

République du Bénin

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

Dynamiques Spatiales et Développement "Dyspadev"

Sommaire

Editorial	3
N'KERE Komi : Le dépérissement des activités de vente à Aného, une ville au passé commercial glorieux et prestigieux.....	4
GNELE José Edgard., AICHEOU Alfred Dossa, ABOUDOU Ramanou : Aménagement et financement du développement local à l'ère de la décentralisation au Bénin : cas de la commune de Zogbodomey.....	20
GBEDO Victor, LIADY Mouhamadou Nourou Dine, FIOGBE Emile Didier, AINA Martin Pépin : Caractérisation des boues de vidange brutes et de leurs sous-produits dans la ville de Parakou (Bénin).....	37
ETENE Cyr Gervais : Evénements pluvieux extrêmes et phénomène d'inondation dans la ville de Cotonou (Bénin).....	56
ZINSOU-KLASSOU Kossiwa : L'écotourisme, une alternative à la valorisation des milieux naturels et des espaces culturels en Afrique : l'exemple du Togo.....	70
TOSSOU Rogatien Makpéhou : Le mouvement syndical au Bénin : du syndicat unique, l'UNSTD en 1974 au pluralisme syndical après la conférence nationale de février 1990.....	91
FANGNON Bernard, BABADJIDE Charles, ZANNOU Sandé et EDOUVOH Charlot Mianikpo : Potentialités et contraintes liées au développement local de la commune de Dogbo (Sud-Ouest du Bénin).....	111
VISSIN Expédit Wilfrid : Evaluation et estimation des besoins en eau à l'horizon 2025 dans le bassin de l'Ouémé à Savè.....	126
KANGAH Armand*, KONAN Kouadio Eugène et EHOUNOUD Ebah Marthe Lucette : Application du SIG à la détermination des relations entre les densités rurales et la déforestation dans le sud-est ivoirien (exemple du Canton Afféma)	144
AROUNA Ousséni : Caractérisation de la végétation ligneuse de la forêt classée de Wari-Marou et perspectives d'aménagement	165

Directeur de publication

Professeur Benoît N'BESSA

Rédacteur en Chef

Léon Bani BIO BIGOU

Rédacteur en Chef Adjoint

Antoine-Yves TOHOZIN

Comité de Rédaction :

Drs Germain GONZALLO, Expédit VISSIN, Ibouaïma YABI, Toussaint VIGNINO, Aboubakar KISSIRA, Ismaïla TOKO, Ruffin AKIYO, David BALOUBI, Rogatien TOSSOU, Benjamin ALLAGBE

Comité Scientifique

Prs Bonaventure MENGHO (Université de Brazzaville), Koffi Ayéchoro AKIBODE (Université de Lomé), Michel BOKO, Benoît N'BESSA, Brice SINSIN, Flavien GBETO, Jérôme ALLOKO-N'GUESSAN (Université de Cocodi), Yollande OFOUEME-BERTON (Université de Brazzaville), Sylvain ANIGNIKIN, Euloge AGBOSSOU, Christophe S. HOUSSOU, Gabriel N'YASSOGBO (Université de Lomé), Gauthier BIAOU, Odile DOSSOU-GUEDEGBE, Léon Bani BIO BIGOU, Antoine-Yves TOHOZIN

**Toute correspondance (suggestions ou projets d'articles) à la
Revue semestrielle Dyspadev
doit être adressée au**

**Comité de Rédaction :
Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales,
BP 787 Abomey-Calavi, E-mail : labodure@yahoo.fr**

République du Bénin

Toute reproduction, même partielle de cette revue est rigoureusement interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi 84-003 du 15 mars 1984 relative à la protection du droit d'auteur en République du Bénin

Editorial

Cher lecteur

Cette revue « **Dynamiques Spatiales et Développement** » se veut une revue scientifique pluridisciplinaire. Elle est à la disposition des chercheurs de diverses catégories et branches pour la publication de leurs travaux scientifiques en géographie, histoire, sociologie, agronomie, économie, etc. C'est dans ce souci que la revue est intitulée «**Dynamiques Spatiales et Développement “Dyspadev”**». Les articles à publier doivent répondre aux normes scientifiques par la clarté de la thématique, la problématique, la méthodologie, la rigueur de l'analyse et de la pertinence des résultats.

Cette revue est supervisée par un comité scientifique composé de professeurs des Universités, de maîtres de conférences (nationaux et internationaux). Sa périodicité est semestrielle avec la possibilité de deux numéros (2) dans l'année (un numéro en juin et un autre en décembre) suivant l'importance et la qualité des articles disponibles.

Le comité de rédaction souhaite votre collaboration et votre soutien.

Le Directeur de publication

Benoît N'BESSA,

Professeur émérite

Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales
(LEDUR)

Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)

Faculté des Lettres, Arts et sciences Humaines (FLASH)

Université d'Abomey-Calavi (UAC-Bénin)

Instructions aux auteurs

1- Soumission de manuscrits : Les manuscrits seront déposés soit directement au secrétariat de rédaction (sis au LEDUR) soit envoyés aux adresses suivantes : Adresse électronique : **labodure@yahoo.fr** ; Adresse postale : BP 787 Abomey-Calavi (République du Bénin) en versions électronique (CD-Rom) et imprimée (papier).

2- Présentation du manuscrit : Le manuscrit de 14 pages au maximum (tout compris), saisi en format A4 avec 2,5 cm de marges (word : Times New Roman, 12, interligne simple, marges 2,5 cm), doit comprendre les parties suivantes :

Titre de l'article : En majuscule, le titre doit être court et très explicite

Les auteurs : Les noms et prénoms des auteurs (le nom en Majuscule et seuls les initiaux des prénoms sont en majuscule ex : BABALOLA Adégbola Rufin.) et les affiliations (noms et adresse des institutions). Le nom de l'auteur répondant doit être identifié par un astérisque (*) et son adresse électronique fournie.

Un **résumé** en français et en anglais (**abstract**) : le résumé est rédigé en trois paragraphes concis (justification, méthodologie, résultats obtenus avec des illustrations chiffrées) suivi de mots clés (keywords) : 4 à 5.

Une **introduction** : Fait le point de la revue de la littérature récente sur le sujet, soulève de façon précise la problématique du travail.

Une **méthodologie** : On y décrit clairement les méthodes de collectes et de traitement des données/informations utilisées avec les références si nécessaire.

Les Résultats : Cette partie comporte les principaux résultats obtenus. Les titres sont alignés à gauche, sans alinéa et numérotation décimale : titre de niveau 1 est en gras (12 pts avant, 6 pts après) ; titre de niveau 2 est en italique gras (6 pts avant, 6 pts après) et le titre de niveau 3 est en italique non gras (6 pts avant, 6 pts après).

Les figures, photos, tableaux nécessaires pourront être utilisés. **Chaque illustration est citée dans le texte.** Toutes les illustrations doivent être claires et faciles à reproduire. Elles seront insérées dans le texte et à la bonne place. **On évitera les tableaux de grandes dimensions et de format "paysage"**. Les tableaux seront numérotés en chiffres

romains et les autres illustrations en chiffres arabes et devront comporter une légende courte et explicite. Les titres des tableaux sont placés en haut et ceux des autres illustrations en bas.

Pour les équations, il est recommandé d'utiliser un éditeur d'équations compatible en traitement de texte word.

Quant aux unités, elles devront être choisies suivant les normes et standards internationaux.

Discussion : Il est vivement recommandé de séparer la discussion des résultats. Dans la discussion, on apportera des interprétations approfondies des résultats, on montrera les liens de l'étude avec les travaux récents de la littérature tout en mettant en évidence l'apport de la contribution.

Remerciements : Si nécessaire, les remerciements viendront après la discussion (remerciements des contributions techniques importantes et des sources de financement de la recherche).

Références bibliographiques : Pour la présentation des références on distinguera les cas suivants :

Dans le **corps du manuscrit**. On peut citer un ou deux noms : (Babalola, 2013) ou selon les travaux de Babalola (2013). A partir de trois auteurs, on utilisera « *et al.* » ; (Babalola *et al.*, 2013), ou selon les travaux de Babalola *et al.*, (2013). Pour un même auteur avec deux ou plus de références dans la même année, on utilisera : (Babalola, 2013a, 2013b).

Liste des références bibliographiques. La liste comporte uniquement et exhaustivement les auteurs cités dans le texte. Elle sera dressée par ordre alphabétique en observant les recommandations suivantes :

Revue ou Journal : Agossou D. S. M., Tossou C. R., Vissoh V. P. et Agbossou K. E (2012) : Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois. *African Crop Science Journal*, Vol. 20, pp. 565-588.

Livre : Adam K.S. et Boko M. (1993) : *Le Bénin*. Ed. le flamboyant, Cotonou, 93 p.

Actes de colloques/Conférences : Benzarti Z., Ben Boubakar H. et Henia L. (2004) : Circulations méridiennes et extrêmes pluviométriques en Tunisie. *Acte du XVII^{ème} Colloque de l'Association internationale de Climatologie*, Université de Caen (France), pp. 117-121.

Thèse : N'bessa B. D. (1997) : *Porto-Novo et Cotonou (Bénin) : origine et évolution d'un doublet urbain*. Thèse de doctorat d'Etat es-lettre en Géographie, Université Michel de Montaigne-Bordeaux III, 456 p.

Informations extraites d'un site web : (A limiter au maximum) : <http://agroconsult.forumactif.info> (site consulté le 7 novembre 2013 à 14 heures GMT)

Contribution financière des auteurs: Pour tout manuscrit accepté pour publication, une contribution forfaitaire de **30 000 FCFA** sera versée au secrétariat de rédaction (à payer directement contre un reçu ou à envoyée par Wester Union à une adresse qui sera indiquée à cet effet.

Tirés-à-part: En principe, il n'y a pas de tirés-à-part. Chaque auteur et coauteur recevra une copie PDF de son article.

Nota Bene :

- l'envoi d'un manuscrit proposé à la publication vaut acceptation, par son auteur, des conditions ci-dessus indiquées ;
- tous les manuscrits sont soumis à l'évaluation et seuls ceux qui sont jugés recevables seront publiés ;
- la périodicité de la revue est de 6 mois (juin et décembre de chaque année). Les manuscrits seront positionnés par ordre d'arrivée des versions définitives.

ISSN : 1840-7455

CARACTERISATION DES BOUES DE VIDANGE BRUTES ET DE LEURS SOUS-PRODUITS DANS LA VILLE DE PARAKOU (BENIN)

GBEDO Victor^{1*}, LIADY Mouhamadou Nourou Dine², FIOGBE Emile Didier², AINA Martin Pépin¹

¹Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau. Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi; 01 BP 2009 Cotonou (Bénin) ; gbedovic01@yahoo.fr

² Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides. Département de Zoologie. Faculté des Sciences et Techniques. Université d'Abomey-Calavi. 01 B.P. 526 Cotonou, Bénin.

Résumé

Les nombreux efforts consentis au cours de ces dernières années dans le secteur de l'assainissement à Parakou, se traduisent par une amélioration du taux d'accès à l'assainissement. Cependant, la ville de Parakou ne dispose d'aucune expérience concrète en matière de traitement des boues de vidange. La caractérisation des boues de vidange qui y sont produites n'a jamais été complètement effectuée pour permettre de choisir convenablement les modes de traitement qui leur sont adaptés. La présente étude, réalisée dans le cadre d'un projet d'installation d'une station pilote de traitement des boues de vidange (STBV), vient combler cette lacune.

L'étude a été effectuée suivant une démarche graduelle qui comprend des études bibliographiques focalisées sur la mobilisation des données existantes sur le sujet étudié et des données de base utiles à la définition du plan d'échantillonnage, des travaux de terrain (enquêtes, observations et collecte d'échantillons), des analyses au laboratoire et le traitement des données.

Les résultats obtenus révèlent que les données sur les caractéristiques des boues de vidange des latrines familiales en général, et sur leurs sous-produits en particulier, sont rares dans la littérature. Ils montrent qu'à Parakou, les boues de vidange mobilisables pour le traitement, sont essentiellement constituées par les excréta humains accumulés majoritairement dans les latrines. Comparés aux données de la littérature, les boues brutes de Parakou sont effectivement caractéristiques de celles des latrines familiales (peu concentrées avec des valeurs typiques de DCO comprises entre 1440 à 25000 mg d'O₂/l ; et, des valeurs typiques de DBO₅ généralement comprises entre 500 à 8000 mg d'O₂/l. Elles demeurent cependant encore biodégradables (DCO/DBO compris entre 1 et 5) avec des proportions de MVS comprises entre 35 et 73% des MS, qui montrent ainsi que ces boues brutes ne sont pas encore assez stabilisées. Les percolats paraissent aussi plus dilués que ceux observés dans la littérature et les eaux usées typiques de pays tropicaux, en raison certainement de l'ajout d'eau aux boues brutes opéré par les vidangeurs, pour faciliter leur aspiration mécanique. Malgré cette dilution, les percolats ne répondent pas aux normes de rejet et requièrent d'être traités avant d'être rejetés dans la nature. Les résultats des analyses des boues déshydratées, font ressortir qu'elles sont

suffisamment riches en azote (C/N compris entre 0,03 et 0,06) et encore peu stabilisées (MVS > 50%) et par conséquent, conviennent pour un co compostage avec la fraction biodégradable des ordures ménagères. L'étude propose une méthode qui permet d'obtenir, à faible coût, dans des situations où il n'y a pas de STBV, les percolats en vue de leur caractérisation pour les fins de dimensionnement des ouvrages de traitement.

Mots clés : Boues de vidange, Assainissement, Percolât, Parakou.

Abstract

Efforts achieved during these last years on sanitation concerns in the city of Parakou, improve the rate of access to sanitation. However, the city have no concrete experiment on faecal sludge (FS) treatment. FS which are produced therein have never been completely characterised to make it possible to choose suitable treatment modes. This study has been realized within the framework of a project which aims to install a pilot faecal sludge treatment plant (FSTP), in order to fill this gap. It has been achieved using a gradual approach which include on the one

hand, bibliographical study focused on collection of existing data on this subject and basic information that are useful for the definition of sampling design (investigations, observations and sampling), and on the other hand laboratory analyses and, data processing. Results reveal that data on characteristics of raw FS of family pit latrines in general, and on their by-products in particular, are scarce in the literature. They show that in Parakou, raw FS of family pit latrines that are mobilizable for treatment purpose, are primarily consisted with human excretas that are mainly accumulated in pit latrines. Compared to data of literature, raw pit latrine FS of Parakou are indeed characteristic of family pit latrines (i.e little concentrated with typical values COD ranging between 1440 to 25000 mg O₂/l; and, typical BOD₅ values ranging between 500 to 8000 mg O₂/l).

However, they remain biodegradable (COD/BOD₅ ranging between 1 and 5) with VSM proportions ranging between 35 and 73% SM, showing that raw FS are not stabilized yet enough. The percolates appear as more diluted as those observed in the literature for typical tropical countries wastewaters, certainly because of water addition to raw FS that is done by FS transport operators, to facilitate mechanical aspiration. Despite of this dilution, the percolates do not meet rejection standards and require to be treated before. Deshydrated FS analyses results, emphasize that they are rich in nitrogen (C/N ranging between 0.03 and 0.06) and are still not stabilized (VSM > 50%); consequently, they are suitable for Co-composting with biodegradable fraction of urban solid waste. This study proposes a low cost method which makes possible to obtain, in situations where there is no FSTP, percolates that need to be characterized for the purpose of treatment ponds design.

Keywords: Faecal sludge, Sanitation, Percolate, Parakou.

1. Introduction et justification

A la faveur d'un contexte stratégique mondial axé sur les Objectifs du Millénaire pour le Développement dont l'une des ambitions clairement affichées a été de : *réduire de moitié à l'horizon 2015, le nombre de personnes n'ayant pas accès à des infrastructures d'assainissement de*

base, la ville de Parakou bénéficie aujourd'hui encore, de nombreux programmes orientés vers l'équipement des communautés en ouvrages d'assainissement de base. Ceux-ci ont permis de relever à 62%, en 2014, la proportion de ménages disposant d'infrastructure d'assainissement individuel (EAA, 2014). Mais la question du devenir des boues issues des vidanges de ces ouvrages d'assainissement individuel n'est pas encore résolue. Comme la plupart des villes béninoises, la ville de Parakou ne dispose d'aucune expérience en matière de traitement des boues de vidange (BV). Elle dispose d'une station de traitement de boues de vidange (STBV) qui n'a pas été exploitée depuis sa mise en place en 2000 et, dont les environs sont actuellement envahis par des habitations humaines. De l'analyse du rapport technique de ladite station (MEHU, 2000), il ressort que celle-ci a été dimensionnée sur une base théorique à l'aide de données de la littérature, sans caractérisation préalable des BV de Parakou, ni de leurs sous-produits. Cette situation d'absence de STBV, favorise le dépotage anarchique des 9280 m³ de BV qui sont annuellement produites (EAA, 2014) et qui exposent les populations aux maladies hydro fécales (choléra, fièvre typhoïde et paratyphoïde, shigellose, hépatites, méningites, poliomyélites, gastro-entérites, Cryptosporidioses, amibiases, giardiasis, ...).

Le présent article présente les résultats de la caractérisation des BV brutes de Parakou et de leurs sous-produits, réalisée dans le cadre d'un projet visant à mettre en place une expérience pilote de traitement des BV de Parakou.

2. Cadre de l'étude

La ville de Parakou (figure 1) est située à une altitude moyenne de 350 m, entre 9°15' et 9°27' de latitude Nord et 2°31' et 2°45' de longitude Est. Elle couvre une superficie de 441 km², avec une population estimée à 255 478 habitants en 2013 (INSAE, 2015), soit une densité démographique de 579 habitants/Km².

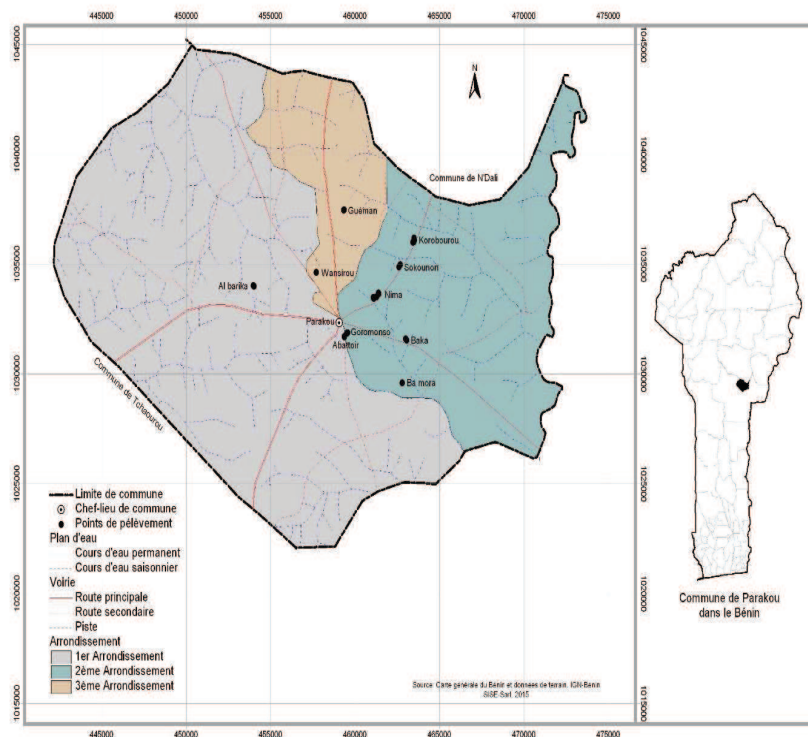


Figure 1. Localisation de la ville de Parakou sur la carte du Bénin (à droite) et, présentation des points d'échantillonnage à Parakou (à gauche)

Le modèle de système d'assainissement rencontré est du type " individuel" avec, une gestion séparée des excréta d'une part, et des eaux usées ménagères et de douche d'autre part. Le type d'ouvrage de gestion des excréta prépondérant varie selon le types de producteurs : on observe une prépondérance des latrines chez 91% des 62 % de ménages qui disposent d'au moins un ouvrage d'évacuation des excréta et seulement 8% correspondent à des fosses septiques (EAA, 2014). La prépondérance des latrines comme ouvrage de collecte des excréta est également relevée au niveau des marchés (87% dispose de latrines), au niveau de toutes les gares routières, au niveau des tous les 19 complexes sanitaires publics que compte la ville, au niveau de toutes les écoles et universités, ainsi qu'au niveau des formations sanitaires (93%). Les fosses septiques sont prépondérants au niveau des hôtels et des auberges, des formations sanitaires (EAA, 2014). Pour ce qui concerne les eaux usées et sans compter les disparités existantes entre les quatre zones d'assainissement, à l'échelle de la commune, 30% seulement des ménages disposent d'équipements adéquats d'évacuation des eaux usées, alors que 15% de la population les rejettent dans les

caniveaux et le reste (soit 55%) les rejettent dans la rue et les parcelles vides. La collecte des eaux usées par des ouvrages (fosses septiques et puisards) paraît toujours faible auprès des autres types de producteurs (0% des places publiques, 0% des gares routières, 13% des marchés et 16% des restaurants, 50% des mosquées), sauf au niveau des hôtels (82% des hôtels), des auberges (80%) et des formations sanitaires (93%) (EAA, 2014).

3. Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre pour caractériser les boues de vidange de Parakou comporte trois composantes majeures.

3.1. Recherche documentaire

Elle a permis de rechercher dans les travaux existants, les informations disponibles sur l'assainissement et la gestion des boues de vidange à Parakou et plus particulièrement sur les caractéristiques et les quantités de ces boues de vidange.

3.2. Travaux de terrain

Ils comprennent deux aspects :

Les enquêtes et les observations: réalisées à l'aide d'une fiche d'enquête, elles ont permis d'identifier, le profil des clients desservis, les types d'ouvrage vidangés, la méthode de la vidange mécanique, les zones actuelles de dépotage des boues de vidange et les fréquences des vidanges effectuées par les clients.

La campagne d'échantillonnage: réalisée sur les lieux de dépotage (planche 1-a) pour les boues brutes et, sur les pilotes en PVC installées pour les besoins de l'étude à Parakou pour ce qui concerne le percolât et les boues déshydratées (planche 1-b), cette première campagne effectuée en saison pluvieuse a couvert quatre semaines durant lesquelles toutes les boues vidangées au niveau des ménages ont été prises en compte soit, trente échantillons. Les pilotes de déshydratation (en PVC) ont été conçus et installés sur place dans le cadre de la présente étude (planche 1-b) pour pallier à l'inexistence, au Bénin, d'une STBV fonctionnelle sur laquelle l'on aurait pu mobiliser les données relatives au percolât et aux boues déshydratées. Ils simulent le fonctionnement des filtres de déshydratation.



Planche 1: Séances de prélèvement d'échantillons (a) de boues de vidange brute; (b) de percolât

Prise de vues : Liady M. N. D., Août, 2015

➤ *Catégorisation des échantillons*

Trois types d'échantillons ont été pris en compte: boues de vidange brutes, boues de vidange déshydratées, et percolât. Une telle catégorisation a permis de mobiliser des données pour le dimensionnement respectivement: des filtres de déshydratation des boues brutes, des aires de co-compostage destinées au traitement des boues déshydratées, et des bassins de lagunage destinés au traitement du percolât.

➤ *Prélèvement et conditionnement des échantillons*

Les échantillons de boues brutes ont été prélevés comme indiqué par Klingel *et al.* (2002), directement pendant la décharge sur le site de dépotage pour garantir leur représentativité. Sur chaque camion-citerne de vidange, quatre sous-échantillons de 0,5 litres sont prélevés en raison de: un au début du dépotage, deux au milieu du dépotage, et un dernier à la fin du dépotage.

Les quatre sous-échantillons sont ensuite mis ensemble pour former un échantillon composite.

Les échantillons prélevés sont aussitôt conditionnés à l'aide d'accumulateurs de froid dans des boîtes de congélation, puis envoyés au laboratoire pour les analyses.

3.3. Analyses au laboratoire

Les paramètres physico-chimiques mesurés au laboratoire, sont ceux qui peuvent permettre de: (1) comprendre les caractéristiques des BV brutes et de leurs sous-produits vis-à-vis de leur décantabilité et de leur stabilité, (2) proposer les procédés de traitement adaptés et, (3) dimensionner les ouvrages requis pour le traitement du percolât et des boues déshydratées.

Les paramètres communs analysés sur les trois types d'échantillons comprennent :

- la **Matière Sèche** (MS) et la **Matière Volatile** (MV) qui indiquent le degré de stabilisation de la boue de vidange. Les valeurs élevées de MV montrent qu'une proportion importante de matières organiques (généralement considérée comme biologique) subsiste dans la boue.
- la **Demande Chimique en Oxygène** (DCO) et la **Demande Biochimique en Oxygène** en cinq jours (DBO₅) dont le ratio DCO/DBO, indique le degré de biodégradabilité des boues et donc de la possibilité d'envisager des traitements biologiques.
- la teneur en œufs d'helminthes, en tant qu'indicateurs de contamination fécale. Elle permet de justifier la nécessité ou non, de prévoir un procédé de désinfection dans la filière de traitement.

Des analyses spécifiques ont également été faites selon le type d'échantillon. Ainsi, il a été analysé :

- sur les boues brutes : l'**indice de boues** (ou Sludge Volume Index (SVI) en anglais), qui indique la décantabilité des boues et montre, le cas échéant, si une importante réduction de volume peut être observée dans un bassin de Sédimentation/Décantation.
- sur le percolât :
 - o les Matières en Suspension (MES) et, les Matières Volatiles en Suspension (MVS) qui indiquent le degré de stabilisation de la boue de vidange;
 - o la teneur en **Coliformes fécaux**, constitue un critère de dimensionnement des bassins de maturation essentiellement destinés à la désinfection de l'eau épurée;
 - o l'azote ammoniacal et l'azote kjeldahl, permettent d'apprécier la disponibilité en source d'azote pour la croissance des biomasses épuratrices.

- Sur les boues déshydratées: le **Carbone organique total** et l'**azote organique total** dans la perspective d'un co-compostage d'une part, avec la fraction biodégradable des ordures ménagères, d'autre part, afin d'analyser la cohérence entre les ratios nécessaires et les ratios disponibles. En effet, Le ratio C/N donne des indications sur l'équilibre trophique de la masse en compostage.

Le **pH** est mesuré par la méthode potentiométrique à l'aide d'une sonde préalablement calibrée, composée d'une électrode de verre et d'une électrode de référence (AFNOR 90-008 de Février 2001). La méthode est basée sur une mesure de la différence de potentiel existant entre les deux électrodes suscitées.

L'indice de boues est déterminé en versant 125 à 500 ml de boue brute que l'on complète à 1 L à l'aide du surnageant de la boue (selon un facteur de dilution bien déterminé) dans une éprouvette 1 L ; le tout est bien homogénéisé et laissé décanter pendant 30 minutes. Au bout des 30 minutes, on note la hauteur (V_{30}) exprimée en ml, du voile de boue.

Parallèlement, la teneur en Matière Sèche (MS) exprimée en g est déterminée sur le même échantillon. L'Indice de Boue (IB) est obtenu en calculant le ratio: $IB = \frac{V_{30}}{MS \cdot f}$ où f désigne, le facteur de dilution.

Les Matières Sèches (MS) et les **Matières Volatiles Totales (MVT)** sont déterminées conformément à la procédure NF T 90-029 d'août 2002. Un échantillon de 100 ml est évaporé au bain marie, puis son résidu est déshydraté dans une étuve à 105 °C pendant 2 heures. Au bout de ce temps, l'échantillon ainsi déshydraté est d'abord acclimaté aux conditions du laboratoire en le maintenant dans un dessiccateur, puis il est pesé pour déterminer la teneur en MS (en mg/l). Pour déterminer les MVT, l'échantillon déshydraté est calciné au four à 525 ± 25°C pendant deux heures, puis la cendre qui en résulte est d'abord acclimatée (pendant 1 heure dans un dessiccateur) aux conditions de laboratoire, avant d'être pesée. Les MVT, correspondent alors au résultat obtenu en ôtant de la masse de l'échantillon déshydraté, celle de la cendre résiduelle. **La DCO** est déterminée par la méthode à reflux et du dosage volumétrique suivant la norme NF T 90-101 de février 2001.

La **DBO₅** est mesurée par la méthode manométrique (oxytop) suivant la norme NF EN 25 663 de janvier 1994. L'**azote total Kjeldahl** correspond à la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique. Il est déterminé par la méthode volumétrique suivant la norme NF T 90-110 de janvier 1994. L'**azote ammoniacal** est déterminé, par la méthode volumétrique suivant NF EN 25 663 de janvier 1994 (NF T 90-110). L'**azote organique** est déterminé par calcul, en ôtant l'azote ammoniacal de l'azote kjeldahl. Le **Carbone Organique Total** est déterminée par spectrométrie d'absorption moléculaire en utilisant de Kits de minéralisation. Les **coliformes fécaux** sont déterminés par dénombrement après filtration sur membrane, suivant NF EN 9308-1 de Septembre 2000. Les **Œufs d'Helminthes** sont déterminés par la méthode diphasique suivant XP X33-017 de juillet 2004. Les méthodes diphasiques impliquent la mise en présence de deux phases liquides non miscibles, l'une aqueuse (dont la densité est inférieure à celle des éléments parasitaires) et l'autre constituée par un solvant lipophile (éther le plus souvent). Le prélèvement est trituré dans la solution aqueuse, puis émulsionné avec le réactif lipophile. Après centrifugation, seul le culot est analysé macroscopiquement.

4. Résultats

4.1. Profil des individus de l'échantillon, types d'ouvrage vidangé et âge des boues

Toutes les boues vidangées par camion-citerne durant la présente étude ont été prises en compte dans notre échantillon d'étude. 96% d'entre elles proviennent des latrines familiales et seules 4% provient d'un puisard familial. Le nettoyage annuel est souvent effectué à l'eau. Il s'agit en majorité, de boues d'au moins une année, comme illustrée sur la figure 2.

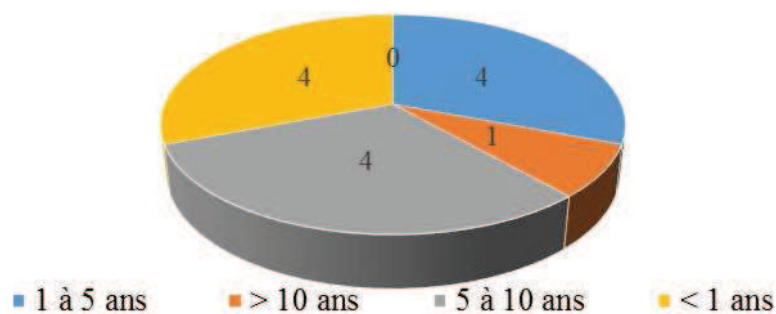


Figure 2. Structure des âges des boues

Source : Données de la présente étude

Méthode de la collecte/vidange mécanique des boues

La collecte mécanique des BV s'effectue en quatre importantes étapes qui sont respectivement :

- ✓ l'ajout systématique d'eau aux boues dans les latrines (Planche 2-a);
- ✓ leur homogénéisation à l'aide d'un bâton muni de clous sur sa partie inférieure;
- ✓ l'enlèvement des déchets et autres éléments retrouvés dans les boues (planche 2-b), afin d'éviter le bouchage du tuyau d'aspiration et de la pompe ;
- ✓ l'aspiration des boues.



Planche 2. Illustration de l'ajout d'eau (a) et homogénéisation des boues (b) dans une latrine avant leur aspiration dans un camion-citerne

Prise de vue : Liady M. N. D., Août, 2015

Caractéristiques des boues brutes

Le tableau I présente les caractéristiques boues brutes analysées à Parakou, et celles retrouvées dans la littérature sur d'autres villes africaines.

Tableau I. Caractéristiques des boues de vidange brutes de Parakou et celles de la littérature

<u>Para mètre</u>	<u>Unité</u>	Cette étude		Littérature			<u>Réf</u>
				Type d'ouvrage			
		n	Valeur	Toilette publique	Fosse septique	Latrine	
DCO	mg O ₂ /L	26	1440 à 76800	20000 à 50000	< 10000	-	(1)
				-		12467 ± 12045	(2)
				-	7100	-	(3)
				-	15700	-	(4)
				-	7800	-	(5)
				-	13500	-	(6)
DBO	mg O ₂ /L		500 à 23000	-	-	2126 ± 1480	(2)
				-	-	-	
				-	1453 ± 1237	-	(2)
DCO/ DBO	-		2 à 5	2 à 5	5 à 10	5,8 ±3,3	(2)
MS	g/L		1 à 106	≥ 30	≈ 7	-	(1)
MVS	%MS		21-71	-	57	58	(2)
Œufs d'hel minth es	Nbre /100 mL		r.n.	20000 à 60000	≈ 4000	-	(1)
SVI	cm ³ /g		27±19	-	24±11	25±8	(2)

Source : Données de la présente étude

n: nombre d'échantillons ; Réf : Référence ; rn : recherche négative

(1) Strauss *et al.* (1997) et Mara (1978) cité par EAWAG/SANDEC (1998); (2) Bassan *et al.* (2013) ; (3) Vonwiller (2007) cité par Bassan *et al.* (2013); (4) Walker (2008) cité par Bassan *et al.* (2013) ; (5) Heinss *et al.* (1999) cité par Bassan *et al.* (2013); (6) Koné et Strauss 2004 cité par Bassan *et al.* (2013).

Seule la distribution des fréquences relatives à l'indice de boues est gaussienne (figure 3). Les distributions de fréquences observées n'étant pas gaussienne pour la DCO, la DBO₅, les MS et les MVS, les données relatives à ces paramètres ont été décrites par rapport à leur dispersion autour de leurs valeurs médianes respectives comme illustré sur la figure 4, pour les MS.

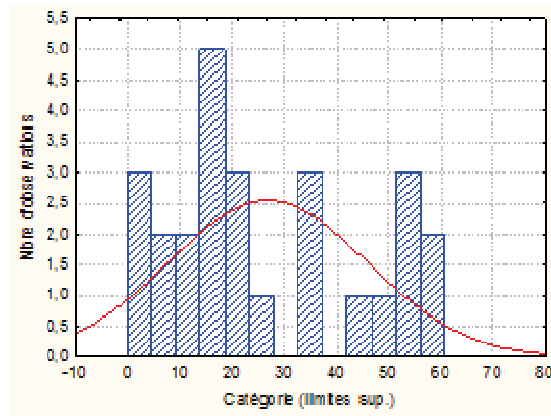


Figure 3. Analyse de normalité de la distribution des observations relatives au SVI (Kolmogorov-Smirnov, $d = 0,198$, $p < 0,20$; Test du $\chi^2 = 3,07$, $dl = 1$ (ajustés), $p = 0,08$)

Source : Données de la présente étude

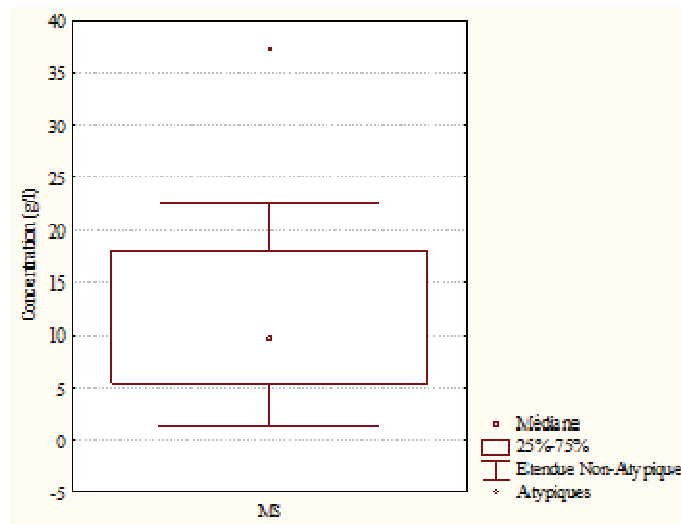


Figure 4. Dispersion des valeurs de concentration en MS

Source : Données de la présente étude

En général, pour tous ces paramètres dont les distributions observées ne sont pas gaussiennes, on observe une grande dispersion des valeurs mesurées autour de la valeur médiane avec cependant, des valeurs typiques qui se dégagent. Ainsi, les valeurs typiques des teneurs en MS observées sont comprises entre 1 et 23 g/l (figure 4) ; plus de la moitié des échantillons analysés présentent des valeurs de MVS comprises entre 35 et 73% témoignant ainsi que ces boues ne sont pas encore assez stabilisées.

Les échantillons de boues brutes étudiés à Parakou sont **relativement peu concentrés** avec 92% des échantillons étudiés possédant les valeurs typiques de DCO généralement comprises entre 1420 à 25000 mg d'O₂/l et, des valeurs typiques de DBO₅ généralement comprises entre 500 à 8000 mg d'O₂/l. Toutefois, ces boues sont encore **biodégradables** (DCO/DBO compris entre 1 et 5 pour tous les échantillons étudiés, à l'image des boues de toilettes publiques, traduisant ainsi que la fraction biodégradable des matières organiques n'est pas encore complètement oxydée biologiquement. Les boues de vidange de Parakou sont également bien décantables avec une valeur moyenne d'indice de boues de 27±19ml/g. Les recherches d'œufs d'helminthe n'ont pas été fructueuses, en raison peut-être du temps écoulé avant l'analyse des échantillons (au moins 24 h), du fait de la distance entre les lieux de prélèvement (Parakou) et le laboratoire où ils sont analysés (Cotonou).

Les dilutions observées pourraient s'expliquer par les quantités importantes d'eau ajoutées aux boues sur place dans les latrines, avant de les aspirer (photo 2).

Caractéristiques du percolât

Le tableau II, présente les caractéristiques du percolât des boues de vidange, mesurées sur deux échantillons de Parakou, ainsi que les valeurs retrouvées dans la littérature.

Sur les échantillons étudiés, l'analyse des données montre par rapport aux BV brutes, un abattement des concentrations en DCO et en DBO₅, de l'ordre de 94% en moyenne, alors que le rendement sur les MVS est plutôt négatif (-8% en moyenne). Les percolâts des BV des latrines familiales obtenus dans notre cas, sont généralement plus dilués que ceux observés dans la littérature sur les percolâts des boues de fosses septiques et de toilettes publiques (Koné *et al.*, 2007; IWMI et SANDEC, 2002), concernant leurs teneurs en matières oxydables (DCO et DBO₅ et azote kjeldahl).

Ils paraissent aussi plus dilués, que les eaux usées typiques des pays tropicaux (Mara, 1978 cité par Heinss *et al.*, 1998), mais pas assez dilués pour satisfaire aux normes de rejet et, requièrent d'être traités préalablement à leur rejet dans le milieu naturel. Enfin, de nombreuses larves non identifiées ressemblant à *Giardia lamblia* ainsi qu'une flore importante non identifiées de bactéries ont également été observées.

Tableau II. Caractéristiques des percolât des boues de vidange de Parakou et de la littérature

Paramètre	Unité	Cette étude		Littérature					Norme (Bénin et OMS)
		n	Valeur	Type				Réf.	
				Toilette publique	Fosse septique	Latrine	Eaux usées		
DCO	mg O ₂ /L	26	517 à 1420	4600 (ec)		-		(1)	125
				2218 (e.c)		-		(2)	
						-	500 à 2500	(3)	
DBO	mg O ₂ /L		190 à 550	1110 (ec)		-	-	(1)	25
				560 (e.c)		-	-	(2)	
DCO/D BO	-		3	4,14		-	-	(1)	-
				3.96		-	-	(2)	
				-		-	2	(3)	
N- Kjeldah l	mg N/L		246 à 851	286 (e.c)		-	-	(2)	15
N-NH ₄ ⁺	mg N/L		8,46 à 15,12	180 (e.c)		-	30 à 70	(3)	
MES	g/L		0,10 à 0,44	0,45 (e.c)		-		(1)	0,035
				0,38		-	0,2 à 0,7	(3)	
MVS	%MES		67 à 69,4			-			
Colifor mes fécaux	Nbre /100mL		1,23E5 à 1,16E5	1,3E+05 (e.c)		-		(2)	1000
pH			7,7 à 8,1	8,4 (e.c)		-		(2)	6 à 9
				8,05 (e.c)		-		(1)	
Œufs d’helmi nthes	Nbre /100mL		r.n	0 (e.c)		-	300 à 2000	(3)	-

Source : Données de la présente étude

ec: échantillon composite ; n: nombre d'échantillons ; Réf : Référence ; r.n : recherche négative

(1) Koné *et al.* (2007) sur des mélanges boues de fosses septiques et de boues de latrines publiques ; (2) IWMI et SANDEC (2002) sur des mélanges boues de fosses septiques et de latrines publiques ; (3) Mara (1978) cité par Heinss *et al.* (1998).

Caractéristiques des boues déshydratées

Les résultats des analyses des boues déshydratées (photo 2), sont présentés dans le tableau III.



Photo 2 : Echantillon de boues déshydratées obtenu sur un pilote de déshydratation mis en place dans le cadre de cette étude
Prise de vue : Liady M. N. D., Août, 2015

Tableau III. Caractéristiques des boues déshydratées de Parakou et de la littérature

Paramètres	Unité	Cette étude		Littérature			
		n	Valeur	Type			Réf
				Toilette publique	Fosse septique	Latrine	
DCO	mg O ₂ /g	2	61,23 à 114,39	-	-	-	-
DBO	mg O ₂ /g		26 à 27	-	-	-	-
DCO/DBO			2 à 4	-	-	-	-
MS	mg/g		244 à 463,20				(1)
MS	% Boues brutes		24,4 à 46,2	18 à 50			-
MV	% MS		51,7 à 75,9	42 à 72 (n=3)			(1)
pH	-		7,48 à 7,71	-	-	-	-
Œufs d'helminthe	Nbre /100mL		rn à 1	-	-	-	-
Carbone Organique Total	mg C/g		19,30 à 29,36	-	-	-	-
	%MS		1,9 à 2,9	-	-	-	-
Azote organique total	mg N/g		448 à 696,39	-			-
	%MS		44,8 à 69,6	≈ 3%			(1)
N-Kjeldahl	mg N/g		477,66 à 700	≈4,45E-3 à 13,05E-3			-
C/N	-		0,03 à 0,06	28			(1)

Données de la présente étude
 (1) IWMI et SANDEC (2002)

Les caractéristiques des deux échantillons des boues déshydratées font ressortir que celles-ci sont peu à pas stabilisées ($DCO/DBO_5=2$ à 4 et $MV=51,7$ à $75,9\%$ MS, 97% environ de l'azote oxydable total) avec des risques de comporter des germes pathogènes (les recherches n'ont pas été fructueuses sur les deux échantillons étudiés ici).

Discussions

Des boues brutes caractéristiques des latrines familiales

Les données sur les caractéristiques des boues de vidange de latrines familiales considérées séparément, sont rares dans la littérature en général (tableau II). Cette réalité est due au fait que dans la plupart des villes africaines sur lesquelles des travaux ont porté sur les boues de vidange, on observe une prépondérance des fosses septiques et des toilettes publiques comme ouvrages d'assainissement de base, ce qui n'est pas le cas de Parakou. Mais cette réalité peut également traduire l'état général du non développement du traitement des boues de vidanges dans les pays du sud. A notre connaissance, seuls Bassan *et al.* (2013) ont considéré séparément les boues de vidange des latrines familiales. Les teneurs en DCO, en DBO_5 , en MVS et les valeurs d'indices de boues observées dans cette étude, sont plus proches de celles rapportées par ces auteurs sur les boues de vidanges des latrines de la ville de Ouagadougou (Burkina-Faso), que sur celles des toilettes publiques rapportées dans la littérature (tableau I). Les données de la présente étude confirment par ailleurs non seulement l'existence d'une variation intrinsèque entre les échantillons comme relevé notamment par Montangero et Strauss (2002), etc., mais aussi la différence marquée entre les caractéristiques des boues de vidange de toilettes familiales et, celles des toilettes publiques et des fosses septiques (Bassan *et al.*, 2013, et les références qui y sont citées). La pratique d'ajout d'eau aux boues de vidange des latrines familiales sur place dans leurs fosses, avant leur aspiration mécanique, a également été signalée par Bassan *et al.* (2013) et n'est donc pas spécifique aux vidangeurs de Parakou. Cette pratique est donc certainement liée à la vidange mécanique des boues des latrines familiales qui, compte tenu de leur temps de séjours, ont tendance à s'épaissir considérablement dans leurs couches profondes.

Caractéristiques des percolât des latrines familiales et méthode de leur obtention en l'absence de STBV fonctionnelle

Aucune donnée relative aux percolât des boues de vidange de latrines familiale n'a été trouvée dans la littérature. Cela serait certainement dû, comme signalé précédemment, au fait que dans la plupart des villes africaines sur lesquelles des travaux ont porté sur les boues de vidange, les fosses septiques et les toilettes publiques sont plus prépondérantes. Mais cela pourrait aussi être dû à la difficulté de mobiliser ce type d'information, là où il n'existe pas de STBV fonctionnelle. Ainsi, au regard de cette situation de manque d'information sur les caractéristiques des percolâts de boues de vidange de latrines familiales, quoique le nombre d'échantillons de percolâts considérés dans cette étude ($n=2$) soit très faible pour permettre de procéder à une inférence statistique, les résultats obtenus ici sont importants à considérer car, ils donnent une idée sur les caractéristiques de ce type de percolât.

La démarche mise en œuvre pour obtenir ces données en l'occurrence, l'utilisation de pilotes en PVC qui simulent le fonctionnement d'un filtre de déshydratation (planche 1-b), constitue un exemple à suivre dans de telles situations où il n'y a pas de STBV fonctionnelle, pour obtenir ces types de données nécessaires au dimensionnement des ouvrages de traitement du percolât. A notre connaissance, la présente étude est la première à proposer une telle alternative. Les seules données trouvées dans la littérature portent sur les percolâts des boues de vidange de fosses septiques et de toilettes publiques (Heinss *et al.* (1998), et sont présentées sous la forme de rendement d'abattement de la DCO, de l'ammonium (NH_4^+), des œufs d'helminthes et des MES. Elles montrent des résultats d'abattement de la DCO des boues brutes de fosses septiques et de toilettes publiques, obtenus suite à leur déshydratation sur des filtres non plantés (70 à 90%) similaires à ceux obtenus dans la présente étude, suite à la déshydratation des boues brutes de latrines familiales sur pilotes en PVC (94% en moyenne), confirmant ainsi la fiabilité de l'usage de pilotes en PVC pour obtenir des percolâts de boues, pour des fins de caractérisation.

Sous réserve de disposer des données sur un nombre d'échantillon plus important, on observe que les percolâts des latrines familiales sont relativement plus dilués que les eaux usées typiques des pays tropicaux; cette dilution est certainement liée à l'ajout d'eau, effectuées par les vidangeurs, aux boues brutes, pour faciliter leur aspiration mécanique.

Boues déshydratées adaptées pour le co-compostage

Le faible rapport C/N (0,04 à 0,06) observé sur les boues déshydratées prouve leur grande richesse en azote organique qui a pour conséquence d'occasionner une production d'azote ammoniacal responsable d'odeurs nauséabondes, si ces boues déshydratées devraient être compostées seules. Sachant que les bactéries hétérotrophes intervenant dans le compostage utilisent l'azote essentiellement, pour leur constitution tout en ayant également besoin d'une source de carbone pour satisfaire leurs besoins en énergie et leur croissance à hauteur respectivement de 60 à 71% et 29 à 40% des besoins totaux en carbone (Skyes, 1975), il apparaît clairement que la vitesse de minéralisation (biologique) des boues brutes seules, risque d'être limitée par le faible contenu en carbone organique. Cette réalité oriente vers le choix d'un co-compostage avec des déchets biodégradables plutôt riches en carbone organique ($C/N > 30$) et en éléments structurant favorables aux échanges gazeux tels que les déchets ménagers ou les résidus agricoles contenant des branchages. Le choix du co-compostage comme mode de traitement d'hygiénisation, se justifie également par la richesse de ces boues déshydratées en matières volatiles ($MV=51,7$ à $75,9\%$ MS) généralement assimilées à la biomasse active dans la minéralisation biologique.

Conclusion

La présente étude permet de faire la lumière sur les caractéristiques des boues de vidange de Parakou en particulier, et contribue à la connaissance des caractéristiques des boues de vidange des latrines familiales qui sont un type particulier d'ouvrage d'assainissement de base, sur lequel, les données ne sont pas abondantes dans la littérature. Tout en apportant les premières données sur les caractéristiques des percolâts des boues de vidange de latrines familiales, elle propose à travers les pilotes en PVC utilisés, une méthode originale pour mobiliser à faible coût, ce type d'informations dans des situations où l'on ne dispose pas de STBV fonctionnelle.

Elle apporte, des données essentielles pour choisir les procédés de traitement adapté et, pour dimensionner les ouvrages de traitement requis.

Remerciements

Les auteurs expriment leur profonde gratitude au département Développement Communautaire et Assainissement du Milieu, de l'ONG-BETHESDA qui a financé la réalisation de la présente étude.

Références bibliographiques

Bassan M., Tchonda T., Yiougo L., Zoellig H., Mahamane I., Mbégué M., et Strande L. (2013). Characterization of faecal sludge during dry and rainy seasons in Ouagadougou, Burkina Faso. 36th WEDC International Conference, Nakuru, Kenya.

EAA. (2014). Rapport sur l'état des lieux dans le cadre de l'appui à l'élaboration du plan directeur d'assainissement de la ville de Parakou. Rapport d'étude.

Heinss U., Larmie S. A. et Strauss M. (1998). Solids separation and pond systems for the treatment of faecal sludges in the tropics – Lessons learnt and recommendations for preliminary design. SANDEC report No. 5/98, Duebendorf.

INSAE. (2015). RGPH4 : que retenir des effectifs de population en 2013 ? République du Bénin.

IWMI et SANDEC. (2002). Co-composting of Faecal Sludge and Solid Waste. Preliminary Recommendations on Design and Operation of Cocomposting Plants based on the Kumasi Pilot Investigation.

Klingel F., Montangero A., Koné D. et Strauss M. (2002). Faecal sludge management in Developing Countries - A planning manual. Eawag, Dübendorf, Switzerland.

Kone, D., Cofie, O., Zurbrugg, C., Gallizzi, K., Moser, D., Drescher, S., Strauss, M. (2007). Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. *Water Research*, Vol.41 (19), pp. 4397-4402.

MEHU. (2000). Pour le traitement des boues de vidange de Porto-Novo et de Parakou. Rapport final rédigé par SETEM-Bénin.

Montangero A. et Strauss M. (1999). Transformation des excréta en compost - le cas de Niono au Mali. Rapport de consultation SANDEC / EAWAG - IWMI.

Skyes R. M. (1975). Theoretical heterotrophic yield. *Journal WPCF*, Vol.47 (3) 592 p.