

## Quantification et caractérisation des boues de vidange dans la ville d'Aného au Togo pour le choix d'un traitement approprié

### [ Quantification and characterization of fecal sludge in Aneho city for the choice of an appropriate treatment ]

Hèzouwè Poromna<sup>1,3</sup>, Ftimbé Lare<sup>2</sup>, Seyram K. Sossou<sup>2</sup>, Messanh Kangni-dossou<sup>1</sup>, Kissao Gnandi<sup>3</sup>, and Yaovi Ameyapoh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, 01 B.P. 1515 Lomé, Togo

<sup>2</sup>Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA), Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 01 B.P. 594 Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>3</sup>Laboratoire de Gestion Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD), Université de Lomé, 01 B.P. 1515 Lomé, Togo

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Like the majority sub-Saharan Africa cities, Aneho city in Togo is experiencing the problem of sustainable management of fecal sludge. The objective of this study is to contribute to better management of fecal sludge from Aneho city. To achieve this, an inventory of the management of fecal sludge in the city was carried out, followed by the quantification and characterization of the sludge produced according to the different types of existing sanitation systems. The results showed that the fecal sludge sector is experiencing shortcomings in its management. The sludge mainly discharged by mechanical means (62%) is transported to an official unmanaged disposal site or to farmers' fields without treatment. The amount of mud produced per year in the city is between 3,534 and 7,442 m<sup>3</sup>. The physico-chemical characterization results reveal that the sludge from dry pits was more loaded with pollutants than that from wet pits. The sludge with a neutral characteristic and a high salinity is rich in ammonium, phosphorus, nitrates with a COD/BOD5 ratio equal to 2.1. Heavy metals including Iron, Copper, Zinc, and Manganese have a relatively apparent concentration in the sludge. The microbiological characterization showed the significant presence of fecal and pathogenic germs in the sludge. From this study, knowing of the sludge quantity and characteristics produced at Aneho, will allow choosing an appropriate treatment based on other local criteria.

**KEYWORDS:** Non-sewered sanitation, fecal sludge, quantification, characterization, sludge treatment, Aneho city.

**RESUME:** A l'instar de la majorité des villes d'Afrique subsaharienne, la ville d'Aného au Togo connaît la problématique de la gestion durable des boues de vidange. Cette étude a pour objectif de contribuer à une meilleure gestion des boues de vidange de la ville d'Aného. Pour ce faire, un état des lieux de la gestion des boues de vidange dans la ville a été réalisé suivi de la quantification et la caractérisation des boues produites en fonction des différents types d'ouvrages d'assainissement existants. Les résultats montrent que la filière des boues de vidange connaît des insuffisances dans sa gestion. Les boues vidangées majoritairement par la mécanique (62%), sont transportées vers un site de dépotage officiel non aménagé ou dans les champs des agriculteurs sans traitement. La quantité de boue produite par année dans la ville est comprise entre 3534 et 7442 m<sup>3</sup>. Les résultats de caractérisation physico-chimique révèlent que les boues des fosses sèches sont plus chargées en polluants que celles des fosses humides. Les boues de caractéristique neutre et d'une forte salinité sont riches en ammonium, phosphore, nitrates avec un rapport DCO/DBO5 égal à 2,1. Les métaux lourds dont le Fer, le Cuivre, le Zinc, et le Manganèse ont une concentration relativement apparente dans les boues. La caractérisation microbiologique a montré la présence significative

des germes fécaux et pathogènes dans les boues. De cette étude, la connaissance de la quantité et des caractéristiques des boues produites à Aneho, permettra de choisir un traitement approprié sur la base d'autres critères locaux.

**MOTS-CLEFS:** Assainissement autonome, boue de vidange, quantification, caractérisation, traitement, ville d'Aneho.

## 1 INTRODUCTION

La gestion des boues de vidange dans les pays en développement a toujours été une préoccupation de santé publique pour les populations ([1], [2]). En effet de nombreuses villes d'Afrique sub-saharienne produisent de grandes quantités de boues de vidange qui, par manque de systèmes d'assainissement appropriés, finissent par être déversés dans l'environnement [3] Singh et al, 2017. Cette pratique entraîne des impacts néfastes considérables sur l'environnement et la santé des populations ([4], [5]).

Les villes moyennes du Togo, pays de l'Afrique sub-saharienne, ne sont pas en marge de cette mauvaise gestion des boues ([6], [7]). En effet, seul 41% de la population togolaise ont un accès à l'assainissement parmi laquelle, 98% dispose d'un assainissement autonome réparti en 29% en milieu rural, 27% en milieu semi-urbain et 43% en milieu urbain [8].

Pour une meilleure fermeture du cycle de la filière de gestion de boue de vidange, il est indispensable de soumettre les boues à un traitement approprié avant son rejet dans l'environnement ou sa valorisation en agriculture. Le choix, la conception et la réalisation d'un ouvrage de traitement des boues reposent sur la quantité et les caractéristiques des boues produites dans une ville ([9], [4]). La quantification consiste à estimer la quantité de boues produites par an et la caractérisation consiste à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des boues [10]. Au-delà de la quantité et des caractéristiques des boues produites dans une ville, le choix d'une option de traitement repose sur les objectifs du traitement et/ou valorisation [4]. En effet, loin d'être un déchet, les boues de vidange traitée peuvent être une matière organique riche en éléments fertilisants pour l'agriculture [3].

Aneho, l'une des villes les plus touristiques du Togo, connaît de façon aigüe des problèmes de gestion des boues de vidange. En effet, située à l'Est du Togo à 45 kilomètres de Lomé la capitale du Togo, Aneho n'est couvert que par un assainissement non collectif. Cependant les ouvrages d'assainissement autonome sont insuffisants et ne respectent pas les plans standards de construction. Les ouvrages d'assainissement autonome généralement rencontrés sont les fosses septiques, les toilettes à chasse manuelle, les latrines sèches ou encore les toilettes publiques. Le traitement des boues de vidange fait également défaut; ces dernières sont évacuées directement dans l'environnement du fait de l'absence d'une station de traitement [11]. Aneho étant une ville grandissante et située en bordure de mer, elle nécessite une gestion durable des boues de vidange afin de préserver la nappe d'eau souterraine.

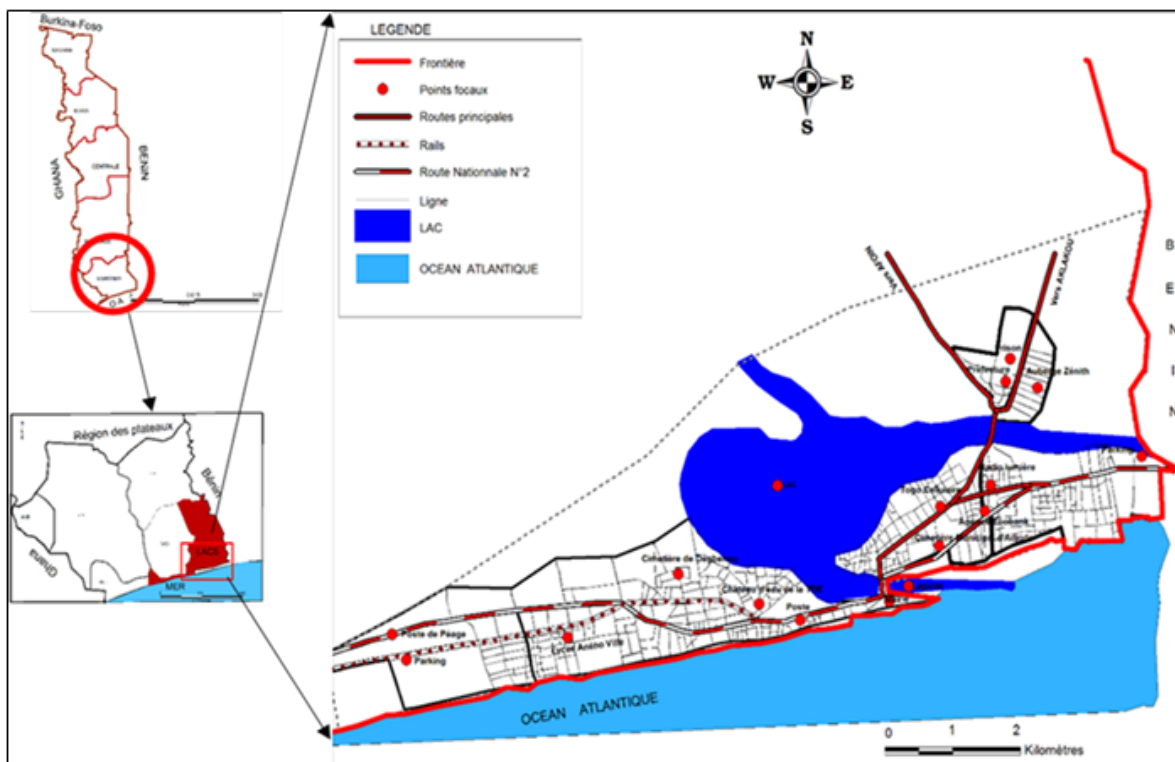
Plusieurs études ont été réalisées sur la quantification et la caractérisation des boues de vidange, et ont rapportés des méthodes et/ou des résultats de quantification ([7], [9], [11]) et de caractérisation ([12], [10]). Cependant, ces études restent limitées vue la diversité des conditions climatiques des villes et du régime alimentaire des populations ([12], [9]). Par ailleurs, les études de caractérisation des boues se focalisent plus sur les paramètres de la matière organique et les indicateurs microbiens de contamination fécale ([13]) mais n'abordent pas la contenance des boues en métaux lourds et en pathogènes spécifiques. Aussi, rares sont les études ayant présenté les caractéristiques des boues en fonction des types d'ouvrage d'assainissement. Ainsi cette étude se propose de quantifier et de caractériser les boues par type d'ouvrage d'assainissement dans la commune d'Aneho au Togo en vue de proposer des choix d'un traitement approprié.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE: VILLE D'ANEHO

Cette étude a été réalisée dans la ville d'Aneho, l'actuel chef-lieu de la commune des Lacs 1 situé au Sud-Est du Togo dans la Région Maritime à environ 45 km de Lomé, la capitale (Figure 1). D'une superficie de 32 km<sup>2</sup>, la ville est côtière et frontalière du Bénin avec une population estimée à 27364 habitants en 2018 [14]. La ville d'Aneho, choisie comme notre cadre d'étude, présente des enjeux environnementaux majeurs liés la densité de sa population, au manque d'infrastructure sanitaire adéquat, au contexte socio-économique précaire, à la vulnérabilité de ses ressources en eaux et surtout à l'insuffisance de son savoir-faire en matière de la gestion durable des déchets dont les boues de vidange. En effet, la ville jouit d'un climat tropical de type guinéen avec des précipitations allant à 941 mm en moyenne par an selon les données de la Direction Générale de Météorologie Nationale (DGMN). Elle est bâtie entièrement sur les roches du bassin sédimentaire côtier du Togo où affluent

principalement les sables meubles détritiques du quaternaire. Sur le plan géomorphologique, la ville d'Aného est constituée d'un cordon littoral présentant un relief plat marqué par des bancs de sable, d'une dépression lagunaire et d'un plateau à faible pente vers le sud. La ville regorge d'importantes ressources en eau avec une lagune qui se jette directement dans la mer au niveau de l'embouchure. La présence de l'aquifère de sable du cordon littoral à faible profondeur (10 à 15 m) favorise le creusement de nombreux puits qui captent la nappe phréatique.



**Fig. 1. Carte de présentation de la ville d'Aného**

**2.2 ETAT DES LIEUX DE GESTION DE LA FILIERE DE BOUE DE VIDANGE**

L'état des lieux de gestion de la filière de boue de vidange a été réalisé en faisant une recherche documentaire, des enquêtes et des visites de terrain. La recherche documentaire a consisté à consulter les documents relatifs à la GBV notamment le guide opérationnel de l'assainissement autonome des excréta et eaux usées au Togo et le rapport du projet du service public d'assainissement non collectif (SPANC) de la ville d'Aného. Les enquêtes ont été réalisées par entretiens semi-directifs et directifs. Les entretiens semi-directifs ont été réalisés par interview des acteurs clés de la filière de gestion des BV. Les entretiens directifs ont concerné les ménages avec l'administration d'un questionnaire. La taille de l'échantillon à enquêter a été déterminée par la formule de Durand [15]. La méthode d'échantillonnage est probabiliste et consiste à tirer seulement la première unité de la liste au hasard, puis ensuite prendre les unités à un intervalle prédéterminé [15]. Les concessions ont été sélectionnées à un intervalle de nombre de « pas » où le « pas » est le rapport du nombre total de concessions et la taille de l'échantillon. Enfin, des visites de terrain ont été effectuées sur trente (30) ouvrages d'assainissement autonome afin de les caractériser (longueur, largeur, diamètre, profondeur et capacité de chaque ouvrage) avec un accent mis sur les ouvrages majoritaires concernés par les résultats d'enquête.

**2.3 QUANTIFICATION DES BOUES DE VIDANGE**

**2.3.1 QUANTIFICATION BASEE SUR LA PRODUCTION SPECIFIQUE**

La quantification des GBV basée sur la production spécifique permet de déterminer la quantité de boue produite par habitant et par jour selon la formule de l'équation 1 [16].

$$Q = 365 * (P_{LH} * \frac{qLH}{1000} + P_{LS} * \frac{qLS}{1000}) \quad \text{Equation 1}$$

Où  $Q$  ( $m^3/an$ ) est la production de boues annuelle;  $P_{LH}$  (habitants), le nombre d'utilisateurs de latrines humides;  $q_{LH}$  ( $l/habitant/an$ ), la production spécifique de boues de vidange des latrines humides;  $P_{LS}$  (habitants), le nombre d'utilisateurs de latrines sèches; et  $q_{LS}$  ( $l/habitant/an$ ), la production spécifique de boues de vidange des latrines sèches.

### 2.3.2 QUANTIFICATION BASEE SUR LA DEMANDE EN VIDANGE MECANIQUE

La quantification des GBV basée sur la demande en vidange mécanique permet d'évaluer la quantité de boues vidangées mécaniquement et est donnée par l'équation 2 [16].

$$Q_{mec} = \sum_i N * \frac{P_{meci}}{F_{meci}} * v * \eta_i \quad \text{Equation 2}$$

Où  $Q_{mec}$  ( $m^3/an$ ) est la production de boues annuelle;  $N$  (ouvrage), le nombre total d'ouvrages d'assainissement autonome dans la localité;  $P_{meci}$  (%), la proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement;  $F_{meci}$  (an), la fréquence de vidange mécanique;  $V$  ( $m^3/rotation$ ), le volume moyen de boues vidangées par rotation d'un camion de vidange; et  $\eta_i$  (rotations/ouvrage), le nombre moyen de rotations nécessaires pour vidanger un ouvrage. Il se calcule en rapportant le volume utile du camion au volume moyen de l'ouvrage.

### 2.3.3 QUANTIFICATION BASEE SUR LES CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Cette méthode de quantification se base sur les résultats de la caractérisation des ouvrages d'assainissement autonome. La quantité de boues produites est donnée par les équations (3), (4) et (5) [9]. Pour tenir compte du fait que le camion ne pourrait pas aspirer toute la boue de la fosse, un facteur de correction de 0,75 a été introduit pour les ouvrages vidangés mécaniquement.

$$Q_{mec} = \sum_i N * \frac{P_{meci}}{F_{meci}} * V_i * \alpha_i \quad \text{Equation 3}$$

$$Q_{man} = \sum_i N * \frac{P_{mani}}{F_{mani}} * V_i \quad \text{Equation 4}$$

$$Q = Q_{mec} + Q_{man} \quad \text{Equation 5}$$

Où,  $Q_{mec}$  ( $m^3/an$ ) est la quantité de boues produites dans les ouvrages et vidangées mécaniquement;  $Q_{man}$  ( $m^3/an$ ), la quantité de boues produites dans les ouvrages et vidangées manuellement;  $P_{meci}$  (%), la proportion d'ouvrages de type  $i$  vidangés mécaniquement;  $P_{mani}$  (%), la proportion d'ouvrages de type  $i$  vidangés manuellement;  $F_{meci}$  (an), fréquence moyenne de vidange mécanique de l'ouvrage de type  $i$ ;  $F_{mani}$  (an), la fréquence moyenne de vidange manuelle de l'ouvrage de type  $i$ ;  $N$  (ouvrages), le nombre total d'ouvrages existant dans la localité;  $V_i$  ( $m^3$ ), le volume moyen des ouvrages d'assainissement de type  $i$ ;  $\alpha_i$  est le coefficient de correction pour tenir compte du volume de boues de fonds non aspirées par le camion; et  $Q$  ( $m^3/an$ ) est la quantité totale de boues vidangées dans la localité.

## 2.4 CARACTÉRISATION DES BOUES DE VIDANGE

### 2.4.1 ECHANTILLONNAGE ET PRÉLÈVEMENT

La caractérisation des boues de vidange a consisté à la détermination des paramètres physico-chimiques et microbiologiques en fonction des types d'ouvrages d'assainissement. Ainsi, un total de trente (30) échantillons de boues ont été prélevés dont onze (11) provenant des fosses septiques, huit (08) des latrines TCM, sept (7) des latrines dites améliorées VIP et quatre (04) des latrines à fosse étanche. Les prélèvements ont été réalisés directement dans les fosses après une homogénéisation à l'aide d'une canne de prélèvement selon le protocole de prélèvement des boues de vidange dans les fosses [17]. Les échantillons prélevés sont conservés à une température de 4°C et envoyés au laboratoire pour analyses.

### 2.4.2 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

L'analyse physico-chimique des boues de vidange a concerné les paramètres physiques (le pH, la Conductivité Electrique (CE), la Matière En Suspension (MES), la Matière Sèche (MS), la Matière Volatile (MV), la Matière Volatile Sèche (MVS)); les paramètres chimiques organiques (la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biochimique en Oxygène en Cinq

jours (DBO<sub>5</sub>); les paramètres chimiques minéraux (l'Azote Total Kjeldahl (NTK), l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les Chlorures (Cl<sup>-</sup>), l'Orthophosphate (PO<sub>3</sub><sup>4-</sup>) et le phosphore (P)); et les paramètres chimiques métalliques (Mercure (Hg), Cuivre (Cu), Zinc (Zn), Arsenic (As), Plomb (Pb), Chrome (Cr), Nickel (Ni), Fer (Fe), Manganèse (Mn) et Cadmium (Cd)). Les analyses des paramètres physiques, des paramètres chimiques organiques et les paramètres chimiques minéraux ont été réalisés selon les méthodes d'analyse des eaux usées et des boues de vidange [17]. Les paramètres métalliques ont été réalisés par la méthode à spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (SAAF). Les métaux lourds tels que le Cd, le Cr, le Cu, le Pb, le Zn, le Fe, le Ni et le Mn ont été déterminés par la spectrométrie à absorption atomique à flamme avec un spectromètre SAA S Séries THERMO FISCHER tandis que les métaux lourds Hg et As ont été déterminés par Hydruure à vapeur.

### 2.4.3 ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

L'analyse microbiologique a concerné les germes indicateurs de contamination fécale: les Coliformes fécaux (CF), *Escherichia coli* (*E. coli*), les Streptocoques Fécaux (SF) et les germes Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR); et les germes pathogènes: *Salmonella spp* et les œufs d'helminthes. Le dénombrement des bactéries s'est fait par ensemencement sur milieu de culture sélectif selon la méthode décrite par Rodier et al [18]. Ainsi les CF y compris *E coli*, SF et ASR sont déterminés par ensemencement dans la masse, respectivement sur les milieux de culture Violet Red Bile Agar, Brilliance *E. coli*, Slanetz et Bartley Agar et Tryptone Sel Néomycine Agar. La recherche des Salmonelles a été réalisée par la méthode qualitative réalisée plusieurs étapes successives: le pré-enrichissement le milieu Eau Peptone Tamponnée à 37°C pendant 24h, l'enrichissement Rappaport à 37°C pendant 24h, l'isolement des colonies sur le milieu Hekten pendant 24h à 37°C et confirmation des Salmonella par culture sur la galerie biochimique API20E. Le dénombrement des œufs d'helminthes dans les boues, s'est fait par concentration, flottation suivie d'observation microscopique directe selon méthode de Bailenger modifiée par Bouhoum et Schwartzbrod [19].

## 2.5 TRAITEMENTS ET ANALYSES DES DONNÉES

Les résultats de cette étude sont des moyennes obtenues à partir des mesures répétées. Le logiciel Mapinfo a permis la réalisation de la carte de la zone d'étude. Le logiciel IBM SPSS a permis de concevoir le questionnaire d'enquête, de saisir et de dépouiller les données. Les résultats d'analyse physico-chimiques et microbiologiques ont été traités par le logiciel GraphPad Prism 5. Les comparaisons des résultats ont été faites en utilisant le test t-student XLS Stat.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 ETAT DES LIEUX DE LA FILIERE DE GESTION DES BOUES DE VIDANGE

Pour faire l'état des lieux de la filière de gestion des boues de vidange, l'enquête ménage a concerné 346 ménagées composées de 63,5% hommes et 36,5% femmes dont 60,2% sont propriétaires de maison contre 39,8% de locataires. Les caractéristiques socio-économiques des personnes enquêtées montrent que 70% vit dans les concessions constituées de plusieurs ménages avec en moyenne cinq (05) personnes par ménage. Les maisons sont des habitats majoritairement de type moyen standing (79,6%) suivi de bas standing (18,3%) et de haut standing (2,1%). La population a un taux d'alphabétisation élevé (89,1%). Elle est constituée de trois (03) groupes de religions à savoir, les chrétiens (71,1%), les animistes (20,6%) et les musulmans (8,2%). L'ensemble de la population vit principalement du commerce (41%), de l'artisanat (21%), de l'agriculture (8%) et de la pêche (5%).

La production des boues de vidange dans la ville est assurée majoritairement par les ménages (98,7%), par les restaurants-hôtels (0,5%), par les services publics (0,5%) et par les entreprises (0,3%). La ville ne dispose pas d'assainissement collectif et tout repose donc sur un assainissement non collectif. Le taux d'accès des ménages à l'assainissement s'élève à 81%. Les types d'ouvrages d'assainissement rencontrés, sont constitués en majorité des fosses septiques (43%), des toilettes à chasse eau manuelle dites TCM (25,4%), des toilettes améliorées dites VIP (21,6%), des fosses étanches (7,6%), des toilettes écologiques de type ECOSAN (1,6%), et des toilettes traditionnelles (0,9%). Les volumes des ouvrages d'assainissement sont estimés à 7,4m<sup>3</sup> pour les latrines familiales et à 14,2m<sup>3</sup> pour les latrines publiques. La fréquence de remplissage des fosses est en moyenne trois (03) ans pour ceux qui pratiquent la vidange mécanique et deux (02) ans pour les ménages pratiquant la vidange manuelle. Au total, 19% des ménages ne disposent pas de toilettes, parmi lesquels 54% par manque de moyen et 1% par manque d'espace dans la concession. Ils font leur besoin généralement chez les voisins (30%), à la plage (25%), dans les champs (25%) et dans les toilettes publiques (20%).

Concernant les ménages disposant de toilette, 98% vidangent leurs fosses dans un délai d'une semaine en moyenne lorsque ces dernières sont pleines; 2% de ménages ferment la fosse et en réalisent une nouvelle. La vidange se fait mécaniquement à

62% et manuellement à 38%. Le critère du choix de la nature de vidange est lié à la qualité du service (38%), à la disponibilité du vidangeur (29%) et au coût de la vidange (33%). Les coûts de vidange varient de 5000 f à 20 000 f CFA pour une vidange manuelle et de 17000 f à 50000 f CFA pour une vidange mécanique. Seule la mairie d'Aneho assure la vidange mécanique actuellement dans la commune à travers le service SPANC.

Les boues vidangées mécaniquement, après transport sont dépotées à 63% sur le site de dépotage de la mairie qui est une ancienne carrière de sable et 37% sont épandues directement dans les champs d'agriculteurs sur la demande de ces derniers. Pour les ménages pratiquant la vidange manuelle, les boues collectées dans les fosses sont jetées dans les caniveaux (5%), dans les champs (11%) et en enfouissement (84%). Vu l'absence d'une station de traitement, les boues collectées dans les fosses sont dépotées dans la nature ou valorisées dans les champs des agriculteurs par épandage direct à la sortie des fosses sans aucun traitement préalable.

### **3.2 QUANTIFICATION DES BOUES DE VIDANGE**

Les résultats de quantification des boues selon les méthodes de production spécifique, de demande en vidange mécanique et de caractéristiques des ouvrages d'assainissement sont déterminés à partir des données de l'enquête ménages et la base des données du SPANC. Les résultats montrent une différence entre les quantités des boues produites selon les méthodes de quantification utilisées.

La quantité totale de boue par la méthode production spécifique est estimée à partir du nombre d'utilisateurs de latrines humides (les fosses septiques et les TCM) et sèches (Fosses étanches, Ecosan et latrines traditionnelles) qui sont respectivement de 8657 et 8667 habitants. Dans le cadre de cette étude, une valeur de 1 l/habitant/j a été considérée comme étant la production spécifique des boues de vidange des latrines humides et 0,2 l/habitant/j comme celle des latrines sèches. Ainsi la quantité totale donne une valeur de 7442 m<sup>3</sup>/an.

La quantité de boues estimée par la méthode de demande en vidange mécanique est de 3534 m<sup>3</sup>/an. En effet, dans la ville d'Aneho, le nombre d'ouvrage d'assainissement autonome est de 2806 unités. La proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement est de 62% et la fréquence de vidange mécanique est de 3,3 ans. Le volume moyen de boues vidangées par rotation est de 5m<sup>3</sup> et le nombre moyen de rotations nécessaires pour vidanger un ouvrage étant égale à 1,3. Ainsi la quantité de boues est de 3534 m<sup>3</sup>/an.

La méthode basée sur les caractéristiques des ouvrages d'assainissement a pris en compte les quantités de boues vidangées mécaniquement et manuellement. Le nombre total d'ouvrages d'assainissement existant à Aneho est de 2806 unités avec 62% des ouvrages qui se vidangent mécaniquement et 38% qui se vidangent manuellement. La fréquence moyenne de vidange est de 3,3 ans pour les vidanges mécaniques et 2,1 ans pour les vidanges manuelles. Le volume moyen des ouvrages est de 6,7m<sup>3</sup>. Un coefficient de correction de 0,75 a été ajouté pour tenir compte du volume de boues de fonds non aspirées par le camion lors d'une opération de vidange d'où la quantité totale de boues estimée sur la base des caractéristiques des ouvrages d'assainissement donne une valeur de 6134 m<sup>3</sup>/an. Ainsi la quantité de boue produite est de 6134 m<sup>3</sup>/an.

### **3.3 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DES BOUES DE VIDANGE**

#### **3.3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES**

Les caractéristiques physico-chimiques des boues de vidange, constitués de paramètres physiques, chimiques organiques, chimiques minéraux et chimiques métalliques sont présentés respectivement sur les figures 2, 3, 4 et 5.

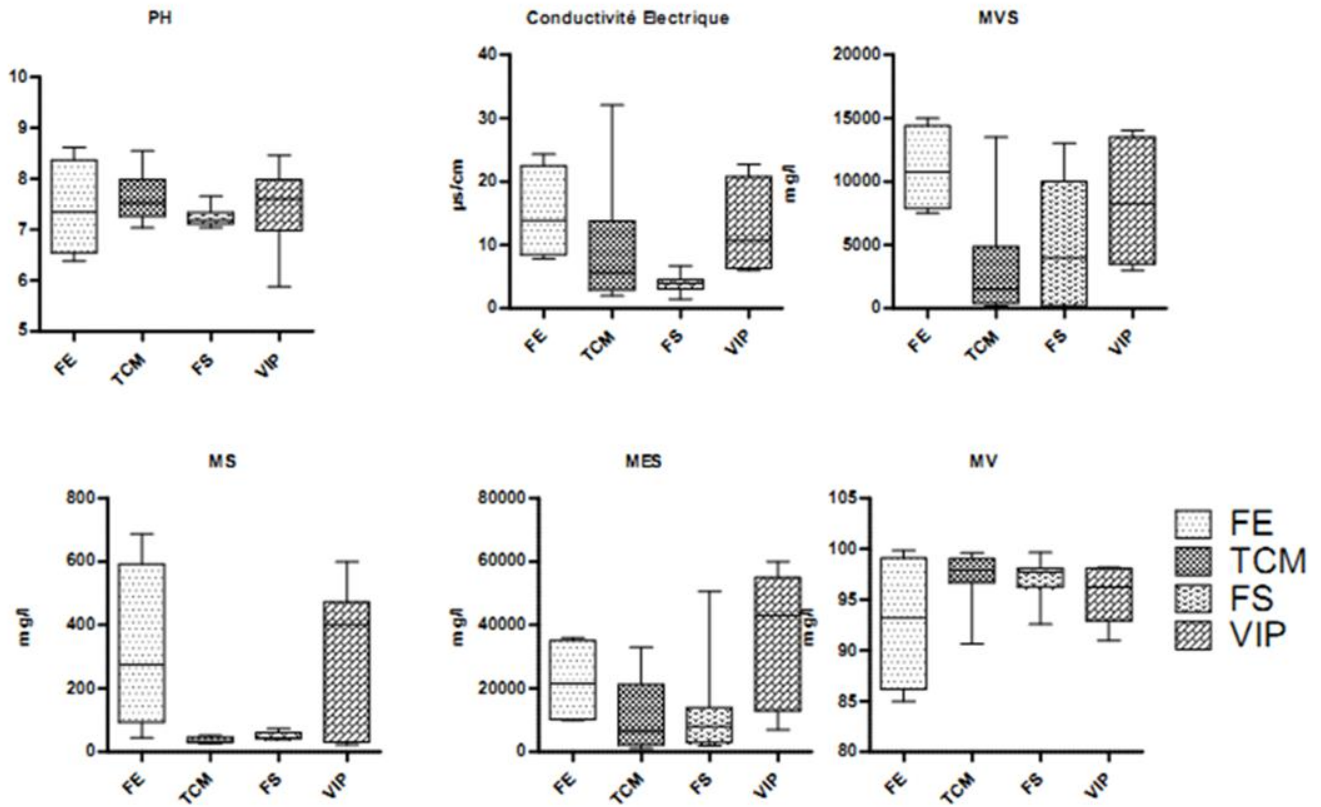


Fig. 2. Paramètres physiques des boues de vidange

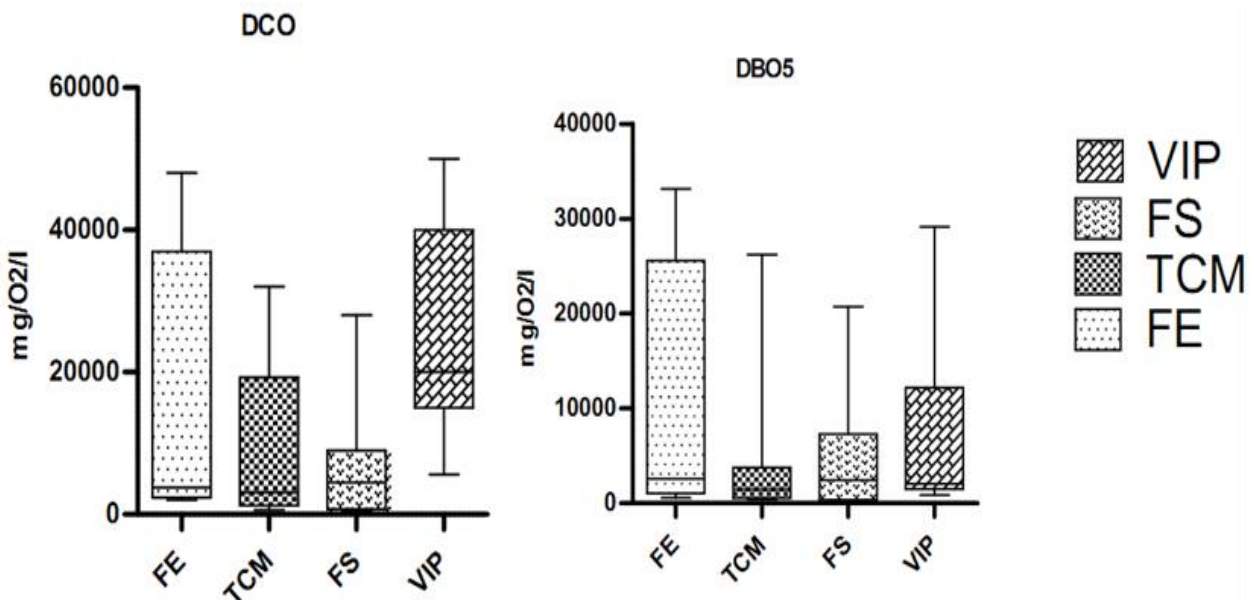


Fig. 3. Paramètres chimiques organiques des boues de vidange

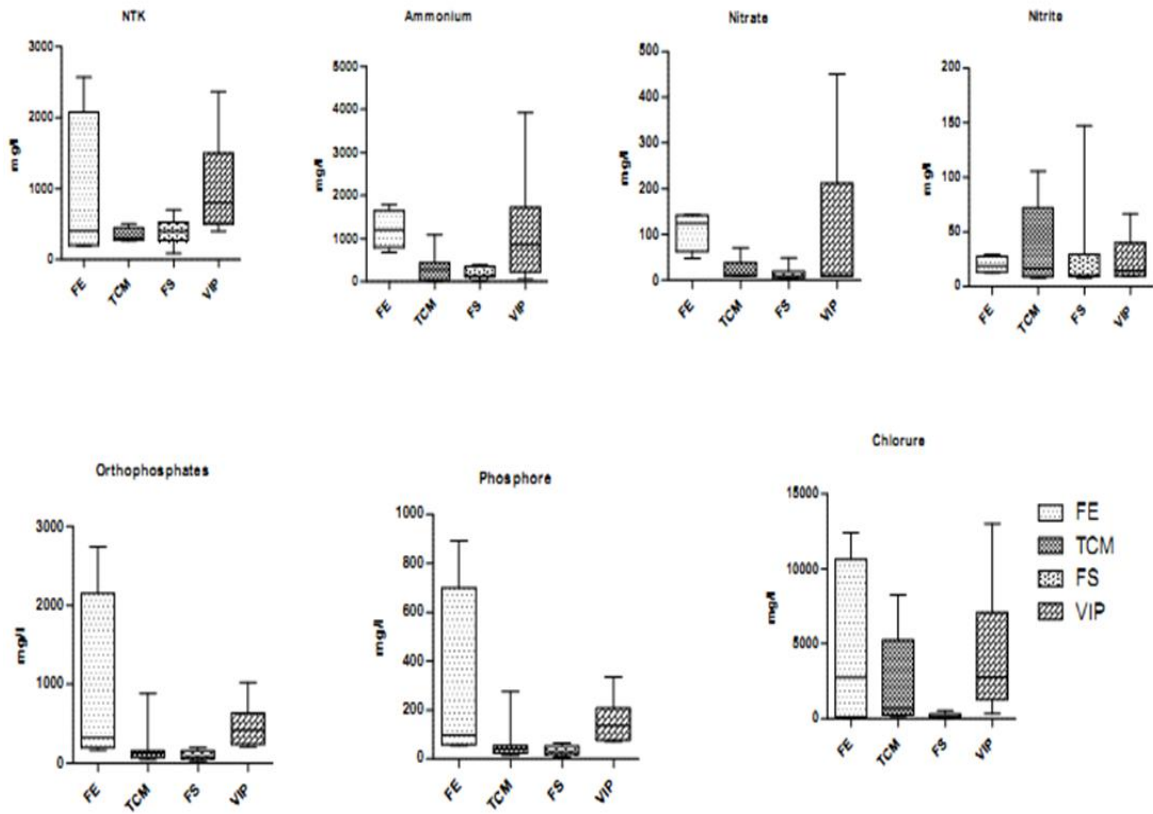


Fig. 4. Paramètres chimiques minéraux des boues de vidange

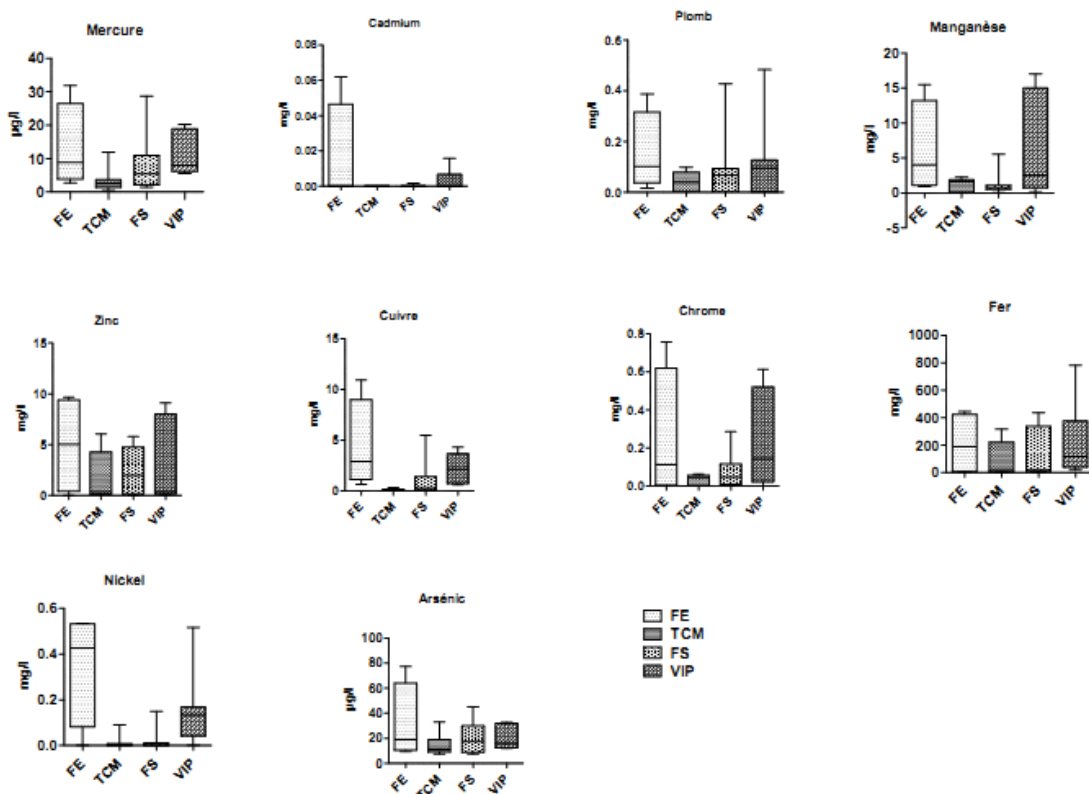


Fig. 5. Paramètres chimiques métalliques des boues de vidange



Les caractéristiques physiques des boues montrent que, excepté le pH et la teneur en MV, les autres paramètres (CE, MVS, MS, MES) présentent un taux de variation supérieur à 80%. Les boues analysées ont en moyenne un pH voisin de la neutralité (pH=7,41) et sont fortement minéralisées (Cond=9,05  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Les concentrations en MS dans les boues sont comprises entre 21170 et 687300 mg/l avec une moyenne autour de 144 000 mg/l; cette valeur moyenne est très élevée qualifiant les boues de pâteuse. Les valeurs les plus élevées de MS (> 73 000 mg/l) ont été relevées avec les boues provenant des fosses sèches. Les MV représentent plus de 90% des MS dans la plupart des échantillons de boues analysés indiquant que les boues ne sont pas suffisamment stabilisées et qu'une proportion très importante de matières organiques subsiste encore dans les boues.

Les caractéristiques chimiques organiques des boues à travers la pollution carbonée montrent valeurs moyennes de DCO et de DBO<sub>5</sub> respectivement de 13 136 mgO<sub>2</sub>/l et de 6 201 mgO<sub>2</sub>/l. Les boues sont parfois relativement très concentrées avec parfois des valeurs de DCO supérieures à 30000 mgO<sub>2</sub>/l notamment avec les boues provenant essentiellement des latrines sèches. Il en est de même pour l'analyse de la DBO<sub>5</sub>, où les valeurs les plus grandes ont été relevées avec les boues provenant des fosses sèches.

Les caractéristiques chimiques minérales des boues montrent que les boues sont riches en ammonium avec une teneur moyenne de 371,88 mg/l, tandis que les nitrates et le phosphore ont respectivement des concentrations moyennes de 71,33 mg/l et 102,67 mg/l. La concentration en ammonium dans les boues est supérieure à la teneur en nitrites et en nitrates, alors que l'ammonium représente environ 61% du NTK, laissant penser à une pollution azotée d'avantage minérale qu'organique.

Les caractéristiques chimiques métalliques des boues montrent que les métaux lourds (Cd, Cr, Pb, Ni et As) ne sont pas présents en quantité significative dans les boues. Seuls, le Cuivre (1,56 mg/l), le Zinc (2,76 mg/l en moyenne), le Manganèse (3,05 mg/l en moyenne), et surtout le Fer (198,28 mg/l en moyenne) ont une concentration relativement élevée.

### **3.3.2 CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES BOUES DE VIDANGE**

Les résultats de la caractérisation microbiologique dans les boues des fosses septiques (FS), des toilettes à chasse eau manuelle (TCM), des latrines améliorées (VIP) et des fosses étanches (FE) sont présentés à la figure 6. Ces résultats montrent que les boues contiennent de quantités diverses de micro-organismes de contamination fécale et de pathogènes. Les concentrations moyennes obtenues pour les germes indicateurs de contamination fécale sont de 7,78E+08 pour les Coliformes fécaux, de 5,96E+08 pour *Escherichia coli*, de 2,20E+08 pour les Streptocoques fécaux et de 6,99E+07 pour les germes Anaérobies Sulfito-Reducteurs.

Les résultats de la recherche des germes pathogènes montrent la présence des Salmonella et des œufs d'helminthes. Sur les trente (30) échantillons de boues, seuls trois (03) échantillons (5%) contiennent des Salmonelles. Sur les trente (30) échantillons de boues, sept (7) échantillons (23%) ont montré la présence d'œufs d'helminthes avec une concentration variant entre 0 et 31111 œufs/l et une concentration moyenne de 2457 œufs/l.

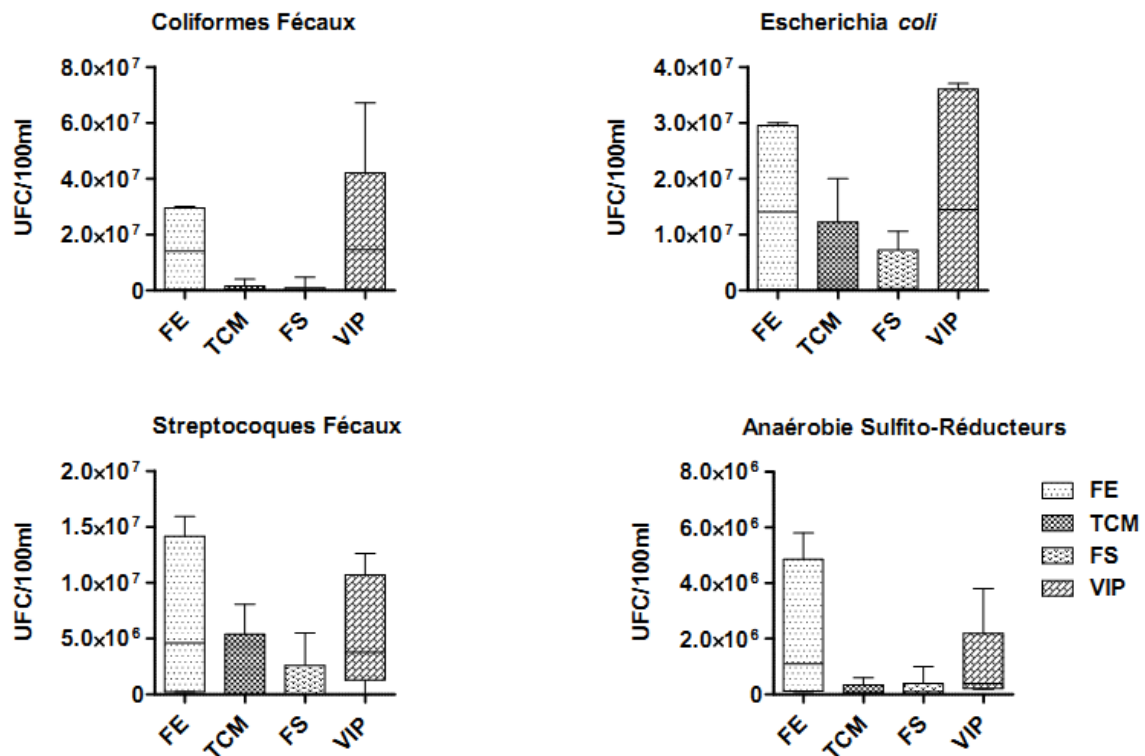


Fig. 6. Paramètres microbiologiques des boues de vidange

#### 4 DISCUSSION

Cette étude a pour objectif de quantifier et de caractériser les boues produites dans la ville d'Aneho pour guider le choix d'un traitement approprié. Pour atteindre cet objectif, un état des lieux de la filière de gestion de boues de vidanges a été fait; les résultats révèlent que la ville présente globalement les mêmes caractéristiques socio-économiques à l'instar des autres villes des pays en développement. Les caractéristiques socio-économiques de la ville d'Aneho ont montré principalement une taille moyenne de cinq (05) personnes par ménage. Cette taille de ménage dans la ville d'Aneho est similaire à celle des villes voisines de l'Afrique Subsaharienne. En effet, la taille moyenne des ménages enquêtés est respectivement de trois (03) personnes dans la commune de Cocody en Côte d'Ivoire [20] et de six (06) personnes dans la commune d'arrondissement de Douala V au Cameroun [21].

Les résultats de l'état des lieux de la filière de la gestion des boues de vidange à Aneho ont montré que l'assainissement dans la ville repose entièrement sur un assainissement non collectif. Ce mode d'assainissement est typique des villes de pays en développement et surtout des communautés à faibles revenus ([22], [23]). Le taux d'accès des ménages à l'assainissement s'élève à 81% alors qu'il est de 71,5% en milieu urbain au Togo [24]. Cette augmentation s'explique par la nouvelle politique mise en place par la mairie d'Aneho en matière d'assainissement. Ainsi, à travers le service SPANC, la mairie fait la promotion des latrines écologiques de types ECOSAN (50 000 FCFA/ménage) et les fosses septiques (150 000 FCFA/ménage). Cette nouvelle politique de la mairie s'oriente vers un équipement des ménages, même les plus pauvres, en ouvrages d'assainissements autonomes afin de mettre fin à la défécation à l'air libre (DAL) dans la commune. A cette allure, seules les fosses septiques, les TCM et les latrines ECOSAN seront les principaux ouvrages d'assainissement dans la commune les années à venir.

De cette étude, il ressort que la ville d'Aneho ne dispose pas de station de traitement et/ou de valorisation de boue de vidange à l'instar de la ville de Bouaké en Côte d'Ivoire [25] contrairement à d'autres villes qui en disposent ([10], [26], [27]). Malgré les efforts de la mairie dans la lutte contre la défécation à l'air libre, il est constaté que les boues vidangées dans les fosses, finissent dans la nature sans aucun traitement préalable, soit par un dépotage ou un épandage; or les travaux de Kone et al., [28] ont montrés qu'une décharge anarchique d'un camion de vidange équivaut à 5000 personnes déféquant à ciel ouvert. Cette pratique pourrait entraîner des conséquences néfastes sur l'environnement et la ressources en eau [29].

L'analyse des résultats de l'état des lieux de la filière de gestion des boues de vidanges dans la ville d'Aného montre que la filière présente en elle, plusieurs atouts et contraintes. Les atouts se font ressentir dans la nouvelle politique prônée par la Mairie quant à ce qui concerne en amélioration à l'accès à l'assainissement et aux collectes des boues à travers les projets de SPANC tandis que les contraintes sont présentées dans son incapacité à traiter ou à valoriser les boues collectées auprès des ménages. C'est pourquoi, il faudrait apporter une solution en commençant par la quantification et la caractérisation.

La détermination précise du volume de boues produites dans une ville est essentielle au bon fonctionnement des infrastructures requises, tant pour la collecte et le transport des boues que pour les sites de dépotages, les stations de traitement et de leur réutilisation [9]). Dans le cadre de cette étude, l'estimation de la quantité de boue produite à travers les trois méthodes a donné des valeurs différentes. La méthode basée sur la demande en vidange mécanique donne la plus faible valeur (3534 m<sup>3</sup>/an), suivi de la méthode basée sur les caractéristiques d'ouvrages d'assainissement (6134 m<sup>3</sup>/an) et enfin la méthode basée sur la production spécifique (7442 m<sup>3</sup>/an). Cette différence entre les résultats des méthodes de quantification a été montrée dans les travaux de Blunier et al. (2004) [16] où cette différence est due à non seulement aux différents paramètres intégrant les calculs de chaque méthode mais aussi de la fiabilité des réponses recueillies auprès des personnes enquêtées. Ainsi, le choix des méthodes de quantification dépendra du besoin final d'utilisation. La méthode basée sur la production spécifique peut donner une estimation préliminaire très grossière, mais elle est à éviter pour donner une base de dimensionnement [30]. Par contre, elle peut être recommandée aux planificateurs et aux autorités municipales pour une estimation rapide des quantités de boues potentiellement produites dans une ville [16]. La méthode basée sur la demande en vidange mécanique et la méthode basée sur les caractéristiques des ouvrages d'assainissements peuvent être recommandées pour un dimensionnement [30]. D'après les résultats de l'enquête ménage, les boues vidangées manuellement finissent soit dans la rue, dans les caniveaux, dans les champs ou en enfouissement d'où la méthode basée sur la demande en vidange mécanique est recommandée pour le dimensionnement d'une station de traitement dans le cadre de cette étude. Cependant, il est important de prendre en considération le fait que dans les années avenir, les ménages qui pratiquaient la vidange manuelle soient obligés de changer le mode de vidange en faveur de la vidange mécanique.

La caractérisation des boues a consisté à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des boues de vidanges. Dans cette étude, la caractérisation révèle une grande variabilité et une hétérogénéité entre les boues du même type d'ouvrage et entre les différents types d'ouvrage. Cette variabilité et hétérogénéité des boues au sein d'une même ville ont été montrées par plusieurs auteurs ([12], [10], [13]) et est due aux habitudes alimentaires, aux pratiques des usagers des ouvrages d'assainissement non collectif et au climat ([31], [32]). Les résultats de caractérisation physico-chimique des boues ont montré que globalement, les boues de latrines sèches sont plus chargées en polluant que celles de latrines humides. Dans l'ensemble, les boues analysées ont une acidité tendant vers la neutralité et une forte minéralisation. Les valeurs de pH neutre enregistrées sont favorables au développement des bactéries, ceci assure un prétraitement biologique des boues dans les ouvrages d'assainissement [1]. Par contre, la forte salinité des boues à travers la conductivité élevée pourrait compromettre la valorisation agricole de leurs sous-produits [1]. La composition des boues en matières organiques montre que les boues contiennent des substances dont la matière organique oxydable est importante  $2,14 \leq \text{DCO}/\text{DBO}_5 \leq 3,46$  pour les latrines sèches et  $1,36 \leq \text{DCO}/\text{DBO}_5 \leq 1,89$  pour les latrines humides. En effet d'après Gbedo [33], les boues sont encore biodégradables lorsque le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est compris en 1 et 5. Quant aux nutriments, les boues brutes se sont révélées riches en ammonium, en nitrates et le phosphore. La concentration en ammonium dans les boues est supérieure à la teneur en nitrites et en nitrates; cela témoigne ainsi d'un processus de nitrification lent dans les fosses, du fait des conditions d'anaérobiose qui y prédominent lorsque les fosses fonctionnent normalement [10]. Par ailleurs l'ammonium représente environ 61% du NTK; ce qui laisse penser à une pollution azotée d'avantage minérale qu'organique. Les boues des fosses sèches présentent une teneur élevée de matières sèches et de matières volatiles sèches que celles des boues des fosses humides; ce qui indique que les boues des fosses sèches sont moins stabilisées que les boues des fosses humides. Ces taux importants de Matières Volatiles pourraient s'expliquer par une minéralisation lente en milieu anaérobie dans les fosses [13].

Les résultats d'analyse des métaux lourds ont montré que seuls le Cuivre, le Zinc, le Manganèse et surtout le Fer, ont une concentration relativement apparente dans les boues. La contamination retrouvée dans les boues, pourrait provenir du rejet dans les fosses, des produits chimiques, des seringues, des piles électriques usées, des résidus de médicament, les pots de peintures rapportés au cours de l'enquête. La présence des métaux lourds dans les boues constitue un problème à cause de leur toxicité et de leurs effets négatifs à long terme sur les sols [1].

Les analyses microbiologiques ont montré que les boues analysées contiennent des micro-organismes indicateurs de contamination fécale et des pathogènes à des concentrations variables. La présence des germes indicateurs de contamination fécale dans les boues de vidange et à des concentrations élevées est justifiée vu leur origine comme habitat naturelle du tube digestif de l'homme. Parmi les groupes de pathogènes présents dans les boues, les Salmonella sont retrouvées faiblement dans les échantillons alors que les œufs d'helminthes sont fortement dans les boues. La faible présence des Salmonella dans les boues est liée à leur non persistance dans l'environnement alors que la forte présence des œufs d'helminthes est liée à leur

résistance dans l'environnement [31]. L'exposition à ces boues constitue donc un risque pour la santé humaine d'où l'importance d'envisager un traitement adéquat des boues avant leurs épandages dans le sol.

Le traitement des boues de vidange comporte en général un traitement primaire, et un post-traitement de la fraction liquide et de la fraction solide issue du traitement primaire selon le niveau de traitement prévu. A chaque étape du traitement des BV, une ou plusieurs technologies peuvent être utilisées. Les technologies du traitement primaire jugées à faible coût [3], et ayant fait leur preuve sur de nombreux terrains en Afrique sont notamment: les lits de séchage non plantés, les lits de séchage plantés, les bassins de sédimentation/épaississement, et les réacteurs à biogaz. La quantification et la caractérisation des boues de vidange dans cette étude permettront de choisir dans le contexte d'Aneho, la technologie adaptée au traitement des boues sur la base d'autres critères locaux.

## 5 CONCLUSION

Cette étude a permis de faire un état des lieux de la gestion des boues de vidange et de faire une quantification et une caractérisation des boues produites dans la ville d'Aneho. Elle a révélé que l'assainissement de la ville d'Aneho repose essentiellement sur de l'assainissement non collectif et que les fosses septiques prédominent dans les ouvrages d'assainissement présents. La quantité de boues produite par an est assez importante. Les caractéristiques physico-chimiques ont révélé que les boues sont riches en polluants organiques. Quant aux caractéristiques microbiologiques, les boues contiennent de façon significative les germes fécaux et pathogènes constituant un risque pour la santé publique et l'environnement lorsqu'elles sont déversées sans traitement. De cette étude, la connaissance de la quantité et les caractéristiques des boues produites à Aneho, sont suffisantes pour choisir une technologie appropriée au traitement des boues. Ainsi un traitement par lits de séchage planté et non planté qui a déjà fait ses preuves sur de nombreux terrains en Afrique est proposé pour la suite des travaux.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article souhaitent remercier la mairie d'Aného dans l'accomplissement du travail présenté. Les activités de cet article s'inscrivent dans le projet de recherche « Gestion des boues de vidange dans la ville d'Aneho » financé par l'Agence Universitaire de la Francophonie.

## REFERENCES

- [1] L. Strande, M. Ronteltap and D. Brdjanovic, "Gestion des Boues de Vidange: Approche intégrée pour la mise en œuvre et l'exploitation" IWA Publishing, vol. 17, 2018.
- [2] D. M. Berendes, T. A. Sumner and J. M. Brown, "Safely managed sanitation for all means fecal sludge management for at least 1.8 billion people in low- and middle-income countries", *Environmental science and technology*, vol. 51, no. 5, pp. 3074-3083, 2017a.
- [3] Singh, S., Mohan, R. R., Rathi, S., and Raju, N. J. "Technology options for faecal sludge management in developing countries: Benefits and revenue from reuse. *Environmental Technology and Innovation*", 7, 203-218, 2017.
- [4] Odey, E. A., Li, Z., Zhou, X., and Kalakodjo, L. Fecal sludge management in developing urban centers: a review on the collection, treatment, and composting. *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (30), 2017.
- [5] Berendes, D., Kirby, A., Clennon, J. A., Raj, S., Yakubu, H., Leon, J.,... and Ghale, B. The influence of household-and community-level sanitation and fecal sludge management on urban fecal contamination in households and drains and enteric infection in children. *The American journal of tropical medicine and hygiene* (b), 96 (6), 2017.
- [6] Ahatefou Ekoué Lagnon, Koriko Moursalou, Koledzi Komi Edem, Tcheguèni Sanonka, Bafai D. Dihéénane, Tchangbedji Gado1, Hafidi Mohamed. Diagnostic du système de collecte des excréta et eaux usées domestiques dans les milieux inondables de la ville de Lomé: cas du quartier zogbedji, 2013.
- [7] Akpaki, O., Baba, G., Koledzi, K. E., and Segbeaya, K. N. Quantification et valorisation en biogaz des boues de vidange du site d'Attidjin à Lomé/Quantification and valorization in biogas the faecal sludge from the site of Attidjin in Lome. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 42, 30, 2016.
- [8] Politique Sous Sectorielle de l'Assainissement Collectif au Togo (PSSAC-TOGO), Volume 1: Etat des lieux, 67p, 2012.
- [9] Charles B. Niwagaba, Mbaye Mbéguéré et Linda Strande (2014). Quantification, caractérisation et objectifs de traitement des boues de vidange. In: Strande L., Ronteltap M., Brdjanovic D. (Eds.), *Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation Chapitre II*. IWA Publishing. Édition française 2018.

- [10] Kone Martine, Yacouba Ouattara, Paul Ouattara, Lucien Bonou, et Pierre Joly. « Caractérisation des boues de vidange dépotées sur les lits de séchage de zagtoui (Ouagadougou) ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10 (6), 2016.
- [11] Pegui Douanla Maffo, Ebenezer Soh Kengne, Guy Valerie Djumyom Wafo, Wilfried Arsène Letah Nzouebet, Michelle Nounja Zuitchou, Ginette Sandrine Liegui, Christian Wanda, Fotso and Ives Magloire Kengne Noumsi Quantification and characterization of faecal sludge from a tropical urban area: the case study of Douala, Cameroon. <http://www.ifgdg.org>, 2019.
- [12] Bassan M., T. Tchonda, L. Yiougo, H. Zoellig, I. Mahamane, M. Mbéguéré, and L. Strande [Switzerland] Characterization of faecal sludge during dry and rainy seasons in Ouagadougou, Burkina Faso, 2013.
- [13] NDIAYE Mamadou Camara, Hamadou BOUCARI, Mariama SAGNA, Cheikh SIDIA TOURE Caractérisation de la charge polluante des boues de vidange dans les pays d'Afrique subsaharienne, 2018.
- [14] Mairie d'Aného, <https://www.mairieaneho.net/presentation-de-la-commune>, 05/2020.
- [15] Durand, Claire. « Méthodes de sondage SOL3017 ». Notes de cours, deuxième partie (l'échantillonnage). Département de sociologie, Université de Montréal, 2002.
- [16] Blunier P., Koanda H., Klutse A., Kone D., Strauss M. et Tarradellas, J. Quantification des boues de vidange produites et vidangées: Exemple de la ville de Ouahigouya au Burkina. *InfoCREPA* 45, 2004.
- [17] Gabert, Julien. "Mémento de l'assainissement.": Mettre en œuvre un service d'assainissement complet, durable et adapté. Fiche 22: protocole de prélèvement des boues de vidange dans les fosses. Éditions Quæ, Éditions du Gret, 2018 ISBN (Quæ): 978-2-7592-2736-5 ISBN (Gret): 978-2-868-44314-4. <http://memento-assainissement.gret.org>, 2018.
- [18] Rodier J., Bazin C., Chanbon P., Broutin J.P., Champsaur H., et Rodi L. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Ed. Dunod, Paris: 1383p, 1996.
- [19] Bouhoum, K., and Schwartzbrod, J. Quantification of helminth eggs in waste water. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin= International journal of hygiene and environmental medicine*, 188 (3-4), 322-330, 1989.
- [20] Wilfried Gautier Koukougnon. Stratégies d'accès à l'eau potable dans un quartier défavorisé: cas de Gobelet dans la commune de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), pp. 60-72, 2015.
- [21] Dorine Djuissi Tekam, Noel Vogue, Claude Ngwayu Nkfusai, Maurice Ebode Ela, Samuel Nambile Cumber: Accès à l'eau potable et à l'assainissement: cas de la commune d'arrondissement de Douala V (Cameroun), 2019.
- [22] Jean-Marie Pétémanagnan Ouattara, Béatrice Assamoi Ama, Aman Messou, Dramane Diomandé, and Lacina Coulibaly. Etat de l'assainissement dans les zones défavorisées: cas des quartiers précaires d'Abobo (Abidjan, Côte d'Ivoire), 2017.
- [23] Stanislas Kocou Honoré Yamontché, Roch Christian Johnson, Fadéby Modeste Gouissi, Gratien Boni. Etat des lieux et facteurs associés en matière d'eau, d'hygiène et d'assainissement dans la commune d'Abomey-Calavi Au Bénin, 2020.
- [24] République Togolaise, Ministère de la planification du développement, institut national de la statistique et des études économiques et démographiques: Questionnaire Unifié des Indicateurs de Base du Bien-Être (QUIBB), 2015.
- [25] Soro Goyo Mamou, VEI Kpan Noel: Les facteurs de la gestion défectueuse des eaux usées dans la ville de Bouake, 2017.
- [26] Maïmouna LO, El hadji Mamadou SONKO, Diomaye DIENG, Saliou NDIAYE, Cheikh DIOP, Isane SECK et Amadou GUEYE: Co-compostage de boues de vidange domestiques avec des déchets maraîchers et des déchets de poissons à Dakar (Sénégal), 2019.
- [27] Abdoul-Ramane Abdoulaye and Y. M. A. Ramanou Aboudou: Etude hydrodynamique et évolution des paramètres environnementaux (la température, le pH et l'oxygène dissous) de la station d'épuration des eaux usées de Parakou (République du Bénin), 2016.
- [28] Doulaye Koné, Martin Strauss et Darren Saywell: Vers une Gestion Améliorée des Boues de Vidange (GBV). 32p, Septembre 2006.
- [29] Delphine Bernadette Ouedraogo, Zacharia Gnankambary, Hassan Bismarck Nacro et Michel Papaoba Sedogo. Caractérisation et utilisation des eaux usées en horticulture dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso, 2018.
- [30] Philippe Reymond: Elaboration d'une méthodologie permettant de déterminer une option durable pour le traitement des boues de vidanges dans une ville moyenne d'Afrique Subsaharienne – application à la ville de Sokodé, au Togo, 2008.
- [31] Berteigne, B. Projet MAFADY: Quantification et caractérisation des boues de vidange issues des villes de Douala et Yaoundé (Cameroun) et proposition de traitement, 2012.
- [32] Florent Brun, Anne Delmaire, Qiong He, Steve Joncoux, Rémy Bayard, et al. Caractérisation des pratiques et des impacts de la gestion des matières de Toilettes Sèches Mobiles. [Rapport de recherche] Toilettes Du Monde, fhal-01803134, 2017.
- [33] Gbedo, Victor, Mouhamadou Nourou Dine Liady, Emile Didier Fiogbe, et Martin Pépin AINA. 2015. « Caractérisation des boues de vidange brutes et de leurs sous-produits dans la ville de Parakou (Bénin) », 2015.