



HAL
open science

Estimation du potentiel de production électrique par digestion anaérobie des déchets organiques à Bitchoua (Ouest du Cameroun) en vue du développement de l'électrification rurale

Eneckdem Tsopgni Vadel, Feumba Rodrigue Aimé, Louis Bernard Tchuikoua

► To cite this version:

Eneckdem Tsopgni Vadel, Feumba Rodrigue Aimé, Louis Bernard Tchuikoua. Estimation du potentiel de production électrique par digestion anaérobie des déchets organiques à Bitchoua (Ouest du Cameroun) en vue du développement de l'électrification rurale. 2022. hal-03544879v2

HAL Id: hal-03544879

<https://hal.science/hal-03544879v2>

Preprint submitted on 16 Mar 2022 (v2), last revised 9 May 2022 (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.

Estimation du potentiel de production électrique par combustion et par digestion anaérobie des déchets organiques à Bitchoua (Ouest du Cameroun) en vue du développement de l'électrification rurale

1- Eneckdem Tsopgni Vadel, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun, BP. 755

2- Feumba Rodrigue Aimé, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun, BP. 47

3- Tchuikoua Louis Bernard, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun, BP 47, Email : tchuikoua@yahoo.fr

RESUME

La présente étude a pour objectif d'estimer le potentiel de valorisation énergétique des déchets organiques produits dans la localité de Bitchoua (Ouest du Cameroun) ainsi que les émissions évitées de gaz à effet de serre en considérant que la production d'énergie permettrait de soustraire les émissions des déchets souvent abandonnés dans la nature. Ces évaluations ont été réalisées à partir des données spatiales disponibles, des enquêtes socio-démographiques et des estimations quantitatives des gisements de déchets appropriés à Bitchoua. Il ressort de l'étude que Bitchoua génère annuellement environ 39 250 t de déchets organiques par an, dont la valorisation énergétique permettrait de produire annuellement par méthanisation et combustion, environ 66 900 MWh de bioélectricité, ce qui correspond à plus de dix fois la consommation électrique actuelle de ce territoire. Cette valorisation permettrait d'éviter chaque année les émissions de plus de 53 731 t eq.CO₂ issues des déchets organiques au cas où ils seraient abandonnés dans la nature.

Mots-clés : Déchets organiques, Méthanisation, Bioélectricité, Gaz à effet de serre, Bitchoua.

ABSTRACT

The objective of this study is to estimate the potential for energy recovery of organic waste produced in the Bitchoua group (West of Cameroon) as well as the avoided emissions of greenhouse gases by considering that the production of energy would make it possible to subtract the emissions from waste often abandoned in nature. These assessments were made using available spatial data, socio-demographic surveys and quantitative estimates of appropriate waste deposits in Bitchoua. It appears from the study that Bitchoua generates approximately 39,250 t of organic waste annually, the energy recovery of which would make it possible to produce through methanization and combustion, approximately 66,900 MWh of bioelectricity annually, which corresponds to more than ten times of the current electricity consumption of this territory. This recovery would make it possible to avoid emissions of more than 53,731 t eq.CO₂ each year from organic waste in the event that it is abandoned in nature.

Keywords: Organic waste, Methanization, Bioelectricity, Greenhouse gas, Bitchoua.

Introduction

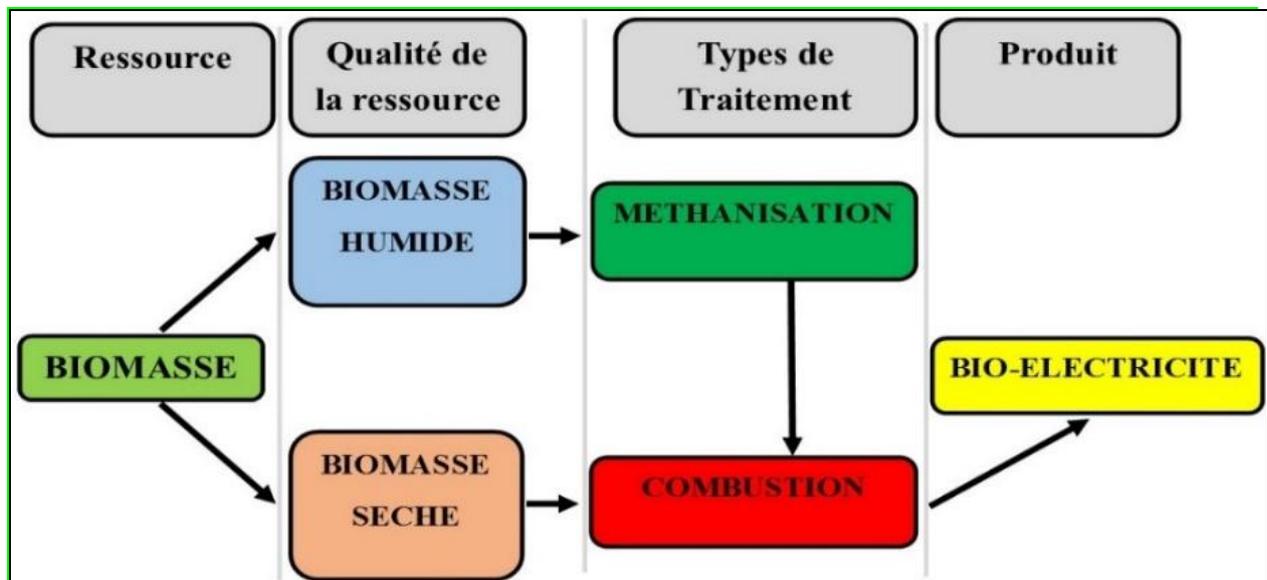
La demande d'énergie ne cesse d'augmenter dans le monde (Gras, 2007). Les énergies fossiles sont prépondérantes bien que leurs impacts environnementaux soient majeurs, notamment en termes d'impact global sur le dérèglement climatique. De très nombreux auteurs tels que Jancovici (2011) ou Dassonville (2015) encouragent le développement des énergies renouvelables et les systèmes énergétiques décarbonés. Le solaire et l'éolien sont les filières de production d'énergies renouvelables aujourd'hui les plus répandues (Tchouate, 2003). La conversion biologique anaérobie des déchets organiques est en plein développement. La combinaison de ces filières renouvelables peut permettre notamment aux

pays en développement de développer un mix énergétique durable pour réduire significativement leur consommation d'énergies fossiles (Tchouate, 2003), réduisant ainsi leur facture d'approvisionnement énergétique et les impacts environnementaux.

Les travaux sur les déchets organiques ont longtemps été orientés principalement vers les questions d'assainissement et de production de compost agricole (Ngnikam, *et al.*, 1997 ; Tanawa, *et al.*, 2000 ; Ngnikam et Tanawa, 2004 ; Sotamenou *et al.*, 2006 ; Rafrat et Kabil, 2006 ; Sotamenou, 2012 ; Tchuikoua, 2015 ; Feumba, 2017). Cependant, depuis la fin des années 1980, la recherche s'est penchée davantage sur la valorisation énergétique des déchets organiques (Badertsher, 2011 ; Demassej et Hugues, 2015 ; Vernier, 2017). Celle-ci peut être mise en place dans l'objectif de produire un vecteur ou une forme énergétique donnée (méthane, électricité, ...) ou une **production mixte** (chaleur + électricité) (Tchouate, 2003). Ces travaux ont essentiellement porté sur la paille (Faij *et al.*, 1997; Labalette et Jacquin, 2006 ; DREAL Centre, 2011). Notre étude a évalué les potentialités d'autres gisements de déchets organiques solides mobilisables, d'origines ménagères et agricoles.

A Bitchoua comme dans l'ensemble du milieu tropical, les déchets organiques solides ont une forte densité du fait de la grande proportion d'humidité et de matières fermentescibles (Ngnikam, *et al.* 1997, Tanawa, *et al.*, 2000, Tchuikoua, 2015). Leur valorisation permettrait de produire la bioélectricité, la bio-chaleur, des biocarburants (Vernier, 2017). Pour le cas de la valorisation électrique des déchets organiques, deux principaux procédés de traitement seraient envisageables : la combustion directe et la méthanisation, puis combustion (figure 1).

Cette mise en valeur répond à des enjeux multiples (écologiques, sociaux et économiques), et permet, d'apporter une solution durable au traitement des déchets organiques solides et aussi d'offrir une perspective d'électrification rurale durable par les énergies renouvelables.



Source : Enquête de terrain (2019)

Figure 1. Les procédés de valorisation électrique de la biomasse des déchets organiques solides

1. Cadre géographique de l'étude

Bitchoua est une localité rurale du Département du Ndé à l'Ouest du Cameroun. Ce village s'étend entre 4°59' et 5° 44' de latitude Nord et entre 10°36' et 10°40' de longitude Est, pour une superficie d'environ 40,58 Km² (Figure 2).

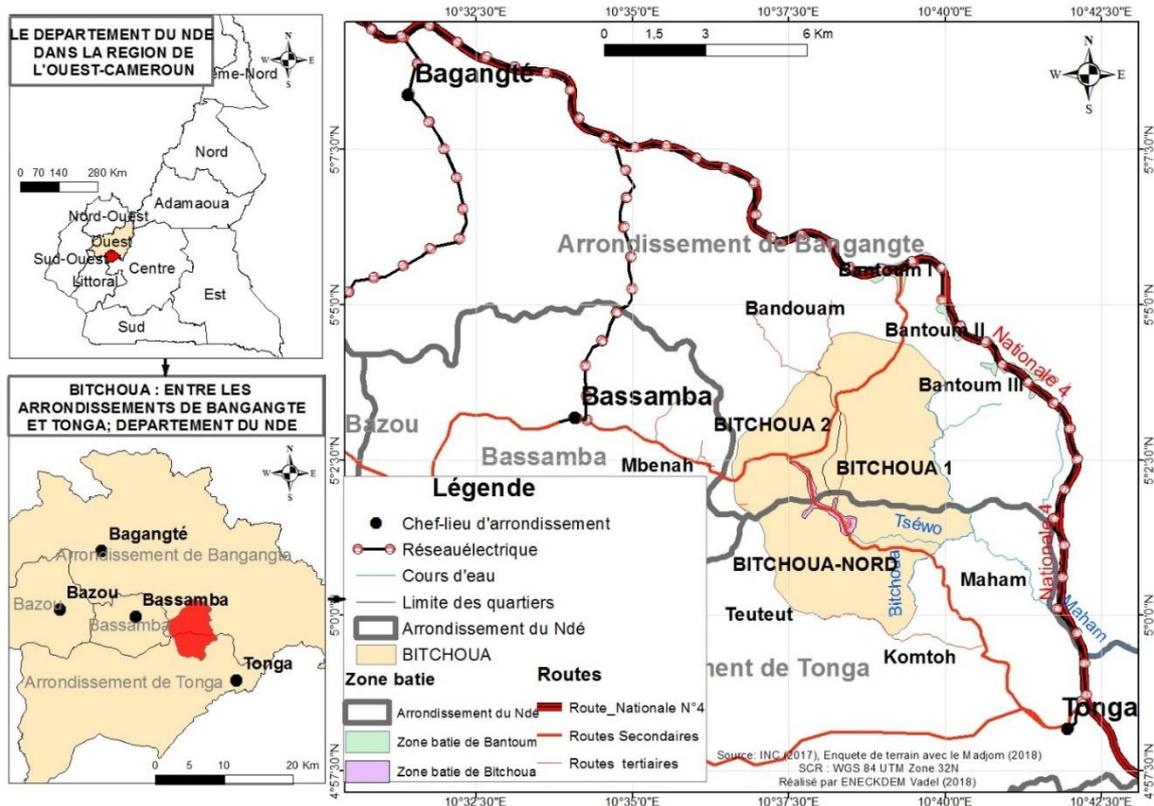


Figure 2. Territoire de Bitchoua et son réseau électrique

Source : INC (2017) et enquête de terrain (2018)

Située entre les communes de Bangangté et de Tonga, Bitchoua comptait en 2019 1306 habitants regroupés dans 282 ménages et répartis dans trois quartiers (Bitchoua 1, Bitchoua 2 et Bitchoua-Nord). Le territoire est traversé par une route en terre qui relie le village à la Nationale 4. Contrairement aux localités voisines traversées par le réseau d'électricité, le village de Bitchoua n'est pas électrifié. Cette situation serait liée à son éloignement par rapport au réseau (environ 7,5 km) et à l'histoire récente de cette localité. La consommation électrique annuelle de Bitchoua est pourtant de l'ordre de 566 316 kWh (Eneckdem, 2019) et augmente très rapidement suivant la croissance démographique, très rapide de Bitchoua, 3,6 %, bien supérieure à la moyenne nationale (Feumba 2002). Pour satisfaire cette consommation, les populations ont recours principalement à des groupes électrogènes à essence ou au gazole.

Le présent article analyse en contexte de changement climatique, une solution alternative potentielle d'électrification autonome et durable du territoire qui par ailleurs se caractérise par une forte production agricole (principalement vivrière). Les résidus issus de cette production et de la consommation des produits alimentaires constituent un gisement potentiellement valorisable. Ces résidus sont actuellement, soit brûlés sur les champs pour éviter leur accumulation qui devient très souvent encombrante, soit enfouis sous la surface des terres agricoles. La valorisation énergétique de la fraction des gisements de matière organique actuellement abandonnés dans la nature pourrait apporter une contribution à l'électrification du territoire. Cette étude cherche aussi à estimer cette fraction.

2. Matériel et méthodes

2.1. Evaluation et quantification des déchets organiques solides de Bitchoua

La production des déchets ménagers organiques solides de Bitchoua a été évaluée en 2019 par des questionnaires administrés à l'ensemble des 282 ménages du territoire. Puis, un suivi complémentaire de terrain a été conduit directement auprès de tous les ménages. Ainsi, la production de déchets ménagers a été pesée tous les jours pendant deux mois (Janvier en saison sèche et Septembre en saison de pluies) à l'aide d'une balance ELSAY BR9098 ayant une portée de 180 kg et une précision de 1 kg. Les productions de déchets agricoles (élevage et cultures) ont quant à elles été estimées en évaluant d'une part les surfaces des principales cultures pratiquées, et d'autre part, les types d'élevage et le nombre d'animaux correspondants. Ces évaluations ont été faites avec le chef de poste agricole local. Les types et tailles de cultures ainsi que les animaux d'élevage ayant ainsi été évaluées, les résultats obtenus ont ensuite été multipliés par des facteurs de conversion moyens de production de déchets afin d'estimer la nature et les ordres de grandeurs de production quantitative de déchets agricoles mobilisables sur le territoire (Tchouate, 2003).

2.2. Choix des filières de valorisation énergétiques des déchets organiques solides à Bitchoua

Deux principales filières permettent de produire de l'électricité à partir des déchets organiques générés à Bitchoua : La conversion thermochimique (combustion notamment) et la conversion biologique (digestion anaérobie). Les deux filières permettent de produire par cogénération de la chaleur et de l'électricité, la première directement, la deuxième par production de méthane suivie de sa combustion (Gourdon et Bayard, 2001). La filière thermochimique est adaptée à la biomasse de type **ligno-cellulosique** à faible teneur en eau, alors que la méthanisation est plutôt adaptée à des déchets organiques humides biodégradables de types déchets de cuisine, déjections animales, déchets agricoles, etc. (Sotamenou, 2012).

Le potentiel énergétique des déchets par voie thermochimique est exprimé par le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI). Le pouvoir calorifique d'un combustible indique sa capacité à fournir une quantité de chaleur lors de sa combustion (RECORD, 2009). Une valeur moyenne de 4,475 MWh/t de déchets **à 17,4% d'humidité moyenne a été utilisée** dans nos calculs (DREAL Centre, 2011). **Pour le second procédé (combustion du méthane produit par digestion anaérobie), l'étude mobilise différents postulats d'estimation du potentiel en méthane, relevés dans des travaux de Rasi et al., (2007), Solagro et Inddigo (2013), Okonkwo et al., (2016) et Tanios (2017). Notons que ces facteurs de conversion varient en fonction du type de résidus traités. Par la suite, l'étude estime que la combustion du méthane fournirait environ 6,6 kWh par m³ (Sotamenou, 2012).** Partant du principe que dans la pratique, aucun système de transformation d'énergie ne s'effectue sans pertes (RECORD, 2009), le rendement de la production électrique est généralement 1/3 d'électricité pour 2/3 de chaleur.

2.3. Evaluation des émissions évitées de Gaz à Effet de Serre (GES)

Dans le paradigme actuel de gestion des déchets organiques à Bitchoua (décharges sauvages), d'importantes quantités de Gaz à Effet de Serre (GES) sont émises dans l'atmosphère. Or, la valorisation énergétique de ces déchets permettrait d'éviter ces émissions. Il est important de relever que l'option de valorisation électrique des déchets organiques proposée, permettrait également d'éviter les émissions dues jusqu'ici à la production d'électricité par les groupes électrogènes consommant des combustibles fossiles (essence, gazole). L'estimation de ce type de gain en émission de GES n'est pas intégré au présent article, qui se focalise uniquement sur les gains liés à la valorisation des déchets organiques. L'estimation de ces émissions évitées

(notamment le dioxyde de carbone et le méthane) par la valorisation électrique des déchets organiques est faite sur la base des facteurs de conversion tirés de la littérature et adaptés au contexte. S'inspirant des travaux de l'ADEME (2014), l'étude considère comme postulat d'émission que les déchets fermentescibles émettent environ 44 kg de CO₂/t et environ 53 kg de CH₄/t. Ainsi, on peut estimer l'émission en tonne équivalent CO₂ à l'horizon de 100 ans (t eq. CO₂/t), en considérant que 1 tCO₂ = 1 t eq. CO₂ et 1 tCH₄ = 25 t eq. CO₂.

3. Résultats et discussions

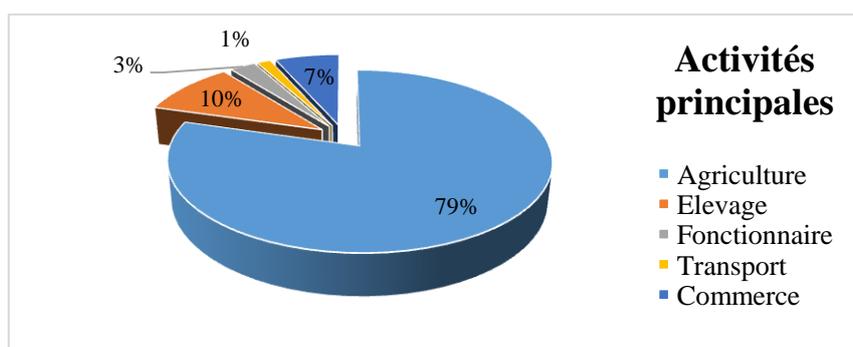
Les résultats de la présente étude sont présentés suivant les trois principaux centres d'intérêt abordés dans la section méthodologie ci-dessus.

3.1. Evaluation de la biomasse des déchets organiques de Bitchoua

La croissance démographique a usuellement pour corollaire l'accroissement de la production des déchets. A Bitchoua, on a surtout les déchets organiques agropastoraux et ménagers.

3.1.1. La biomasse des déchets agricoles

La population de Bitchoua exerce plusieurs Activités Génératrices de Revenus (AGR), dont l'agriculture (qui emploie 79 % de la population) demeure la plus importante (figure 3).



Source : Enquête de terrain (2019)

Figure 3. Activités principales pratiquées par les populations de Bitchoua

En raison de la prééminence de l'activité agricole, les résidus¹ des champs (tableau 1), régulièrement abandonnés sur le sol pour améliorer sa fertilité sont importants.

Tableau 1. Estimation de la quantité de résidus des principales cultures à Bitchoua

Cultures	Types de résidus considérés en général	Estimation de la production annuelle/tonnes (t)	Surface cultivée (en ha/an)	Postulat de rendement moyen en résidus (T/ha)	Quantité de résidus (T/an)
Arachide	Pailles	16	20	2,3	46
	Coques			0,5	10
Maïs	Tiges	3500	1300	2,2	2 860
	Rafles			0,25	325
Palmier à huile	Rafles	24	30	24	31 200
	Coques de noix			0,8	24
	Fibres			18	540
Légumineuses	Pailles	2	5	0,5	2,5
Cacao	Cabosse	160	200	2,6	520
Café Robusta	Balles	90	185	1,2	222
Manioc	Tiges	1 000	50	2,70	135
Tomates	Pailles	800	20	20,2	404
Ignames	Pailles	/	5	1,5	7,5

¹ Les résidus sont, tout « reste » ou matière « sans valeur », abandonné au champ après une campagne culturale.

Bananiers	Troncs et feuilles	100	20	20,0	400
Plantains	Troncs et feuilles	800	80	20,0	1 600
Total		6 492	1 945	116,75	38 296

Source : Adapté de Tchouate (2003) et Enquête de terrain (2019)

Il ressort de l'analyse des données de terrain que les déchets organiques agricoles produits à Bitchoua peuvent être estimés à environ 38 296 t/an. Contrairement à Labalette et Jacquin (2006) qui considèrent les graminées comme la principale source de production des déchets organiques, à Bitchoua, on a plus tôt une dominance des déchets de la culture du palmier à huile (31 764 t). Ceci, d'une part en raison de l'importante matière organique produite par cette culture et d'autre part, à cause de l'étendue des surfaces cultivées. Par la suite, viennent les déchets de la culture du maïs (3185 t) en raison des grandes surfaces cultivées, de la pluralité de campagnes de production (trois par an) et des modes de récolte rudimentaire.

3.1.2. La biomasse des déchets solides pastoraux

L'activité pastorale est dominée par l'élevage des poulets, des porcs et des chèvres qui génèrent des déchets organiques sous forme de déjections d'animaux ou fientes (tableau 2).

Tableau 2. Estimation de la production de déchets organiques solides pastoraux

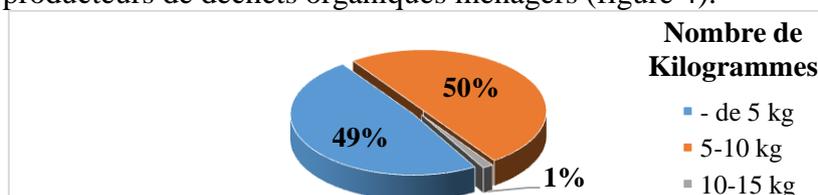
Estimation de la production de fientes et déjections			
Animaux	Effectif	Facteur de conversion : Fumier (t/tête/an)	Quantité Totale (en t)
Poulet de chair	480	0,3	144
Poulet « errants »	96	0,2	19,2
porcins (porcs)	83	2,8	232,4
Caprins (Chèvre/bouc)	47	0,6	28,2
Total	706	/	423,8

Source : Adapté de Rafrat et Kabil (2006) et Enquête de terrain (2019)

Le tableau ci-dessus rend compte de la production de déchets organiques pastoraux, sur la base des facteurs de conversion de la production de fumier par tête d'animaux d'élevage par an. Il ressort des analyses qu'on peut estimer la production de déchets organiques pastoraux de Bitchoua à 423,8 t/an, soit environ 1,16 t/ jour. Cette production est surtout tributaire de l'élevage porcin qui nécessite assez d'aliments et génère assez de déchets fermentescibles.

3.1.3. La biomasse des déchets ménagers

Généralement, la production des déchets organiques ménagers varie en fonction du niveau de vie et de la zone considérée (urbaine ou rurale), mais aussi des habitudes alimentaires (Sotamenou, 2012). A Bitchoua (milieu rural), on distingue différentes classes (par quantité de déchets) de producteurs de déchets organiques ménagers (figure 4).



Source : Enquête de terrain (2019)

Figure 4. Quantification de bio-déchets produit journalièrement par les ménages

Cette étude permet de distinguer le petit producteur (- de 5 kg), le moyen producteur (5 à 10 kg) et le gros producteur (10 et 15 kg). En croisant ces classes aux effectifs de ménages pour chaque catégorie, on peut estimer la production de déchets organiques ménagers pour la localité de Bitchoua (tableau 3).

Tableau 3. Production de déchets organiques par les ménages de Bitchoua

Quantité de déchets	Effectifs	Production journalière (en t)	Production annuelle (en t)
- de 5 kg	137	0,342	125,01

5-10 kg	141	1,057	385,98
10-15 kg	4	0,050	18,25
Total	282	1,450	529,25

Source : Enquête de terrain (2019)

La production de déchets organiques solides par les ménages de Bitchoua est estimée à environ 1,45 t/jour, soit environ 529,25 t/an. Avec une population de 1 306 habitants pour 282 ménages, le ratio de production de déchet montre que chaque ménage produit environ 5,14 kg/jour. Avec environ cinq personnes par ménage, la production de déchets organiques par habitant peut être estimée à 1,02 kg. Ce chiffre de production est largement au-dessus de la moyenne de production nationale par habitant (0,6 kg/habitant/jour) selon Sotamenou (2012). Ceci pourrait s'expliquer par la prééminence d'une alimentation en tubercule (d'une importante matière organique) et la faible sollicitation des produits importés (riz, spaghetti).

En gros, on peut estimer la production totale de déchets organiques (agricoles, pastoraux et ménagers) de Bitchoua à environ 39 249,05 t/an, soit un environ 107,53 t/jour. Cette production est dominée par le secteur agropastoral, qui est le principal pourvoyeur de ce type de déchets.

3.2. Potentialités de valorisation bioélectrique des déchets organiques solides à Bitchoua

3.2.1. Electricité susceptible d'être générée par combustion directe à Bitchoua

Les déchets mobilisables par combustion en raison de leur faible humidité sont : la paille, les rafles et cannes de maïs, les feuilles sèches, etc. (tableau 4).

Tableau 4. Les matières sèches mobilisables à Bitchoua pour la combustion

Combustibles	Types de résidus	Variétés	Quantité (T/an)
Granulés	Coques	Coque d'arachides	10
		Coques de noix	24
	Bales	Bales de café robusta	222
	Cabosse	Cabosse de cacao	520
Total			776
Pailles	Pailles	Pailles d'arachides	46,5
		Pailles de légumes	22,5
		Pailles de tomates	404
		Pailles d'ignames	9,5
Total			460
Rafles	Rafles	Rafles de maïs	325
		Rafles de palmier à huile	31 200
Total			31 525
Plaquettes	Tiges	Tiges de maïs	2 860
		Tiges de manioc	135
	Fibres	Fibre de palmier à huile	540
Total			3 535
36 296			

Source : Enquête de terrain (2019)

Ces différents combustibles qu'il serait possible de mobiliser à Bitchoua et valorisables par la combustion ont des potentiels énergétiques différents (tableau 5).

Tableau 5. Pouvoir énergétique potentiellement récupérable à partir de la combustion des matières sèches mobilisables à Bitchoua

Combustibles	PCI (humidité considéré)	Appareil	Quantité en tonne (t)	Energie récupérable (MWh)
Granulés (coques, bales, cabosses)	4,6 MWh/t (7,5 %)	Chaudière	776	3 569,6
Pailles	4,6 MWh/t (15 %)		460	2 219,5

Céréales (rafles)	5,7 MWh/t (12 %)		31 525	17 9692,5
Plaquettes (tiges, fibres)	3 MWh/t (35 %)		3 535	10 605
Total			36 296	195 983,1

Note : PCI= Pouvoir Calorifique Inférieur; MWh =Mégawattheure
Source : Adapté de DREAL Centre (2011) et Enquête de terrain (2019)

La combustion directe de la Matière Sèche (MS) locale (36 296 t) permettrait de livrer un PCI d'environ 195 983,1 MWh/an. Sur la base du postulat méthodologique formulé plus haut, il ne serait possible de récupérer que 1/3 de cette énergie pour des besoins de production électrique, soit environ 65 300 MWh/an. Ce qui représente un potentiel électrique fort important susceptible de soutenir l'électrification de la localité. Certes le potentiel serait fort intéressant, mais il faut souligner que l'approche de globalisation des postulats du PCI adoptée ici, aurait pour effet de surestimer les quantités d'énergie effectivement récupérable (Demasse et Hugues, 2015). En effet, on se rend compte avec Badertsher (2011), que le PCI ne saurait être globalisé. Il varie en fonction des propriétés du combustible (type de résidu, de la teneur en eau, etc.). Ce qui implique de mener des études assez affinées pour à l'avenir mieux se positionner sur la question.

3.2.2. Electricité livrable indirectement par la méthanisation

Le procédé de méthanisation cible les déchets à forte teneur en eau, estimés à environ 2 953,05 t/an. Ils seraient constitués de la mobilisation des déchets ménagers (529,25 t), des résidus des bananiers-plantains (2000 t) et des déchets pastoraux (423,8 t). Leur valorisation permettrait de produire de l'électricité, tout en réduisant leur toxicité et de produire un « digestat » stabilisé pour fertiliser les cultures. En prenant appui sur les travaux évoqués dans la méthodologie, contenant différents facteurs de conversion, on peut estimer le potentiel méthanisable de Bitchoua (tableau 6).

Tableau 6. Pouvoir énergétique potentiellement récupérable à partir de la méthanisation de la matière humide mobilisable à Bitchoua

Domaines	Types de déchets	Quantités de résidus (t)	Méthane en m ³ /t de résidus	Méthane en m ³	Énergie brute (kWh) 6,6 kWh/ m ³
Agricole	Résidus de bananiers	400	218	87 200	575 520
	Résidus de plantain	1 600	218	348 800	2 302 080
Pastoral	Fumier Volailles	163,2	192	31 334,4	206 807
	Fumier Caprins	28,2	184	5 188,8	34 246
	Fumier Porcins	232,4	192	44 620,8	294 497
Ménager	Déchets putrescibles	529,25	450	238 162,5	1 571 873
Total		2 953,05		755 306,5	4 985 022,90

Source : Adapté de Rasi et al. (2007), Solagro et Inddigo (2013), Okonkwo et al., (2016), Tanios (2017) et Enquête de terrain (2019).

Sur la base des données sus évoqués, il est possible d'estimer le potentiel en méthane des déchets humides de la localité à environ 755 306,5 m³. Constituant le composé essentiel du biogaz (60 à 80 %), c'est le méthane qui lui confère un pouvoir calorifique (RECORD, 2009). Aussi, en mobilisant le postulat méthodologique d'approximation de Sotamenou (2012) présenté plus haut, on peut estimer l'énergie qui serait récupérable de la combustion de ce méthane à environ 4 900 MWh/an. Compte tenu du rendement de production électrique générale de 1/3 d'électricité pour 2/3 de chaleur, il serait possible de récupérer environ 1 600 MWh/an d'énergie électrique. Ce qui constitue un grand atout à mesure d'assurer l'électrification durable de Bitchoua. Globalement, l'étude marque une évolution par rapport aux travaux qui uniformisent les facteurs d'estimation du méthane à tout type de déchets (Gebudetechnik, 2017), en ce sens qu'elle intègre que le rendement en méthane est spécifique à chaque substrat. Ce qui donne lieu à des résultats assez différents des méthodologies

unificatrices des postulats de conversion. Certes, les gains semblent importants, mais de l'avis de Badertsher (2011), les résultats sont peu vraisemblables, en raison du caractère estimatif des valeurs de biogaz et d'électricité productible (issues des postulats de conversion). En effet, les facteurs de conversion utilisés sont généralistes et ont tendance à uniformiser les résultats (Vernier, 2017). Or, la qualité, la quantité de méthane et l'énergie productible sont essentiellement variables selon des paramètres comme, le PH, la teneur en eau, l'homogénéité et la granulométrie du substrat, le rapport carbone/azote (Badertsher, 2011). Toutefois, selon Tchouate (2003), à défaut de disposer d'un catalogue d'étude sur chaque type de résidus méthanisable dans la localité, l'emploi de pareils postulats est envisageable pour empêcher l'inaction et orienter le chercheur et le décideur.

Globalement, la valorisation des déchets organiques mobilisables à Bitchoua permettrait de fournir l'énergie électrique d'environ 66 900 MWh/an. Ceci pourrait assurer l'électrification durable et contribuer à réduire l'impact environnemental nocif des déchets (par des émissions de carbone évitées) dans la localité étudiée. Ce potentiel couvrirait 118,28 fois le besoin énergétique actuel de Bitchoua estimé à environ 566,316 MWh, soit plus de dix fois ce besoin actuel en énergie électrique. En d'autres termes, cette approche pourrait aisément assurer l'électrification de la localité de Bitchoua pendant plusieurs décennies en tenant compte de son dynamisme démographique et économique.

3.3. Estimation des émissions de gaz à effet de serre potentiel évité à Bitchoua

La valorisation des déchets organiques, permettrait de promouvoir une électrification propre, mais aussi de lutter contre le changement climatique (par des émissions évitées de GES) (Feumba R.A., 2017).

3.3.1. Les principales émissions de GES de la filière déchet organique solide

Les déchets organiques sont une source importante d'émissions de GES (IPCC, 1996). Ainsi, abandonnés dans les champs, le long des routes, derrière les domiciles, les déchets organiques produits à Bitchoua émettent surtout du méthane, du protoxyde d'azote et de gaz carbonique (Tanawa *et al.*, 2000). Or, en faveur du développement durable, il serait opportun de les éviter, par leur valorisation.

3.3.2. Evaluation des émissions de GES évitées par les biodéchets solides à Bitchoua

La valorisation électrique des déchets organiques mobilisables à Bitchoua permettrait de réduire l'empreinte carbone locale, en atténuant d'importantes émissions de Gaz à Effet de Serre effectuées par ces déchets actuellement. En s'appuyant sur les postulats méthodologiques présentés plus haut, on peut estimer que le traitement de ces déchets permettrait d'éviter environ 1 726,9 t de CO₂ et environ 2 080,2 t de CH₄. Soit au total, approximativement 53 731,9 t eq.CO₂ qui sont actuellement rejetés dans l'atmosphère. Ces résultats sont assez loin de ceux obtenus dans le passé, avec des postulats qui prévoyaient qu'une tonne de déchets organiques génèrerait 250 kg de CO₂ et 225 kg de CH₄ soit 4,95 t eq.CO₂ (tonne équivalent gaz carbonique à l'horizon de 100 ans) en une quarantaine d'années (Ripatti et Savolainen, 1996 ; Ngnikam *et al.*, 1997 ; Tanawa, *et al.*, 2000). Sur cette base, les valeurs d'émissions évitées (981, 2 t de CO₂ et 8 831,03t de CH₄) en une quarantaine d'années sont assez modestes par rapport à ceux trouvées avec les postulats de l'ADEME (2014).

Conclusion

La présente réflexion s'est proposée d'évaluer les potentialités et possibilités de valorisation des déchets organiques solides de Bitchoua à des fins d'électrification autonome et sobre en

carbone. **Ce qui a mobilisé des données d'enquêtes et de pesées des déchets.** Ces données ont ensuite été traitées au travers des analyses probabilistes pour extraire des informations utiles. Il ressort des analyses qu'avec une production de déchets organiques solides (agricoles, pastoraux et ménagers) estimés à environ 39 249,05 t/an, soit environ 107,53 t/jour, Bitchoua est un important foyer de bio-déchets solides. Non-traités, ces déchets constituent une menace tant pour les populations que pour l'environnement. Raison pour laquelle leur valorisation est impérative à plusieurs égards. Du point de vue énergétique, en considérant les différentes technologies de traitement des déchets à des fins électriques, **on peut estimer le potentiel bioélectrique de la localité à environ 66 989,37 MWh/an.** Ce qui permettrait aisément d'assurer l'électrification de la localité (dont la demande électrique en 2018 s'élève à environ 566 316 kWh) et rendre la localité électriquement indépendante au point d'exporter le surplus énergétique qui serait produit. Par ailleurs, une telle valorisation électrique permettrait également d'éviter des émissions additionnelles de GES, soit environ 1 726,9 t de CO₂ et environ 2 080,2 t de CH₄, pour un total approximatif de 53 731,9 t eq.CO₂. Ce qui constituerait une forte contribution locale à la réduction des émissions de GES, à la lutte contre les changements climatique et à la promotion du développement durable.

Références bibliographiques

ADEME (2014). « Base carbone », Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone, Version 11.0.0, 18 novembre 2014, 280p.

<https://www.bilans-ges.ademe.fr>

Badertsher E. (2011). « Biomasse énergie », Symposium UVSS 2011, Futur des Energies, Energies du futur : défis et impacts, ADER, 32p.

<https://wp.unil.ch/svsn/2011/11/symposium-uvss-2011/>

Gebudetechnik (2017). « Gaz naturel/biogaz : Notre énergie », Association Suisse de l'Industrie Gazière, Suisse, 12/2017, 8p.

<https://www.xn--gebudetechnik-dfb.ch.yanova.ch/fr/branche/actualitedumarche/gaz-naturel-biogaz-notre-energie/>

Demasse S. et Hugues P. (2015). « Opportunité de co-combustion de biomasse dans une centrale à charbon », CMA, MINES ParisTech, OSE 2015, Projet d'optimisation, 6p.

<https://www.mines/Paristech/OSE-2015/>

Dassonville Bertrand (2015). La transition énergétique à venir : Essai de vision globale, Casden, 146p.

[https://www.casden.fr/content/download/493458/3201650/file/Bertrand_Dassonville-](https://www.casden.fr/content/download/493458/3201650/file/Bertrand_Dassonville-La_transition_energetique_a_venir.pdf)

[La_transition_energetique_a_venir.pdf](https://www.casden.fr/content/download/493458/3201650/file/Bertrand_Dassonville-La_transition_energetique_a_venir.pdf)

DREAL Centre (2011). « Potentiel en énergie biomasse de la région centre ; phase 1 : évaluation de la ressource biomasse supplémentaire mobilisable », Rapport AXENNE, Lyon, Mars 2011, 141p

[http://www.observatoire-energies-](http://www.observatoire-energies-centre.org/upload/FILE_51c16d7cecd4e_rapport_1_biomasse_centre_2_.pdf)

[centre.org/upload/FILE_51c16d7cecd4e_rapport_1_biomasse_centre_2_.pdf](http://www.observatoire-energies-centre.org/upload/FILE_51c16d7cecd4e_rapport_1_biomasse_centre_2_.pdf)

Eneckdem T. V. (2019). «Analyse du potentiel en énergies renouvelables et propositions de solutions au déficit électrique à Bitchoua », Master II en Géographie, Université de Yaoundé I, 198p.

Faij A., Van Ree, R., Waldheim L., Olsson E., Oudhuis A., Wijk A., van, Daey Ouwens C., Turkenburg W. (1997). Gasification of Biomass wastes and residues for electricity production. Biomass and Energy 12 (6):387-407.

https://www.academia.edu/17352844/Gasification_of_biomass_wastes_and_residues_for_electricity_production

Feumba R.A. (2002). « Variabilité pluviométrique saisonnière et comportement des cultivateurs de tomate à Bantoum », Mémoire de Maîtrise, Université de Yaoundé 1, 118 P.

Feumba R.A., (2017). « Adaptation planifiée de l'Etat aux impacts de la variabilité et des changements climatiques au Cameroun de 1960 à 2015 », Thèse de Doctorat/PhD, Université de Ngaoundéré, 498 P.

Gras A., 2007. Le Choix du feu : Aux origines de la crise climatique, Fayard, Paris, 281 p.
<https://journals.openedition.org/developpementdurable/4803>

IPCC, (1996). Revised 1996 IPCC guide-lines for national Greenhouse Gas inventories: Workbook, Published for the Intergovernmental panel on Climate Change (IPCC), World Meteorological Organization/ United Environment Program, Cambridge University Presse, UK. Houghton, J. T, Jenkins, G.J and Ephraums, J. J (Eds).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/emissions_scenarios-1.pdf

Labalette F. et Jacquin C. (2006). « Paille ou plantes entières pour l'usine de production de bioélectricité de Sangüesa » (groupe ACCIONA, Espagne) », ONIDOL, ARVALIS – Institut du végétal, Bioelectricity Crops (2003- 2006), 13p.
https://webtab.acbordeaux.fr/Etablissement/AFallierqes/forumDD/bioelectrite_sanguesa_espagne.pdf

Jancovici J-M., (2011). Changer le monde: Tout un programme !, CalmannLévy, 242p.
<https://biosphere.ouvaton.org/annee-2011/1490-2011changer-le-monde-tout-un-programme-de-jean-marc-jancovici>

Ngnikam E., Vermande P., Tanawa, E. et Wethe, (1997). Une démarche intégrée pour la maîtrise de la gestion des déchets solides au Cameroun, Déchets, Sciences et Techniques, n° 5-1ertrimestre, pp. 22-34 http://odel.irevues.inist.fr/dechets-sciences-techniques/docannexe/file/746/dst_1997_5_22.pdf

Ngnikam E. et Tanawa E., (2004). Gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain : comment aller plus loin dans le cas du Cameroun ?, Actes de séminaires. Presses Universitaires de Yaoundé – Cameroun. Février. 123 p.
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/pseau_gestion_durable_dechets_assainissement.pdf

Okonkwo U., Onokpite E. et Onokwai A., (2016). Comparative study of the optimal ratio of biogas production from various organic wastes and weeds for digester/restarted digester, Journal of King Saud University - Engineering Sciences. In Press, Corrected Proof.
<https://cyberleninka.org/article/n/1336412>

Rafraf M. et Kabil M. (2006). « Evaluation of the production of agricultural residues in morocco», Design and Application of an Innovative Composting Unit for the Effective Treatment of Sludge and other Biodegradable Organic Waste in Morocco, Universite Chouaib Doukkali, 14p.

Rasi S., Veijanen A. et Rintala J., (2007). Trace compounds of biogas from different biogas production plants, Energy. 32 1375–1380.
https://www.researchgate.net/publication/223015098_Trace_Compounds_of_Biogas_from_Different_Biogas_Production_Plants

RECORD (2009). Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse, n°07-0226/1A, 253 p.
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://record-net.org/rapport&ved=2ahU>

Ripatti, R. et Savalainen, I., (1996). Role of energy production in the control of greenhouse gas emission from waste management In Reimer and Smith (Eds); Proceeding of the International Energy agency, Greenhouse Gas mitigation options conference energy Guest, Energy conservation and management, Vol 37, n° 6-8, pp. 1105-1110.
https://www.academia.edu/26751764/Role_of_energy_production_in_the_control_of_greenhouse_gas_emissions_from_waste_management

Solagro et Inddigo, (2013). Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, RAPPORT FINAL, ADEME, Avril 2013, 117p.

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/88252_gisements-substrats-methanisation.pdf

Sotamenou J., Kamgnia Dia B. et Parrot L., (2006). La décentralisation pour une gestion efficace des déchets solides municipaux de la ville de Yaoundé, Université de Yaoundé II - Soa, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Yaoundé, Cameroun.15p.

<https://muhaz.org/la-decentralisation-pour-une-gestion-efficace-des-dechets-soli.html>

Sotamenou J., 2012. La gestion des déchets solides à Yaoundé : la pertinence du compostage, Editions Universitaires Européennes, Berlin, 289p.

https://www.researchgate.net/publication/275409862_La_gestion_des_dechets_solides_a_Yaounde_la_pertinence_du_compostage_Editions_Universitaires_Europeennes

Tanawa, E., Ngninkam, E., Tchoungang, C., (2000). Compostage des déchets, urbains au Cameroun: Une solution pour la réduction, des émissions de gaz à effet de serre, in SUD Sciences & Technologies, N° 6, novembre 2000, pp.15-26

Tanios C., (2017). Caractérisation, évaluation de la toxicité du biogaz issu de déchets ménagers et valorisation par reformage catalytique, Thèse de doctorat en cotutelle, Université du littoral côte d'Opale et l'Université libanaise, 234p.

<https://tel.archives-ouvertes.fr/>

Tchouate Heteu, P., (2003). Contribution des énergies renouvelables au développement durable du secteur électrique : le cas du Cameroun, Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, Faculté de Sciences appliquées, France, 285p.

<https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:5195>

Tchuikoua L. B., 2015. Gestion des déchets solides ménagers à Douala. Acteurs, pratiques urbaines et risques environnemento-sanitaires, L'Harmattan, Paris, 196 p.

<https://www.amazon.fr/Gestion-d%C3%A9chets-solides-m%C3%A9nages-Douala/dp/2336309769>

Vernier J. (2017). L'énergie des déchets, Chapitre V, pp : 96-111, In Les énergies renouvelables, 2017, J. Vernier, Collection Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, 128 p.

<https://www.cairn.info/les-energies-renouvelables--9782130799696-page-96.htm>