

QUANTIFICATION DES BOUES DE VIDANGE DE DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT AUTONOME DANS LA VILLE DE YAOUNDE AU CAMEROUN

Quantification of fecal sludge from autonomous sanitation systems in the city of Yaoundé, Cameroon

MBANG Marie Solange¹, NGNIKAM Emmanuel^{1*}, EFON Boniface², MEUKAM Pierre¹ et FOKOU Stéphane¹

¹ Laboratoire Energie, Eau et Environnement, Ecole Nat^{ale} Supérieure Polytechnique de Yaoundé, BP. 8390 Yaoundé, Cameroun

² School of Wood, Water and Natural Ressources, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, The Universty of Dschang, P.O Box 786 Ebolowa, Cameroon

*Auteur correspondant : Emmanuel NGNIKAM ; emma_ngnikam@yahoo.fr

RESUME

La population de la ville de Yaoundé était de 3,1 millions d'habitants en 2018. Elle atteindra 4,7 millions en 2030 soit un taux de croissance moyen annuel de 3,5%. Les eaux usées domestiques de la ville sont principalement traitées par des systèmes d'assainissement autonomes utilisés par 99% des ménages et représentés principalement par des fosses septiques, des latrines à fosse traditionnelle ou à fosse ventilée. Une enquête a été effectuée auprès de 1100 ménages de la ville de Yaoundé sélectionnés selon la méthode stratifiée. La méthode dite « de production spécifique », jugée la plus adaptée au contexte de Yaoundé, sur la base d'études bibliographiques, a été utilisée pour la quantification des boues de vidange. Elle a été modifiée pour intégrer les critères d'accessibilité des ouvrages d'assainissement aux camions de vidange. Plusieurs critères d'accessibilité ont été analysés, tels que l'existence ou non de voirie, leur état de dégradation, le type d'ouvrage d'assainissement, la position de l'ouvrage par rapport aux voies d'accès etc. La méthode ainsi élaborée a été mise en œuvre 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. Les résultats montrent que le taux d'accumulation des boues de vidange dans la ville de Yaoundé est de 0,356 L par habitant et par jour pour les fosses septiques et 0,21 L par habitant et par jour pour les latrines. Il varie en fonction du niveau 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 a produit en 2018, 283 175 m³ de boues de vidange par an, dont 51,7% vidangées par camion (146 514 m³, soit 401 m³ /jour). Seuls 52,4% de ce flux, soit 210 m³ /jour, sont acheminés sur le site de dépotage de NOMAYOS.

MOTS-CLES : eaux usées, systèmes d'assainissement, boues de vidange, Yaoundé

ABSTRACT

This study aims to describe the onsite sanitation and the quantification of faecal sludge in 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. per capita per day for septic tanks and of 0.21 l L. per capita per day 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 /day. Only 52.4% are collected and (210 m³/day) and sent-on the site of unloading of NOMAYOS.

KEYWORDS: Sanitation, quantification, collection, faecal sludge, Yaounde

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 en fosses septiques, latrines à fosse traditionnelles, latrines à fosse ventilées, etc. (Letah Nzouebet et al. 2019 ; Soh Kengne et al. 2014).

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).

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 RASOP (Projet de Renforcement des partenariats des Opérateurs d'Assainissement en Afrique, conduit par l'Association Africaine de l'Eau) qui vise 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 réalisée 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).

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. 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.

2.2. 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.

2.3. 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, 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 le dépotoir principal. Sur cette base, le nombre d'ouvrages vidangés pendant la période d'enquête est de 600 (12 vidanges par jour * 25 jours de vidange par mois * 2 mois). 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 enquêteurs, etc.). La ville de Yaoundé compte 12 sociétés de vidange pour 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 étaient effectuées quand l'équipe d'enquêteurs était déjà sur le terrain. Nous avons suivi en moyenne 2 à 3

vidanges par jour pendant la période d'enquête. Le choix définitif des ouvrages à enquêter a été fait sur la base d'une répartition proportionnelle dans les 7 communes d'arrondissement que compte la ville (Tableau 1), mais également selon le standing de l'habitat et le type d'ouvrage vidangé (fosse septique, fosse unique).

Tableau 1 : Répartition des ouvrages 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

2.4. Méthode de quantification des boues

Les cinq méthodes de quantification des boues de vidange les plus utilisées ont été analysées : (1) « production spécifique », (2) « demande en vidange mécanique », (3) « caractérisation des ouvrages d'assainissement », (4) « chiffre d'affaire de l'opérateur de vidange », (5) « décompte des camions sur le site de dépotage » (Blunier et al, 2004 ; Philippe et al. 1993). Ces méthodes 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
- Pi : est le nombre de personnes utilisant la latrine de type i
- qi [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 que tous les

ouvrages d'assainissement ne sont pas accessibles dans les villes d'Afrique au Sud du Sahara en général et à Yaoundé en particulier, nous avons apporté une légère modification à l'équation [1] et utilisé l'équation [2].

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

où Pai est le nombre de personnes ayant un système d'assainissement de type i accessible aux camions.

2.5. Evaluation des paramètres du modèle

2.5.1. Evaluation du volume de boues vidangées Q

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).

2.5.2. Evaluation de Pai

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.

2.5.3. Evaluation de la production spécifique qi

La production spécifique de boues pour chaque système d'assainissement i a été évaluée en trois étapes : (1) Evaluation du volume de boues dans la fosse (Vi), (2) durée d'accumulation des boues, (3) 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 [3] suivante :

$$q_i = \frac{V_i}{N_{moy}} * \frac{1}{F_i * 365} \quad [3]$$

- Vi est le volume estimé pour le système i
- N_{moy} est le nombre moyen de personnes utilisatrices
- Fi est la durée d'accumulation des boues dans le système i

Les valeurs de N_{moy} et F_i sont collectées 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). Ayant mesuré la largeur et la longueur de la fosse on calcule les volumes de boues avant et après vidange, et on en déduit le volume vidangé.

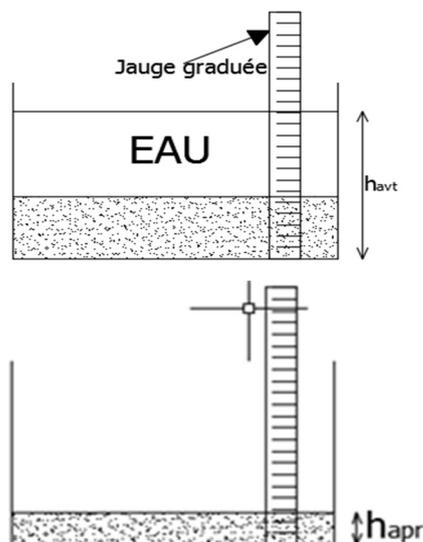


Figure 1 : Mesure de la hauteur des boues avant et après la vidange

2.6. Matériels utilisés

Le principal matériel utilisé pour l'évaluation de la quantité de boues vidangé c'est la jauge graduée conçue dans le cadre de cette étude. Le principe de la mesure est illustré à la Figure 1. La jauge est plongée dans la fosse avant et après la vidange pour mesurer la hauteur de boues. Les traces laissées par les boues sur la jauge plongée dans la fosse permettent de faire la lecture de la hauteur des boues avec une précision au millimètre. Un décimètre est utilisé pour mesurer la largeur et la longueur de la fosse. 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.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. 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'utilisateurs par toilette partagée est de 11,7 ce qui reste relativement faible. Seul 1% des ménages est 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, ...). La gamme de toilettes utilisées par les ménages à Yaoundé est synthétisée au Tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques des toilettes utilisées par les ménages

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

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

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.

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

- 58% des ménages ont accès à une installation permettant de séparer hygiéniquement les excréta de tout contact humain ;
- 17% des ménages utilisent des installations améliorées mais avec une même interface partagée entre plusieurs ménages ;
- Enfin, 25% des ménages utilisent des installations non-améliorées majoritairement non recouvertes (88%). Dans 15% des cas, il s'agit de latrines à canon (Figure 2).



Figure 2 : Latrines à canon sans fosse (à gauche) et avec fosse de stockage (à droite)

En termes d'effectifs, 790 000 personnes ont accès à un système d'assainissement non amélioré. Spatialement, les problématiques d'accès aux fosses "non améliorées", ressortent comme étant plus prononcées dans les zones "spontanées" et dans la zone "périurbaine non lotie", où elles concernent plus de la moitié des ménages.

3.2. Gestion des systèmes d'assainissement non collectif

3.2.1. Période de vidange des fosses de stockage

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, les volumes vidangés 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-maçonnés ;
- restriction des rejets admis dans la fosse aux excréta et eaux vannes pour 54% des ménages, d'où des volumes admis limités.

Ainsi, la période de vidange des fosses 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

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

- 73% de ces ménages adoptent des pratiques "sûres" avec vidange mécanique (fosse septique ou fosse unique) ou reconstruction de l'ouvrage (fosses uniques), voir Figures 3 et 4). Cette proportion correspond également aux ouvrages dits améliorés au sens du JMP ;
- 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).

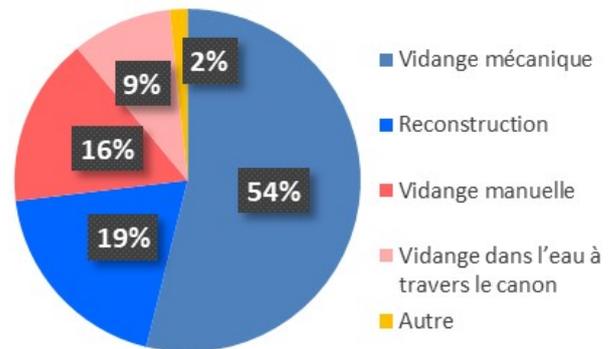


Figure 3 : Types de vidange réalisés par les ménages

Dans tous les cas, les boues de vidange 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.

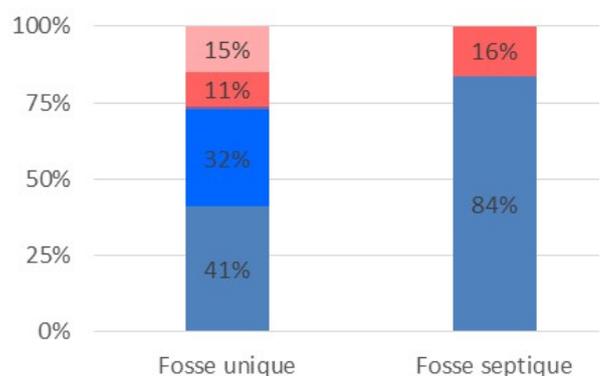


Figure 4 : Proportion des ménages utilisant des systèmes à fosse unique ou à fosse septique

3.2.3. Coûts de la vidange à 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 ± 35 500 F CFA pour une vidange mécanique et 20 000 ± 6500 FCFA pour une vidange manuelle (au 13 janvier 2020, 1US\$ = 589 FCFA). Pour les fosses septiques, les usagers paient en moyenne 112 800 ± 40 600 FCFA pour une vidange mécanique, et 62 000 ± 58 000 FCFA pour une vidange manuelle (Figure 5).

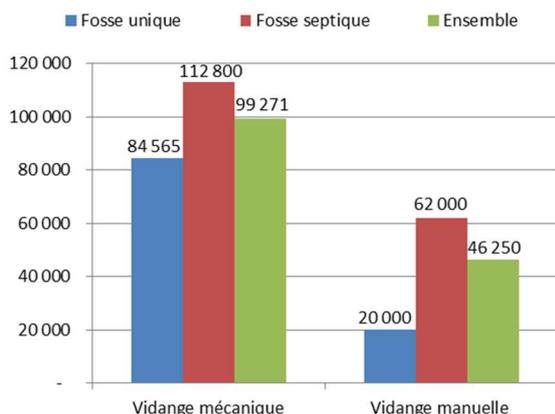


Figure 5 : Coût moyen de la vidange à Yaoundé

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.

Pour la vidange mécanique :

- 32% des ménages paient de 70 000 à 90 000 FCFA
- 29% des ménages de 100 000 à 130 000 FCFA

Pour la vidange manuelle :

- 22% paient moins de 10 000 FCFA
- 30% paient entre 30 000 FCFA et 60 000 FCFA
- 8% paient entre 90 000 et 110 000 FCFA

3.3. Résultats sur les ouvrages suivis dans l'étude

3.3.1. Types d'ouvrages

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 6).

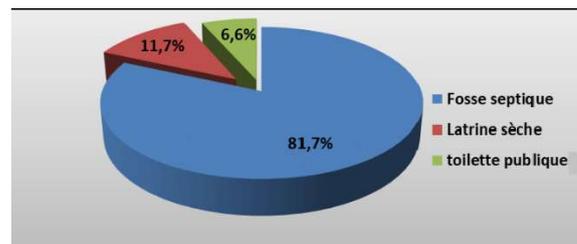


Figure 6 : Types de dispositifs d'assainissement autonomes vidangés pendant l'étude

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.

65,8% des vidanges mécaniques réalisées ont été réalisées par les ménages des logements de moyen standing, 22,5% par les ménages de haut standing et 11,7% par les ménages de bas standing (Tableau 3).

Tableau 3 : Nombre de vidanges par type d'habitat réalisées durant le suivi

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

3.3.2. Période de vidange des fosses de stockage

Pour les 120 vidanges suivies pendant nos enquêtes, la période de vidange (durée qui sépare deux vidanges exprimée ici en années) présente les caractéristiques suivantes :

- Moyenne 5,96 ans +/- 3,77 ans
- Médiane : 5,2 ans
- Minimum : 0,08 ans
- Maximum : 16 ans

Il ressort que plus de la moitié de la population ayant accès au service dans la ville de Yaoundé vidange son dispositif d'assainissement autonome tous les 5 ans, 2 mois et 12 jours. Cette valeur est très proche de la durée de 5 ans trouvée dans le cadre du projet MAFADY (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).

La période obtenue à partir des enquêtes des ménages dans la ville (n=1100) se trouve également dans cette fourchette, bien que la période 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.

3.3.3. Taux d'accumulation des boues

D'une manière générale, sur les 120 ouvrages vidangés, les dispositifs de stockage des boues sont partagés par plusieurs ménages (2,56±1,74 ménages). Soit une moyenne de 12,8±8,7 personnes par ouvrage vidangé. 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 avec le niveau de standing du logement comme le montre le Tableau 4.

Tableau 4 : Production moyenne de boues de vidange (Litres par hab. et par jour) selon le standing du logement

Type d'habitat	Moyenne	Min	Max	Médiane
Haut standing	0,36 +/- 0,13	0,22	0,44	0,37
Moyen standing	0,33 +/- 0,10	0,16	0,39	0,31
Bas standing	0,28 +/- 0,08	0,19	0,33	0,26

On peut remarquer qu'il y a peu de différences entre les zones de haut et de moyen standing. Par contre, les productions sont plus faibles dans les ménages habitant les quartiers d'habitat spontané ou de bas standing. Le tableau 5 montre que le volume de boues vidangées est plus élevé dans les fosses septiques que dans les latrines.

Tableau 5 : Production moyenne de boues de vidange (Litres par hab. et par jour) selon le système

Système	Moyenne	Min	Max	Médiane
Fosse septique	0,36 +/- 0,13	0,24	0,387	0,34
Latrine	0,21 +/- 0,17	0,16	0,33	0,18

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'infiltré. Dans le projet MAFADY, la production spécifique a été trouvée égale à 0,7 L par habitant et par 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 par habitant et par jour), également de celui de Blunier et al (2004), 0.15 – 0.20 L par habitant et par jour. Mais ce résultat est éloigné de celui obtenu en Afrique du Sud par Norris en 2000 sur les fosses septiques (0,08 L par habitant et par 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 par personne et par jour en début d'utilisation de la fosse à 0,16 après 3,5 ans d'utilisation avec une production de 0,23 L par personne et par jour 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 par personne et par jour seraient donc des signes de mauvais fonctionnement (ou mauvais usages) ou de vidange prématurée.

3.3.4. Quantités de boues de vidange produites

Les observations de cette étude montrent que 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 (3,163 millions habitants) et des résultats selon les pratiques des ménages (n=1.100), la population estimée qui utilise chaque système est donnée dans le Tableau 6. On peut ainsi calculer une production de boues de vidange de 283 175 m³ /an (Tableau 6).

Tableau 6 : Utilisation et vidanges des différents systèmes à Yaoundé

Système	Proportion du nb d'ouvrages à Yaoundé (%)	Population utilisant le système (P _i)	Part vidangée de chaque système
Fosse septique	23%	727 490	84%
Fosse unique	72%	2 277 360	41%
Fosse à canon	4%	126 520	0%
Tout à l'égout	1%	31 630	0%
Total	100%	3 163 000	54%

Seuls 146 514 m³ de boues peuvent être vidangées par camion par an (401 m³ /jour), soit 51,7% de la production totale. Une part de 11,2% est vidangée par des opérateurs 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. Les quantités de boues de vidange apportées au site de dépotage de Nomayos, qui est le seul site dédié de la ville de Yaoundé, ont été estimées par le décompte du nombre de camions l'alimentant. Les résultats indiquent qu'en 2018, seuls 210 m³ de boues de vidange ont été reçus sur ce site, soit 52% du potentiel global et 27% de la quantité totale de boues produites.

Tableau 7 : Volumes de boues produites annuellement (m³) dans la ville de Yaoundé et quantités pouvant être collectées

Système	Quantités de boues produites	Quantités pouvant être collectées	Quantités déversées dans les cours d'eau
Fosse septique	89 219	74 944	0
Fosse unique	174 560	71 569,45	0
Fosse à canon	15 516	-	15 516
Connecté au réseau	3 879	-	3 879
Total	283 174	146 513,45	19 395
Pourcentage	100%	51.7%	6,8%

4. CONCLUSION

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'incertitude 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 des calculs nous ont permis d'estimer la production annuelle de boues de vidange dans la ville de Yaoundé à 283 175 m³, 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 très proche (454 m³ /jour de boues pouvant être collectées contre 401 m³ /jour dans notre évaluation).

5. 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.
- 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} RGPH, 2010. Résultats de recensement de la population et de l'habitat au Cameroun en 2005. Rapport de synthèse, 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.
- 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.
- LETAH Nzouebet, W.A., SOH Kengne E., DJUMYOM Wafo, G.V., NGUENANG Njiojo., A.J., HOSER, 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. *International Journal Biological Chemical Sciences*, **13(5)**, 133-151, <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i5.11s>
- MOUGOUE 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*, **13 (10/12)**, 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.
- PHILIP H., RAMBAUD A. and VASEL J. L. (2008). Assainissement non collectif des habitations : Evolution technique et réglementaire. *Techniques de l'ingénieur*, **W6602**, 1-6.
- SOH Kengne, E., KENGNE, I.M., NUETSOP, V.F., FOUBI, S.I., AOA, A., STRANDE, L. (2014). Algal diversity and distribution in waste stabilization ponds treating faecal sludge leachate from drying vegetated beds. *International Journal Biological Chemical Sciences*, **8(3)**, 946-955, <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.11>
- STILL D. A., 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. P 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.