

LES ENJEUX ÉNERGÉTIQUES DU CAMEROUN DANS LE CADRE DE L'APPLICATION DU MÉCANISME POUR UN DÉVELOPPEMENT PROPRE (MDP) : CAS DU SECTEUR DES DÉCHETS

Joseph Armathé AMOUGOU¹, Blaise BIGNOM²,
Romain Armand Soleil BATHA^{1*} et Lionel Valéry ONGOLO¹

¹Département de Géographie, Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines (FALSH), Université de Yaoundé I, Cameroun

²Agence de Régulation des Hydrocarbures (ARH) Yaoundé, Cameroun

* Correspondance, e-mail : bathsol33@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Le déficit de production d'énergie électrique que connaît le Cameroun soulève l'épineux problème de faible taux d'électrification des ménages qui a pour conséquence directe la faible industrialisation du pays. Pour pallier à ces déficits, l'Etat du Cameroun a mis sur pieds un programme thermique d'urgence (PTU) en construisant des centrales thermiques hautement polluantes consommatrices de fuel. Paradoxalement, le pays dispose d'un énorme potentiel énergétique à travers de multiples cours d'eau favorables au développement de l'hydroélectricité, mais aussi la possibilité de valorisation énergétique des déchets. La séquestration et la valorisation des émissions de gaz à effet de serre (GES) issues des déchets dans le cadre du mécanisme pour un développement propre (MDP) seraient une réponse très efficace au déficit énergétique en ce sens qu'elles augmenteraient l'offre énergétique du Cameroun. Ce projet contribuera à lutter contre les changements climatiques en réduisant les émissions de GES et à atteindre l'efficacité énergétique en réduisant les consommations de fuel pour la production d'électricité.

Mots-clés : *changements climatiques, développement propre, émissions, ordures ménagères, valorisation énergétique, efficacité énergétique.*

ABSTRACT

Cameroon's energy challenges within the framework of the implementation of the clean development mechanism (CDM) : the case of the waste sector

Joseph Armathé AMOUGOU et al.

Shortages in electricity production in Cameroon bring problems such as low electricity power supply for household use and limited industrialization. To responding to this problem, Cameroon engaged a Thermal Urgency Program which role is to construct central thermal units that use fuel. These Thermal unit consume much fuel and produce smoke thus polluting the environment. Meanwhile Cameroon has at its disposal numerous river sources with the potential of generating hydroelectricity as well as the energy valorization through the recycling of household waste. That is to say the sequestration and valorization of Green House Gases (GHG) from waste in the clean development mechanism project can be used to increase energy supply in Cameroon. In fact, this project will also help in the fight against Climate change by reducing the emission of green house gases and attain energy efficiency (by reducing fuel consumption for the production of energy as in the case of the Thermal Urgency Programme).

Keywords : *climate change, clean development, emission, household waste, energy valorization, energy efficiency.*

I - INTRODUCTION

Pour atteindre l'émergence à l'horizon 2035, le Cameroun est en proie à de multiples difficultés à savoir : les problèmes de développement, de fourniture énergétique, de gestion des déchets et aussi de changements climatiques. Pour ces derniers, la recherche de solutions a conduit la communauté internationale à travers la conférence des parties (CDP) à mettre sur pied plusieurs mécanismes de réduction des gaz à effet de serre (GES). Parmi ces mécanismes, le mécanisme pour un développement propre (MDP) occupe une place de choix et fait l'objet d'un traité international. Il s'applique dans plusieurs secteurs à l'instar de celui des déchets ; secteur dans lequel plusieurs problèmes de gestion se posent principalement dans les pays en développement et particulièrement au Cameroun. A cet effet, le Cameroun a ratifié la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques le 19 octobre 1994, le protocole de Kyoto le 22 juillet 2002 et par là, il a entrepris la lutte contre les changements climatiques. Pour ce faire, il a créé au sein de son Ministère de l'environnement et de la protection de la nature, un comité national chargé de la mise en œuvre du MDP qui apparait comme un mécanisme pouvant apporter une réponse à tous les problèmes cités plus haut. Il sera donc question ici de relever de manière générale les faits marquants de la crise énergétique que connaît le pays et les opportunités de réponse qu'offre le MDP en tant que solution. Pour ce faire, nous nous appuyerons sur le cas spécifique de la ville de Yaoundé (capitale du Cameroun) présentée dans la *Figure 1* ci-dessous.

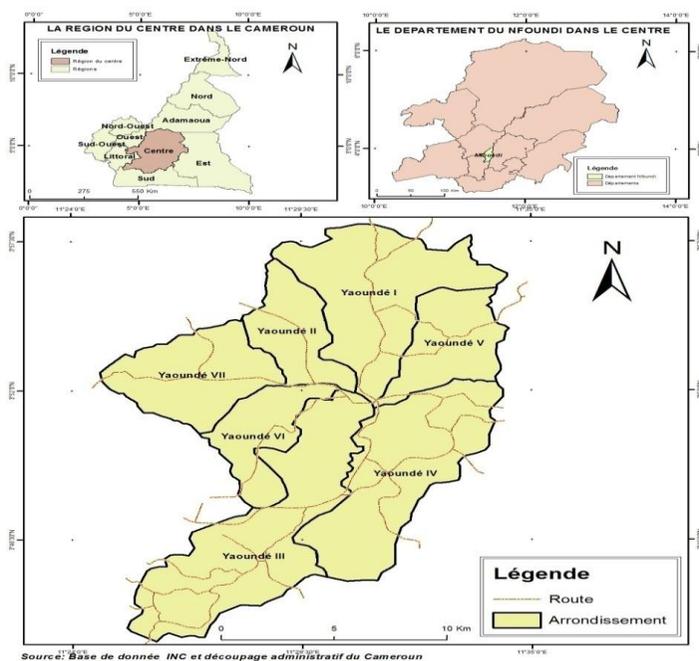


Figure 1 : Localisation de la ville de Yaoundé

II - MÉTHODOLOGIE

Globalement, cette recherche se fonde sur une méthode hypothéico-déductive partant d'une collecte des données secondaires via les centres de documentation, pour aboutir à une collecte de données de terrain. Avec pour unité d'enquête le ménage, le sondage de l'échantillonnage se base sur l'effectif total des ménages de la ville de Yaoundé et sur l'hétérogénéité des quartiers de la ville. Avec une population de 2.565.868 habitants, la ville de Yaoundé compte 406.614 ménages [1]. A partir de cet effectif des ménages, nous avons appliqué un taux de sondage au 1/1000 qui nous a permis d'obtenir un effectif de 406 ménages à enquêter. Dans le souci d'avoir une bonne représentativité de cet échantillon, nous avons pris en compte l'hétérogénéité de la population de Yaoundé en recherchant les zones ou strates homogènes suivant le tissu urbain et les différentes couches sociales qui ont été réparties en quatre (04) standings à savoir : haut standing, moyen standing, bas standing et périphérique à caractère rural. Et en appliquant les statistiques du [1] à cette répartition, on obtient la **Figure 2** ci-après.

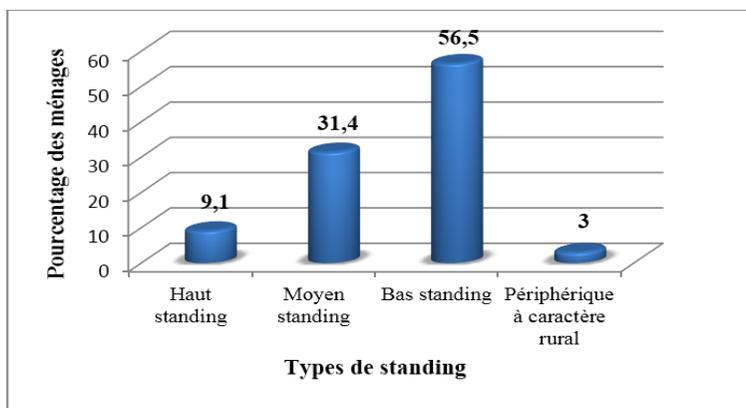


Figure 2 : Répartition des ménages de Yaoundé en fonction des standings de logement

Source : CUY (2008), BUREP (2010), Enquête de terrain (2013)

Au regard de ces données, la répartition de l'échantillon a été faite et le choix des quartiers s'est opéré en tenant compte du tissu urbain et de l'effectif des ménages à enquêter dans chaque standing. Cette répartition ayant été faite, la collecte des données à proprement parler a été effectuée par l'administration d'un questionnaire d'enquête auprès des ménages et par des opérations de pesée des ordures ménagères produites par le ménage. Au terme de ce travail de terrain, le traitement des données collectées s'est fait en fonction de l'information recherchée. Pour obtenir la production totale des déchets produits à Yaoundé, nous avons utilisé la méthode de calcul du GIEC proposée dans son manuel simplifié pour le calcul des GES. En ce qui concerne les GES (méthane) émis des déchets, nous avons eu recours à la méthodologie du GIEC (1996) détaillé dans le volume 6 du manuel simplifié sur les lignes directives relatives aux inventaires nationaux des GES provenant des SDDS. Cette méthode s'applique simplement en utilisant les feuilles de calcul Excel du GIEC et dont le processus d'utilisation requiert quatre (04) étapes : la détermination de la quantité totale des déchets produits et mis en décharge, la détermination du facteur de correction méthane, l'estimation du taux de production du méthane par unité de déchets et enfin l'estimation annuelle nette de méthane.

III - RÉSULTATS

Les résultats de notre étude s'articulent autour de deux points à s'avoir l'état des lieux de la crise énergétique et les opportunités de production d'énergie électrique.

III-1. La crise énergétique du Cameroun et la réponse gouvernementale

Le Cameroun est un pays en voie de développement en proie à de multiples difficultés dans plusieurs secteurs, notamment celui de l'énergie électrique dont la crise a des implications non seulement sur les autres secteurs d'activités, mais aussi sur le vécu quotidien des populations camerounaises.

III-1-1. La crise de l'énergie électrique au Cameroun

L'observation du secteur de l'énergie électrique laisse entrevoir une crise de l'énergie électrique au Cameroun ; cette crise se manifeste par le déficit de la production dont les conséquences sont le faible taux d'accès des ménages à l'électricité, les multiples délestages et la faible industrialisation. Malgré l'important potentiel énergétique dont dispose le Cameroun, le pays souffre encore de nombreux problèmes pour lesquels les ménages, les entreprises, les services publics ou encore les industries sont les principales victimes. Ces problèmes s'expliquent par le déficit de la production énergétique. En effet, la production d'électricité au Cameroun se situerait à 4.004 GWh pour une puissance installée d'environ 1.032 MW. Cette production est insuffisante pour satisfaire la demande énergétique des populations qui va sans cesse croissante. Ce déficit a pour conséquence le faible taux d'accès des ménages à l'électricité. Au Cameroun, sur environ 13.104 localités, seules environ 2.111 sont électrifiées, ce qui signifie qu'une partie de la population camerounaise vit encore dans le noir surtout en zone rurale, où selon le [2] le taux de raccordement est de 19,3 %. Cela traduit un faible taux d'accès des ménages à l'énergie électrique qui pour AES-SONEL s'élèverait à 35,01 % au niveau national. Selon les enquêtes de l'INS (ECAM 3) reprises dans le DSCE [3], le taux d'accès à l'électricité au Cameroun est de 48 % ; tandis que le [4], ce taux est de 49,7 %. Ce qui veut dire que d'une manière générale, le taux d'électrification est encore faible. Ce faible taux d'accès se justifie par la **Figure 3** ci-après qui donne un aperçu de l'évolution de la demande et de l'offre d'énergie électrique entre 2000 et 2006.

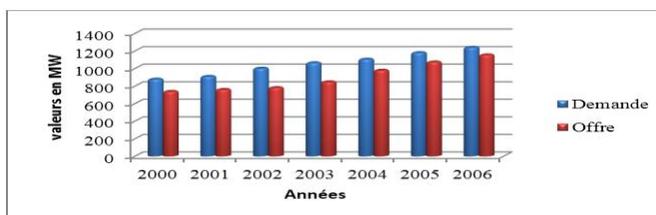


Figure 3 : Evolution de la demande et de l'offre d'énergie électrique entre 2000 et 2006

Source : Valérie NKUE et Donatien DJOMO (2009) cité par RACE-ECAN [5]

La **Figure 3** démontre à suffisance le déficit de la production d'électricité. Au Cameroun, la demande électrique générale augmente de l'ordre de 6 à 8 % par an tandis que l'offre n'évolue qu'à peine 3 % par an. Ce déséquilibre entre l'offre et la demande se traduit par des rationnements intempestifs de l'énergie électrique (délestages). A côté de ce problème se greffe celui de la faible industrialisation. En effet, la faible fourniture d'énergie et les délestages y afférents empêchent aux industries et aux entreprises d'étendre leur activités. Selon le GICAM, le déficit énergétique fait perdre au Cameroun un point de croissance chaque année et serait le principal obstacle à l'investissement. Le problème de l'énergie électrique au Cameroun est d'autant plus sérieux que l'Etat a envisagé de multiples solutions.

❖ Les efforts du gouvernement

Pour combler le déficit énergétique qui sévit au Cameroun, le gouvernement a envisagé la construction de plusieurs barrages hydroélectriques et centrales thermiques. Dans le cadre de la politique dite d'émergence à l'horizon 2035, le gouvernement a entamé la construction de multiples barrages hydroélectriques à travers le pays à l'instar des barrages de Lom Pangar (30 MW), de Memve'ele (230 MW), de Mekin (15 MW) et bien d'autres en projet. Ces barrages vont améliorer l'offre d'énergie électrique au Cameroun, mais en raison de leur non achèvement et de l'acuité du problème, l'Etat a parallèlement construit plusieurs centrales thermiques et a lancé le programme thermique d'urgence (PTU) en vue de mettre à la disposition des populations de l'énergie supplémentaire. Toutes ces initiatives du gouvernement sont synthétisées dans le **Tableau 1** ci-après :

Tous ces efforts ne parviennent toujours pas à satisfaire les besoins énergétiques et on a toujours une multitude de localités non alimentées. De plus, ces centrales sont constituées de générateurs qui fonctionnent à base de fuel et dont le coût est exorbitant. C'est pourquoi il est important de s'orienter vers des sources d'énergie alternatives, propres et moins coûteuses à l'exemple de celle au biogaz à partir des déchets qui viendront compléter la production d'énergie et augmenter l'offre énergétique.

Tableau 1 : Chronogramme prévisionnel des grands projets électriques (thermique et hydro-électricité)

	Ouvrages	Caractéristiques (MW)	Origine de l'augmentation	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hauteur proportionnelle aux puissances	Parc thermique public (AES-SONEL)	199	Déjà										
	Centrale à fuel lourd de Yassa	43	Construction										
	Centrale à gaz de Kribi	43	Construction										
	Centrale à gaz de Kribi	216	Construction										
	Programme thermique d'urgence (C1)	40	Construction										
	Programme thermique d'urgence (C2)	60	Construction										
	Total thermique	602											
	Barrage de Lom Pangar	30	Construction										
	Barrage d'Edéa	251	Déjà										
		12	Réhabilitation										
		68	Lom Pangar										
	Barrage de Song Loulou	376	Déjà										
		18	Réhabilitation										
		102	Lom Pangar										
	Barrage de Nachtigal	275	Construction										
	Barrage de Memve'e	230	Construction										
	Barrage de Mekin	15	Construction										
	Barrage de Lagdo	72	Déjà										
	8	Réhabilitation											
Total hydroélectrique	1457												
total	2059												

-  Travaux préalables (Etudes, etc.)
-  Travaux de construction/réhabilitation
-  Mise en service

Source : MINEE/SIE-CAMEROUN (2012), Situation énergétique du Cameroun, Rapport 2011

III-2. Les opportunités de production énergétique

L'une des solutions au déficit énergétique dont souffre le Cameroun se trouve dans le MDP qui est un mécanisme ayant pour but de réduire les émissions de GES dans plusieurs secteurs d'activité tels que celui des déchets qui offre la possibilité aux tenants des projets de produire de l'énergie électrique dans le cadre de la valorisation du biogaz séquestré. C'est donc ce potentiel que nous voulons évaluer dans ce travail en faisant une étude de cas sur la ville de Yaoundé dont la production des déchets est en constante augmentation, représentant ainsi d'énormes quantités de GES dont de la matière première pour produire de l'électricité.

III-2-1. La production des déchets de la ville de Yaoundé

A partir des enquêtes de terrain, la production spécifique des déchets ménagers (quantité moyenne de déchets produite par une personne en un jour) a été obtenue pour chacune des catégories de tissu urbain et pour l'ensemble de la ville de Yaoundé. En ce qui concerne la production spécifique, nous avons constaté qu'un habitant produit en moyenne 0,99 kg/jour, 0,89 kg/jour, 0,81 kg/jour et 0,7 kg/jour respectivement dans les quartiers haut standing, moyen standings, bas standing et périphérique à caractère rural ; donnant ainsi une moyenne de production de 0,85 kg/hab./jour dans la ville de Yaoundé tel que le présente le *Tableau 2*.

Tableau 2 : Production spécifique d'ordures ménagères à Yaoundé

Types de quartier	Haut standing	Moyen standing	Bas standing	Périphérique à caractère rural	Total/ Moyenne
Population	233494	805683	1449715	76976	2 565 868
Production spécifique journalière en kg	0,99	0,89	0,81	0,7	0,85
Production journalière en tonne	231,1581	717,0579	1174,27	53,8832	2180,988
Production annuelle en tonne	84372,71	261726,1	428608,6	19667,37	796060,6

Source : BUCREP (2010) et enquête de terrain (2013)

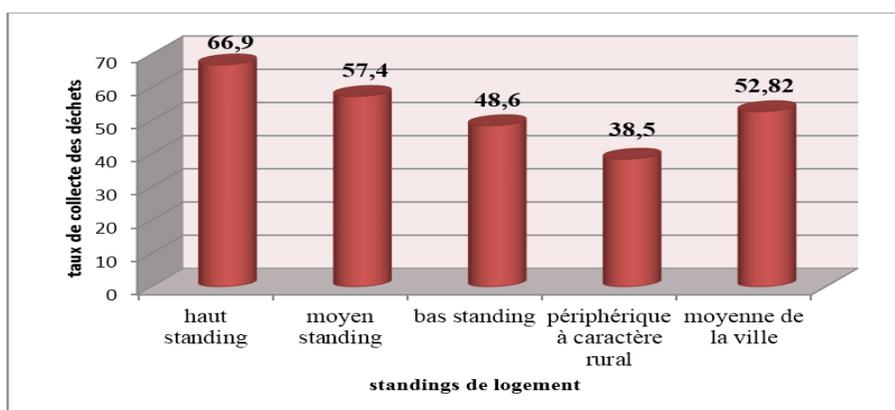
A partir du *Tableau 2*, on observe que la production journalière des déchets est de 2.180,988 tonnes, ce qui correspondrait à 796.060,6 tonnes de déchets ménagers produits en l'année 2013 ayant une population de 2.565.868 habitants. Cette production des ordures ménagères évoluerait avec l'évolution de la population de Yaoundé et une simulation faite à cet effet (prenant en compte le taux de production actuel et les tendances d'évolution futures de la population de Yaoundé) affiche les résultats suivants (*Tableau 3*).

Tableau 3 : Evolution de la population et de la production d'OM de 2013 à 2020

Années	Population	Evolution de la production d'ordures ménagères en tonnes par an
2013	2 565 868	796060,6
2014	2 664 607	826694,3
2015	2 765 568	858017,5
2016	2 868 754	890031
2017	2 974 171	922736,8
2018	3 081 821	956135
2019	3 191 708	990227,5
2020	3 303 835	1025015

Source : BUCREP (2010) et enquête de terrain (2013)

Il ressort de ce **Tableau** que la production des déchets de Yaoundé évoluerait suivant une courbe d'évolution croissante dictée par l'évolution de la population. Les déchets produits sont gérés différemment selon les ménages et différents lieux d'évacuation sont utilisés pour se débarrasser des OM. Parmi les lieux d'évacuation des déchets et les solutions d'élimination des OM, on distingue : les camions d'HYSACAM, les bacs publics, les caniveaux, les cours d'eau, les abords de rues, la broussaille, l'enfouissement aux alentours des maisons, l'incinération, etc. Il est donc évident qu'une grande partie des OM produits n'est pas collectés par HYSACAM dans la mesure où les populations déversent ces ordures en dehors des lieux de collecte indiqués. C'est pourquoi le taux de collecte des déchets est faible tel que le montre la **Figure 4**.

**Figure 4** : Taux de collecte des déchets à Yaoundé

Source : Enquête de terrain

Ce taux de collecte nous permet de constater que sur les 796.060,6 tonnes d'OM produits à Yaoundé en 2013, seules 420.479,2 tonnes auraient été pris en charge par le service de collecte. Ce chiffre est proche des prévisions de collecte des déchets solides municipaux (DSM) d'HYSACAM (2006) [6] pour qui en 2013, 426.000 tonnes de déchets auraient été collectées (tous types de déchets compris). Au total, 375.581,4 tonnes de déchets ne sont pas collectées et contribuent à la pollution de la ville. Cette pollution va davantage s'accroître s'il n'y a pas d'optimisation du système de collecte des déchets. Toutefois, la part d'OM collectée est acheminée dans le site de décharge de déchets solides (SDDS) d'HYSACAM dans l'arrondissement de Soa au lieu-dit Nkolfoulou ; où l'entreprise conduit un projet de séquestration et de brûlage en torchère du biogaz.

III-2-1-1. Evaluation des émissions potentielles de méthane

En considérant les données de production et de collecte des déchets, on a évalué le méthane issu de ces déchets. Le méthane est le second GES le plus important au Cameroun en 1994 (MINEF, CNI ; 2001) [7]. Sachant que la ville de Yaoundé produit en moyenne 796.060,6 tonnes d'OM par an, soit 796,0606 Gg de déchets, nous avons calculé les émissions de méthane issues de ces déchets. Pour cela, nous avons considéré le facteur de correction méthane (FCM) par défaut proposé par le GIEC qui est de 1 pour les décharges contrôlées. Cependant, en ce qui concerne la détermination du carbone organique dégradable (COD), nous avons-nous même calculé cette valeur en prenant en compte les données de classification des déchets et nous avons obtenu 0,1403775 de COD. Au terme de l'application de cette méthodologie, les résultats montrent que les 796,0606 Gg de déchets produits à Yaoundé émettraient environ 57,21 Gg CH₄ chaque année, dont 52,82 % seraient effectivement émis dans le SDDS de Nkolfoulou tandis que le reste non collecté n'est que source d'émissions mineures. D'où la question relative au niveau d'exploitation du potentiel MDP à Yaoundé.

III-2-1-2. Les avantages de la valorisation énergétique des déchets

La production des déchets ménagers et le méthane potentiellement émis de ces déchets ayant été calculés, il est apparu que le système de gestion des déchets présenterait des lacunes, qui confirmeraient l'idée selon laquelle le potentiel MDP dont dispose la ville de Yaoundé dans le secteur des déchets est sous-exploité. Toutefois, pour le vérifier, il faut revisiter les initiatives de mise en valeur des déchets produits dans le cadre du projet MDP d'HYSACAM.

III-2-1-3. Les initiatives de mise en valeur des déchets dans le cadre du MDP

En juillet 2009, HYSACAM (entreprise en charge de la gestion des déchets au

Cameroun) a lancé un projet de séquestration et de brûlage en torchère du biogaz. Il s'agit là du tout premier projet MDP du genre à Yaoundé, au Cameroun et même en Afrique centrale. En effet, emboitant le pas aux pays émergents (Chine, Inde, Brésil, etc.) déjà bien avancés dans l'appropriation du MDP, HYSACAM, contractuellement avec la CUY a décidé de conduire un projet de collecte et de brûlage du biogaz émis au sein de sa décharge. Le projet ainsi mis en place prend en charge la totalité des déchets collectés et mis en décharge ; et par conséquent, permettrait de séquestrer le méthane. Ainsi, comme tout projet MDP, ce projet suscite d'importants bénéfices tant sur le plan environnemental que sur le plan socio-économique. Par rapport à ce dernier plan, il est reconnu que le projet représente une source de revenu supplémentaire pour HYSACAM ; revenus provenant de la vente des crédits carbone. De plus, ce projet générera plusieurs emplois. Cependant, peut-on dire qu'avec un projet qui se limite à la capture et au brûlage du biogaz pour la vente des réductions d'émissions certifiées (CER), la rentabilité sera optimale ? A partir de cette observation, on peut se rendre compte que le biogaz capté n'est pas valorisé ; or cette valorisation constituerait une autre source de revenus contribuant à rentabiliser davantage le projet. C'est pourquoi nous concluons qu'il serait opportun d'explorer d'autres pistes de valorisation.

III-2-1-4. Les possibilités de valorisation des déchets

A l'observation des projets MDP au niveau international, principalement dans les pays d'Asie du Sud Est et d'Amérique du Sud, et à travers les lectures des travaux de différents auteurs dont ceux de [8] ; on peut recenser plusieurs systèmes de valorisation dont la rentabilité dépend du système de valorisation choisi. Par système de valorisation, nous entendons les différentes unités fonctionnelles d'élimination et/ou traitement des déchets. [8] énumère quatre systèmes d'élimination et/ou de traitement des déchets à travers la **Figure 5**.

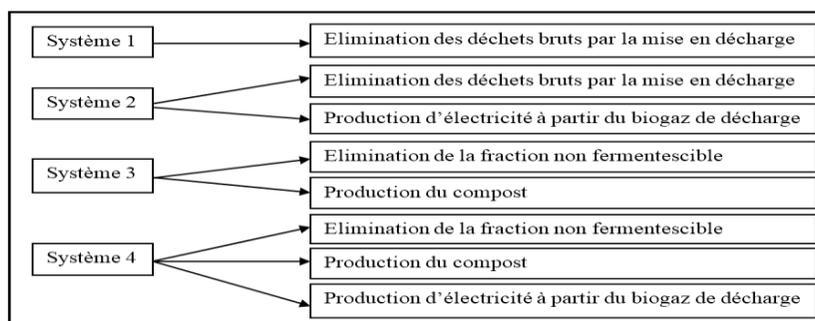


Figure 5 : Fonctions assurées par les systèmes et traitement et d'élimination des déchets

Source : Ngnikam (2000) cité par Ngnikam et al (2006)

Il ressort de cette **Figure** que le système 1 (collecte traditionnelle et mise en décharge des déchets bruts) prend en compte une seule unité de fonction à savoir l'élimination des déchets par la mise en décharge tandis que tous les autres systèmes assurent au moins deux fonctions à savoir : élimination des déchets et production de la matière valorisable (compost) et ou énergie (biogaz). Ces systèmes sont donc dits multifonctionnels ; c'est-à-dire qu'ils assurent plusieurs fonctions. La figure 5 laisse aussi apparaître le fait que la fonction d'élimination des déchets est commune à tous les systèmes. Cette fonction a pour but de minimiser les impacts négatifs des déchets sur les populations et sur le milieu naturel. Par contre, les fonctions de production du compost ou du biogaz pour la valorisation énergétique permettent en plus de diminuer davantage les impacts négatifs des déchets ; d'avoir un produit final utile pour augmenter la productivité des terres agricoles et contribuer à l'efficacité énergétique. En contextualisant cette incursion dans les fonctions des unités de gestion des déchets, au mode de gestion d'HYSACAM, on peut dire que le système 1 a été pendant longtemps le système appliqué dans la décharge de Nkolfoulou. Or, avec le projet MDP, l'entreprise HYSACAM avait pour but de passer au système 2. Sauf que, n'ayant pas eu tous les moyens nécessaires à la réalisation de ce projet, HYSACAM s'est limitée à la première fonction et à la capture et brûlage du biogaz dont la seule rentabilité émane de la vente des CER. A l'observation des fonctions des différents systèmes, on peut affirmer que le système 4 est le plus rentable tant sur le plan environnemental que sur les plans socio-économique et technologique. Tel que le montre la **Figure 6** ci-dessous, ce système intègre la collecte, le transport, la mise en décharge des déchets ainsi que les diverses opérations relatives à la production d'électricité et du compost. C'est pourquoi nous le proposons aux porteurs de projets.

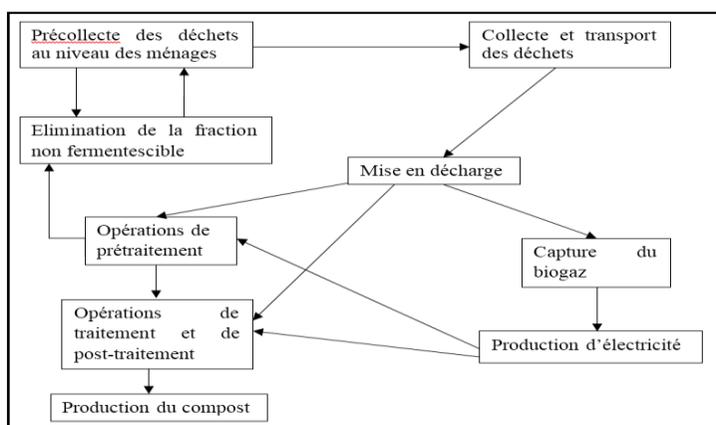


Figure 6 : Schéma détaillé d'un système de valorisation optimal des déchets

Source : ONGOLO L. V. (2014)

Ayant présenté un modèle de système de valorisation, il est loisible d'éclaircir les avantages de ce système afin de justifier son utilisation. Fort de l'importance du volet énergétique, nous allons insister sur les avantages d'une production électrique à base de biogaz par rapport à la production électrique par fioul telle que opté par l'Etat camerounais dans le cadre du programme thermique d'urgence (PTU). La mise sur pied d'un projet de valorisation électrique du biogaz présente plusieurs avantages en tant que source d'énergie supplémentaire. En guise d'illustration, il est nécessaire de faire une comparaison entre le coût de valorisation électrique du biogaz et celui du projet de production électrique par fioul (gasoil) conduit dans le cadre du PTU. La mise sur pied d'un projet de valorisation électrique du biogaz présente plusieurs avantages en tant que source d'énergie supplémentaire, tant on sait que les choix de l'Etat ne sont pas toujours bénéfiques à long terme. En guise d'illustration, il est nécessaire de faire une comparaison entre le coût d'une valorisation électrique du biogaz et celui du projet de production d'électricité par fioul conduit dans le cadre du programme thermique d'urgence (PTU). Pour ce faire, observons le **Tableau 4** qui met en relief les coûts estimatifs et les caractéristiques de chaque source d'énergie.

Tableau 4 : Coût estimatif et caractéristiques de chaque source d'énergie

Types de sources	Electricité par fuel	Electricité au biogaz
Puissance	1 MW	1 MW
Temps d'utilisation		
Nombre d'heure par jour	14	24
Nombre de mois par an	5	12
Coût de construction du projet (FCFA)	520.000.000	910.000.000
Source d'énergie	Fioul/gasoil	Déchets/biogaz
Consommation d'énergie	270 l/ <u>MWh</u>	1 tonne de déchets (70 kg de méthane) pour 170 KWh, soit 5,9 tonnes pour 1 <u>MWh</u>
Coût d'énergie		
Coût journalier	1.999.620 FCFA	TEOM (15.600/tonne de déchets) soit 93600 FCFA
Coût mensuel	58.968.000 FCFA	
Coût annuel	294.840.000 FCFA	
Impact environnemental	polluant	Non polluant et réducteur des émissions de GES
Constance d'énergie	Très dépendant des combustibles	Autonome et présence d'énergie constante

Rapport d'activité du MINEE et Enquête de terrain (2014)

Source : DDP HYSACAM,

A la lumière de ce **Tableau**, on peut constater que pour produire 1MW d'énergie électrique, le coût diffère selon qu'on ait le gasoil ou le biogaz comme source d'énergie. D'abord, le temps d'utilisation est différent car la centrale à biogaz fonctionne 24h/24 alors que la centrale thermique fonctionne en appoint (uniquement lorsqu'elle est sollicitée) ; le plus souvent pendant les périodes d'étiage (surtout aux heures de pointe allant de 18 h à 8 h), en cas d'incidents majeurs sur le RIS (ligne de transport ou poste de transformation) ou en cas de gros travaux programmés. C'est pourquoi nous avons considéré une utilisation journalière de 14 h par jour sur 5 mois de l'année. Pour ce qui est du coût d'installation du dispositif de production d'énergie, le **Tableau 6** révèle que la centrale à biogaz est plus coûteuse que la centrale thermique ; les deux nécessitant respectivement 910.000.000 FCFA et 520.000.000 FCFA. Cependant, ce coût s'inverse si on y intègre le coût de consommation d'énergie. En effet, la centrale à biogaz utilise comme source d'énergie les déchets produisant le biogaz et dont le coût renvoie à la taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM) qui est de 15.600 FCFA par tonne de déchet collecté (avec 13.089 alloués à la collecte et au transport et 2.500 FCFA représentant les frais de traitement). Or sachant que cette TEOM est payée par l'Etat et la CUY, nous considérons que HYSACAM obtient les déchets (source d'énergie pour la production d'électricité) gratuitement.

Quant à la centrale thermique, le coût de la source d'énergie (fuel) a été estimé à partir de la consommation spécifique d'un générateur qui est de 0,27 l/KWh. Nous déduisons donc que pour 1 MWh, la centrale nécessite 270 Litres de gasoil. Ce qui signifierait qu'elle utilise 3.780 Litres de carburant par jour (14 heures), 113.400 Litres par mois et 567.000 Litres de fuel par an (5 mois d'étiage). Avec une telle consommation, la quittance carburant s'élève à 1.999.620 FCFA par jour, 58.968.000 FCFA par mois ; donc 294.840.000 FCFA par an. Nous pouvons donc affirmer, que sur le long terme, l'Etat gagnerait à investir dans le biogaz que dans les centrales thermiques. Il faut aussi noter qu'en raison de la dépendance des centrales thermiques vis-à-vis du gasoil, elles sont hautement polluantes pour l'environnement par opposition à l'énergie au biogaz dont la combustion ne génère que de faible quantité de GES. Ainsi, il apparaît clairement que malgré le fait que le coût de construction d'une centrale électrique au biogaz est plus élevé que celui d'une centrale thermique à fuel, le prix de revient d'1 MW est à long terme largement plus élevé dans le cas d'une centrale à fuel que dans celle au biogaz ; compte tenu du fait que la consommation de gasoil est énorme et coûte très chère. Il est donc plus bénéfique pour l'Etat de subventionner les entreprises qui se lanceraient dans des projets de production d'électricité par séquestration du biogaz car les bénéfices sont visibles tant sur les plans social et économique que sur le plan environnemental. Cet investissement réduirait les dépenses de

L'Etat en terme de production d'électricité au gasoil et serait une des voies pour rendre le mécanisme MDP non pas comme un simple outil de lutte contre les changements climatiques, mais beaucoup plus comme une réponse efficace et efficiente aux problèmes d'insuffisance de la production électrique. En considérant seulement les déchets de la ville de Yaoundé, nous pouvons affirmer qu'ils représenteraient 134.925,5 MWh d'énergie supplémentaire.

IV - DISCUSSION

L'accroissement démographique et la situation économique ont été évoqués comme les facteurs influençant l'évolution de cette production. A ces deux facteurs [8] ajoutent le climat et estiment que le taux de production des déchets varie en fonction du climat et des villes ; c'est dans cette optique qu'il déclare : « *les villes situées dans les zones humides produisent plus de déchets que celle situées dans les zones arides* ». Il est donc évident que plusieurs facteurs influencent la production des déchets. Cette production est évaluée par le Ministère de l'environnement et des forêts (1994)[6] à 0,96 kg/hab/jour pour les villes de Yaoundé et de Douala. Cette source de données et les résultats obtenus sont plus ou moins éloignées des données obtenues par notre étude qui a estimé la production spécifique de la ville de Yaoundé à 0,85 kg/hab/jour ; données qui en conformité avec l'étude de [8]. Les déchets produits posent d'énormes problèmes de pollution, d'assainissement et de gestion. Concernant la gestion, il faut dire que la quasi-totalité des travaux sur les déchets s'accordent à dire que la gestion des déchets au Cameroun est un processus dont les différentes étapes sont : la précollecte, la collecte, le transport, le stockage et la mise en décharge, le traitement des lixivias, le captage du biogaz, l'incinération et le recyclage sont les différentes options de gestion des déchets ménagers. Aussi, la plupart des travaux font le constat du faible taux de collecte des déchets. Pour [9], l'arrondissement de Yaoundé Ier enregistre un taux de collecte de 40 % ; chiffre confirmé par [10] pour qui dans la ville de Yaoundé « la fraction déchets solides qui est transportée et entreposée en décharge ne dépasse guère les 50 % ». D'où la multiplication des décharges sauvages ; phénomène qui s'observe non pas seulement à Yaoundé mais aussi à Douala [11]. A observer les données de la Communauté Urbaine de Yaoundé (2009), on dirait que le taux de collecte des déchets est sans cesse croissant. Allant de 18 % en 1999, 20 % en 2002, 60 % en 2005, et 65 % pour l'année 2007. De plus la Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY) estimait atteindre un taux de collecte de 80 % en 2010 ; ce qui aurait en l'encontre de la majorité des observations des chercheurs ; ce d'autant plus que nos recherches menées en 2013 ne soulève qu'une très faible augmentation du taux de collecte des déchets qui s'élèverait à 52.82 %. Une observation plus poussée de

l'environnement démographique du Cameroun pourrait expliquer les forts taux de collecte d'HYSACAM. En effet, l'explication la plus crédible est que la CUY ait effectué ses enquêtes sur le taux de collecte sans tenir compte de l'augmentation de la population. En effet, en 2009 les résultats du recensement général de la population et de l'habitat n'étaient pas encore publiés ; ce qui fait qu'il soit possible que la CUY ait d'abord sous-estimée la production des déchets et en la confrontant aux quantités collectées a ensuite surestimée le taux de collecte. On peut donc affirmer avec [12] que : « *l'expérience des pays en voie de développement et même celle des pays ayant parcouru plus de la moitié du chemin qui conduit à l'industrialisation, nous a révélé que les tonnages collectés, naturellement sont toujours inférieurs aux tonnages générés.* ». De plus, il faut dire que les déchets estimés ici ne sont que ceux provenant des ménages ; c'est-à-dire que les déchets de marchés, d'espaces verts et industriels ne sont pas pris en compte. Par conséquent les émissions de CH₄ évaluées ne concernent que cette part de déchets. Selon la Ministère de l'Environnement et des Forêts (1994) [7], les émissions de CH₄ provenant des déchets solides ont été estimées à 402,6 Gg, ce qui représente 0,66 % des émissions globale du Cameroun ; le méthane étant le second GES le plus émis au Cameroun. De 1994 à nos jours, les émissions de CH₄ du secteur des déchets ont évolué de manière croissante. En effet, en 1994, où la population urbaine était estimée à 5.805.000 habitants, la production des déchets s'élevait à 1.608.000 tonnes et correspondant à 52,41 GgCH₄.

Dans la même communication, d'après les projections de 2010, la population urbaine qui était estimée à 13.311.772 habitants produirait 4.021.445 tonnes par an pour 194,76 Gg. Pour [13], la quantité de CH₄ émise par an à Yaoundé est de 15,92 GgCH₄, soit 15920 tCH₄ ou encore 334320 tCO₂e. De nos jours, nos enquêtes dans la ville de Yaoundé ont montré qu'en 2013, la population de la ville s'élèverait à 2.565.868 habitants [1]. Cette population produirait 796.060,6 tonnes de déchets par an soit 57,21 GgCH₄. L'écart entre les émissions de 1994 et celles de 2013 se justifie par la valeur du facteur de correction méthane qui dépend de la nature du SDDS où sont déversés les déchets. En effet, HYSACAM a lancé un projet de séquestration du biogaz émis en décharge. Ce biogaz aurait dû selon l'entreprise servir à la production de l'électricité (4 MWh) ; dans un contexte d'émergence où les besoins énergétiques du pays vont sans cesse croissant. Il est donc indispensable d'investir sur l'énergie verte en développant de l'électricité au biogaz afin de rendre bénéfique ces ordures ménagères qui représentent ici une matière première. On peut alors confirmer l'assertion selon laquelle : « l'or est dans les poubelles » pour dire qu'ils peuvent être utilisés afin de produire de l'énergie électrique qui pourrait réduire davantage le déficit énergétique que subit le Cameroun.

V - CONCLUSION

Au terme de ce travail de recherche portant sur les enjeux énergétiques du Cameroun dans le cadre de l'application du MDP dans le secteur des déchets, nous voulons tout d'abord rappeler que l'approche méthodologique utilisée est hypothético-déductive. Cette approche nous a permis d'effectuer plusieurs constats. En effet, nous avons tout d'abord fait ressortir les caractères majeurs du déficit énergétique du Cameroun ; tout en mettant en relief les réponses du gouvernement face à ce problème. Si certaines de ces initiatives gouvernementales pourront à long terme offrir aux populations une quantité d'énergie supplémentaire, d'autres quant à elles s'avèrent plus coûteuses et très polluantes. C'est pourquoi nous proposons une valorisation énergétique des GES (Méthane) issus des déchets. L'étude spécifique du cas de la ville de Yaoundé nous a permis de développer le fait que la production des ordures ménagères de la ville de Yaoundé est en constante augmentation du fait de l'accroissement démographique et de plusieurs autres facteurs. De plus, la valorisation énergétique de ces déchets serait faible en raison non seulement du faible taux de collecte des déchets, mais surtout du fait que les GES émis par les déchets collectés en décharge sont tout simplement brûlés en torchère. Or il a été démontré qu'une valorisation de ces déchets en énergie électrique représenterait un début de solution aux problèmes d'insuffisance énergétique du Cameroun. A partir de cet exemple pris sur un type de déchets d'une ville singulière, on peut dire que si l'on prend en considération l'ensemble des déchets produits (OM, déchets de marchés, déchets industriels, déchets d'espaces verts) et ce sur l'ensemble du territoire national, les quantités d'énergies produites seront plus considérables et contribueront à réduire le déficit de la production électrique. Aussi, cette valorisation énergétique du biogaz issu des déchets pourrait être un moyen pour l'Etat de produire de l'électricité à moindre coût sur le long terme et de réduire considérablement les émissions de GES tel que prônés par la CCNUCC, le protocole de KYOTO ; sans oublier les nouveaux engagements que le pays a pris lors de la Conférence de Paris (COP 21) sur les changements climatiques.

RÉFÉRENCES

- [1] - BUCREP, Rapport de présentation des résultats définitifs du 3^{ème} recensement général de la population et de l'habitat, (2010) 68 p.
- [2] - SIE-CAMEROUN, Traitement de l'Information pour des Politiques Énergétiques favorisant l'Écodéveloppement (TIPEE), Helio-international, IEPF, (2011) 91 p.

- [3] - REPUBLIQUE DU CAMEROUN, Document Stratégique pour la Croissance et l'Emploi (DSCE), (2009)167 P.
- [4] - SIE-CAMEROUN, Situation énergétique du Cameroun, Rapport 2011 ; SIE-Afrique/IEPF, (2012) 150 p.
- [5] - RACE, Analyse du secteur de l'énergie électrique au Cameroun, bilan des actions de plaidoyers et système de tarification de l'électricité ; (2010) 23 p.
- [6] - HYSACAM, Nkolofoulou Landfill Gas Recovery Project, PDD-CDM, (2006) 66 p.
- [7] - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES FORETS, Communication nationale initiale sur les changements climatiques, (2001) 118 p.
- [8] - NGNIKAM E., TANAWA E, Les villes d'Afrique face à leurs déchets, UTBM, 2 (2006) 81 p.
- [9] - NGAMBI Jules Raymond, Topographie et gestion des déchets solides en milieu urbain : cas de l'arrondissement de Yaoundé I, mémoire de Maîtrise en Géographie, UYI, (2006) 117 p.
- [10] - ERA-CAMEROUN, Mise en place des structures de pré-collecte et de traitement des déchets solides urbains dans une capitale tropicale : cas de Yaoundé Cameroun. PGDDAU, (2002).
- [11] - KENGNE FOUDOUOP F, Les effets négatifs des sous-quartiers des villes du Cameroun, in Revue de Géographie du Cameroun, Vol XV, N° 1, Yaoundé, (2003) 42 p.
- [12] - GILLET Roger, Traité de gestion des déchets solides et son application aux PED, 1^{er} volume, Programme minimum de gestion des ordures ménagères et des déchets assimilés, OMS, PNUD, (1985) 394 p.
- [13] - ABUHNGIENDO R T, Maîtrise des entrées et sorties d'un centre de stockage d'ordures ménagères: cas de la décharge de Nkolofoulou à Yaoundé, mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil, ENSP, Yaoundé, (2004) 68 p.