



HAL
open science

Assainissement dans la parcelle et quantification des boues de vidanges dans la ville de Yaoundé au Cameroun

Marie Solange Mbang, Emmanuel Ngnikam, Boniface Efon, Pierre Meukam,
Stéphane Fokou

► To cite this version:

Marie Solange Mbang, Emmanuel Ngnikam, Boniface Efon, Pierre Meukam, Stéphane Fokou. Assainissement dans la parcelle et quantification des boues de vidanges dans la ville de Yaoundé au Cameroun. 2021. hal-03300476v2

HAL Id: hal-03300476

<https://hal.science/hal-03300476v2>

Preprint submitted on 30 Jul 2021 (v2), last revised 18 Nov 2021 (v3)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Assainissement dans la parcelle et quantification des boues de vidanges dans la ville de Yaoundé au Cameroun

Onsite sanitation and quantification of faecal sludge in the city of Yaoundé in Cameroon

Auteurs : Marie Solange MBANG¹, Emmanuel NGNIKAM², Boniface EFON³, Pierre MEUKAM² et Stéphane FOKOU⁴.

1 Laboratoire Energie Eau et Environnement (L3E) de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé. B.P. 8390 Yaoundé – Cameroun et Communauté Urbaine de Yaoundé / e-mail : mariesolangem@yahoo.fr

2 Laboratoire Energie Eau et Environnement (L3E) de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé. B.P. 8390 Yaoundé – Cameroun , email : emma.ngnikam@yahoo.fr,

3 School of Wood, Water and Natural Ressources, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, The Universty of Dschang, P.O Box 786 Ebolowa, Cameroon ; email : efonboniface@yahoo.fr

4 Ingénieur, de Génie Civil

Résumé

La présente étude porte sur le traitement sur l'assainissement dans la parcelle et la quantification des boues de vidange dans la ville de Yaoundé. La population de la ville de Yaoundé 3,1 millions d'habitants en 2018, atteindra 4,7 millions en 2030 avec un taux de croissance moyen annuel de 3,5%. La ville de Yaoundé est dominée par un système d'assainissement autonome qui est utilisé par 99% des ménages. Les eaux usées domestiques de la ville sont principalement traitées par des systèmes d'assainissement autonomes représentés par des fosses septiques, des latrines à fosse traditionnelles, des latrines à fosse améliorée ventilées, etc. Une enquête a été effectuée auprès de 1100 ménages de la ville de Yaoundé. Le choix de ménage à enquêter a été faite selon la méthode stratifiée. Il est passé en revue, les méthodes de quantification des boues de vidange utilisées existantes, afin de choisir une méthode adaptée au contexte de la ville de Yaoundé. Plusieurs critères sont analysés pour évaluer l'accès aux boues produites par les ménages : l'existence ou non de voirie, leur état de dégradation, les types de l'ouvrage d'assainissement, la position de l'ouvrage par rapport aux voies d'accès etc. pour la quantification des boues de vidange. Parmi les méthodes de quantification des boues de vidanges explorées, nous avons trouvé que « la méthode production spécifique » est plus adaptée au contexte. Mais cette méthode a été revue afin d'intégrer les éléments d'analyse sur l'accessibilité des ouvrages d'assainissement. L'application de la méthode retenue a été faite sur 120 ouvrages d'assainissement vidangés entre Juin et juillet 2018, choisis au hasard sur le potentiel de 600 ouvrages vidangés dans la ville de Yaoundé pendant cette période. Le taux d'accumulation des boues de vidange dans la ville de Yaoundé est de 0,356 l/hab/jour pour les fosses septiques et 0.21 l/hab/jour pour les latrines. Il varie également en fonction de standing de l'habitat. A l'échelle de la ville, 41% des fosses uniques et 84% des fosses septiques peuvent être vidangées par camion. L'intervalle entre deux vidanges est de 7 ans en moyenne pour les fosses septiques et 10 ans pour les latrines. Au final, la ville de Yaoundé produit en 2018, 283 175 m³ de boues de vidange par an, dont 51,7% peuvent être vidangés par camion (146 514 m³), soit 401 m³/jour. Seuls 52,4% de la quantité vidangeable, sont collectés en 2018 (210 m³/jour) et acheminés sur le site de dépotage de NOMAYOS.

Mots clés : assainissement, boues de vidange, quantification, collecte, Yaoundé.

Abstract

This study aims to describe the onsite sanitation and the quantification of faecal sludge in the city of Yaoundé. The city of Yaoundé, The population of Yaoundé City is about 3.1 million inhabitants in 2018 , will reach 4.7 million in 2030 with an average annual growth rate of 3.5%. The city of Yaoundé is dominated by an autonomous sanitation system which is used by 99% of households. Domestic wastewater of the city is

mainly dealt through on-site sanitation systems represented by septic tanks, traditional pit latrines, ventilated improved pit latrines, etc. A survey was carried out among 1100 households in the city of Yaoundé. The choice of household to be surveyed was made according to the stratified sample method. It is reviewed, the methods of quantification of existing used sludge, in order to choose a method adapted to the context of the city of Yaoundé. Several criteria are analyzed to access to the sludge produced by households: the existence or not of roads, their state of deterioration, the types of sanitation structure, the position of the structure in relation to the waterways, etc. Among the methods for quantifying the sludge explored, we found that "the specific production method" is more adapted in the context. But this method has been revised in order to integrate the analyzing elements on the accessibility of the facilities. The application of the method used has been done on 120 pit emptying during two months (june and july 2018). The choice of these pits as been done hazardly on the potential of 600 pit emptying in the city of Yaoundé during this period. The accumulation rate of faecal sludge in the city of Yaoundé is of 0.356 l/hab/jour for septic tanks and of 0.21 l/hab/jour for pit latrines. It equally varies according to the luxury of the habitat. At the scale of the city, in 2018, 41% of single pits and 84% of septic tanks can be drained by trucks. The interval between two emptying is of 7 years for septic tanks and 10 years for pit latrines. Finally, the city of Yaoundé produces 2018, 283 175 m³ of faecal sludge per year, thus 51.7% can be drained by truck (146 514 m³), either 401 m³/jour. Only 52.4% are collected and (210 m³/jour) and sent-on the site of unloading of NOMAYOS.

Key words : Sanitation, quantification, collection, Yaoundé, faecal sludge

1. Introduction

Yaoundé, capitale du Cameroun et deuxième plus grande ville du pays abrite l'essentiel de la superstructure administrative du pays et une partie des sièges des entreprises. La ville compte environ 3,1 millions d'habitants en 2018. Avec un taux de croissance moyen annuel de 3,5%, la population de Yaoundé atteindra 4,7 millions en 2030 [BUCREP, 2010] [STUDI, 2016]. La prise en charge des eaux usées domestiques dans la ville se fait essentiellement via des ouvrages d'assainissement autonome ou assainissement in situ (fosses septiques, latrines, des latrines à fosse traditionnelles, des latrines à fosse améliorée ventilées, etc.). [Letah Nzouebet et al.2019]; [Soh Kengne et al.2014]; [Strande et al. 2018].

En effet en 2018, 99% des ménages de la ville avaient recours au système autonome d'assainissement [DELVIC/ERA, 2019]. Ce qui est le cas dans la plupart des villes d'Afrique au Sud du Sahara [WHO/UNICEF, 2018] [ONAS, 2017].

Toutefois, le niveau d'organisation du sous-secteur de l'assainissement à la parcelle et de la gestion des boues de vidange est relativement faible à Yaoundé [DELVIC/ERA, 2019]. La Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY), qui a la compétence en matière d'assainissement, ne dispose pas des ressources humaines et financières suffisantes, du cadre juridique et de l'organisation nécessaires pour un assainissement à la parcelle performant. Des lacunes sont notées sur chaque maillon de la chaîne de valeur de l'assainissement autonome, depuis la toilette domiciliaire jusqu'à la valorisation des boues de vidange, en passant par la collecte/transport et le traitement. Entre autres difficultés, on peut citer à titre illustratif, l'absence de Station de Traitement des Boues de Vidange (STBV) qui impacte négativement sur la Santé Publique et l'Environnement [Mougoué et al, 2012].

Conscient de cette situation, la CUY a décidé d'y apporter les solutions idoines, à travers le Schéma Directeur d'Assainissement récemment mis à jour en 2016 [STUDI, 2016]. Ce projet a prévu de réaliser les études techniques et environnementales nécessaires à la construction de la première STBV de

Yaoundé. La CUY est également partie prenante bénéficiaire de l'initiative RASOP¹ visant à développer l'assainissement à la parcelle et la gestion des boues de vidange, à travers le renforcement des capacités des opérateurs privés [AFWA/CUY, 2019].

La présente étude a été initiée afin de donner les outils à la Communauté Urbaine de Yaoundé en particulier et les autres villes d'Afrique au Sud de Sahara présentant les mêmes situations d'assainissement en général, des outils de planification de l'assainissement à la parcelle. En effet, bien que plusieurs méthodes de quantification de la production des boues de vidanges aient été développées dans le monde, elles ne sont pas toujours adaptées aux contextes des villes africaines où la plupart des ouvrages sont peu accessibles et peu adaptés à la vidange mécanique [Mougoué et al, 2012] [Raymond, 2008].

2. Matériels et méthodes

2.1. Méthodologie

Plusieurs activités ont été nécessaires pour la réalisation de cette étude : (1) la recherche bibliographique, (2) les observations directes ; (3) les enquêtes auprès des ménages bénéficiaires du service de vidange mécanique ; (4) le choix de méthode de quantification et l'adaptation de la méthode choisie à notre contexte ; (5) l'application de la méthode pour la quantification des boues pouvant être collectées dans la ville de Yaoundé.

2.1.1. Recherche documentaire

Cette recherche a permis de rassembler et analyser la documentation concernant la quantification des boues de vidange et les contraintes d'accès aux boues de vidange liées à l'urbanisation et à la technologie des ouvrages dans la ville de Yaoundé. Les articles scientifiques et ouvrages spécifiques ont été collectés par internet et à travers les laboratoires et institutions spécialisés dans ce domaine au Cameroun et dans d'autres pays subsahariens.

2.1.2. Observations directes

Les observations directes ont été effectuées pendant les opérations de vidange réalisées pendant la période d'enquête. Ces observations ont porté sur la qualité des ouvrages, la qualité de la vidange, la qualité des boues vidangées, etc.

2.1.3. Enquête auprès des bénéficiaires des services de vidange mécanique.

Sur la base des études antérieures sur la filière de vidange mécanique dans la ville de Yaoundé [Berteigne, 2013], c'est en moyenne 12 vidanges mécaniques par jour ouvrable qui sont faites dans la ville de Yaoundé et déversées dans le site de Nomayos qui est de dépotoir principal. Sur cette base, le potentiel des ouvrages vidangés pendant la période d'enquête est 600 vidanges². La population que l'on considère est celle des ménages et autres usagers qui ont fait vidanger leur fosse. Les entreprises de vidange faisaient appel à nos enquêteurs afin qu'ils puissent effectuer les enquêtes et mesures sur les ouvrages vidangés. La taille de l'échantillon est donc 120 sur la base de nos capacités d'investigations et les contraintes de terrains (le manque de volonté des vidangeurs à associer l'équipe à leur travail, la disponibilité des enquêteurs³, etc.). Nous avons suivi en moyenne 2 à 3 vidanges par jour pendant la période d'enquête. Le choix définitif d'ouvrages à enquêter a été fait sur la base des communes (une

¹ Projet de Renforcement des partenariats des Opérateurs d'Assainissement en Afrique, conduit par l'Association Africaine de l'Eau.

² 12 vidanges par jours * 25 jours de vidange par mois * 2 mois.

³ En effet, la ville de Yaoundé compte pendant la période d'enquête 12 sociétés de vidange pur 19 camions opérationnels. Nous avons mobilisé deux équipes d'enquêteurs pendant la période pour suivre les vidanges effectuées, lorsque le vidangeur fait appel à l'équipe. Il arrivait que certaines vidanges s'effectuent quand l'équipe d'enquêteurs étaient déjà sur le terrain.

répartition proportionnelle dans les 7 communes d'arrondissement que compte la ville) (tableau n°1), mais également selon le standing de l'habitat et le type d'ouvrage vidangé (fosse septique, fosse unique).

Tableau 1: Répartition de ménages enquêtés par arrondissement

Arrondissement	Nombre de ménages enquêtés
Yaoundé I	17
Yaoundé II	15
Yaoundé III	16
Yaoundé IV	31
Yaoundé V	16
Yaoundé VI	17
Yaoundé VII	8
Total	120

Pour chaque ouvrage vidangé, une enquête socioéconomique était faite auprès des propriétaires de l'ouvrage pour avoir les informations socio – économiques sur les utilisateurs de l'ouvrage : nombre de ménage et de personnes desservis par l'ouvrage, date de la dernière vidange, prix de la vidange et niveau de satisfaction du service rendu. Pendant l'opération de vidange, un certain nombre de mesures étaient faites : caractéristiques géométriques de l'ouvrage vidangé, niveau de boues dans la fosse avant vidange, niveau de boues après vidange, type de fosse vidangée, etc.

2.1.4. Choix de méthode de quantification des boues et adaptation de la méthode retenue

Les cinq méthodes de quantification des boues de vidange les plus utilisées sont analysées : (1) « production spécifique », (2) « demande en vidange mécanique », (3) « caractérisation des ouvrages d'assainissement », (4) « chiffre d'affaire de l'opérateur de vidange », « décompte des camions sur le site de dépotage » [Blunier et al, 2004] [Abdoulaye Kone et al. 2002] [Philippe et al. 2008] [Raimond, 2008]. Ces méthodes de quantification des boues de vidange sont basées sur l'évaluation du taux d'accumulation des boues dans les ouvrages d'assainissement non collectif (ANC) ou sur l'évaluation des quantités vidangées ou déversées. Cependant, la prise en compte des contraintes d'accessibilité aux installations d'assainissement et de leurs technologies dans la quantification des boues de vidange constitue l'innovation apportée à ces outils de quantification. A l'issue d'une analyse multicritère, la méthode de « production spécifique » a été retenue. Selon cette méthode, la quantité totale de boues produites sur un territoire est donnée par l'équation [1].

$$Q = 365 * \sum_i P_i * \frac{q_i}{1000} \quad [1]$$

- Q [m³/an] : est la quantité totale de boues produites
- P_i : est le nombre de personnes utilisant la latrine de type i
- q_i [L/jour/habitant] : est la production spécifique de boues pour la latrine de type i

L'utilisation de cette méthode nécessite qu'on puisse connaître les trois paramètres ci-dessus, ce qui n'est pas toujours le cas. Compte tenu du fait dans le contexte des villes d'Afrique au Sud du Sahara en général et de Yaoundé en particulier que tous les ouvrages d'assainissement ne sont pas accessibles, nous avons apporté une légère modification à l'équation [1]. Ainsi nous avons changé le paramètre P_i par P_{ai} [2].

$$Q = 365 * \sum_i P_{ai} * \frac{q_i}{1000} \quad [2]$$

- Q [m³/an] : est la quantité totale de boues collectables dans la ville de Yaoundé.
- P_{ai} : est le nombre de personnes ayant un système d'assainissement de type i accessible aux camions de vidange.
- q_i [L/jour/habitant] : est le taux d'accumulation ou production spécifique de boues pour un système d'assainissement de type i .

2.1.5. Evaluation des paramètres du modèle

a. Evaluation du volume de boues vidangées

Le volume des boues vidangées a été évalué en mesurant la hauteur des boues + surnageant avant la vidange, puis la hauteur des boues après la vidange. En multipliant la différence des deux mesures par la surface de la fosse, nous obtenons le volume total vidangé (boue + surnageant).

b. Evaluation de P_{ai}

Le nombre de ménages ou de personnes utilisant le système d'assainissement « i » a été déterminé par une enquête ménage et auprès des toilettes publiques dans la ville de Yaoundé. Cette enquête réalisée en décembre 2018 a concerné 1100 ménages et 56 toilettes publiques. Les informations collectées ont permis de ressortir la population desservie par les latrines à fosse unique, les latrines ventilées à double fosse, les latrines à canon et les fosses septiques. L'enquête a également fourni les informations sur le type de vidange utilisé, l'accessibilité aux ouvrages et la durée entre deux vidanges. Les données de ces enquêtes ont complété les informations collectées auprès de 120 usagers de la vidange mécanique suivis pendant les observations.

c. Evaluation du taux d'accumulation des boues (q_i)

L'évaluation du taux d'accumulation des boues a été faite en trois étapes : (1) l'évaluation du volume des boues dans la fosse (V_i), (2) la durée d'accumulation des boues, (3) le nombre moyen d'usagers ayant utilisé la fosse pendant la durée d'accumulation. Sur cette base, le taux d'accumulation des boues est calculé suivant la relation suivante :

$$q_i = \frac{V_i}{N_{moy}} * \frac{1}{F_i * 365} \quad \text{Avec,}$$

$\left\{ \begin{array}{l} V_i \text{ le volume estimé pour le type } i \text{ d'ouvrage} \\ N_{\text{moy}} \text{ le nombre moyen de personne ayant utilisé le dispositif d'assainissement} \\ F_i \text{ durée d'accumulation des boues de vidange} \end{array} \right.$

N_{moy} et F_i sont collectés pendant les enquêtes réalisées pendant le suivi de la vidange.

Le volume V_i est mesuré pendant la vidange de la fosse à partir de la hauteur des boues avant la vidange et la hauteur résiduelle après (figure n°1).

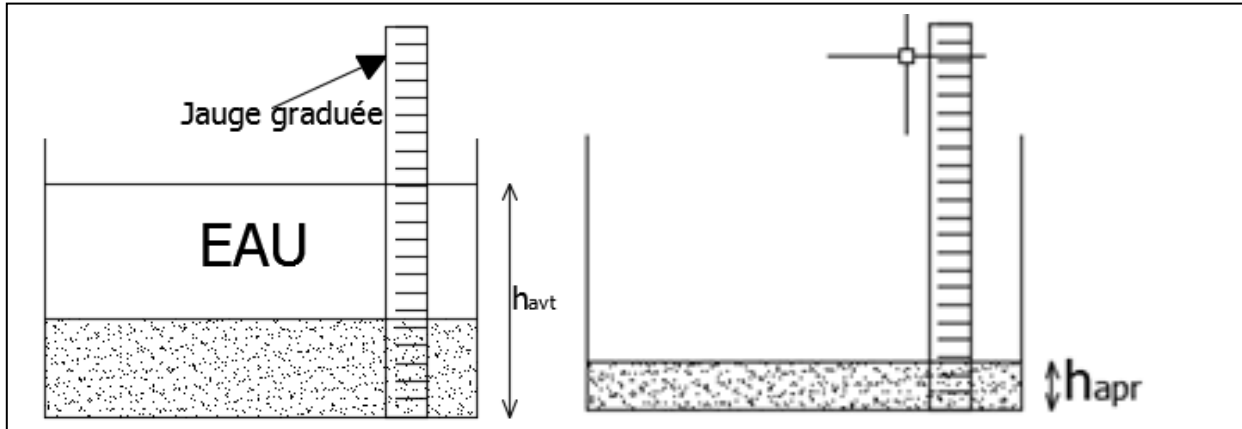


Figure 1 : Mesure de la hauteur des boues avant et après la vidange

□ Ayant mesuré L et l : largeur et longueur de la fosse on calcule le volume restant (V_i) ;

$$V_{i2} = l * L * (h_{\text{avt}} - h_{\text{apr}})$$

Sur le terrain, nous avons travaillé avec une jauge graduée pour mesurer les hauteurs avant et après la vidange.

2.2. Matériels utilisés

Le principal matériel utilisé pour l'évaluation de la quantité de boues vidangé c'est la jauge graduée conçue par nos soins et le double décimètre. Le principe de la mesure reste celui décrit dans la figure n°1.

Cette jauge est envoyée dans la fosse avant et après la vidange pour mesurer la hauteur avant et après (h_{avt} et h_{apr}) du contenu de la fosse. L'on s'est servi du mètre pour mesurer la largeur. Connaissant comment trouver q_i (production spécifique pour un habitant utilisant la latrine de type i), il faut définir un échantillon ou relever les données. Les autres matériels utilisés sont : les fiches d'enquêtes, les fiches d'observations, les équipements de protection individuelle et le logiciel Excel pour l'analyse des données. Le GPS a été utilisé pour référencer chaque fosse vidangée. Cet outil de fabrication simple a été mis au point par notre propre soin dans le cadre de cette étude. Les traces laissées par les boues lors de l'utilisation avant et après la vidange nous permet de faire la lecture de la hauteur des boues avec une précision au millimètre.

3. Résultats et discussion

3.1. Etat de lieu de l'assainissement domestique dans la ville de Yaoundé

3.1.1. Accès à l'assainissement à Yaoundé

Les enquêtes n'ont relevé aucun cas de pratique de défécation à l'air libre à Yaoundé. 98% des ménages disposent de toilettes, les 2% restant utilisant les installations de tiers, situées dans la cour de la concession ou à proximité de leur habitation. 26% des ménages partagent l'interface de leurs toilettes avec un ou plusieurs ménages. Le nombre moyen d'usagers par toilette partagée est de 11,7 usagers/interface, ce qui reste relativement faible. Seul 1% des ménages sont branchés sur un réseau d'égout : il s'agit des populations vivant dans les cités de la Société Immobilière du Cameroun (SIC). Néanmoins, ces chiffres issus de l'enquête auprès des ménages ne doivent pas masquer la réalité des pratiques de défécation à l'air libre "de passage", hors ménage, dans les lieux publics. On observe en effet des points diffus de défécation à l'air libre notamment le long des axes routiers et à proximité des zones d'affluence (marchés, gares routières, ...).

Du point de vue technique, la gamme de toilettes utilisées par les ménages à Yaoundé peut être synthétisée dans le tableau n°2.

Tableau 2. Caractéristiques des toilettes utilisées par les ménages

Eléments	Variantes	Nombre de ménage	% ménages
Situation de l'ouvrage	Extérieur :	72	60%
	Intérieur :	48	40%
Dispositif de chasse et type d'interface (dalle)	Sèche :	74	62%
	Chasse manuelle :	16	13%
	Chasse mécanique :	30	25%
	Bois :	1	1%
	Béton :	52	43%
	Béton carrelée :	17	14%
Dispositif de stockage :	Céramique :	50	42%
	Fosse unique à canon :	5	4%
	Fosse unique :	86	72%
	Fosse septique :	28	23%
	Réseau semi-collectif :	1	1%

On relève que :

- Le mode dominant correspond à un standard de toilette rurale, placée à l'extérieur de la maison (60%), à interface sèche (62%) et à fosse unique (72%) ;
- Les modèles d'interfaces "lavables", avec carrelage ou siège céramique dominant (56% des ménages). L'utilisation d'interfaces en bois est insignifiante ;
- Moins de la moitié des fosses septiques constatées présentent une conception conforme au standard de la CUY.

3.1.2. Qualité de l'accès à l'assainissement à Yaoundé

Sur le plan qualitatif, le niveau d'accès des ménages à l'assainissement peut être caractérisé comme suit en se référant aux critères du JMP⁴ :

- 58% des ménages ont accès à une installation améliorée, c'est-à-dire permettant de séparer hygiéniquement les excréta de tout contact humain ;

⁴ Joint Monitoring Program

- 17% des ménages utilisent des installations améliorées partagées, avec une même interface partagée entre plusieurs ménages ;
- Enfin, 25% des ménages utilisent des installations non-améliorées. Ces installations sont majoritairement non recouvertes (88%). Dans 15% des cas, il s'agit de latrines à canon⁵. (figure n°2a et 2b).



Figure 2 : Présentation des latrines à canon (a) sans fosse, (3b) avec fosse de stockage
 En termes d'effectifs, les populations qui ont accès à un système d'assainissement non amélioré sont de 790 000 personnes. Spatialement, les problématiques d'accès "non améliorées", ressortent comme étant plus prononcées dans les zones "spontanées" et dans la zone "périurbaine non lotis", où elles concernent plus de la moitié des ménages.

3.2. Etat des lieux de la gestion des boues de vidange

3.2.1. Fréquence de remplissage des dispositifs de stockage domiciliaires

Le remplissage des dispositifs de stockage n'apparaît pas comme une problématique aigüe à Yaoundé. Les enquêtes révèlent que 80% des personnes enquêtées disent n'avoir jamais vidangé leur fosse : seulement 15% des flux de BV sont évacués hors des zones d'habitation. Cela résulte de plusieurs facteurs permettant une accumulation poussée des boues de vidange *in-situ* :

- volume de stockage important des fosses. Selon [Fokou, 2018], les volumes vidangés (donc stockés) aux niveaux des fosses uniques et septiques seraient supérieurs à 10 m³ ;
- caractère perméable des dispositifs utilisés par 60% des ménages, avec des parois et/ou des fonds non-maçonnes ;
- restriction des rejets admis dans la fosse aux excréta et eaux vannes pour 54% des ménages, d'où des volumes admis limités.

Ainsi, la fréquence de remplissage des fosses domiciliaires est de l'ordre de 7 ans pour les fosses septiques, 10 ans pour les fosses uniques, 3 ans pour les fosses à canon.

3.2.2. Pratiques de gestion des boues de vidange

Les pratiques des ménages (n = 1100) confrontés à des fosses pleines sont les suivantes :

- 73% de ces ménages adoptent des pratiques "sûres" : vidange mécanique (fosse septique ou fosse unique) ou reconstruction de l'ouvrage (fosses uniques) (figure 4 et 5). Cette proportion correspond également aux ouvrages dites améliorés au sens du JMP ;

⁵ La "latrine à canon" désigne une latrine dont le dispositif de stockage est conçu pour être purgé épisodiquement ou en continu via un tuyau bas vers les cours d'eau.

- 25% d'entre eux optent pour des pratiques à risque : vidange manuelle ou vidange à travers le canon, pratiques qui entraînent la mise à l'air libre des BV dans les quartiers concernés mais aussi ceux situés en aval (zones inondables).

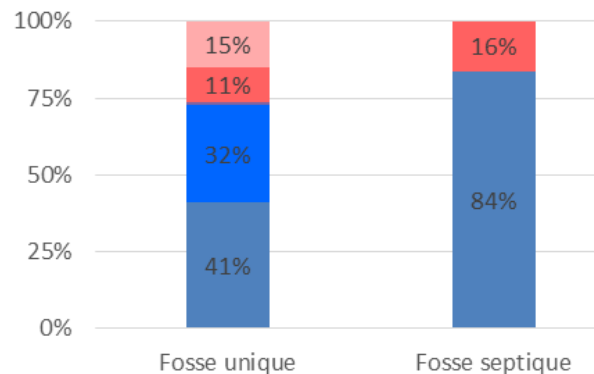
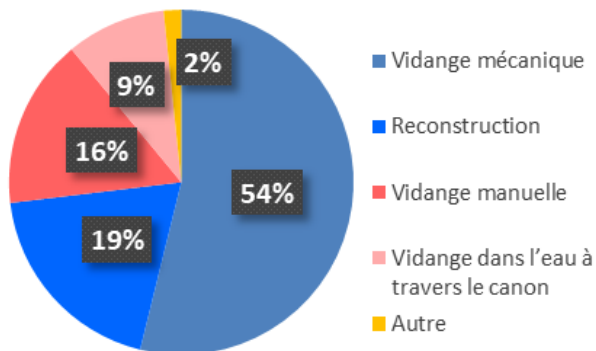


Figure 3. Répartition des ménages selon le type de pratique lorsque la fosse est pleine

Figure 4. Répartition des ménages selon le type de dispositif de stockage

Dans tous les cas, les BV sont déversées dans l'environnement sans prétraitement au niveau du site de Nomayos (210 m³/jour) et d'autres sites non autorisés. Les échanges tenus avec les vidangeurs n'ont pas fait ressortir d'autres pratiques à leur niveau (ex : épandage agricole, ou déversement au niveau d'autres sites). Aucune filière de valorisation n'est encore amorcée.

3.2.3. Coût de la vidange dans la ville de Yaoundé

Le coût de la vidange varie en fonction du type d'ouvrage, de son accès et du type de vidange (mécanique ou manuelle). Pour les fosses uniques, les ménages paient en moyenne 84 500±35500 FCFA⁶ (143,5 \$) pour une vidange mécanique et 20 000±6500 FCFA pour une vidange manuelle. Pour les fosses septiques, les usagers paient en moyenne 112 800±40 600 FCFA pour une vidange mécanique, et 62 000 ±58000 FCFA pour une vidange manuelle (figure n°5).

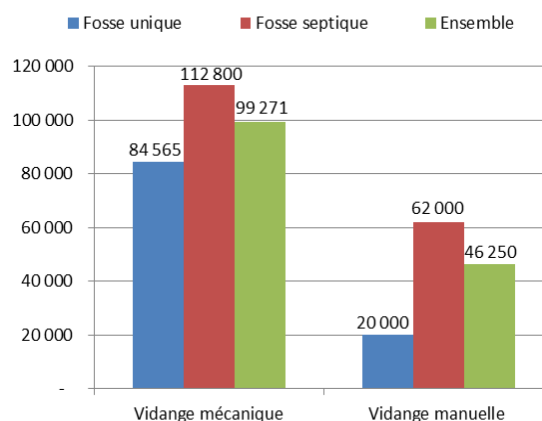


Figure n°5 : Coût moyen de la vidange à Yaoundé

En pratique, on note une grande dispersion des montants payés pour la vidange avec un écart-type de 36% pour la vidange mécanique et de 116% pour la vidange manuelle. On remarque que la dispersion des prix est nettement moins forte pour la vidange mécanique, ce qui laisse présager une certaine rationalisation des tarifs à ce niveau.

⁶ Au 13 janvier 2020, 1US\$ = 589 FCFA

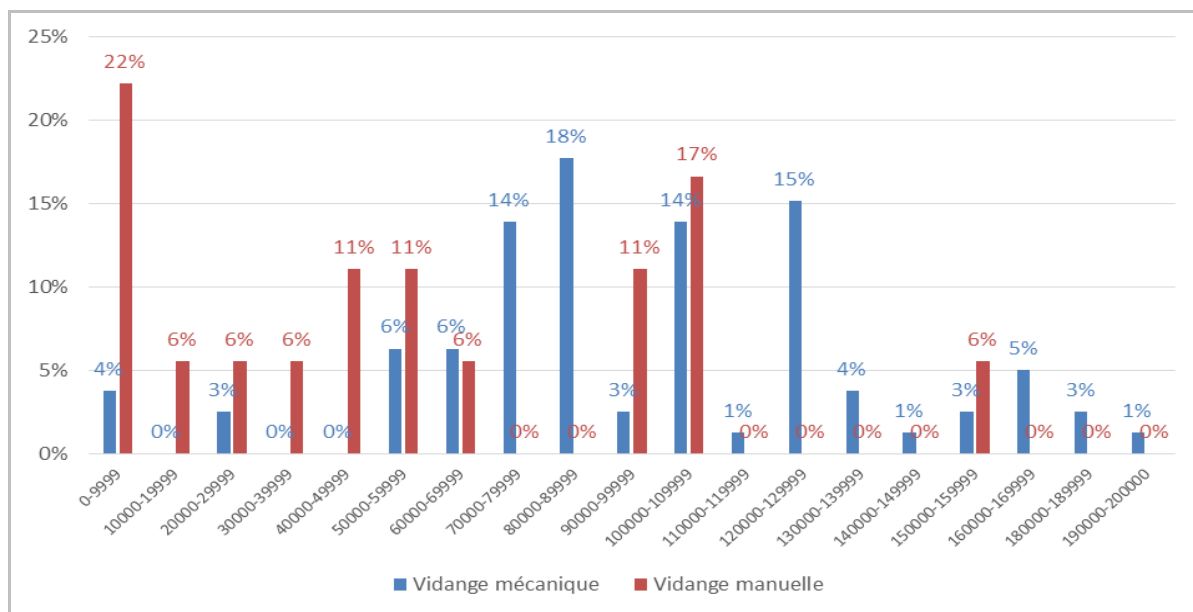


Figure n°6 : Variation des coûts des vidanges dans la ville de Yaoundé.

Pour la vidange mécanique :

- 32% des ménages paient entre 70 000 et 90 000 FCFA
- 29% des ménages entre 100 000 et 130 000 FCFA

Pour la vidange manuelle :

- 22% paient moins de 10 000 FCFA
- 30% paient entre 30 000 FCFA et 60 000 FCFA

28% paient entre 90 000 et 110 000 FCFA

3.3. Résultat sur les ouvrages suivis pendant l'observation

3.3.1. La fréquence de vidange dans la ville de Yaoundé d'après l'enquête

Le tableau n°3 présente quelques caractéristiques de tendance centrale et de dispersion pour la fréquence de vidange chez les producteurs de boue de vidange dans la ville de Yaoundé pour les 120 vidanges suivies pendant nos enquêtes. La fréquence de vidange est la période qui sépare deux vidanges. Elle est mesurée ici en année.

Tableau 3: La fréquence moyenne de vidange

Indicateurs	Fréquence de vidange (année)
Moyenne	5,96
Ecart-type	3,77
Minimum	0,08
Maximum	16
Médiane	5,2

(Source : Résultats d'enquêtes de terrain)

Il ressort que plus de la moitié de la population ayant accès à la vidange des BV dans la ville de Yaoundé, vidange son dispositif tous les 5 ans 2 mois 12 jours. Cette valeur (la fréquence) n'est pas loin de 5 ans

trouvée dans le cadre du projet MAFADY⁷. La fréquence obtenue à partir des enquêtes ménages dans la ville (n=1100) se trouve également dans cette fourchette, bien que la fréquence pour les fosses uniques soit plus longue (10 ans). Mais la faible proportion des fosses uniques vidangées fait que ce résultat a peu d'influence sur la moyenne générale.

3.3.2. Type d'ouvrages vidangés et origine

Sur les 120 ménages ouvrages vidangés pendant la période d'observation, 81,7% sont des fosses septiques des ménages. Il en ressort que dans la ville de Yaoundé, les fosses septiques sont plus vidangées que tout autre dispositif autonome. Les autres ouvrages vidangés sont des fosses uniques (11,7%) et les toilettes publiques (6,6%) qui sont équipées de fosse septique sans puisard (Figure n°7).

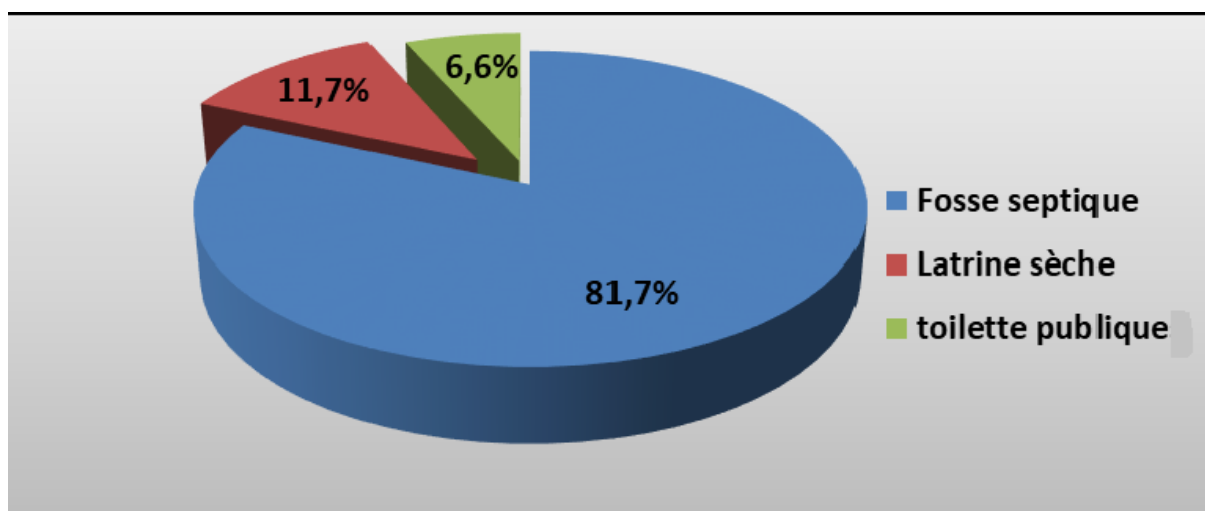


Figure 7 : Répartition par type de dispositifs autonomes vidangés pendant la période d'observation

90% des boues de vidange collectées dans la ville de Yaoundé proviennent des fosses septiques. Mais sur les 120 vidanges suivies pendant notre période d'observation, 89% étaient effectuées par les ménages et seulement 4% par les hôtels et le reste dans les toilettes publiques.

Contrairement à ce qu'on pourrait s'attendre, 65,8% des vidanges mécaniques réalisées étaient par les ménages qui habitent les logements de moyen standing, 22,5% par les ménages habitant les logements de haut standing et 11,7% par les ménages de bas standing (tableau n°4).

Tableau 4 : Répartition du nombre de vidange par type d'habitat occupé

Type d'habitat	Effectifs	Pourcentage (%)
Haut standing	27	22,5
Moyen standing	79	65,8
Bas standing	14	11,7
Total	120	100,0

⁷ Maîtrise de la filière assainissement dans les villes de Douala et Yaoundé. Projet de recherche mené par un consortium coordonné par l'ENSP entre 2011 et 2014.

3.4. Evaluation de la production spécifique des boues de vidange

D'une manière générale, sur les 120 ouvrages vidangés, les dispositifs de stockage des boues sont partagés par plusieurs ménages ($2,56 \pm 1,74$ ménages). Soit une moyenne de $12,8 \pm 8,7$ personnes par ouvrage vidangé.

3.4.1. Taux d'accumulation des boues

Les taux d'accumulation des boues ont été calculés sur la base de la quantité de boues réellement vidangées, mesurées après reconstitution du volume avant et après la vidange, le temps d'accumulation (durée entre deux vidanges) et le nombre d'usagers desservis par le dispositif (obtenu après l'enquête auprès du ménage dont l'ouvrage est vidangé). La production spécifique (PS) des BV par un habitant croît en fonction qu'on passe du bas au haut standing (tableau n°5).

Tableau 5 : Récapitulatif de la production moyenne de BV (l/hab./jr) par standing de logement

Type d'habitat	Moyenne l/hab./jour	Minimum l/hab./jour	Médiane l/hab./jour	Ecart-type l/hab./jour	Maximum l/hab./jour
Haut standing	0,36	0,22	0,37	0,13	0,44
Moyen standing	0,33	0,16	0,31	0,10	0,39
Bas standing	0,28	0,19	0,26	0,08	0,33

On peut remarquer qu'il n'y a pas de différence entre le taux d'accumulation des boues entre les zones de haut et de moyen standing. Par contre, le taux d'accumulation des boues semble plus faible dans les ménages habitant les quartiers d'habitat spontané ou de bas standing.

Les résultats présentés dans le tableau n°6 montrent que la production de boues est plus élevée dans les fosses septiques, $0,356$ l/hab./jour chez ceux qui ont une fosse, avec intervalle de confiance **[0.04: 0.38]** et faible dans les latrines ($0,21$ l/hab./jour).

Tableau 6: Récapitulatif production spécifique des BV par type de dispositif de stockage

Type de dispositif autonome	Moyenne l/hab./jour	Minimum l/hab./jour	Médiane l/hab./jour	Ecart-type l/hab./jour	Maximum l/hab./jour
Fosse septique	0,356	0,24	0,34	0,13	0,387
Latrine traditionnelle	0,21	0,16	0,18	0,17	0,33

On observe une différence significative entre le taux de production des boues dans les fosses septiques et les fosses uniques. Ceci doit tenir au fait que les fosses uniques ne sont pas étanches dans la ville de Yaoundé. Une bonne partie de boues produites est diluée par les eaux usées jetées dans la fosse et

s'infiltrer⁸. Dans le projet MAFADY, la production spécifique a été trouvée égale à 0,7 l/hab/jour. La limite de cette valeur réside en le fait que ce n'est réellement pas la production spécifique des boues qui a été évaluée. Cette valeur intègre également les surnageant qui dans le fonctionnement normal de la fosse sont évacués dans le puisard. C'est uniquement pendant la vidange que le surnageant bloqué dans la fosse par défaut de circulation des eaux usées est vidangé. Le résultat obtenu dans cette étude est proche de ceux obtenus au Burkina Faso sur les boues des fosses uniques par Kaonda en 2006 (0,3 l/hab/jour), également de celui de Blunier et al (2004), 0.15 – 0.20 l/hab/jour. Mais ce résultat est éloigné de celui obtenu en Afrique du Sud par Norris en 2000 sur les fosses septiques (0,08 l/hab/jour) [Norris, 2000]. D'autres sources indiquent que le taux d'accumulation des boues dans les fosses septiques dépend de la durée de la vidange. La production spécifique des boues dans les fosses septiques passe de 0,35 L/jr/pers en début d'utilisation de la fosse à 0,16L/jr/pers après 3,5 ans d'utilisation avec une production de 0,23L/jr/pers entre la deuxième et la troisième année [Philip et al, 1993]. Les productions spécifiques des boues des fosses septiques nettement supérieures à 0,23 l/hab/jour seraient donc des signes de mauvais fonctionnement (ou mauvais usages) ou de vidange prématurée.

3.4.2. Quantité de boues de vidange produite dans la ville de Yaoundé

La quantité de BV produite dans la ville de Yaoundé a été calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$Q = 365 * \sum_i P_i * \frac{q_i}{1000}$$

11,7% des latrines à fosse unique sont vidangées dans la ville de Yaoundé et 81,7% des ouvrages vidangés sont des fosses septiques avec puisard pour les ménages et sans puisard pour les toilettes publiques. Nous avons vu dans le tableau n°2 que 23% de dispositifs de stockage dans la ville de Yaoundé sont des fosses septiques, 72% des fosses uniques, 4% des fosses à canons (vidangés directement dans les cours d'eau) et 1% connecté au réseau semi – collectif.

Sur la base de l'effectif des populations en 2018 (3163 000 habitants) et des résultats selon les pratiques des ménages (n=1.100), la population estimée qui utilise chaque système est donnée dans le tableau n°7.

Tableau n°7 : Population qui utilise chaque dispositif de stockage des boues (Pi).

Système de stockage	Pourcentage des ouvrages présents dans la ville	Population qui utilise le système de stockage (Pi)	Taux des ouvrages vidangés par camion	Population dont les ouvrages peuvent être vidangés par camions (P _{ai})
Fosse septique	23%	727 490	84%	611 092
Fosse unique	72%	2 277 360	41%	913 218
Fosse à canon	4%	126 520	0%	0
Connecté au réseau	1%	31 630	0%	0
Total/moyenne	100%	3 163 000	54%	1 524 310

⁸ En effet, près de 60% des latrines de la ville de Yaoundé sont utilisées comme toilette. Les eaux de bain sont alors rejetées dans la fosse et contribue à l'infiltration et la pollution de la nappe souterraine.

Sur la base de ces résultats la production de boues de vidange dans la ville de Yaoundé est de 283 175 m³/an (tableau n°8).

Tableau n°8 : Production de boues de vidange dans la ville de Yaoundé et quantités pouvant être collectées (m³/an).

Système de stockage	Quantités de boues produites	Quantités de boues pouvant être collecté par camion	Quantité de boues collectées manuellement	Quantité de boues déversées dans les cours d'eau près de domicile
Fosse septique	89 219	74 944	12 491	0
Fosse unique	174 560	71 569,45	19 202	0
Fosse à canon	15 516	-	0	15 516
Connecté au réseau semi-collectif ⁹	3 879	-	0	3 879
Total	283 174	146 513,45	31 693	19 395
Pourcentage	100%	51.7%	11.2%	6,8%

Seulement 146 514 m³ de boues peuvent être vidangées par camion par an (401 m³/jour), soit 51.7% de la production totale. 11,2% sont vidangés par les vidangeurs manuels et 6,8% sont déversés dans les cours d'eau soit à travers les canons ou via les stations d'épuration des eaux usées non fonctionnelles. Sur la base de l'évaluation des quantités réellement vidangées à travers le décompte de camion au site de dépotage de Nomayos qui est le seul site officiel de la ville de Yaoundé, en 2018, seulement 210 m³ de boues de vidange étaient reçues sur ce site, soit 52% du potentiel vidangeable par camion et 27% de la quantité totale de boues produites.

4. Conclusion et recommandation

La gestion des boues de vidange reste un défi crucial pour la protection de la santé publique et la mise en œuvre réussie de projets d'eau et d'assainissement. Cependant, la plupart des programmes ou projets n'abordent pas la gestion des boues qui s'accumulent dans équipements d'assainissement sur la parcelle. Nous notons à la suite du travail fait, que la ville de Yaoundé présente une situation d'assainissement peu honorable par rapport aux Objectifs de Développement Durable. En effet, 58% des ménages de la ville disposent de dispositifs d'assainissement améliorés et non partagés, 17% disposent de dispositifs améliorés, mais partagés et 25% de dispositifs non améliorés. La méthode dite « production spécifique » a été utilisée pour la quantification de la production des boues de vidange dans la ville de Yaoundé. L'utilisation de cette méthode a nécessité des données à l'échelle de la ville sur les dispositifs de stockage utilisés par les ménages et ceux qui sont vidangés et par type de vidange. Ces données ont été collectées à travers une enquête réalisée à l'échelle de la ville (1100 ménages enquêtés). La représentativité de cet échantillon a été par zone d'habitat (5% et 10% de niveau de confiance selon l'importance de la zone) et une marge d'erreur de 5%. Cette enquête a été complétée par le suivi de 120 dispositifs de stockage vidangés dans une période de deux mois (juin – juillet), ce qui correspond à la fin de la petite saison des pluies et le démarrage de la petite saison sèche dans la ville de Yaoundé. Les résultats de calcul nous ont permis d'estimer la production annuelle de boues de vidange dans la ville de Yaoundé à 283 175 m³/an,

⁹ Les réseaux semi-collectifs dans la ville de Yaoundé ne sont pas dotés de station d'épuration ou sont raccordés à une station non fonctionnelle.

dont seulement 146 514 m³ (401 m³/jour) peuvent être vidangées par camion (51,7% du potentiel). Le résultat par décompte au site de dépotage de Nomayos a permis d'évaluer la quantité réellement vidangée à 210 m³/jour. Ce résultat est au-dessus des évaluations faites sur le même site par Berteigne (2012) (135 m³/jour) et presque identique aux valeurs obtenues par Ambassa (2005) (200 m³/jour). L'augmentation des quantités collectées actuellement est liée également à l'augmentation de nombre de camions opérationnels dans la ville : 26 camions en décembre 2018, contre 17 en 2012 [DELVIC/ERA, 2019].

La méthode de quantification dite « de production spécifique » semble être adaptée au contexte des villes de pays en développement où l'accessibilité à la parcelle reste faible. Il faudrait alors dans la formule modifiée, remplacer, les populations qui utilisent un système d'assainissement « i » par les populations dont les ouvrages d'assainissement, sont accessibles par camion. Pour obtenir cette variable, on peut procéder par enquête ménage comme c'est le cas dans cette étude. Le taux d'accessibilité à la parcelle peut être évalué à partir de carte Google, mais il est nécessaire d'actualisé par les enquêtes de terrain. Notamment l'enquête iso-densité, couplé à la cartographie aérienne utilisé par Fokou (2018) a permis d'avoir un résultat comparable (454 m³/jour de boues pouvant être collectées) contre 401 m³/jour dans notre évaluation.

Références bibliographiques

- AfWA/CUY, 2019.** Plan stratégie de l'assainissement urbain centré sur l'assainissement autonome de la ville de Yaoundé. Rapport établi dans le cadre du projet RASOP Africa, financement FBMG. Mai 2019. 55 p.
- Ambassa, Ndiomo Armand., 2005.** Contribution à la caractérisation de la production des boues de vidange dans la ville de Yaoundé. Mémoire DESS, Université de Yaoundé I., 39 p.
- Berteigne Benjamin, 2012.** Caractérisation et quantification des boues de vidange dans la ville de Yaoundé. Mémoire de fin d'étude ingénieur ENGES, septembre 2012. 165 p.
- Blunier P., Koanda H., Koné D., Strauss M., Klutsé A., Tarradellas J. 2004.** Quantification des boues de vidange produites et collectées : Exemple de la ville de Ouahigouya, Burkina Faso. Info CREPA, février 2004, 63 p.
- BUCREP 3^{ième} RGP, 2010.** Résultats de recensement de la population et de l'habitat au Cameroun en 2005. Rapport de synthèses, juin 2010. 56 p.
- DELVIC/ERA, 2019.** Plan d'action municipale d'assainissement à la parcelle et gestion des boues de vidange dans la ville de Yaoundé. Projet de structuration de la filière de gestion des boues de vidange à Yaoundé. AIMF/CUY, financement FBMG. Octobre 2019. 72 p.
- Fokou, 2018.** Quantification et contraintes d'accessibilité aux boues de vidange dans la ville de Yaoundé. Mémoire de fin d'étude d'ENSP, Département de Génie Civil, juillet 2018. 101 p.
- Koanda H., 2006.** Vers un assainissement urbain durable en Afrique subsaharienne : approche innovante de planification de la gestion des boues de vidange. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse. 360 p.
- Koné Abdoulaye, Strauss Martin, Klingel Florian et Montangero Agnès, 2002.** Gestion des boues de vidange dans les pays en développement (Manuel de planification), première édition 2002, pp : 43-45
- Letah Nzouebet, W.A., Soh Kengne E., Djumyom Wafo, G.V., Nguenang Njiojob, A.J., Höser, C., Nbandah, P., Rechenburg, A., Kengne Noumsi, I.M., 2019.** Application of multivariate statistical methods for the assessment of the variability of on-site sanitation faecal sludge in Cameroon. Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(5) pp : 133-151, September 2019.
- Mougoué B., Ngnikam E., Wanko A., Feumba R., Numba I., 2012.** Analysis of faecal sludge management in the cities of Douala and Yaoundé in Cameroon. Sustainable sanitation practice, Issue 13, 10/12. pp :11-21.
- Norris, J.A., 2000.** Sludge Build-Up in Septic Tanks, Biological Digesters and Pit Latrines in South Africa. Research Report No. 544/1/00, Water Research Commission, South Africa.
- ONAS, 2017.** Assainissement en Afrique : le Sénégal, un bon élève qui inspire les autres pays du continent. <http://www.onas.sn/onas/actualités/actualités-onas>
- Philip H., Rambaud A. and Vasel J. L., 2008.** Assainissement non collectif des habitations : Evolution technique et réglementaire. Techniques de l'ingénieur W 6 601, pp : 1-6.
- Reymond P. (2008).** Elaboration d'une méthodologie permettant de déterminer une option durable pour le traitement des boues de vidange dans une ville moyenne d'Afrique subsaharienne-application à la ville de Sokodé au Togo. 126 p.

Soh Kengne, E., Kengne, I.M., Nguetsop, V.F., Foubi, S.I., Akoa, A., Strande, L. 2014. Algal diversity and distribution in waste stabilization ponds treating faecal sludge leachate from drying vegetated beds. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8(3): 946-955.

Still D. A. et Foxon K., 2012. Tackling the challenges of full pit. Volume 1 : Understanding sludge accumulation in VIPs and strategies for emptying full pits. Water research commission, Pretoria, South Africa.156p

STUDI INTERNATIONAL/SOFRECO/GENEX, 2016. Actualisation du plan directeur d'assainissement (version définitive) mission 1 et 2 : diagnostic et proposition de stratégie. Communauté Urbaine de Yaoundé, mai 2016. Pages 32, 41,49 et 126.

WHO & UNICEF, 2018. The Joint Monitoring Programme report, Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and Sustainable Development Goal baselines. SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. March 2018. https://www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/