

GESTION DES EAUX USEES ET DES BOUES DE VIDANGE A DAKAR PARTICULIEREMENT DANS LA ZONE HUMIDE DU TECHNOPOLE

Dame Bop^{1a}, Mouhamadou Thierno Gueye^{2b}

^{1a}doctorant à l'université de Brescia ; CeTAmb, (Italie) ; d.bop@unibs.it

^{2b}Post-doctorant à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar

Résumé

La présente recherche a pour objectif d'étudier la gestion des eaux usées à Dakar et d'évaluer la qualité des eaux usées traitées par la station d'épuration (Step) dans la zone du Technopole et de donner les éventuelles causes du mauvais traitement. Le réseau d'égouts de Dakar dessert moins de 20% de la population et se limite au centre-ville alors que 96% de la population dans la zone périurbaine utilise l'assainissement individuel. Dans la zone du Technopole, la Step est sous dimensionnée par rapport à la quantité des eaux usées qu'elle reçoit par jour. Dans les conditions standards la Step doit recevoir 825m³/j alors qu'elle en reçoit environ 3000 m³/j. L'efficacité de traitement de la Step est de 87% d'élimination des matières en suspension (Mest), de 70% de la demande biologique en oxygène (Dbo₅), de 78 % de la demande chimique en oxygène (Dco), de 41% d'azote total, de 71% de phosphore total et de 61% de coliformes fécaux. La Step a de bons rendements d'élimination et fonctionne bien, mais elle est surchargée et ne peut pas garantir de bonnes valeurs des eaux usées traitées pour respecter les normes de rejet sénégalaises et de réutilisation des eaux usées dans l'irrigation.

L'obiettivo di questa ricerca è studiare la gestione delle acque reflue a Dakar e valutare la qualità delle acque reflue trattate dalle l'impianto di depurazione (ID) nell'area Technopole di Dakar e fornire le possibili cause dei maltrattamenti. Il sistema fognario di Dakar serve meno del 20% della popolazione ed è limitato al centro della città e alle aree di insediamento ad alto reddito, mentre il 96% della popolazione nell'area periurbana usa servizi igienico-sanitari individuali.

Nell'area Technopole, il ID delle acque reflue è sottodimensionato in relazione alla quantità di acque reflue che riceve al giorno. In condizioni standard, il ID deve ricevere 825 m³ / giorno mentre riceve circa 3000 m³ / giorno. L'efficienza del trattamento del ID è la rimozione di 87% di Solidi sospesi totali (Sst), di 70% della Domanda biologica di ossigeno (Dbo₅), di 78% della Domanda chimica di ossigeno (Dco), di 41% dell'azoto totale, di 71% delle fosforo totale e di 61% dei coliformi fecali. Il ID ha buone efficienze di rimozione e funziona bene, ma è sovraccarico e non può garantire buoni valori di scarico dell'acqua chiarificati per rispettare le norme di scarico delle acque reflue senegalese e il riutilizzo delle acque reflue nell'irrigazione.

Mots clés

Dakar, eaux usées, gestion, Technopole.

Introduction

Dans les pays en voie de développement, la question de l'assainissement se pose avec beaucoup de problème et une attention particulière doit être portée dans ce sens par les pouvoirs publics.

L'assainissement est central dans toute politique pour la gestion efficace et durable de notre environnement. En effet, les conséquences sanitaires, socioéconomiques et environnementales entraînées par une gestion inefficace ou hasardeuse de l'assainissement ont des coûts extrêmement élevés pour la communauté.

Le Sénégal est un pays d'Afrique subsaharienne confronté à de grandes difficultés pour gérer convenablement son environnement, en particulier les eaux usées. En 2015, le Sénégal n'a pas atteint l'objectif de 77% fixé par les objectifs du Millénaire pour le développement (Omd) d'améliorer la couverture en assainissement, qui était de 37% au niveau national (Ands, 2014).

La capitale sénégalaise Dakar, en raison de l'exode rural et la croissance de sa démographie rejette de grande quantité d'eaux usées dont la gestion pose des problèmes (Akpo, 2006). La majorité des eaux usées rejetées ne subissent pas de traitement et sont déversées dans la mer, dans les rues ou même parfois dans des zones qui devraient être spécialement protégées telles que les zones humides.

Les écosystèmes humides jouent des fonctions socio-économiques importantes pour le développement de la région de Dakar et de ses habitants. Ainsi, le traitement des eaux usées et leur réutilisation font parties des activités majeures développées dans la zone humide du Technopole dans le département de Pikine à Dakar. Cependant, la station d'épuration (Step) des eaux usées de la zone reçoit journalièrement des quantités d'eaux usées qui dépasse largement ses capacités de traitement. La partie privée Delvic dans la même zone de la station d'épuration qui gère la gestion des boues de vidange et le prétraitement des eaux usées ne respecte pas les accords mutuels avec le service public de l'office national de l'assainissement du Sénégal (Onas). Delvic envoie à la Step des eaux usées brutes de très grandes quantités et dont le prétraitement n'a pas permis d'atteindre la qualité requise. D'autres part la station de pompage de Las Palmas dans la ville de Guédiawaye envoie des quantités d'eaux usées mixtes qui dépassent les normes de recevabilité de la station d'épuration. Sachant que ces eaux usées après traitement par la Step sont jetées dans le lac ou généralement réutilisées dans le maraichage, ces pratiques engendrent des conséquences négatives sur la biodiversité de la zone et la santé de la population.

Contexte des travaux

Les travaux ont été effectués dans le cadre de la coopération internationale au développement entre l'université de Brescia (Italie) via le laboratoire de recherche sur les technologies appropriées pour la gestion de l'environnement dans les pays à ressources limitées (CeTAmb Lab.), les universités Cheikh Anta Diop et Amadou Makhtar M'bow de Dakar et l'office national de l'assainissement du Sénégal (ONAS). La coopération internationale pour le développement se doit de rester axée sur les pays en développement et les objectifs du programme de développement mondial reconnus sur le plan international. Elle doit se fonder sur des relations de coopération non hiérarchiques entre les partenaires internationaux et sur la complémentarité des ressources et des capacités, dans une optique de développement. Cette coopération a permis aux étudiants sénégalais et italiens de travailler ensemble dans un cadre d'échange de partenariat de recherche et de découverte. L'université de Brescia a fourni la bourse de la thèse, les cours du doctorat et m'a envoyé à chaque mission avec un étudiant italien en master au Sénégal. Les universités sénégalaises ont contribué à faciliter l'accueil des étudiants dans les laboratoires et les papiers administratifs. L'office national de l'assainissement du Sénégal a mis à notre disposition le laboratoire d'analyse des eaux usées et à l'accès à leurs données d'analyse des eaux usées de la Step des Niayes. Cette coopération a aussi permis de favoriser des opportunités la marge de manœuvre face à la réflexion d'une bonne gestion des eaux usées dans la zone Technopole de Dakar.

Situation de l'assainissement à Dakar

L'assainissement individuel est le système le plus répandu au Sénégal pour la gestion des eaux usées domestiques. Dans les départements de Pikine et de Guédiawaye (région de Dakar, Sénégal), qui comptent 1 592 994 habitants (Rgphae, 2015), la quasi-totalité de la population environ 96% utilise ce type d'assainissement. Cela se traduit par une production considérable de boues 1 130 m³ / jour (Onas, 2014). L'Onas est un établissement public à caractère industriel et commercial. Il a entre autres pour mission l'exploitation et la maintenance des installations d'assainissement d'eaux usées et d'eaux pluviales ; le développement de l'assainissement autonome.

L'assainissement individuel ne prend en charge que les eaux usées des toilettes. Les eaux usées grises (eaux de cuisson, eaux de lessive, vêtements, bains pour bébés ...) sont généralement soumises à un autre type de gestion ayant également des conséquences négatives pour l'environnement (nuisances et pollution). Voir la figure (Diop, 2002).

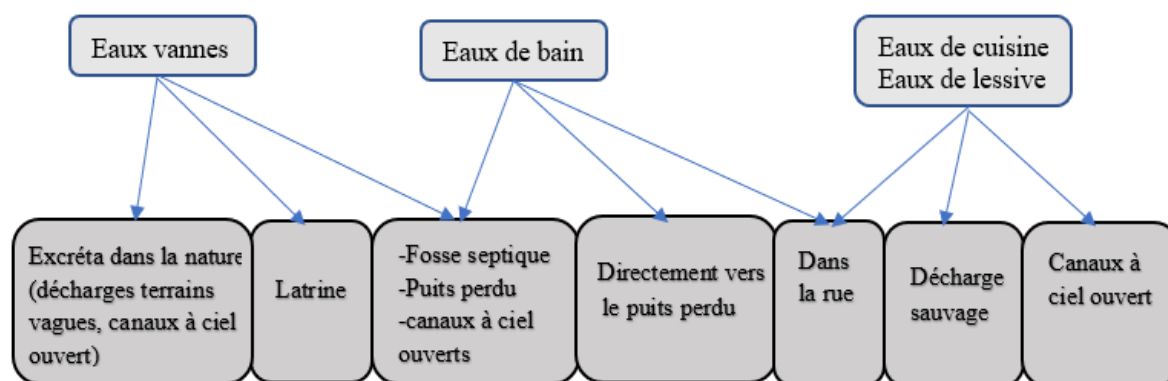


Figure 1. Systèmes de gestion des eaux usées domestiques développés par des populations des pays en développement (exemple du Sénégal).

Le réseau d'égouts de Dakar assure le service de l'assainissement de moins de 20% de la population et se limite au centre-ville et aux zones de peuplement à revenu élevé environnante. Certains réseaux d'évacuation des eaux usées sont orientés vers l'océan Atlantique. Ainsi toutes les eaux usées sont drainées à la mer. Les principaux canaux tels que le canal de Hann, Fann, Canal IV, rejettent toutes des eaux usées non traitées au niveau des baies de Dakar, Hann, Soumbédioune (N'diaye, 2007). Ces eaux usées non traitées ont contribué aujourd'hui à la pollution de la baie de Hann qui est en situation de dégradation très avancée mettant ainsi en état d'urgence de dépolluer cette baie par les acteurs publics de l'assainissement du Sénégal. Sur le plan de la santé les habitants de la baie de Hann sont submergés de maladies infectieuses dues à la proximité de la baie polluée. Dans le département de Pikine, les eaux souterraines de Thiaroye sont polluées par l'assainissement individuel non conforme (Ndao, 2017).

En moyenne, les pays à revenu élevé traitent environ 70% des eaux résiduelles municipales et industrielles qu'ils produisent. Ce pourcentage chute à 38% dans les pays à revenu intermédiaire supérieur, et à 28% dans les pays à revenu intermédiaire inférieur. Dans les pays à faible revenu, seuls 8% de ces eaux usées subissent un traitement, quel qu'il soit. Ces estimations vont dans le sens de l'appréciation souvent citée selon laquelle il est probable que plus de 80% des eaux usées du monde soient rejetées sans traitement (Wwap, 2017). Le Sénégal compte actuellement 13 stations d'épuration des eaux usées d'une capacité totale de traitement de 36 066 m³ / jour (Onas). La capitale sénégalaise rejetait plus de 200 000 m³ d'eaux usées par jour en 2006 (Akpo, 2006). Les travaux de Malick et Seydou (2010), estiment que la production d'eaux usées dans la capitale sénégalaise avoisine 67 millions de mètres cubes (m³) par année et seule une quantité faible fait l'objet de traitement au sein de stations d'épuration.

Le Technopole est notre zone de recherche. C'est une zone humide dont l'écosystème est très favorable à la vie animale et le développement des activités agricoles. C'est une zone très

représentative du problème de la gestion des déchets solides et liquides à Dakar. La zone abrite une station d'épuration appelée la Step des Niayes. La Step reçoit quotidiennement environ 3 000 m³ d'eaux usées et que sa capacité de traitement normale est de 925 m³. Le problème principal réside dans le fait que la Step est sous-dimensionnée par rapport aux quantités croissantes de boues non traitées et d'eaux usées, de sorte que l'eau qui sort de la Step ne convient pas à l'irrigation ni au rejet, conformément aux normes sénégalaises et aux directives de l'Oms et de la Fao, ce qui nuit à la qualité de l'environnement de la zone. Les analyses qu'on a effectuées sur ces eaux usées traitées ont confirmé la mauvaise qualité du traitement. La station reçoit les eaux usées venant du prétraitement des boues de vidange de la partie privée Delvic Sanitation Initiatives (Dsi) et des eaux usées de la station de pompage de Las Palmas de Guédiawaye. L'insuffisance du traitement des eaux usées et la pollution de l'eau à grande échelle qui en résulte indiquent que les surfaces irriguées par des eaux usées insalubres sont probablement dix fois supérieures à celles irriguées par les eaux usées traitées (Wwap, 2017). 10% des récoltes dans le monde sont irriguées par des eaux usées brutes (El Haite, 2010).

Le modèle de flux financiers pour la gestion des boues de vidange dans les quartiers sans assainissement collectif à Dakar s'effectue suivant le schéma de la figure 2 suivante :

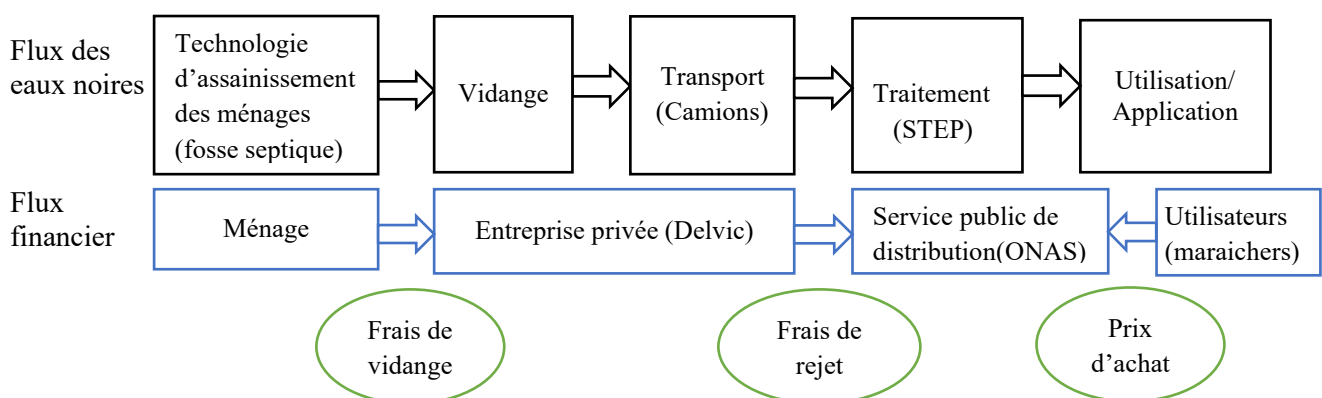


Figure 2 : Modèle de flux financiers pour la gestion des boues de vidange des toilettes des quartiers sans assainissement collectif de Dakar.



Figure 3. Localisation de la zone d'étude du Technopole à Dakar.

Présentation de la Step des Niayes de Pikine

Avec la collaboration des acteurs de l'assainissement de la zone du Technopole et de la station d'épuration, une étude des différentes composantes de la Step a été effectuée. Des données sur les valeurs des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux destinées à être traitées et des eaux usées traitées ont été fournies par les collaborateurs locaux travaillant pour l'Onas. Ces informations nous ont permis de mieux comprendre les causes des dysfonctionnements et la qualité des eaux usées mal traitées.

Delvic Sanitation Initiatives (Dsi) est une société privée sénégalaise dont la mission est de créer une entreprise rentable et durable proposant des solutions d'assainissement adaptées aux besoins du marché ouest-africain. C'est la partie qui gère la collecte et le transport des boues de vidange des fosses septiques, des latrines dans les quartiers proches (Pikine, Cambéréne, Parcelles Assainies) qui n'ont pas de système d'assainissement collectif (système d'égout). Les boues de vidange sont transportées par des camions de 8 m³, 10 m³ et 16 m³. Cette partie effectue le prétraitement (sédimentation) des boues de vidange, récupère la partie liquide et l'envoie à la Step pour traitement. Environ 500 m³ d'eaux usées est fourni chaque jour par la partie Delvic à la Step. Une des raisons pour lesquelles les eaux usées traitées par la Step sont de mauvaises qualités provient de Delvic. En effet, la quantité normale des eaux usées que Delvic doit fournir à la Step est de 60 m³

par jour. De plus, le prétraitement ne fonctionnant pas correctement, les eaux usées fournies par Delvic contiennent une quantité importante de boues.

Puisque beaucoup de quartiers dans cette partie de la ville ne sont pas bien desservies par un service d'égout permettant d'acheminer directement les eaux usées à la Step, ils dépendent entièrement des fosses septiques domestiques vidées par des entreprises privées.

Par conséquent, Delvic acceptant plus de boues que la quantité nominale, il n'est pas en mesure de les traiter complètement, de sorte que la qualité des eaux usées brutes sortante est très mauvaise; l'office national de l'assainissement (Onas) qui reçoit ces eaux usées brutes, est en litige avec la société privée Delvic sur le fait qu'elle ne respecte pas leur accord mutuel.

L'installation est composée des parties suivantes :

Une zone de déchargement afin de permettre aux camions de toutes dimensions (8m³, 10 m³ et 16 m³) de se vider ; très souvent, il y a trop de camions, ainsi ils forment une file d'attente à l'extérieur du portail d'entrée.

La zone de déchargement se termine par une grille capable de filtrer les matériaux volumineux ; ensuite, les déchets sont collectés dans deux réservoirs.

Un bassin de décantation où se déroule le plus important prétraitement, au cours duquel la partie solide de la boue est séparée de la partie liquide.

Les boues décantées vont vers plusieurs réservoirs peu profonds pour y être exposés ; une fois séchés, les boues sont envoyées à l'Omniprocessor (machine de la fondation Bill Gates qui transforme les boues séchées en énergie).

En raison de la surcharge en eaux usées brutes de Delvic, la partie liquide des boues à la sortie du décanteur était aussi trop chargée et l'Onas qui gère le traitement des eaux usées ne pouvait plus accepter que Delvic l'envoie ses eaux usées. Par conséquent un système de floculation a été installé pour retenir d'avantage les boues de la partie liquide des boues décantées. Le système est basé sur l'ajout du sulfate d'aluminium comme flocculant pour améliorer la sédimentation et la qualité des eaux usées.

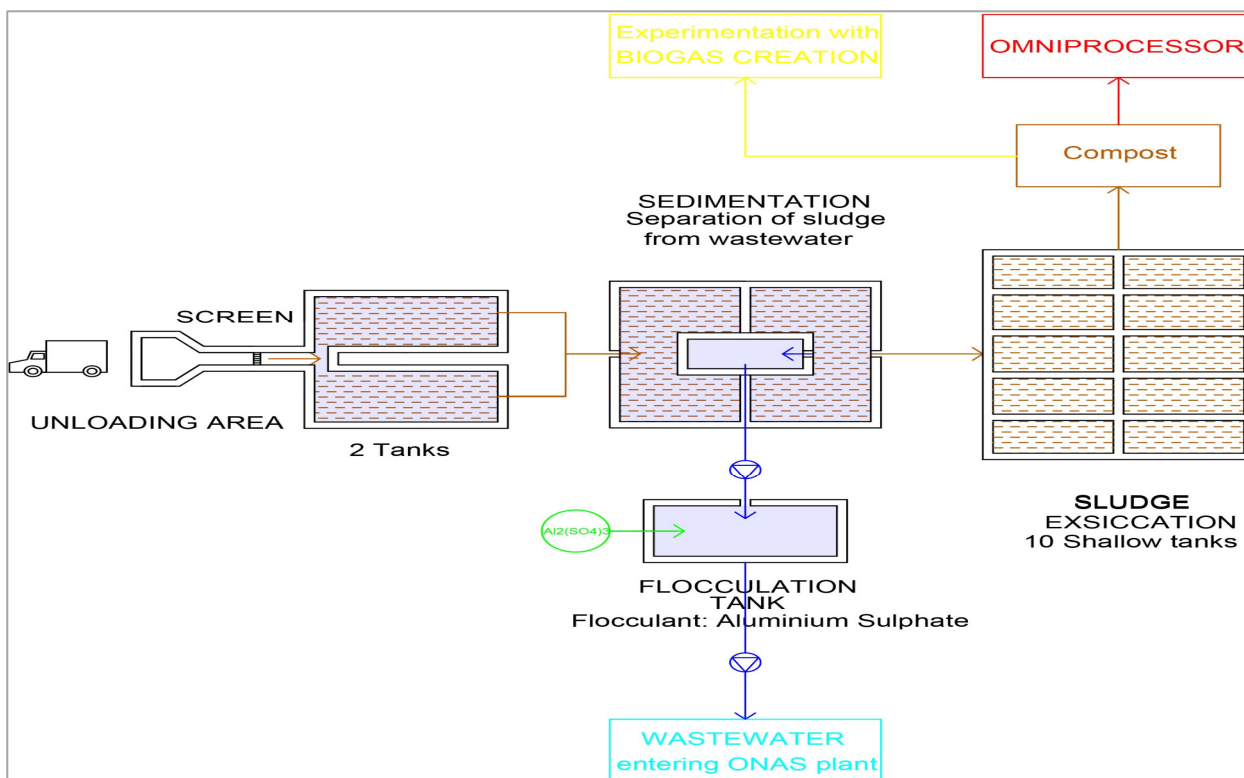


Figure 4. Schéma de toutes les composantes de la station de traitement des boues de vidange de la partie privée Delvic.

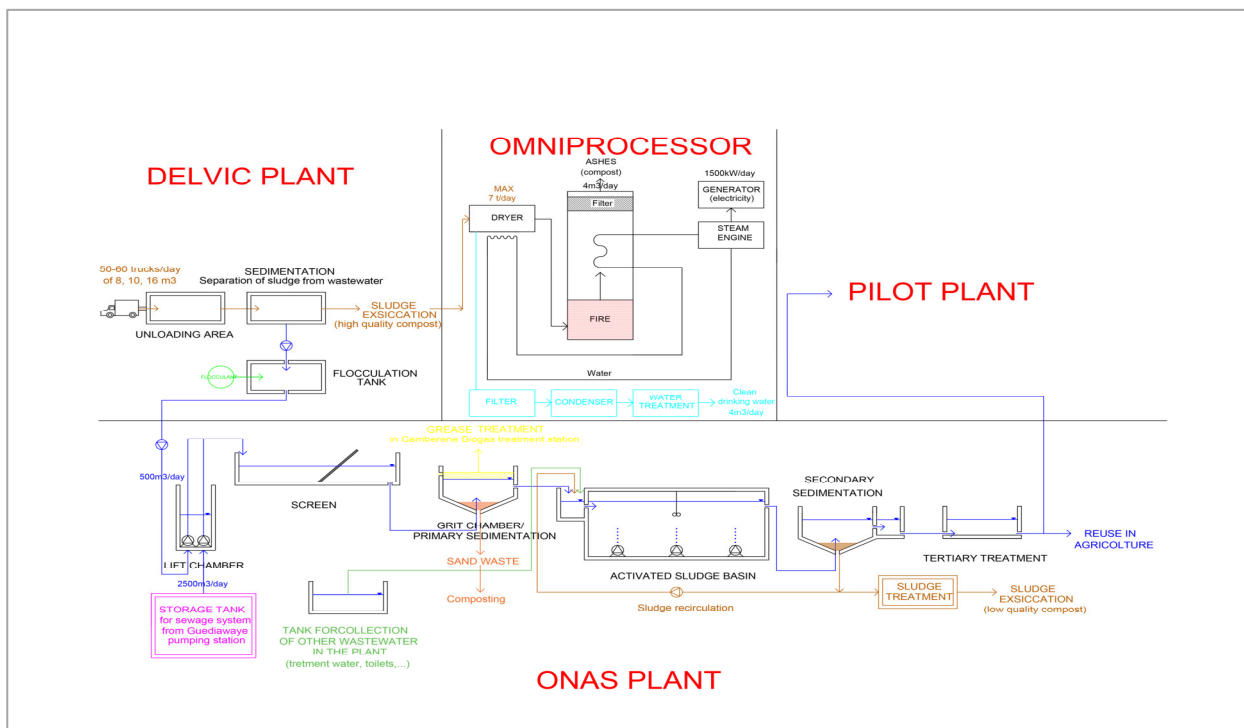


Figure 5. Schéma des différentes parties de la Step des Niayes de Pikine.

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	Col. Fécaux (UFC/100mL)
07/08/2018	7,48	4630	2400	7380	1400	2520	8*10 ⁵
13/08/2018	7,43	4310	2200	1480	650	3148	-
28/08/2018	7,44	4260	2200	1380	600	2840	-
Moyenne	7,45	4400	2266,66667	3413,33333	883,333333	2836	
Variance	0,0004667	26866,6667	8888,889	7868888,89	133888,889	65738,667	
Ecart type	0,02	163	94	28051	365,9	256,4	

Tableau 1. Résultats des tests faits sur les eaux usées prétraitées entrant dans la STEP de Niayes, données fournies par l'Onas avant l'installation du système de la floculation (pH, conductivité, salinité, MEST, DBO₅, DCO, TKN, PTol, Coliformes fécaux).

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	TKN (mg/L)	PTOT (mg/L)	Col. Fécaux (UFC/100mL)
04/09/2018	7,3	4070	2100	528	220	555	-	-	1,7*10 ⁵
11/09/2018	7,56	3730	1900	610	800	1468	-	-	-
18/09/2018	7,65	4860	2600	473,3	450	1920	-	-	-
25/09/2018	7,61	4310	2200	527	250	1250	-	-	-
09/10/2018	7,41	3850	2000	920	450	2164	361,8	25,6	-
16/10/2018	7,43	3630	1800	640	450	2184	-	-	1,4*10 ⁶
23/10/2018	7,39	3500	1700	1230	500	2492	-	-	-
30/10/2018	7,64	7,4	3680	200	450	748	-	-	-
06/11/2018	7,87	4490	2400	340	400	1142	663,3	12,1	-
13/11/2018	7,49	5150	2700	1100	600	2360	-	-	-
21/11/2018	7,41	4320	2200	700	850	1632	-	-	-
27/11/2018	7,51	4430	2300	236	600	838	-	-	-
Moyenne	7,5225	3969,8267	2292	1182,953	578	1817,4	512,55	18,85	790000
Variance	0,022	1585404,2	257070,66	405907,63	38607,33	470467,47	22725,56	45,56	3,78.10¹¹
Ecart type	0,148	1259	507	637	196,48	646	150,75	6,75	614817

Tableau 2. Résultats des tests faits sur les eaux usées prétraitées entrant dans la STEP de Niayes, données fournies par l'Onas après l'installation du système de la floculation (pH, conductivité, salinité, MEST, DBO₅, DCO, TKN, PTol, Coliformes fécaux).

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)
02/10/2018	7.35	2470	1100	7340	1850	15300

Tableau 3. Résultats des tests faits sur les eaux usées prétraitées entrant dans la Step de Niayes à un jour de traitement ou la floculation ne fonctionnait pas .

$\text{Var}(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2$ a été utilisé comme formule de calcul de la variance.

La station de pompage (SP) de Las Palmas de Guédiawaye fournit environ 2 500 m³ d'eaux usées mixtes par jour.

La station de pompage draine le bassin versant du Golf Sud (Guédiawaye) pour les refouler au niveau de la Step des Niayes. Elle dispose d'une bache circulaire de 7m de profondeur sur 3m de diamètre et une pompe d'une capacité de 160 m³/h (Onas, 2017). Le réseau de collecte des eaux usées est entièrement gravitaire de type collectif. Des regards de branchement réalisés au niveau des concessions branchées permettent une connexion des maisons avec la station de pompage.

Les caractéristiques de la station de pompage sont rappelées dans le tableau suivant :

Désignation	SP Las Palmas
Regard	1
Dessableur et Dégrileur	1
Bâché et chambres des vannes	1
Salle de commande	1
Toilettes, clôture	1
Débit de refoulement (L/s)	44.44
Conduite de refoulement (mm)	PVC PN16 DN 315

Tableau 4. Caractéristique de la SP de Las Palmas (Onas, 2017).

Normalement, la quantité d'eau usée qui devait être fournie par la station de pompage à la Step est de 825 m³ (Onas), confirmant ainsi les quantités d'eaux usées qui dépassent de loin les normes d'acceptation de la Step. Cette surcharge est directement liée à la surpopulation et aux implantations informelles dans la région.

La capacité totale de traitement normale de la Step est de 12 500 équivalents/habitants avec un débit journalier de 935m³ par jour alors qu'elle reçoit et traite environ 3000m³ par jour à cause de la surpopulation de la ville de Dakar. Les quantités d'eaux usées reçues augmentent durant la période de chaleur et pendant l'hivernage.

Les tableaux 5, 6 et 7 suivants donnent les informations sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du mélange entre les eaux usées sortant du prétraitement par la partie Delvic et les eaux usées venant de la station de pompage de Guédiawaye (eau brute) ; c'est la qualité globale des eaux usées qui entre dans la station d'épuration de l'Onas.

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	Col. Féc. (UFC/100mL)
07/08/2018	7,54	4150	2100	2340	1100	5430	6.3*106
13/08/2018	7,52	3110	1500	950	900	2300	-
28/08/2018	7,57	3990	2000	1390	800	2670	-
Moyenne	7,543	3750	1866,66	1560	933,33	3466,667	
Variance	0,00042	209066,66	68888,88	336466,667	15555,55	1950155,56	
Ecart type	0,02	457,23	262,46	580	124,7	1396,5	

Tableau 6. Résultats des tests sur les eaux usées brutes (caractéristiques des eaux entrantes) à l'intérieur de l'usine de Niayes, données fournies par l'Onas avant l'installation du système de la floculation.

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	TKN (mg/L)	PTOT (mg/L)	Col. Féc. (UFC/100mL)
04/09/2018	7,65	3170	1600	632	700	1604	-	-	6.5*106
11/09/2018	7,68	2510	1200	404	650	1154	-	-	-
18/09/2018	7,42	1643	600	1350	800	2248	-	-	-
25/09/2018	7,71	4050	2100	700	400	1598	-	-	-
09/10/2018	7,51	3490	1700	868	550	1928	431,3	23,5	-
16/10/2018	7,52	2500	1100	360	550	2244	-	-	106

8									
23/10/201	7,56	2480	1100	900	750	2112	-	-	-
8									
30/10/201	7,64	2090	900	476	350	1132	-	-	-
8									
06/11/201	8,03	3720	1900	653,3	650	1337	481,4	16	-
8									
13/11/201	7,55	3520	1800	720	700	1724	-	-	-
8									
21/11/201	7,52	3080	1500	473,3	900	1436	-	-	-
8									
27/11/201	7,52	2880	1400	524	1200	1481	-	-	-
8									
Moyenne	7,60	2927,75	1408,33	671,716	683,33	1666,5	456,35	19,75	
9									
Variance	0,02	462375,68	179097,2	68674,20	46805,5	141238,5	627,50	14,062	
2									
Ecart	0,14	680	423	262	216	375	25	3,74	
8									
type									

Tableau 7. Résultats sur l'eau brute (caractéristiques des eaux entrantes) à l'intérieur de l'usine de Niayes, après l'installation du système de floculation ; données fournies par l'Onas.

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)
02/10/2018	7.33	2420	1100	27940	1800	21840

Tableau 8. Résultats des tests faits sur les eaux usées prétraitées entrant dans la STEP de Niayes, a un jour de traitement ou la floculation ne fonctionnait pas.

Enfin, les tableaux 9, 10 et 11 suivants donnent des informations sur la qualité des eaux usées traitées sortant de la Step de Niayes (eaux clarifiées). Les valeurs qui dépassent les normes de référence sénégalaises (normes de rejet des eaux usées NS 05-061 Juillet 2001) sont mises en gras.

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	Col. Féc (UFC/100mL)
07/08/2018	7,81	3310	1600	448	400	956	3.7*106
13/08/2018	7,75	3180	1600	540	320	1144	-
28/08/2018	7,81	2470	1100	500	320	1020	-
Moyenne	7,79	2986,66667	1433,33333	496	346,667	1040	
Variance	0,0008	136288,889	55555,556	1418,667	1422,22	6090,667	
Ecart type	0,02	369	235	37,6	37,71	78	
Limite SN	5.5 - 9.5	<3000		<50	<80	<200	<1000

Tableau 9. Résultats sur les eaux clarifiées sortant des usines de Niayes, données fournies par l'Onas avant l'installation du système de floculation (en gras les valeurs hors normes nationales de rejet des eaux usées).

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	TKN (mg/L)	PTOT (mg/L)	Col. Féc (UFC/100mL)
03/09/2018	7,89	2380	1100	212	175	414,5	-	-	-
04/09/2018	7,87	2400	1100	520	200	603	-	-	1.3*105
11/09/2018	7,86	2460	1100	276	180	646	-	-	-
18/09/2018	7,93	2470	1100	228	200	627	-	-	-
25/09/2018	7,91	2470	1100	324	160	680	-	-	-

09/10/2018	7,79	2470	1100	360	180	892	271	5.8	-
16/10/2018	7,85	2430	1100	132	200	768	-	-	1.6*106
23/10/2018	7,82	2460	1100	256	240	618	-	-	-
30/10/2018	7,59	3360	1700	236	180	536	-	-	-
06/11/2018	8,3	3580	1900	240	200	559	-	-	-
13/11/2018	7,9	3450	1700	264	200	330	-	-	-
21/11/2018	7,79	2520	1200	220	440	564	-	-	-
Moyenne	7,875	2704,167	1275	272,33	212,9167	603,125	271	5.8	1810000
Variance	0,023775	195324,306	83541,6667	8537,22	5051,909	19777,67			
Ecart type	0,14	441,9	289	92,4	71	140			
Limite SN	5.5 - 9.5	<3000		<50	<80	<200	<30	<10	<1000

Tableau 10. Résultats sur les eaux clarifiées sortant des usines de Niayes, données fournies par l'Onas après l'installation du système de la floculation (en rose, valeurs hors normes nationales de rejet des eaux usées).

Date	pH	Cond (µS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)
02/10/2018	7.91	2440	1100	500	220	894

Tableau 11. Résultats sur les eaux clarifiées sortant des usines de Niayes, données fournies par l'Onas, un jour où l'installation du système de la floculation ne fonctionnait pas (en rose, valeurs hors normes nationales de rejet des eaux usées).

La date du 02 octobre correspond à une date où le système de floculation permettant de sédimenter d'avantage la boue de la partie privée Delvic ne fonctionnait pas, par conséquent, les données sont très élevées comme avant l'installation du système correspondant aux dates du 07, 13 et 28 août 2018.

Résultats et discussions du traitement

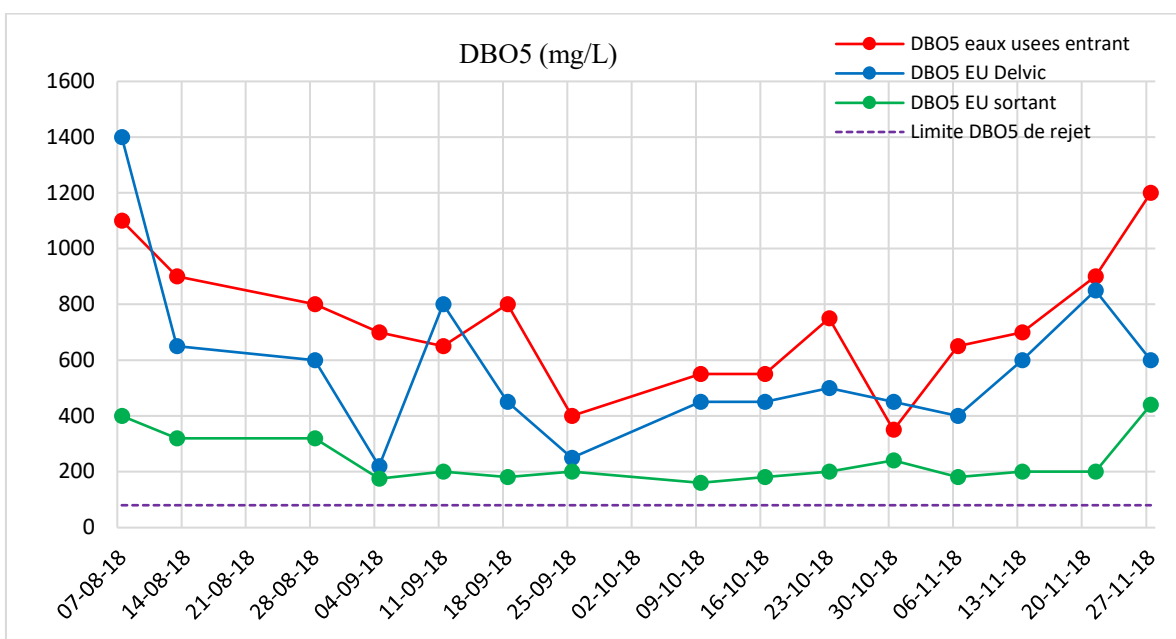
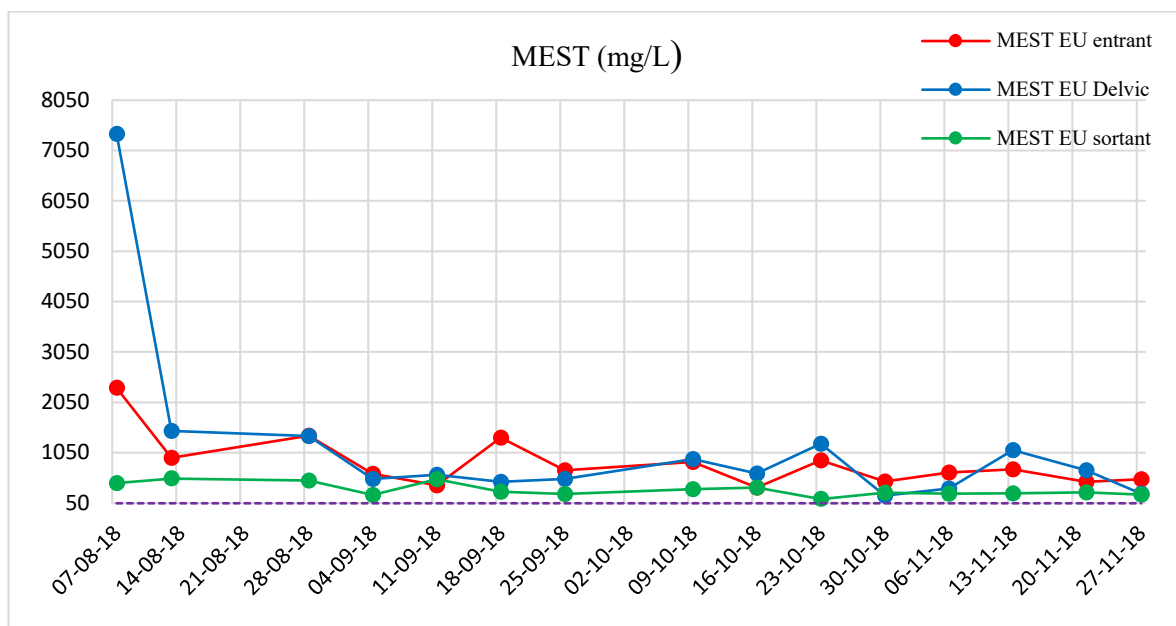
Les résultats des analyses ont montré dans les différents tableaux que les eaux usées sont très chargées en Mest, Dco et Dbo avant et après traitement et ne respectent pas les normes de rejet des eaux usées sénégalaises ni les normes de réutilisation dans l'irrigation de la Fao et l'Oms après traitement. Ainsi avant l'installation du système de floculation, les eaux usées prétraitées venant de la partie privée Delvic sont anormalement concentrées. Les eaux usées étaient prétraitées mais contenaient une quantité importante de boue. A partir du mois de septembre 2018 la floculation a été installé pour minimiser les problèmes. Mais malgré l'installation les eaux usées a la sortie du traitement ne respectaient pas les normes.

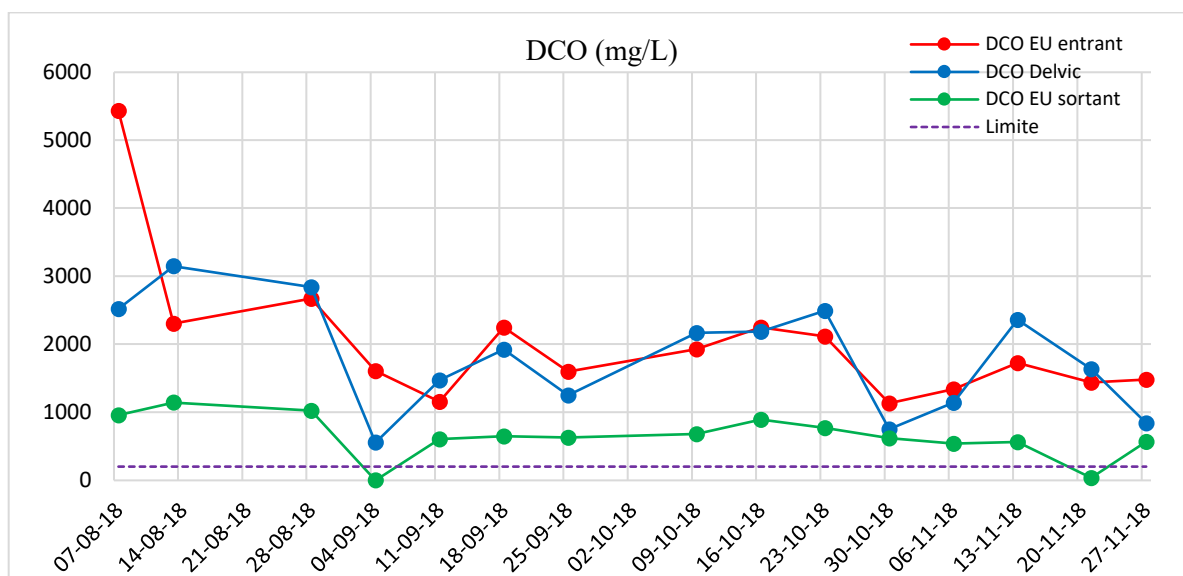
À partir des valeurs collectées dans les différents tableaux les valeurs moyennes sont calculées pour chaque paramètre (tableau 12) ; en ce qui concerne les valeurs de sortie de l'usine Onas (celles qui caractérisent les eaux réutilisées en agriculture et rejetées dans le lac du Technopole), il est facile de

remarquer que les concentrations en MEST, DBO₅, DCO, NTK et coliformes fécaux dépassent largement les limites des normes de rejet des eaux usées sénégalaises.

Paramètres	pH	Cond (mS/cm)	Salinité (mg/L)	MEST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	TKN (mg/L)	PTOT (mg/L)	Fécal Col. (UFC/100mL)
EU Delvic	7.50	3.88	2200	1568	657	2660	512.55	18.85	790000
EU entrant	7.58	3.05	1500	2543	800	3265	456.35	19.75	4600000
EU sortant	7.86	2.74	1300	328	238	703	271	5.8	1810000
Limites SN	5.5-9.5	<3	-	<50	<80	<200	<30	<10	<1000

Tableau 12. Valeurs moyennes de tous les paramètres aux trois sites de surveillance de l'Onas.





Graphique 3. Résultats de la DCO aux points de surveillance dans les différentes parties.

Quelques considérations peuvent être faites:

Les valeurs des concentrations en MEST, DBO₅, DCO et les coliformes fécaux des eaux usées clarifiées sortant de la Step ne respectent pas les normes de rejet des eaux usées sénégalaises;

Les données des eaux usées de la partie privée Delvic sont meilleures en qualité que lorsqu'elles sont mélangées aux usées de la station de pompage de Guédiawaye (Las Palmas). Ceci est dû au prétraitement effectué dans la partie Delvic des eaux usées avant leur envoi à la Step.

On constate aussi que les données en DBO₅, DCO et MEST sont plus élevées en aout et à la date du 02 octobre 2018 ; ce constat détaillé plus haut est dû à l'installation du système de floculation permettant de sédimenter d'avantage la boue des eaux brutes de Delvic. L'installation a été effectuée à partir du mois de septembre.

La station d'épuration d'Onas a de bons rendements d'élimination et fonctionne donc bien, mais elle est néanmoins manifestement surchargée et ne peut donc pas garantir de bonnes valeurs de sortie des eaux clarifiées pour respecter les normes de rejet et de réutilisation des eaux usées.

Paramètres	MEST (%)	DBO ₅ (%)	DCO (%)	NTK (%)	PTOT (%)	Col. Fécal (%)
ONAS efficience	87	70	78	41	71	61

Tableau 13. Efficacité d'élimination de la Step des valeurs moyennes des paramètres.

Les données du 02/10/2018 sont élevées en raison d'un problème interne à l'usine de prétraitement Delvic : le système de floculation a cessé de fonctionner et, par conséquent, les concentrations des MEST, de la DBO₅ et de la DCO étaient anormalement plus élevées.

Conclusion

Depuis une vingtaine d'années, dans la région de Dakar, les eaux usées urbaines par leurs volumes de plus en plus importants, se sont présentées comme une alternative assez intéressante pouvant combler le déficit en eau des exploitations. Malgré le potentiel que les eaux usées peuvent donner comme alternative, elles représentent un sérieux problème de santé, d'environnement et une menace économique au Sénégal. L'agriculture est à la fois un producteur et un utilisateur d'eaux usées. Par conséquent, le secteur peut à la fois provoquer et subir les conséquences de la pollution. Dans la zone humide du Technopole, les eaux usées traitées malgré leur abondance et l'insuffisance du traitement ne sont même pas suffisantes pour le maraichage.

Dans la plupart des zones de maraichage à Dakar, les eaux usées sont utilisées sans précautions de sécurité nécessaires, les polluants microbiologiques et chimiques peuvent s'accumuler dans les cultures, les produits de l'élevage, le sol ou les ressources en eau, et avoir de graves répercussions sur la santé des consommateurs d'aliments et travailleurs agricoles exposés. Toutefois, lorsqu'elles sont traitées de façon adéquate et utilisées sans risque, les eaux usées constituent une source précieuse d'eau et de nutriments, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et à l'amélioration des moyens de subsistance.

Ainsi, après avoir identifié la zone la plus polluée qui est la zone environnante de la Step causée par les quantités de boues de vidanges et d'eaux usées qui dépassent la capacité de traitement de la Step, nous avons pour la suite de nos travaux installer un système de zone humide construite à flux submergé horizontal à l'intérieur de la Step dont le but est d'améliorer la qualité des eaux usées traitées destinées au maraichage.

Remerciements

Je remercie vivement pour le soutien le laboratoire de recherche sur les technologies appropriées pour la gestion de l'environnement dans les pays à revenu faible et intermédiaire CeTAmb lab de l'université de Brescia, mes professeurs encadreur Sabrina Sorlini de CeTAmb, Omar Gueye de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, le Directeur Général et les employés du laboratoire de l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (Onas).

Bibliographie

Akpo, Y. (2006). Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Cambérène (Dakar). Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université de Dakar, Sénégal.

Diop, B. S. (2002). Les écosystèmes aquatiques et semi-aquatiques dans l'épuration des eaux usées domestiques et urbaines par mosaïques hiérarchisées d'écosystème artificiels en Afrique tropicale sèche. Thèse de Doctorat de Troisième Cycle en Sciences de l'Environnement. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Institut des Sciences de l'Environnement.

Diouf, O.C., Faye, S.C., Diédhiou M., Faye S., Faye, A. et Wohnlich, S. (2013). Urban impact in Groundwater Levels in Dakar Shallow Aquifer (SENEGAL). Research Journal of Chemical and Environmental Sciences, Volume 1 Issue 4 (October 2013): 37-43.

El Haite, H. (2010). Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisations pour l'irrigation. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Gaye, M. et Niang, S. (2010). Manuel des bonnes pratiques de l'utilisation saine des eaux usées dans l'agriculture urbaine. ENDA RUP (Relais pour le Développement Urbain Populaire), Ouest Foire, BP 27 083, Malick Sy, Dakar, Sénégal.

Ndao, M. (2017), L'assainissement dans la gestion durable de l'environnement et de la Santé publique (ASCOSEN), Chambre de Commerce de Dakar.

Norme senegalaise ns 05-061 juillet 2001, « Eux usées : normes de rejet ».

N'diaye, A, S. (2007). Evaluation d'un projet d'assainissement de Yoff : cas des eaux usées de Tonghor. Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux en aménagement du territoire et gestion urbaine. Ecole Nationale d'Economie Appliquée, Sénégal.

ONAS (2014). Programme de gestion des boues de vidange : Boues mag. Magazine trimestriel du programme de boues de vidange N°4 Décembre 2014.

ONAS (2017). Programme de structuration du marché des boues de vidange en faveur des ménages démunis de Pikine et Guédiawaye : Etude monographique de l'assainissement autonome dans les régions du Sénégal rapport technique national version provisoire.

RGPHAE (Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage) (2015). Agence National de la Statistique et de la Démographie. Projection de la population 2013-2063 du Sénégal/MEFP/ANSD- Août 2015.

Sénégal, MEF, ANSD, SRSD de Dakar. (2009). Situation économique et sociale de la région de Dakar de l'année 2008, 186.

Sénégal, MEF, ANSD, SRSD de Dakar. ANSD (Agence National de la Statistique et de la Démographie) (2014). Situation économique et social Ed (2014), Eau et Assainissement. Site web : www.ansd.sn.

WWAP (World Water Assessment Program) (2017). Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. Les eaux usées – Une ressource inexploitée. Paris, UNESCO.

Acronymes

Ands	Agence national de la statistique et de la démographie
Dsi	Delvic Sanitation Initiatives

DbO	Demanda biochimique en oxygène
Dco	Demanda chimique en oxygène
EU	Eaux Usées
Fao	Food and agriculture organization
ID	Impianto di depurazione
Mest	Matières en suspension totales
Omd	Objectifs du Millénaire pour le développement
Onas	Office national de l'assainissement du Sénégal
Rgphae	Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage
Sst	Solidi sospesi totali
Step	Station d'épuration
SP	Station de pompage
Wwap	World Water Assessment Program