



# AMELIORATION DU PROCESSUS DE DECANTATION DES BOUES DE VIDANGE DE LA STBV DE RUFISQUE (DAKAR) PAR LE BIAIS DE LA FLOCCULATION

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER**

**SPECIALITE : EAU ET ASSAINISSEMENT**

Présenté et soutenu publiquement le 22/01/19 par :

**SAMB Mame Diarra Bousso (2016 0165)**

**Encadreur 2ie : Dr Boukary SAWADOGO Enseignant chercheur, 2IE**

**Maitre de stage : Dr Alsane SECK Directeur des études et de la formation, DELVIC**

Jury d'évaluation :

Président : Dr Seyram SOSSOU

Membres et correcteurs :

Pr Yacouba KONATE

Dr Boukary SAWADOGO

Promotion [2017-2018]

■ ■ ■ ■ Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO

Tél. : (+226) 25. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 25. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - [www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org)

## DEDICACE

*Je dédie ce travail*

*A u*

*Tout-Puissant, lui qui m'a donné par sa grâce la force et le courage pour la réalisation du présent travail.*

*Mes très chers parents qui depuis mon enfance ont toujours cru en moi. Merci pour votre soutien, vos conseils et surtout vos prières*

*Mon cher mari M. DIOP, qui m'a toujours soutenu quel que soit les moments et les circonstances*

*Maman Ngoné SAMB Mme LY que je ne remercierai jamais assez*

*Ma préférée qui m'a toujours servi d'exemple*

*Mon parrain capitaine THIOUB et ma sœur Mme THIOUB qui m'ont accueilli avec amour tout au long de ce stage*

*Mon frère et mes sœurs qui n'ont jamais cessé de m'encourager à aller de l'avant*

*Ma famille et belle famille,*

*Mes amis,*

*Tous ceux qui ont cru en moi, trouvez en ce document le fruit de vos encouragements.*

## REMERCIEMENTS

*Arrivé au terme de ce travail, il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à tous ceux qui, par leur enseignement, leur soutien et leur conseil, m'ont aidé à le réaliser.*

*Mes remerciements vont à l'endroit de la Banque Mondiale qui m'a permis à travers leur programme de Bourse d'excellence CEA-BM de réaliser mon rêve.*

*Notre cher Institut Internationale (2IE) de nous avoir accueilli tout au long de cette formation*

*Notre Directeur des études M. Mohamadou KOITA*

*Mon cher encadreur Dr Boukary SAWADOGO pour sa disponibilité, ses orientations et le partage de ses expériences académiques et professionnelles qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail*

*Professeur Yacouba KONATE et Dr Seyram SOSSOU pour leur disponibilité tout au long de la formation*

*DG Bécaye Sidy DIOP et DG Moustapha pour m'avoir permis d'effectuer mon stage au sein de leurs entreprises.*

*Tout le personnel du laboratoire de l'ONAS*

*M. Richard OSEI Agyemang pour le partage de ses expériences*

*Mlle SYLLA Bintou pour sa disponibilité*

*Je ne saurais terminer sans dire merci à tous nos encadreurs de 2IE d'avoir fait de nous des ingénieurs de qualité.*

# MERCI

## **RESUME**

La recherche de solutions adaptées au contexte des pays en développement pour le traitement des boues de vidange continue d'être un enjeu dans la problématique de l'assainissement. En effet, dans la plupart des grandes villes de ces pays en développement comme Dakar, de grandes quantités de boues soutirées quotidiennement des fosses septiques et déversées anarchiquement entraînent des conséquences graves sur l'environnement et la santé des populations. Les nouvelles politiques de gestion des boues de vidange intègrent de plus en plus leur valorisation. Cependant le défi majeur reste le sous dimensionnement des STBV notamment celle de Rufisque qui dimensionnée au paravent pour un débit de 60 m<sup>3</sup>/J en reçoit aujourd'hui plus de 500 m<sup>3</sup>/J, ce qui entraîne une surcharge de pollution à traiter au niveau de la station de lagunage. L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration du fonctionnement de la STBV de Rufisque en évaluant l'impact de l'unité de floculation sur la décantabilité des matières organiques notamment les MES. Les différents paramètres réactionnels pris en compte ont été le pH des solutions, la DBO<sub>5</sub>, la DCO, les matières en suspension (MES) et les matières sèches (MS). Par ailleurs les différents résultats obtenus ont montré pour la majorité des paramètres testés sur les effluents que pour une dose de sulfate d'aluminium de 0,5 mg/l de boue, des abattements de 73,58 %, 62,55%, 52,70 % et 48,41 %, respectivement pour les MES, MS, DBO<sub>5</sub> et DCO est observé. Concernant les échantillons de boues liquides, il ressort que la boue non floculée contient une teneur moyenne en MES moins élevée (21 879 mg/L) que celle de la boue floculée (39 903mg/L). Le séchage des boues est plus rapide avec la boue floculée avec une siccité plus importante (89 %) pour une durée moyenne de séchage de 13 jours qu'au niveau de la boue non floculée (78,24 %) où la durée de séchage est de 17 jours. En ce qui concerne le pH, sa diminution influence positivement les taux d'abattement de la pollution contenue dans l'effluent floculé.

### **Mots Clés :**

- 1 - Boues de vidange**
- 2 - Décantation**
- 3 - Floculation**
- 4 - Sulfate d'aluminium**
- 5- STBV de Rufisque**

## **ABSTRACT**

In Africa, most developing countries are currently faced with faecal sludge management issues, situation of which Senegal and Rufisque town are not exempt. This is why, the National Office of Sanitation in Senegal (ONAS) adopted the unplanted drying bed technology with a capacity of 60 m<sup>3</sup> /day for faecal sludge treatment originating from the urban community of Rufisque. However, the treatment plant currently receives more than 500 m<sup>3</sup>/day due to rapid population growth rate coupled with massive production of faecal sludge. This situation leads to a significant pollution overloading to the wastewater treatment plant. Among the different treatment methods, the unplanted drying bed technology has proven to be the most suitable and the effluents physicochemical parameters originating from the sedimentation pool are loaded with organic matter in terms of BOD<sub>5</sub>, COD, MES and MS. Thus, our aim in this study is to reduce part of the pollution arriving the wastewater treatment plant via the coagulation process using aluminum sulphate. Various reaction parameters are considered here. We have the solutions pH, BOD<sub>5</sub>, COD, MES and MS. Thus, we found from the different results obtained for the majority of the parameters tested, that there is always a dose of aluminum sulphate of 0.5 mg / l of sludge with which a reduction of 73.58%, 62.55%, 52.70%, and 48.41% respectively for the MES, MS, BOD<sub>5</sub> and COD is observed. For liquid sludge samples, it is found that the flocculated sludge contains a lower average MES concentration (21 879 mg/L) than that of no flocculated sludge (39 903 mg/L). For the dried sludge there is also a greater dryness in the flocculated sludge (89%) with an average drying time of 13 days instead of 17 days. It is also recognized that pH influences the rates of reduction of the pollution contained in the fecal sludge. Therefore, for each effluent batch, there is a pH range for which coagulation takes place rapidly.

### **Keywords:**

- 1- Aluminum sulfate**
- 2- Decantation**
- 3- Fecal sludge**
- 4- Flocculation**
- 5- Sludge Treatment Plant of Rufisque**

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

**AAAS** : Association des Acteurs de l'Assainissement du Sénégal

**BV** : Boues de vidange

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biochimique en Oxygène

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**DGPRES** : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau

**GBV** : Gestion des Boues de Vidange

**MES** : Matières En Suspension

**MS** : Matières Sèches

**OMD** : Objectifs du Millénaire pour le Développement

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ONAS** : Office National de l'Assainissement du Sénégal

**PAQPUD** : Programme d'Amélioration des Quartiers Périurbains de la région de Dakar.

**PEPAM** : Programme Eau Potable Assainissement du Millénaire

**PELT** : Projet Eau à long Terme

**PRMBV** : Programme de Restructuration du Marché des Boues de Vidange

**STBV** : Station de Traitement des Boues de Vidange

**STEP** : Station d'Épuration

## SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT .....	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	v
SOMMAIRE.....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
I. INTRODUCTION.....	1
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	3
II.1 Généralités sur les boues de vidange .....	3
II.1.1 Définitions et terminologies.....	3
II.1.2 Caractérisation des BV.....	3
II.1.3 Etat des lieux de la gestion des BV au Sénégal.....	5
II.1.4 Cadre juridique, normatif et législatif de la gestion des BV au Sénégal.....	6
II.2 Systèmes et procédés de traitement des BV .....	7
II.3 Filières de gestion des BV .....	10
II.3.1 Collecte et transport .....	10
II.3.2 Traitement .....	11
II.3.3 Valorisation des BV .....	12
III. MATERIEL ET METHODE .....	13
III.1 Présentation de la zone d'étude .....	13
III.1.1 Présentation de la ville de Rufisque.....	13
III.1.2 Présentation de la STBV de Rufisque .....	14
III.1.3 Présentation de l'unité de floculation .....	18
III.2 Approche méthodologique de l'étude.....	19
III.3 Evaluation des performances des systèmes de traitement de la STBV.....	19

III.3.1 Evaluation de la performance de la STBV .....	19
III.3.2 Evaluation de la performance de l'unité de floculation .....	20
III.3.3 Caractéristiques des boues issues de la floculation .....	23
IV : RESULTATS ET DISCUSSION.....	25
IV.1 Etat des lieux de la STBV de Rufisque.....	25
IV.2 Performance de l'unité de floculation .....	26
IV.2.1 Suivi de la variation du pH .....	26
IV.2.2 Suivi des Matières En Suspension (MES) .....	27
IV.2.3 Suivi des matières sèches (MS) .....	28
IV.2.4 Suivi de la DBO <sub>5</sub> .....	29
IV.2.5 Suivi de la DCO .....	30
IV.2.6 Evaluation de la quantité d'effluent floculé journalièrement .....	31
IV.3 Performance des lits de séchage.....	31
IV.3.1 Teneur en MES et MS dans la boue floculée et non floculée.....	31
IV.3.2 Durée de séchage des boues au niveau des lits .....	32
IV.3.3 Estimation de la quantité moyenne de boue liquide produite .....	33
IV.3.4 Estimation de la quantité moyenne de boue séchée collectée .....	34
IV.4 Rendement épuratoire de l'unité de floculation .....	35
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	37
VI. RECOMMANDATIONS .....	38
VII. BIBLIOGRAPHIE .....	39
VIII. ANNEXES .....	47

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Présentation des caractéristiques des BV issues des installations sanitaires autonomes et des boues d'épuration .....	4
<b>Tableau 2 :</b> Synthèse des possibilités de valorisation des BV .....	12
<b>Tableau 3 :</b> Paramètres suivis .....	20
<b>Tableau 4 :</b> Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques .....	21
<b>Tableau 5:</b> Caractéristiques physico-chimique des boues brutes de la STBV de Rufisque....	26
<b>Tableau 6 :</b> Teneur en MES et MS dans la boue non floculée.....	32
<b>Tableau 7 :</b> Teneur en MES et MS dans la boue floculée.....	32
<b>Tableau 8 :</b> Pourcentages d'humidité H (%) et de MS dans la boue floculée séchée.....	33
<b>Tableau 9 :</b> Pourcentage d'humidité et de MS dans la boue témoin séchée .....	33
<b>Tableau 10 :</b> Quantification des boues liquides pompées par jour .....	33
<b>Tableau 11 :</b> Quantification de la masse de boue floculée décapée dans les lits .....	34
<b>Tableau 12 :</b> Quantification de la masse de boue témoin décapée dans les lits.....	35
<b>Tableau 13 :</b> Rendement épuratoire moyen des paramètres suivis .....	36

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Vue d'ensemble des techniques de traitement à faible coût des BV et leur combinaison possible .....	9
<b>Figure 2 :</b> Filière de gestion des boues de vidange .....	10
<b>Figure 3 :</b> Carte de localisation de la ville de Rufisque .....	13
<b>Figure 4 :</b> image de la STBV de Rufisque .....	14
<b>Figure 5 :</b> Procédés de fonctionnement technique de la STBV de Rufisque .....	15
<b>Figure 6 :</b> Ouvrage de réception.....	15
<b>Figure 7 :</b> Bassins de sédimentation.....	17
<b>Figure 8 :</b> Lits de séchage.....	17
<b>Figure 9:</b> Image de l'unité de floculation de Rufisque.....	19
<b>Figure 10 :</b> Image de l'omni processor .....	24
<b>Figure 11 :</b> Variation du pH .....	27
<b>Figure 12 :</b> Variation de la teneur en MES .....	28
<b>Figure 13 :</b> Variation de la teneur en MS .....	29
<b>Figure 14 :</b> Variation de la teneur en DBO5 .....	30
<b>Figure 15 :</b> Variation de la teneur en DCO .....	31

## **I. INTRODUCTION**

L'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation globale de l'environnement dans ses différentes composantes. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments. L'intérêt croissant pour l'assainissement en Afrique en général et particulièrement dans les grandes villes s'explique par la démographie galopante. C'est le cas de l'accroissement démographique de la population dakaraise a connu une hausse exponentielle en 2017 avec une population de 3 215 255 habitants (ANDSS, 2018), ce qui engendre par conséquent des rejets importants d'eaux usées et excréta notamment dans les zones périurbaines où l'assainissement autonome prédomine. Ces installations d'assainissement autonome (latrines, fosses septiques) produisent des quantités de boues de plus en plus importantes qui impose la nécessité de trouver des solutions durables et adaptées aux réalités socio-économique, technique et financière pour une meilleure gestion. Ainsi, le gouvernement du Sénégal avec l'appui de la Banque Mondiale à travers son crédit IDA a mis en place dans le cadre du Projet Eau à long Terme (P E L T), la composante « assainissement autonome » avec le programme d'amélioration des quartiers périurbains de la région de Dakar (PAQPUD, 2017).

Ce programme dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par l'ONAS comprend la réalisation de soixante mille (60 000) ouvrages d'assainissements individuels, cent soixante (160) systèmes collectifs, dix (10) édifices publics, soixante-dix (70) blocs de latrines scolaires avec un programme d'éducation à l'hygiène en milieu scolaire, la construction de quatre (4) stations de traitement des boues de vidange à Rufisque, Niayes, Cambérène et Tivawane peulh, la mise en œuvre d'un programme d'information, d'échange et de communication (I E C), la mise en place d'une filière de gestion des matières de vidange permettant de préserver la ressource en eau en limitant les impacts sanitaires et environnementaux d'une mauvaise gestion de ces produits. En ce sens, un accord de partenariat entre EAWAG/SANDEC, DELVIC SANITATION et ONAS a été signé pour un meilleur appui dans le suivi de ces STBV.

Cependant, malgré toutes les solutions mises en place, la gestion en régie directe assurée par l'ONAS a montré ses limites ayant comme principale cause le sous dimensionnement des STBV ce qui fait que les effluents prétraités par décantation/flottation et envoyés dans la STEP de l'ONAS de type lagunage sont de qualités médiocres et constituent une menace pour l'environnement car trop chargés en matières organiques. Cela se traduit par un double impact négatif d'une part, une perte de boues qui échappe à la STBV, ce qui réduit ses capacités de production de boues séchées, d'autre part, une surcharge de pollution au niveau de la STEP qui

## **Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

reçoit des effluents trop chargés. Ainsi, pour remédier à ces problèmes, DELVIC a réalisé des tests de floculation (avec du sulfate d'aluminium [ $Al_2(SO_4)_3$ ]) successivement au laboratoire, puis dans la station expérimentale de Cambérène et enfin en grandeur réelle dans la STBV de Rufisque. Ces tests ont été concluants par rapport aux deux objectifs visés, notamment : (i) l'amélioration de la qualité des effluents envoyés à la STEP de Rufisque et (ii) l'augmentation de la production de boues séchées.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à une amélioration du fonctionnement de la STBV de Rufisque, il s'agit spécifiquement de réaliser des tests de floculation des BV avec le sulfate d'aluminium, d'évaluer les performances du nouveau système de traitement des boues de vidange avec l'intégration de l'unité de floculation et d'Augmenter la production de boues séchées dans l'optique de valoriser par leur réutilisation, les produits qui en sont issus.

Le présent rapport constituant la synthèse de notre démarche est structuré en cinq (05) parties, dans la première partie nous allons faire une introduction, dans la deuxième partie nous aborderons la synthèse bibliographique, dans la troisième partie nous allons montrer la méthodologie adoptée, dans la quatrième partie nous présenterons les résultats obtenus et finir par une conclusion et des perspectives.

## **II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

La recherche documentaire nous a permis de faire l'état des lieux de la question et affiner les pistes de recherche, ceci en faisant une synthèse et un recoupement des différents documents qui s'insèrent dans le contexte de notre étude afin de soulever des questions pertinentes sur notre projet. Cette documentation s'est faite sur la base d'ouvrages généraux, de rapports, des articles de presses, des mémoires et par la consultation des sites internet. A travers elle, nous avons eu la connaissance sur un ensemble de points qui témoignent de la complexité de l'étude tellement les angles de recherche sont multiples et interprétables selon les objectifs que l'on se fixe.

### **II.1 Généralités sur les boues de vidange**

#### **II.1.1 Définitions et terminologies**

Les boues de vidange sont définies par Strand et al. (2014) comme étant les boues brutes ou partiellement digérées, en suspensions ou semi-solides provenant de technologies d'assainissements autonomes (fosses septiques, latrines à fosses améliorées ou latrines traditionnelles) et n'étant pas raccordées à un réseau d'égout. Elles résultent de la collecte, du stockage ou du traitement de combinaisons d'excréments et d'urines avec ou sans eaux grises. Autrement dit, elles désignent les produits issus du curage des fosses septiques relevant de l'assainissement individuel et sont composées de matières décantables et flottées stockées dans l'ouvrage. Elles sont essentiellement composées de matières solides flottantes ou sédimentées ainsi que des matières non fécales et d'eau (Strauss et coll, 1998) et peuvent être classées en deux groupes selon leur âge et leur concentration.

On distingue les BV de type A qui sont très concentrées car stockées pendant quelques jours ou quelques semaines. En provenance des toilettes publiques ou grandes surfaces (Hotels, hôpitaux...), elles sont biochimiquement instables. Les BV de type B qui sont faiblement concentrées car stockées pendant plusieurs mois voire des années. Elles sont partiellement stables (car partiellement minéralisées par digestion anaérobie) et proviennent des dispositifs d'assainissement individuel des ménages.

#### **II.1.2 Caractérisation des BV**

Pour améliorer la GBV notamment le traitement, il est nécessaire de bien connaître les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des boues vidangées par les camions hydrocureurs. Les paramètres tels que la concentration en solides, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), les nutriments, les agents

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

pathogènes et les métaux, permettent de caractériser les BV (voir tableau 1). Ces paramètres correspondent à ceux qui sont considérés pour l'analyse des eaux usées domestiques, mais les caractéristiques des eaux usées domestiques et des BV sont très différentes (Niwağaba et al, 2014). La matière organique, les solides totaux, l'ammonium et les concentrations d'œufs helminthes dans les BV sont généralement plus élevés par un facteur de dix ou cent par rapport à des boues d'épuration (Montangero et Strauss, 2002).

**Tableau 1 :** Présentation des caractéristiques des BV issues des installations sanitaires autonomes et des boues d'épuration

Paramètre	Source de vidange		Boues eaux usées	Référence
	Toilette publique	Fosse septique		
pH	1,5-12,6			USEPA (1994)
	6,55-9,34			Kengne <i>et al.</i> (2011)
MS (mg/L)	52500	12000-35000		Koné and Strauss (2004)
	30	22000		NWSC (2008)
		34106		USEPA (1994)
	≥3.5%	<3%	<1%	Heinss <i>et al.</i> (1998)
MVS (%)	68	50-73		Koné and Strauss (2004)
	65	45		NWSC (2008)
DCO (mg/L)	49	1200-7800		Koné and Strauss (2004)
	30000	10000	7-608	NWSC (2008)
	20000-50000	<10,000	500-2500	Heinss <i>et al.</i> (1998)
DBO (mg/L)	7600	840-2600		Koné and Strauss (2004)
			20-229	NWSC (2008)
Azote total (mg/L)		190-300		Koné and Strauss (2004)
			32-250	NWSC (2008)
Azote Kjeldahl (mg/L)	34000	1000		Katukiza <i>et al.</i> (2012)
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	3,3	150-1,200		Koné and Strauss (2004)
	2	400	2-168	NWSC (2008)
	2000-5000	<1000	30-70	Heinss <i>et al.</i> (1998)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg /L)		0,2-21		Koottatep et al. (2005)
Phosphore Total, (mg/L)	450	150	9,63	NWSC (2008)

Coliformes Fécaux (ufc/100mL)	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$6.3 \times 10^4 - 6.6 \times 10^5$	NWSC (2008)
Œufs d'Helminthes (nombre/L)	2500	4000-5700		Heinss et al. (1994)
	20000-60000	4000	300-2000	Hein et al. (1998)
		600-6000		Ingallinella et al. (2002)
		16000		Yen-Phi et al. (2010)

### **II.1.3 Etat des lieux de la gestion des BV au Sénégal**

Les Boues de vidange proviennent des ouvrages d'assainissement autonome tels que les fosses septiques, les latrines. Du point de vue organisationnel, les acteurs intervenant dans le métier de la vidange, sont les sociétés de vidange et les vidangeurs informels qui se sont regroupés pour l'essentiel au niveau de l'Association des Acteurs de l'Assainissement du Sénégal (AAAS). Les sociétés de vidange sont gérées par des individuels ou des entreprises de petite taille indépendamment du secteur public.

En effet, à Dakar où 70 à 80% de la population ont recours à l'assainissement autonome, le parc automobile des sociétés de vidange regroupe près de 150 véhicules recensés. Ce parc est composé en majorité de camions pompeurs et de tonne à lisier et de seulement 3% d'hydrocureurs (ONAS, 2014). Ces vidangeurs formels bien connus côtoient les vidangeurs manuels qui sont, quant à eux peu connus. Communément appelés « baye-pelles » dans le langage populaire, ces éboueurs interviennent soit pour extraire les boues restantes après passage des camions, soit pour vidanger la fosse. Ainsi, il est difficile de connaître leur nombre exact, compte tenu du fait qu'ils ne sont pas stables et que certains d'entre eux, exercent ce métier de manière épisodique.

A travers le Programme Eau Potable et Assainissement du Millénaire (PEPAM), le Sénégal a mis en place un cadre d'intervention pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) qui prévoient pour l'assainissement urbain de passer d'un taux d'accès de 57 % en 2004 à 78% en 2015. Ce qui devrait permettre à 1 073 000 personnes supplémentaires de disposer d'un service d'assainissement adéquat. En ce qui concerne le taux de traitement il devra passer de 19% en 2004 à 61% en 2015 d'où un volume supplémentaire traité de 34 000 m<sup>3</sup>/j. Ainsi, un taux d'accès de 38,7% et 61,7% est obtenu pour le sous-secteur de l'assainissement en milieu rural et en milieu urbain.

A côté du PEPAM, le Programme de Restructuration du Marché des Boues de Vidange (PSMBV) cherche à réduire les coûts de la vidange et améliorer les conditions sanitaires des populations. Tous ces programmes visent à réduire les problèmes tels que le manque d'ouvrages d'assainissement, l'entretien des ouvrages d'assainissement existants, le problème d'espace des grandes villes comme Dakar, les contraintes financières du secteur, le pouvoir économique des ménages et l'action dispersée des acteurs de l'assainissement. Ces systèmes de traitement appliqués dans certaines régions du monde ont pour objectif principal de réduire l'ensemble des risques émanant de la mauvaise gestion des BV.

#### **II.1.4 Cadre juridique, normatif et législatif de la gestion des BV au Sénégal**

Dans le souci de mieux prendre en charge la problématique de l'assainissement au Sénégal, la loi numéro 2009-24 du 08 juillet 2009 portant code de l'assainissement a été promulguée par les deux chambres parlementaires et le décret d'application 2011-245 promulgué le 17 février 2011. Du point de vue législatif, la question de l'assainissement au Sénégal est traitée jusqu'à présent dans divers codes (code de l'eau, code de l'hygiène, code de l'environnement, code de l'urbanisme, code de la construction). Il s'agit dans cette loi de définir un code unique et harmonisé de l'assainissement ce qui permettra notamment l'accès de tous à la règle de droit en matière d'assainissement au Sénégal. La loi portant organisation du service public de l'eau et de l'assainissement collectif adoptée en 2008 a défini les grands principes de l'organisation de l'assainissement. Fruit d'une élaboration participative impliquant tous les acteurs concernés, le présent code tient compte d'une part des conclusions de toutes les études relatives au secteur et d'autre part des conventions internationales ainsi que des expériences pertinentes d'autres pays.

En son premier titre, il délimite le domaine de l'assainissement liquide, eaux usées, excréta et eaux pluviales et les dispositions relatives à l'élaboration, l'adoption et l'approbation des plans directeurs d'assainissement des eaux usées et eaux pluviales pour les communes et des plans locaux d'hydraulique et d'assainissement pour les communautés rurales ainsi que leur articulation nécessaire avec le plan directeur d'urbanisme. Il énonce également les dispositions relatives aux déversements, écoulements, dépôts, jets, enfouissements et immersions directs ou indirects de déchets liquides d'origines domestique, hospitalière et industrielle soumis aux dispositions de la présente loi sur toute l'étendue du territoire terrestre, fluvial et côtier du Sénégal.

En son deuxième titre, il définit les conditions générales de rejet des eaux épurées en milieu naturel, la réutilisation des eaux épurées d'origine domestique et industrielle, le régime

particulier réservé aux boues de vidange, la protection des dispositifs publics d'assainissement contre les dommages et les conditions d'établissement d'un assainissement autonome.

En son troisième et dernier titre aborde la question des infractions et sanctions à travers l'identification des agents et procédures de constatation des infractions et les dispositions pénales

## **II.2 Systèmes et procédés de traitement des BV**

Le traitement des boues de vidange se fait par un prétraitement et un ou plusieurs procédés de traitement. En effet, les BV ne peuvent être traitées efficacement comme un type d'eaux usées car elles peuvent avoir des paramètres de pollution 10 à 100 fois plus élevés en concentration (Klingel et al., 2002). Ainsi, le choix d'une filière de traitement des boues de vidange dépend principalement des caractéristiques des boues générées dans une ville particulière ainsi que les objectifs de traitement. Les boues de vidange subissent généralement un prétraitement avant d'être injecté dans une filière de traitement.

Dans les procédés, on utilise des technologies qui sont soit séparées ou combinés avec d'autres pour le traitement des BV. Ces technologies sont : le co-traitement des boues de vidange fraîches avec les eaux usées ou des boues d'épuration, la digestion anaérobie avec production de gaz, le bassin de sédimentation-épaississement, les bassins de sédimentation-stabilisation, le co-compostage avec les déchets solides organiques, les lits de séchages non plantés et les lits de séchages plantés.

### **➤ Co-traitement des boues de vidange fraîches avec les eaux usées**

Cette méthode consiste à mélanger directement les boues de vidange fraîches avec les eaux usées domestiques par les systèmes d'épuration des eaux en place. (Le lagunage naturel, les boues activées ...). Le co-traitement avec les boues devient possible si les boues de vidange ne dépassent pas 15% du volume totale à traiter dans le système (PSAO, 1993). Ce mélange peut avoir un impact sur la qualité des eaux rejetées et la performance de la station.

### **➤ Digestion anaérobie avec production de biogaz**

Cette technique est réservée aux boues fraîches, ou plutôt, aux matières biodégradables. Les boues déjà stabilisées (fosses septiques, toilettes sèches) ne doivent pas être utilisées telles quelles pour une installation de méthanisation. Celles-ci doivent être mélangées à des boues fraîches, fumier animal ou reste de végétaux pour atteindre un apport en matière organique dans le bio digesteur de 1,6 à 2.2 kg de MVS/m<sup>3</sup> par jour (DINAPA, 2013).

### **➤ Bassin de sédimentation /épaississement**

Ce sont des bassins réalisant la séparation des phases (liquide-solide), ce procédé est régi par les phénomènes de sédimentation, d'épaississement et de flottation. Les boues sont dépotées à travers un dégrilleur ; au cours du traitement les particules solides se déposent au fond du bassin, la partie liquide surnage, les graisses et les huiles forment une écume à la surface. Le réservoir est composé de trois orifices : une d'entrée des boues, une de sortie du surnageant et une pour l'évacuation des boues sédimentées. Le temps de séjours varie entre une semaine et quatre semaines.

➤ **Bassins de sédimentation/stabilisation**

Ils sont basés sur le même principe que les bassins de sédimentation. Cependant les étangs sont plus étendus et les solides décantés en sont retirés à un intervalle plus long (une, deux ou plusieurs fois par an) il en découle une demande en espace plus forte. Vu le temps de rétention prolongé, ce procédé convient bien aux boues fraîches et permet une meilleure décantation que les bassins de sédimentation. Cependant, les liquides et les solides décantés nécessitent un traitement ultérieur, (Renmond, 2008).

➤ **Le co-compostage avec les déchets solides organiques**

Les BV (épaissies ou non) ont un taux d'humidité et d'azote élevé tandis que les déchets solides biodégradables sont riches en carbone organique et ont une bonne propriété de mise en tas. En combinant les deux intrants les avantages de chacun peuvent être utilisés pour optimiser le processus et le produit final (Tilley et al., 2014) . Le co-compostage des BV et des déchets organiques (ou des ordures ménagère) ne peuvent être envisagés que si le marché du compost existe. Le co-compostage des BV se fait avec des boues pâteuses ou solides. Donc il ne peut se faire qu'avec des boues issues manuellement des latrines, des boues épaissies ou déshydratées. (Kouawa, 2016).

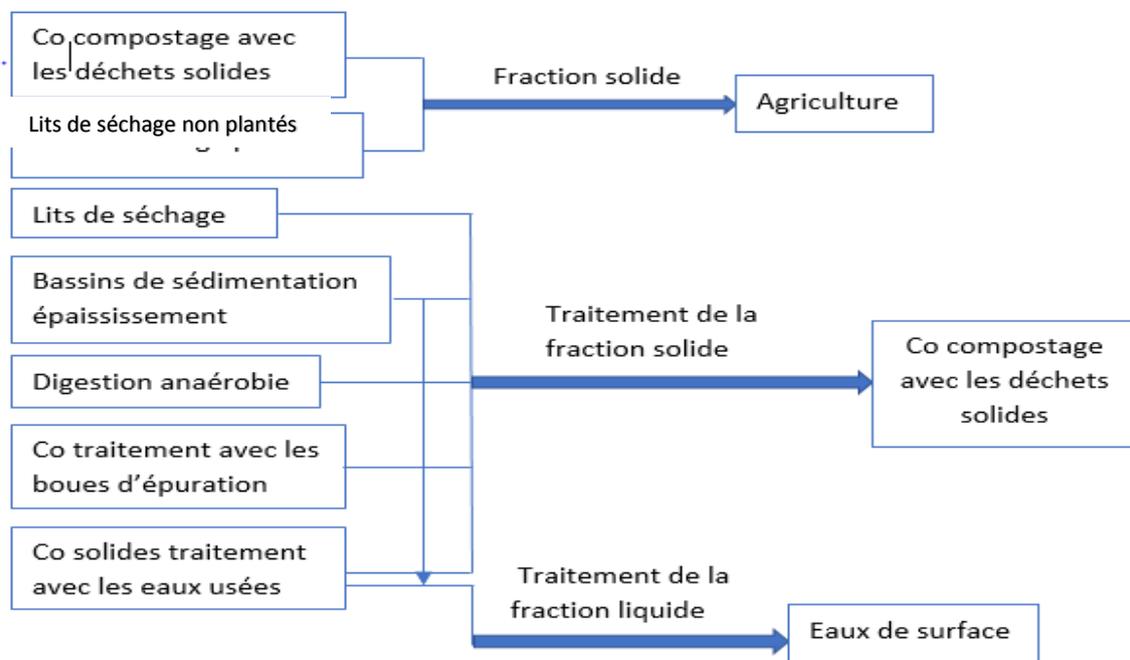
➤ **Les lits de séchages (non plantés)**

Ces lits sont basés sur le principe de la déshydratation des BV, sur la percolation des lixiviats et de l'évaporation des eaux contenues dans les boues. Ils sont constitués d'un filtre à gravier/sable équipé d'un système de drainage. Au cours de l'alimentation, les BV sont déversées sur un lit, la partie liquide des boues est évacuée dans sa majorité par percolation à travers le filtre, le reste par évaporation. Les boues restées sur le filtre sont déshydratées puis raclées, et directement mis en décharge ou hygiénisées pour une valorisation dans l'agriculture. Le temps de séchage sur les lits non plantés s'étend sur deux à quatre semaines. L'hygiénisation des boues résiduelles consiste à un séchage supplémentaire variant entre sept et quatorze jours(ONEA, 2010), une stabilisation et une réduction des pathogènes. Quant au percolât il doit

être traité par un système de traitement des eaux usées. Ce procédé a un faible coût d'investissement et d'exploitation, ce pendant les lits de séchage ne reçoivent que des boues de vidange non diluées, les boues séchées ne sont pas hygiénisées et le percolât doit être traité avant son rejet ou sa réutilisation.

➤ **Les lits de séchages plantés (filtre planté)**

D'après Klingel et al. (2002) les lits plantés sont des lits de séchage à filtre de sable/graviers drainés dans lesquels croissent des plantes marécageuses. Le système racinaire de ces dernières maintient une bonne perméabilité dans la couche de boues, qui peuvent être renflouées en continu. Les boues séchées ne doivent être évacuées qu'au bout de quelques années ; l'intervalle entre les récoltes est donc beaucoup plus long qu'avec les lits de séchage. La longue période de rétention des solides favorise leur minéralisation et l'élimination naturelle des pathogènes, ce qui permet d'utiliser directement les boues produites dans l'agriculture. Cette technique est la seule qui réalise en même temps la déshydratation, la stabilisation et l'hygiénisation des boues. Dans l'idéal, l'espèce végétale utilisée devrait être fourragère (Renmond, 2008). Les travaux de Lienard et al. (2008) ont montré que le percolât issu de cette technique doit encore subir un traitement avant son rejet dans la nature ou sa réutilisation. La figure 1 montre quelques technologies de traitement ainsi que les combinaisons envisageables



**Figure 1 :** Vue d'ensemble des techniques de traitement à faible coût des BV et leur combinaison possible

## II.3 Filières de gestion des BV

La filière de gestion des BV (voir figure 2) est un système composé d'un ensemble de processus constitué notamment de la vidange (ou collecte) et le transport des boues, de leur traitement et valorisation

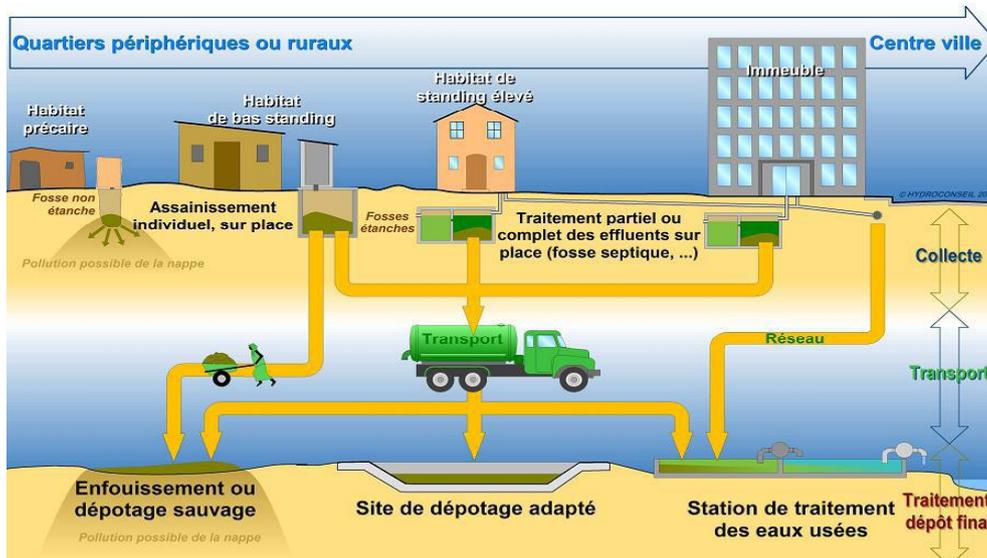


Figure 2 : Filière de gestion des boues de vidange

### II.3.1 Collecte et transport

Les BV peuvent être extraites des fosses uniques ou septiques par des techniques manuelles ou mécanisées, en utilisant de simples outils, des camions de vidange, des pompes ou des matières motorisées. En pratique la méthode employée dépendra du type de dispositif à vidanger, des contraintes d'accès au site ainsi que du matériel et de l'expertise technique dont dispose le vidangeur. Il est important de préciser quelles sont les propriétés des BV pour bien comprendre les défis que représentent leur collecte et transport. Ces propriétés sont principalement liées à la teneur en eau des boues, à leur âge, à la présence d'éléments non biodégradables et à leur teneur en matières organiques. Par exemple, dans une latrine à fosse unique, les boues les plus récentes, déposées sur la partie haute du volume stocké, représentent des teneurs en eau et en matières organiques supérieures à celles des boues accumulées au fond de la fosse et ont par conséquent une densité moindre (Buckley et al, 2008).

#### a) Méthode mécanique de collecte des boues

Elle est assurée par des entreprises privées (pour la plupart) et publiques (Koanda, 2006 ; Koné, 2010). Les boues extraites mécaniquement sont transportées et déchargées jusqu'à plusieurs kilomètres des habitations. Les opérateurs connectent le tuyau du camion de vidange au dispositif de dépôtage, avant de s'enregistrer électroniquement pour pouvoir déverser ses boues.

La station enregistrera alors l'heure et la date du déversement, le volume des boues, le nom de l'opérateur et toute autre information pertinente. Les unités de dépotage mécanisées permettent de réduire les erreurs de saisie, d'accroître la précision de l'exploitation et de responsabiliser davantage les vidangeurs.

***b) Méthode manuelle de collecte des boues***

La vidange manuelle (à la pelle et au seau) est pratiquée par des « professionnels » vidangeurs manuels ou des membres de la famille du propriétaire de l'ouvrage vidangé. Les boues vidangées manuellement sont généralement déposées dans la concession familiale, dans les espaces publics non exploités et parfois dans les champs (UADE et OIEAU, 1993 ; Rehacek, 1996 ; CREPA, 2004). Des enquêtes menées dans certains pays d'Afrique de l'Ouest ont révélées que 30 à 50% des installations de l'ANC sont vidangées manuellement (CREPA, 2004 ; Blunier et al, 2004). Par ailleurs, les principaux facteurs favorisant la vidange manuelle sont l'incapacité de certains ménages à payer les services de vidange mécanique, le type d'infrastructure et les modalités d'utilisation, la difficulté d'accès aux installations d'assainissement de certains ménages par les vidangeurs. Les frais de carburant et d'entretien des camions de vidange représentent plus de 60% du coût d'un service de vidange (Koanda, 2006). Ces derniers sont élevés pour les ménages à faible revenus et rendent souvent le service inaccessible à ceux-ci.

**II.3.2 Traitement**

Le traitement des eaux usées et excréta constitue le troisième et dernier maillon de la filière assainissement. Ce maillon assure le traitement des eaux usées et excréta après leur évacuation hors du domicile des ménages, en vue de réduire les risques sanitaires et les pollutions sur l'environnement.

En Afrique de l'Ouest, les stations de traitement des boues de vidange sont peu performantes du fait de leur sous dimensionnement, seulement quelques pays telles que le Sénégal, le Burkina (Ouagadougou), le Bénin (Cotonou), le Ghana, Mali (Bamako) et la Cote d'Ivoire (récent) qui disposent de stations de traitement aux performances diverses (Koanda, 2006). Ces dernières sont gérées par les municipalités ou les agences gouvernementales de promotion de l'assainissement, à l'exception des cas de Bamako et Cotonou au Bénin financées par des fonds privés. Les frais d'exploitation de ces stations sont financés en partie par une redevance payée par les vidangeurs à chaque déversement.

### **II.3.3 Valorisation des BV**

Les filières de traitement génèrent des produits qui, suivant le mode de valorisation, doivent encore être traités, entreposés ou encore commercialisés. Les produits issus du traitement boues séchées totalement ou partiellement, compost, percolât et biogaz par exemple présentent tous une valeur intrinsèque qui permet de considérer le traitement non seulement comme une solution pour la protection de la sante publique et de l’environnement, mais aussi comme un moyen de recycler des ressources et de créer de la valeur. Il existe de nombreuses technologies de traitement des boues de vidange, qui peuvent être associées de différentes façons. Tous les procédés de traitement donnent lieu à des produits qui pourront être soumis à un traitement complémentaire, stockés ou encore commercialisés en vue de leur valorisation. Ainsi, l’utilisation des produits issus du traitement doit être prise en compte dès la phase de conception globale de la filière de gestion des boues de vidange, car un produit est intrinsèquement lié à un procédé de traitement donné. La synthèse des possibilités de valorisation est présentée dans le tableau 2 ci-dessous

**Tableau 2** : Synthèse des possibilités de valorisation des BV

<b>PROCEDES DE TRAITEMENT</b>	<b>PRODUITS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boues de vidange non traitées</li> <li>- Boues séchées issues des lits de séchage</li> <li>- Compost</li> <li>- Granulés</li> <li>- Digestat issu de la digestion anaérobie</li> <li>- Résidus laissés par les mouches</li> </ul>	Amendement de sol
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boues de vidanges liquide non traitées</li> <li>- Effluent sortant des stations de traitements</li> </ul>	Eau recyclée
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Larves des mouches soldats noires</li> </ul>	Protéines
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lits de séchage planté</li> </ul>	Fourrage et végétaux
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lagunage ou effluent pour l’aquaculture</li> </ul>	Poisson et végétaux
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporation des boues séchées</li> </ul>	Matériaux de construction
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biogaz issu de la digestion anaérobie</li> <li>- Incinération/combustion des boues séchées</li> <li>- Pyrolyse des boues de vidange</li> <li>- Biocarburant des boues de vidange</li> </ul>	Biocarburant

### III. MATERIEL ET METHODE

#### III.1 Présentation de la zone d'étude

##### III.1.1 Présentation de la ville de Rufisque

La ville de Rufisque est située à 25 km au Sud Est de Dakar, elle occupe une superficie de 17,6 km<sup>2</sup>. Sa population qui s'élevait à 41 000 habitants en 1960, est très vite passée à 490 694 habitants en 2013 avec un total de 5 475 habitants concentrés dans les quartiers de Keury Kao et Keury Souf formant le centre-ville selon les estimations de la Direction de la Prévision et de la Statistique (DPS). Elle est limitée à l'Est par la commune de Bargny, à l'Ouest par la ZAC de Mbao, au Nord par les localités de Sangalkam et de Kounoune et au Sud par la mer.

Rufisque est surtout menacée par des problèmes d'assainissement, ce qui a donné de l'ampleur à la précarité du milieu. Par conséquent, la majeure partie de la population vit en milieu défavorisé. Cette pauvreté s'explique par les moyens précaires que détiennent les habitants en matière de santé, d'éducation et d'environnement. Son sous-sol est constitué de sable de dune uniforme jusqu'à une profondeur relative à la côte de 15,80m.

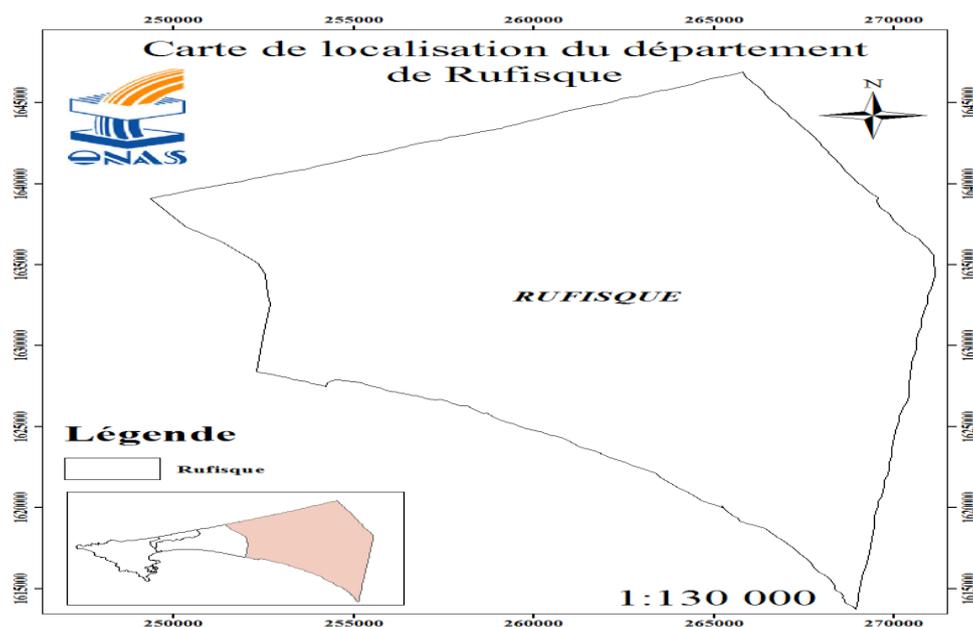
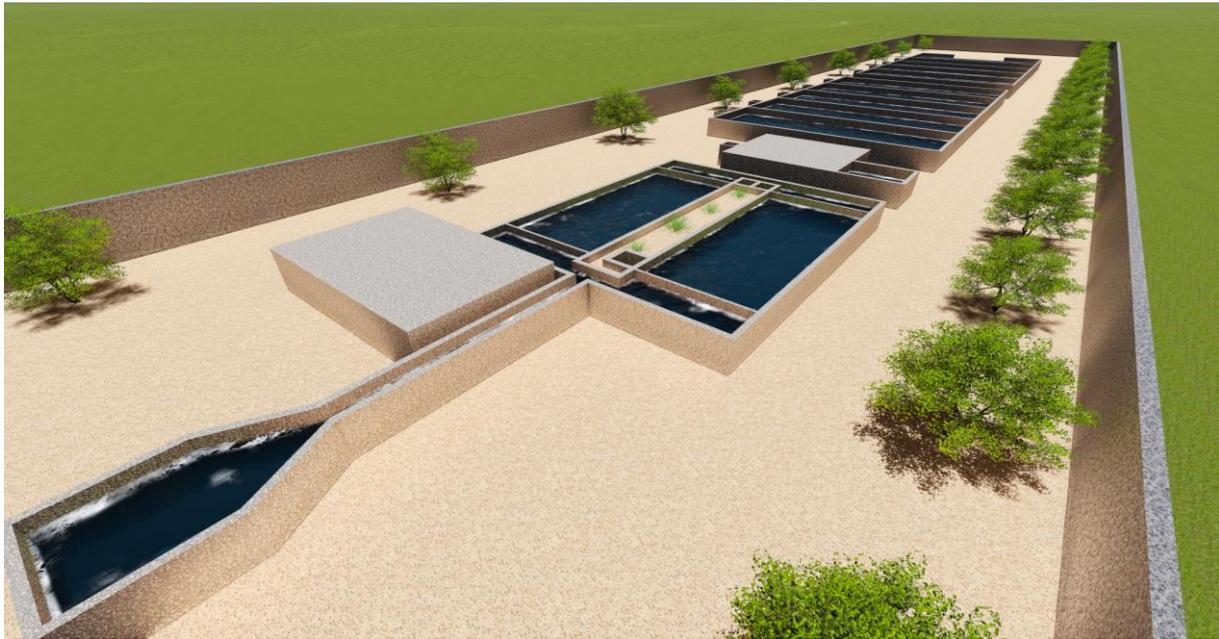


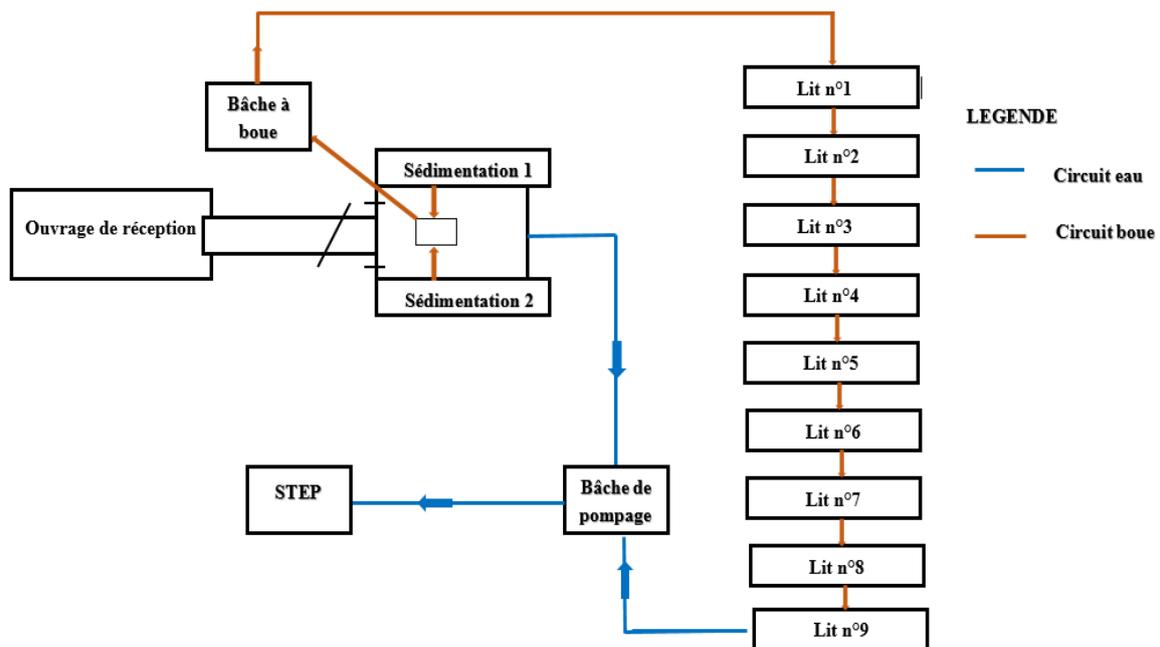
Figure 3 : Carte de localisation de la ville de Rufisque

### III.1.2 Présentation de la STBV de Rufisque



**Figure 4 :** image de la STBV de Rufisque

La STBV de Rufisque créée en 2007, s'étant sur une superficie de 1,5 ha. Elle est constituée d'un ouvrage réceptacle, deux dégrilleurs, deux bassins de sédimentation, neuf lits de séchage et d'une zone de stockage des boues séchées. Les boues de vidange d'un volume égal à environ  $544 \text{ m}^3/\text{j}$  provenant des fosses septiques sont introduites dans le point de dépotage (ouvrage réceptacle) par les camions de vidange. Une fois dans l'ouvrage de réceptacle, l'effluent en passant par les dégrilleurs, emprunte le canal qui mène vers les deux bassins de sédimentation où les matières solides y subiront une décantation et se déposent au fond sous l'effet de la gravité. Entre ces deux bassins se trouve deux regards, le premier permettant le soutirage des boues déposées au fond et le deuxième pour la sortie de l'effluent et son acheminement vers la station de lagunage des eaux usées. Les boues ainsi déposées au fond des bassins de sédimentation sont pompées grâce à une pompe à boue de type Rotor excentré de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  et dirigées directement au niveau des lits de séchage disponibles pour une durée de 17 jours en moyenne afin d'être suffisamment séchées et décapées puis acheminées au niveau de la zone de stockage pour subir ensuite les différentes transformations. Le schéma ci-dessous illustre le procédé du système existant avant la mise en place de l'unité de floculation.



**Figure 5 :** Procédés de fonctionnement technique de la STBV de Rufisque

*a) Ouvrage de réception*

C'est un bassin de forme rectangulaire légèrement en pente avec un volume de stockage de 56,20 m<sup>3</sup>. Il comporte une zone de convergence rétrécit et conduisant les boues provenant des camions vers le dégrilleur puis vers les bassins de sédimentation. Il permet l'accès facile pour les camions de vidange et avec son fond incliné facilite l'écoulement des boues vers le canal de dégrillage. Il comporte un dispositif en tôle muni de pertuis pour éviter les éclaboussures et le débordement des boues de vidange causés par les débits trop forts observés au début de la vidange des camions. Il y est strictement interdit le dépôt des boues provenant des unités industrielles et des hydrocarbures



**Figure 6 :** Ouvrage de réception

***b) Dégrilleur***

La STBV de Rufisque est constituée d'un système de deux dégrillage manuel composés de grilles métalliques posées à travers du canal servant à éliminer les déchets plus ou moins volumineux tels que les chiffons, les textiles, les papiers, les plastiques ou encore les branches et feuilles entrainées par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Le canal est élargi à l'endroit du premier dégrillage et rétréci à l'endroit du deuxième afin d'éviter le passage de certaines matières flottantes et les débordements des boues. Le nettoyage des grilles se fait manuellement entre deux déchargements de camions et les déchets mises dans le chariot pour être acheminé plus tard vers la décharge. Le dégrillage permet de protéger les ouvrages en aval de la station contre les dommages qui peuvent être causés par les objets de grandes taille contenus dans le flux.

***c) Bassins de sédimentation***

Les bassins de sédimentation sont des bassins de décantation simples avec un volume de 4272,45 m<sup>3</sup> chacun. Ils sont au nombre de deux, fonctionnent en parallèle et sont indépendants l'un de l'autre. Alimentés à partir de l'ouvrage de réception, ils sont curés au bout de 3 mois pour éviter le colmatage de la sortie de l'effluent et permettent de réduire la surface nécessaire pour la déshydratation des boues sur les lits de séchage ainsi que les activités de maintenance associée. Ils maintiennent également un cycle continu d'alimentation et d'extraction des boues. Chaque bassin est alimenté en alternance pour des périodes allant généralement d'une semaine à un mois avant d'être mis au repos et en maintenance pendant que l'autre bassin prend le relais. Les surnageants sont raclés, séchés puis arrosés avec l'ajout de feuilles mortes pour devenir du compost. Dans ces bassins on distingue quatre (4) zones :

- Une zone de matières flottantes qui s'accablent en surface.
- Une zone claire, lieu du flux longitudinal et de séparation des solides (matières en suspension) par sédimentation ;
- Une zone d'accumulation des boues
- Une zone d'accumulation au fond où les sédiments et les sables s'accablent et s'épaississent ;

Il s'agit ainsi d'une étape importante pour obtenir une boue qui ne contient pas de déchets non biodégradables comme du plastique et qui soit donc susceptible d'être valorisée.



**Figure 7 :** Bassins de sédimentation

*d) Lits de séchage*

Etant de forme rectangulaire, les lits de séchage, au nombre de 9 avec un volume de  $56,7 \text{ m}^3$  chacun. Ils sont agencés en séries et constituent la première étape du processus de traitement des boues de vidange à l'entrée de la station. Ils jouent le rôle d'épaississement et de déshydrations des boues, contribuant ainsi à la séparation de la partie solide/liquide.

Au niveau de chaque lit est installée une conduite d'amenée avec une vanne afin d'approvisionner les lits en boues sédimentées individuellement. Ces lits de séchage sont constitués de bacs en béton dont le plancher est rendu étanche par une bâche ou un radier béton. Dans la partie inférieure, le massif filtrant, non colmatant, est composé de couches superposées de galets, graviers et sable grossier. Une grande partie du liquide appelée filtrat est évacué par percolation et siphonage à travers le filtre et les raccords et est collecté par le réseau de drainage. Ce filtrat, possédant une teneur fortement réduite en MES mais très chargé en polluants organiques est injecté dans la STEP de l'ONAS pour y subir un traitement biologique.



**Figure 8 :** Lits de séchage

*e) Air de stockage*

De forme rectangulaire, l'aire de stockage s'étend sur une surface de 114.21 m<sup>2</sup>. Elle se situe à proximité immédiate des lits de séchage et est accessible par les camions par la voirie interne aménagée à cet effet. Elle permet de recevoir et de stocker les boues issues des lits de séchage pour qu'elles soient suffisamment séchées. Ces boues séchées sont récupérées puis transportées au niveau de l'omni processor pour être valoriser ou vendu aux jardiniers et cultivateurs.

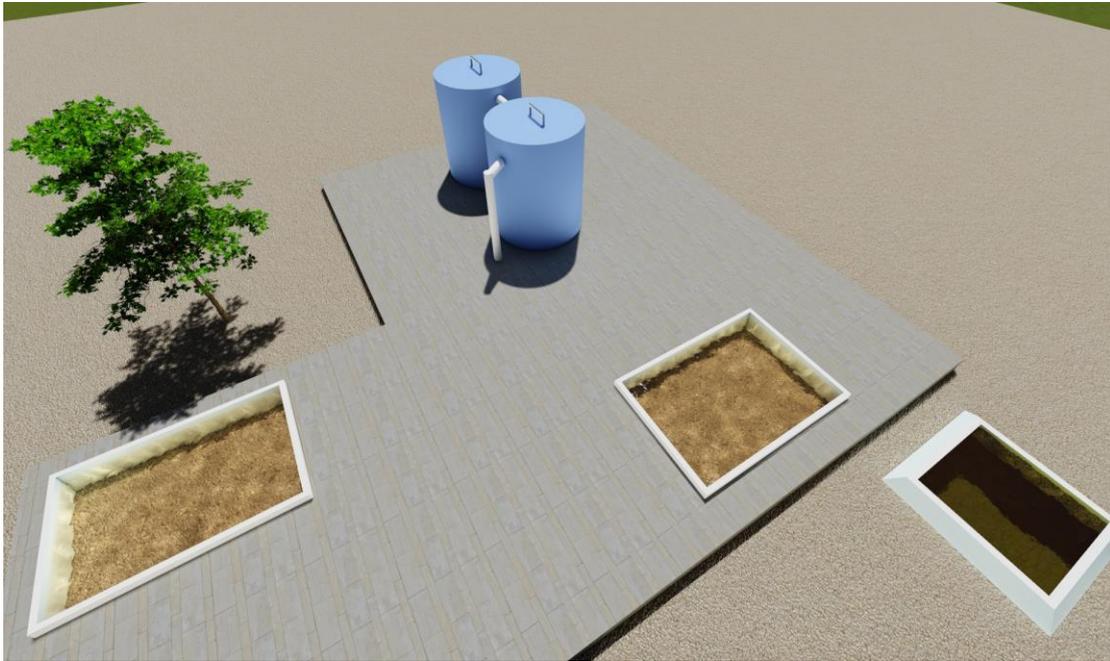
### **III.1.3 Présentation de l'unité de floculation**

L'unité de floculation mise en place au niveau de la STBV de Rufisque (voir figure 9) est décrite comme suit :

- ✚ un poste de relevage muni de 2 pompes à eaux usées (25 m<sup>3</sup>/h chacune). Ces pompes fonctionnent en alternance et sont commandées par des poires de niveau. Elles assurent le transfert de l'effluent sortant des bassins de sédimentation vers la cuve de mélange ;
- ✚ une cuve de mélange recevant les effluents à flocculer. Cette cuve est munie d'un agitateur tournant à 200 tours/min et dont le fonctionnement est lié à celui des pompes de relevage pour effluent et permet un temps de contact de 2 minutes entre l'effluent et la solution de sulfate d'aluminium ;
- ✚ une cuve de préparation et de stockage de la solution de sulfate d'aluminium. Cette cuve de 1,5 m<sup>3</sup> de volume utile, est munie d'un agitateur pour assurer la préparation de la solution. Elle est également munie d'une pompe doseuse d'un débit modulable de 15 litres par heure dont le fonctionnement est lié à celui des pompes de relevage pour assurer le transfert de la solution de sulfate dans la cuve de mélange ;
- ✚ un bassin décantation composé de 2 compartiments : 1 zone de décantation et 1 cale sèche. La zone de décantation est sous forme conique afin de faire converger les effluents flocculés vers le centre de bassin. Le point d'injection des effluents dans le bassin et celui de la sortie des surnageants se trouvent sur la diagonale. Ceci constitue la distance maximale devant parcourir les effluents flocculés afin d'augmenter les chances de décantation. Celle-ci est également muni d'un déflecteur afin de casser la vitesse de flux des effluents flocculés. La cale sèche, munie d'une pompe à boue de type Rotor excentré (10 m<sup>3</sup>/heure) assure la collecte des boues décantées dans la zone de décantation et les transfère vers les lits de séchage.
- ✚ une canalisation enterrée pour l'acheminement des effluents des bassins de sédimentation vers le bassin de mixage d'une part et d'autre part vers le réseau existant pour le transfert des effluents vers la STEP ;

## Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation

- + une canalisation enterrée pour l'acheminement des boues décantées vers les lits de séchage ;
- + un poste de commande électrique qui assure la gestion globale du système.



**Figure 9:** Image de l'unité de floculation de Rufisque

### III.2 Approche méthodologique de l'étude

Dans l'optique de mener à bien notre projet de recherche et de cerner l'ensemble des points qui structure notre problématique, une méthodologie de travail a été adoptée afin de proposer des résultats cohérents et crédibles. Cette méthodologie nous a permis d'établir une démarche à suivre depuis le début des travaux préliminaires jusqu'à l'élaboration du rapport final de l'étude.

### III.3 Evaluation des performances des systèmes de traitement de la STBV

#### III.3.1 Evaluation de la performance de la STBV

Dans l'optique d'évaluer la performance de la STBV de Rufisque, des séances de prélèvement et d'analyse sur un certain nombre de paramètres ont été effectués à l'entrée des boues de vidange (au niveau de l'ouvrage réceptacle) et à la sortie des bassins de sédimentation par l'équipe du laboratoire de l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS). Ces prélèvements nous ont permis d'avoir une idée sur les caractéristiques physico chimiques des boues brutes. Les paramètres suivis dans notre projet sont notamment : pH, MS, MES, DCO et DBO<sub>5</sub>.

La formule de rendement épuratoire utilisée est la suivante :

$$R(\%) = \frac{P_i - P_e}{P_i} * 100$$

R (%) : rendement épuratoire exprimé en pourcentage

P<sub>i</sub> (mg/L) : concentration du paramètre de l'influent (eaux des bassins de sédimentation)

P<sub>e</sub> (mg/L) : concentration du paramètre de l'effluent (effluent floculé)

### **III.3.2 Evaluation de la performance de l'unité de floculation**

Afin d'avoir une idée générale sur la capacité de l'unité de floculation à réduire la quantité de pollution arrivant dans la station de traitement des boues de vidange de Rufisque, des échantillonnages et analyses ont été réalisés au laboratoire de l'ONAS sur les paramètres physico-chimiques notamment le pH, les MES, les MS, la DBO, et la DCO.

Le nombre et le type de paramètres suivi dans les effluents sortant des bassins de sédimentation, les effluents floculés et envoyés à la STEP, les boues liquides, et les boues séchées sont présentés dans le tableau 3. Ils varient en fonction du type d'échantillon. Les échantillons ont été prélevés journalièrement durant les mois d'octobre et de novembre, du lundi au vendredi entre 08h et 16h conformément au programme de prélèvement des échantillons du laboratoire de l'ONAS (voir annexe 7).

Les principaux paramètres sont :

- pH
- MES : Matières En Suspension
- MS : Matières Sèches
- DCO : Demande Chimique en Oxygène
- DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

**Tableau 3** : Paramètres suivis

	<b>pH</b>	<b>MES</b>	<b>MS</b>	<b>DCO</b>	<b>DBO5</b>
Effluent sortant des bassins de sédimentation :	15	15	15	15	15
Effluent envoyé à la STEP :	15	15	15	15	15
Boue liquide :	Nd	15	15	Nd	Nd
Boues séchées :	Nd	Nd	09	Nd	Nd

Nd : non déterminé

**Tableau 4** : Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Unités	Méthodes d'analyses
Potentiel hydrogène (pH)	-	Multi paramètres WTV-350
Demande Biologique e Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	Standard methods 18 <sup>e</sup> édition
Demande Chimique en Oxygène DCO	mg/L	Standard methods 18 <sup>e</sup> édition
Matière En Suspension (MES)	mg/L	AFNOR T90-105

**a) Quantification du volume moyen d'effluent floculé journalièrement**

Pour connaître le volume moyen journalier d'effluent floculé, il sera question de prendre les relevés journaliers du temps de marche des pompes à eaux usées (heure de démarrage et heure d'arrêt) du lundi au vendredi pendant les trois semaines d'échantillonnage. Ainsi, connaissant la capacité des pompes à eaux usée qui est de 25m<sup>3</sup>/h chacune (50 m<sup>3</sup>/h) pour les deux pompes et leurs durées de pompage on peut en déduire le volume d'effluent floculé journalièrement.

$$V_j = T_j * Q_j$$

V<sub>j</sub> : Volume d'effluent floculé journalièrement en m<sup>3</sup>

T<sub>j</sub> : le temps de marche journalier des pompes de refoulement en h

Q<sub>j</sub> : le débit de la pompe de refoulement en m<sup>3</sup>/h

**b) Contrôle de la qualité de l'effluent sortant des bassins de sédimentation**

Pour déterminer la qualité des effluents sortant des bassins de sédimentation, des échantillons ont été collectés du lundi au vendredi pendant trois semaines. La démarche adoptée consiste à arrêter la pompe doseuse et laisser fonctionner les pompes de relevage pendant 2 minutes afin de chasser tout l'effluent floculé, prendre 500 ml toutes les 2 heures toute la journée (8 à 16 heures), garder les échantillons à frais dans une glacière 4°C, mixer les échantillons collectés dans un même seau et prendre 1 litre pour les analyses de laboratoire.

**c) Suivi de la qualité de l'effluent floculé**

Pour effectuer le suivi correct de la qualité des effluents nous avons effectué une prise de 250 ml de surnageant toutes les 30 minutes sous le tuyau alimentant le poste de relevage durant toute la journée (entre 8 et 16 heures), verser chaque prise dans une bouteille, conserver les échantillons dans la glacière préalablement muni de glace, verser le contenu des 4 bouteilles dans un seau bien nettoyé, prendre 1 litre dans le seau après avoir vigoureusement mélangé son

contenu à l'aide du bécher bien nettoyé, transporter quotidiennement l'échantillon de 1 litre au laboratoire pour les besoins d'analyse des paramètres concernés

***d) Analyse de la qualité des boues appliquées dans les lits de séchage***

La détermination de la qualité des boues appliquées a été effectuée par des prises d'échantillon sous la vanne alimentant le lit de séchage disponible. Un volume de boue de 250 ml est prélevé toutes les 15 minutes, ces prises sont versées dans des bouteilles de 1 litre. La pompe est arrêtée lorsque la boue devient moins dense (plus ou moins liquide). Il est en effet, souhaitable d'appliquer une boue dense afin de réduire la durée de séchage. Ainsi, l'ensemble des prises est versé dans un seau et mixer vigoureusement à l'aide d'un bâton préalablement nettoyé afin de prendre 0,5 Litre dans le composite pour les besoins d'analyse.

***e) Suivi de séchage des boues dans les lits***

Pour déterminer l'impact de la floculation sur le séchage des boues, les lits alimentés avec de la boue floculée ont été comparés avec de la boue non floculée. Pour cela, des échantillons seront collectés et analysés au laboratoire pour déterminer l'humidité des boues.

La procédure adoptée pour la collecte d'échantillons est de diviser virtuelle du lit en 12 parties égales, prendre un échantillon au milieu de chaque partie. Pour cela, il faut prendre toute la couche de boue (de haut jusqu'au fond), mettre chaque prise dans un seau probablement nettoyé et séché, mélanger vigoureusement les 12 échantillons avec un bâton sec, prendre 50 g environ du contenu du seau et les mettre dans un papier aluminium pour conserver l'humidité, transporter l'échantillon directement au laboratoire pour les besoins d'analyse.

***f) Quantification de boue liquide produite par l'unité de floculation***

La quantité de boue produite quotidiennement par l'unité de floculation sera déterminée par la formule suivante :

$$Vb = Tb * Qb$$

Vb : Volume de boue floculé journalièrement (m<sup>3</sup>)

Tb : Temps de pompage journalier de la pompe à boue (h)

Qb : Débit journalier de la pompe à boue

Pour chaque étape d'alimentation, le lit qui doit être rempli est désigné. Pour cela, il faut s'assurer qu'il est bien nettoyé et ne contient pas de boue. La vanne correspondant à ce lit et celle du canal de boues floculées seront ouvertes. En même temps, les vannes des autres lits

seront fermées puis on active la pompe à boue qui continue son fonctionnement jusqu'à ce que la qualité de boue devienne plus ou moins liquide.

***g) Quantification de la production de boues séchées***

Pour déterminer l'impact de la floculation sur la production de boues séchées, la masse totale de boue de chaque lit décapé sera déterminée à l'aide de brouettes utilisées pour le décapage. Il sera important de charger les brouettes de façon plus ou moins identique. Pour cela, la procédure suivante sera adaptée : peser la masse à vide de la brouette qui est de 4,5 kg, remplir la brouette avec des boues séchées, verser le contenu de la brouette dans un box, peser la quantité de boues séchées contenu dans le box, faire la différence de masse entre la brouette remplie de boue et son poids à vide. En effet, pour pouvoir faire une comparaison sur la quantité de boue séchée et non séchée collectée la procédure suivante est répétée au niveau des lits alimentés par la boue non floculée. Le nombre total de brouettes collectées sera énumérée jusqu'à ce que tout le contenu du lit soit totalement terminé. Ainsi, la quantité totale de boues séchées produites sera calculée selon la formule suivante :

$$M_t = \sum(m_i * n_i) - m_v$$

$M_t$  : la masse totale de boue collectée en Kg

$m_i$  : la masse d'une brouette remplie de boue séchée en Kg

$n_i$  : le nombre de brouette de boue obtenu pour chaque lit décapé

$m_v$  : la masse à vide de la brouette en Kg

**III.3.3 Caractéristiques des boues issues de la floculation**

Le Sénégal est aujourd'hui mentor dans la gestion des boues de vidange grâce à l'Office National de l'Assainissement du Sénégal. Ce secteur est maintenant créateur de valeur ajoutée. L'assainissement autonome a toujours été considéré comme budgétivore, car utilise beaucoup de ressources sans créer de recette. Mais, depuis quelques années, l'ONAS a lancé, sur financement de la Fondation Bill et Melinda Gates, un projet dénommé « Restructuration du marché des boues de vidange » qui consiste à organiser le marché de l'assainissement autonome et les vidangeurs et essayer de créer de la valeur ajoutée. C'est dans ce contexte que la Fondation Bill & Melinda Gates a accordé à l'ONAS sous forme de don, un appareil dénommé « omni processor » installé à Dakar dans la STBV des Niayes pour une valorisation avancée des boues de vidange. Il contribuera ainsi à réduire grandement les coûts d'électricité de la station de traitement de l'ONAS.

## **Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

En effet, le traitement par floculation entraîne une production en quantité importante de boue pompée au niveau des lits. Ces dernières après leur séchage, sont valorisées sous forme d'eau distillée, d'électricité et de cendre au niveau de l'omni processor qui est une unité de production d'énergie révolutionnaire à partir des déchets solides à l'exception du fer et du verre. Il produit aussi de la cendre très riche en phosphore, pouvant être utilisée dans les BTP (Bâtiment et Travaux Public) ou dans l'agriculture. Le principe est très simple, en chauffant à très haute température (plus de 1000°C) la boue des égouts, cette mini station de traitement des déchets produit deux choses : d'un côté, des cendres qui pourront servir d'engrais ou de matériaux de construction et de l'autre côté, de la vapeur d'eau. Au passage, les microbes et les odeurs sont éliminés. La vapeur actionne les turbines, ce qui génère l'électricité. Et cette vapeur est ensuite recueillie sous forme de gouttelette c'est-à-dire d'eau liquide, nettoyée de toute impureté. Selon ses concepteurs, la machine pourrait ainsi produire environ 10.800 litres d'eau distillée par jour. Et elle serait triplement rentable, car elle permettrait d'obtenir 3 produits essentiels à partir d'un seul (la boue, plutôt facile à se procurer).



**Figure 10** : Image de l'omni processor

## **IV : RESULTATS ET DISCUSSION**

### **IV.1 Etat des lieux de la STBV de Rufisque**

Pour l'état des lieux de la STBV de Rufisque, nous avons fait un diagnostic du fonctionnement du système existant pendant trois mois complets (Aout à octobre 2018). Ce système, sous contrôle de DELVIC SANITATION est constitué d'un air de manœuvre en bon état, d'un canal de réception fonctionnel, deux dégrilleurs dont l'un vétuste, trois vannes à batardeau dont deux vétustes, deux bassins de sédimentation en bon état, un bassin de récupération des boues en bon état, une pompe à boue fonctionnelle, une canalisation en PVC de diamètre 110 pour le refoulement des boues acceptable, neuf lits de séchages munis chacun d'une vanne de diamètre 80 tous en bon état, un bassin de régulation en bon état, deux pompes pour les eaux claires en marche et un air de stockage des boues insalubre. Il compte dix (10) personnels dont deux (2) vigiles chargés du décompte du nombre de camion entrant et du volume vidangé, six (6) ouvriers chargés de la maintenance des ouvrages, et deux (2) comptables pour encaisser l'argent après la vidange de chaque camion.

Durant cette période nous avons pu noter que la STBV reçoit les camions chaque semaine ouvrable du lundi au vendredi, le samedi étant réservé pour la vidange et la maintenance des bassins. Ainsi, pour chaque camion déversant la boue de vidange, les données concernant le volume de boue, le lieu ou quartier vidangé et le type de fosses vidangées ont été relevées. Ainsi, la déposante reçoit en moyenne 544 m<sup>3</sup>/j de boues de vidange, apportées par 65 camions dont 98% proviennent des fosses septiques et 2% des toilettes publiques.

Le tableau 5 présente les caractéristiques physico-chimiques des boues brutes de la STBV. Il en ressort que les boues brutes qui arrivent à la STBV de Rufisque montrent une grande variabilité d'un échantillon à l'autre. A l'exception du pH, tous les paramètres des boues varient considérablement. Ceci a été par ailleurs confirmé par des études précédentes sur les boues de Dakar (Sonko, 2008 ; Dème, 2008 ; Tine, 2009 ; Dayer, 2014 ; Diocou, 2014 et Sonko et al, 2014). Cette variabilité des BV est due selon (Ingallinella et al, 2002) à l'intrusion des eaux de la nappe dans les fosses septiques, aux performances des fosses septiques, aux technologies et aux engins de vidange.

**Tableau 5:** Caractéristiques physico-chimique des boues brutes de la STBV de Rufisque

	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3	Moyenne	Ecartype
pH	8,85	8,74	9,26	9,0	0,3
MS (mg/L)	11 398	5 921	8 651	8 656,7	2 738,5
MES (mg/L)	9 533	4 548	7 241	7 107,3	2 495,2
DCO (mg/L)	11 200	5 710	8 256	8 388,7	2 747,4
DBO5 (mg/L)	5 600	2 855	4 128	4 194,3	1 373,7

## **IV.2 Performance de l'unité de floculation**

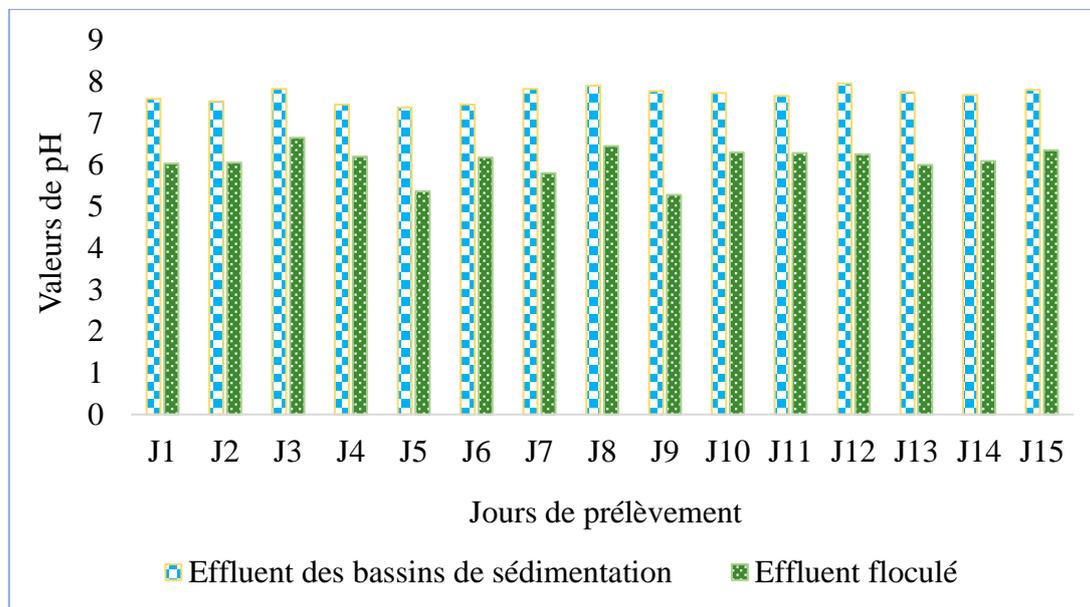
Les résultats obtenus lors de la phase test du projet ont approuvé l'aptitude de la floculation par le sulfate d'aluminium à éliminer une grande partie des Matières En Suspension (85%) et des Matières Sèche (75%) en moyenne. En ce qui concerne la DBO<sub>5</sub> et la DCO, leur taux d'abattement était successivement de (60%) et (51%). Pour la variation du pH nous avons observé une diminution des valeurs allant de 8,6 dans les eaux du bassin de sédimentation à 5,6 en moyenne dans l'effluent floculé. Ainsi après approbation des résultats obtenus lors de la phase test par l'équipe de l'ONAS, le projet a été élargie à grande échelle au niveau de la STBV de Rufisque afin de suivre l'évolution de chacun des paramètres et vérifier si les objectifs fixés ont été atteints. Une dose de sulfate de 0,5 mg/L a été choisie comme dose efficace tout au long de l'étude.

### **IV.2.1 Suivi de la variation du pH**

Les valeurs de pH des eaux des bassins de sédimentation et l'effluent floculé sont représentées dans la figure 11.

- On constate que le pH des eaux du bassin de sédimentation varie de 7,38 à 7,96 avec une moyenne de 7,68. Pour l'effluent floculé il varie de 5,28 à 6,55 avec une moyenne de 6,08. Cette baisse de la valeur du pH dans l'effluent floculé s'explique par l'action du sulfate d'aluminium dans la réaction de la coagulation qui semble avoir un effet sur la gamme de pH des composés organiques (Clément et al., 2013). Il faut également noter que la coagulation entraîne une acidification du milieu puisque la réaction d'hydrolyse libère des ions H<sup>+</sup> (Rahni, 1994). Selon Legube et al, (1998), les conditions optimales de coagulation- floculation des substances humiques correspondent à des pH acides et des dosages importants en coagulant. Ainsi, selon les normes de rejet des eaux usées

fixées par l’OMS en 2001, les eaux doivent avoir une valeur de pH à la sortie de l’installation avant raccordement à une station d’épuration urbaine doit être comprise entre 6 et 9. Donc, on peut dire que les normes sont respectées aussi bien au niveau des eaux des bassins de sédimentation qu’au niveau de l’effluent floculé.

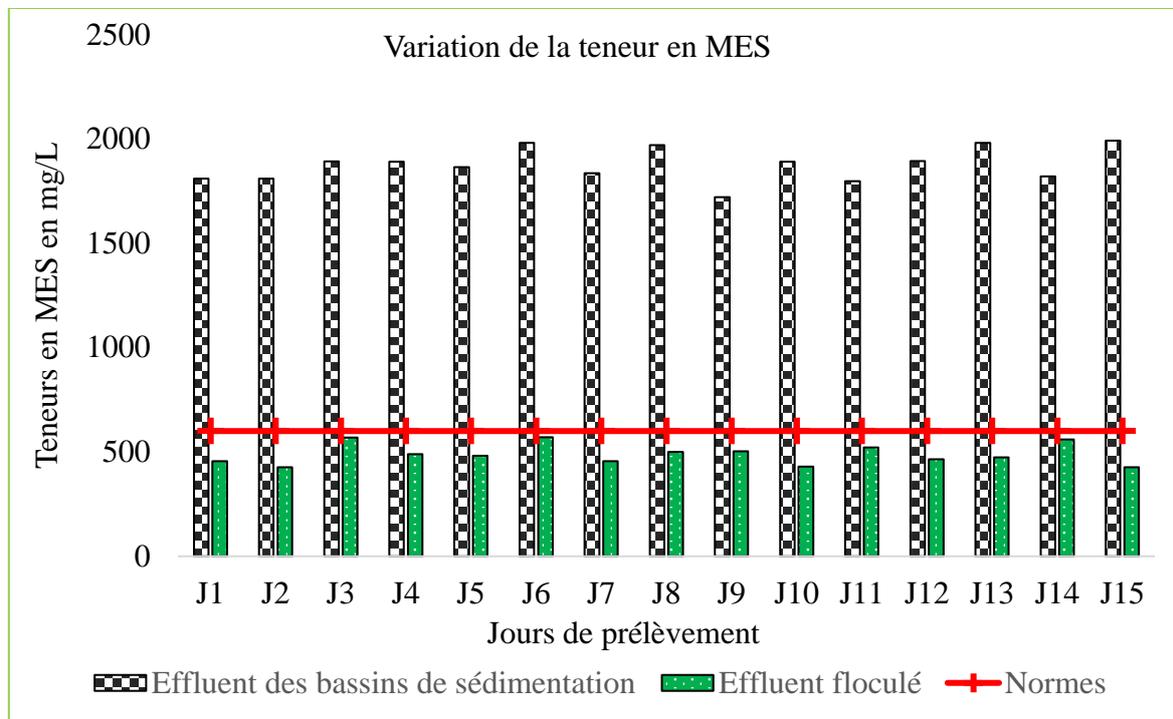


**Figure 11 :** Variation du pH

#### **IV.2.2 Suivi des Matières En Suspension (MES)**

L’évolution de la teneur en Matière En Suspension est représentée par la figure 12. Elle présente les concentrations en MES en fonction des jours de prélèvement et nous montre une grande fluctuation temporelle de la teneur en MES en fonction des échantillons. On constate que les concentrations dans les bassins de sédimentation varient entre 1 610 et 2 390 mg/L pour une moyenne de 1 957,6 mg/L ; à la sortie de l’unité de floculation elles varient entre 422 et 690 mg/L pour une moyenne de 560 mg/L. A la sortie de l’unité de floculation nous avons de faibles concentrations en MES, ce qui s’explique par le phénomène de décantation qui s’y passe grâce à l’action du sulfate dans le processus de coagulation. Ce pourcentage de réduction de la teneur en MES dans l’effluent floculé est en rapport avec celui trouvé par (Binayke et Jadhav, 2013). Ces derniers montrent une efficacité maximale de réduction de la teneur en MES égale à 75 % par rapport à la teneur initiale. La valeur moyenne de MES des effluents provenant des bassins de sédimentation est largement supérieure à la norme qui est de (600 mg/L). Toutefois après traitement par floculation on constate une importante diminution de la concentration en MES dans l’effluent floculé ce qui a permis de ramener la concentration moyenne à une valeur respectant la norme (506,6 mg/L). Cette valeur moyenne est comprise dans l’intervalle de 290

à 600 mg/L trouvé au Ghana par (Cofie et al, 2012) pour des études sur la coagulation avec le sulfate d'aluminium.



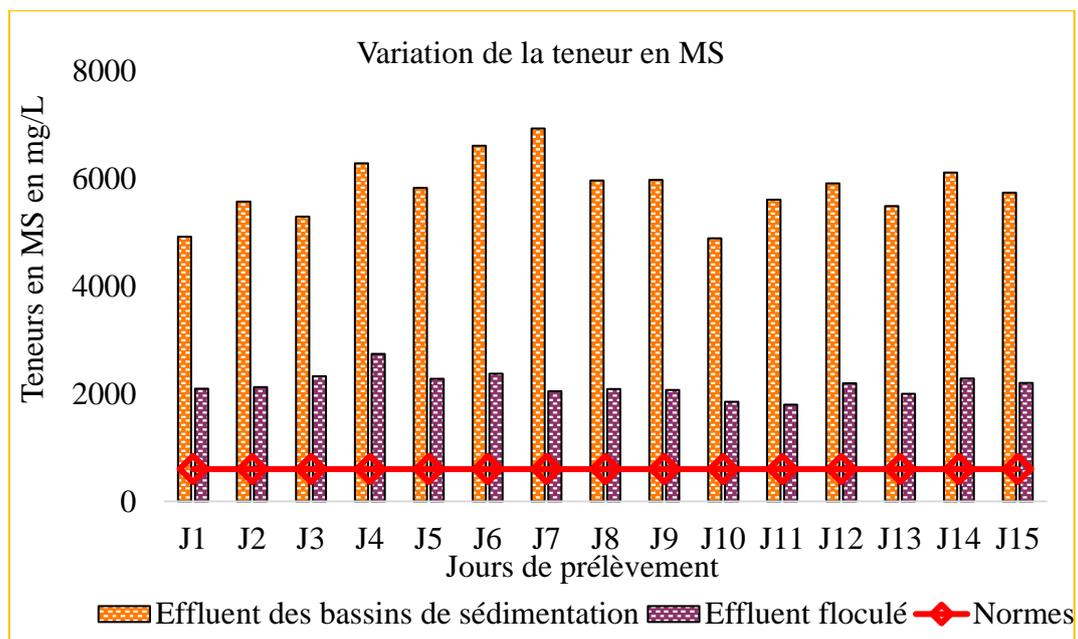
**Figure 12 :** Variation de la teneur en MES

#### IV.2.3 Suivi des matières sèches (MS)

La figure 13 présente la variation de la teneur en matière sèche dans les eaux du bassin de sédimentation et dans l'effluent floculé.

On constate que les concentrations en MS des eaux du bassin de sédimentation varient entre 4 892 et 6 228 mg/L pour une moyenne de 5 498 mg/L ; elles fluctuent entre 1 800 et 2 376 mg/L pour une moyenne de 2 133,06 mg/L dans l'effluent à sa sortie de l'unité de floculation. Ainsi on note une baisse de la teneur en matière sèche dans l'effluent floculé. En effet, la coagulation-floculation brise la stabilité attribuée aux colloïdes par introduction du sulfate d'aluminium et apprête les particules déstabilisées à la floculation. Cette dernière facilitant l'agglomération des particules, est réalisée par l'intermédiaire du mouvement Brownien (floculation péri cinétique) puis de l'agitation mécanique extérieure (floculation ortho cinétique) (Degrémont, 2005). De plus, le sulfate dont la formule chimique est  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  agit en neutralisant la charge négative des composés dissous et des particules en suspension dans l'eau au moyen de la charge positive de l'aluminium. Cette action entraîne la formation de particules plus grosses qui se déposent rapidement au fond de l'eau par décantation (Desjardins, 1997). Par ailleurs, l'analyse

des résultats des solides totaux, montre que les boues sont caractérisées par une concentration liée souvent à la charge importante en matières organiques et minérales par conséquent une diminution de leur charge organique et minérale entraîne une réduction de la concentration des boues. Ainsi, quand on procède à l'analyse de la valeur moyenne en MS qui est de 8 656,7 mg/L dans cette étude, celle-ci est en accord avec les résultats de Drayer (2014) qui montre une concentration moyenne de MS de 8 700 mg/L avec l'utilisation de trois boues différentes mais aussi avec ceux de Sonko et coll. (2014) qui donnent une MS moyenne de 8 521 mg/L pour des concentrations en MS variant de 2 100 à 21 500 mg/L.



**Figure 13 :** Variation de la teneur en MS

#### IV.2.4 Suivi de la DBO<sub>5</sub>

La figure 14 présente la variation de la teneur en DBO<sub>5</sub> dans les eaux du bassin de sédimentation et dans l'effluent floculé.

On constate que les concentrations en DBO<sub>5</sub> des eaux du bassin de sédimentation varient entre 1 525 et 1 870 mg/L pour une moyenne de 1 669,3 mg/L ; elles fluctuent entre 740 et 885 mg/L pour une moyenne de 788,06 mg/L dans l'effluent à la sortie de l'unité de floculation. Cette diminution de la teneur en DBO<sub>5</sub> dans l'effluent floculé peut s'expliquer par le fait que lors de la floculation une partie importante de la matière organique est éliminée par décantation ce qui fait que l'effluent sortant de l'unité de floculation est beaucoup moins concentré. De plus, après traitement au sulfate d'aluminium seul, il subsiste une fraction importante de composés organiques dissous et l'optimisation de la coagulation- floculation avec l'ajout du sulfate

d'aluminium permet de réduire d'une façon notable ces substances organiques (Christian et al, 2000). Ainsi, la coagulation-floculation réduit non seulement la teneur initiale en pollution particulaire mais aussi la concentration des composés organiques dissous (Cathalifaud et al, 1995). Les normes de rejet fixées à une valeur de 800 mg/L sont respectées dans l'effluent issu du traitement par floculation. Les valeurs moyennes de DBO<sub>5</sub> trouvées dans cette étude sont aussi similaires à ceux trouvés dans la littérature (Dayer, 2014 ; Sonko, 2008 ; Sonko et al, 2014 et Vonwiller, 2007).

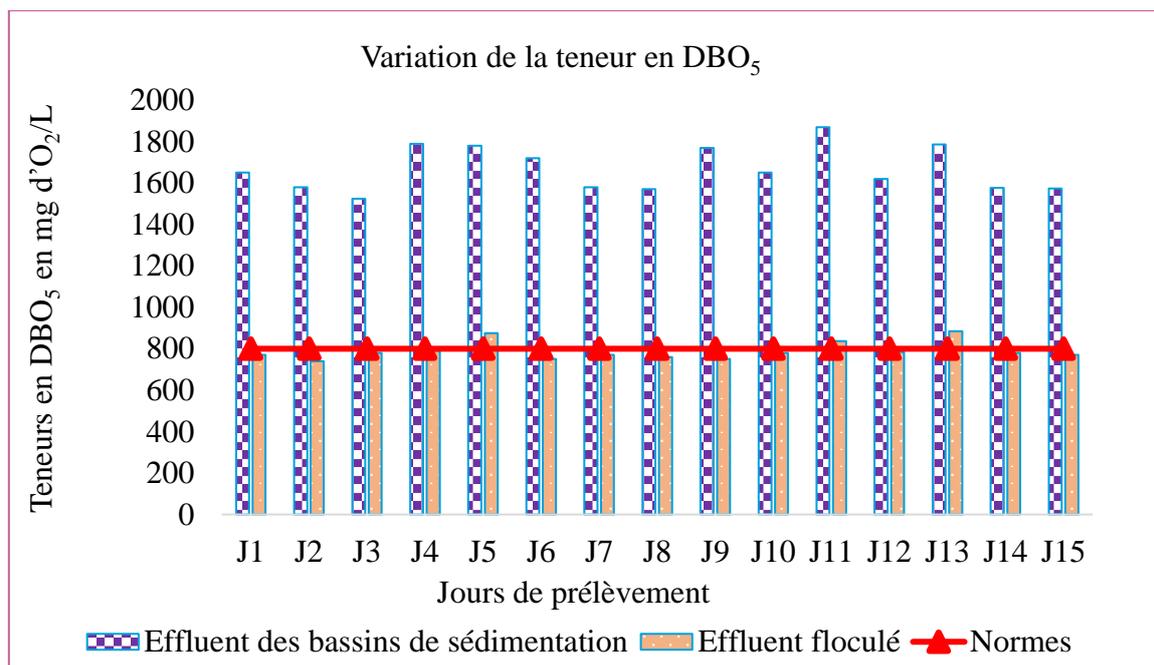


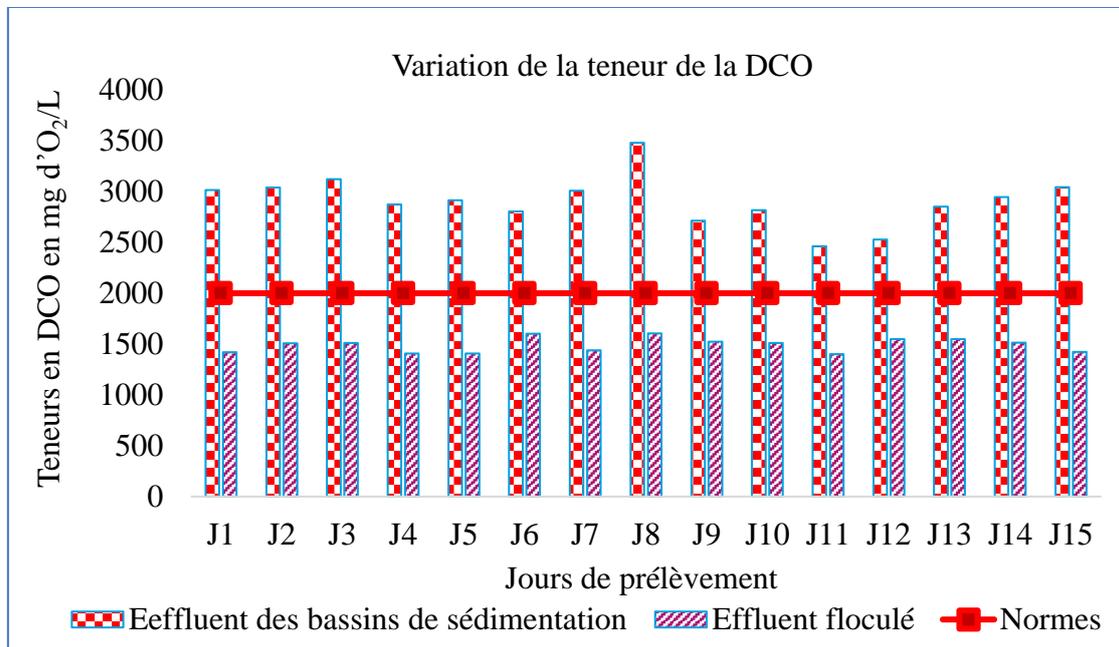
Figure 14 : Variation de la teneur en DBO<sub>5</sub>

#### IV.2.5 Suivi de la DCO

La figure 15 présente la variation de la teneur en DCO dans les eaux du bassin de sédimentation et dans l'effluent floculé.

On constate que les concentrations en DCO des eaux du bassin de sédimentation varient entre 2 464 et 3 480 mg/L pour une moyenne de 2 909 mg/L ; elles fluctuent entre 1 401 et 1 606 mg/L pour une moyenne de 1 490 mg/L dans l'effluent à sa sortie de l'unité de floculation. D'après les résultats obtenus, on constate également une diminution de la teneur en DCO dans l'effluent floculé. Etant donné que l'intérêt de la coagulation porte essentiellement sur la séparation des particules fines ou ultrafines et des colloïdes de la phase interstitielle par précipitation, les faibles variations de la DCO peuvent s'expliquer par la dominance de la fraction soluble dans les effluents analysés. La valeur moyenne de DCO des effluents floculés

corroboire avec celle de l'intervalle 176 et 1 561 mgd'O<sub>2</sub>/L trouvé par (Faye, 2015) lors d'une étude de séparation solide liquide des boues de vidange avec l'utilisation de coagulant naturel (le moringa oleifera).



**Figure 15 :** Variation de la teneur en DCO

#### **IV.2.6 Evaluation de la quantité d'effluent floculé journalièrement**

Le volume d'effluent floculé par jour varie en fonction du temps de pompage journalier. D'après les calculs effectués (voir annexe 4), nous avons trouvé un volume floculé journalier moyen de 506,6 m<sup>3</sup>. Ce résultat nous montre que tout le volume arrivant à la STBV de Rufisque n'est pas floculé, de ce fait une partie des eaux provenant des boues de vidange passent par l'ancien processus de traitement de la station

#### **IV.3 Performance des lits de séchage**

##### **IV.3.1 Teneur en MES et MS dans la boue floculée et non floculée**

Les tableaux 6 et 7 présentent la variation des teneurs en MES et MS successivement dans la boue non floculée et dans celle floculée.

On constate que les concentrations en MES dans la boue floculée varient entre 36 824 et 43 158 mg/L pour une moyenne de 39 903 mg/L ; elles fluctuent entre 20 244 et 24 864 mg/L pour une moyenne de 21 879 mg/L dans la boue non floculée. Ainsi on constate que la boue floculée contient une teneur en MES plus élevée que celle de la boue non floculée. Ceci s'explique par le phénomène de décantation d'une partie importante des matières en suspension durant la chaîne de traitement avec l'action du sulfate d'aluminium. En ce qui concerne les

concentrations en MS, elles varient entre 39 965 et 48 742 mg/L pour une moyenne de 43 062,9 mg/L dans la boue floculée et fluctuent entre 28 188 et 32 980 mg/L pour une moyenne de 30 285,8 mg/L dans la boue non floculée. Ainsi on constate que la boue floculée contient une teneur en MS plus élevée que celle de la boue non floculée. Ceci s'explique par le phénomène de rétention d'une partie importante des matières sèches au cours du traitement.

**Tableau 6 : Teneur en MES et MS dans la boue non floculée**

<b>Boues flocuées</b>				
Paramètres	Unités	Maximum	Minimum	Moyenne
MES	mg/L	43158	36824	39903,00
MS	mg/L	48742	39965	43062,9

**Tableau 7 : Teneur en MES et MS dans la boue floculée**

<b>Boues non flocuées</b>				
Paramètres	Unités	Maximum	Minimum	Moyenne
MES	mg/L	24864	20244	21879,00
MS	mg/L	32980	28188	30285,8

#### **IV.3.2 Durée de séchage des boues au niveau des lits**

Les tableaux 8 et 9 présentent successivement la variation des taux d'humidité et de matières sèches dans la boue témoin séchée et dans la boue floculée séchée.

On constate que le taux d'humidité dans la boue témoin varie entre 10,22 et 30,43 % pour une moyenne de 21,76 %. Son taux en MS varie entre 69,57 et 89,78 % pour une moyenne de 78,24 %. Pour les échantillons de boue floculée séchée on note une variation du taux d'humidité allant de 4,92 à 13,65 % pour une moyenne de 10,99 %. Son taux en MS varie entre 95,08 et 85,18 % pour une moyenne de 89 %. Ainsi d'après les résultats d'analyse on constate que la boue témoin contient plus d'eau que celle floculée bien que la durée de séchage des boues flocuées (13 jours environ) soit moins importante que celle des boues non flocuées (17 jours environ). Cette différence s'explique par le fait que les boues flocuées ont un temps de décantation plus rapide grâce à l'action du sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de floculation. En même temps, le phénomène de siphonage appliquée au niveau des lits contenant de la boue floculée permet d'évacuer toutes l'eau libre dans les regards ce qui permet d'accélérer le séchage des boues. Son principe consiste à réduire la teneur en humidité des boues en éliminant une grande quantité de l'eau libre contenue dans le lit de séchage. Il est

réalisé en utilisant des dispositifs de déshydratation tels que les raccords en dépression qu'on plonge dans les lits de séchage et ces derniers aspirent l'eau libre qui se trouve à la surface du lit et pendant une durée bien déterminée. Ainsi, la quantité d'eau libre contenue dans le lit diminue significativement ce qui permet de réduire considérablement la durée de séchage des boues (au lieu de 17 jours de séchage les boues floculées mettent environ 13 jours en moyenne pendant la saison sèche).

**Tableau 8 :** Pourcentages d'humidité H (%) et de MS dans la boue floculée séchée

Paramètres	Unités	Moyenne	Max	Min	Ecartype	Norme
Humidité	%	10,99	14,8	4,92	3,16	
MS	%	89	95,08	85,18	3,16	> 50%

**Tableau 9 :** Pourcentage d'humidité et de MS dans la boue témoin séchée

Paramètres	Unités	Moyenne	Max	Min	Ecartype	Norme
Humidité	%	21,76	30,43	10,22	7,18	
MS	%	78,24	89,78	69,57	7,18	> 50%

#### IV.3.3 Estimation de la quantité moyenne de boue liquide produite

Le tableau 10 ci-dessous représente la quantité moyenne de boue liquide produite journalièrement par l'unité de floculation. Le volume de boue pompé par jour dépend du temps de fonctionnement journalier des pompes à boues (heure de démarrage et heure d'arrêt). Ainsi, la quantité journalière de boue pompée fluctue entre 20 et 30 m<sup>3</sup>/h pour une moyenne de 25 m<sup>3</sup>

**Tableau 10 :** Quantification des boues liquides pompées par jour

Jours	Temps de pompage journalier (H)	Débit journalier de la pompe (m <sup>3</sup> /h)	Volume journalier de boue pompée (m <sup>3</sup> )
1	2	10	20
2	2	10	20
3	2,5	10	25
4	3	10	30
5	2,5	10	25
6	2	10	20
7	2	10	20
8	2	10	20
9	2,5	10	25
10	2,5	10	25
11	2,45	10	24,5

12	3	10	30
13	3	10	30
14	3	10	30
15	2,5	10	25

#### **IV.3.4 Estimation de la quantité moyenne de boue séchée collectée**

Les résultats obtenus pour le suivi de la quantité totale de boue (floculée et non floculée) collectée au niveau de chaque lit décapé sont présentés dans les tableaux 11 et 12. Avec la boue non floculée séchée nous avons obtenu au total 1 218 brouettes soit 60 939,5 kg de boue tandis que pour la boue floculée nous avons obtenu 1 398 brouettes décapées soit une masse moyenne totale de boues de 71 727,5 kg. Ce surplus de boue obtenue avec la floculation s’explique par l’action du sulfate d’aluminium sur les boues qui a tendance à accélérer le processus de décantation des boues avec un temps plus réduit (Sonko, 2014). En plus vue la réduction de la teneur en polluant organique dans l’effluent floculé, il est évident d’avoir plus de boue floculée pompée au niveau des lits de séchage.

**Tableau 11 : Quantification de la masse de boue floculée décapée dans les lits**

<b>Numéro de lit</b>	<b>Nombre de brouette</b>	<b>Masse moyenne d’une brouette (Kg)</b>	<b>Masse moyenne totale du lit (Kg)</b>
Lit n°1	140	48	6 715,5
Lit n°2	145	50	7 245,5
Lit n°3	160	52	8 315,5
Lit n°4	165	49	8 080,5
Lit n°5	170	53	9 005,5
Lit n°6	156	50	7 795,5
Lit n°7	139	55	7 640,5
Lit n°8	168	51	8 563,5
Lit n°9	155	54	8 365,5
Total	1398	462	71 727,5

**Tableau 12 :** Quantification de la masse de boue témoin décapée dans les lits

<b>Numéro de lit</b>	<b>Nombre de brouette</b>	<b>Masse moyenne d'une brouette (Kg)</b>	<b>Masse moyenne totale du lit (Kg)</b>
Lit n°1	132	55	7255,5
Lit n°2	129	48	6186,5
Lit n°3	127	51	6472,5
Lit n°4	136	54	7339,5
Lit n°5	127	49	6218,5
Lit n°6	138	52	7171,5
Lit n°7	138	51	7033,5
Lit n°8	147	43	6316,5
Lit n°9	139	50	6945,5
Totale	1218	457	60 939,5

#### **IV.4 Rendement épuratoire de l'unité de floculation**

Les rendements épuratoires moyens en polluants organiques observés après floculation (tableau 13) sont de 73,58 % en MES, 62,55 % en MS, 52,70 % en DBO<sub>5</sub> et 48,41 % en DCO.

On constate que les MES et MS sont plus éliminés dans l'effluent floculé que la DCO et la DBO<sub>5</sub>. Cette faible valeur de rendement épuratoire en terme de DBO<sub>5</sub> et DCO peut s'expliquer par le fait que les boues de vidange qui arrivent dans les bassins de sédimentation sont très chargées en matière organique et vue la vitesse de déversement des camions de vidange ainsi que leur fréquence de dépotage, les matières de vidange n'ont pas le temps de se décanter dans les bassins de sédimentation ce qui fait que les eaux qui arrivent au niveau de la cuve de floculation emportent avec elles une charge importante de matière organique. Ainsi, ces boues seront accumulées au fond de la cuve de floculation ce qui ralenti par conséquent la vitesse d'agitation de l'agitateur. Donc les conditions pour qu'il ait une bonne floculation des particules dans la cuve ne sont pas réunies. D'après certaines études, la coagulation ne peut être efficace pour l'élimination des états de l'abattement de la charge organique dissoute à condition de se placer dans les conditions optimales souvent différentes de celles exigée pour l'élimination de la turbidité (Degrémont, 2005). Par ailleurs, la coagulation –floculation peut être considérée de nos jours comme un procédé efficace pour l'élimination des matières en suspension. Cependant, lorsqu'il s'agit de la matière organique, son élimination s'avère souvent complexe du fait de la variabilité des structures chimiques et des dimensions des composés. Les macromolécules du

type humique peuvent être éliminées des eaux avec de bons rendements (Achour et Guesbaya, 2006), mais cela nécessite d'adopter des conditions opératoires qui ne sont pas toujours compatibles avec les exigences relatives à la qualité des eaux à distribuer. Ainsi, les conditions optimales de coagulation- floculation des substances humiques correspondent en effet à des pH acides et des dosages importants en coagulant (Legube et al, 1990) alors que dans notre étude, les pH obtenus sont légèrement neutres. Par ailleurs, ce procédé génère des résultats limités pour les composés organiques de faibles dimensions, à l'état dissous dans l'eau (Rezeg et Achour, 2005 ; Hecini et Achour, 2008). Après traitement au sulfate d'aluminium seul, il subsiste alors une fraction importante de composés organiques dissous. L'optimisation de la coagulation- floculation peut réduire d'une façon notable ces substances organiques particulièrement les matières en suspension (Christian et al, 2000). Une meilleure élimination de la matière organique est souvent atteinte pour un pH acide. La coagulation par le sulfate a prouvé que le pH optimal qui se situe entre 3.45 et 3.8 est fonction de la couleur de l'eau (Black et al, 1963). Notons également que le pH opérationnel devra être choisi en fonction des avantages comparés d'élimination de la turbidité ou de la matière organique du fait que les colloïdes organiques sont généralement mieux éliminés pour un pH plus faible que celui nécessaire aux colloïdes minéraux (Semmens et Field, 1980 ; Bazer- Bachi, 1990). (Packham et Ratnayaka, 1998) précisent que le pH optimum de coagulation par le sulfate d'aluminium est habituellement de 6.5 à 7.5 pour les eaux de moins chargées en matière organique alors qu'une gamme de pH de 4.3 à 5.5 est nécessaire pour traiter les eaux ayant des charges importantes.

**Tableau 13 :** Rendement épuratoire moyen des paramètres suivis

<b>Paramètres</b>	<b>Rendement (%)</b>
MES	73,58
MS	62,55
DBO5	52,70
DCO	48,41

## **V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Au terme de cette évaluation nous pouvons conclure que la performance l'unité de floculation a bien été vérifiée sur l'ensemble des objectifs fixés au début de notre projet, l'ensemble des paramètres physico-chimiques étudiés il s'agit notamment de l'efficacité du sulfate sur la décantabilité des BV avec de bons rendements éliminatoires pour les MES (74 %) et MS (62,55 %). En ce qui concerne la DBO<sub>5</sub> et la DCO, leur élimination est acceptable (52,70% pour la DBO) et (48,41% pour la DCO). Les analyses physico-chimiques faites au niveau des points de prélèvement des effluents laissent apparaître des valeurs de pH légèrement neutre, des matières en suspension qui peuvent être minéralisées avec un rapport moyen DCO/DBO<sub>5</sub> de l'ordre de 1,74 pour les eaux des bassins de sédimentation et de l'ordre de 1,8 pour l'effluent floculé ce qui indique que les effluents envoyés à la station de lagunage sont biodégradables. Cependant les rejets restent dangereux vue leur charge importante en matière organique. Ainsi, pour améliorer la qualité ces effluents envoyés, des bassins anaérobies doivent être mise en place en amont des bassins de sédimentation afin réduire le degré de pollution des effluents arrivant dans l'unité de floculation. Ainsi, nous constatons d'après plusieurs auteurs que le traitement des boues de vidange avec les eaux usées n'est en général pas recommandé dans les pays à revenu faible. Et si une synergie entre les eaux usées et les boues de vidange doit être trouvée, la cogestion des boues de vidange et des boues d'épuration (c'est-à-dire des bio solides) constituerait une meilleure alternative

## **VI. RECOMMANDATIONS**

Les recommandations peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

- Renforcer le niveau de traitement des boues de vidange en mettant en place deux bassins anaérobies afin d'abattre en amont la pollution organique
- Prévoir des cuves de mélange de volume plus important pouvant traiter une quantité de boue de vidange plus importante afin d'optimiser la qualité des effluents envoyés à la STEP
- Prévoir au niveau de la station une quantité d'électricité suffisante avec des groupes électrogènes afin d'éviter l'arrêt du système de floculation en cas de coupure ou de baisse de tension
- Mobiliser un personnel suffisant et bien formé pour le suivi et l'entretien du réseau et des infrastructures de la STEP
- Accorder plus d'attention au personnel de la station en les consultant pour avoir leurs opinions et points de vue sur les éventuelles modifications à apporter sur les ouvrages de la STBV
- Concevoir un réseau adéquat d'évacuation des eaux pluviales
- Mettre en place un bon système de gestion des déchets solides
- Suivre rigoureusement la qualité des effluents au niveau de la STEP.

## **VII. BIBLIOGRAPHIE**

- Achour, S., Guesbaya, N. (2005). Coagulation/floculation par le sulfate d'aluminium des composés organiques phénoliques et de substance humique,
- Alioune, D. (2014). Quelle technologie pour l'assainissement en zones humides : cas des communes de Ronkh et Ndiébène Gandiol, région de Saint-Louis,
- Cheik, F. (2016). Contribution à la gestion durable des boues de vidange de la ville de Ouagadougou : variabilité du percolât de la STBV et son impact sur le fonctionnement de la STEP de KOSSODO, mémoire de master 2IE option eau et assainissement
- Daye, O., Diocrou, L., Sonko, M et Dème, B. (2014). Technical and financial assessment of faecal sludge conditioning for enhanced solid-liquid separation in Dakar, Senegal,
- Dème, B., Mbéguéré, M., et Doulaye, K. (2009). Traitement de boues de vidange de système d'assainissement autonome à Dakar : évaluation de l'efficacité de la séparation solide/liquide dans deux bassins expérimentaux de sédimentation/épaississement ”. Papier présenté à la Gestion des Boues de Vidange (GBV), Sénégal, Dakar,
- Dione, H. (2018). Journal l'enquête : Assainissement de la ville de Rufisque,
- Elysée, M K. (2016). Contribution à la gestion durable des boues de vidange dans la ville de Ouagadougou : Suivi, évaluation et optimisation des lits non plantés,
- Ibrahim, D. (2009). Boues de vidanges fosses septiques : un problème de santé mal connu des populations,
- Klingel, L., Montangero A., Koné, D., et Strauss, M. (2002). Gestion Des Boues de Vidange Dans Les Pays En Développement : Manuel de Planification, première Edition,
- Koné, D., Strauss M., et Darren Saywell. (2007). Vers une gestion améliorée des boues de vidanges (GBV),
- Kouawa, Tadjouwa. (2016). Traitement des boues de vidange par lit de séchage sous climat soudano-sahélien,
- Léonard, M U. (2016). Caractérisation et tests de traitement des déchets ménagers et boues de vidange par voie anaérobie et compostage pour la ville de Kinshasa,
- Lienard, A., Canler J.P., Mesnier, M., TROSH, S et Boutin, C. (2008). Les matières de vidange : caractérisation, traitement spécifique en station d'épuration ou traitement dédié en lits de séchage plantes de roseaux, IRSTEA, October.

Lopez, M., Vazquez., Bipin Dangol., Christine M. Hooijmans et Damir Brdjanovic. (2006).

Co traitement des boues de vidange dans les stations de traitement des eaux usées,

Majdy, I., Cherkaoui, E., Nounah, A., Khamar, A. (2014). Traitement physico-chimique par coagulation-floculation des rejets des eaux usées de la ville salé : Laboratoire Energétique, Matériaux et Environnement (LEME), Equipe Matériaux, Eau et Environnement,

Mamadou, A D. (2009). Etude du centre-ville de Rufisque : Caractéristiques du paysage urbain et mutations fonctionnelles,

Marie, F. (2014). Traitement des boues de vidange domestiques : optimisation de la séparation solide/liquide par utilisation de coagulants naturels,

Marion, S., Julien G. (2014). Technologies de traitement des eaux usées et des boues de vidange,

Montginoul, M. (2012). Techniques de traitement, valorisation et élimination,

Mustapha, S. (2013). Influence des particules argileuses sur la coagulation/floculation,

NS 05-061. (2001). Normes Sénégalaises De Rejet Des Eaux Usées,

Ogouvidé Akpaki, Gnon Baba, Komi Edem Koledzi, Kwamivi N. Segbeaya. (2016).

OMS. (1995). Guide technique sur les matières de vidange issues de l'assainissement non collectif,

Pierre et Bassan. (2014). Bassins de décantation et d'épaississement,

PSAO. 1993. Plan stratégique d'assainissement de la ville de Ouagadougou,

Rachidatou, B. (2012). Contribution à la mise en place d'une station de traitement des matières de vidange par lits de séchage plantés de *Echinochloa pyramidalis* à Ouagadougou, mémoire de master 2IE option eau et assainissement,

Renmond., P. (2008). Elaboration d'une méthodologie permettant de déterminer l'option la plus durable pour le traitement des boues de vidange dans une ville moyenne d'Afrique subsaharienne application à la ville de Sokodé, au Togo,

Rezeg et Achour ; Hecini et Achour (2008). Effet des procédés de coagulation –floculation et d'adsorption sur l'élimination de la matière organique,

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

SADIO, S. (2013). La ville de Rufisque à l'épreuve des nouvelles recompositions territoriales face à l'autoroute Dakar-Diamniadio et l'aéroport international de Diass,

Service régional de la statistique et de la Démographie de Dakar. (2009). Situation économique et sociale de la région de Dakar de l'année 2007,

USAID. (2014). Rapport d'études du secteur de la gestion des BV dans la commune de Tambacounda,

ZOHOUN, R A. (2016). Etude de faisabilité pour la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Dano au Burkina Faso, mémoire de master 2IE option eau et assainissement,

**VIII. ANNEXES**

<b>Annexe 1:</b> Protocoles d'analyse des paramètres physico-chimique .....	I
<b>Annexe 2 :</b> Résultats d'analyse des échantillons .....	V
<b>Annexe 3:</b> Normes sénégalaise de rejet (OMS, 2001).....	VIII
<b>Annexe 4 :</b> Quantité de boue reçues et volume d'effluent floculé journalièrement .....	IX
<b>Annexe 5 :</b> Dimensions et Etat des ouvrages de la STBV .....	XI
<b>Annexe 6 :</b> Commande électrique des pompes.....	XIII
<b>Annexe 7:</b> Calendrier d'exécution des travaux de terrain et des livrables .....	XIV

**Annexe 1:** Protocoles d'analyse des paramètres physico-chimique

1. Protocole d'analyse des Matières en suspension (MES)

Principe :

25 ml de l'échantillon est prélevé et est introduit dans un tube gradué puis introduit dans le centrifugeur pendant 10 mn, on le fait sortir puis on verse le surnageant. Ainsi la boue est décantée au fond du tube. Le poids de matières retenues par le tube est déterminé par lecture du centrifugeur.

Mode opératoire :

- Placer le tube dans un dessiccateur environ 15 minutes,
- Peser pour avoir le poids P0,
- Filtrer un volume connu d'échantillon,
- Remettre le tube à l'étuve à 105°C pendant 8h,
- Placer le papier filtre dans un dessiccateur environ 15 minutes pour le refroidir
- Peser pour avoir le poids P1,

La teneur en MES de l'échantillon est donnée en mg/l par l'expression suivante :

$$MES\left(\frac{g}{l}\right) = \left(\frac{P1 - P0}{V}\right) * 1000$$

P0= poids sec du filtre avant filtration, en mg.

P1= poids sec du filtre après filtration de l'échantillon, en mg.

V= volume de l'échantillon filtré, en ml.



## 2. Protocole d'analyse des Matières sèches (MS)

### Principe :

L'échantillon est filtré avec du papier filtre sans cendres et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

### Mode opératoire :

Imbiber d'eau distillée le papier filtre, puis sécher à l'étuve environ deux heures, à une température de 105°C,

- Placer le papier filtre dans un dessiccateur environ 15 minutes,
- Peser pour avoir le poids P0,
- Filtrer un volume connu d'échantillon
- Placer le papier filtre dans un dessiccateur environ 15 minutes pour le refroidir
- Remettre le filtre à l'étuve à 105°C pendant 8h Peser pour avoir le poids P1,

La teneur en MES de l'échantillon est donnée en mg/l par l'expression suivante

$$MS\left(\frac{g}{l}\right) = \left(\frac{P1 - P0}{V}\right) * 1000$$

P0= poids sec du filtre avant filtration, en mg.

P1= poids sec du filtre après filtration de l'échantillon, en mg.

V= volume de l'échantillon filtré, en ml.

## 3. Protocole d'analyse de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

### Principe :

La teneur en matières organiques biodégradables est déterminée indirectement par la mesure de la quantité d'oxygène consommée, à 20°C et à l'obscurité, par les bactéries aérobies de l'échantillon.

## Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation

### Mode opératoire :

- Introduire un volume connu d'échantillon dans un flacon à DBO contenant un barreau magnétique,
- Déposer 0,5 à 1 ml de potasse 20 à 45% dans le bouchon prévu à cet effet,
- Placer le flacon sur le DBOmètre,
- Fermer le flacon, puis introduire le DBOmètre dans son enceinte,
- Attendre 30 mn, ajuster au zéro et noter l'heure,
- Lire la DBO<sub>1</sub> le lendemain à la même heure. Le résultat est lu directement en mg/l d'oxygène.

Il en sera de même les 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> jour. On obtient alors la DBO<sub>5</sub>.



#### 4. Protocole d'analyse de la demande chimique en oxygène (DCO)

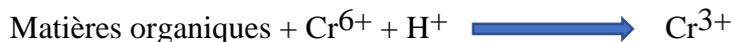
Elle exprime la quantité d'oxygène dissoute nécessaire pour oxyder par voie chimique toutes les substances (biodégradables et non biodégradable).

C'est un paramètre que l'on utilise pour déterminer la concentration des polluants principaux. C'est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables. Cette pollution organique totale a été mesurée dans les boues brutes et les effluents floculés. Elle est exprimée en milligramme d'oxygène par litre (mg O<sub>2</sub>/L).

### Principe :

## Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation

En milieu acide, les matières organiques sont oxydées par le bichromate de potassium, en présence de catalyseur (sulfate d'argent) et de sulfate de mercure pour complexer les chlorures.



On dose le  $\text{Cr}^{6+}$  restant vers 440 nm ou le  $\text{Cr}^{3+}$  formé vers 600 nm.

### Mode opératoire :

Nous utilisons la méthode HACH.

- Introduire 2 ml d'eau distillée dans un tube DCO Hach (blanc\*)
- Introduire 2 ml d'échantillon dans un second tube DCO Hach,
- Agiter, puis chauffer les deux tubes dans un four à DCO à 150°C, pendant deux heures,
- Laisser refroidir et lire au spectrophotomètre DR 2000 HACH, à 620 nm.
- La DCO est donnée directement en  $\text{mg O}_2/\text{l}$ .

Le blanc permet la mise à zéro du spectrophotomètre.



Annexe 2 : Résultats d'analyse des échantillons

<b>Paramètres physico-chimiques des eaux des bassins de sédimentation</b>					
Jours	pH	MES (mg/L)	MS (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DCO (mg/L)
J <sub>1</sub>	7,59	1810	4924	1650	3015
J <sub>2</sub>	7,53	1810	5576	1580	3040
J <sub>3</sub>	7,83	1892	5296	1525	3124
J <sub>4</sub>	7,45	1890	6288	1790	2874
J <sub>5</sub>	7,38	1864	5828	1780	2916
J <sub>6</sub>	7,45	1980	6612	1720	2804
J <sub>7</sub>	7,83	1836	6936	1579	3010
J <sub>8</sub>	7,9	1970	5968	1570	3480
J <sub>9</sub>	7,77	1720	5980	1770	2714,5
J <sub>10</sub>	7,73	1890	4892	1650	2817,5
J <sub>11</sub>	7,66	1796,7	5612	1870	2464
J <sub>12</sub>	7,96	1893,3	5912	1620	2528
J <sub>13</sub>	7,75	1980	5491	1786	2852
J <sub>14</sub>	7,68	1820	6114	1576	2947
J <sub>15</sub>	7,8	1992	5741	1574	3045

<b>Paramètres physico-chimiques de l'effluent floculé</b>					
Jours	pH	MES (mg/L)	MS (mg/L)	DBO (mg/L)	DCO (mg/L)
J <sub>1</sub>	6,03	455,5	2096	770	1420
J <sub>2</sub>	6,05	426	2128	740	1507
J <sub>3</sub>	6,65	569	2328	780	1510
J <sub>4</sub>	6,2	490	2740	790	1408
J <sub>5</sub>	5,36	482	2280	875	1408
J <sub>6</sub>	6,18	570	2376	750	1601
J <sub>7</sub>	5,8	456	2048	770	1440
J <sub>8</sub>	6,45	500	2088	760	1606
J <sub>9</sub>	5,28	503,3	2072	750	1524
J <sub>10</sub>	6,3	430	1852	780	1510
J <sub>11</sub>	6,28	522	1800	837	1401
J <sub>12</sub>	6,25	465	2196	784	1550
J <sub>13</sub>	6	474	2000	885	1550
J <sub>14</sub>	6,09	560	2287	780	1515
J <sub>15</sub>	6,35	427,2	2205	770	1424

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

<b>Boues floculées</b>		
Jours	MES (mg/L)	MS (mg/L)
J <sub>1</sub>	38645	45200
J <sub>2</sub>	39852	44651
J <sub>3</sub>	36824	48742
J <sub>4</sub>	38542	44138
J <sub>5</sub>	39784	43524
J <sub>6</sub>	41954	47201
J <sub>7</sub>	39854	43564
J <sub>8</sub>	38987	42259
J <sub>9</sub>	37564	40500
J <sub>10</sub>	41485	41895
J <sub>11</sub>	43158	42500
J <sub>12</sub>	39575	40255
J <sub>13</sub>	39257	41720
J <sub>14</sub>	40570	39830
J <sub>15</sub>	42500	39965

<b>Boues non floculées</b>		
Jours	MES (mg/L)	MS (mg/L)
J <sub>1</sub>	20016	28904
J <sub>2</sub>	20664	29988
J <sub>3</sub>	24864	30864
J <sub>4</sub>	20780	30460
J <sub>5</sub>	21788	31764
J <sub>6</sub>	22924	31584
J <sub>7</sub>	21700	32980
J <sub>8</sub>	24364	30880
J <sub>9</sub>	20244	29588
J <sub>10</sub>	20748	30752
J <sub>11</sub>	23700	31192
J <sub>12</sub>	22504	30140
J <sub>13</sub>	21868	28188
J <sub>14</sub>	20514	28250
J <sub>15</sub>	21520	28754

<b>Boues floculées séchées</b>										
	Lit N°1	Lit N°2	Lit N°3	Lit N°4	Lit N°5	Lit N°6	Lit N°7	Lit N°8	Lit N°9	Moyenne
% Humidité	7,99	14,82	11,5	14,8	8,98	12,4	9,88	4,92	13,65	10,99
% MS	92,01	85,18	88,5	85,2	91,02	87,6	90,12	95,08	86,35	89,00

<b>Boues non floculées séchées</b>										
	Lit N°1	Lit N°2	Lit N°3	Lit N°4	Lit N°5	Lit N°6	Lit N°7	Lit N°8	Lit N°9	Moyenne
% Humidité	27,8	30,43	25,75	24,1	10,7	26,96	10,22	24,5	15,4	21,76
% MS	72,2	69,57	74,25	75,9	89,3	73,04	89,78	75,5	84,6	78,24

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

<b>Rendement épuratoire des paramètres physico-chimique des effluents</b>				
Jours	MES (%)	MS (%)	DBO5 (%)	DCO (%)
J <sub>1</sub>	74,83	57,43	53,33	52,90
J <sub>2</sub>	76,46	61,84	53,16	50,43
J <sub>3</sub>	69,93	56,04	48,85	51,66
J <sub>4</sub>	74,07	56,42	55,87	51,01
J <sub>5</sub>	74,14	60,88	50,84	51,71
J <sub>6</sub>	71,21	64,07	56,40	42,90
J <sub>7</sub>	75,16	70,47	51,23	52,16
J <sub>8</sub>	74,62	65,01	51,59	53,85
J <sub>9</sub>	70,74	65,35	57,63	43,86
J <sub>10</sub>	77,25	62,14	52,73	46,41
J <sub>11</sub>	70,95	67,93	55,24	43,14
J <sub>12</sub>	75,44	62,86	51,60	38,69
J <sub>13</sub>	76,06	63,58	50,45	45,65
J <sub>14</sub>	69,23	62,59	50,51	48,59
J <sub>15</sub>	78,55	61,59	51,08	53,23

**Annexe 3:** Normes sénégalaise de rejet (OMS 2001)

Lorsque le flux maximal apporté par l'effluent est susceptible de dépasser 15 kg/j de MEST ou 15 kg/j de DBO ou 45 kg/j de DCO, les valeurs limites imposées à l'effluent à la sortie de l'installation avant raccordement à une station d'épuration urbaine ne peuvent dépasser :

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs</b>
MEST (mg/L)	600
DBO5 mg/L)	800
DCO (mg/L)	2000
Azote total (mg/L)	150
Phosphore (mg/L)	50

**Annexe 4 : Quantité de boue reçues et volume d'effluent floculé journalièrement**

<b>Quantité de boues reçue à la STBV</b>									
Jours	Juillet 2018			Aout 2018			Septembre 2018		
	Nbre de camion	Volume vidangé	Fréquence de vidange	Nombre de camion	Volume vidangé	Fréquence de vidange	Nombre de camion	Volume vidangé	Fréquence de vidange
1	82	393	2	58	483	3	53	486	3
2	83	786	3	51	428	2	-	-	-
3	56	467	4	43	383	3	56	506	3
4	66	582	2	44	379	2	60	562	41
5	66	619	3	-	-	-	64	513	3
6	64	567	2	63	559	4	56	526	2
7	-	-	4	57	513	2	53	507	1
8	75	660	1	63	516	1	63	606	2
9	67	584	3	53	468	3	-	-	-
10	65	648	4	51	456	2	61	541	4
11	71	704	2	50	459	2	67	625	2
12	81	780	2	-	-	-	67	601	2
13	54	527	1	63	538	3	57	545	3
14	-	-	2	61	525	2	58	523	1
15	38	382	4	46	434	1	61	540	4
16	59	579	3	51	443	2	-	-	-
17	56	532	2	41	352	3	65	580	2
18	55	547	3	53	438	4	80	721	4
19	60	593	4	-	-	-	54	508	3
20	58	601	2	42	381	2	95	95	4
21	-	-	3	36	347	3	64	561	2
22	57	549	2	-	-	-	57	530	4
23	40	385	3	-	-	-	-	-	-
24	44	400	4	41	387	3	61	537	2
25	47	474	1	44	423	2	60	500	3
26	42	383	2	-	-	-	66	587	3

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

27	32	350	3	49	447	2	71	631	2
28	-	-	3	54	460	4	71	615	4
29	16	146	4	45	404	3	63	534	4
30	37	405	2	47	440	5			
31	55	554	2	55	545	4			

<b>Relevé journalier du volume d'effluent floculé</b>			
Jours	Temps de pompage journalier (h)	Débit journalier des pompes à eaux usées (m <sup>3</sup> /h)	Volume journalier d'effluent floculé (m <sup>3</sup> )
1	11	50	550
2	10	50	500
3	10	50	500
4	12	50	600
5	10	50	500
6	9	50	450
7	10	50	500
8	11	50	550
9	10	50	500
10	10	50	500
11	11	50	550
12	10	50	500
13	9	50	450
14	9	50	450
15	10	50	500

**Annexe 5 : Dimensions et Etat des ouvrages de la STBV**

<b>Ouvrage de réception</b>	
Largeur du canal (m)	2.40
Longueur totale(m)	4.74
Hauteur totale du canal (m)	4.94
Profondeur (m)	0.67

<b>Dégrilleurs</b>		
	1 <sup>er</sup> grille	2 <sup>ème</sup> grille
Largeur canal de dégrillage (m)	0.50	0.28
Hauteur canal de dégrillage (m)	0.67	0.67
Longueur canal de dégrillage (m)	8.16	6.25
Espacement des barreaux de la grille (mm)	0.5	0.25

<b>Bassins de sédimentation</b>	
Volume Total de stockage des boues (m <sup>3</sup> )	8544,9
Nombre d'ouvrages	2
Largeur du bassin (m)	3.5
Longueur totale du bassin (m)	13.30
Profondeur à l'entrée du bassin (m)	3.13
Volume total V (m <sup>3</sup> )	360
Pente du fond du bassin (%)	11
Profondeur à la sortie (m)	4.60
Profondeur moyenne (m)	8,95
Surface (m <sup>2</sup> )	396,55

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

<b>Lits de séchage</b>	
Surface totale (m <sup>2</sup> )	81
Nombre d'ouvrages	9
Largeur du lit (m)	5.65
Longueur du lit (m)	14.33
Epaisseur du filtre, sable et gravier (m)	0.5
Epaisseur voiles (m)	0.19
Profondeur (m)	0.70

<b>Aire de stockage</b>	
Surface totale de l'air de stockage (m <sup>2</sup> )	114.21
Hauteur moyenne des tas de boues séchées (m)	Variable
Longueur (m)	14.33
Largeur (m)	7.97

<b>Ouvrages</b>	<b>Etat actuel</b>
Aire de manœuvre	Bon
Canal de réception	Bon
2 Dégrilleur	L'un Bon état l'autre vétuste
3 Vannes à batardeau	2 vétustes et un en bon état
2 Bassins de sédimentation	Bon
Bassin de récupération des boues	Bon
1 Pompe à boues	Bon
Canalisation pour le refoulement des boues (PVC, Φ110)	Acceptable
9 Lits de séchage	Bon
9 Vannes pour les lits de séchage (DN80, PN16)	1 non fonctionnelle
Bassin de régulation	Bon
2 pompes pour les eaux claires	En marche
Aire de stockage	Insalubre

**Amélioration du processus de décantation des boues de vidange de la STBV de Rufisque (DAKAR) par le biais de la floculation**

**Annexe 6 : Commande électrique des pompes**



**Annexe 7:** Calendrier d'exécution des travaux de terrain et des livrables

Période	Paramètres suivis dans les différents échantillons												Quantification des boues séchées	Dépôt du rapport	Dépôt du rapport final
	Effluent sortant des bassins de sédimentation (A)					Effluent envoyé à la STEP (E)					Boue liquide (B)				
1/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
2/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
3/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
4/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
5/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
8/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
9/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
10/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
11/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
12/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
15/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
16/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
17/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
18/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS			
19/10/18	pH	MES	MS	DCO	DBO5	pH	MES	MS	DCO	DBO5	MES	MS	MS ; H	X	
22/10/18													MS ; H	X	
24/10/18													MS ; H	X	
26/10/18													MS ; H	X	
29/10/18													MS ; H	X	
31/10/18													MS ; H	X	
2/11/18													MS ; H	X	
5/11/18													MS ; H	X	
7/11/18													MS ; H	X	
15/12/2018															X
30/12/2018															X

