



AVANT-PROJET DÉTAILLÉ

APPUI AUX INITIATIVES DES COLLECTIVITÉS LOCALES POUR L'HYDRAULIQUE ET L'ASSAINISSEMENT (AICHA)

Mise en place d'une Station de Traitement des Boues de Vidange dans la commune de Ross Béthio

Version finale

19 avril 2024

GRET



Liste des acronymes

AICHA : Appui aux Initiatives des Collectivités locales pour l'Hydraulique et l'Assainissement

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

ARD : Agence Régionale de Développement de Saint-Louis

C/N : Rapport Carbone-Azote

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DN : Diamètre Nominal

DRA : Direction Régionale de l'Assainissement

DREEC : Direction Régionale de l'Environnement et des Etablissements Classés

Gret : Professionnels du développement solidaire

GBV : Gestion des Boues de Vidange

MES : Matières en suspension

MS : Matières sèches

NT : Azote total

ONAS : Office National de l'Assainissement au Sénégal

PDC : Plan de Développement Communal

PN : Pression Nominale

PH : Potentiel Hydrogène

PVC : Polychlorure de Vinyle

STBV : Station de Traitement des Boues de Vidange

Table des matières

Introduction	5
CONTEXTE	5
OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	5
1. Présentation de la zone d'étude	6
1.1. LOCALISATION DE LA COMMUNE	6
1.2. DÉFINITION DES ENJEUX EN LIEN AVEC L'ASSAINISSEMENT ET CARTOGRAPHIE DES ACTEURS DE LA GBV	7
1.2.1. Enjeux en lien avec l'assainissement	7
1.2.2. Cartographie des acteurs de la GBV	7
1.3. IDENTIFICATION DES 3 SITES ET ORIENTATION POUR L'IMPLANTATION DE LA STBV	7
1.3.1. Présentation des 3 sites	7
1.3.2. Orientation pour l'implantation de la STBV	8
2. Quantification et caractérisation des boues à court terme (horizon 2035)	9
2.1. QUANTIFICATION DES BOUES	9
2.1.1. Projections domestiques	10
2.1.2. Projections pour particuliers	11
2.2. CARACTÉRISATION DES BOUES	12
3. Dimensionnement et descriptions détaillées des ouvrages	13
3.1. TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT RETENUES POUR LA STBV	13
3.2. POINT DE DÉPOTAGE	16
3.3. CANAL DE DÉGRILLAGE-DESSABLAGE	16
3.4. BASSIN DE SÉDIMENTATION (TRAITEMENT PRIMAIRE)	17
3.5. LITS DE SÉCHAGE NON PLANTÉS	19
3.6. BASSINS DE LAGUNAGE	20
3.6.1. Dimensionnement du premier bassin	20
3.6.2. Dimensionnement du deuxième et du troisième bassin	21
3.7. VALORISATION DES SOUS-PRODUITS	22
3.7.1. Hangar de stockage des boues séchées	22
3.7.2. Hangar de Co-compostage	23
3.7.3. Hangar de production et de stockage du bio charbon	23
3.8. AMÉNAGEMENT DE LA STBV	23
3.8.1. Local d'exploitation	23
3.8.2. Aménagement de la voirie	23
3.8.3. Sécurité interne	23
4. Exploitation de la STBV	24
5. Estimation du coût d'investissement de la STBV	25
6. Annexes	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la commune de Ross Béthio	6
Figure 2 : Site de Dungalma	8
Figure 3 : Carrière de sable.....	8
Figure 4 : Site de Bokk Jom.....	8
Figure 5 : Localisation des 3 sites.....	9
Figure 6 : Projection des boues dépotées d'ici 2035.....	11
Figure 7 : Projection des boues dépotées d'ici 2035 (Tranche des particuliers).....	11
Figure 8 : Cumul projection des boues de Ross Béthio H2035.....	12
Figure 9 : Plan synoptique de la STBV.....	16
Figure 10 : plans du point de dépotage et du canal de dégrillage.....	17
Figure 11 : Coupe du bassin de sédimentation.....	19
Figure 12 : Coupe lit de séchage non planté.....	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des acteurs rencontrés.....	5
Tableau 2 : Tableau de critères des 3 sites.....	8
Tableau 3 : Coordonnées GPS du site de Bokk Jom.....	9
Tableau 4 : Situation actuelle de volume de boues dépotées dans la zone.....	10
Tableau 5 : Tableau d'analyse des boues.....	12
Tableau 6 : Résultats d'analyse des métaux lourds contenat dans les BV.....	13
Tableau 7 : Analyse comparative des technologies de traitement.....	13
Tableau 8 : Tableau de dimensionnement du bassin de sédimentation.....	18
Tableau 9 : Tableau de dimensionnement des lits de séchage.....	20
Tableau 10 : Dimensionnement du premier bassin de lagunage.....	21
Tableau 11 : Tableau de dimensionnement du deuxième et troisième bassin.....	22
Tableau 12 : Plan de gestion et d'exploitation de la stbv.....	24
Tableau 13 : Coûts d'investissement de la STBV.....	25

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plan de masse de la STBV.....	26
Annexe 2 : Tableaux de projection des boues (domestiques et particuliers).....	28

INTRODUCTION

Contexte

Le programme AICHA mis en œuvre depuis 2012 par l'ARD de Saint Louis, le Gret et l'ONG le Partenariat en lien avec les services techniques régionaux de l'hydraulique et de l'assainissement. L'objectif général du programme est d'améliorer les conditions de vie des habitants des communes les plus faiblement desservies en eau potable et en assainissement de base dans la région de St Louis. Dans cette troisième phase (2021-2024) financé par le SEDIF et l'AESN l'un des objectifs spécifiques est l'un des objectifs spécifiques du projet AICHA est d'accompagner la professionnalisation de la gestion et du suivi des services d'eau potable et d'assainissement, et améliorer les pratiques des ménages et dans les lieux publics en matière d'hygiène et d'assainissement. C'est dans ce cadre que la mise en place d'un système de gestion des boues de vidange et de dispositif de suivi des services d'assainissement (STEFA) dans la commune de Ross Béthio est envisagée. Cette étude s'inscrit dans cette activité.

Le taux d'équipement en ouvrage d'assainissement est très élevé dans la commune ainsi l'assainissement individuel constitue le principal moyen de gestion des matières fécales alors qu'un dispositif de gestion appropriée des boues de vidange fait défaut. C'est à cet effet que cette étude est mise en œuvre dans la commune de Ross Béthio en vue de remédier à cette situation à travers la mise en place d'une filière complète de gestion des boues de vidange à travers la conception des latrines, la vidange, le transport des boues, le traitement et la réutilisation des boues.

Objectifs et méthodologie de l'étude

L'objectif de ce rapport est de présenter les études d'avant-projet détaillé afin de définir les investissements et le modèle de gestion prévus pour le maillon traitement et valorisation du projet AICHA. D'une manière plus détaillée, il s'agira de proposer des technologies de traitement des boues de vidange de la commune et en ressortir des mesures concrètes sur les enjeux techniques, d'organisation des acteurs, financiers et de communication.

Les résultats de l'étude ont été obtenus à travers la méthodologie définie ci-dessous :

Rencontre avec les acteurs et revue documentaire

Des rencontres et entretiens avec les acteurs de l'assainissement ont été effectués afin d'identifier et de cartographier les enjeux en lieu avec la gestion des boues de vidange dans la zone d'étude. Le tableau suivant dresse la liste des structures rencontrées :

TABLEAU 1 : LISTE DES ACTEURS RENCONTRÉS

Acteurs	Rencontre prévue	Rencontre réalisée	Motif de l'écart
Mairie Ross Béthio	1	1	
ONAS St-Louis	1	1	
ONAS Richard-Toll	1	1	
DRA	1	1	
DREEC	1	0	Rendez-vous non obtenu

Les rencontres avec les acteurs ont également permis de collecter le PDC ; ce qui a facilité la revue documentaire.

Visite des 3 sites potentiels pour l'implantation de la STBV

Les 3 sites potentiels ont été identifiés et diagnostiqués afin de proposer une implantation stratégique pour la STBV.

Analyse de la caractérisation des boues

L'analyse sur la caractérisation des boues a été effectuée par un consultant afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et parasitologiques de celles-ci. Les résultats obtenus permettront, d'une part, de définir les pistes de traitement les plus adaptées, et d'autre part d'avancer sur le dimensionnement des ouvrages.

Dimensionnement des ouvrages et vérification des résultats

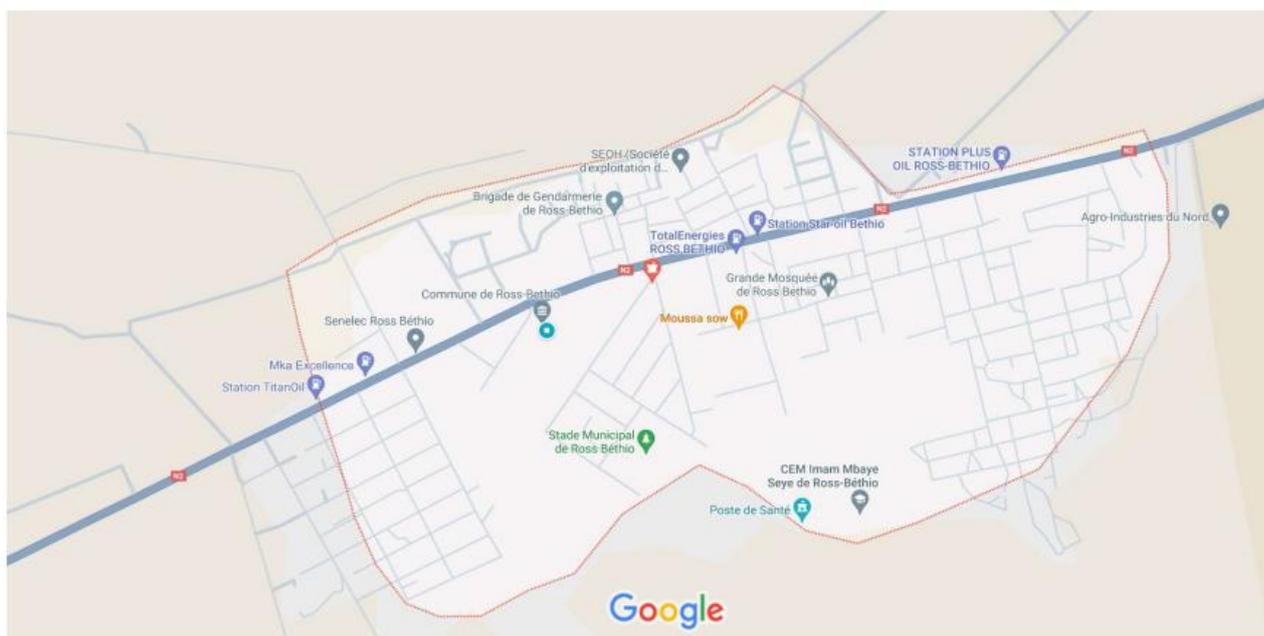
Le dimensionnement des options techniques est basé sur les visites de terrain, la configuration du site, la collecte des paramètres de base, les propriétés physico-chimiques des effluents et la recherche bibliographique.

1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Localisation de la commune

Ross Béthio est une ancienne communauté rurale érigée en commune urbaine en 2008. Elle compte 10 quartiers pour une population de 11 588 habitants (Recensement Général ANSD 2016) répartis sur un périmètre de 122 km² (PIC ARD/SL 2011).

Réalisation : Gret - Décembre 2023
Source : APD STBV Ross Béthio - Google Map



Données cartographiques ©2023 200 m

FIGURE 1 : LOCALISATION DE LA COMMUNE DE ROSS BÉTHIO

1.2. Définition des enjeux en lien avec l'assainissement et cartographie des acteurs de la GBV

1.2.1. Enjeux en lien avec l'assainissement

La commune de Ross Béthio est une zone où, malgré que l'assainissement autonome soit le seul moyen de gestion des boues de vidange, ne dispose pas de système de traitement adéquat des boues. L'étude socio-économique réalisée en amont montre que 88% de la population font appel à la vidange mécanique sur 11% qui font recours à la vidange manuelle (vidange familiale incluse). Une bonne partie de ces eaux vidangées sont dépotées sauvagement au niveau d'un site (bassin naturel appelé Bokk Jom) situé à la sortie de la ville et le reste est déversé dans les quartiers.

Par ailleurs, des réflexions sont en train d'être élargies sur les perspectives en lien avec l'assainissement. En effet, dans l'objectif d'améliorer les services d'assainissement, la commune de Ross Béthio a prévu quelques lignes d'action à travers son PDC (Objectifs de développement du capital humain) ; ces actions se traduisent essentiellement par la construction de toilettes et la réalisation du Plan Directeur d'Assainissement. Il semble également important de noter qu'une campagne de vidange gratuite a été organisée l'an dernier par la mairie sous financement du plan Orsec ; cependant, cette campagne ne sera pas renouvelée cette année compte tenu des tensions qu'elle avait suscitées (des vidangeurs qui auraient fait payer la vidange à certains ménages alors que celle-ci était censée être gratuite).

En ce qui concerne la gestion des eaux pluviales, quelques solutions d'urgence sont mises en place chaque année par la commune ; il s'agit entre autres de la réalisation de noues naturelles à l'image de caniveau superficiel qui permettent le drainage des eaux pluviales jusqu'aux deux bassins de rétention, l'un situé dans la ville et l'autre à la sortie. Ces solutions traditionnelles mises en place par la commune présentent des avantages : le drainage des eaux de surface vers les bassins de rétention naturels réduit les risques d'inondation compte tenu de l'imperméabilisation du sol de surface, réduit les infiltrations impactant sur une non hausse de la nappe et par conséquent une réduction de la fréquence de remplissage des fosses dans les maisons.

1.2.2. Cartographie des acteurs de la GBV

Compte tenu de l'absence de système de traitement des boues dans la zone d'étude, la commune de Ross Béthio dispose d'une cartographie des acteurs de la GBV très limitée. En effet, hormis les vidangeurs qui se limitent aux activités de collecte et de transport des boues, il y'a la mairie qui a la responsabilité de choisir et d'autoriser le lieu de dépotage des boues ; néanmoins, celle-ci ne dispose pas de compétence en termes de traitement et de valorisation des boues de vidange. A cela peut s'ajouter d'autres acteurs externes tels que l'ONAS, la DRA et la DREEC ; toutefois, il semble important de noter que ses services étatiques n'interviennent pas actuellement dans la zone compte tenu de l'absence de système de traitement des boues de vidange dans cette dernière.

1.3. Identification des 3 sites et orientation pour l'implantation de la STBV

1.3.1. Présentation des 3 sites

Les 3 sites potentiels pour le traitement des boues de vidange peuvent être décrit succinctement comme suit :

- **Dangalma** : situé à proximité de la frontière Ross Béthio – Diama et ancienne carrière de sable argileux, ce site abrite un bassin de rétention des eaux pluviales : une partie des eaux pluviales de la commune sont directement acheminées au niveau de ce bassin à travers les noues naturelles. Il semble, cependant, important de noter que la zone est proche des terrains à usage d'habitations ; l'implantation d'une STBV au niveau de ce site pourrait donc occasionner des nuisances olfactives auprès des habitants dans le long terme par le biais du sens du vent.
- **La Carrière de sable** : Ce site, non loin de Dangalma, abrite une carrière dont l'exploitation n'est actuellement autorisée que par arrêté ; la zone est également à proximité des habitations.

Le site n'est donc pas adapté pour l'implantation d'une STBV compte tenu des contraintes socio-environnementales qu'elle pourrait causer.



FIGURE 2 : SITE DE DANGALMA



FIGURE 3 : CARRIÈRE DE SABLE

- **Mbokk Jom** : ce site situé à la sortie de la commune, accueille un bassin de rétention naturel qui assure doublement la rétention des eaux pluviales et des boues de vidange. Ce site, de dimensions moyennes de 150m/150m, est sur l'emprise d'un champ agricole. En effet, la mairie avait signé en 2022 un contrat de 5 ans avec le groupement afin d'utiliser le site pour le dépotage.



FIGURE 4 : SITE DE BOKK JOM

1.3.2. Orientation pour l'implantation de la STBV

Parmi les 3 sites visités, celui de Mbokk Jom serait le plus adapté pour accueillir une STBV. En effet, étant donné que le site est loin des habitations (environ 800m), celui-ci pourrait abriter la future STBV de la commune. A ce stade, l'implantation de la STBV dans ce site imposera impérieusement une étanchéité de toute la chaîne de traitement afin d'éviter tout contact des eaux non traitées avec les champs agricoles à proximité, la nappe, et le fleuve situé à quelques centaines de mètres de la zone. Des opérations de remblais seront aussi prévues compte tenu de l'inondabilité de la zone. Dans la même logique, une étude géotechnique sera prévue sur site afin de confirmer le type de sol et d'évaluer sa stabilité.

Les échanges menés avec les partenaires du projet ont permis d'orienter le choix d'emplacement de la STBV vers le site de Mbokk Jom. En ce qui concerne la question du foncier pour la pérennité et l'exploitation de la STBV dans le long terme, des négociations pourront être entamées entre la mairie et le groupement propriétaire du site.

TABLEAU 2 : TABLEAU DE CRITÈRES DES 3 SITES

SITES	DANGALMA	CARRIÈRE DE SABLE	BOKK JOM
-------	----------	-------------------	----------

Type de sol (couche superficielle)	Argileux	Sablonneux	Argileux
Inondabilité (z=2m ou moins)	Oui	Non	Oui
Proximité des habitations	Oui	Oui	Non (à 800m des habitations)
Nuisances (olfactives)	Oui	Oui	Non
Foncier	Domaine de la mairie	Domaine de la mairie	Appartient à un particulier. Exploité par la mairie
Accessibilité	Oui	Oui	Oui



FIGURE 5 : LOCALISATION DES 3 SITES

Le site de Bokk Jom peut être géolocalisé à partir des coordonnées GPS suivantes :

TABLEAU 3 : COORDONNÉES GPS DU SITE DE BOKK JOM

Site	Latitude	Longitude
Bassin de Bokk Jom	16°17'4.41"N	16°7'23.16"O

2. QUANTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES BOUES À COURT TERME (HORIZON 2035)

2.1. Quantification des boues

La détermination précise du volume de boues produites est essentielle pour le bon dimensionnement des options technologiques adaptées à la zone d'étude. L'étude sur la quantification montre une variabilité de la production des boues de vidange qui est présentée suivant deux catégories : la tranche

domestique et les clients spéciaux La deuxième tranche est essentiellement caractérisée par les GIE en agrobusiness.

Le tableau suivant dresse la situation actuelle de volume de boues dans la zone d'étude (*Données issues du rapport d'étude socio-économique et de données supplémentaires recueillies auprès des vidangeurs*) :

TABLEAU 4 : SITUATION ACTUELLE DE VOLUME DE BOUES DÉPOTÉES DANS LA ZONE

Tranche	Quantité (m ³ /j)
Domestique	7.16
Particuliers	1.70
Total	8.86

Avec un horizon à court terme allant jusqu'en **2035**, les projections représentées par les courbes suivantes pourraient être envisagées :

2.1.1. Projections domestiques

Hypothèses de projection :

Il est à noter que certaines hypothèses dépendent de la réalisation d'autres activités du projet. A titre d'exemple, on peut citer la mise en place de camions hydrocureur qui permet de fournir une meilleure qualité de service ; ce qui jouerait éventuellement un rôle sur l'appréciation du service de vidange mécanique par les ménages et réduirait sans doute la vidange manuelle. D'autres activités et actions peuvent également avoir un impact sur l'évolution du taux de vidange ; à titre illustratif, on peut citer notamment la formation et sensibilisation des maçons sur les techniques de construction des fosses vidangeables, la construction et réhabilitation des toilettes, les activités d'IEC, etc.

Les hypothèses de projection sont formulées comme suit :

- Taux de croissance démographique de 2.6% (*Source : Taux ANSD sur la période de 2013 à 2025*)
- Toutes les nouvelles constructions de fosses ainsi que celles réhabilitées sont vidangeables
- Une réduction raisonnable de la vidange manuelle (y compris familiale) à 55%

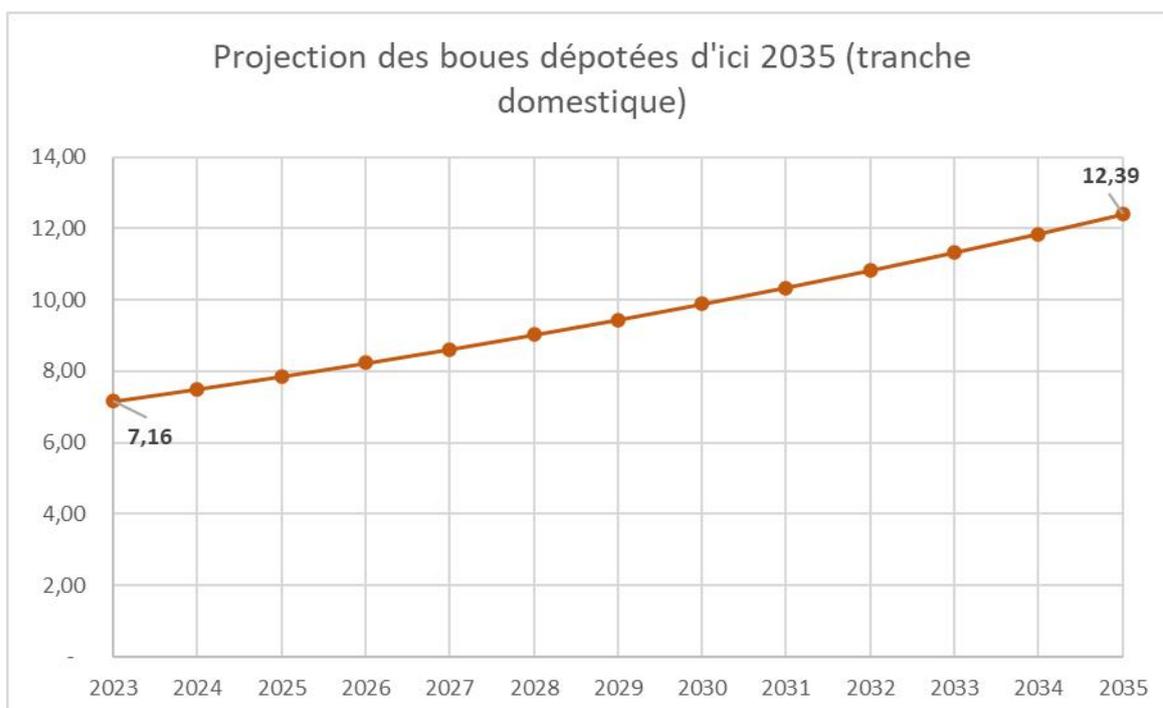


FIGURE 6 : PROJECTION DES BOUES DÉPOTÉES D'ICI 2035

2.1.2. Projections pour particuliers

Hypothèses de projection :

- Un taux d'évolution du volume estimé à 2% par an. Ce taux prend en compte le développement du secteur agricole avec l'accroissement du nombre d'agrobusiness dans la commune :

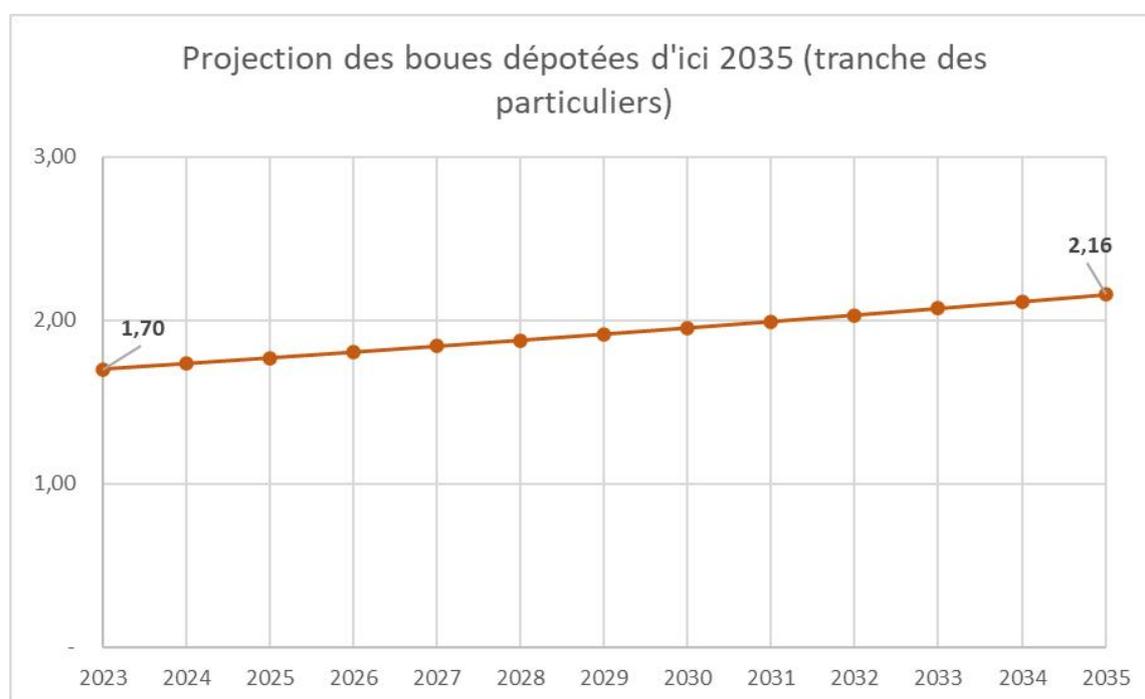


FIGURE 7 : PROJECTION DES BOUES DÉPOTÉES D'ICI 2035 (TRANCHE DES PARTICULIERS)

La production totale journalière en boues pouvant être moyennement estimée à 8.86m³, une projection à l'horizon 2035, suivant des hypothèses pourrait nous donner une quantité de boues de 14.55m³/j.

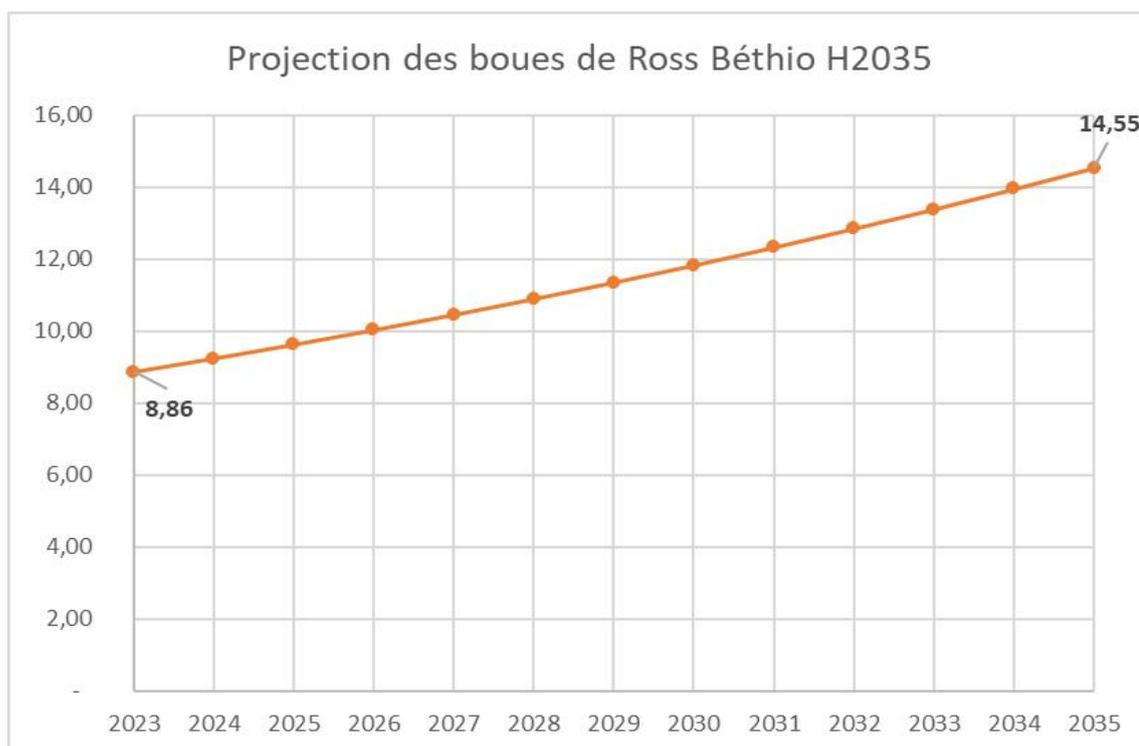


FIGURE 8 : CUMUL PROJECTION DES BOUES DE ROSS BÉTHIO H2035

2.2. Caractérisation des boues

Les caractéristiques physico-chimiques et parasitologiques des boues de vidange de la commune de Ross-Béthio obtenues à partir des analyses réalisées par le consultant sont présentées comme suit :

TABLEAU 5 : TABLEAU D'ANALYSE DES BOUES

PARAMÈTRES MESURÉS	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	VALEURS LIMITES DE REJET (NS 05-061)
Ph	8.18	8.46	7.95	6-9
Conductivité électrique (µS/cm)	4 194	6 790	1 802	15 000
Matières sèches (mg/l)	7 314	11 430	2 392	
Matières en suspension (mg/l)	5 276	8 600	1 727	50
Demande Biochimique en Oxygène (mg/l)	2 083	3 150	700	40-80
Demande Chimique en Oxygène (mg/l)	5 480	8 140	1 690	100-200
Azote Total Kjeldahl (mg/l)	66.2	107.2	19.5	30
Phosphore Total (mg/l)	8.82	13,15	2,95	10
Coliformes fécaux (u/100ml)	1.9*10 ⁶	3.1*10 ⁶	0.12*10 ⁶	2*10 ³

La valeur moyenne du pH qui est de 8,18 est en conformité à la plage recommandée (6 à 9) pour le prétraitement biologique des boues de vidange.

A l'image de beaucoup de régions du pays (Dakar, Thiès, Kaolack, Kolda, etc.), les boues de vidange de la commune de Ross Béthio sont très liquides. En effet, la valeur moyenne des MES est de 5 276 mg/l. Cette situation est le résultat de plusieurs facteurs tels que : l'intrusion de des eaux de la nappe phréatique dans les fosses, la non étanchéité des fosses, les pratiques culturelles par usager d'importante quantité d'eau dans les toilettes, le pompage de la partie liquide des fosses sans aspirer

la boue décantée (absence de camion hydrocureur dans la commune). Cet aspect liquide des boues jouerait sur les dimensions des ouvrages. En effet, plus les boues sont liquides moins la siccité est importante, donc plus les dimensions des ouvrages sont importantes

L'analyse du rapport DCO/DBO5, qui est de 2,63, montre que les boues de vidange de la commune de Ross Béthio sont facilement biodégradables. Par conséquent, un traitement biologique est adapté à ces types de boues.

Dans la même logique, des analyses sur les métaux lourds ont été réalisées afin d'objectiver les choix de valorisation. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 6 : RÉSULTATS D'ANALYSE DES MÉTAUX LOURDS CONTENAT DANS LES BV

PARAMÈTRES MESURÉS	BOUES DE VIDANGE	VALEUR LIMITE	
		DIRECTIVE 86/278/EEC (A) USEPA (B)	
Cuivre (mg/g Cu)	0,004	1,00 – 1,75 (a)	
Plomb (mg/g Pb)	0,002	0,75 – 1,20 (a)	
Cadmium (mg/g Cd)	0,002	0,02 – 0,40 (a)	
Zinc (mg/g Zn)	0,000	2,50 – 4,00 (a)	
Mercure (mg/g Hg)	0,002	0,016 – 0,025 (a)	
Arsenic (mg/g As)	0,010	0,041 (b)	
Aluminium (mg/g Al)	0,006	<0,1	

Les résultats d'analyse montrent que les boues présentes dans le site contiennent une très faible concentration en métaux lourds, ce qui rend favorable l'utilisation de ces sous-produits dans le secteur agricole.

3. DIMENSIONNEMENT ET DESCRIPTIONS DÉTAILLÉES DES OUVRAGES

3.1. Technologies de traitement retenues pour la STBV

Les technologies de traitement de ces boues pourraient être orientées par les perspectives de valorisation les plus stratégiques dans la zone d'étude. Ainsi on pourrait dire que, en se basant sur les données des entretiens avec les acteurs clés et sur l'étude socio-économique, le compost est un produit très utilisé dans la zone. À cela pourrait s'ajouter l'avis favorable des ménages (75%) sur la consommation des légumes cultivés avec le compost issu des boues. L'autre produit majoritairement utilisé par les ménages est le charbon. En effet, 70% des ménages dans la zone utilisent du charbon de bois ou du bois pour la cuisson ; et parmi cette tranche, 71% affirment être prêts à utiliser du bio-charbon issu des boues traitées. Le dernier produit essentiellement utilisé est l'eau. Cette dernière pourrait être utilisée pour l'irrigation, le lavage des équipements agricoles et le BTP.

Le tableau suivant dresse les avantages et inconvénients des technologies de traitement selon le type de valorisation souhaité :

TABLEAU 7 : ANALYSE COMPARATIVE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT

SOUS PRODUITS	OPTIONS DE TRAITEMENT	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Compost	Lits de séchage non plantés	Pas une grande emprise sur le sol Bonne quantité en compost Vente en gros du compost aux agrobusiness	Coût d'investissement du génie civil Nécessite une organisation de travail rigoureuse (curage fréquentiel)

		Débouchés garantis S'adapte au contexte environnemental de la zone (milieu très ensoleillé)	
	Lits de séchage plantés	Pas une grande emprise sur le sol Coût d'exploitation faible Faible nuisance olfactive	Cout d'investissement du génie civil Faible quantité en compost
	Filtre planté	Faible nuisance olfactive Pas une grande emprise sur le sol Solution de traitement écologique	Faible quantité en compost Technologie plus adaptée pour les eaux usées que pour les boues de vidange Nécessite un prétraitement rigoureux
Eaux traitées	Lagunage	Grande quantité d'eau traité Coût d'exploitation faible Entretien facile (si le choix est porté sur le type microphyte) Système de traitement adapté aux boues très liquides Faible nuisance olfactive	Grande emprise sur le sol Nécessite une série de bassins pour un traitement adapté Coût d'investissement du génie civil
	Lits de séchage plantés	Pas une grande emprise sur le sol Cout d'exploitation faible Bon traitement de l'eau par le biais des filtres absorbants Faible nuisance olfactive	Cout d'investissement du génie civil Nécessite un bassin de prétraitement à grandes dimensions
	Filtre Planté	Faible nuisance olfactive Pas une grande emprise sur le sol Bonne qualité d'eaux prétraitées	Technologie plus adaptée pour les eaux usées que pour les boues de vidange Nécessite un prétraitement rigoureux
Bio charbon	Pyrolyse	Transformation instantanée des boues en charbon Grande quantité en charbon (environ 700kg de charbon pour 1m ³ de boues) Prix moins cher que celui du charbon de bois Coût d'investissement faible	Les boues vidangées ne doivent pas durer dans les fosses (plus les boues durent dans les fosses plus leur teneur en carbone diminue) Pouvoir énergétique plus faible que celui du charbon de bois (qui dure plus)

Ainsi, compte tenu de la demande en compost très élevé dans le marché agricole de la zone d'étude, il serait intéressant de prioriser comme technologie de traitement les lits de séchage non plantés.

A ce stade, la chaîne de traitement pourrait être décrite comme suit :

- Un point de dépotage muni d'un canal de dégrillage-dessablage ;
- Un bassin de sédimentation ;
- Des lits de séchage connectés au bassin de sédimentation pour récupérer les boues décantées ;
- Une série de bassins de lagunage pour le traitement des eaux prétraitées. Ces eaux pourraient être utilisées pour l'irrigation ou le lavage des équipements agricoles ;

- D'unités de valorisation : hangar de stockage des boues séchées et hangar de compostage.

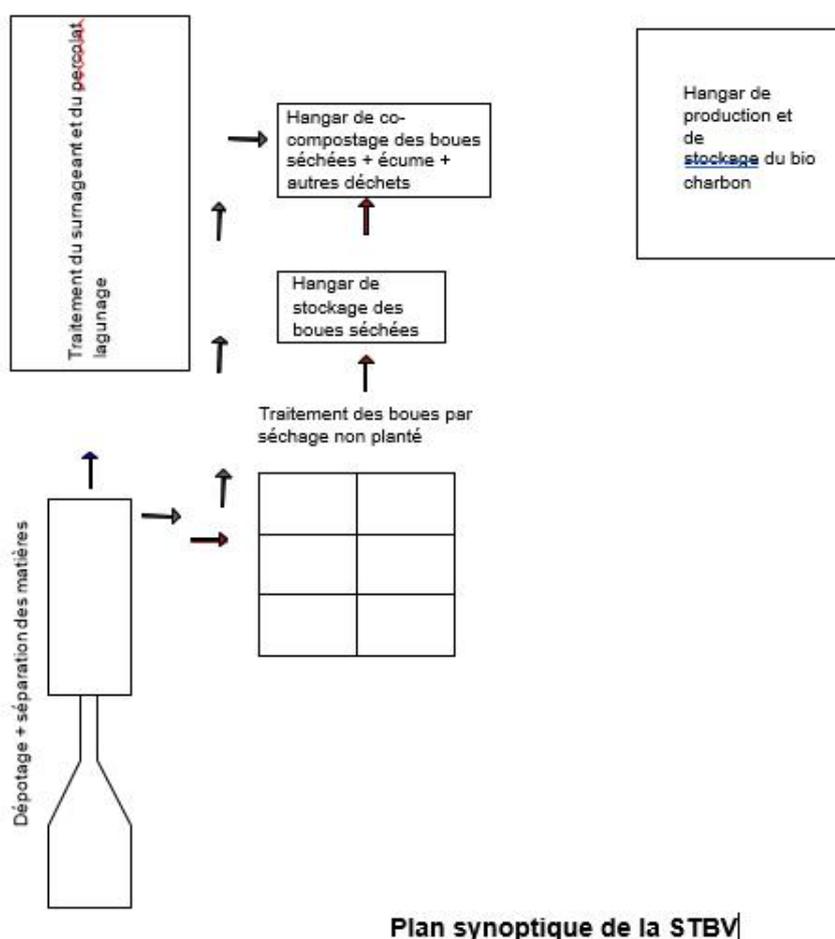
La station pourra également disposer optionnellement de :

- Un local d'exploitation
- Une aire de manœuvre pour la mobilité des camions ;
- Une sécurité interne avec la mise en place d'un mur de clôture et des portes d'entrée et de sortie.

Une composante, séparée de la chaîne de traitement, pourrait être destinée à la pyrolyse des boues pour le bio charbon ; il faudrait, toutefois jouer sur le prix lors de la commercialisation mais aussi s'assurer à l'amont que les boues destinées à la pyrolyse ne durent pas dans les fosses (ne perdent pas leur teneur en carbone). Cette composante sera composée des équipements suivants :

- Un four de carbonisation ;
- Un broyeur ;
- Un mélangeur ;
- Une briqueteuse ;
- Un ensacheur.

La figure suivante présente le plan synoptique de la STBV :



Plan synoptique de la STBV

FIGURE 9 : PLAN SYNOPTIQUE DE LA STBV

Pour rappel, il sera interdit le déversement de produits contenant des hydrocarbures, des acides, des matières nocives ou inflammables dans la chaîne de traitement.

3.2. Point de dépotage

Cet ouvrage sera construit à l'amont de la chaîne des dispositifs de traitement ; il est construit de telle sorte que les camions de vidange vont y déverser directement leurs boues brutes.

Il s'agit d'un bassin en béton armé de forme carrée de 2.5m de côté avec une hauteur au-dessus du sol 60cm et une profondeur en dessous de 20cm. L'ouvrage est couvert partiellement par une plaque en inox munie d'un trou de Ø 150 mm dans lequel le flexible du camion sera inséré au moment du dépotage afin d'éviter le déversement de la boue en dehors. Le fond de l'ouvrage sera en pente de 1% afin de faciliter l'écoulement et d'éviter toute stagnation. Les dimensions internes de l'ouvrage sont représentées par la figure ci-dessous.

3.3. Canal de dégrillage-dessablage

Le canal permettra de piéger le sable et les matières solides grossières dépotées avec les boues de vidange afin d'améliorer la qualité du traitement. Il sera en béton armé avec une base de 30cm sur une profondeur utile de 30cm.

Le canal de dégrillage sera constitué de grilles métalliques successives, dont les mailles seront calibrées pour retenir les matières solides de taille supérieure. Les eaux usées circuleront à travers la grille, tandis que les matières solides seront retenues sur la grille.

Il sera composé de deux grilles métalliques qui seront installées d'une manière inclinée à 45° par rapport à la verticale l'une à la suite de l'autre. La première, d'écartement 2cm, sera installée à 2 m du bassin de dépotage ; la seconde, d'écartement d'1cm sera situé à 2m de la première et retiendra les passants de celle-ci. Un espacement entre les écartements d'au minimum 3 cm sera requise. Le système de grillage sera nettoyé manuellement entre deux dépotages et les refus de dégrillage seront renvoyés vers le collecteur de déchets pour traitement.

Le système de dépotage et de dégrillage est représenté par la figure ci-dessous :

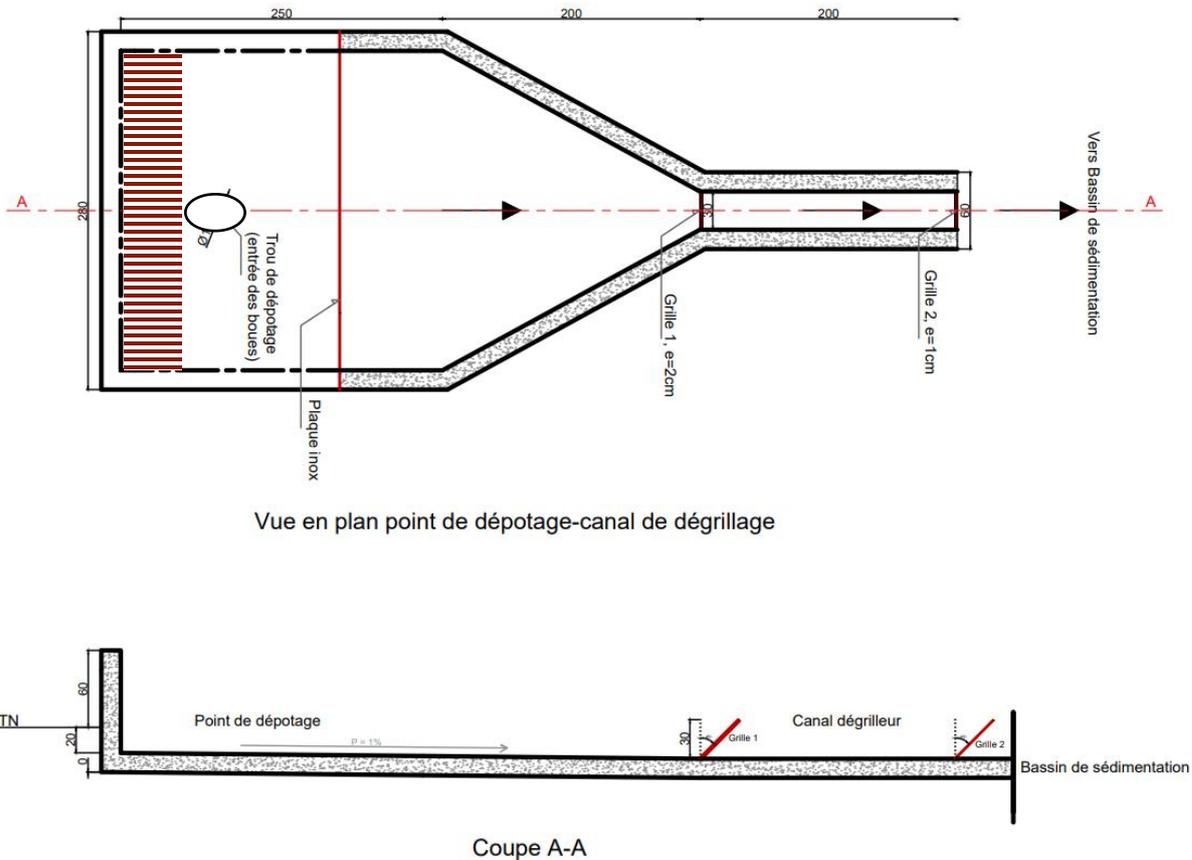


FIGURE 10 : PLANS DU POINT DE DÉPOTAGE ET DU CANAL DE DÉGRILLAGE

3.4. Bassin de sédimentation (traitement primaire)

Il s'agit d'un ouvrage en béton armé de forme rectangulaire doté d'un fond incliné pour favoriser l'écoulement gravitaire des boues jusqu'aux lits de séchage. Il sera muni d'une chambre de contrôle, équipée de vannes, qui permettront l'évacuation des effluents vers les bassins de lagunage.

Il sera situé à l'aval du canal de dégrillage recevant ainsi les boues dégrillées. Il aura pour rôle d'améliorer la séparation liquide/solide des boues reçues. Les effluents sont évacués tous les jours par trop plein vers les bassins de lagunage. Dans l'optique de faciliter le fonctionnement efficace de l'ouvrage, des opérations de curage des conduites seront réalisées à l'aide d'une motopompe ou du futur camion hydrocureur de la mairie.

Le bassin de décantation est de type horizontal, il est dimensionné avec un débit journalier de 15m³/j sur une surface de 12m² de 6m de longueur et de 2m de largeur. La profondeur utile occupée par les

différentes couches est de 1.60m sur une profondeur totale de 2m. Les voiles en béton armé de l'ouvrage auront une épaisseur de 20cm.

Pour une bonne séparation des matières (écume, surnageant et boues épaissies), une cloison séparatrice sera réalisée à l'aval de l'ouvrage.

Tableau ci-dessous présente le dimensionnement du bassin :

Désignation	Unité	Quantité
Données de base		
Débit de dimensionnement	m ³ /j	15
Nombre d'heures de fonctionnement par jour	H	8
Concentration en MES	g/l	5.27
Hypothèses de dimensionnement		
Teneur en MES des boues épaissies	g/l	60
Rendement de la décantation		60%
Vitesse de décantation des particules	m/h	0.5
Résultats		
Surface du bassin	m ²	12
Volume des boues épaissies par jour	m ³ /j	0.79
Hauteur utile	M	1.60
Temps de séjour	J	0.95

TABLEAU 8 : TABLEAU DE DIMENSIONNEMENT DU BASSIN DE SÉDIMENTATION

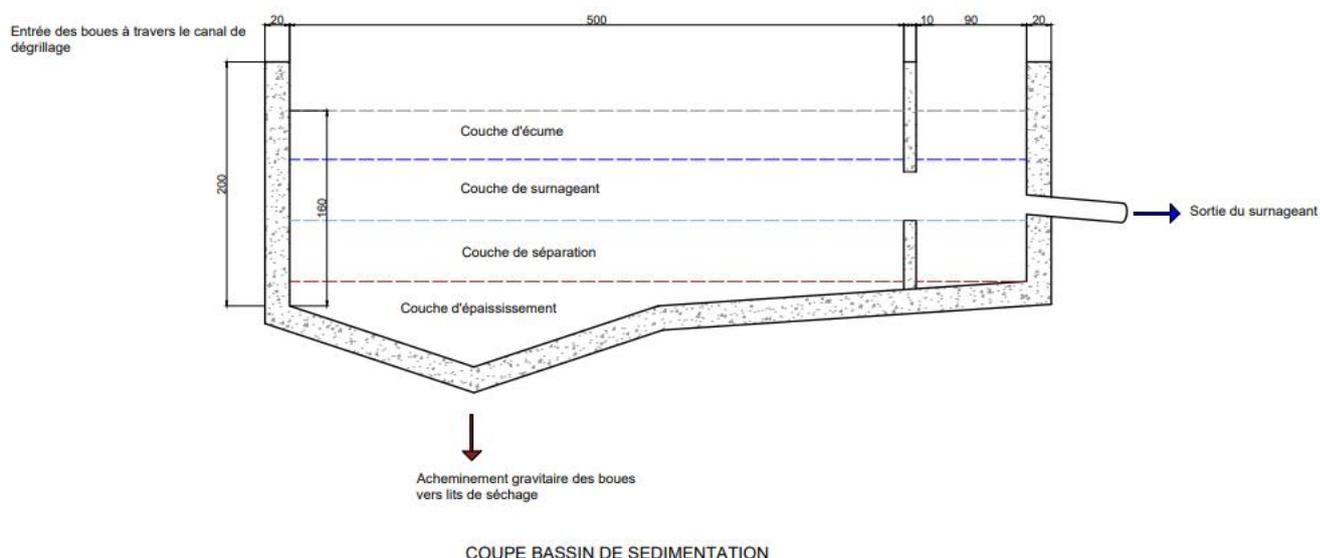


FIGURE 11 : COUPE DU BASSIN DE SÉDIMENTATION

3.5. Lits de séchage non plantés

Les lits de séchage collecteront d'une manière gravitaire les boues épaissies en provenance du bassin d'épaississement. Compte tenu de l'aspect climatique de Ross Béthio qui se traduit par une zone relativement chaude et des précipitations faibles, le système sera composé de 6 lits dimensionnés avec une hauteur de charge de 30cm et un temps de séchage de 4 semaines.

Les lits de séchage seront équipés chacun de :

- Une couche d'argile compactée sur une épaisseur de 10cm ;
- Une couche de gravier (maille 5-25mm) tapissant le fond, sur une épaisseur de 20cm ;
- Un drain central en PVC DN110 enfouit dans la couche de gravier grossier, légèrement incliné vers le regard collecteur et perforé sur toute sa longueur de sa partie supérieure afin de collecter les lixiviats ; ces derniers seront acheminés vers les bassins de lagunage pour un traitement tertiaire avant évacuation vers le milieu naturel ;
- Une couche de sable sur une épaisseur de 15cm ;
- Une vanne opercule d'alimentation ;
- Un regard collecteur des lixiviats dans lequel verse le drain central.

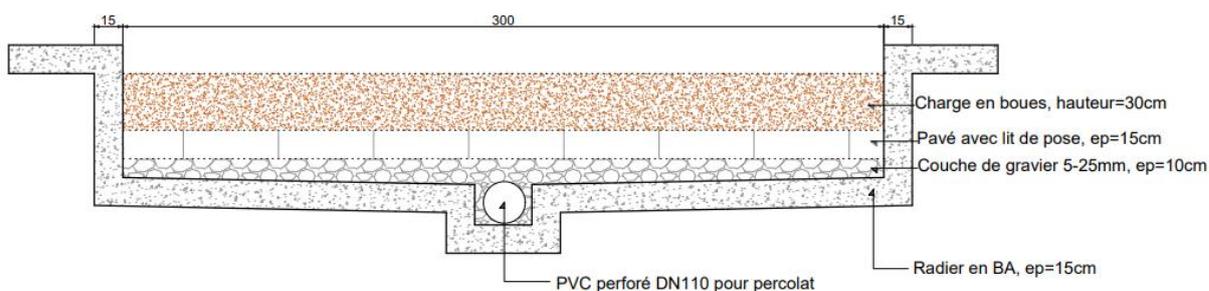
Chaque lit aura une surface de 15m² soit une longueur de 5m sur une largeur de 3m.

Le dimensionnement des lits est présenté par le tableau ci-dessous :

Désignation	Unité	Quantité
Données de base		
Volume de boues décantées par 3 jours	m3	2.37
Nombre de jours fonctionnement par semaine	J	6

Hypothèses de dimensionnement		
Durée de séchage	Semaine	4
Hauteur de charge	M	0.30
Résultats		
Volume total par cycle	m3	18.97
Surface totale des lits	m2	63.24
Nombre de lits	U	6
Surface d'un lit	m2	15

TABLEAU 9 : TABLEAU DE DIMENSIONNEMENT DES LITS DE SÉCHAGE



Coupe transversale lit de séchage

FIGURE 12 : COUPE LIT DE SÉCHAGE NON PLANTÉ

3.6. Bassins de lagunage

Le système sera doté de 3 bassins naturels étanches reliés en série afin d'avoir une bonne capacité de traitement. Le premier bassin sera conçu pour être facultatif (une profondeur comprise entre 1 et 1.5m) et les suivants seront des bassins de maturation (profondeur d'environ 1m).

L'étanchéité des bassins est très importante afin d'éviter tout contact des eaux aussi bien avec la nappe phréatique que les champs agricoles. Ainsi, les trois bassins seront équipés chacun d'une couche de géomembrane afin d'assurer une bonne étanchéité du système. Pour l'équilibre entre la croissance bactérienne et celle des algues, il faut que la forme des lagunes soit ramassée ($\frac{\text{Longueur}}{\text{Largeur}} < 3$).

3.6.1. Dimensionnement du premier bassin

Cet ouvrage en béton armé recevra directement le surnageant prétraité. Son dimensionnement se fera sur la base de la charge en DBO₅. Il présentera une surface de 162m² soit une longueur de 18m sur une largeur de 9m avec une profondeur de 1.5m. Son volume utile sera estimé à 243m³ avec un temps de séjour de 17.1 jours.

Le tableau suivant présente le dimensionnement du premier bassin :

Désignation	Unité	Quantité
Données de base		
Débit journalier d'effluents	m ³ /j	14.21
Profondeur du bassin	M	1.5
Hypothèses de dimensionnement		
Concentration en DBO ₅	g/m ³	2 083
Température moyenne	°C	35
Rendement épuratoire		80%
Résultats		
Charge surfacique	Kg/ha/j	475
Surface du bassin	m ²	162
Longueur du bassin	M	18
Largeur du bassin	M	9
Volume du bassin	m ³	243
Temps de séjour	J	17.10

TABLEAU 10 : DIMENSIONNEMENT DU PREMIER BASSIN DE LAGUNAGE

3.6.2. Dimensionnement du deuxième et du troisième bassin

Ces deux derniers bassins présenteront les mêmes caractéristiques.

La littérature veut que l'aire du deuxième et troisième bassin soit évaluée à 40% du premier. Ce qui donne une surface de bassin de 65m², soit une longueur majorée de 14m sur une largeur de 7m avec une profondeur de 1m. Ils auront un volume utile de 98m³ sur un temps de séjour de 6.90 jours.

Leur dimensionnement est présenté par le tableau ci-dessous :

Désignation	Unité	Quantité
Données de base		
Débit journalier d'effluents	m ³ /j	14.21
Profondeur du bassin	m	1

Hypothèses de dimensionnement		
Rapport de surface avec le premier bassin		40%
Résultats		
Surface du bassin	m ²	65
Longueur du bassin	M	14
Largeur du bassin	M	7
Volume du bassin	m ³	98
Temps de séjour	J	6.90

TABLEAU 11 : TABLEAU DE DIMENSIONNEMENT DU DEUXIÈME ET TROISIÈME BASSIN

3.7. Valorisation des sous-produits

Sur la base des données recueillies auprès des entretiens avec les acteurs clés et à partir de l'étude socio-économique, le compost est un produit très utilisé dans la zone. En effet, des activités de compostage (à partir des déchets végétaux) et de production de fumure (à partir des bouses de vaches) sont très pratiquées dans la zone d'étude. À cela pourrait s'ajouter l'avis favorable des ménages (75%) sur la consommation des légumes cultivés avec le compost issu des boues. Ainsi, on pourrait envisager comme technique de valorisation du co-compostage associant boues traitées et déchets végétaux.

Le co-compostage est une technique très recommandée car il permet de réduire les risques sanitaires. En effet, les composts issus des boues peuvent contenir une importante teneur en azote, souvent pas très adaptée aux cultures. Donc le co-compostage des boues avec les déchets permettrait d'avoir un rapport C/N très équilibré (entre 15 et 30).

Un autre produit majoritairement utilisé par les ménages est le charbon. En effet, 70% des ménages dans la zone utilisent du charbon de bois ou du bois pour la cuisson ; et parmi cette tranche, 71% affirment être prêts à utiliser du bio-charbon issu des boues traitées ; l'expérimentation du bio charbon pourrait être intéressante.

3.7.1. Hangar de stockage des boues séchées

Les boues séchées collectées des lits de séchage sont stockées dans le hangar afin de les protéger contre les eaux de pluie. L'ouvrage reposera sur un radier en béton armé et sera muni d'une clôture en maçonnerie de 2m de hauteur et d'une toiture en tôle. L'ouvrage est dimensionné pour une capacité de stockage mensuelle de 7.6m³ avec les détails formulés comme suit :

- Cycle de stockage : 30 jours ;
- Hauteur moyenne de stockage : 1,8 m ;
- Siccité : 40% ;
- Taux de remplissage du hangar : 70% ;
- Surface hangar : 6 m² ;
- Volume total de boues séchées par cycle : 7.6m³/cycle
- Quantité totale de boues par an : 55.6 tonnes/an

3.7.2. Hangar de Co-compostage

Le hangar de co-compostage des cosubstrats est constitué d'un radier en béton armé, d'un mur de clôture en agglos de 2m de hauteur, et d'une couverture en tôle ondulée permettant de réduire les risques de réhumidification par l'entrée des eaux de pluies. La couverture est maintenue par un support métallique. L'ouvrage est dimensionné pour une capacité de stockage par cycle de 151.37 m³ dont les détails s'établissent comme suit :

- Cycle de compostage : 90 jours
- Hauteur moyenne de stockage : 1.8 m
- Surface tas (majorée de 15%) : 24.18 m²
- Largeur tas : 2 m
- Longueur tas : 10.51 m
- Nombre de tas : 4
- Surface hangar : 96.71 m²

Pour des raisons d'optimisation du rendement, les expérimentations recommandent du co-compostage avec 30% de déchets végétaux.

3.7.3. Hangar de production et de stockage du bio charbon

La production de bio-charbon est faite d'une manière instantanée ; cependant, la condition de faisabilité repose sur la teneur en carbone des boues. Ainsi, il serait intéressant de privilégier les boues fraîches qui dispose d'une bonne teneur en carbone.

Pour une hypothèse de production journalière de 700kg de bio charbon, qui correspond en moyenne à 1m³ de boues, le hangar pourrait être dimensionnée sur une surface de 70m² avec une hauteur moyenne de 1.5m et une durée de stockage de 30 jours.

La production de bio-charbon nécessitera l'installation d'une chaîne d'équipements tels qu'un four de carbonisation, un broyeur, un mélangeur, une Briqueteuse, un ensacheur.

3.8. Aménagement de la STBV

3.8.1. Local d'exploitation

Il sera prévu la construction d'un local d'exploitation comprenant :

- 1 bureau pour le gérant ;
- 2 vestiaires pour le personnel (hommes et femmes) ;
- 1 magasin pour le stockage des produits ;
- Des toilettes composées de deux blocs : chaque bloc sera constitué d'une cabine à chaise turque et d'une douche.

3.8.2. Aménagement de la voirie

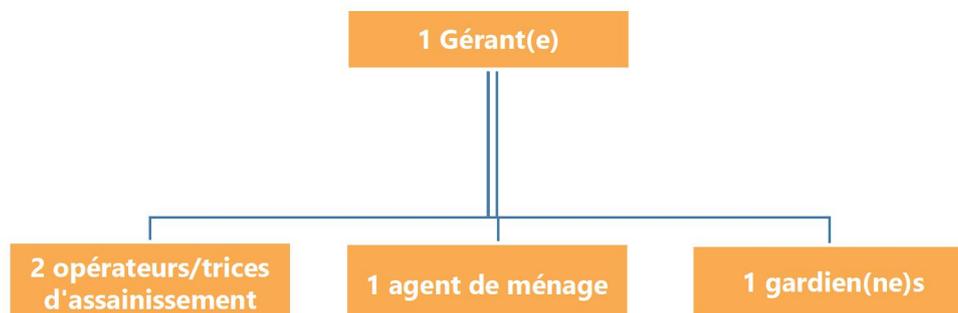
Afin de faciliter les manœuvres des camions pendant le dépotage mais aussi à l'entrée et à la sortie de la STBV, il sera prévu de réaliser une voirie naturelle à l'extérieur et à l'intérieur de la station. Cette voirie sera essentiellement composée de remblais d'apport en terre naturelle. Il sera toutefois important de s'assurer de la perméabilité du remblai. Des opérations de compactage seront également nécessaires afin de donner au sol une bonne stabilité.

3.8.3. Sécurité interne

Pour des raisons de délimitation, sécurité interne et d'atténuation des nuisances olfactives, une clôture en maçonnerie de 80cm de hauteur, superposé avec une clôture de protection en barrière verte ou en paille renforcée avec du grillage, sera mise en place sur le périmètre du site, soit. La clôture sera munie de deux portes pour permettre l'accès aux camions de vidange et aux personnels.

4. EXPLOITATION DE LA STBV

Le personnel permanent de la station pourra être composé de 05 membres. Il sera prévu un renforcement de capacités du personnel sur la gestion et l'entretien des ouvrages et équipements.



Le tableau suivant présente le plan d'exploitation de la station :

Fréquence	Activités de gestion et d'exploitation
Journalière	<ul style="list-style-type: none"> - Ouverture de la STBV à 9h - Renseignement du registre de suivi de dépotage (nombre de dépotage, volume, provenance des camions, etc) - Contrôle du fonctionnement des ouvrages et équipements - Nettoyage du point de dépotage et canal de dégrillage (entre deux dépotages) - Ouverture vanne pour acheminement du surnageant vers bassin de lagunage - Evacuation des refus de grille (vers une benne de collecte des déchets) - Nettoyage de l'aire de manœuvre - Entretien du local d'exploitation - Fermeture de la station à 17h
Chaque 03 jours	<ul style="list-style-type: none"> - Ouverture de la vanne pour acheminement des boues vers lits de séchage
Chaque semaine	<ul style="list-style-type: none"> - Raclage et mise en tas de l'écume du bassin de sédimentation
Chaque 02 semaines	<ul style="list-style-type: none"> - Retournement des tas de compost, suivi de température et arrosage
Chaque 04 semaines	<ul style="list-style-type: none"> - Evacuation des boues en provenance des lits de séchage vers hangar de stockage des boues séchées ; - Entretien lit de séchage
Mensuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien du hangar de stockage des boues séchées - Contrôle de l'opérationnalité des ouvrages et équipements nécessaires à l'exploitation
Trimestrielle	<ul style="list-style-type: none"> - Curage du bassin de sédimentation - Entretien du hangar de co-compostage - Curage des bassins de lagunage
Annuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Opération de lutte contre les insectes - Contrôle qualité et conformité des effluents traités - Production d'un rapport annuel présentant les activités réalisées et les indicateurs de performance, notamment les opérations de maintenance, les volumes de boues traitées, les opérations de valorisation des boues, les éléments de comptabilité, les résultats des analyses physico-chimiques des effluents des Boues de Vidange

TABLEAU 12 : PLAN DE GESTION ET D'EXPLOITATION DE LA STBV

5. ESTIMATION DU COÛT D'INVESTISSEMENT DE LA STBV

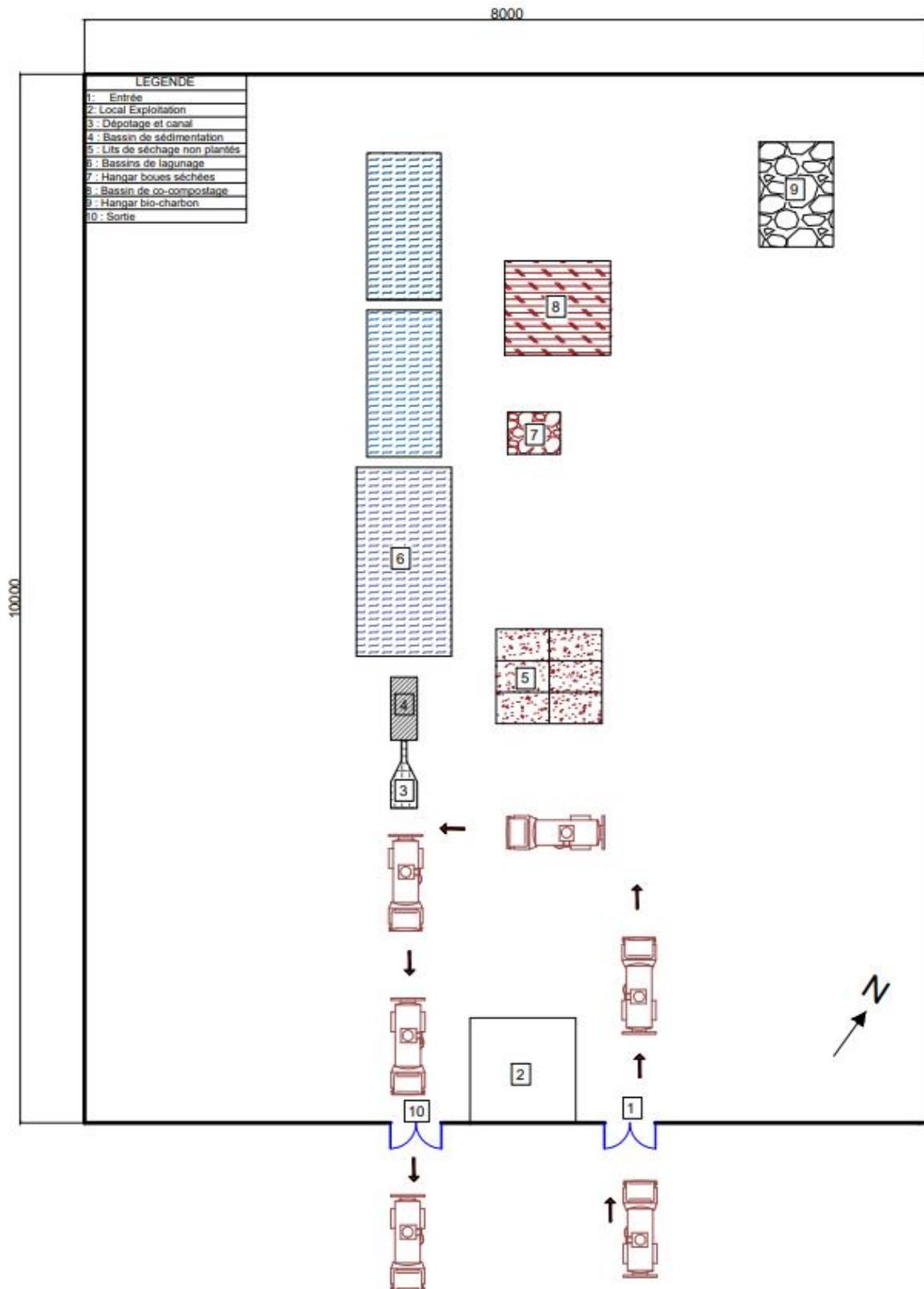
Les tableaux suivants indiquent les coûts d'investissement des besoins en construction :

Désignation	Montant (FCFA)
Installation de chantier, étude d'exécution (y compris études topographique et géotechnique)	4 000 000
Local d'exploitation	7 500 000
Point de dépotage et canal de dégrillage	1 460 000
Bassin de sédimentation	3 092 000
Lits de séchage non plantés	11 310 000
Bassins de lagunage	5 720 000
Hangar de stockage des boues séchées + Hangar de co-compostage	6 112 000
Hangar de production et de stockage du bio-charbon	18 917 000
Sécurité interne	14 320 000
Aménagement voirie	18 000 000
Equipement en vannes et autres dispositifs mécaniques	1 500 000
TOTAL	93 931 000

TABLEAU 13 : COÛTS D'INVESTISSEMENT DE LA STBV

6. ANNEXES

ANNEXE 1 : PLAN DE MASSE DE LA STBV



ANNEXE 2 : TABLEAUX DE PROJECTION DES BOUES (DOMESTIQUES ET PARTICULIERS)

	Valeurs "réelles"
	Hypothèses
	Résultats de calculs

Particuliers

Année	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Fall et Frères	0,60	0,612	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
SAF Ingrédients	0,10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Autres	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27
Quantité totale (m3/j)	1,70	1,73	1,77	1,80	1,84	1,88	1,91	1,95	1,99	2,03	2,07	2,11	2,16

Domestique

- Scénario 1 : Estimation haute

Année	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Population	15046	15 437	15 834	16 246	16 668	17 101	17 546	18 002	18 470	18 951	19 443	19 949	20 467
Taux acces toilettes	92%	93%	93%	94%	95%	95%	96%	97%	97%	98%	99%	99%	100%
pop acces toilettes	13 842	14 305	14 778	15 271	15 779	16 303	16 844	17 402	17 978	18 572	19 184	19 816	20 467
Taux autonome	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
pop acces autonome	13 842	14 305	14 778	15 271	15 779	16 303	16 844	17 402	17 978	18 572	19 184	19 816	20 467
Taux fosse vidangeable	84%	85%	87%	88%	89%	91%	92%	93%	95%	96%	97%	99%	100%
pop fosse vidangeable	11 628	12 207	12 808	13 438	14 096	14 782	15 497	16 242	17 019	17 829	18 672	19 552	20 467
Taux vidange mécanique	88%	89,00%	90,00%	91,00%	92,00%	93,00%	94,00%	95,00%	96,00%	97,00%	98,00%	99,00%	100%
Pop vidange méca	10 232	10 864	11 527	12 229	12 968	13 747	14 567	15 430	16 338	17 294	18 299	19 356	20 467
Taux dépotage sauvage	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pop dépotant sauvage	10 232	10 864	11 527	12 229	12 968	13 747	14 567	15 430	16 338	17 294	18 299	19 356	20 467
Quantité dépotée sauv	2 614	2 776	2 945	3 125	3 313	3 512	3 722	3 942	4 174	4 419	4 675	4 945	5 229
Quantité dépotée par	7,16	7,60	8,07	8,56	9,08	9,62	10,20	10,80	11,44	12,11	12,81	13,55	14,33

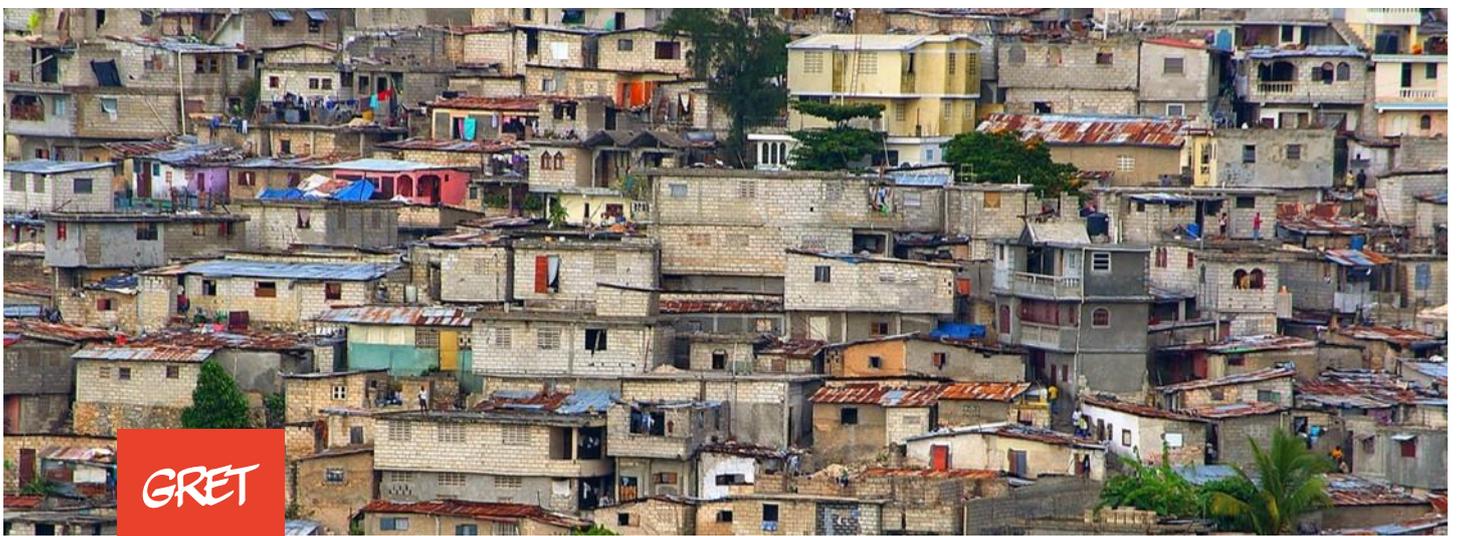
- Scénario 2 : Estimation « réaliste »

APD POUR LE DIMENSIONNEMENT D'UNE STBV À ROSS BÉTHIO

Année	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Population	15046	15 437	15 834	16 246	16 668	17 101	17 546	18 002	18 470	18 951	19 443	19 949	20 467
Taux acces toilettes	92%	93%	93%	94%	95%	95%	96%	97%	97%	98%	99%	99%	100%
pop acces toilettes	13 842	14 305	14 778	15 271	15 779	16 303	16 844	17 402	17 978	18 572	19 184	19 816	20 467
Taux autonome	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
pop acces autonome	13 842	14 305	14 778	15 271	15 779	16 303	16 844	17 402	17 978	18 572	19 184	19 816	20 467
Taux fosse vidangeabl	84%	85%	85%	86%	87%	87%	88%	89%	89%	90%	91%	91%	92%
pop fosse vidangeable	11 628	12 112	12 611	13 133	13 675	14 238	14 823	15 430	16 060	16 714	17 394	18 098	18 830
Taux vidange mécanique	88%	88,50%	89,00%	89,50%	90,00%	90,50%	91,00%	91,50%	92,00%	92,50%	93,00%	93,50%	94%
Pop vidange méca	10 232	10 719	11 224	11 754	12 308	12 886	13 489	14 118	14 775	15 461	16 176	16 922	17 700
Taux dépotage sauvage	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pop dépotant sauvage	10 232	10 719	11 224	11 754	12 308	12 886	13 489	14 118	14 775	15 461	16 176	16 922	17 700
Quantité dépotée sauv	7,16	7,50	7,86	8,23	8,62	9,02	9,44	9,88	10,34	10,82	11,32	11,85	12,39

- Scénario 3 : Estimation basse

Année	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Population	15046	15 437	15 834	16 246	16 668	17 101	17 546	18 002	18 470	18 951	19 443	19 949	20 467
Taux acces toilettes	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
pop acces toilettes	13 842	14 202	14 567	14 946	15 335	15 733	16 142	16 562	16 993	17 435	17 888	18 353	18 830
Taux autonome	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
pop acces autonome	13 842	14 202	14 567	14 946	15 335	15 733	16 142	16 562	16 993	17 435	17 888	18 353	18 830
Taux fosse vidangeabl	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%
pop fosse vidangeable	11 628	11 930	12 237	12 555	12 881	13 216	13 560	13 912	14 274	14 645	15 026	15 416	15 817
Taux vidange mécanique	88%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88%
Pop vidange méca	10 232	10 498	10 768	11 048	11 335	11 630	11 932	12 243	12 561	12 888	13 223	13 566	13 919
Taux dépotage sauvage	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pop dépotant sauvage	10 232	10 498	10 768	11 048	11 335	11 630	11 932	12 243	12 561	12 888	13 223	13 566	13 919
Quantité dépotée sauv	2 614	2 682	2 751	2 823	2 896	2 971	3 049	3 128	3 209	3 293	3 378	3 466	3 556
Quantité dépotée par	7,16	7,35	7,54	7,73	7,93	8,14	8,35	8,57	8,79	9,02	9,26	9,50	9,74



Campus du jardin d'agronomie tropicale de Paris

45 bis avenue de la Belle Gabrielle - 94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France

Tél. : 33 (0)1 70 91 92 00

Fax : 33 (0)1 70 91 92 01

gret@gret.org

www.gret.org

