipements électromécaniques ; - Pas de réactifs.	L'opération reste légère, mais le curage si le curage global n'est pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement. Risque de présence d'insectes et autres vecteurs de maladie en cas de négligence dans l'opération.
Impacts	Aucun bruit : - Bonne intégration paysagère - Exploitation peu gourmande en énergie et donc pas de consommation d'énergies fossiles - Possibilité de récupération du méthane par simple couverture des bassins anaérobies	Risque d'odeurs en cas de variations de charge ou opération déficiente, en particulier au niveau des bassins anaérobies.
Investissements	Raisonnable	
Coûts récurrents	Très faible : - Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable ; - Besoins réduits en personnel.	Nécessité de curage des bassins et de coupe des végétaux.

Les avantages techniques et financiers du lagunage sont importants. Ils ne sont mis en concurrence réelle que lorsque la disponibilité en terrains est limitée et/ou leur coût élevé.

3.5.3. Lagunes aérées

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces microorganismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important.

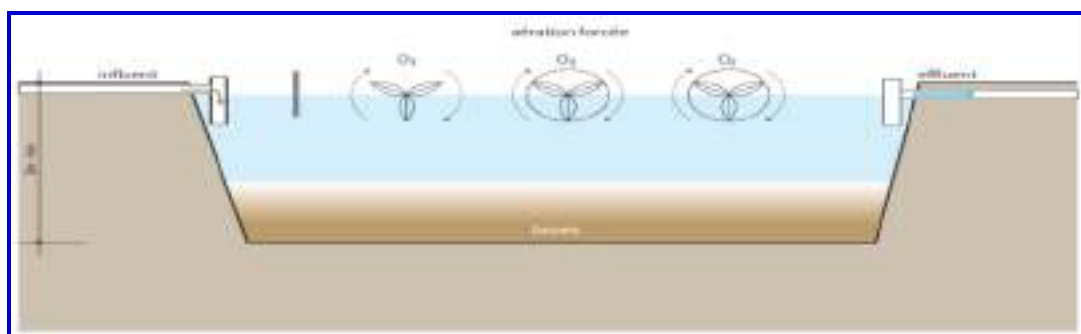


Figure 12 : Schéma de fonctionnement des lagunes aérées

Les estimations de la taille sont basées sur des ratios internationaux : entre 0.2 m²/EH et 0.4 m²/EH. Cette dernière valeur est généralement retenue car elle se situe du côté de la sécurité.

Le tableau suivant indique les avantages et inconvénients du procédé de lagunage aéré.

Tableau 12: Avantages et inconvénients du procédé par lagunage aéré

Poste	Avantages	Inconvénients
Efficacité	Bonne efficacité de traitement / m ² Les boues de curages sont bien stabilisées.	Performances moindres que les procédés intensifs ou le lagunage naturel sur la matière organique. La population bactérienne sans recirculation conduit : - à une densité de bactéries faible et à un temps de traitement important pour obtenir le niveau de qualité requis; - à une floculation peu importante des bactéries, ce qui contraint à la mise en place d'une lagune de décantation largement dimensionnée.
Flexibilité	Encourage le phasage des investissements (lagunage naturel dans un premier temps, puis lagunage aéré) Très faible sensibilité aux variations de charge et de débit. Rendements élevés pour le traitement d'effluents spéciaux : très concentrés, déséquilibrés en nutriments, industriels.	Peu maîtrisable : le rendement est défini principalement par le dimensionnement de base.
Réutilisation	Très favorable :	Pertes hydrauliques en raison de l'évaporation.

Groupement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définatif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définitif\Mémoire

Technique\Mémoire

Poste	Avantages	Inconvénients
	Haute réduction des charges bactériologiques. Les algues contenues dans l'effluent traité transportent l'eau et les nutriments jusqu'aux plantes. Peut combiner les capacités de traitement et de stockage Les boues de curages sont faciles à épandre sur sol agricole.	
Vulnérabilité	Seuls les équipements électromécaniques sont vulnérables ; pas d'usage de réactifs.	Elevée, car : • Dépend de la disponibilité d'énergie électrique ; • Nécessite l'importation d'équipements (neufs et en pièces de rechange) et réactifs. • Nécessite la formation et l'engagement pérenne de techniciens opérateurs
Impacts	Bonne intégration paysagère Possibilité de récupération du méthane par simple couverture des bassins anaérobies	Risque de bruit. Risque d'odeurs en cas d'arrêt prolongé des aérateurs.
Investissements	Très Raisonnable	
Coûts récurrents		Elevés : • Consommation énergétique importante ; • Dépendance aux énergies fossiles ; • Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière

3.5.4. Comparaison des variantes de traitement de la fraction liquide des boues

3.5.4.1 Critères de choix

Les critères de comparaison considérés sont les différentes caractéristiques décrites dans les tableaux précédents pour chaque procédé. Il s'agit de l'efficacité, la flexibilité, la réutilisation des eaux épurées, la vulnérabilité, les impacts et les coûts d'investissement et récurrents.

3.5.4.2 Choix d'un procédé de traitement de la fraction liquide

Pour la comparaison des variantes de traitement présentées ci-dessus, une notation est appliquée. Les postes de comparaison sont notés de 5 (la meilleure) à 1 (la plus mauvaise).

Tableau 13: Comparaison des variantes de traitement des eaux usées

Poste	Lits bactériens	Lagunage naturel	Lagunage aéré
Efficacité	4	5	4
Flexibilité	2	4	4
Réutilisation	2	5	4
Vulnérabilité	2	5	3
Impact	3	1	2
Investissement	2	3	4
Coûts récurrents	3	5	3
Total	18	28	24

Le tableau ci-dessus traduit l'avantage des procédés extensifs dans un contexte d'implantation tels que pour la commune de Waoundé.

En conclusion, le classement des solutions de traitement est le suivant :

- ◆ Lagunage naturel ;
- ◆ Lagunage aéré ;
- ◆ Lits bactériens.

Etant donné la disponibilité sur le site retenu de surfaces suffisantes pour le traitement des charges polluantes de dimensionnement, l'utilisation de systèmes extensifs est recommandée. **Par conséquent, il est retenu, pour le traitement de la fraction liquide, le lagunage naturel.**

3.5.4.3 Traitement de la fraction solide

En vue de la réutilisation des boues séchées en agriculture dans un contexte de fort ensoleillement comme Waoundé (pas de pluie pendant 8 à 9 mois), leur séchage naturel à même le sol peut être envisageable pendant les mois secs et de déplacer les boues séchées sous un hangar destiné à cet effet pendant les 3 ou 4 mois restants.

L'exploitant pourra alors concentrer la vente des sous-produits à la fin de la période sèche par couches assez fines et leur stockage prolongé permet la destruction complète des organismes pathogènes. Cette technique est proposée du fait de sa simplicité.

Pour le stockage des boues complètement séchées prêtes à être utilisées, on considérera un hangar de 10 m².

IV. ÉTUDES TECHNIQUE DÉTAILLÉE DE LA SOLUTION PROPOSÉE

4.1 DÉBIT DE BOUES

Plusieurs méthodes ont été développées pour quantifier les volumes de boue de vidange susceptibles d'être traitées dans une station de traitement de boues. Cette analyse se fixe donc pour objectif de comparer ces différentes méthodes de quantification des boues, tout en relevant les forces et les faiblesses de chacune et en expliquant la méthodologie à mettre en place pour réaliser la campagne de quantification dans cette étude.

Trois (3) méthodes sont généralement utilisées pour la détermination des volumes de boues produites. Il s'agit :

- ◆ Méthode 1 : basée sur la production spécifique de boues ;
- ◆ Méthode 2 : basée sur le volume des ouvrages ;
- ◆ Méthode 3 : capacité de vidange des opérateurs privés.

□ Méthode 1 « basée sur la production spécifique »

➤ Présentation de la méthode

Cette méthode est relativement simple à mettre en place : il suffit en effet de connaître le nombre d'habitants dans la zone que l'on veut étudier et la quantité de boue produite par habitant et par jour. On obtient donc la formule suivante :

$$Q = 365 \cdot N \cdot q$$

Avec :

Q [m³/an] est la quantité totale de boues produites

N est le nombre de personnes dans la zone

q [m³/jour/habitant] est la production spécifique de boues

Cette méthode, bien que simple à mettre en place a ses limites. En effet, les différents types d'ouvrages individuels (latrine, fosse septique...) ont des productions de boues spécifiques différentes, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Production spécifique des boues de vidange par type d'ouvrage (Reymond, 2008).

Origine des boues de vidange	Boues de fosses septiques	Boues de toilettes publiques	Boues de latrine	Excréta frais
Volume (l/j/hab)	1	2	0,15 - 0,20	1,5

La formule affinée pour quantifier les boues devient donc :

$$Q = 365 \cdot \left(P_{FS} \cdot \frac{q_{FS}}{1000} + P_{PL} \cdot \frac{q_{PL}}{1000} + P_{LF} \cdot \frac{q_{LF}}{1000} \right)$$

Avec :

Q [m³/an] : quantité de boues produites ;

PFS [habitants] : nombre d'utilisateurs de fosses septiques ;

PLS [habitants] : nombre d'utilisateurs de latrines sèches ;

PTP [habitants] : nombre d'utilisateurs de toilettes publiques ;

qFS [l/hab/j] : production spécifique des boues de vidange pour les fosses septiques ;

qS. [l/hab/j] : production spécifique des boues de vidange pour les latrines sèches ;

qTP [l/hab/j] : production spécifique des boues de vidange pour les toilettes publiques.

Pour réaliser ce décompte, il est indispensable de faire une enquête ménage en relevant au moins :

le type d'ouvrage d'assainissement individuel ;

le nombre de personnes utilisant ce type d'ouvrage.

Il suffit ensuite d'extrapoler les résultats obtenus au nombre d'habitants de la commune étudiée. Il est aussi primordial de répartir les enquêtes dans les différents types de quartier en fonction de leur standing (quartiers spontanés, résidentiels...).

➤ **Avantages et inconvénients**

Le principal avantage de cette méthode réside dans sa simplicité de mise en œuvre. En effet, il suffit d'avoir une étude de recensement relativement récente pour quantifier de cette manière. Et même si le recensement n'est pas suffisamment récent, le taux de croissance démographique permet simplement de palier à ce problème. Cette méthode peut produire des résultats satisfaisants et bien adaptés pour avoir une idée initiale du volume de boues produit dans une localité même si l'on ne prend pas en compte les différents types d'ouvrages d'assainissement individuel. Cette méthode de quantification permet de comptabiliser l'ensemble des boues produites. Elle ne fait pas de distinctions entre les boues vidangées manuellement ou mécaniquement.

Cette méthode de quantification est cependant peu fiable. En effet, il est fréquemment remarqué que les habitants ne procèdent pas obligatoirement à une vidange de leur fosse, préférant en creuser une nouvelle. De plus, si l'on veut affiner le résultat, il faut mettre en place une vaste opération d'enquête afin de déterminer les proportions d'ouvrages type, entraînant alors un surcoût non-négligeable et une forte augmentation de la durée pour quantifier.

En outre, les valeurs données dans le tableau ne sont pas forcément réalistes. En effet, de nombreux facteurs ne sont pas pris en compte comme la climatologie du lieu, la porosité du sol. La précision des résultats est donc limitée.

❑ **Méthode 2 basée « sur le décompte des camions sur un site de dépotage »**

➤ **Présentation de la méthode**

Pour réaliser cette méthode, il est nécessaire d'avoir au préalable identifié un site de dépotage des boues de vidange. Il suffit ensuite de compter le nombre de camions qui viennent sur le site par jour et d'identifier le volume déchargé par chacun des camions.

Il faut également définir la fréquence à laquelle l'enquêteur doit être sur le site de dépotage. Puis, déterminer le procédé par lequel, l'enquêteur relève le volume approximatif déchargé.

Le tableau suivant donne une liste des différents procédés de mesure possibles avec leurs

avantages et inconvénients pour cette méthode de « décompte de camions sur un site de dépotage ».

Tableau 15 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de mesure des quantités entrantes dans la méthode de « décompte de camions sur un site de dépotage »

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Déclaration du chauffeur	Peu cher, le chauffeur est le plus à même de juger du volume contenu dans son camion	Confiance indispensable
Volume théorique de la citerne	Peu cher	Mesure très complexe
Temps de fonctionnement des pompes, débit théorique	Mesure relativement fiable	Débit est variable
Pont bascule (entrée/sortie)	Mesure très fiable	Très cher, fort investissement initial
Débitmètre sur le refoulement des pompes	Fiable	Cher et peut être perturbée en présence d'encombrants
Mesure de niveau dans la bache de réception	Peu cher	Complexe et peu fiable

➤ **Avantages et inconvénients**

Cette dernière méthode donne aussi des résultats d'une grande fiabilité, et ce avec un coût réduit et ne fait pas appel à de longues campagnes d'enquêtes au sein des ménages.

Le principal inconvénient est qu'elle ne permet pas de quantifier les boues vidangées manuellement. De plus, cette méthode n'offre pas la possibilité de comptabiliser les boues qui sont rejetées de manière illégale, c'est-à-dire en dehors d'un site de dépotage officiel. Il faut de plus avoir bien recensé l'ensemble des sites de dépotage autour de la localité étudiée, au risque de perdre de nombreuses informations.

❑ **Méthode 3 « basée sur les caractéristiques des ouvrages d'assainissement »**

Pour cette méthode, la quantité des boues de vidange produite, Q [m^3/an] est estimée par la formule :

$$Q = \frac{P \cdot N}{f} + V$$

N [ouvrages] : nombre total d'ouvrages d'assainissement autonome dans l'ensemble de la commune de Waoundé.

$P_{méc}$ [%] : proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement.

$f_{méc}$ [an] : fréquence moyenne entre 2 vidanges mécaniques.

V [$m^3/ouvrage$] : volume moyen des ouvrages d'assainissement.

❑ **Conclusion**

Sur la base de ce qui précède, le Consultant retient que :

Les méthodes 2 et 3, peuvent être écartées pour les raisons, entre autres, suivantes :

- ◆ Les caractéristiques de la plupart des ouvrages d'assainissement individuels existants à

Waoundé ne respectent les normes édictées en la matière (méthode 3) ;

- ♦ Il n'existe pas de station de traitement des boues de vidange à Waoundé et ses environs ni ne décompte des camions déversant dans la nature. Il n'est ainsi pas possible d'utiliser la méthode 2.

Pour la suite de l'étude, la méthode 1 sera utilisée pour l'estimation de la quantité de boues produites afin de déterminer la capacité de traitement de la STBV projetée. Cette méthode semble plus fiable puisqu'elle tient compte de la croissance démographique qui constitue un paramètre fondamental (plus proche des bases sécuritaires de dimensionnement de la STBV projetée), et ce, d'autant que l'évolution de la population de Waoundé reste encore forte (taux de 3.1%) par an selon le taux retenu pour Waoundé comme mentionné plus haut.

Pour simplifier, on considérera une production spécifique de boues de 1.00 l/personnes en ne tenant pas compte des types de latrines. En effet, la tendance constatée sur place est que la fraction de ménages disposant de latrines fonctionnant à l'eau augmente tandis que celle disposant de latrine traditionnelle diminue.

4.1.1 Estimation des volumes de boues

En considérant les populations aux différents horizons et une production spécifique de 1.00 l/personne par jour, le tableau suivant donne les volumes de boues produites et susceptibles d'être traitée dans une STBV. Par hypothèse, le taux de vidange évoluera de 4% actuellement à 80% en 2040. Ce changement assez important de comportement des populations se justifie par la mise en place d'une station de traitement de boues de vidange et l'acquisition d'un camion de vidange qui permettra de réduire de manière significative des coûts de la vidange.

Tableau 16: Estimation de la quantité de boues produites

Désignation	2025	2030	2035	2040
Waoundé	15 736	18 331	21 354	24 875
Volumes de boues produites (m ³ /j)	16	19	22	25
Taux de vidange mécanique	25%	45%	60%	80%
Volumes à traiter	4	8	13	20

La quantité de boues susceptibles d'être vidangées annuellement à l'horizon 2040 s'établirait à **20 m³/j**, contre **13 m³/j** en 2035 en utilisant l'approche de production spécifique.

Pour le dimensionnement des ouvrages, on retiendra un débit de **20 m³/j** réparti sur deux filières de **10 m³/j** chacune. Ce débit ne sera théoriquement atteint qu'en 2040. Cependant, pour les horizons intermédiaires, il permettra de prendre en charges des localités environnantes de la commune de Waoundé sur un rayon de 15 km.

La figure suivante indique les localités environnantes de la commune de Waoundé potentiellement couverte par la STBV. Il s'agit des localités de Balel, Gassamberi, Diéla, Semmé, Oulde, Gourel Dara, Saboala, Lobali, Valel, Polel Diaoubé, Goumal, Padalal, Vindou-Bosseable et Orkadiéré qui pourront bénéficier du site de dépotage projeté.

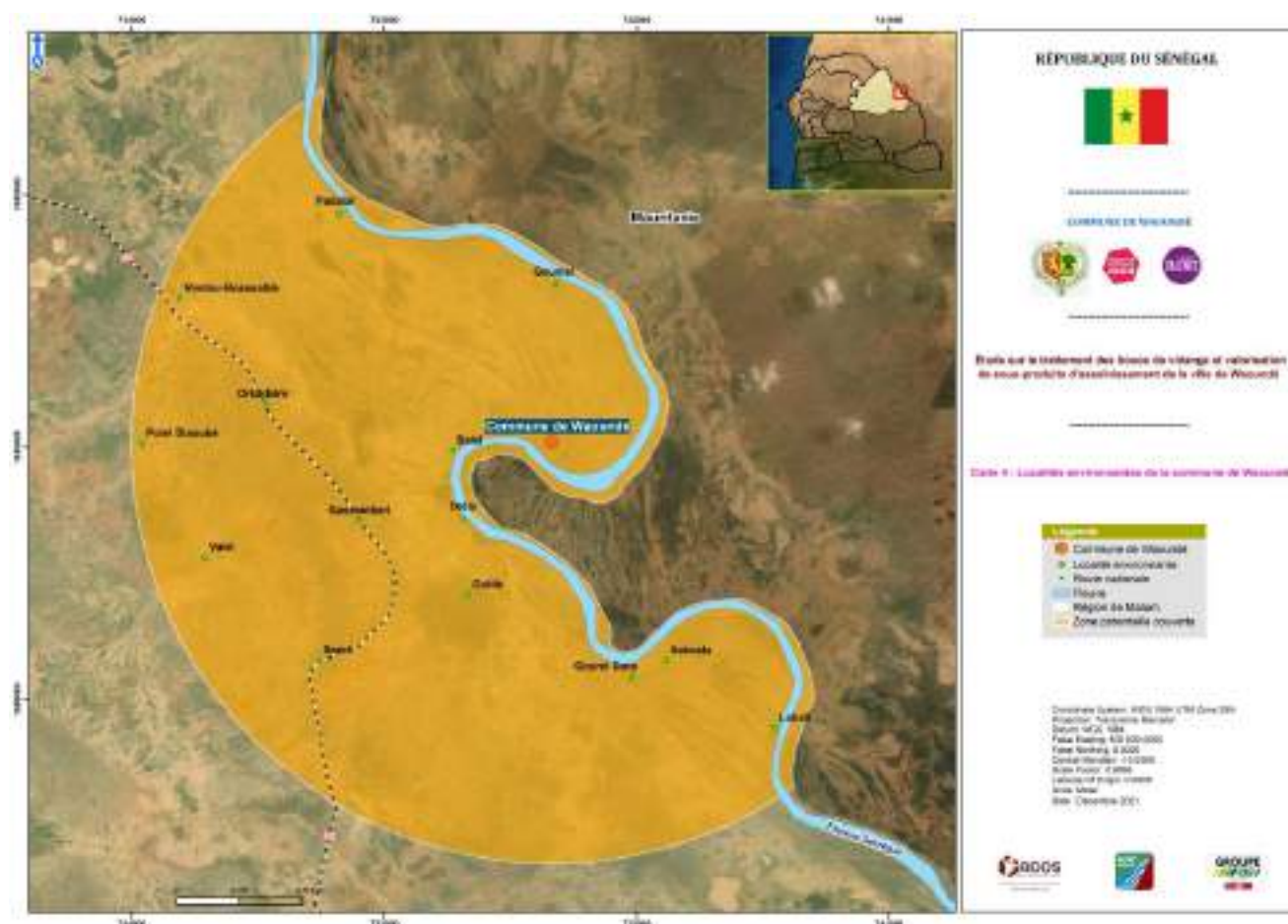


Figure 13 : Localités environnantes de Waoundé

Avant l'horizon 2040 et la saturation éventuelle de la station, les retours d'expérience permettront de faire les ajustements nécessaires (ajouter des filières de traitement à Waoundé ou réaliser des stations de traitement dans d'autres localités environnantes).

4.1.2 Charges polluantes pour les boues de vidange

Des analyses de boues ont été effectuées dans le cadre de projets d'assainissement au Sénégal. Parmi les rapports et publications donnant des résultats d'analyses de boues de vidange au Sénégal, on peut noter :

- ◆ **Source 1** : Caractéristiques moyennes des boues de vidange à Dakar, ONAS, 2006 ;
- ◆ **Source 2** : Études techniques détaillées sur les déposantes des boues de vidange de Dakar, APD définitive, 2002, GWK ;
- ◆ **Source 3** : Gestion des boues de vidange, Optimisation de la filière, Actes du symposium international sur la GBV, EAWAG, 2009 ;
- ◆ **Source 4** : Analyses de boues pour les villes de Sédhiou, Kaffrine et Thiès.

Les paramètres essentiels considérés sont les suivants : Demande Chimique en Oxygène (DCO), Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅), Matières Sèches (MS), Matières en Suspension (MES), Azote total, Œufs d'helminthes (OH) et Coliformes fécaux.

Le tableau ci-dessous donne les charges de pollution à retenir dans le cadre de ce projet. Les valeurs retenues sont du côté de la sécurité.

Tableau 17 : Moyenne retenue pour les paramètres essentiels des charges de pollution

Paramètres	Unités	Valeurs proposées
Matières en suspension (MES)	mg/l	2 500
Matières sèches (MS)	mg/l	7 000
Ntotal (mg/l)	mg/l N	600
DCO	mg/l O ₂	4 500
DBO ₅	mg/l O ₂	2 200
Coliformes fécaux (CF)	u/100 ml	3.60 10 ⁶
Œufs d'Helminthes (OH)	œuf/l	9 000

4.2 NORMES DE REJET

Les normes de rejet des eaux résiduaires dans le milieu récepteur ont pour objectif principal de fixer, en plus des conditions de rejet des eaux usées traitées, les valeurs limites de rejets (VLR), qui sont en fait les valeurs limites des principaux paramètres indicateurs de la pollution dont le non-respect entraîne une dégradation de la qualité des milieux récepteurs. Ces valeurs peuvent être générales ou spécifiques à certaines activités.

4.2.1 Normes sénégalaises

Les Normes Sénégalaises NS 05-061 fixent les valeurs limites des paramètres de qualité à respecter pour le rejet de tous types d'eaux usées dans les milieux récepteurs. La qualité minimale requise pour le raccordement d'un effluent industriel ou autres, sur le réseau d'assainissement collectif, est aussi fixée par les normes NS 05-061.

Tableau 18 : Paramètres limites à respecter pour le rejet d'effluents en fonction du milieu récepteur (Normes Sénégalaises NS 05-061)

Paramètre	Différents milieux récepteurs	Milieux récepteurs spécialement protégés	Raccordement à un réseau collectif
Température			30 °C
pH			6 – 9
DCO (effluent non décanté)	200 mg/l	90	2000 mg/l
MES totale	40 mg/l	30	600 mg/l
DBO ₅ (effluent non décanté)	50 mg/l	20	800 mg/l
Azote total	20 mg/l	10	150 mg/l
Phosphore total	10 mg/l	5	50 mg/l

Hydrocarbures totaux	50 mg/l	20	50 mg/l
Fluor et composés fluorés	100 mg/l	20	100 mg/l
Chrome et composés en Cr ^{III}	1 mg/l	0.5	1
Cuivre et composés en Cu	1 mg/l	0.5	1
Arsenic et composés en As	1 mg/l	0.5	1
Chrome hexa valent	0.2 mg/l	0.2	0.2
Cyanures	1 mg/l	0.5	1
Coliformes Fécaux	par 100 ml	2000	2000
Streptocoques fécaux	par 100 ml	1000	1000
Salmonelles	Par 5000 ml	absence	absence
Vibrions cholériques	Par 5000 ml	absence	absence

4.2.2 Recommandations de l'OMS pour la réutilisation des eaux usées épurées

Les recommandations pour une utilisation sans risques des eaux usées traitées à des fins agricoles, publiées par l'OMS en 1989, abordent l'aspect de la qualité microbiologique des eaux en termes de teneurs en coliformes et œufs de nématodes intestinaux. On y distingue deux catégories d'utilisation des eaux usées pour lesquelles les standards de qualité sont différents. Dans la première catégorie on classe l'irrigation de cultures dont les produits sont susceptibles d'être consommés crus ainsi que l'arrosage des parcs publics et des terrains de sport. La deuxième catégorie concerne l'irrigation d'arbres, de pâturages, de céréales, d'arbres fruitiers et de cultures industrielles.

Les exigences assez strictes en ce qui concerne les œufs de nématodes intestinaux sont destinées à protéger la santé des consommateurs, des produits agricoles et des agriculteurs. Elles nécessitent un haut degré d'élimination des œufs de nématodes lors du traitement des eaux usées (>99%). Les exigences sur la teneur en coliformes semblent se référer aux standards européens de qualité des eaux de baignade qui fixent cette teneur à la valeur maximale de 2000 par 100 ml.

Tableau 19 : Recommandations relatives à la qualité microbiologique pour l'utilisation des eaux usées en agriculture (OMS, 1989)⁹

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux ^b (moyenne arithmétique du nombre d'œufs viables par litre)	Coliformes fécaux (moyenne géométrique par 100 ml)	Traitement des eaux usées devant permettre d'atteindre la qualité microbiologique requise
A	Irrigation des	Travailleurs,	≤ 1	1000 ^d	Passage par une série de

⁹ a Il convient dans certains cas d'adapter ces directives pour tenir compte des facteurs environnementaux, socioculturels et épidémiologiques locaux.

^b Ascaris, Trichuris et ankylostomes.

^c durant la période d'irrigation.

^d S'agissant de produits comestibles toujours consommés bien cuits, cette recommandation peut être assouplie.

^e Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette, et aucun fruit tombé ne doit être ramassé. Il convient de ne pas utiliser l'irrigation par aspersion.

	cultures susceptibles d'être consommées crues, des terrains de sport ou des parcs publics	consommateurs, public			bassins de stabilisation conçus pour atteindre la qualité microbiologique indiquée ou traitement équivalent.
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles ou fourragères, des pâturages et des arbres fruitiers	Travailleurs	≤ 1	Aucune norme recommandée	Retenue en bassins de stabilisation pendant 8 à 10 jours ou traitement équivalent : élimination des helminthes et des coliformes fécaux.
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, en l'absence d'exposition des travailleurs et du public.	Aucun	Sans objet	Sans objet	Prétraitement dicté uniquement par la technologie d'irrigation, sous réserve qu'il soit au minimum équivalent à la décantation primaire.

4.3 POTENTIEL DE RÉUTILISATION

Waoundé n'a pas d'industrie, l'agriculture y est l'activité dominante. Les zones de cultures sont situées dans les bas-fonds ainsi que le long de la rive gauche du Fleuve Sénégal. Les exploitations sont de type familial et suivant les saisons, on alterne entre cultures de décrue, cultures irriguées et cultures sous pluies.

Par ailleurs le maraîchage est en train de se développer avec les champs collectifs des associations féminines. Les produits agricoles sont en grande partie autoconsommés. Une partie des récoltes est écoulé au niveau des marchés environnants (Orkadiéré, Kanel, ...).

Ainsi la valorisation des boues de vidange demeure un maillon important dans les efforts de valorisation de la chaîne de service de l'assainissement. A cet effet, la réutilisation des sous-produits du traitement dans l'agriculture peut remplir plusieurs fonctions pour la commune : fonctions alimentaires (contribution à l'approvisionnement du marché), économiques (création de valeur et d'emplois), environnementales, etc. et peuvent être une véritable ressource. Les bio-solides peuvent remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux et contribuer à améliorer les sols. Les eaux traitées peuvent être réutilisées pour l'arrosage des plans de culture à l'intérieur et autour de la station.

Cependant, Il faudrait évaluer le degré d'acceptabilité de ces sous-produits par les agriculteurs et maraîchers. Des actions de marketing et de sensibilisation sociale pourront être conduites pour une meilleure acceptabilité de ces dérivés des boues de vidange. Ces dernières doivent être traitées de manière à réduire de manière significative les risques sanitaires liés à leur utilisation.

Dans le cadre de ce marketing, il conviendra cependant de souligner à l'endroit des potentiels utilisateurs que le compost n'est pas un engrais mais un complément à l'amendement qui permet de conserver l'humidité des sols, d'améliorer leur structure, de lutter contre l'érosion, d'augmenter le contenu organique des sols, de mieux fixer les engrais (azote, phosphore, potasse) apportés. L'ajout de compost devrait donc être particulièrement adapté au contexte local puisqu'il permet de structurer les sols et de lutter contre l'érosion. Il permet d'envisager un maintien de fertilité des zones exploitées et une économie des engrais utilisés.

Nord de la ville. Il est contigu au centre de tri et de valorisation des déchets solides. Le site est actuellement occupé par quelques arbustes à épines végétation caractéristique de la zone.



Photo 5 : Vue de l'environnement du site

Il est idéalement situé dans une zone plate à proximité du centre de tri et de valorisation des déchets solides et des rizières de la partie Nord de la ville.



Photo 6 : Vue de la décharge et de la rizière

Il est situé à 1.10 km à vol d'oiseau des dernières habitations de la ville. Il est accessible à partir de la route principale de Waoundé par un sentier long de 600 m environ.



Photo 7 : Vue de la piste d'accès

La carte suivante donne la position du site dans son environnement immédiat.

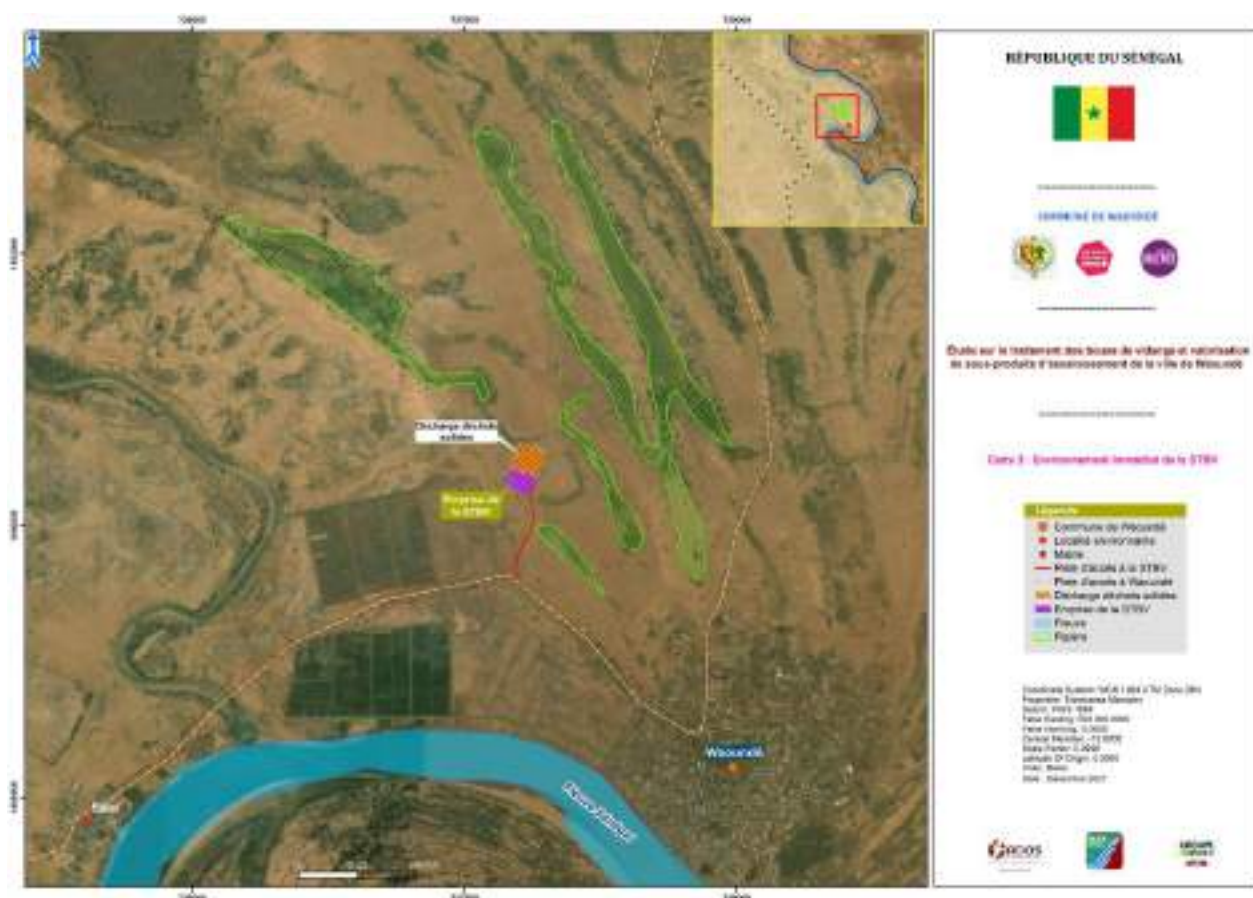


Figure 15 : Environnement immédiat de la STBV

4.5 DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

4.5.1 Introduction

Afin de disposer de données topographiques nécessaires aux études techniques détaillées, une campagne de levés topographiques a été menée. Cette campagne a concerné l'ensemble du site de la station de traitement des boues de vidange ainsi que le piste d'accès à la STBV et la rizièrè faisant objet d'exutoire.

Elle s'est articulée autour des principales étapes suivantes :

- ◆ L'identification de la borne IGN B024 située à la Mairie de Waoundé cf. fiche signalétique et les coordonnées géodésiques X, Y et Z
- ◆ Le levé topographique de la piste d'accès Gassamberi- Waoundé et des ouvrages y afférents
- ◆ Le levé topographique des ouvrages de la station de traitement des boues de vidange et du dépôt d'ordure.

4.5.2 Matérialisation de la polygonale primaire

L'élaboration de la polygonale de base a été initiée par la matérialisation des repères topographiques GPS Différentiel Viva GS08 de type Leica.

Les bornes repères mises en place sont en béton coulé sur place. Les bornes implantées sont principalement de forme cylindrique avec 10 cm de diamètre et 30 cm de profondeur.

Le tableau suivant donne les bornes.

Tableau 20 : Bornes de repère topographique

N° Bornes	Abscisses	Ordonnées	Altitudes	Observation
B024	728923.017	1689564.904	18.627	Borne IGN
B1	728087.695	1689976.474	18.454	Polygonale
B2	727203.102	1690093.970	18.116	Polygonale
B3	726379.418	1689709.998	19.118	Polygonale
B4	726223.667	1689562.683	21.091	Polygonale
B5	724648.144	1688489.740	17.660	Polygonale
B6	724175.997	1687989.124	18.289	Polygonale
B7	723358.947	1687776.795	17.917	Polygonale
B8	721925.647	1686685.442	23.510	Polygonale

4.5.3 Observations GPS

Le système GPS est la méthode utilisée pour établir les coordonnées tridimensionnelles de tout point sur le globe. Les observations ont été faites par un récepteur GPS Différentiel Viva GS08 de

type Leica. Quatre satellites sont nécessaires au minimum pour avoir une coordonnée en X, Y et Z.

4.5.4 Point de rattachement planimétrique

Un point géodésique connu en coordonnées est suffisant pour un point de calage de la zone d'étude en système de coordonnées WGS84. Le point de rattachement utilisé se situe à l'intérieur de la Mairie de Waoundé fournie par la DTGC (Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques du SENEGAL).

Ci-dessous les coordonnées géographiques de la borne :


REPUBLIQUE DU SENEGAL
B024

Waoundé
Fiche signalétique

RESEAU DE REFERENCE DU SENEGAL DU DEUXIEME ORDRE (RRS2)

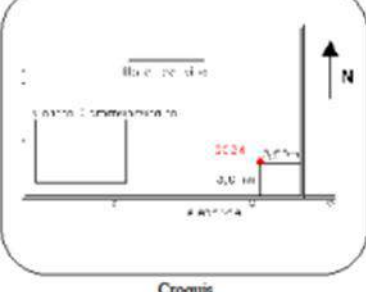
Coordonnées géographiques WGS84	Latitude 15° 16' 20.2433"	Longitude -12° 52' 06.0098"	Hauteur Ellipsoïdale 51,315
Coordonnées cartésiennes ITRF2000 (2004.5)	X (m) 5 999 800,946	Y (m) -1 370 648,638	Z (m) 1 669 197,274
Coordonnées planes UTM 28	EST (m) 728 923,017	NORD (m) 1 689 564,904	Altitude IGN (m) 18,627

Description: Waoundé, borne béton dans l'angle Sud Est de l'enceinte de l'Hôtel de Ville



Cartographie 1:200.000 : Selibabi





Croquis

OBSERVATION Mars 2008

Logiciel de calcul : Bernes Software v 5.0
 Temps d'observation : 5h 11m
 Cadence : 30 s
 Ecart type planimétrique : < 1,0 cm
 Ecart type altimétrique : < 1,5 cm
 Date des mesures : 10/03/08

Matérialisation: Repère en acier inox scellé sur borne

Date de pose: février 2008

Figure 16 : Fiche signalétique de la borne IGN B024

4.6 DONNÉES GÉOTECHNIQUES

4.6.1 Introduction

Les études géotechniques prévues dans le cadre du présent projet ont pour objectifs de :

- ◆ définir la lithologie du sol sous les structures projetées ;
- ◆ déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques du sol ;
- ◆ déterminer les niveaux d'assises des fondations ainsi que la capacité portante du sol ;
- ◆ donner les recommandations particulières pour l'exécution des fondations ainsi que quelques dispositions constructives particulières.

4.6.2 Consistance des études géotechniques

Des sondages géotechniques sont réalisés au niveau des sites devant abriter :

- ◆ la station de traitement des boues de vidange (STBV) ;
- ◆ Au niveau des potentiels sites d'emprunt.

Pour bien mener l'étude, il a été réalisé pour chacun des sites :

- ◆ Trois (03) sondages pénétrométriques pour apprécier l'homogénéité du site, la position et le pendage des horizons résistants ;
- ◆ Un (01) sondage à la tarière manuelle pour avoir la coupe lithologique des terrains et faire des prélèvements d'échantillon intact pour des fins d'essai au laboratoire.

Cette reconnaissance géotechnique, doit fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques et a pour objectif principal de :

- ◆ Déterminer la nature des sols en place ;
- ◆ Déterminer les profondeurs d'éventuelles arrivées d'eau ;
- ◆ Identifier les risques géotechniques liés au site et proposer des dispositions constructives ;
- ◆ Fournir un dossier de synthèse regroupant :
 - Les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet ;
 - L'analyse des possibilités de fondation à mettre en œuvre et le prédimensionnement (profondeur d'ancrage, capacité portante, etc.) pour les bâtiments RDC et les bâches à eau.
 - La détermination de la pente des talus pour les bassins de lagunage et la vérification de la stabilité ;
 - La recherche de sites d'emprunts.

Les essais d'identification en laboratoire sont réalisés avec des échantillons prélevés sur les sites. Ils sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Essais in situ réalisés

Sondages	Coordonnées GPS (UTM) X/Y	ID Sondage	Profondeur (ml/TN)	Echantillons pour laboratoire
Carotté	727844.65 1690748.32	STBV	2.70	1
	727841.53 1690440.59	Pistes d'accès	2.70	1

Groupement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange
technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définitif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définitif\Mémoire

Technique\Mémoire

	719224.61 1685139.05	Carrière latérite	2.70	2
	730176.38 1687688.08	Carrière sable village côtier	2.70	2

4.6.3 Principaux résultats obtenus

☐ Coupes lithologiques

Les investigations ont été poussées à 2.70 m de profondeur du site la STBV et des sites potentiels d'emprunt de sable et de latérite. La description visuelle et au toucher des échantillons du sondage carotté a permis de mettre en évidence les ensembles lithologiques suivants dont les épaisseurs sont exprimées par rapport à la tête du forage correspondant au niveau du terrain naturel au moment des forages.

Tableau 22 : Description visuelle des formations rencontrées

Sites	N° de Puits manuels	Profondeur (m)		Nature lithologique
Piste d'accès	PM1	0	0.05	Sable peu argileux brun avec des matières végétales
		0.05	2.7	Sable argileux bariolé compact avec des pépites de concrétions latéritiques
STBV	PM2	0	0.5	Sable peu argileux brun avec des matières végétales
		0.5	2.6	Sable argileux bariolé compact avec des pépites de concrétions latéritiques
Carrière de latérite Salamata	PM1	0.00	1.00	Sables et graves argileux à très silteux
Carrière de sable Salamata	PM2	0.00	1.00	Sables silteux peu argileux

Les résultats des essais de laboratoires effectués au niveau des sondages PM1 et PM2 montrent que nous sommes en présence de sable argileux bariolé compact avec des pépites de concrétions latéritiques compris entre 0,05 m et 2,70 m de profondeur avec un pourcentage de passant au tamis 80 µm de 56,14 au PM1 et 48,3 au PM2, un indice de plasticité de 14,5 au niveau du PM1 et 14,6 au PM2. Ces sables sont classés dans la catégorie des sols fins de classe A2 suivant la Classification GTR (**Norme NF p 11-300**).

Ces sols sont très cohérents et presque imperméables : s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lent et avec d'importants retraits ou gonflements.

Leur emploi en remblai n'est normalement pas envisagé mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vraie grandeur.

Les essais de cisaillement indiquent une cohésion moyenne de 15,87 kPa au PM1 et 13,89 kPa au niveau du PM2 et un angle de frottement interne moyen de 30,2 degrés au niveau du PM1 et 20,7 degrés au niveau du PM2.

Les valeurs de CBR indiquent différentes classes de portance, en effet, nous remarquons que le CBR des sols étudiés a une portance égale à 21,9 qui est inférieur à 30 et supérieur à 15, donc équivalent à la classe S4 comme le stipule le manuel de conception des structures de chaussée en pays tropicaux du CEBTP.

Les essais de perméabilité à l'œdomètre ont été réalisés sur les échantillons de sol ; nous avons :

- ♦ Au PM, une perméabilité moyenne K : 1.61982E-06 m/s
- ♦ Au PM2, une perméabilité moyenne K : 1.71955E-06 m/s

Les essais de gonflement réalisés sur un échantillon de sable argileux prélevés montrent que les sols en place ne présentent aucun risque de retrait-gonflement.

❑ Fondation des ouvrages

Au vu des ouvrages à construire et des formations lithologiques rencontrées, nous allons étudier la solution de fondation suivante :

- ♦ Fondation superficielle par semelle carrée isolée de dimension variant de 0.5 m de côté à 1.5 m sur les couches de sables ;
- ♦ Profondeur de base de la fondation variant de 0.5 m à 1.5 m / TA sur les couches de sables.

Les hypothèses de calcul ci-dessous ont été considérées :

- ♦ Type de fondation : semelle carrée isolée de dimension 1 m x 1 m x 1 m ;

Tableau 23 : Hypothèse de calcul des fondations

	PM1 piste	PM2 STBV
C (kPa)	15,87	13,89
φ (°)	30,2	20,7
γ (t/m ³)	1,8	1,8

- ♦ Les descentes de charge totales : Non communiquées.

A partir des hypothèses ci-dessus, le logiciel de calcul Geofond a été utilisé pour déterminer la capacité portante du sol.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats de ces calculs.

Tableau 24 : Estimation des contraintes admissibles pour PM2 site STBV

Pour une Largeur B de 0.50 m Capacité de Portance calculée suivant la méthode du DTU			
Encastrement D (m)	qref (kpa)	Capacité Portance (ELS) (MPa)	Capacité Portance (ELU) (MPa)
0.50	0.00	0.089	0.134
1.00	0.00	0.092	0.137
1.50	0.00	0.095	0.141
Pour une Largeur B de 1.00 m Capacité de Portance calculée suivant la méthode du DTU			
Encastrement D (m)	qref (kpa)	Capacité Portance (ELS) (MPa)	Capacité Portance (ELU) (MPa)
0.50	0.00	0.0898	0.134
1.00	0.00	0.0925	0.138
1.50	0.00	0.0952	0.141

Pour une Largeur B de 1.50 m Capacité de Portance calculée suivant la méthode du DTU			
Encastrement D (m)	qref (kpa)	Capacité Portance (ELS) (MPa)	Capacité Portance (ELU) (MPa)
0.50	0.00	0.0903	0.135
1.00	0.00	0.093	0.139
1.50	0.00	0.0957	0.142

Tableau 25 : Estimation des contraintes admissibles pour PM1 piste d'accès

Pour une Largeur B de 0.50 m Capacité de Portance calculée suivant la méthode du DTU			
Encastrement D (m)	qref (kpa)	Capacité Portance (ELS) (MPa)	Capacité Portance (ELU) (MPa)
0.50	0.00	0.203	0.304
1.00	0.00	0.209	0.313
1.50	0.00	0.215	0.322
Pour une Largeur B de 1.00 m Capacité de Portance calculée suivant la méthode du DTU			
Encastrement D (m)	qref (kpa)	Capacité Portance (ELS) (MPa)	Capacité Portance (ELU) (MPa)
0.50	0.00	0.205	0.307
1.00	0.00	0.211	0.316
1.50	0.00	0.218	0.325
Pour une Largeur B de 1.50 m Capacité de Portance calculée suivant la méthode du DTU			
Encastrement D (m)	qref (kpa)	Capacité Portance (ELS) (MPa)	Capacité Portance (ELU) (MPa)
0.50	0.00	0.207	0.311
1.00	0.00	0.214	0.320
1.50	0.00	0.220	0.329

☐ Stabilité des talus des bassins de lagunage

Comme toute étude de stabilité de pente, il s'agit dans ce projet, d'évaluer la pente optimale avec laquelle les forces ou moments favorables au glissement du terrain (renversant la pente) et les forces ou moments stabilisants se compenseront. Leur rapport donne le coefficient de sécurité. Ce coefficient de sécurité doit être suffisamment grand, au moins strictement supérieur à 1 pour espérer une stabilité théorique du terrain.

Il existe différentes méthodes de calcul notamment la méthode de BISHOP, la méthode de Fellenius et le calcul à la rupture. La présente vérification sera faite par la méthode de BISHOP qui consiste en la détermination du facteur F, évaluant le rapport entre les efforts stabilisants et ceux renversant. Les pentes stabilisantes à retenir sont celles qui donnent un facteur supérieur à 1. Après simulation, nous proposons une pente de 1/1.

☐ Emprunt de sable

Des emprunts de sable ont été prospectés et un emprunt situant à Salamata et dans le village côtier respectivement à environs 10.50 km et 5 Km du site de la STBV. Toutefois la carrière appelée Côtier près du fleuve n'est plus exploitée à cause de l'avancée du fleuve.

Ces sites ont fait l'objet de sondages et de prélèvements d'échantillons pour des essais d'identification et mécaniques. La description visuelle desdits sondages est ci-après donnée :

Tableau 26 : Description visuelle des formations rencontrées

Sondage	Coordonnées	Profondeur (m)	Description lithologique
PM2 Salamata	719224.61 1685139.05	0.00 – 1.00	Sables silteux peu argileux
PM2 Côtier	730176.38 1687688.08	0.00 – 1.00	Sables silteux peu argileux

❑ Recherche et étude de carrières de roche massive

La carrière de latérite de Salamata située à environ 10 km du site du projet. La profondeur de la latérite varie entre 0.00 et 1,50 m.

Les essais de laboratoires effectués mettent en évidence des sols graveleux de classe B6.

Le pourcentage de passant au tamis 80µm varie entre 20,7% et 21,6 % et un indice de plasticité variant entre 11,7% et 12,0%. Nous sommes en présence de sol moyennement plastique.

Les valeurs de CBR indiquent différentes classes de portance, en effet, nous remarquons que le CBR des sols étudiés a une portance égale à 61,6 qui est supérieur à 40, donc équivalent à la classe S0 comme le stipule le manuel de conception des structures de chaussée en pays tropicaux du CEBTP. Les latérites ont une très bonne portance.

4.7 TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

4.7.1 Procédé de traitement retenue

Le procédé de traitement retenu pour les boues de vidange est la technologie des lits de séchage plantés. La station aura une capacité de **20 m³/j** réparti sur deux (02) filières de 10 m³/j chacune.

Le système comprend :

- ◆ **Un prétraitement** avec pour chaque filière :
 - Un ouvrage de réception des boues ;
 - Un canal muni d'un dispositif de dégrillage ;
 - Un système d'alimentation et de répartition des boues sur les lits de séchage.
- ◆ **Une séparation liquide/solide** : des lits de séchage organisés en filière ;
- ◆ **Un traitement de la fraction liquide** : bassin de lagunage naturel ;
- ◆ **Un traitement de la fraction solide avec** :
 - Une aire de séchage naturel ;
 - Un hangar pour la conservation des boues séchées.

Chaque filière comporte :

- ◆ un ouvrage de réception des boues ;
- ◆ un canal équipé d'une grille d'un entrefer de 15 mm ;

- un canal de répartition des boues sur les lits de séchage au moyen de batardeaux et vannes murale

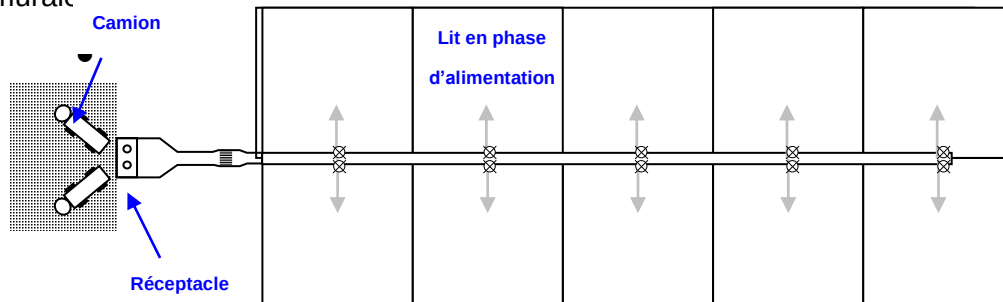


Figure 17 : Schéma du système d'alimentation des lits

4.7.2 Débits et charges de dimensionnement

Le tableau suivant résume les principaux paramètres pris en compte pour le dimensionnement des ouvrages et équipements de la station des boues de vidange.

Tableau 27 : Moyenne retenue pour les paramètres principaux pour les boues de vidange

Paramètres	Unités	Valeurs proposées
Débit	m ³ /j	20
Matières en suspension (MES)	mg/l	2 500
Matières sèches (MS)	mg/l	7 000
Ntotal (mg/l)	mg/l N	600
DCO	mg/l O ₂	4 500
DBO ₅	mg/l O ₂	2 200
Coliformes fécaux (CF)	u/100 ml	3.60 10 ⁶
Œufs d'Helminthes (OH)	œuf/l	9 000

4.7.3 Niveau de traitement escompté

☐ Fraction liquide

La réutilisation de l'eau traitée peut s'avérer opportune pour la commune de Waoundé car la pluviométrie y est peu abondante. Le niveau de traitement requis pour la fraction liquide sera d'un niveau compatible avec un rejet dans le milieu naturel (bas-fonds à proximité du site) ou pour une réutilisation (arrosage des zones agricoles ou des espaces verts à créer dans la station), le cas échéant.

☐ Fraction liquide à l'entrée et à la sortie des lits de séchage

Comme rappelé plus haut, les lits simples non-plantés permettent de retenir respectivement 95% et 75 % des matières en suspension et la charge organique. D'après la littérature, l'efficacité des lits de séchage plantés sur l'élimination des œufs d'helminthe peut atteindre 100%.

Tableau 28 : Performance sur la fraction liquide

Paramètres	Unités	Boues brutes	Lits de séchage simples non-plantés		
			Concentration en entrée	Taux ¹⁰ d'abattement	Concentration à la sortie
Débit	m ³ /j	20	20	20%	16
MS	mg/l	7 000	7 000	95%	350
DBO	mg/l	2 200	2 200	75%	550
DCO	mg/l	4 500	4 500	90%	455
NTK	mg/l	600	600	50%	300
Coliformes fécaux	CF/100 ml	3.60.10 ⁶	3.60.10 ⁶	10 ⁻²	3.6.10 ⁴
Œufs d'helminthe	O.helm/ml	9000	9000	99%	90

La qualité de l'effluent final des boues traitées peut être influencée en particulier, par la concentration en DCO qui peut dépasser les normes habituelles pour les eaux usées traitées. Ceci découle du fait de la forte teneur en matière oxydable résultant de la matière organique dans les fosses septiques. Ainsi dans notre cas le rapport DCO/DBO est égale à 2.04 relativement proche aux ratios DCO/DBO des eaux usées domestiques.

❑ Fraction solide

Les biosolides produits sous forme de boues séchées sont très intéressants pour une réutilisation agricole et maraîchère. Le niveau de traitement requis pour les biosolides sera ainsi compatible avec les normes OMS en la matière : les pathogènes sont en grande proportion détruits, pour une valeur atteinte proche de 1 œuf d'helminthe / g MS. Un stockage complémentaire pourra permettre une désinfection des biosolides permettant la réutilisation agricole (valeur guide de 1 œuf d'helminthe / g MS recommandées par l'OMS¹¹). Le stockage à cette fin, sera effectué au niveau du hangar prévu à cet effet.

❑ Fraction liquide à l'entrée et à la sortie des lagunes

Les bassins de lagunage sont conçus pour un abattement supplémentaire par temps sec de la charge organique biodégradable (DBO₅). Leur surface relativement importante permet d'avoir une bonne décantation des matières en suspension et un abattement supplémentaire de la pollution bactérienne (désinfection) supérieur à 90%.

¹⁰ Source : Koottatep 2004 et hypothèse du Consultant.

¹¹OMS, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water – Volume 2 : Wastewater and excreta use in agriculture. Organisation Mondiale de la Santé. Genève, Suisse.

Tableau 29 : Performances du lagunage sur la fraction liquide

Paramètres	Unité	Percolât en entrée des lagunes	Rendement	Percolât à la sortie des lagunes
MS	mg/l	350	93%	25
DBO	mg/l	550	91%	50

4.7.4 Dimensionnement et description détaillé de l'ouvrage de réception

4.7.4.1 Principe

La filière débutera par un ouvrage de réception des boues, aménagé de manière à permettre le déversement par les camions de vidange.

Cet ouvrage sera facilement accessible aux camions de vidange et sera aménagé de manière à ce que les boues ne soient pas en dehors de l'ouvrage.

Ce dernier consistera en un bassin rectangulaire avec un fond incliné permettant un écoulement des boues vers le canal conduisant au dégrillage. L'inclinaison du fond permettra d'éviter la stagnation trop longue des boues et en conséquence les dépôts de sédiments.

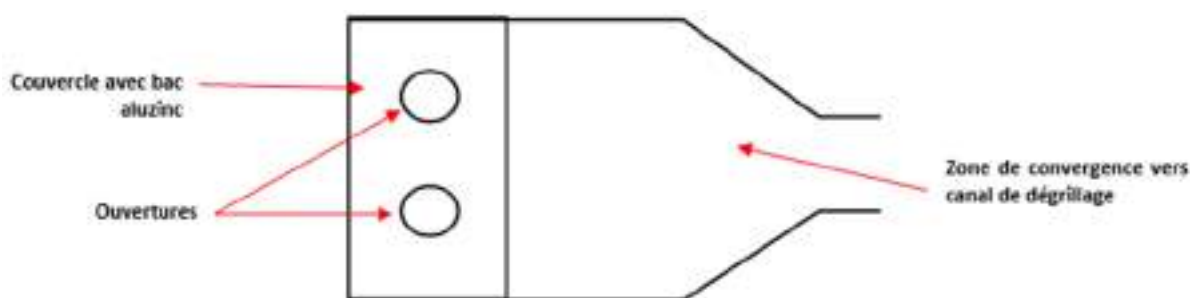


Figure 18 : Schéma illustratif de l'ouvrage de réception

4.7.4.2 Dimensionnement

La taille du bassin de réception des boues doit être suffisante pour contenir les boues déversées au début de la vidange des camions avec des débits très forts (pour prendre en compte les déversements par refoulement) et éviter les débordements de la vague des boues déversées. Le bassin doit aussi avoir une taille suffisamment réduite afin d'éviter la stagnation des boues dans le bassin. Cette stagnation pourrait engendrer des dépôts de matières solides.

On considérera, avec l'expérience sur des stations existantes qu'un jet de boues sortant du camion a :

- ◆ une longueur $L = 1.80$ m ;
- ◆ une hauteur $h = 0.80$ m ;
- ◆ une vitesse maximale $V_m = 4$ m/s.

Ainsi, 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.

Tableau 30 : Dimensions de l'ouvrage de réception

Désignation	Paramètres	Valeurs (m)
Largeur du bassin	Bb	2.20
Largeur du canal	Bc	0.50
Longueur du bassin	L ₁	3.50
Longueur zone convergent au canal	L ₂	1.5
Hauteur	H	0.80

4.7.4.3 Dispositions constructives

L'ouvrage sera réalisé en béton armé avec une épaisseur de 15 cm pour les parois et le radier. Le fond de l'ouvrage sera incliné de 1% pour permettre l'écoulement des eaux. De même une pente assez raide sera réalisée par une chape en béton des parois vers le fond afin d'éviter les dépôts. L'ouvrage sera recouvert d'un bac en aluzinc recouvert d'une couche antirouille avec deux ouvertures permettant son utilisation simultanée par deux camions. L'ouvrage sera exécuté de façon à permettre un écoulement gravitaire vers les ouvrages suivants tout en réduisant les volumes morts.

4.7.5 Canal de dégrillage et grille manuelle

4.7.5.1 Principe

Le canal de dégrillage envoie les boues de l'ouvrage de réception au canal de répartition. Il s'agit d'un ouvrage de section trapézoïdale dans lequel est installée une grille manuelle pour la rétention des objets grossiers.

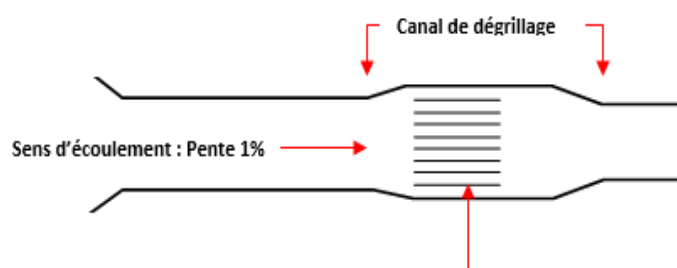


Figure 19 : Schéma illustratif du canal de dégrillage

4.7.5.2 Dimensionnement

Le canal est dimensionné avec le débit maximal afin d'éviter les débordements. Le débit maximal est estimé en admettant un jet des boues sortant du camion par un tuyau de 150 mm de diamètre avec une vitesse maximale de 4 m/s.

Le débit étant très faible à la fin de la vague, les dépôts de matières solides au fond de l'ouvrage sont inévitables. Cependant, un effet d'auto-lavage peut se produire à chaque nouvelle vague d'alimentation.

Le canal est dimensionné avec la formule : $Q = V \times S$

Avec :

V la vitesse ;

S la section.

Tableau 31 : Dimensionnement du canal de dégrillage

Données de base	Paramètres	Valeurs	Observations
Vitesse maximale à la sortie du camion	$V_{\max_cam}$ (m/s)	4	Hypothèse
Diamètre d'ouverture de décharge du camion	D (mm)	150	Hypothèse
Débit maximal sortant maximal (pour deux camions dépotant simultanément)	$Q_{\max}$ (l/s)	142	Calculé
Dimensionnement canal			
Section mouillée	S_m (m²)	0.04	Calculé
Largeur du fond	B (m)	0.50	Retenue
Hauteur de boues coulantes maximale	$H_{\max}$ (m)	0.07	Calculé
Hauteur totale du canal	H (m)	0.8	Retenue

4.7.5.3 Dispositions constructives

Le canal de dégrillage est formé de trois (03) parties :

- ♦ une partie divergente située en amont de la grille dans le sens de l'écoulement des boues. La largeur du fond du canal passe de 0.50 m à 0.80 m ;
- ♦ une partie régulière dans laquelle est installée la grille. La largeur du fond du canal est de 0.80 m pour une largeur en gueule de 1.00 m. Cet élargissement vise à éviter le débordement des boues dû au freinage de l'écoulement par la grille et les refus avant leur évacuation ;
- ♦ une partie convergente à l'aval de la grille. La largeur du fond du canal passe de 0.80m à 0.50 m.

L'épaisseur du béton sera de 15 cm pour toutes les parois. Le radier aura aussi une épaisseur de 15 cm en béton légèrement armé par treillis soudé et reposera sur une couche d'un béton de propreté de 10 cm et sera incliné de 1%. Le béton sera étanchéisé par un adjuvant adéquat.

La hauteur sera la même que celle de l'ouvrage de réception c'est-à-dire $h = 0.80$ m sur toutes les parties.

Le dégrilleur choisi est un dégrilleur manuel constitué par une simple grille en acier galvanisé ou inox posée à travers le canal transportant les boues. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- ♦ Épaisseur des barreaux (mm) : 8 mm ;

- ◆ Espacement des barreaux (mm) : 10 mm ;
- ◆ Angle par rapport à l'horizontale : 60°.

Il sera placé sur des rainures de 5 cm de profondeur pratiquées sur les parois du canal.

4.7.6 Canal de répartition

La distribution aux différents lits s'effectue par un caniveau latéral, de façon à assurer une bonne distribution des boues tout en évitant le colmatage. L'arrivée au niveau de chaque lit sera munie d'une vanne de type batardeau qui permettra une alimentation alternative des lits. Le canal sera calé de telle sorte que l'entrée dans chaque lit permette une hauteur utile d'accumulation des boues équivalente à celle calculée. Il est calé à une pente de 1% pour éviter les dépôts.

Il est de section trapézoïdale de largeur de fond 50 cm, de largeur en gueule 80 cm et de profondeur 80 cm. Il est à ciel ouvert et est réalisé en béton avec une épaisseur de 15 cm pour les parois et le radier.

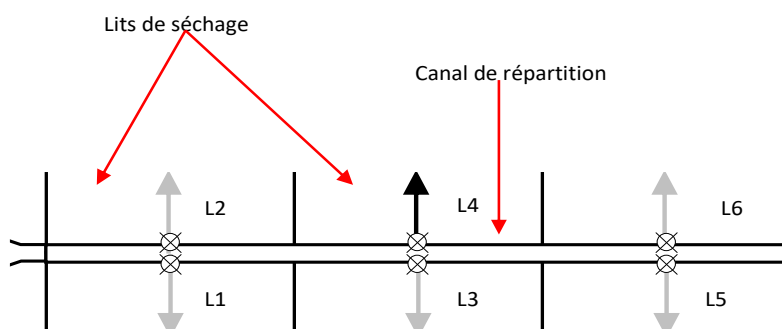


Figure 20 : Schéma illustratif du canal de répartition

Il est muni de vannes à batardeau pour permettre une alimentation alternative des lits.

4.7.7 Séparation liquide-solide

4.7.7.1 Principe

La séparation liquide-solide est réalisée par des lits de séchage non plantés. Un lit de séchage non planté est un lit simple et perméable qui, une fois chargé avec la boue, draine la partie liquide et permet à la boue de sécher par évaporation.

Le fond du lit de séchage est garni de conduites perforées qui drainent le percolât. Au-dessus une couche de sable et de gravier reçoit les boues et permet au liquide d'infiltrer dans le drain.

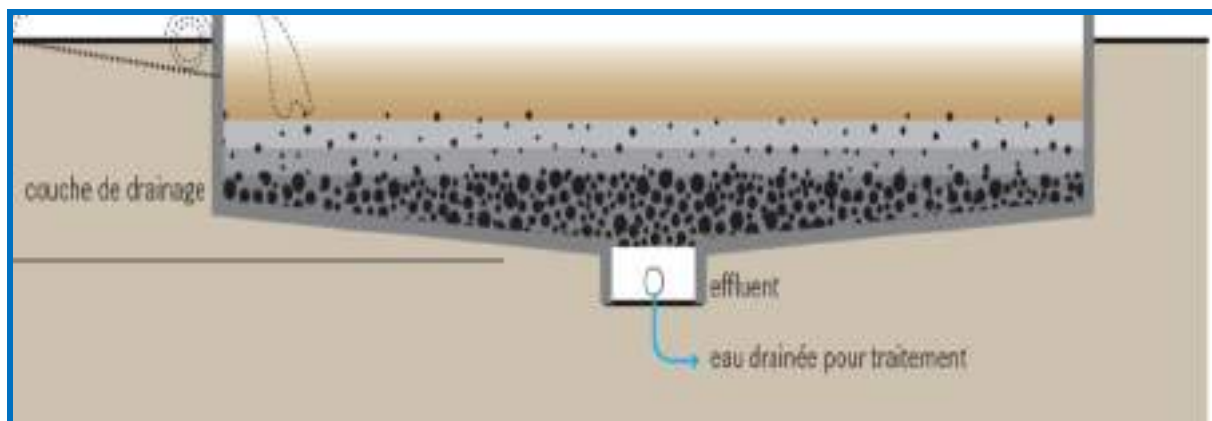


Figure 21 : Schéma de fonctionnement d'un lit de séchage simple non-planté

4.7.7.2 Dimensionnement

D'après des résultats expérimentaux enregistrés au Sénégal, cités par SANDEC, la charge maximale admissible des lits de séchage est comprise entre 100 et 250 kg de MS par mètre carré de lit et par an. Ces valeurs tiennent compte d'une durée de séchage de 15 jours.

Une charge admissible de 120 kgMS/m²/an sera considérée.

Les dimensions des lits de séchage sont déterminées par les paramètres suivants :

- la remise à disposition d'un lit après remplissage dépend du temps passé par les ouvriers pour effectuer le raclage des boues séchées, lui-même fonction de la surface du lit. La surface optimale d'un lit correspond donc à une minimisation des besoins en main-d'œuvre et des coûts de construction induits ;
- la forme d'un lit est généralement rectangulaire de façon à permettre une percolation facile du liquide à travers le filtre vers le drain. Les boues sont en effet suffisamment liquides pour qu'une répartition homogène soit possible indépendamment de la forme du lit.

Suivant ces paramètres, il sera adopté des lits de dimensions 8 m x 8 m.

Le dimensionnement des lits de séchage donne les résultats suivants :

Tableau 32 : Dimensionnement des lits de séchage simples non-plantés

Paramètres	Observations	Valeurs	Unités
Débit des boues : Q _b		20	m ³ /j
Charge admissible de MS choisie : C _{MS}	Choisie	120	kgMS/m ² /an
Concentration en MS : Con _{MS}		7000	mgMS/l
Charge totale annuelle en MS : C _T	$C_T = Q_b \times Con_{MS}$	51 100	Kg MS/an
Surface totale de lits nécessaires : S _T	$S_T = \frac{C_T}{\rho}$	425	m ²
Surface d'un lit : S _L	Choisie	64	m ²

Groupeement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange
technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définitif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définitif\Mémoire

Technique\Mémoire

Nombre de lits calculés	$S_T = \frac{S_T}{c}$	7	Lits
Temps de séchage		17	jours
Epaisseur de boues déduites		0.80	cm
Nombre de lits de séchage retenu		8	lits
Epaisseur de boues		0.70	cm

❑ Vérification du nombre de lits par rapport aux volumes de boues

Si on considère :

- ◆ **01 jour** pour le chargement et le temps de percolation des boues ;
- ◆ **12 jours** de séchage, le climat de Waoundé permettant un séchage des boues pendant deux semaines ;
- ◆ **02 jours** pour l'évacuation des boues séchées pour la libération d'un lit.

Le temps total d'utilisation effectif d'un lit par cycle est de 17 jours.

En considérant ces paramètres, il est déterminé le nombre de fois qu'un lit de séchage peut être utilisé par an soit :

$$N_c = 365/17 = 21 \text{ cycles}$$

Dans ce cas :

- ◆ le nombre total de jours de fonctionnement effectif est de **17 jours en considérant 6 jours** de travail effectif par semaine ;
- ◆ le volume total de boues reçues à la station pendant cette période est **$V = 20 \times 17 = 340 \text{ m}^3$** ;
- ◆ la surface totale pour les 08 lits calculée est **$08 \times 64 = 512 \text{ m}^2$** ;
- ◆ l'épaisseur de boues est **$E = 340 / 512 = 0.66 \text{ m}$**

Les 08 lits calculés précédemment sont donc suffisants pour limiter la hauteur maximale des boues à 66 cm. Pour prendre en compte les périodes hivernales pendant lesquelles le temps de séchage est plus long l'épaisseur des boues sera portée à 70 cm ce qui permettra de disposer d'un lit de réserve.

4.7.7.3 Dispositions constructives

Au vu de ce qui précède, il est retenu :

- ◆ 08 lits de 64 m² de surface. La hauteur utile de chaque lit sera de 70 cm soit une hauteur totale de 90 cm en prenant une revanche de 20cm ;

Groupement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange
technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définitif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définitif\Mémoire

Technique\Mémoire

- ◆ 02 filières indépendantes de 04 lits chacune.

L'intérieur d'un lit comportera les strates suivantes du haut vers le bas :

- ◆ une capacité maximale d'accumulation de boues de 66 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 graviers moyens (5-15 mm) ;
- ◆ une couche de 40 cm d'épaisseur de graviers moyens (15-25 mm).

Les lits seront construits en béton armé avec un adjuvant étanche. Le radier aura une pente d'environ 0,6% pour permettre un écoulement du percolât vers la conduite de drainage.

Les eaux filtrées sont récupérées par un réseau de drains PVC Ø200 installés au fond du lit avec une pente de 5% en direction de l'exutoire.

4.7.8 Traitement de la fraction liquide

Le procédé de traitement retenue pour le percolât est le lagunage simple. Pour ce type de station de traitement, l'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. 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. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et 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 boues de vidange, 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 ou deux types dans notre cas, 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 bassin ("facultatif") permet l'abattement de l'azote et du phosphore, ainsi qu'une partie des charges carbonées et bactériologiques ;
- ◆ Le bassin ("maturation") affine le traitement bactériologique.

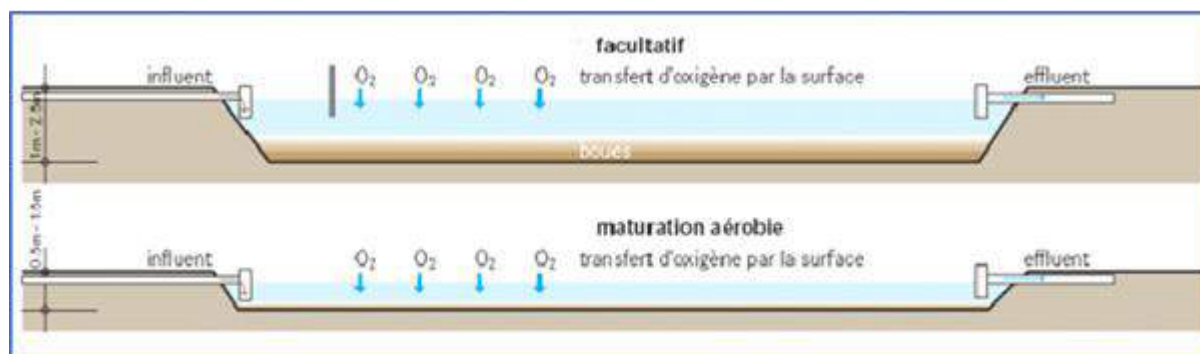


Figure 22 : Schéma de fonctionnement des STBV par lagunage naturel

4.7.8.1 Débit et charges de percolât

Le tableau ci-dessous présente les débit et charges du percolât issu des lits de séchage. Ces données sont déterminées sur la base des rendements obtenus dans des stations existantes. La part du volume initial de boues drainées par les lits dépend du type de boues, de l'évaporation nette et de la qualité du matériau drainant. Les essais pilotes ayant mesuré un débit de percolât représentant entre 70% et 80% du débit de boues brutes, la valeur maximale de 80% a été retenue.

Par ailleurs, d'après la littérature, l'efficacité des lits de séchage non plantés sur l'élimination des œufs d'helminthes atteint généralement 100%. Cependant, par sécurité, le rabattement des œufs d'helminthes à la sortie des lits a été fixé à 99% afin d'être du côté de la sécurité.

Tableau 33 : Débit et charges du percolât

Paramètres	Unités	Boues brutes	Lits de séchage plantés		
			Concentration en entrée	Taux d'abattement	Concentration à la sortie
Débit	m ³ /j	20	20	20%	16
MS	mg/l	7 000	7 000	95%	350
DBO	mg/l	2 200	2 200	75%	550
DCO	mg/l	4 500	4 500	90%	455
NTK	mg/l	600	600	50%	300
Coliformes fécaux	CF/100 ml	3.60.10 ⁶	3.60.10 ⁶	10 ⁻²	3.6.10 ⁴
Œufs d'helminthe	O.helm/ml	9000	9000	99%	90

Ainsi, le débit du percolât de la station de traitement de boues de vidange est de 16 m³/j.

4.7.8.2 Poste de relevage du percolât



Système de pompage

Pour envoyer le percolât vers les bassins de lagunage, un système de pompage sera mis en place. Une pompe submersible, facile d'utilisation est prévue. La pompe sera de type solaire. Le refoulement se fait de la bêche de pompage vers le bassin facultatif.



Bêche de pompage

La bêche de pompage reçoit les eaux en provenance des lits de séchage. Elle sera de section circulaire, en béton armé pour une épaisseur de voiles de 20 cm. La bêche aura un diamètre de 3.00 m et une profondeur utile de 3.00 m.



Choix de la pompe

Une pompe de 04 m³/h capable de vider la bêche en une quatre (04) maximum. Cette même pompe sera utilisée pour les besoins du rinçage des ouvrages grâce au robinet installé sur la conduite de refoulement. Les données de base de dimensionnement de la pompe sont les suivantes :

- o **Débit** : 4 m³/h ;
- o **Refoulement** : PVC DN 50 mm PN 10 de longueur 30 m ;
- o **HMT** : 20 m.

☐ **Commande du poste de pompage**

Le fonctionnement de la pompe sera géré par une armoire de commande et de protection manuelle.

L'armoire de commande sera installée dans une niche en béton armé y compris la toiture de longueur 2.50 m, de largeur 1.50 m et de hauteur 2 m. La niche sera fermée par une porte métallique. La toiture portera un débord de 30 cm.

4.7.8.3 Bassin facultatif

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) :

$$\lambda_s = 10 L_i Q / A_f$$

où : L_i = mg DBO/l de l'affluent à la sortie des bassins anaérobies.

Q = débit de l'affluent en m³/j

A_f = surface à mi-profondeur des lagunes facultatives en m²

La valeur admissible pour λ_s est fonction de la température T°. La température à considérer est la température moyenne du mois le plus froid de l'année soit 28 °C au mois de Janvier.

$$\lambda_s = 250 \times (1.085)^{(T-20)}$$

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).

Le tableau suivant donne les caractéristiques du bassin facultatif

Tableau 34 : Caractéristiques du bassin facultatif

Paramètres	Unité	Valeurs
Données d'entrée		
Débit Q	m ³ /j	16
Température T	°C	28.00
DBO5 entrant La	mg/l	550.00
λ_s	kg DBO/m ² .j	480

Dimensions		
Surface à mi-profondeur	m ²	183
Profondeur	m	1.50
Volume	m ³	275
Temps de séjour calculé	jours	17.18
Nombre de bassin en parallèle	unité	2.00
Volume d'un bassin	m ³	137
Volume retenu d'un bassin	m ³	150
Temps de séjour effectif	jours	18.8
Données de sortie		
Débit Q	m ³ /j	16
Taux d'abattement DBO	%	80%
Li	mg/l	110.00

Un bassin de volume 150 m³ soit 19 jours de temps de séjour est retenu par filière.

4.7.8.4 Bassins de maturation

Les bassins de maturation sont déterminés pour des charges résiduelles en bactéries et en œufs d'helminthes compatibles avec le type de réutilisation souhaité.

☐ **Abattement 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 :

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

Où: N_e = unités de coliformes fécaux par 100ml à la sortie de la station soit < 1000 unité / 100ml

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

n = nombre de bassins de maturation en série

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

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

☐ Abattement 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 :

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

Où : $\%_{oh}$ = Réduction du taux d'œufs d'helminthes

θ = temps de rétention, jours

Le tableau suivant donne les caractéristiques des bassins de maturation.

Tableau 35 : Caractéristiques des bassins de maturations

Paramètres	Unité	Valeurs
Données d'entrée		
Débit Q	m ³ /j	16
Na	u/100ml	3.60E+04
OH	O/ml	90
T	°C	28.00
Kt	j ⁻¹	10.46
Nombre n bassins en parallèle	unité	2.00
Temps de séjour dans les bassins de maturation	j	3.00
Temps de séjour total STBV	jours	18.75
Volume total	m ³	48

Nombre de bassins en parallèle	unité	2.00
Volume d'un bassin	m ³	24
Volume retenu d'un bassin	m ³	25
Temps de séjour effectif	jours	6.25
Données de sortie		
Débit Q	m ³ /j	16
Taux d'abattement CF	%	99.99%
Concentration CF	u/100ml	0.042
Taux d'abattement OH	%	99.77
Concentration OH	O/ml	0.20

Un bassin de maturation de volume **25 m³** est suffisant par filière pour atteindre un niveau de traitement permettant une réutilisation non restrictive des eaux traitée.

4.7.8.5 Récapitulatif des caractéristiques hydrauliques des bassins de lagunage

Le tableau suivant donne les caractéristiques hydrauliques des bassins de lagunage.

Tableau 36 : Caractéristiques hydrauliques des bassins de lagunage par filière

Bassins		Valeurs
Bassins facultatif	Nombre (unité)	2
	Volume de chaque bassin (m ³)	150
	Profondeur utile (m)	1.50
	Temps de séjour (jour)	19
Bassins de maturation	Nombre (unité)	2
	Volume de chaque bassin (m ³)	25
	Profondeur utile (m)	1.00
	Temps de séjour (jour)	6.25

4.7.8.6 Bassin de stockage

Afin de pouvoir utiliser les eaux traitées, il est nécessaire de pouvoir les stocker pendant un laps de temps nécessaire à l'arrosage. A cet effet, il sera réalisée une bache de volume **20 m³** correspondant à environ une journée de fonctionnement de la station.

Ainsi un champs de démonstration de 900 m² soit 0.090 ha sera aménagé dans l'enceinte de la STBV. Des cultures telles que les choux, les tomates, du piment.... etc. pourraient y être développées.

Le besoin journalier en eau sera estimé comme suit :

Tableau 37 : Calcul des besoins en eau total journalier

Choix de l'émetteur		
Désignation	Unité	Arrosage manuel
Dose au pic des besoins	m ³ /j/ha	88.48 ¹²
Nombre total d'ha	ha	0.090
Besoin total en eau	m ³ /j	8

Le champs de démonstration ne pourra utiliser que les 8 m³ d'eau traitée, toutefois les 12 m³ restant seront soit vendues ou offerts à d'autres maraichers ou rejetés à l'exutoire prévu à cet effet.

Ainsi la bêche de stockage sera à ciel ouvert en béton armé. Il sera muni d'un trop plein qui conduit les eaux usées traitées vers le canal émissaire qui sera l'exutoire finale des eaux traitées non réutilisées.

4.7.8.7 Aménagement des bassins de lagunage

☐ Talus

Compte tenu de la nature des sols, des digues homogènes avec les pentes de talus suivants sont retenus :

- ◆ Talus amont (intérieur) : 1/1 ;
- ◆ Talus aval (extérieur) : 1/1.

Le tableau suivant donne les différentes dimensions retenues pour les bassins de lagunage compte tenu de la pente de talus 1/1 choisi.

Tableau 38 : Dimensions des bassins de lagunage pour une filière

Désignation	Valeurs		
	Unité	Bassin facultatif	Bassin de maturation
Longueur au fond	m	9.00	4.30
Largeur au fond	m	8.50	4.30
Longueur en gueule	m	13.00	7.40
Largeur en gueule	m	12.50	7.40
Longueur du niveau des plus hautes eaux	m	12.00	6.30
Largeur du niveau des plus hautes eaux	m	11.50	6.30
Profondeur utile	m	1.50	1.00
Revanche	m	0.50	0.55
Profondeur totale	m	2.00	1.55
Volume utile calculé	m ³	151.70	26.39
Volume cherché utile	m ³	150.00	25.00

¹² Rapport APD définitif du Domaine Agricole Communautaire (DAC) de la région de Kaffrine cabinet CIRA mars 2021.

❑ Les digues et couronnements

Les bassins des lagunes seront réalisés entièrement par un système de « Tout remblai ». Les digues de séparation entre deux bassins seront construites avec du sable légèrement argileux.

- ◆ Les bassins ont été implantés de façon à ce que les digues soient continues. Ce critère facilite la réalisation et limite le risque de malfaçon, susceptible de se traduire par une mauvaise étanchéité.
- ◆ Les digues seront réalisées en remblais issus des déblais convenablement compactés. Un couronnement de 4.00 m est réservé en crête de digue pour permettre le passage de véhicules. Il sera réalisé en latérite.

La protection des digues contre l'action du vent susceptible de créer des phénomènes d'érosion non négligeables par l'action flots d'eaux sera réalisée par une revanche libre de hauteur 30 cm.

Le remblai du corps de la digue et de la tranchée d'ancrage devra être bien compacté jusqu'à 95 % de l'Optimum Proctor (OPN) afin d'avoir une étanchéité satisfaisante contre les eaux d'infiltration, les phénomènes de renard et aussi réduire les tassements ultérieurs de la digue.

Le compactage se fera par couches de 20 cm, à arroser à une teneur en eau proche de l'optimum. On cherchera à obtenir, selon le type de compacteur utilisé, des couches qui une fois compactées mesurent 15 cm.

Une rampe d'accès sera réalisée pour chaque bassin de lagunage afin de permettre son accès aux engins pendant les travaux et pendant l'exploitation.

Cette rampe de largeur 3.50 m sera réalisée en béton.

❑ Étanchéités des digues

Afin de garantir le niveau d'eau dans les bassins et d'éviter une contamination du milieu naturel par infiltration dans la nappe, il est nécessaire d'assurer une imperméabilité suffisante des bassins de lagunage. L'étanchéité des bassins de lagunage sera assurée par une géomembrane. La géomembrane aura les caractéristiques principales suivantes :

- ◆ Conformité à la norme EN 13361 relatives à l'utilisation des géomembranes pour la construction des réservoirs et des barrages avec l'indication CE ;
- ◆ Epaisseur de 1,00 mm avec une variation ne dépassant 5% ;
- ◆ Fabrication en polyéthylène avec addition de 2 à 3% de carbone, uniformément diffusé dans la masse, et sans réutilisation de matériaux recyclés (déchets de fabrication et recyclage de produits en polyéthylène) ;
- ◆ Résistante aux U.V, aux effets atmosphériques, aux effets des bactéries et être imperméable.

Compte tenu du fait d'une pose sur une couche de matériaux issus de déblais, il est prévu un géotextile anti poinçonnant afin d'éviter le percement de la géomembrane. La couche de base en matériaux venant des déblais sur laquelle sera posé le géotextile et la géomembrane sera compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Normal.

❑ Protections des talus

Pour protéger les digues contre les phénomènes de renard, le revêtement des talus extérieurs des digues sera en perrés rangés à la main d'épaisseur 30 cm qui seront disposés sur une couche de matériau graveleux de classe 5/50 mm d'une épaisseur de 20 cm. La pose des perrés s'effectuera de bas en haut, en prenant appui sur une butée de pied. La butée de pied sera réalisée par un arrangement de moellons, sous forme de parafouille.

Le blocage des moellons se fera avec des éclats de roche pour améliorer la tenue du perré et la protection de la couche sous-jacente.

□ Protection de la crête :

Elle sera constituée d'une couche de latérite bien compactée, d'épaisseur 20 cm. La crête aura une pente transversale de 3 % vers l'intérieur afin d'évacuer les eaux de pluies vers le parement intérieur.

Deux murets de crête seront construits sur les bords de la crête pour la protéger contre une éventuelle érosion régressive du talus aval. Ces murets seront construits en maçonnerie de moellons d'épaisseur 20 cm.

4.7.8.8 Calage altimétrique de la station

Le poste de relèvement refoule vers un regard brise charge situé à l'entrée du bassin facultatif.

À chaque entrée d'un bassin de lagunage, la conduite débouche sur un tube en T permettant une alimentation sous eau afin d'éviter une aération des eaux usées pouvant entraîner une production de mousses. Les ouvrages de sortie de tous les bassins sont de même type, à savoir deux conduites en T avec prise sous eau. Les raccordements entre les bassins de lagunage sont dimensionnés de façon à assurer l'écoulement gravitaire entre l'entrée du bassin anaérobie et le rejet au niveau du bas fond. Le réseau de conduites est constitué de PVC DN 200 mm type assainissement entre l'entrée du bassin facultatif et la sortie du bassin de maturation.

Les conduites sont calées comme suit :

- ◆ Entrée bassin facultatif : $Z = 18.03$ m NGS;
- ◆ Sortie bassin de maturation : $Z = 17.96$ m NGS ;
- ◆ Sortie bassin de stockage : $Z = 17.91$ m NGS;
- ◆ Rejet : $Z = 17.00$ m NGS.

Le profil hydraulique de calage est disponible dans les plans graphique.

4.7.9 Rejet des eaux traitées

Une réutilisation des eaux traitées à des fins agricoles est envisageable compte tenu de la situation géographique du site par rapport aux terres agricoles de la commune.

Le niveau de traitement, atteint et donné dans les paragraphes précédents, est compatible avec un rejet dans un milieu récepteur spécialement protégé (bas-fonds en aval du site de la station). Le dimensionnement proposé, sous réserve d'une construction et d'une exploitation optimum, permettra de respecter les normes de rejet applicables, d'autant plus que les performances en conditions sahéniennes sont généralement plus élevées du fait des températures favorables aux mécanismes biologiques.

Cependant toutes les eaux usées traitées ne seront pas utilisées. Il est donc nécessaire de prévoir

le rejet du surplus d'eaux usées à travers un émissaires dans des conditions adéquates. A cet effet, le cours d'eau asséché en aval de la station sera utilisé.

A partir du bassin de maturation une conduite un canal en béton armé fermé sera posé pour servir d'émissaire de rejet. Ces caractéristiques ont les suivantes :

- ◆ Longueur : 190.00 m ;
- ◆ Pente minimale de pose : 0.30% ;
- ◆ Côte file d'eau au départ (sortie bassin de stockage) : 17.91 m ;
- ◆ Cote file d'eau au rejet : 17.00 m.

4.7.10 Traitement de la fraction solide

4.7.10.1 Aire de séchage

Le séchage naturel des boues étendues en couches assez fines et leur stockage prolongé (environ 03 mois) permet la destruction complète des organismes pathogènes. Cette technique est retenue du fait de sa simplicité dans un contexte de fort ensoleillement.

L'aire de séchage doit ainsi permettre de stocker et étendre les boues issues des lits pendant au moins trois (03) mois.

- ◆ Volume de boues à stocker en 03 mois (**15%**¹³ du volume initial des lits raclés) : 06 jours par semaine, pour 20 m³/j pendant 03 mois : $20 \times 3 \times 10 \times 20\% = 720 \text{ m}^3$;
- ◆ Hauteur maximale des tas = 50 cm ;
- ◆ Surface nécessaire : 750 m².

On considère deux (02) modules d'aire de séchage de surface unitaire **15 m x 25 m soit 375 m² par filière**. L'aire de séchage sera réalisée après nivellement et compactage du sol existant par une dalle en béton de 10 cm armé par un treillis soudé. L'aire sera réalisée avec une pente de 0,30% vers un canal en béton de largeur 40 cm qui permettra de drainer les eaux en cas de pluie.

Pour libérer assez d'espace juste avant la saison des pluies, toutes les boues séchées pendant au moins trois (03) mois seront évacuées vers le hangar ou mises en décharge en cas de non utilisation.

Ainsi, pendant les trois (03) mois de pleine saison hivernale, les boues disposeront de suffisamment d'espace et donc de temps de séchage pour tenir compte des pluies.

4.7.10.2 Hangar de stockage

Il est nécessaire de mettre en place un hangar de stockage afin de protéger contre les intempéries (vent, pluie etc.), les boues séchées et prêtes à être utilisées.

¹³Correspond aux volumes de boues après percolation et séchage sur les lits (80% percolât, 5% d'évaporation qui est négligeable)

Le taux de matières sèches dans les boues brutes est de 12 kg/m³. La quantité de matières sèches produites sur 03 mois est alors : $Q_s = 20 \times 6 \times 4 \times 3 \times 12 \times 20\% = 3\,456 \text{ kg}$.

Il sera considéré un hangar de 10 m² (5 m x 2 m) soit une capacité de 10 m³ pour une hauteur d'entreposage de 1.00 m.

Le hangar sera en maçonnerie avec des poteaux en béton reposant sur une dalle en béton armé et une toiture en tôle ondulée.

4.7.11 Gestion des refus de dégrillage

Les refus de dégrillage sont de nature diverse. Cependant, ils peuvent être classés en deux catégories : les refus biodégradables (tissus, débris solides etc.) et les refus non biodégradables (sachets en plastique).

Les solutions suivantes sont proposées :

- ◆ Brûler sur place dans l'enceinte de la station les refus de type biodégradables ;
- ◆ Évacuer en décharge dans les mêmes conditions que les déchets communaux de même type les refus de type non biodégradables.

Un tri doit ainsi être effectué au niveau de la station. À cet effet, deux (02) bacs à ordures seront positionnés, un pour chaque type de déchets solides.

4.7.12 Installation de rinçage des ouvrages

Pour le rinçage des ouvrages de réception, des canaux de dégrillage et des autres ouvrages en béton, la pompe sera utilisée via le robinet installé sur la conduite de refoulement avec un tuyau d'arrosage en flexible de longueur totale 50 m muni d'un dispositif de réduction de pression au bout.

4.7.13 Le camion de vidange.

Actuellement la commune ne dispose pas camion de vidange. Afin de permettre une collecte des boues de vidange, il est nécessaire de doter la commune d'un camion de vidange de 10 m³. Ce camion peut être gérée par la mairie afin de garantir des tarifs accessibles à toute la population permettant ainsi de s'assurer que la station de traitement des boues de vidange fonctionnera correctement. Le camion pourra couvrir les localités environnantes de la commune de Waoundé qui sont relativement importants en termes de démographie.

Le camion de vidange aura les caractéristiques suivantes :

- ◆ Volume cuve : 10 m³ ;
- ◆ Boite de vitesse : manuelle;
- ◆ Energie : gazoile;
- ◆ Type de pompe : à aspiration;
- ◆ Enrouleur : manuel;
- ◆ Fermeture de cuve et verrouillage hydraulique.

4.7.14 Qualité de réutilisation

L'humus produit au niveau des lits de séchage plantés suivi d'un stockage complémentaire dans l'espace couvert aura subi une désinfection permettant sa réutilisation agricole (valeur guide de 1 œuf d'helminthe / g MS recommandées par l'OMS). Ce sous-produit est un compost qui peut être utilisé comme un complément à l'amendement. Il permet de conserver l'humidité des sols, d'améliorer leur structure, de lutter contre l'érosion, d'augmenter le contenu organique des sols et de mieux fixer les engrais (azote, phosphore, potasse) apportés.

L'ajout de compost devrait donc être particulièrement adapté au contexte local puisqu'il permet de structurer les sols et de lutter contre l'érosion ; ce qui permet d'envisager une économie des engrais utilisés.

Dans le cadre du marketing que devra mener la structure chargée de la gestion de la station, l'accent devra être mis sur :

- ◆ L'acceptabilité du produit avec des résultats d'analyse chimiques et bactériologiques à l'appui ;
- ◆ La spécificité du produit mis en vente (il ne s'agit pas d'un engrais mais d'un complément à l'amendement).

4.7.15 Ouvrages et équipements annexes de la STBV

Outre les ouvrages et équipements de traitement, la station de traitement des boues de vidange comprendra les équipements annexes suivants :

Un local à l'entrée servant de poste de gardiennage et de bureau pour le préposé à la facturation des camions de vidange. Ce local sera doté d'une toilette

- ◆ Un bâtiment administratif comprenant un bureau et une salle à outils y compris un vestiaire. Ce bâtiment sera également équipé d'une toilette ;
- ◆ Des pistes d'exploitations des lits de séchage et bassins de lagunage ainsi qu'une aire de manœuvre des camions ;
- ◆ Une clôture grillagée ;
- ◆ Des équipements annexes tels que poteaux lampes solaires pour l'éclairage du site.

L'ensemble tient sur une superficie de 1.05 ha.

4.7.15.1 Bâtiment administratif

Pour les besoins de la gestion, un bâtiment administratif sera réalisé dans l'enceinte de la station.

Le bâtiment administratif sera constitué de :

- ◆ Un bureau du gestionnaire de la STBV ;
- ◆ Salle d'outils d'outils ou d'exploitation y compris un vestiaire ;
- ◆ Une toilette avec douche pour le personnel.

4.7.15.2 Pistes d'exploitation

Pour la gestion des lagunes et des lits de séchage, des pistes en latérites sont prévues. Elles ceinturent les bassins de lagunage et les lits de séchage ainsi que les aires de séchage. La surface totale de piste à prévoir est de 2 098 m².

Les pistes d'exploitation seront réalisées en latérite pour une épaisseur de 30 cm minimum après compactage à 95 % de l'Optimum Proctor Normal.

4.7.15.3 Piste d'accès

Une voie d'accès à la station de traitement sera réalisée entre la route nationale et l'entrée de la station de traitement. Pour limiter les coûts, la piste d'accès sera réalisée en latérite. Elle sera de largeur 6 m pour une longueur totale de 600 m.

4.7.15.4 Clôture

Pour sécuriser les ouvrages et équipements, l'enceinte de la STBV sera clôturée. La clôture sera constituée de :

- ◆ De quatre-vingt-sept (87) potelet en alu y compris béton d'ancrage
- ◆ De trois (03) poteaux en béton pour ancrage du portail
- ◆ D'un grillage de 2 m de haut
- ◆ D'une porte métallique de 2.10 x 0.80 pour piétons
- ◆ D'une porte double battants à panneaux métalliques de 2 x 3.5 x 2.80 y/c serrure à canon Bricard ou similaire complète

La longueur totale de la clôture est de 260 m.

4.7.15.5 Alimentation en eau potable

La STBV sera desservie en eau potable à travers un cuve de 1 000 l qu'on remplira au besoin.

4.7.15.6 Alimentation en énergie électrique

Le seul équipement de la station nécessitant du courant électrique est la pompe à eau. Il s'agit d'une pompe de débit 4 m³/h pour une HMT de 20 m type solaire. Sa puissance maximale est de 500 W. Deux plaques solaires de 300 Wc sont ainsi largement suffisant.

Etant donné que la pompe ne fonctionnera pas la nuit, un kit solaire composé seulement de deux (02) plaques solaires sera nécessaires.

4.7.15.7 Aménagement d'un périmètre maraicher de démonstration

Afin de réaliser des tests de démonstrations sur les sous-produits du traitement des boues de vidange, un périmètre maraicher est aménagé dans l'enceinte de la station. Il a une surface totale de 900 m² et pourra accueillir plusieurs variétés maraichères telles que les choux, les tomates, du piment etc..... Le périmètre sera arrosé exclusivement par les eaux traitées et les boues séchées seront utilisées comme fertilisant. Le périmètre est placé à proximité de l'aire de séchage et du hangar de stockage des boues séchées.

V. OPÉRATIONS DE GESTION, D'ENTRETIEN ET DE MAINTENANCE DES OUVRAGES DE LA STBV

5.1 LES OPÉRATIONS

De l'arrivée des boues brutes à la station, à leur sortie sous formes de sous-produits, l'exploitant doit réaliser un certain nombre d'opérations. Certaines sont à caractère technique tandis que d'autres sont à caractère commercial ou de service.

5.1.1 Opération à caractère technique

Elles sont réalisées en plusieurs étapes chacune correspondant à plus ou moins, un ouvrage ou équipement pour la station de traitement des boues.

❑ OPT 1 : Réception des boues

Le camion doit introduire son flexible dans le trou du couvercle pour dépoter les boues de vidange directement dans l'ouvrage de réception afin de minimiser tout risque de débordement ou de ruissellement des boues dans l'aire de manœuvre. Les ouvrages de réception sont conçus pour un dépotage simultané de deux camions.

❑ OPT 2 : Dégrillage

Les boues issues de l'ouvrage de réception empruntent un canal sur lequel est placé un dégrilleur manuel en inox. Il sert à retenir les déchets solides et les matières grossières. A l'aide d'un râteau et d'une brouette, les déchets solides sont récupérés au fur et à mesure du dépotage afin de ne pas perturber l'écoulement des boues. Le dégrilleur ne doit en aucun cas être enlevé pendant le dépotage.

Les débris récupérés sont rejetés dans les bacs de refus prévus à cet effet.

❑ OPT 3 : Utilisation des lits

Les opérations sur les lits de séchage consistent en :

- ◆ Alimentation alternative des lits (En fonction du retour d'expérience, les périodes d'alimentation courtes peuvent être envisageables, conduisant à des périodes de repos plus longues et permettant ainsi, d'atteindre des taux de siccité plus élevés. En tenant compte du climat chaud de Waoundé un cycle de 21 jours a été retenue) ;
- ◆ Libération des lits après 3 mois d'utilisation.

❑ OPT 4 : Extraction et manutention de boues séchées

Les boues extraites sont envoyées vers l'aire de séchage à l'aide de pelles et brouettes par l'ouvrier non qualifié.

❑ OPT 5 : Séchage supplémentaire et stockage

Les boues retirées des lits de séchage doivent subir un séchage supplémentaire dans l'enceinte de la station avant leur entreposage dans le hangar prévu à l'abri de l'humidité.

Le tableau ci-dessous récapitule les opérations à caractère technique nécessaires au fonctionnement de la station.

Tableau 39 : Opérations techniques d'exploitation de la station

Opérations/Activités		Périodicité	Responsable	Observations
OPT1	Réception des boues	À tout moment pendant les heures d'ouverture	Ouvrier qualifié non	Le gestionnaire d'équipe s'assure pendant le dépotage que le contenu du camion est autorisé
	Vérification du contenu des camions et autorisation de dépotage	Pendant le dépotage du camion enregistré	Gestionnaire	
OPT2	Dégrillage et enlèvement des refus	Tous les jours au fur et à mesure du déversement de chaque camion	Ouvrier qualifié non	
	Nettoyage des dégrilleurs	A la fin du dépotage pour chaque camion	Ouvrier qualifié non	
OPT3	Utilisation des lits	1. Alimentation des lits : 1 lit pour deux jours de vidange	Gestionnaire, Ouvrier qualifié non	
		2. Repos des lits ayant été utilisés		
OPT 4	Extraction et des manutention boues séchées	Les boues séchées pendant 3 mois sont extraites pour un séchage complémentaire avant leur stockage dans le hangar.	Gestionnaire, Ouvrier qualifié non	
OPT 5	Séchage supplémentaire et stockage	Les boues extraites des lits sont séchées puis conservées dans le hangar pour libérer de l'espace	Gestionnaire, Ouvrier qualifié non	Les boues séchées doivent être écoulées pour libérer de l'espace.

5.1.2 Opération à caractère commerciale ou de service

☐ OPC 1 : Réception et monitoring des camions

Afin d'éviter d'éventuels accidents, les camions arrivant à la station doivent être guidés vers l'ouvrage de réception par le personnel de la station. Ce dernier ne pouvant recevoir que deux camions à la fois, seuls deux camions seront autorisés à l'utiliser à la fois. Pour éviter de longue file pendant les périodes de pointe, le guidage et le dépotage doivent s'effectuer de façon rapide.

☐ OPC 2 : Facturation et gestion des données

L'opérateur de vidange se présente devant le gérant dans le local administratif pour donner les informations nécessaires sur le camion (immatriculation, capacité, facture, provenance, société) qui seront enregistrées directement dans une base de données avant de passer au règlement de la facture. Les volumes des boues sont estimés sur la base des cuves. Le volume considéré est la capacité de la cuve.

☐ OPC 3 : Mise en vente des boues séchées

Les boues récoltées seront cédées aux maraichers, agriculteurs et éleveurs. L'écoulement de ces produits est d'autant plus intéressant qu'il constitue une source de revenus mais permet également de libérer de l'espace dans la station.

Le tableau ci-dessous récapitule les opérations à caractère commercial ou de service nécessaires au fonctionnement de la STBV.

Tableau 40 : Opérations commerciales et de service d'exploitation de la station

Opérations/Activités		Périodicité	Responsable	Observations
OPC 1	Réception et des monitoring camions	À tout moment pendant les heures d'ouverture	Ouvrier non qualifié jusqu'à l'entrée dans l'enceinte et pour la sortie	Aux plus deux camions sont autorisés à utiliser un ouvrage de réception à la fois. Le gardien gère la file d'attente au cas échéant
			Ouvrier non qualifié : de l'entrée à la sortie	
OPC 2	Facturation et des gestion données	Pendant le dépotage du camion enregistré	Gestionnaire	Un exemplaire de la facture est remis au chauffeur
OPC 3	Mise en vente de l'humus	Dès disponibilité de boues séchées	Gestionnaire + manoeuvre	Les boues doivent avoir des caractéristiques adéquates attestées par un bulletin d'analyse

5.1.3 Opération d'entretien et de maintenance

☐ OEM 1 : Curage de l'ouvrage de réception du canal de dégrillage et évacuation des refus

Au fur et à mesure du déversement des boues par un camion, l'ouvrier procédera à l'enlèvement des résidus de dégrillage, lesquels seront ensuite déposés dans les bacs prévus. Par la suite, le gestionnaire a deux possibilités en fonction de la distance à une décharge autorisée :

- ◆ Effectuer un tri puis brûler sur place dans l'enceinte de la station les refus de type biodégradable et évacuer en décharge les refus de type non biodégradable. Ceci réduirait de façon notable les quantités de déchets à évacuer et donc les couts de transport ;
- ◆ Évacuer tous les déchets de façon périodique vers une décharge autorisée.

Le curage s'effectue chaque fin de journée de service. La gestion des refus est à faire régulièrement avant que les bacs ne se remplissent.

☐ OEM 2 : Entretien des lits de séchage

La performance des lits dépend de la perméabilité du sable qui diminue considérablement en fonction du temps et de son utilisation, en particulier en raison du compactage lié aux activités d'évacuation des boues séchées. Par conséquent, une opération manuelle de « détassement » des lits est nécessaire, par sarclage de la couche superficielle de sable.

Afin de compenser la perte de sable et maintenir la performance des filtres, la couche de sable superficielle des lits de séchage doit être réalimentée. Ce travail est relativement délicat, et devra être réalisé avec attention afin de conserver une couche de sable homogène, non compactée et propre.

☐ OEM 3 : Entretien des bassins

Compte tenu du rendement élevé d'élimination des matières en suspension des lits de séchage, le taux attendu d'accumulation de boues au fond des bassins de lagunage est faible. Aussi, les boues accumulées dans le bassin facultatif peuvent être retirées des bassins tous les 3 à 5 ans. L'un des avantages principaux de l'épuration par lagunage est la simplicité de son exploitation, ce qui fait que les contraintes dues au fonctionnement des lagunes sont très réduites. Toutefois, leur efficacité reste malgré tout liée à la stricte observation de quelques règles élémentaires relatives à l'entretien et au contrôle de leur fonctionnement. En effet :

- ◆ La surface des bassins doit être dépourvue de toute matière flottante (écumes, papiers, plastiques, huiles, graisses).
- ◆ Des courts-circuits hydrauliques peuvent s'y produire en raison de la présence d'algues dans le bassin aérobie. La survenue de ces courts-circuits peut être détectée en faisant l'analyse de l'oxygène dissous en différents points du bassin.

Ainsi, il faudra toujours vérifier que le fonctionnement hydraulique n'est pas affecté par une présence importante de macrophytes, auquel cas, des mesures devront être prises pour les éliminer.

La présence de moustiques dans les bassins est principalement due aux plantes aquatiques qui émergent à la surface. Ces plantes devront être éliminées.

❑ OEM 4 : Entretien de l'aire de dépotage

L'aire de dépotage reçoit des boues qui proviennent de la fuite des cuves des camions ou qui s'échappent du dépotage. Elle doit être maintenue dans un état de propreté acceptable. Le nettoyage doit être réalisé en continue à chaque fois que de besoin.

Le tableau ci-dessous récapitule les opérations d'entretien et de maintenance nécessaires au fonctionnement des stations.

Tableau 41 : Opérations d'entretien et de maintenance de la station

Opérations/Activités		Périodicité	Responsable	Observations
OEM 1	Curage de l'ouvrage de réception du canal de dégrillage	A la fin du dépotage pour chaque camion	Ouvrier non qualifié	Possibilité de tri pour réduire les déchets solides à évacuer en décharge
OEM2	Entretien des lits de séchage	A la fin de chaque cycle	Ouvrier non qualifié	Remise du filtre, Vérification des colmatages
OEM3	Entretien des bassins et des digues	À tout moment pendant les heures d'ouverture pour les matières flottantes Tous les 3 à 5 ans pour le curage	Ouvrier non qualifié	
OEM4	Entretien de l'aire de dépotage	Toutes les fins de journée et à chaque fois que de besoin	Ouvrier non qualifié	Laver l'aire de manœuvre et nettoyer le canal avec grille avaloir

5.2 LE SUIVI ET CONTRÔLE

5.2.1 Prise d'échantillon

Des échantillons doivent être pris tous les mois pour être analysés dans un laboratoire agréé pour un meilleur suivi de la station et pour l'alimentation d'une base de données sur la qualité des boues et les performances de la station.

Ces échantillons doivent être prélevés :

- ◆ au niveau des ouvrages de réception : boues brutes ;
- ◆ à la sortie des lits de séchage ;
- ◆ au point de rejet.
- ◆ des échantillons de boues séchées doivent également être pris au niveau des lits après le cycle de séchage.

Tous les paramètres physico-chimiques essentiels seront déterminés.

Des analyses seront effectuées sur les boues séchées avant commercialisation afin de qualifier leur contenu en vue d'une valorisation agricole. Les analyses porteront sur les paramètres suivants :

- ◆ bactéries : œufs d'helminthes ;
- ◆ matières organiques ;
- ◆ azote ;
- ◆ phosphore ;
- ◆ potassium.

Ces analyses pourront être effectuées dans le laboratoire de l'ONAS à Matam.

5.2.2 Contrôle visuel

Le responsable d'exploitation vérifiera de manière continue le fonctionnement des lits et du bassin aérobie (facultatif) et du bassin de maturation, en s'assurant de l'absence de fuites ou débordements. Il procédera à une vérification visuelle de la qualité des boues déposées dans les lits, relevant les hétérogénéités ou les éléments non admis dans les boues (huiles, objets solides ou flottants, papiers, plastiques, etc.).

5.3 FONCTIONNEMENT DE LA STATION

5.3.1 Horaire d'ouverture

La station sera ouverte tous les jours du lundi au samedi de 8 h à 18 h. Ces horaires de fonctionnement constituent des plages optimales de fonctionnement de la station. En fonction des spécificités, ils peuvent être modulés pour les besoins de la continuité du service.

5.3.2 Personnel d'exécution et tâche

5.3.2.1 Composition de l'équipe

Pour la gestion et l'exploitation de la station, le personnel suivant est nécessaire :

- ◆ Un(e) gestionnaire ;
- ◆ Une personne chargée de l'exploitation pour les opérations.

5.3.2.2 Profil et tâche du personnel

☐ Gestionnaire

Cette personne coordonne et supervise toutes les activités relatives à l'exploitation de la station. Il assure

- ◆ L'administration de la station ;
- ◆ La gestion du matériel et des équipements ;
- ◆ La vérification de la facturation ;

La rédaction des rapports mensuels.

Elle coordonne toutes les activités nécessaires au bon fonctionnement de l'exploitation. Elle est responsable de la qualité du traitement, du bon entretien des ouvrages et du fonctionnement optimal de la station.

Elle devra avoir au moins un niveau BAC.

Entre autres elle est chargée de :

- ◆ Vérifier que les contenues des camions de vidange sont compatibles avec les caractéristiques des boues acceptées à la station ;
- ◆ Coordonner, planifier et attester de la bonne exécution des activités d'opération, de maintenance et d'entretien de la station ;
- ◆ Rédiger les rapports journaliers ;
- ◆ Pointer le personnel.
- ◆ De la tenue du registre et de la facturation.

Pour gagner du temps, l'établissement des factures pour chaque camion se fera pendant le dépotage afin que les camions à l'entrée ne restent pas longtemps.

☐ Ouvrier non qualifié

Il est nécessaire qu'une personne soit affectée à temps plein au niveau de l'ouvrage de réception. Elle guidera les camions et s'occupera de l'enlèvement des refus et de leur dépôt dans les bacs. Il assurera les opérations courantes et périodiques de maintenance des ouvrages. Ils devront être affecté à la station à temps plein. Le recrutement d'un opérateur de vidange manuelle de la commune serait un atout au regard de leur expérience dans le secteur.

Tableau 42 : Personnel d'exploitation de la station

Personnel	Nombre
Gestionnaire	1
Ouvrier non qualifié	1

5.3.3 Équipements

Les équipements à fournir pour la station sont :

- ◆ Une pompe à eau de type solaire pour le pompage du percolât vers le bassin facultatif avec les caractéristiques suivantes :
 - o **Pompe fonctionnant à l'énergie solaire :**
 - Débit : 4 m³/h ;

- Pression de service : 1 bar = 10 m ;
- HMT totale : 20 m.
- o **Conduite :**
 - Tuyau flexible en PE armé ;
 - Niveau de pression : PN 10 ;
 - Diamètre 50 mm ;
 - Longueur : 30 m.
- ♦ Un matériel pour les opérations de maintenance courantes et périodiques de protection des ouvriers. Le nombre et les spécifications de ces équipements sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 43 : Caractéristiques techniques des équipements d'exploitation et de protection

Equipements	Nombre par station	Spécifications techniques
Pelles	1	Pelle ronde Largeur des épaules : 270 mm Hauteur : 270 mm Manche : 1100 x 40 mm en bois
Brouettes	1	Caisse peinte 80 L. Châssis tube peint Ø 32 mm, formant butoir, avec support caisse. Roue gonflée Ø 380 mm. Jante métal flasque. Epaisseur 0.9 mm. Charge utile 150 kg
Fourchettes	1	Dents : verticales en acier trempé Manche : 1300 x 40 mm en bois
Tenues de travail	3	Combinaison de travail en polycoton avec traitement déperlant Double fermeture éclair dos élastique
Masques anti-odeur et anti-poussière	3	Masque anti-odeur et anti-poussière, Contre les particules et les odeurs désagréables faiblement nocives d'origine organique. Avec clapet d'expiration pour une respiration plus facile. Avec filtre à charbon actif intégré pour une réduction des odeurs.
Gants	3	Gant anti-coupure, Poignet élastique, Sans couture, Utilisation sur surface sèche
Bottes de sécurité	3	Tige : PVC haute résistance Semelle Absorption d'énergie du choc talonnier - Coup de pied renforcé pour une meilleure protection et une durée de vie améliorée - Profil de semelle spécifique pour une meilleure adhérence sur les sols gras et meubles, rehaussé pour une meilleure résistance aux chocs frontaux - Crampons autonettoyants.

5.3.4 Rapports

Le responsable de la station doit produire, à la fin de chaque mois, un rapport succinct traitant des points suivants :

- ☐ **Introduction** : présentation de la station, indication du mois concerné et présentation des équipes (d'encadrement et d'exploitation) de la station.
- ☐ **Fonctionnement pendant le mois** : faire le point du fonctionnement de la station sur les points suivants :

- ◆ **Réception des camions de vidange** : Indiquer le nombre de camions reçus en indiquant les volumes de boues ;
- ◆ **Donner en annexe la liste des camions reçus** (saisi des enregistrements par jour).
- ◆ **Opérations effectuées** : Indiquer ici la liste de toutes les opérations effectuées, se rapportant à la gestion des refus, aux permutations des lits, ainsi que les jours concernés. Indiquer toutes les opérations de maintenance effectuées.
- ◆ **Compte rendu financier** : Donner les facturations effectuées pendant le mois écoulé et un récapitulatif et faire l'état des achats ;
- ◆ **Problèmes rencontrés et solutions proposées** : Faire l'état des problèmes rencontrés et des solutions proposées

☐ **Conclusions**

- ◆ Donner son avis sur l'exploitation de la station ;
- ◆ Donner le programme du mois suivant pour ce qui concerne l'utilisation des lits de séchage et la maintenance de certains équipements comme la pompe au cas échéant.

5.4 MESURE D'ACCOMPAGNEMENT

Pour atteindre les objectifs escomptés il est nécessaire de mettre en place un programme d'accompagnement.

Il s'agit d'un programme avec trois composantes :

- ◆ Un appui pour la phase de mise en route de la station
- ◆ Un renforcement de capacités des préposés à la gestion de la STBV ;
- ◆ Un programme d'Information Education et Communication (IEC) à l'endroit de la population, des opérateurs de vidange et de façon plus globale, à tous les acteurs impliqués dans la gestion des boues de vidange.

5.4.1 Renforcement de capacités

Pour assurer la pérennité de la STBV et l'atteinte des objectifs liés à sa construction, il est nécessaire que le personnel de la station dispose de toutes les compétences pour sa gestion. Un programme de formation doit être élaboré et mis en œuvre à l'endroit du personnel, au niveau d'une station de l'ONAS pour une durée d'une semaine avant la mise en service proprement dite de la station.

5.4.2 Programme IEC

Une grande partie des populations de la commune déclarent n'avoir jamais vidangé ou le font en cachette et les opérateurs de vidanger dans les sites de dépotage sauvages.

Ces pratiques se rattachent au quotidien des habitants et des opérateurs de vidange, certains ne se rendant même pas compte des impacts négatifs de ces pratiques sur leur propre environnement.

Il devient donc nécessaire, pour accompagner la mise en service de la STBV, de mettre en œuvre un programme IEC pour :

- ◆ Susciter un changement de comportement au niveau des populations et les amener progressivement à abandonner la vidange manuelle ;
- ◆ Amener les opérateurs de vidange mécanique à utiliser la station en lieu et place des terrains vagues et les domaines agricoles ;

Encourager l'utilisation des sous-produits (humus) comme amendement en vue d'améliorer la qualité des sols arables.

Le programme de communication pourra ainsi comporter une communication de masse à l'endroit des populations et une communication de proximité à l'endroit des opérateurs, des agriculteurs et maraichers dans une logique de marketing.

VI. ÉVALUATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION DE LA STBV

6.1 ESTIMATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT

6.1.1 Consistance des travaux

La station de traitement des boues de vidange est composée de :

- ◆ Les terrassements nécessaires sur 1.05 ha ;
- ◆ La réalisation des ouvrages de prétraitement et de distribution : ouvrage de réception, canal de dégrillage et canal de distribution ;
- ◆ La construction de deux filières de 04 lits de séchage simples non-plantés chacune 8 m x 8 m = 64 m² de surface. La hauteur utile de chaque lit sera de 70 cm soit une hauteur totale de 90 cm en prenant une revanche de 20 cm ;
- ◆ La réalisation d'une bache de pompage de diamètre 3 m et de profondeur de 3 m ;
- ◆ La réalisation de deux (02) filière de lagunage (2 bassins facultatif de volume utile 150 m³ chacun et de profondeur 1.50 m, deux (02) bassins de maturation de volume utile 25 m³ chacun et de profondeur 1 m) ;
- ◆ La réalisation d'un bassin de stockage des eaux usées traitées de dimensions 5 m x 4 m avec une profondeur utile de 1 m pour une capacité de 20 m³ ;
- ◆ La réalisation d'un canal de rejet de 30 cm x 30 cm sur 190 ml ;
- ◆ Un module d'aire de séchage de surface unitaire de 30 m x 25 m. L'aire de séchage sera réalisée après nivellement et compactage du sol existant par une dalle en béton de 10 cm armé par un treillis soudé ;
- ◆ Un hangar de 10 m² (5 m x 2 m) pour une hauteur d'entreposage de 1.00 m. Le hangar est en armature métallique avec des poteaux HEA 100 reposant sur une dalle en béton armé et une toiture en tôle ondulée.

6.1.2 Les acquisitions

Il s'agit de mettre à disposition de la commune d'un camion de vidange de capacité 10 m³ mais aussi du matériel nécessaire au fonctionnement de la station à acquérir avant sa mise en service (Cf. matériel d'exploitation décrit plus haut).

6.1.3 Description des travaux

☐ Nettoyage du site

Il s'agit du désherbage, le dessouchage et la mise en forme des sites ainsi que la mise en dépôt provisoire et l'évacuation des déchets dans une décharge autorisée.

☐ Fouilles pour des ouvrages

Les fouilles seront exécutées soit mécaniquement, soit manuellement. Les cotes de fondations qui

Groupement Idev /

SIAT Sénégal

Réf. : 210059_ASS_SN_E Février 2022

Y:\Senegal\210059_ASS_SN_E(Boues_Vidange
technique_Rapport_APD_STBV_Waoundé_définitif.doc

Waounde)\Docs_Travail_210059\Rapports\APD

définitif\Mémoire

Technique\Mémoire

sont mentionnées sur plans ne le sont qu'à titre indicatif. Sauf autorisation expresse, les fonds de fouilles ne devront pas rester exposés à l'air et aux intempéries plus de vingt-quatre (24) heures. La stabilité des talus de fouille devra être assurée pendant et après l'excavation, si nécessaire au moyen de blindage et bétonnages. Les opérations éventuelles de dérivation des eaux et d'aménagement sommaire en amont et en aval des ouvrages, sont à la charge de l'Entrepreneur.

❑ Exécution des remblais contigus aux ouvrages

Ces remblais seront méthodiquement compactés par couches successives. Les couches élémentaires auront une épaisseur maximale fonction des matériaux et matériels utilisés. Le compactage sera poursuivi jusqu'à atteindre 95 % de la densité sèche de l'O.P.M. sur toute l'épaisseur du corps de remblai. Sur une longueur minimale d'un (1) mètre en arrière des piédroits, les remblais seront expurgés des pierres dont la plus grande dimension excéderait 10 cm.

❑ Coffrages et étaielements

Les coffrages et éventuellement les étaielements seront en bois, métalliques ou autres. Le coffrage brut ou ordinaire en bois sera constitué de planches d'épaisseur minimale 25 mm, soutenues tous les 0,70 m minimum. La tolérance du joint entre deux planches est de 1 mm.

Les coffrages des faces visibles et des faces intérieures des ouvrages d'art devront être du type coffrage soigné, pour parements fins. Ils seront réalisés soit en planches, assemblées par rainures et languettes et rabotées après assemblage, soit de préférence en feuilles de contre-plaqué avec joints collés, ou par tout autre dispositif agréé par l'Ingénieur, de manière à obtenir un parement lisse, sans bavure ni ségrégation.

En plus, on devra veiller au nettoyage et au traitement des coffrages avant bétonnage :

- ◆ immédiatement avant bétonnage, les coffrages doivent être nettoyés avec soin, de manière à ce qu'ils soient débarrassés des poussières et débris de toute nature ;
- ◆ avant mise en place du béton, il convient d'arroser, de manière abondante les coffrages composé de sciages ou de panneaux de bois (fibres particules, contre-plaqués) non spécialement traités ;
- ◆ les coffrages en métal, en bois traité ou en matière plastique seront traités avec un produit de démoulage. Les produits employés ne doivent pas laisser de trace sur les parements de béton, ne pas couler sur les surfaces verticales ou inclinées des coffrages. Ils doivent permettre des reprises ultérieures de béton ou l'application d'enduits et divers revêtements.

Le décoffrage des ouvrages devra être exécuté à la date arrêtée par l'Ingénieur, compte-tenu des délais de décoffrage proposés par l'Entrepreneur et des résultats des essais d'information relatifs au dernier béton de structure exécuté.

❑ Composition et destination des bétons

La désignation, la classe, le dosage en liant, les destinations, les résistances à la compression et à la traction et la consistance des différents bétons sont indiquées dans le tableau ci-après :

Tableau 44 : Composition des bétons

Désignation	Poids du liant par m ³ de béton	Destination	Résistance caractéristique en compression à 28 jours
C150	150 kg CHF (CMIIIB 42.50)	Béton de propreté	-
C250	250 kg/m ³ de ciment CPA	Dallage	23 MPa
C350_a	350 kg/m ³ de CHF (CMIIIB 42.50)	Toutes parties d'ouvrage en béton armé (regard, rigole, voile, boîte de branchement, paroi, Dalle, ouvrages hydraulique...)	25 MPa
C350_b	350 kg/m ³ de ciment CPA	Toutes parties d'ouvrage de bâtiment en béton armé (semelles, amorce poteaux, poteaux, longrine...)	25 MPa

La consistance des bétons frais devra être telle que les affaissements mesurés au cône ASTM restent compris entre 5 et 9 cm.

☐ **Armatures pour bétons**

Les conditions d'emploi de ces armatures devront satisfaire aux recommandations incluses dans leur fiche d'identification instaurée par le Titre I^{er} du Fascicule 4 du C.C.T.G.

En l'absence d'acier soudable, toute fixation par points de soudure sur chantier est interdite.

Les armatures seront façonnées et mises en place conformément aux calculs et dessins d'exécution agréés par l'Ingénieur en observant les prescriptions :

- ◆ de l'Article 33 du Fascicule 65 du C.C.T.G. ;
- ◆ du Titre I, Section I du Fascicule 62 du C.C.T.G.

L'enrobage de toute armature sera en principe au moins égal à deux virgule cinq (2,5) centimètres pour les parements coffrés.

Avant leur mise en place, les armatures (et tous leurs supports métalliques) seront nettoyées pour éliminer les traces de béton, de poussières diverses, de graisse et toute autre matière néfaste. Les plaques de rouille ou de calamine (qui pourront s'enlever par brossage énergétique) seront considérées comme néfastes. Après leur mise en place, les armatures seront maintenues propres jusqu'à enrobage complet.

Toutes les ligatures en fil de fer se termineront du côté de la masse du béton et ne devront pas pointer vers les parements.

Les cales de position utilisées seront en mortier, à l'exclusion de chutes de ronds à béton.

La surface en contact avec les coffrages devra être la plus réduite possible. Un plan d'implantation de ces cales est recommandé.

L'Entrepreneur prévoira les barres de montages qui ne sont pas prises en compte dans le calcul des quantités d'acier à régler à l'Entrepreneur.

6.1.4 Prix unitaires

Les prix unitaires sont issus des marchés de travaux récents suivants dans la zone notamment les travaux d'assainissement de la ville de Matam.

6.1.5 Estimation des coûts d'investissement

L'estimation des coûts des travaux est présentée en détail dans le rapport confidentiel.

6.1.6 Planning prévisionnel d'exécution des travaux

Le tableau suivant indique le planning prévisionnel de six (06) mois pour la réalisation des ouvrages de la STBV de Waoundé.

Tableau 45 : Planning prévisionnel d'exécution des travaux de la STBV

Désignation/Mois	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Installation de chantier	■					
Etudes topographiques et géotechniques complémentaires	■					
Etablissement des Plans d'exécution		■				
Construction des bassins et digues		■	■	■		
Construction des ouvrages de prétraitement		■	■	■		
Construction des lits de séchage		■	■	■		
Construction des voies d'accès			■	■	■	
Etanchéisation et mise en eau des bassins				■	■	
Canalisations et ouvrages de liaison et rampes d'accès				■	■	
Construction mur de clôture				■	■	
Aménagements annexes					■	
Remise en état des lieux					■	
Essais et Réception						■

6.2 ÉVALUATION DES COÛTS D'EXPLOITATION

Les charges d'exploitation sont constituées de l'ensemble des postes de dépenses suivantes :

- ◆ Charges de personnel ;
- ◆ Charges de fonctionnement, d'entretien et de maintenance.

6.2.1 Charge du personnel

Les charges salariales annuelles sont détaillées comme suit :

Tableau 46 : Charges du personnel

Poste	Nombre	Salaire brut mensuel unitaire	Total Mensuel	Mois	Total annuel
Gérant (e) STBV	1	90 000	90 000	12	1 080 000
Chargé d'exploitation	1	50 000	50 000	12	600 000
Total charges salariales			140 000		1 680 000

6.2.2 Charges de fonctionnement

Les charges de fonctionnement présentées dans le tableau ci-dessous, seront relatives :

- À l'eau potable utilisée principalement pour les besoins du personnel et pour le rinçage des outils du personnel : on considérera 20l/j pour chacun des membres du personnel et 30 l/j pour le rinçage des outils (le rinçage des ouvrages est fait avec les eaux des bassins aérobies avec le dispositif de rinçage fourni).
- Au téléphone utilisé par le responsable d'exploitation pour lesquels des forfaits mensuels seront considérés ;
- Les matières consommables notamment les fournitures de bureau et divers autres consommables par mois.

Tableau 47 : Charges de fonctionnement

Charges de fonctionnement			
Eau potable	5 000	12	60 000
Téléphone	5 000	12	60 000
Remplacement du matériel	10 000	12	120 000
Total charges de fonctionnement			240 000

6.2.3 Charges d'entretien et de maintenance

Il s'agit principalement des frais de réparation et d'entretien dans le cadre de l'exploitation de la station. Ces frais sont relatifs à la régénération annuelle d'un lit de séchage + remise en place couche de sable pour filtre estimé à : **100 000 FCFA/an**.

6.2.4 Charges totales

Le tableau suivant indique les charges d'exploitation totale de la STBV de Waoundé.

Tableau 48 : Charges d'exploitation totales

Désignation	Montant total FCFA
Charges salariales	1 680 000
Charges de fonctionnement	240 000
Charges d'entretien et de maintenance	100 000
TOTAL GÉNÉRAL	2 020 000

Les charges d'exploitation annuel de la STBV s'élèvent à **2 020 000 F CFA/an** soit **323 F CFA/m³ de boues traitée**. Au vu de ce qui précède un tarif de **400 F CFA/m³** pourrait être considéré comme taxe de dépotage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

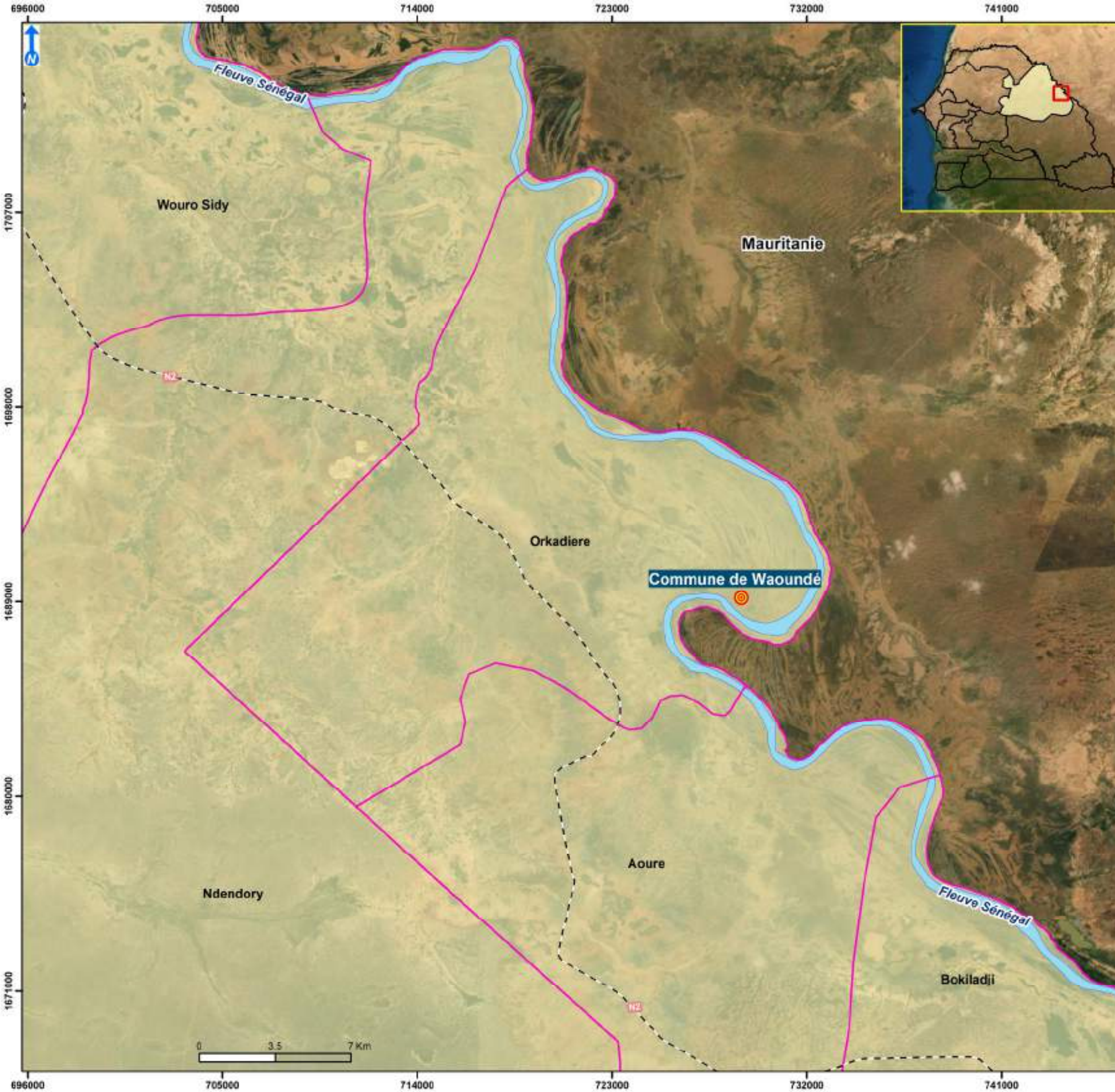
- ◆ Élaboration du rapport final du schéma communal d'assainissement de Waoundé H2O Engineering juin 2012.
- ◆ Étude pour l'élaboration participative d'un schéma communal d'assainissement de Waoundé : Rapport diagnostic Engineering 2012.
- ◆ Étude diagnostic de l'offre de services d'Assainissement dans le département de Kanel CABINET WASH-TA Août 2019.
- ◆ Étude monographique de l'assainissement autonome dans les régions du Sénégal rapport technique national version provisoire groupement BECES/ASRADEC octobre 2017.
- ◆ Heinss U., Larmie S. Strauss M. (1998): solids separation and Pond Systems for the treatment of faecal sludges in the Tropics; lessons learnt and recommendations for preliminary Design; EAWAG, sandec report N.5/98
- ◆ Florian Klingel, Doulaye Koné, Agnès Montangero, Martin Straus (2001) : Gestion des boues de vidange dans les pays en développement (manuel d'utilisation); EAWAG, sandec
- ◆ Agnès Montangero, Martin Straus (2001) : Gestion des boues de vidange ; EAWAG, sandec
- ◆ D. koné, M. Strausse, Florian Kimkel, Agnes Montagero : Gestion des boues de vidange dans les pays en voie de développement. Manuel de planification.

ANNEXES

ANNEXE I : CARTES ILLUSTRATIVES

ANNEXE II : PLANS

ANNEXE I : CARTES ILLUSTRATIVES



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



COMMUNE DE WAOUNDÉ



Étude sur le traitement des boues de vidange et valorisation
de sous-produits d'assainissement de la ville de Waoundé

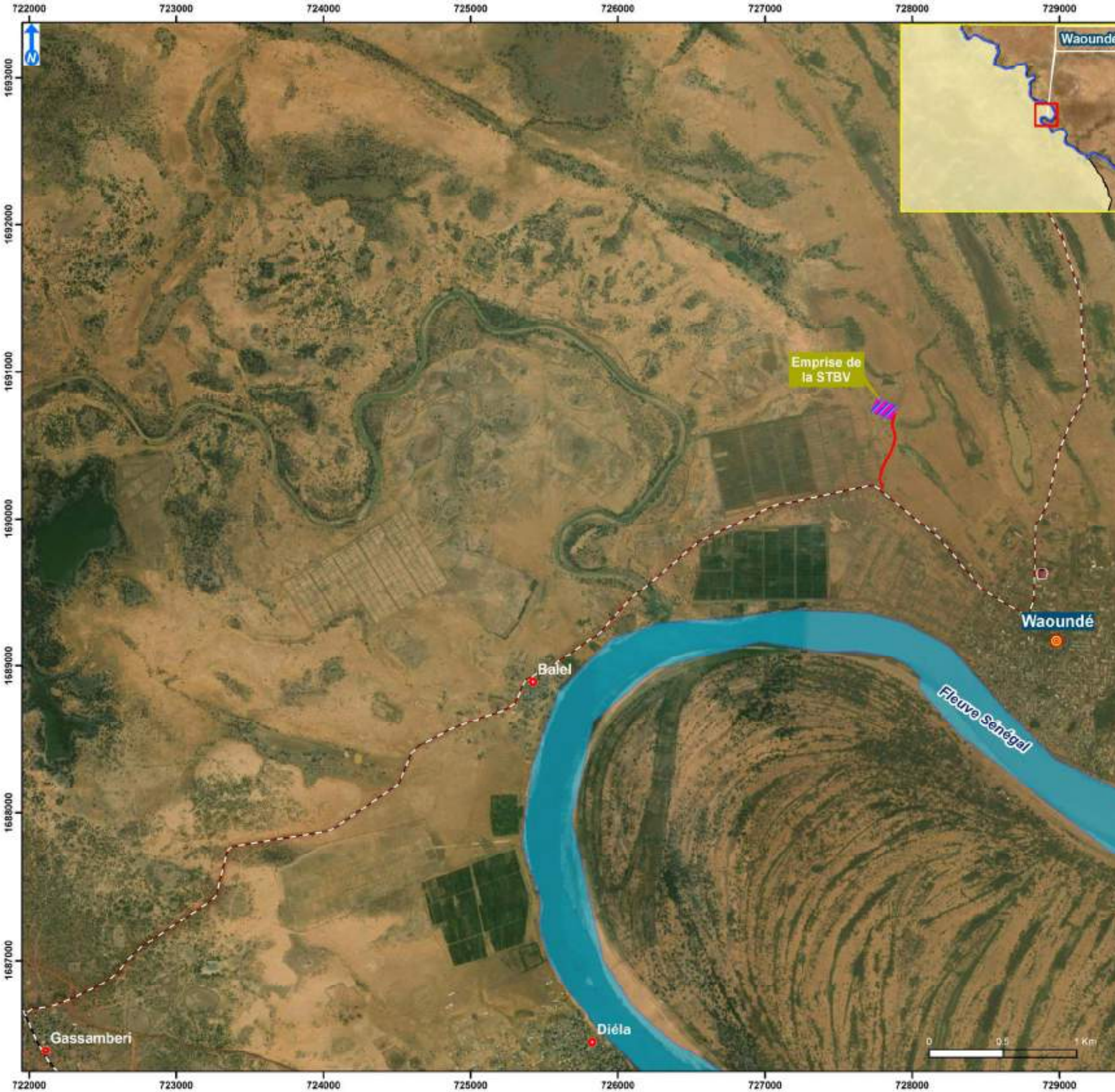
Carte 1 : Localisation de commune de Waoundé

Légende

- Commune de Waoundé
- Limite communale
- Route nationale
- Fleuve
- Région de Matam

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 28N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500 000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -15.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter
Date : Décembre 2021





RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



COMMUNE DE WAOUNDÉ



Étude sur le traitement des boues de vidange et valorisation de sous-produits d'assainissement de la ville de Waoundé

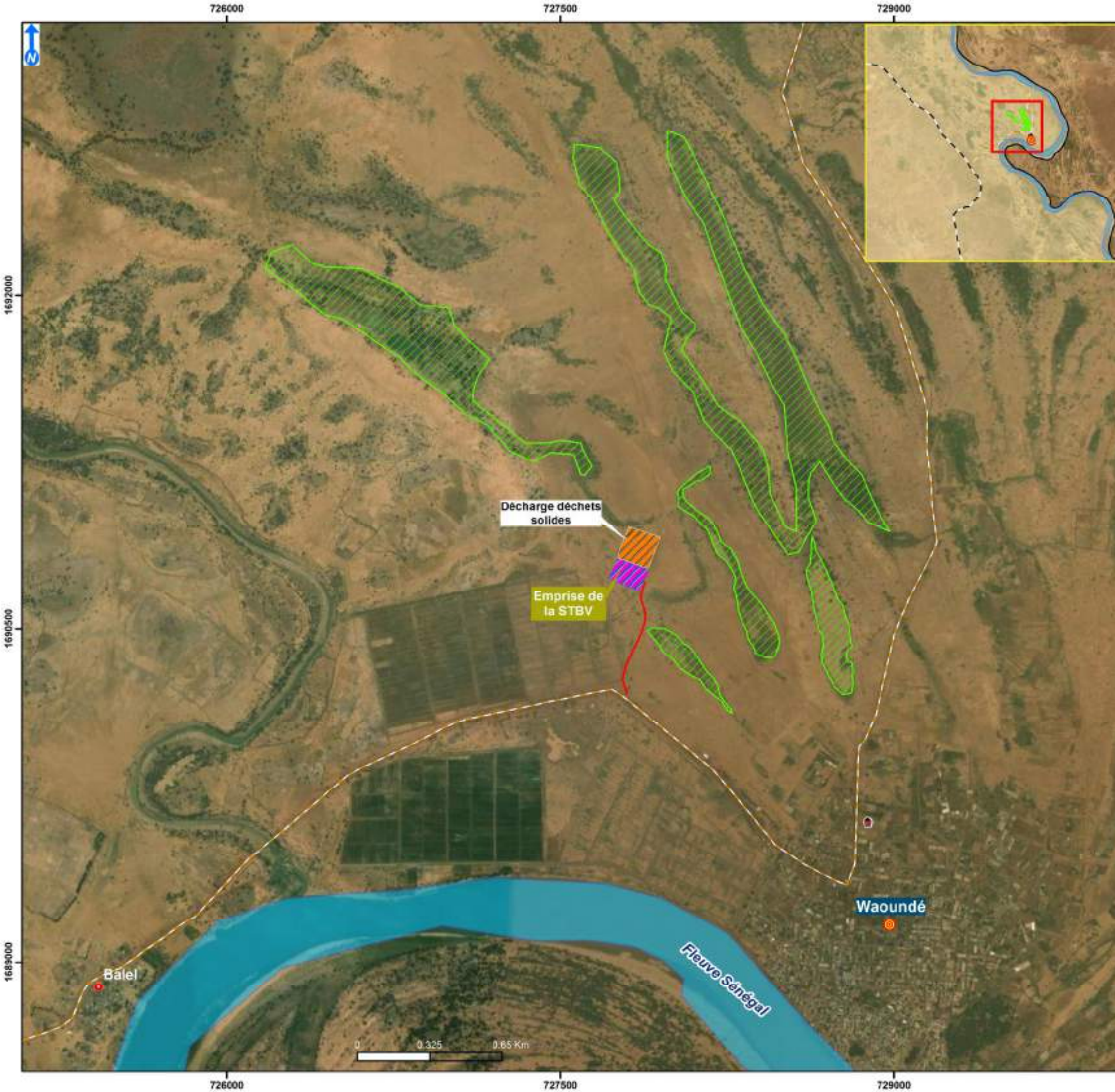
Carte 2 : Localisation de la STBV projetée

Légende

- Commune de Waoundé
- Localité environnante
- Mairie
- Piste d'accès de la STBV
- Piste d'accès de Waoundé
- Route nationale
- Emprise de la STBV
- Fleuve

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 28N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500 000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -15.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter
 Date : Décembre 2021





RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



COMMUNE DE WAOUNDÉ



Étude sur le traitement des boues de vidange et valorisation
de sous-produits d'assainissement de la ville de Waoundé

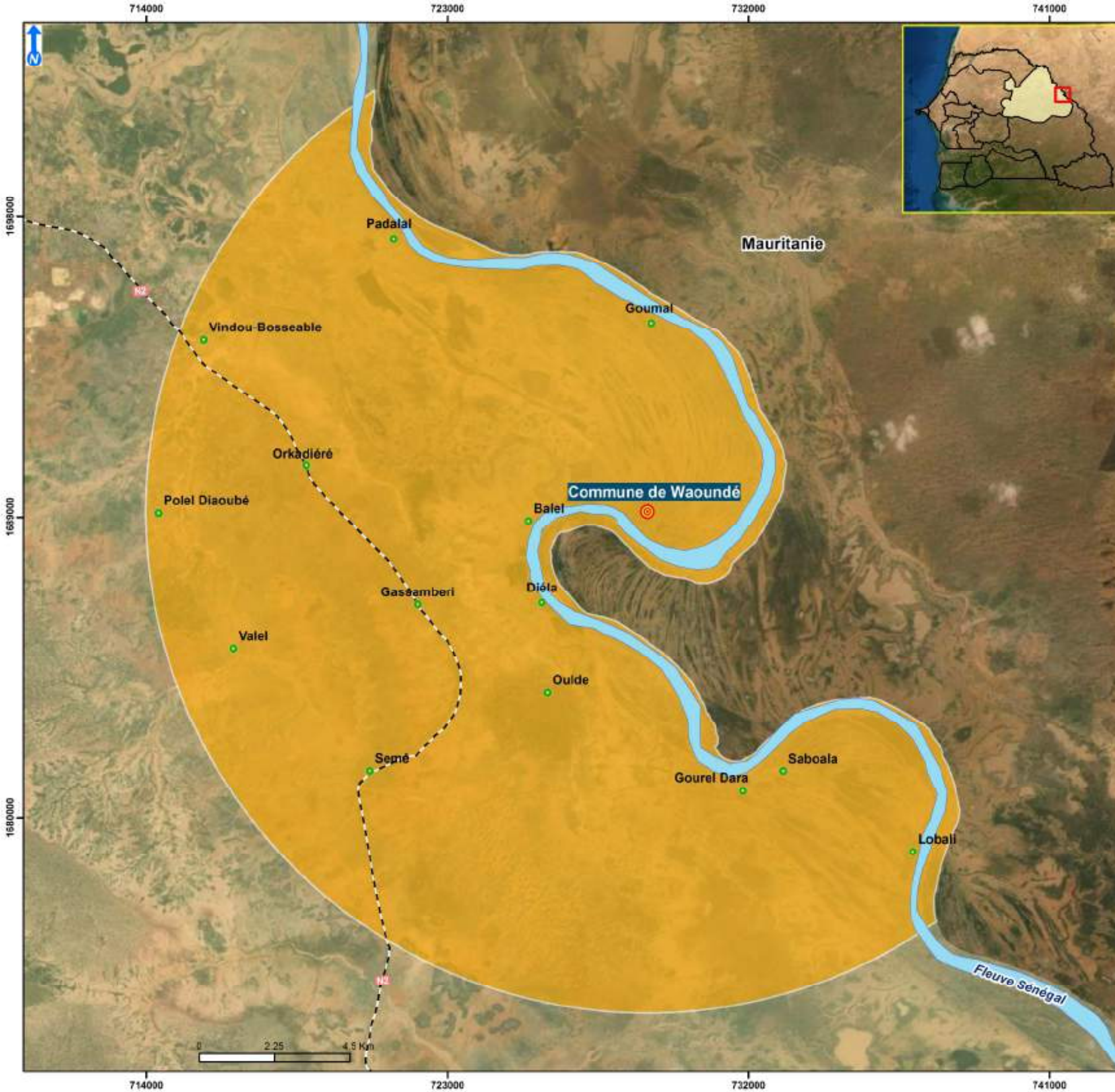
Carte 3 : Environnement immédiat de la STBV

Légende

- Commune de Waoundé
- Localité environnante
- Mairie
- Piste d'accès à la STBV
- Piste d'accès à Waoundé
- Décharge déchets solides
- Emprise de la STBV
- Fleuve
- Rizières

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 28N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500 000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -15.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter
Date : Décembre 2021





RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



COMMUNE DE WAOUNDÉ



Étude sur le traitement des boues de vidange et valorisation de sous-produits d'assainissement de la ville de Waoundé

Carte 4 : Localités environnantes de la commune de Waoundé

Légende

- Commune de Waoundé
- Localité environnante
- Route nationale
- Fleuve
- Région de Matam
- Zone potentielle couverte

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 28N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500 000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -15.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter
 Date : Décembre 2021



ANNEXE II : PLANS

LISTE DES PLANS

N° PLAN	Designation	Échelle ; Format papier
I PLANS GÉNÉRAUX		
I-1	Plan de situation	Graphique ; A3
II STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGES		
II-1	Station de traitement des boues de vidange: Vues en plan et coupes	
II-1	Plan de masse/Vue d'ensemble de la STVB	
	• Planché 1 sur 2	1/2000 ; A3
	• Planché 2 sur 2	1/500 ; A3
II-1-1	Station de traitement des boues de vidange_Détails	
	• Planché 1 sur 4	1/150 ; A3
	• Planché 2 sur 4	1/100 ; A3
	• Planché 3 sur 4	1/50 ; A3
	• Planché 4 sur 4	1/50 ; A3
II-2	Station de traitement des boues de vidange: Profils hydrauliques	
	• Planché 1 sur 7	1/500 ; A3
	• Planché 2 sur 7	Variable ; A3
	• Planché 3 sur 7	Variable ; A3
	• Planché 4 sur 7	Variable ; A3
	• Planché 5 sur 7	Variable ; A3
	• Planché 6 sur 7	Variable ; A3
	• Planché 7 sur 7	Variable ; A3
II-3	Station de traitement des boues de vidange: Ouvrages Types	
	• Planché 1 sur 1	Variable ; A3
II-4	Station de traitement des boues de vidange: Vue d'ensemble en 3D	
	• Planché 1 sur 3	Graphique ; A3
	• Planché 2 sur 3	Graphique ; A3
	• Planché 3 sur 3	Graphique ; A3

I

PLAN DE SITUATION



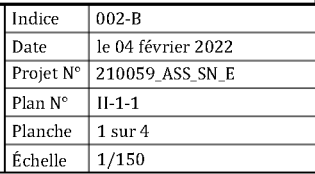
Version	Date	Objet/Modifications	Révisé par	Vérifié par	Approuvé par	 RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL Un Peuple - Un But - Une Foi COMMUNE DE WAOUNDÉ	Maître d'ouvrage:       	Partenaire:          	Maître d'œuvre: SIAT SÉNÉGAL SAS/IDEV  	Projet: ÉTUDE SUR LE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE ET VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ	Titre du plan: STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE PLAN DE SITUATION	Indice	002-B
A	Jan. 2022	Préparation des données	W.A.S.L.L.	S. 30466	S. 30466							Date	le 04 février 2022
B	Fév. 2022	Préparation des données										Projet N°	210059.ASS.SN.E
C												Plan N°	1-1
D												Planche	1 sur 1
E												Échelle	Graphique



STATION DE TRAITEMENT DESBOUES DE VIDANGES

II-1

STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGES : VUES EN PLAN ET COUPES

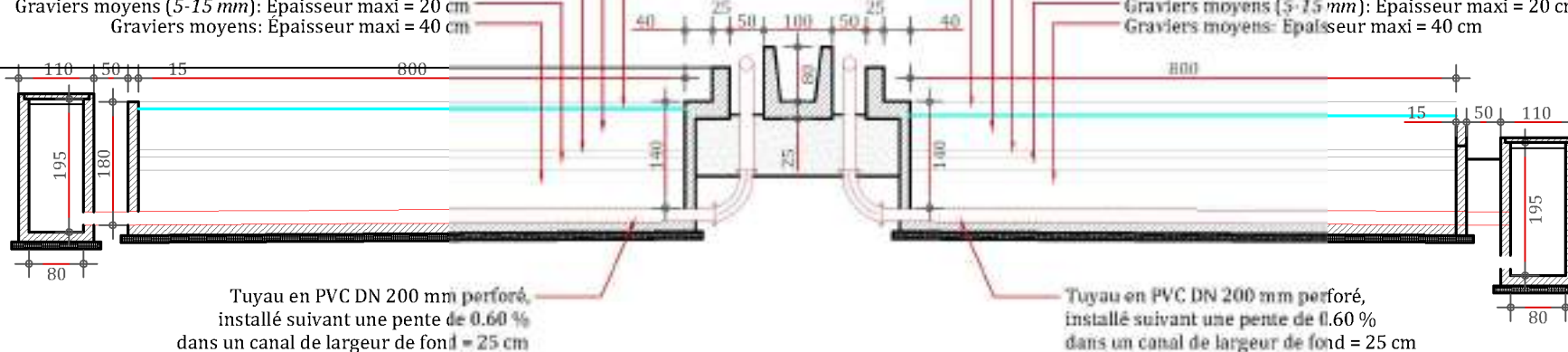


Coupe transversale d'un Lit de séchage

Echelle: 1/100

Revanche = 20 cm
Boues: Épaisseur maxi = 66 cm
Sable criblé lavé (0-2 mm): Épaisseur maxi = 10 cm
Graviers moyens (5-15 mm): Épaisseur maxi = 20 cm
Graviers moyens: Épaisseur maxi = 40 cm

- Revanche = 20 cm
- Boues: Épaisseur maxi = 66 cm
- Sable criblé lavé (0-2 mm): Épaisseur maxi = 10 cm
- Graviers moyens (3-15 mm): Épaisseur maxi = 20 cm
- Gravier moyens: Épaisseur maxi = 40 cm

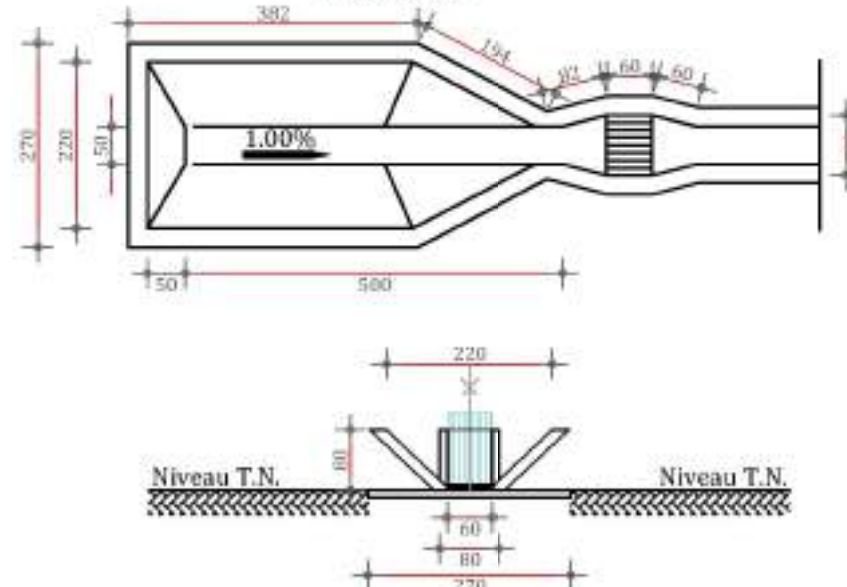


Ouvrage de Réception - Canal Dégrilleur

Échelle: 1/100

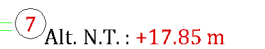
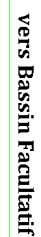
Vue en plan

Coupe A-A



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	 RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL Un Peuple - Un But - Une Foi					ÉTUDE SUR LE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE ET VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ	Titre du plan:	Indice	002-B
A	Jan. 2022	Première Edition	M. A. SYLL	S. TOURÉ	S. KAERÉ	COMMUNE DE WAOUNDÉ		 				STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE	Date	le 04 février 2022
B	Fév. 2022	VersionDéfinitive										Projet N°	210059_ASS_SN_E	
C												Plan N°	II-1	
D												Planche	2 sur 4	
E												Échelle	1/100	

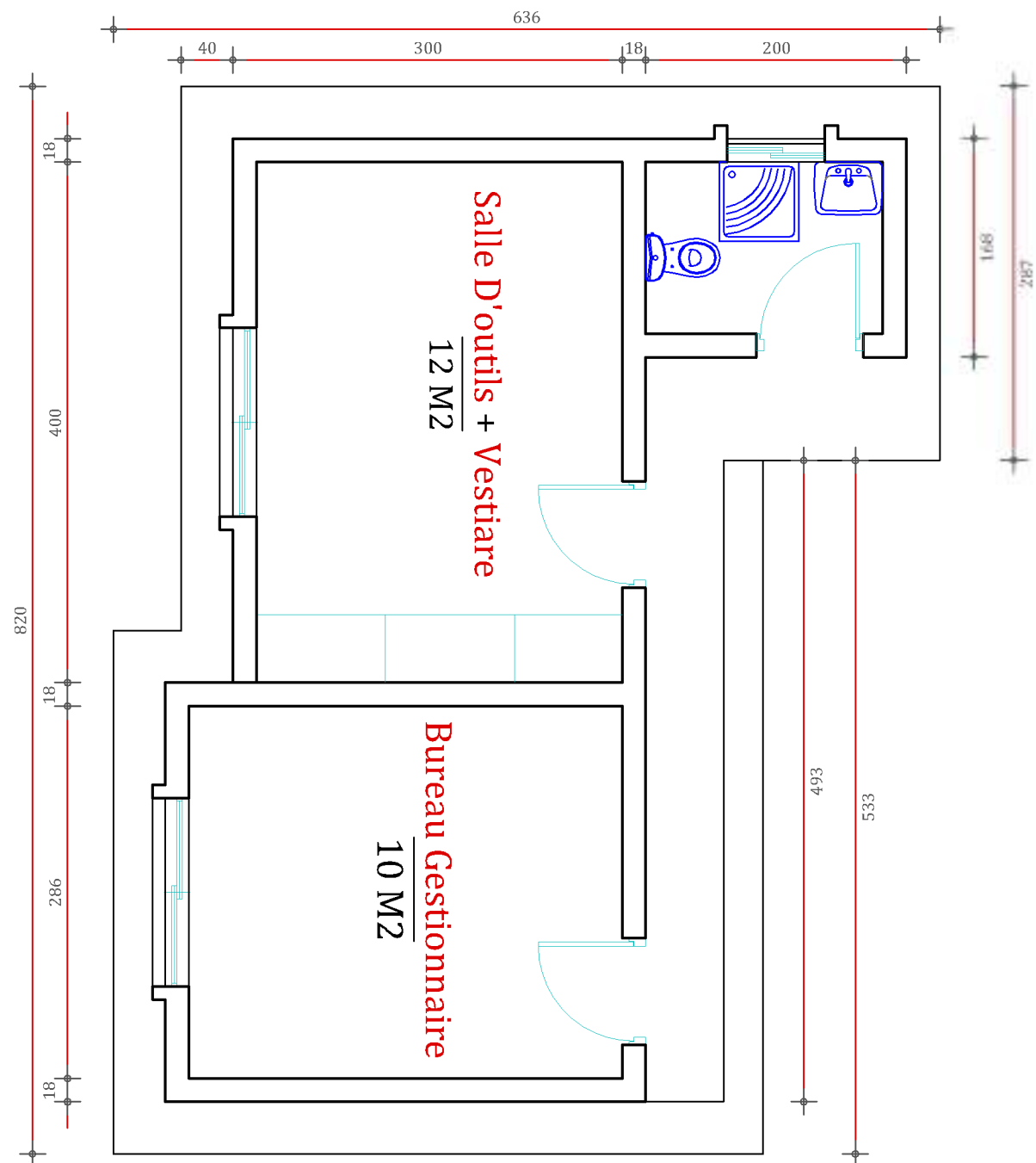
1. Sortie STBV;
2. Bâche de pompage;
3. Pompe;
4. Regard de visite;
5. Robinet
6. Vanne de sectionnement
7. Conduite de refoulement vers bassin facultatif



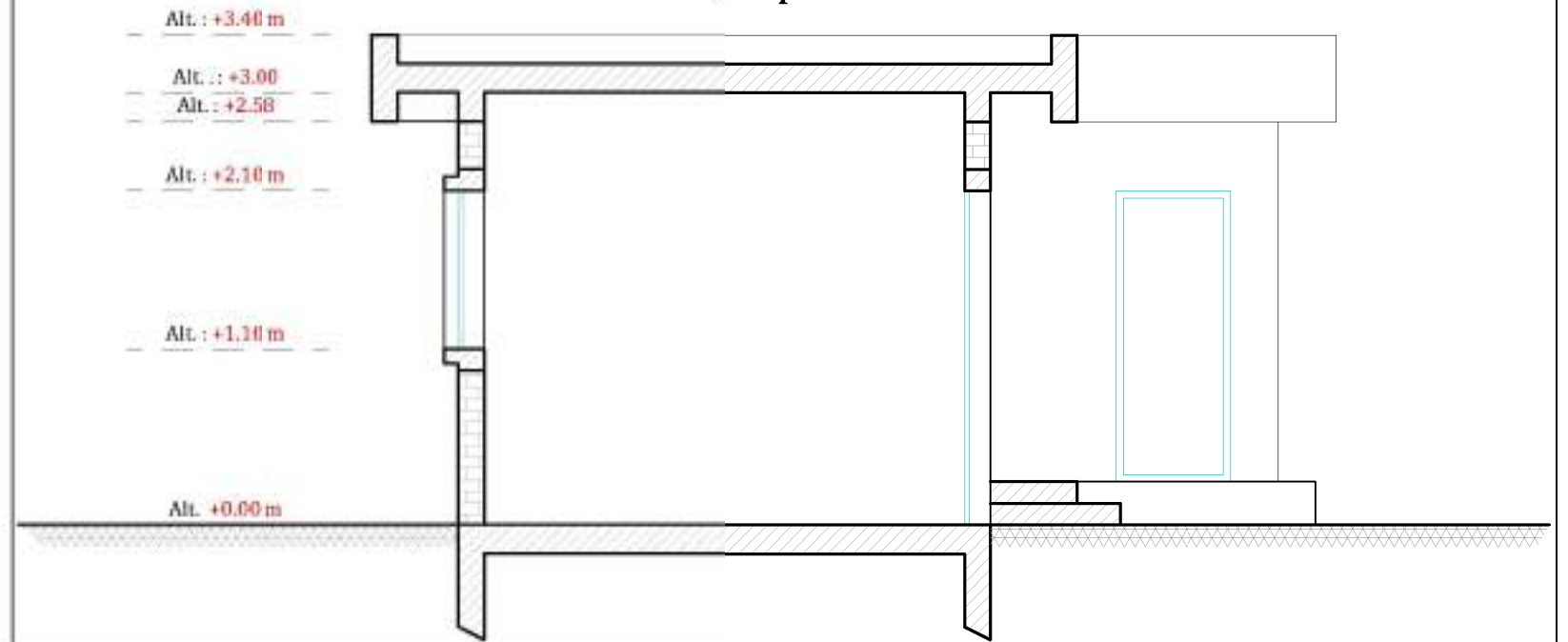
Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	 RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL Un Peuple - Un But - Une Foi					Titre du plan:	Indice	002-B
A	Jan. 2022	Première Edition	M. A. SYLL	S. TOURÉ	S. KAERÉ	COMMUNE DE WAOUNDÉ				ÉTUDE SUR LE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE ET VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ	STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DÉTAILS_BÂCHE DEPOMPAGE	Date	le 04 février 2022
B	Fév. 2022	VersionDéfinitive										Projet N°	210059_ASS_SN_E
C												Plan N°	II-1
D												Planche	3 sur 4
E												échelle	1/50

Bâtiment administratif

Vue en Plan

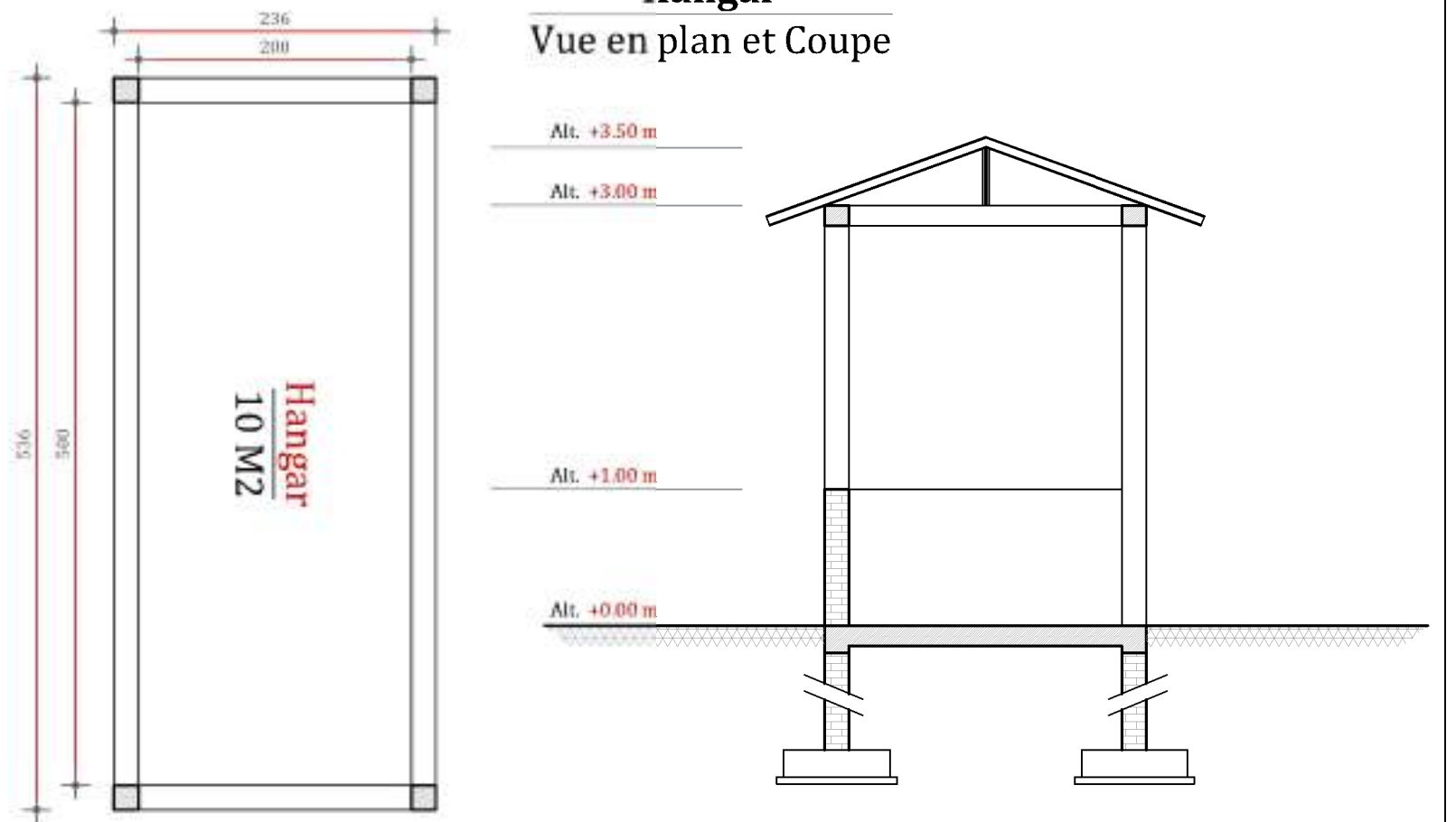


Bâtiment administratif
Coupe



Hangar

Vue en plan et Coupe



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:
A	Jan. 2022	Première Édition	M. A. SYLL	S. TOURÉ	S. KAERÉ
B	Fév. 2022	Version Définitive			
C					
D					
E					



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL
Un Peuple - Un But - Une Foi

COMMUNE DE WAOUNDÉ



<u>Project:</u>

ÉTUDE SUR LE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE ET
VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT
DE LA VILLE DE WAOUNDÉ

PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ

Titre du plan:

**STATION DE TRAITEMENT DES
BOUES DE VIDANGE
DÉTAILS_BÂTIMENT
ADMINISTRATIF ETHANGAR**

Indice	002-B
Date	le 04 février 2022
Projet N°	210059_ASS_SN_E
Plan N°	II-1
Planche	4 sur 4
Échelle	1/50

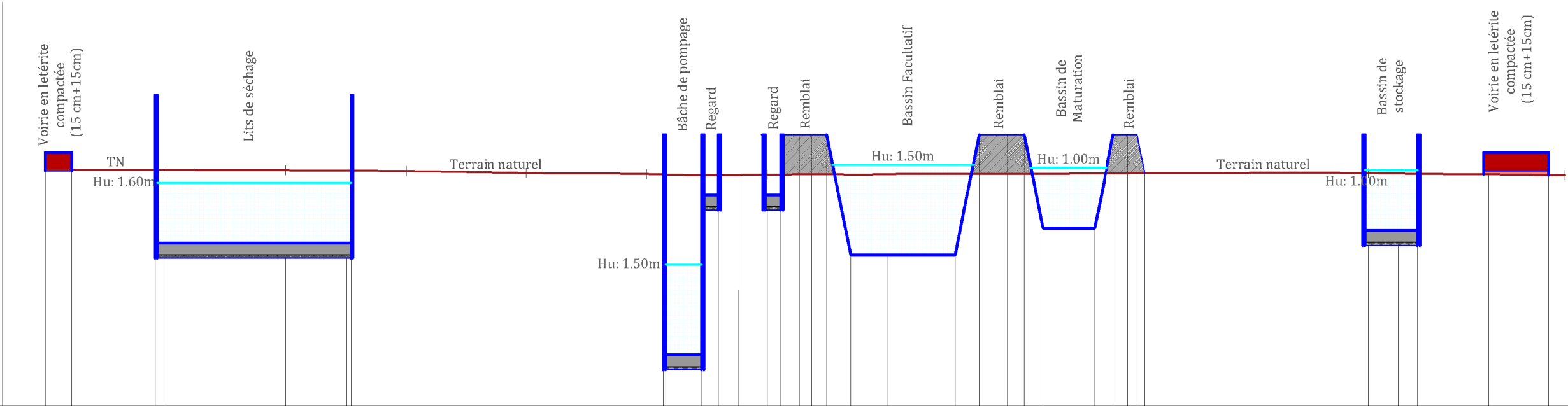
II-2

STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGES : PROFILS HYDRAULIQUES

PROFIL EN LONG AXE_BASSINS

Echelle X : 1/400
Echelle Z : 1/80

- Légende décaissement :
- Géomembrane
 - Dallage béton
 - Géotextile
 - Latérite
 - Béton de Propreté
 - Béton armé
 - Remblai compacté



Plan Comp : 14.0

Numéro de tabulation	P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7		P 8		P 9		P 10		P 11		P 12		P 13		P 14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Terrain	Z	0.00	17.93																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	D	10.00		10.00		10.00		20.00	17.92	10.00		30.00	17.91	10.00		40.00	17.87	10.00		50.00	17.85	10.00		60.00	17.85	10.00		70.00	17.86	10.00		80.00	17.86	10.00		90.00	17.87	10.00		100.00	17.88	10.00		110.00	17.87	10.00		120.00	17.85	6.33		126.33	17.84																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Projet		18.21	18.21			19.17	16.71	16.71		16.71	19.17		18.51	14.85	14.85		18.51	18.51		18.51	18.51		16.51	16.51		16.51	16.51		16.51	16.51		16.51	18.51		18.51	18.51		16.96	16.96		18.51	18.51		18.51	17.87		16.92	16.92		18.51	18.21		18.21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Profondeurs		0.28	-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21		-1.21	-1.21

Mensura Genius

Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:
A	Jan. 2022	Première Edition	M. A. SYLL	S. TOURÉ	S. KABRÉ
B	Fév. 2022	Version Définitive			
C					
D					
E					



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL
Un Peuple - Un But - Une Foi



COMMUNE DE WAOUNDÉ

Maitre d'Ouvrage :



Partenaire:



Maitre d'Œuvre:



Projet:

ÉTUDE SUR LE TRRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE ET
VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT
DE LA VILLE DE WAOUNDÉ
PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ

Titre du plan:

**STATION DE TRAITEMENT DES
BOUES DE VIDANGE
PROFILS HYDRAULIQUES**

Indice	002-B
Date	le 04 février 2022
Projet N°	210059_ASS_SN_E
Plan N°	II-2
Planche	2 sur 7
Échelle	Variable

PROFIL EN LONG DÉTAILS AXE_BASSINS(1 sur 2)

Echelle X : 1/200
Echelle Z : 1/100

Légende décaissement :

- Géomembrane
- Dallage béton
- Géotextile
- Latérite
- Béton de Propreté
- Béton armé

Plan Comp : 14.1

Numéro de tabulation	P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7	
Terrain	N 17.93		N 17.92		N 17.92		N 17.91		N 17.87		N 17.85		N 17.85	
	D 0.00		D 10.00		D 20.00		D 30.00		D 40.00		D 50.00		D 60.00	
Projet	18.21	18.21	16.71	16.71	16.71	16.71	16.71	16.71	16.71	16.71	14.85	14.85	17.51	17.51
Profondeurs	0.28	0.28	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21

Mensura Genius

PROFIL EN LONG DÉTAILS AXE_BASSINS(2 sur 2)

Echelle X : 1/200
Echelle Z : 1/100

Légende décaissement :

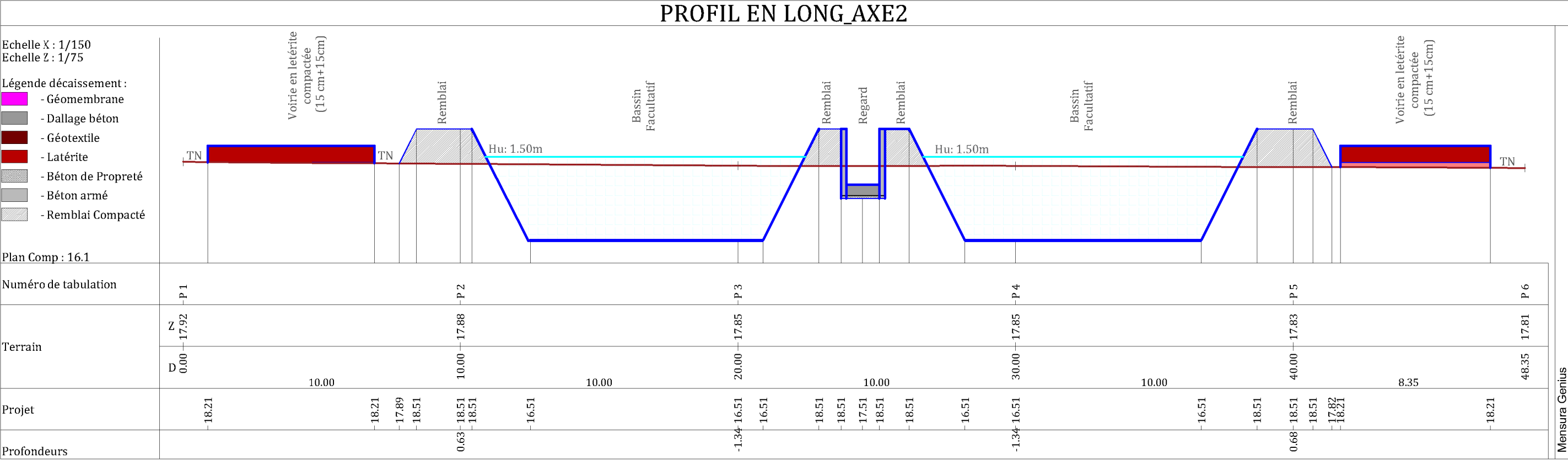
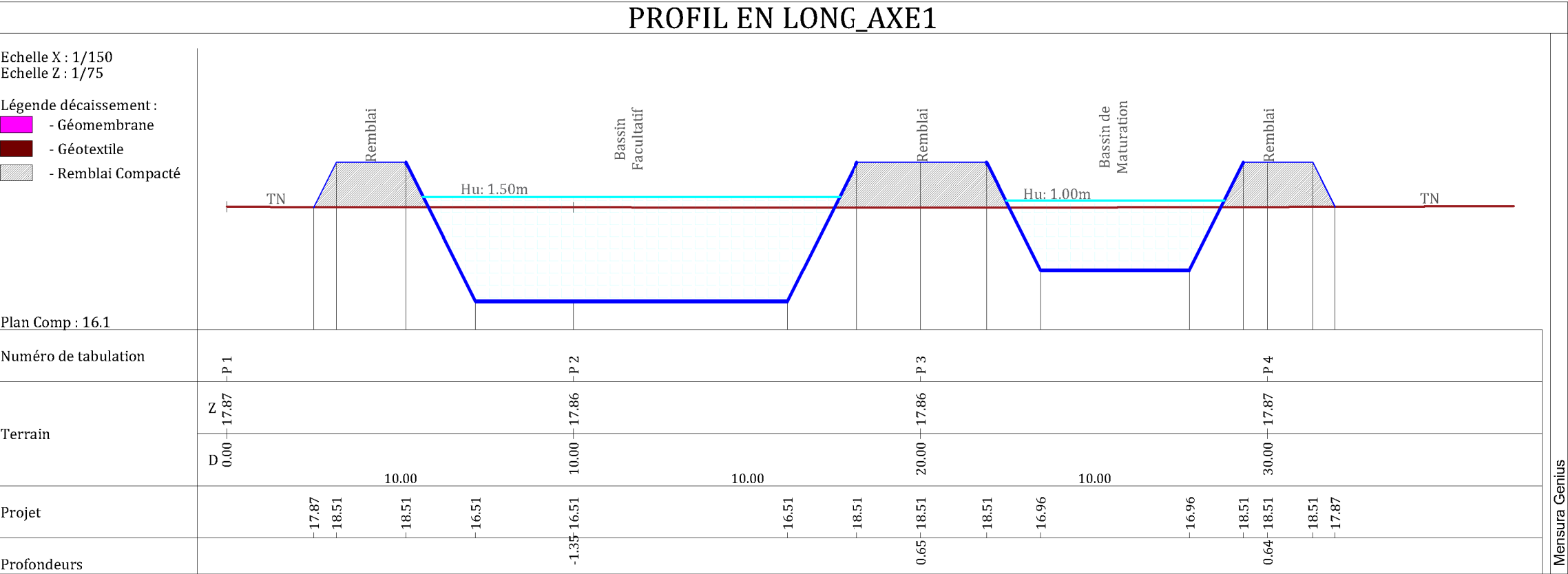
- Géomembrane
- Dallage béton
- Géotextile
- Latérite
- Béton de Propreté
- Béton armé
- Remblai compacté

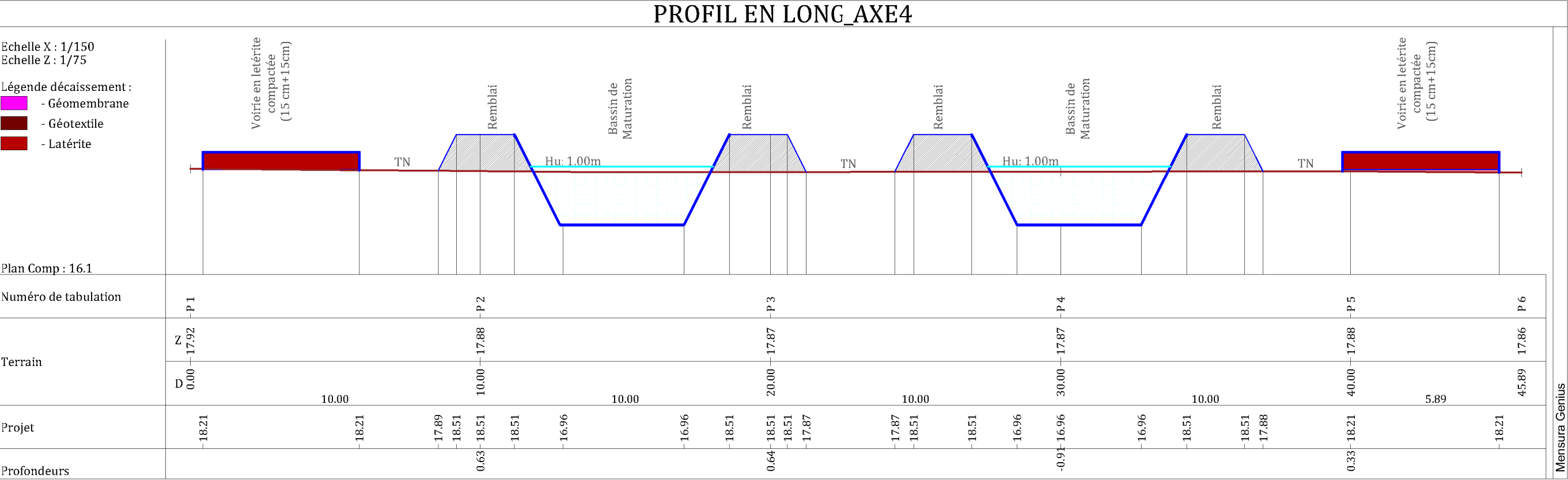
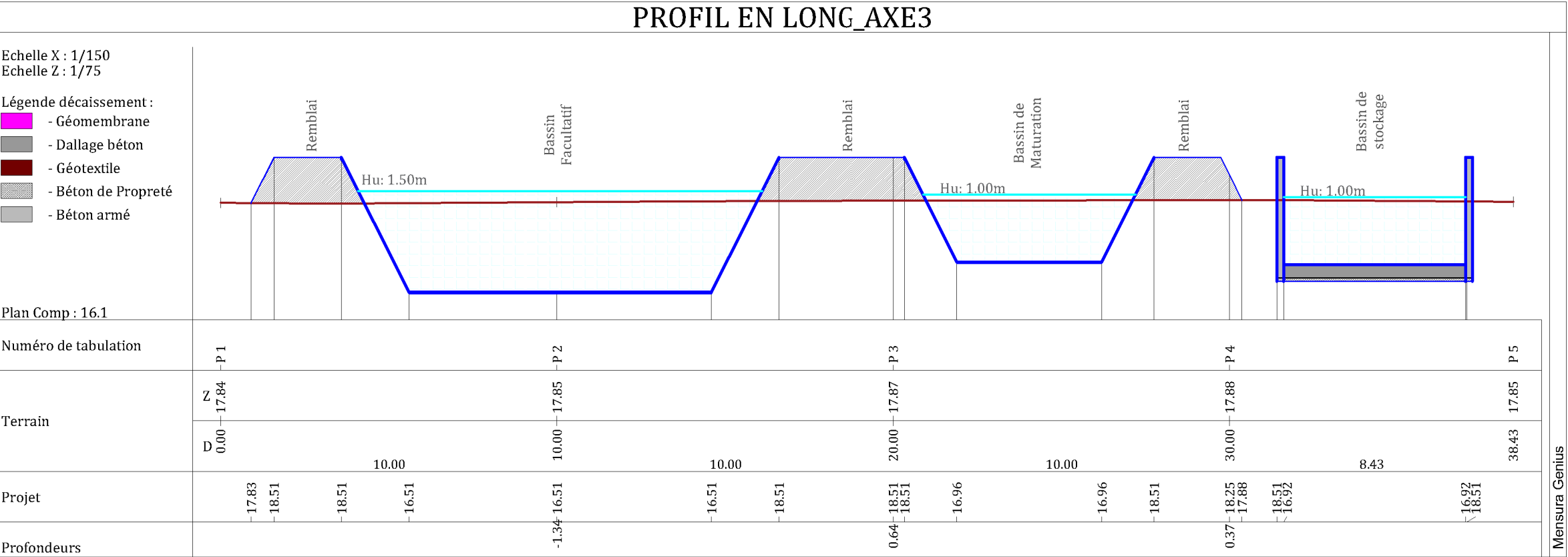
Plan Comp : 14.1

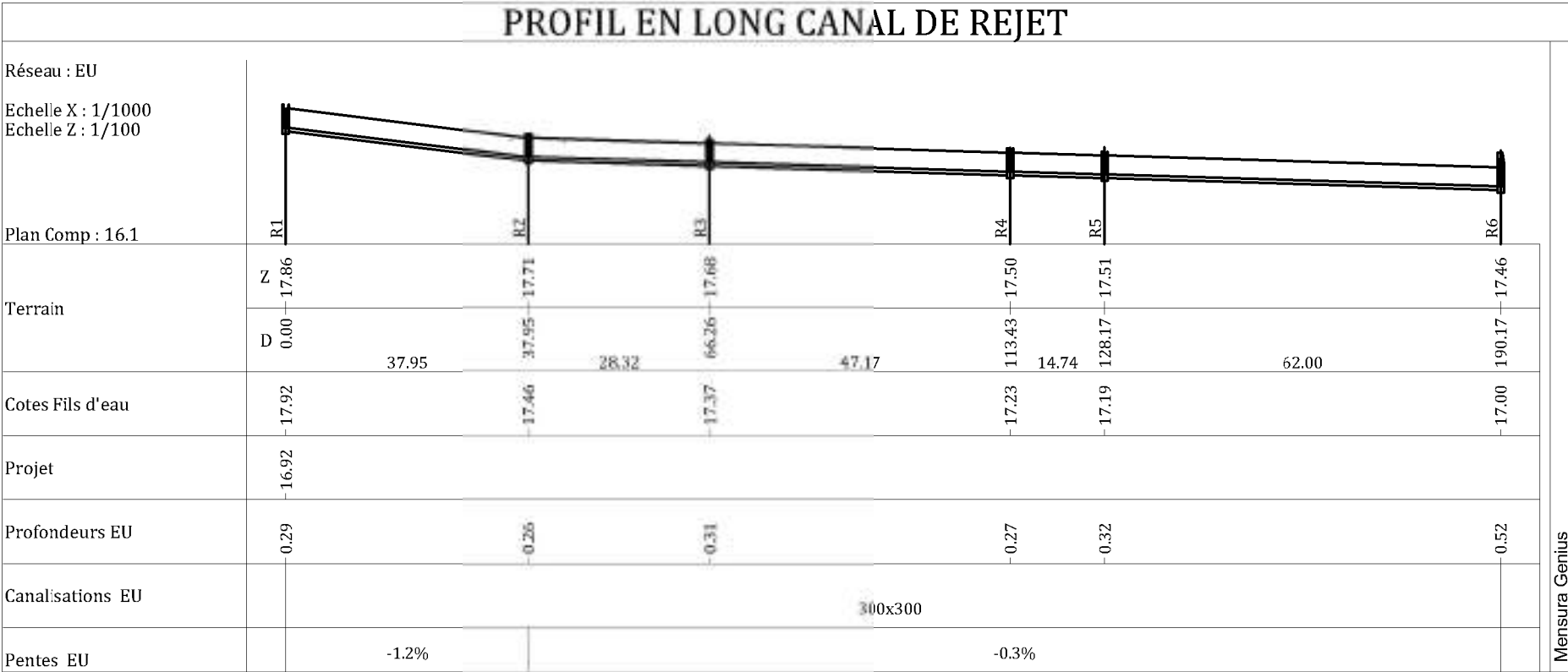
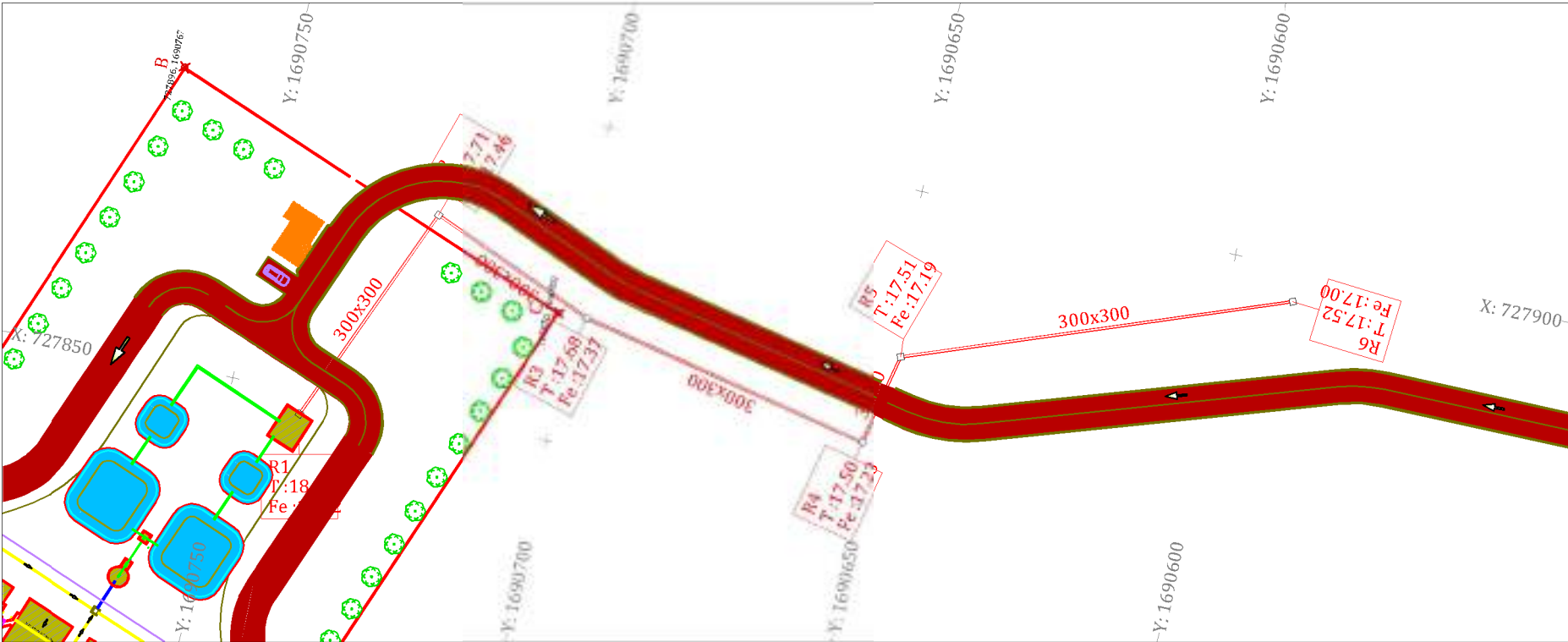
Numéro de tabulation	P 7		P 8		P 9		P 10		P 11		P 12		P 13		P 14	
Terrain	N 17.85		N 17.86		N 17.86		N 17.87		N 17.88		N 17.87		N 17.85		N 17.84	
	D 60.00		D 70.00		D 80.00		D 90.00		D 100.00		D 110.00		D 120.00		D 126.33	
Projet	17.51	17.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.51	18.21	18.21	18.21	18.21
Profondeurs	0.34	0.34	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

Mensura Genius

Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL Un Peuple - Un But - Une Foi COMMUNE DE WAOUNDÉ	Maître d'Ouvrage :		Partenaire:		Maître d'Œuvre: SIAT SÉNÉGAL SAS/IDEV		Projet:		Titre du plan:		Indice	002-B
A	Jan. 2022	Première Edition	M. A. SYLL	S. TOURÉ	S. KABRÉ								ÉTUDE SUR LE TRAITMENT DES BOUES DE VIDANGE ET VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ		STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE PROFILS HYDRAULIQUES		Date	le 04 février 2022
B	Fév. 2022	Version Définitive											PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ				Projet N°	210059_ASS_SN_E
C																	Plan N°	II-2
D																	Planche	3 sur 7
E																	Échelle	Variable



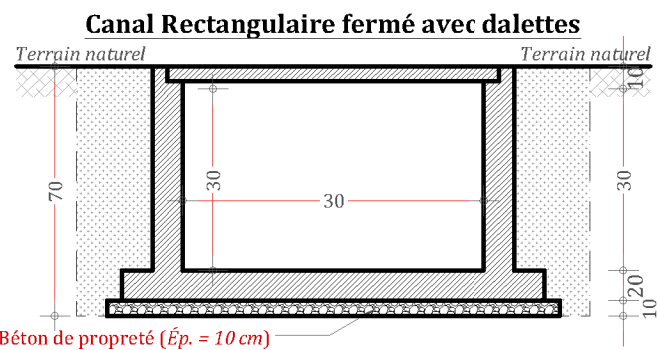




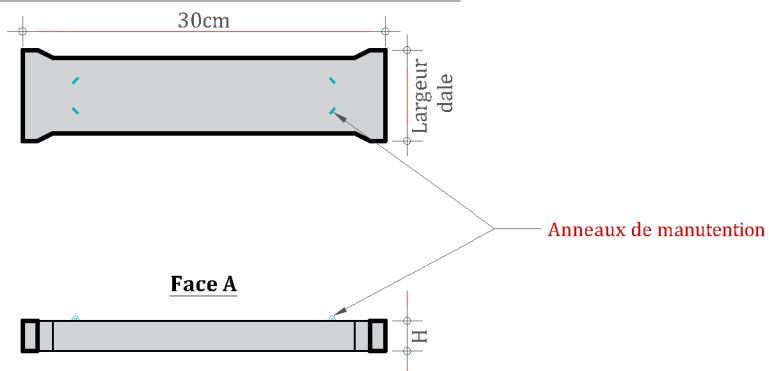
II-3

STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE: OUVRAGES TYPE

PROFIL EN TRAVERS

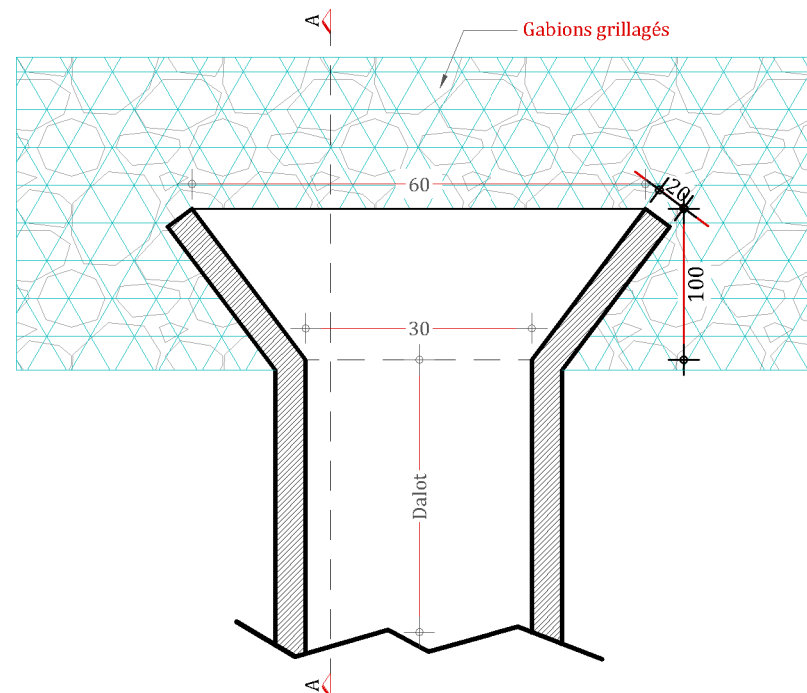


dallette avec 4 anneaux de manutention

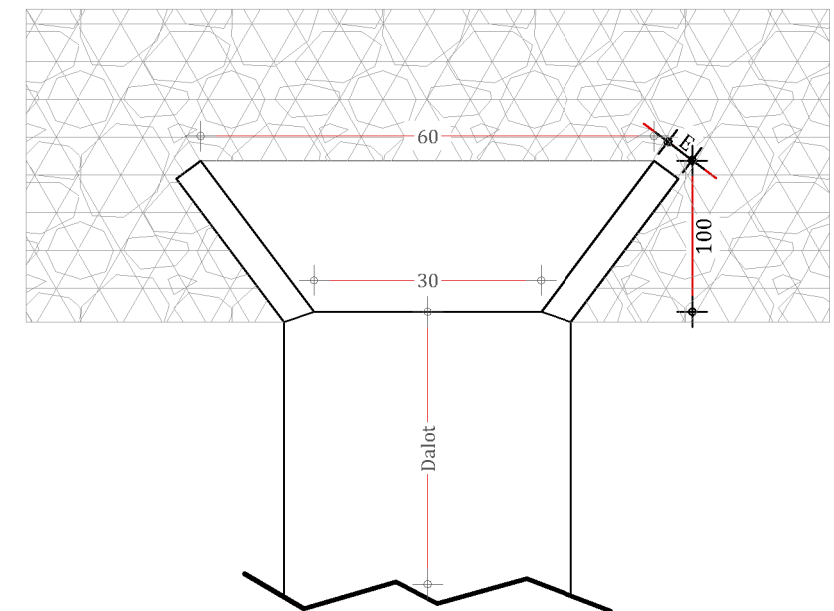


BOUT DU CANAL DE REJET

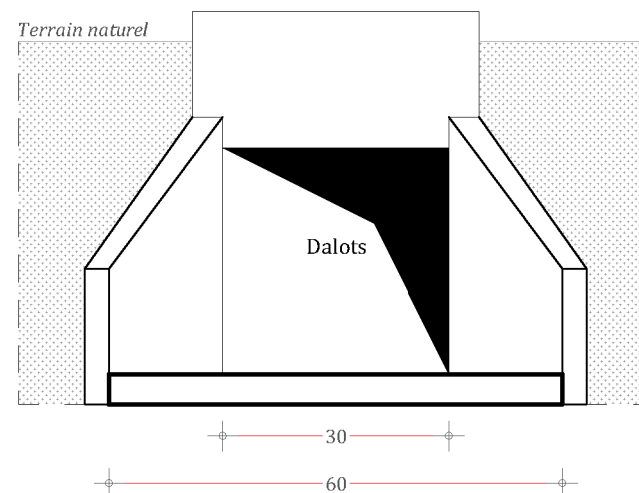
Vue en plan



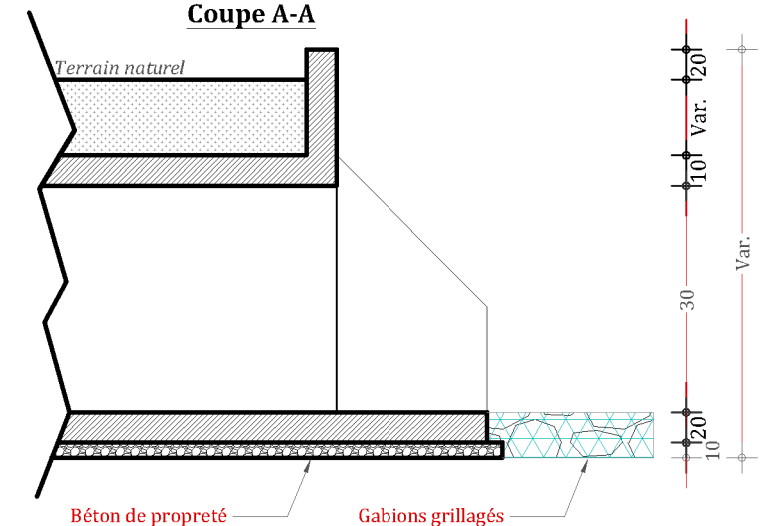
Vue de dessus



Façade



Coupe A-A



Indice	Date	Objet Modifications	Réalisé par:	Vérifié par:	Approuvé par:	RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL Un Peuple - Un But - Une Foi COMMUNE DE WAOUNDÉ	Maitre d'Ouvrage:	Partenaire:	Maitre d'Œuvre:	Projet:	Titre du plan:	Indice	002-B
A	Jan. 2022	Première Édition	M. A. SYLL	S. TOURÉ	S. KABRÉ		ADOS	VALENCIA	SIAT SÉNÉGAL SAS/IDEV	ÉTUDE SUR LE TRRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE ET VALORISATION DE SOUS-PRODUITS D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE WAOUNDÉ	STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE OUVRAGES TYPE	Date	le 04 février 2022
B	Fév. 2022	Version Définitive										Projet N°	210059_ASS_SN_E
C												Plan N°	II-3
D												Planche	1 sur 1
E										PHASE APD: AVANT PROJET DÉTAILLÉ		Échelle	Variable

II-4

STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGES : VUE D'ENSEMBLE EN 3D





