

Valorisation Des Déchets En Energie Renouvelable Dans La Commune D'Allada

QUENUM Comlan Irené Eustache Zokpénou

Laboratoire d'Aménagement du Territoire, d'Environnement et du Développement Durable (LATEDD)

Université d'Abomey Calavi (UAC)



Résumé – Dans la Commune d'Allada, la croissance régulière de la population de 1979 à nos jours a favorisé la production des déchets. La présente recherche a pour objectif de valoriser les déchets en énergie renouvelable.

L'approche méthodologique s'est articulée autour de la collecte des données, de leur traitement et de l'analyse des résultats. Au total, 6 structures de pré-collectes privées et 3 unités de transformations de fruits ont été investigués sur la base d'un choix raisonné suivant un critère déterminé. Sur le terrain, 46 personnes ressources ont été interviewées sur 87 personnes, soit 52,87 % de personnes enquêtées. Après le traitement des données de façon manuelle et numérique, le modèle SWOT a permis d'analyser les résultats.

Les résultats issus de ces investigations révèlent que 53,28 tonnes de déchets sont obtenu par jour grâce aux structures privées de pré-collecte et les unités de transformation de fruits. La valorisation de ces déchets conduit à deux sources d'énergies renouvelables : le biogaz et le charbon vert. La valorisation des 53,28 tonnes de déchets en biogaz par méthanisation permet d'obtenir 23.713,01 m³ de biogaz par jour tandis que la production du charbon vert permet d'obtenir 425,28 kg de bio charbon par jour. La production du biogaz passe par le stockage des déchets dans un espace exempt d'oxygène quant au charbon vert, il se réalise en plusieurs étapes qui sont : collecte, carbonisation, malaxage, pressage, séchage. Le biogaz et le bio charbon sont une solution écologique et durable. Par contre, la collecte des déchets est une contrainte majeure et l'insuffisance des stratégies pour le tri des déchets est un problème à la valorisation des déchets.

Mots Clés – Allada, Valorisation De Déchets, Biogaz, Charbon Vert

Abstract – In the Municipality of Allada, the steady growth of the population from 1979 favored the production of waste. This research aims to recover waste into renewable energy.

The methodological approach revolves around the collection of data, their processing and the analysis of the results. In total, 6 private pre-collection structures and 3 fruit processing units were investigated on the basis of a reasoned choice according to a determined criterion. In the field, 46 resource people were interviewed out of 87 people, or 52.87% of people surveyed. After processing the data manually and digitally, the SWOT model was used to analyze the results.

The results of these investigations reveal that 53.28 tonnes of waste are obtained per day thanks to private pre-collection structures and fruit processing units. The recovery of this waste leads to two sources of renewable energy: biogas and green coal. The recovery of the 53.28 tonnes of waste into biogas by methanization makes it possible to obtain 23,713.01 m³ of biogas per day, while the production of green charcoal makes it possible to obtain 425.28 kg of bio charcoal per day. The production of biogas involves the storage of waste in an oxygen-free space as for green charcoal, it is carried out in several stages which are: collection, carbonization, mixing, pressing, drying. Biogas and biochar are an ecological and sustainable solution. On the other hand, waste collection is a major constraint and the inadequacy of waste sorting strategies is a problem for waste recovery. Sensitizing the population on the sorting of waste at the base before collection is a solution approach.

Keywords – Allada, Waste Recovery, Biogas, Green Charcoal.

INTRODUCTION

Le déchet est un matériel rejeté après qu'il ait accompli un travail ou qu'il ait rempli sa mission. C'est donc devenu quelque chose d'inutile, des excréta, mieux un sous-produit, désormais de la poubelle et qui n'a aucune valeur économique. A ce titre, il mérite d'être résilié par la société en raison de la salubrité. Cependant, au début du XXI^e siècle, les déchets sont de plus en plus considérés comme un héritage, une utilité de la nature. Dès lors, si les déchets sont utiles, alors même les inutiles sont utiles. Ainsi, toutes choses qui existent y compris les déchets, devraient avoir leur rôle à jouer; il suffit juste de trouver les bons stratégies en vue de leurs valorisations (S. Grito et P. Cledjo, 2020, pp 328-336).

La collecte et l'élimination des déchets dans les pays en développement sont devenues des problèmes que tous les acteurs locaux institutionnels, bénévoles ou scientifiques n'arrivent plus à résoudre d'une manière permanente. Les tentatives de solutions proposées ou des solutions en cours d'exécution ne se limitent qu'à l'enfouissement ou au remblaiement des bas-fonds aux périphéries des villes alors que la population de ces villes ne cesse d'augmenter (Edem Koledzi, 2021, p).

Les questions touchant la gestion des déchets urbains et, par extension la planification et la gestion de l'environnement urbain, comptent parmi les problèmes les plus complexes auxquelles doivent répondre les gestionnaires de l'environnement en raison de leurs effets sur la santé humaine, le développement durable» (A. Yenamau, 2010, 60p).

En Afrique, les difficultés de gestion des déchets ont atteint des proportions telles que les mesures prises par les différents niveaux d'administration et les spécialistes se sont révélées infructueuses (A. Onibokun, 2002, 26 p). La gestion des déchets est un problème prioritaire principalement pour les villes qui accueillent une population toujours nombreuses dans l'ensemble de l'Afrique de l'ouest. La gestion efficace des déchets ne peut s'inscrire dans une vision durable que par la connaissance précise de l'évolution des flux de ces rejets et surtout de leur composition. La connaissance des quantités et de la composition des déchets permet d'optimiser le mode de gestion et de promouvoir, éventuellement, la création de filières de valorisation matière (E. Koledzi, 2021, 18 p).

Au Bénin, la gestion des déchets est influencée par un système complexe de politiques et de réglementations, ainsi que par la diversité des acteurs impliqués, à savoir les producteurs des déchets, le secteur privé, les décideurs publics et les organisations non gouvernementales. Plusieurs villes développent et appliquent des solutions techniques élaborées pour assurer le recyclage des déchets. Ainsi, l'absence de tri, l'inefficacité de la collecte, le brûlage des déchets le long des routes, ainsi que leur élimination incontrôlée demeurent des pratiques courantes. En définitive, ces ressources précieuses sont insuffisamment valorisées et la contribution du secteur des déchets à la création de richesses demeure très limitée. La récupération des déchets est souvent laissée au secteur informel, y compris dans les zones à forte densité de peuplement, et représente ainsi une source non négligeable de revenus pour les récupérateurs informels qui collectent les déchets et les vendent auprès d'intermédiaires de matériaux de recyclage. Cette situation est le résultat d'un déficit d'expertise technique, de capacités institutionnelles, de ressources financières, et d'une prise de conscience tardive des problèmes environnementaux de la part des autorités locales (A. Sossou, 2019, pp 1-2) Le Bénin est un pays qui se développe et se questionne sur ses besoins énergétiques car il possède peu de ressources énergétiques combustibles autre que le bois et doit donc importer beaucoup. L'aspect environnemental entre aussi en jeu, ce qui amène une source de réflexion supplémentaire (M. Moisse, 2020, 1p). Par conséquent, un processus de valorisation des déchets en énergie renouvelable s'avère donc nécessaire pour palier à la pollution environnementale occasionné par les déchets. L'objectif général vise à analyser le mode de valorisation des déchets en énergie renouvelable dans la Commune d'Allada.

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE D'ALLADA

La Commune d'Allada est située au centre du Département de l'Atlantique entre 6°36' et 6°47' de latitude Nord et entre 1°58' et 2°15' de longitude Est. Elle est l'une des neuf Communes du département de l'Atlantique. Elle couvre une superficie de 381 km soit 0,34% de celle du Bénin et de 11,78% de la superficie du département. Situé sur le plateau d'Allada au Sud de la dépression de la Lama, à une distance de 54 kilomètre de Cotonou (capitale économique) ; elle est limitée au Nord par la Commune de Toffo, au Sud par la Commune de Tori-Bossito, à l'Est par la Commune de Zè, à l'Ouest par les Communes de Kpomassè et de Bopa. La figure 1 présente la situation géographique et administrative de la Commune d'Allada (C. Hindémé et J. Akplogan, 2016, 21 p).

La Commune d'Allada compte douze arrondissements qui sont : Agbanou, Ahouannonzoun, Allada, Attogon, Avakpa, Ayou, Hinvi, Lisségazoun, Lon-Agonmey, Sékou, Togoudo, Tokpa-Avagoudo. Ces arrondissements sont subdivisés en cent treize villages (figure 1).

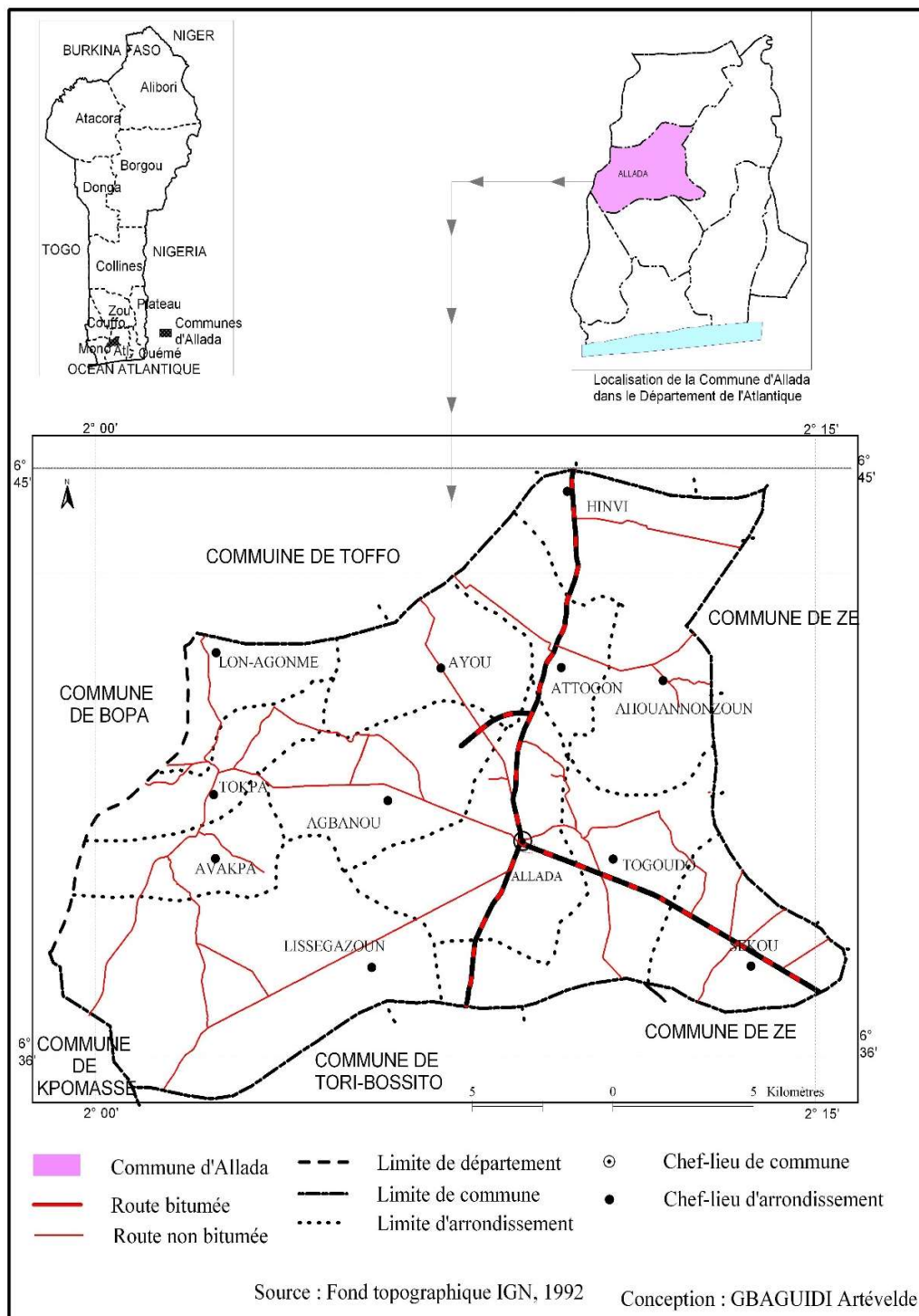


Figure 1 : Situation géographique et administrative de la commune d'Allada

2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Elle comprend les données à collecter, les méthodes de collecte de données, les recherches documentaires, les travaux de terrain ainsi que les traitements de données et analyse des résultats.

2.1 Données utilisées

Plusieurs types de données seront collectés dans le cadre de cette recherche. Il s'agit des données quantitatives et qualitatives :



Données quantitatives

- Quantité de déchets produits
- Données sur le cadre de gestion et les structures ayant en charge la gestion des déchets ;
- Données sur la répartition des usines de production de déchets valorisable en énergie renouvelable ;



Données qualitatives

- Données des enquêtes socio-anthropologiques ;
- Données sur les modes de valorisation des déchets ;
- Données sur la typologie des déchets ;
- Données sur les avantages de la valorisation des déchets en énergie renouvelable ;
- Données sur le processus de valorisation des déchets en énergie renouvelable.

2.2 Méthode de collecte

La recherche documentaire et les travaux de terrain constituent les principales étapes de la collecte des données.

2.2.1 Travaux de terrain

❖ Groupe cible et taille de l'échantillon

Le groupe cible se compose des catégories suivantes :

Les responsables des structures de pré-collecte des déchets, les responsables des usines de transformation de fruits dans la Commune d'Allada.

Les enquêtes ont pris en compte tous les Arrondissements d'Allada. Les unités d'enquêtes choisies sont :

- Six (06) structures de pré-collectes privées
- Trois (03) structures de transformation de fruits

Le choix des personnes enquêtées doit répondre à l'un des critères suivants :

- Au niveau des structures de pré-collecte :
 - Etre l'un des chargés de projet dans la structure ;
 - Etre un éboueur ;
 - Etre un coordonnateur du projet
- Au niveau des unités de transformation de fruits :
 - Etre Directeur de l'unité ;
 - Etre un agent de l'unité

L'échantillonnage concerne les douze arrondissements que compte la Commune d'Allada. Le tableau I présente le nombre de personnes enquêtées au niveau des structures de pré-collecte privé.

Tableau I : Répartition de l'échantillon par structures de pré-collecté de déchets

Nom des structures de pré-collecte	Nombre d'agents par structures	Nombre de chargé de projets enquêtés	Nombre d'éboueur enquêtés	Nombre de coordonnateur enquêtés	Nombre total de personnes enquêtés par structure	Pourcentage (%)
Mon Rêve	5	1	2	0	3	11,11
Défis plus	3	1	1	0	2	7,40
Organe des initiatives sociales (OIS)	5	1	2	0	3	11,11
CaAMES BENIN	3	1	1	0	2	7,40
Casa Grande	8	1	3	1	5	18,51
PRA	3	1	1	0	2	7,40
Total	27	6	10	1	17	62,93

Source : Enquête de terrain, Avril 2022

Au total dix-sept (17) personnes ont été enquêtées dans la Commune d'Allada. Au nombre de celle-ci, on n'a : six (06) chargés de projets, dix (10) éboueurs et un (01) coordonnateur sur les vingt-sept (27) agents des structures de pré-collecte. Soit 62,93 % de personnes enquêtées.

Le tableau II présente le nombre de personnes enquêtées au niveau des unités de transformation de fruits.

Tableau II : Répartition de l'échantillon des unités de transformation de fruits

Unités de transformations de fruits	Nombre d'agents par structures	Directeur d'unité	Nombre d'agents de l'unité enquêtés	Nombre total de personnes enquêtés par structure	Pourcentage (%)
IRA	15	1	8	9	15
Blue Sky	35	1	13	14	23,33
Les jus Tilou	10	1	5	6	10
Total	60	3	26	29	48,33

Source : Enquête de terrain, Avril 2022

Au total vingt-neuf (29) personnes ont été interviewées dans la Commune d'Allada. Au nombre de celle-ci, on n'a : trois (03) directeurs d'unités, vingt-six (26) agents d'unité de transformation. Soit 48,33 % de personnes enquêtées. En somme, quarante-six

(46) personnes ressources ont été interviewées sur quatre-vingt-sept (87) personnes dans la Commune d'Allada. Soit 52,87 % de personnes enquêtées.

❖ **Outils, matériel et techniques de collecte**

Plusieurs outils et matériels sont utilisés dans le cadre de cette recherche. Il s'agit de l'observation, de questionnaire, de guide d'entretien, d'un appareil photo pour la prise de vue, d'un GPS, biodigester mobile, compteur à biogaz.

✓ **Observation**

L'observation constitue le premier outil de collecte en géographie. Elle a permis de :

- déterminer la localisation des structures de pré-collecte et des unités de transformations de fruits,
- faire une estimation de la taille des déchets collectés par les structures de pré-collecte et aussi une estimation de la taille des déchets produits par les unités de transformations de fruits,
- faire une estimation de la quantité de biogaz et de bio charbon qu'on pourrait avoir après valorisation des déchets.
- apprécier les avantages du biogaz et du bio charbon dans la Commune d'Allada.

✓ **Questionnaires et entretiens**

Un questionnaire est une méthode de recueil d'informations mise en place afin d'expliquer et de comprendre des faits. Il est administré aux agents des structures de pré-collecte et aux agents des unités de transformations de fruits.

Un entretien est une méthode de recherche et d'investigation. Les cibles des entretiens semi structurés sont : les chargés de projets, les Directeurs d'unités et les éboueurs.

Cet échange est dispensé à l'aide d'un guide d'entretien afin d'examiner leurs perceptions. Ces entretiens seront enregistrés par le biais d'un enregistreur.

✓ **Prise de vue**

A l'aide d'un appareil photo, des photos ont été prises pour illustrer les constats effectués sur le terrain dans la présente recherche.

✓ **Biodigester mobile**

Il permet la production du biogaz et ayant une capacité de 200 litre.

✓ **Compteur à biogaz**

C'est un appareil qui compte la quantité de gaz produite par le biodigester.

1.2.3. Traitement des données et analyse des résultats

Les questionnaires d'enquête et les guides d'entretien ont été codifiées manuellement, ainsi les données recueillies ont été traitées et analysées avec les logiciels Excel. L'outil statistique utilisé est la statistique descriptive ce qui a permis la réalisation des graphiques et des tableaux. Arc view ou QGIS pour la réalisation des cartes.

Le modèle SWOT (Strength- Weaknesses- Opportunities- Threats) qui signifie 'Forces- Faiblesse- Opportunités- Menaces) traduit par FFOM (Force- Faiblesse- Opportunité-Menace) a été utilisé dans ce travail pour analyser les résultats. (Voir figure 8).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 Typologie de déchets

Les déchets collectés dans la Commune d'Allada sont de diverses catégories. Il s'agit des déchets dégradables et non dégradables. Pour la valorisation des déchets en énergie renouvelables les déchets dégradables sont utilisés. Il existe deux sortes de déchets dégradables. Il s'agit de :

- Ceux riches en lignines ou en carbone tels que : les feuilles des arbres, les cartons, les fibres des plantes, les bosquets, etc...



Photo 1



Photo 2



Photo 3

Planche 1 : Déchets riche en lignines

Prise de vue : GBAGUIDI, juin 2022

La planche 2 montre trois photos de déchets riches en lignines. La photo 1 montre des tas d'immondice composé essentiellement des feuilles secs et des papiers. La photo de la planche 2 présente des coquilles du noix de coco. Sur la photo 3, il s'agit nattes usées, des cartons, des feuilles sec du palmier, des papiers et des bosquets.

- Ceux qui ne sont pas riches en lignines tels que : les fruits, les restes de repas, les déchets organiques etc...



Photo 4



Photo 5

Planche 2 : Déchets non riche en lignines

Source: Enock Gnanga et prise de vue : GBAGUIDI, juin 2022

La planche 2 présente deux photos de déchets qui ne sont pas riche en lignines. La photo 4 de la illustre des déchets de cuisine tel que épluchures de banane, des restes de viande, poissons, de légumes et fruits. Ensuite elle présente les déchets des animaux comme les déchets organiques (les intestins, bourse de vache) et leurs déjections (fiente de volaille). Enfin, elle montre des déchets de culture agricoles dont les fruits, les feuilles et les arbres non riche en carbone (Moringa, papayer). La photo 5 de la planche 2 montre les eaux usées de la cuisine.

3.1.2 Mécanisme de collecte

La collecte des déchets dans la Commune d'Allada est assurée par des structures privées de pré-collecte. Il existe six (6) structures de pré-collecte dans la Commune d'Allada. Elles sont réparties dans plusieurs Arrondissements de la Commune. Il s'agit de :

- ❖ Casa Grande situé dans l'Arrondissement de Dodomè ;
- ❖ CaAMES Bénin situé dans l'Arrondissement de Donou ;
- ❖ OIS situé dans l'Arrondissement de Dogoudo 1 ;
- ❖ Défis plus situé dans l'Arrondissement de Soyè ;
- ❖ Mon rêve situé dans l'Arrondissement de Allomey ;
- ❖ PRA situé dans l'Arrondissement de Attogon.

La figure 2 présente la répartition géographique des structures de pré-collecte

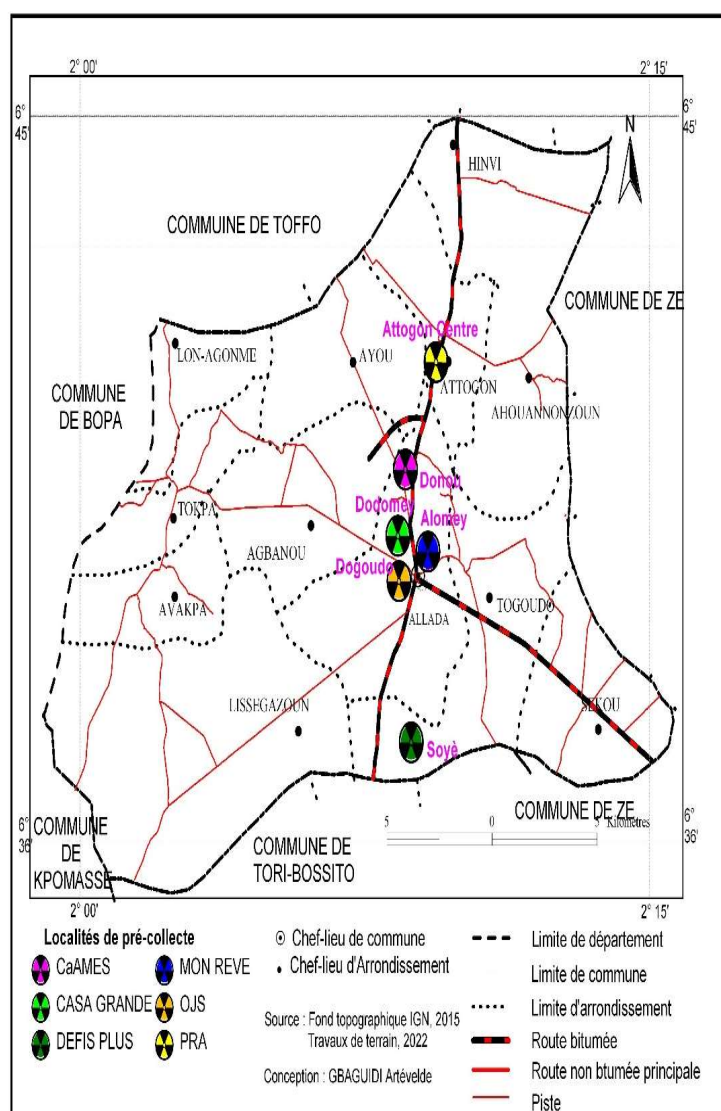


Figure 2 : Répartition géographique des structures de pré-collecte

La figure 2 montre que la plus part des sites de pré-collecte sont concentré au niveau du chef-lieu d'arrondissement au lieu d'être dispersé dans la Commune afin que de la collecte des déchets soit assurer dans toute la Commune d'Allada. Les structures de pré-collecte tel que : PRA et Défis Plus se trouvent en dehors du chef-lieu d'Arrondissement. Le tableau III présente la quantité de déchets collecté par les structures auprès des ménages.

Tableau III : Quantité de déchets collecté par les structures auprès des ménages

Nom des structures	Mon Rêve	Défis plus	Organe des initiatives sociales (OIS)	CaAMES BENIN	Casa Grande	PRA
Nombre de déchets collecté par jour/tonnes	0,83	0,65	2,06	0,42	4	0,32
Nombre de ménages par structures	73	59	180	37	350	28

Source : Enquête de terrain, Avril 2022.

L'analyse du tableau III montre que la structure Casa Grande collecte plus de déchets (4 tonnes) tandis que PRA est la structure privée qui collecte moins de déchets (0,32 tonnes) que les autres structures dans la Commune d'Allada. Au total, 8,28 tonnes de déchets sont collectés par les six (06) structures privées dans la Commune d'Allada auprès de 727 ménages.

En dehors des structures privées de pré-collecte, il existe des unités de transformation de fruits qui produisent des déchets dans la Commune d'Allada. Il s'agit de :

- ❖ IRA situé dans l'arrondissement de Togoudo ;
- ❖ Blue Sky situé dans la l'Arrondissement de Avagoudo ;
- ❖ Les jus Tilou situé dans l'Arrondissent d'Adagleta ;

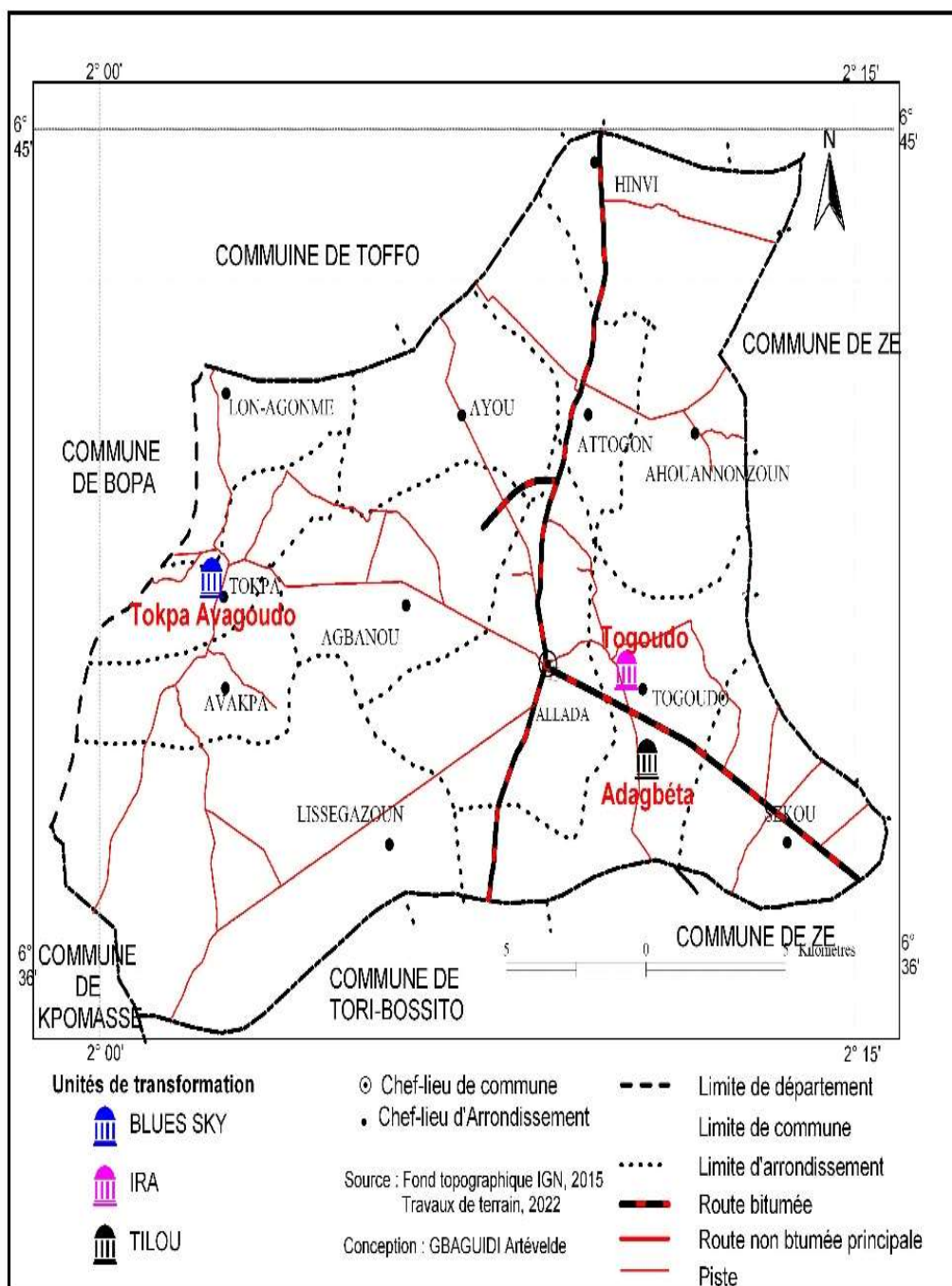


Figure 3 : Répartition géographique des unités de transformation de fruits

La figure 3 montre que seul deux unités de transformation de fruits sont réparties dans deux localités proches : IRA à Togoudo et Tilou à Dagléta. Seul Blues sky est à Topka- avagoudo. Le tableau IV présente la quantité de déchets produit par les unités de transformation de fruits.

Tableau II : Quantité de déchets produit par les unités de transformation de fruits

Unités de transformations de fruits	IRA	Blue Sky	Les jus Tilou
Les produits transformés	Ananas, gingembre	Ananas, mangue, fruit de la passion, papaye solo, coco	Ananas
Nombre de déchets produits par jour	10 tonnes	30 tonnes	5 tonnes

Source : Enquête de terrain, Avril 2022

L'analyse du tableau IV montre que sur les trois unités de transformation fruits, Blues sky produit plus de déchets (30 tonnes) par jour que les autres unités tandis que Tilou produit moins (5 tonnes) que les autres unités de transformation de fruits dans la Commune d'Allada. En somme, 45 tonnes de déchets sont produits par les trois (03) unités de transformations dans la Commune d'Allada.

Malgré les nombreux efforts fournis par les structures privées de pré-collecte pour la collecte des déchets dans la Commune d'Allada, tous les déchets de la Commune ne sont pas collectés. Il s'agit :

- des déchets agricoles (épluchures de manioc, déchets de maïs, de riz....etc.). Ces déchets sont riches en lignine.
- Des digestions humaines et animales non riches en lignines.

3.1.3 Mode de valorisation des déchets

Le processus de valorisation des déchets dans la Commune d'Allada conduit à deux sources énergie qui sont d'une part le biogaz et d'autre part le charbon vert.

3.1.3.1 Biogaz

A cette étape, les déchets qui ne sont pas riches en lignine participent à la production du biogaz. Pour la production du biogaz, il faut un biodigesteur mobile (voir figure 4) ou à dôme fixe.

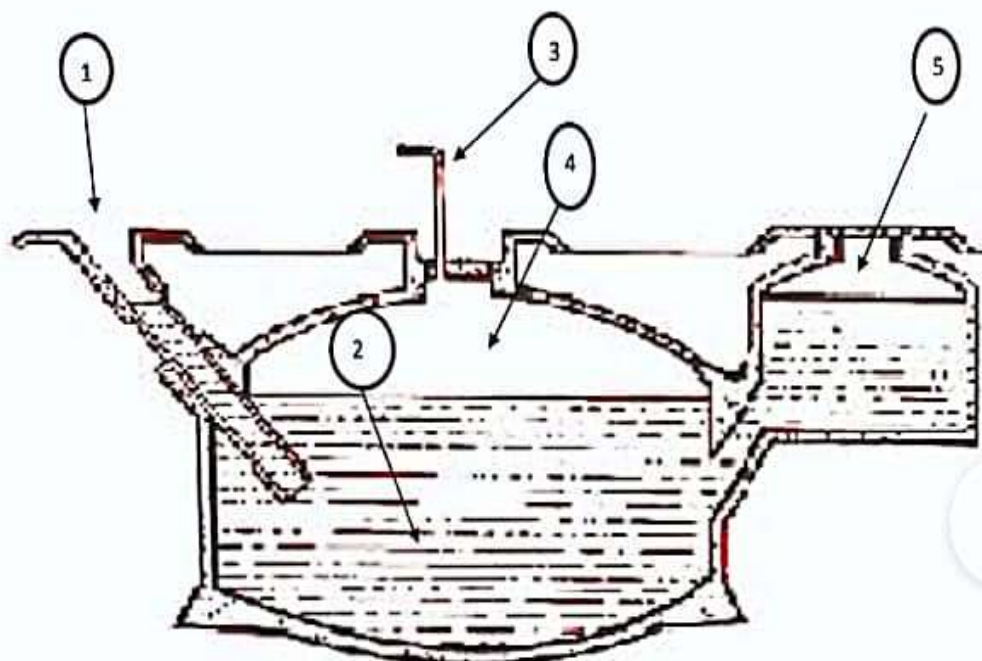


Figure 4 : Coupe longitudinale du biodigester de biogaz Bénin Sarl

Source : Enock Gnanga

La figure 4 montre qu'un digesteur est constitué :

- 1- D'un bac de chargement
- 2- D'une cuve de fermentation
- 3- D'un tuyau principal pour l'évacuation du biogaz
- 4- D'un dôme
- 5- D'un bac d'effluent

Le biogaz composé essentiellement de méthane est obtenu après fermentation des matières organiques dans un biodigester fermé hermétiquement. La bouche du biodigester (bac de chargement) accueille les déchets organiques comme des déjections animales ou des matières végétales mélangées homogénéiquement avec de l'eau. Cette bouche d'entrée peut-être aussi connecté à des latrines pour recueillir des excréments humains. Ces déchets descendent dans la cuve de fermentation, se fermentent grâce au biodigester qui crée artificiellement les conditions nécessaires au processus de digestion anaérobie (absence de lumière, température stable et tempérée). Cette fermentation s'accumule et remonte vers une sortie au bout de laquelle est placé un tuyau relié à l'habitat. Selon le site web www.planete-energie.com/fr/medias/decryptages/la-methanisation-du-biogaz-dans-nos-dechets, le biogaz issu du biodigester est constitué de 55 % à 70 % de méthane (CH_4), 30 à 45 % du dioxyde de carbone (CO_2), une petite quantité d'ammoniac (NH_3) et de sulfure d'hydrogène (H_2S). La figure 5 explique le processus de production du biogaz.

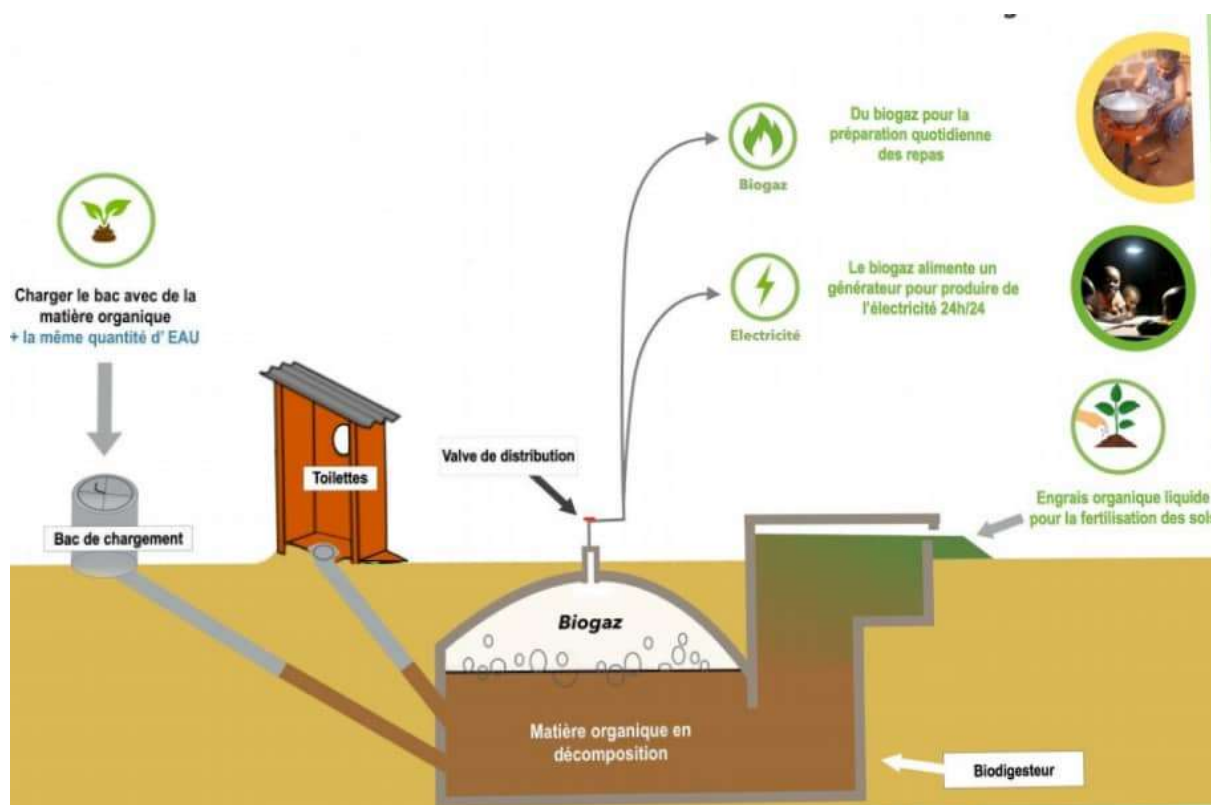


Figure 5 : Production de biogaz

Source : Enock Gnanga, 2020

La figure 5 montre la production de biogaz avec des déchets essentiellement riches en lignine.

Le tableau V présente la Quantité de déchets non riches en lignines collectés par les structures de pré-collecte dans la Commune d'Allada.

Tableau V : Quantité de déchets non riches en lignines collectés par les structures de pré-collecte

Nom des structures et unités de transformations des fruits	Mon Rêve	Défis plus	Organe des initiatives sociales (OIS)	CaAMES BENIN	Casa Grande	PRA	IRA	Blue Sky	Tilou
Nombre de déchets collecté par jour/tonnes	0,83	0,65	2,06	0,42	4	0,32	10	30	05
Quantité de déchets non riches en lignine produite par	0,2672	0,2093	0,66332	0,1352	1,288	0,103	10	30	05

structures en tonnes									
Quantité de biogaz produite par jour en m ³	13,6	104,65	331,66	67,6	644	51,5	5000	15000	2500

Source : Enquête de terrain, Avril 2022

L'analyse du tableau V montre que pour une quantité de 8,28 tonnes de déchets collectés par jour par les structures de pré-collecte privé, 1,391 tonnes de déchets non riches en lignines sont obtenus. Grâce à la valorisation des 1,391 tonnes de déchets non riches en lignines par biodigester, 1213,01 m³ de biogaz sont produit par jour dans la Commune d'Allada. Soit 1.213.010 bouteilles de gaz de 6 Kg par jour.

Au niveau des unités de transformation de fruits 45 tonnes de déchets sont produites par jours soit 45 Tonnes de déchets non riches en lignines. La valorisation de ces déchets non riches en lignines par biodigester permet la production de 22.500 m³ de biogaz par jour dans la Commune d'Allada. Soit environ 22.500.000 bouteilles de gaz de 6 Kg par jour.

La quantité de production de biogaz par jour en m³ des structures de pré-collecte (1213,01 m³) est inférieure à celle des unités de transformation de fruits (22.500 m³). Au total, la valorisation des 53,28 tonnes de déchets non riches en lignine dans la Commune d'Allada au niveau des structures de pré-collecte et des unités de transformations de fruits par biodigester permet d'obtenir 23.713,01 m³ de biogaz par jour soit 23.713.010 bouteilles de gaz de 6 Kg.

3.1.3.2 Charbon vert

A cette étape, les déchets riches en lignine participent à la production du charbon. Le processus de valorisation des déchets en charbon vert nécessite sept (7) étapes à savoir :

- ❖ La collecte et le tri des déchets
- ❖ Séchage des déchets
- ❖ La carbonisation
- ❖ Broyage
- ❖ Le malaxage
- ❖ Pressage
- ❖ Séchage des briquettes

• Collecte et tri des déchets

A ce niveau, le tri des déchets riches en lignine sont nécessaires. Pour produire 1 kg de charbon vert, il faut disposer de 3 à 6 kg de résidus organiques. Or, 10 kg de coques de noix de coco représentent un faible volume à transporter si on les compare à 10 kg de paille. La fabrication des briquettes exige une quantité assez importante de déchets. Pour permettre un approvisionnement régulier des déchets, il convient d'adopter une stratégie de collecte des ordures ménagères.

En milieu urbain, un premier type de collecte peut se faire auprès des ménages volontaires. Ceux-ci devront trier les ordures organiques à l'aide de sacs-poubelles mis à leur disposition : un sac pour les déchets organiques ou les bio-déchets (épluchures, herbes coupées, feuilles mortes...) et un autre pour les autres déchets, qui seront dirigés vers des décharges contrôlées.

Cependant, il est nécessaire que les déchets collectés ne soient pas en voie de décomposition avancée. Un autre type de collecte peut s'effectuer sur les marchés où généralement les déchets organiques abondent : dans les grandes villes d'Afrique, le gisement

peut représenter des centaines, voire des milliers de tonnes par mois. Souvent, par manque de volonté politique ou de moyens, les municipalités n'assurent pas l'évacuation de ces déchets ou bien le font de façon imparfaite. Les producteurs de charbon vert trouveront sur les marchés différents types de déchets ; ils devront néanmoins en assurer la collecte et le transport.

En milieu rural, les agriculteurs peuvent être associés à la collecte des résidus agricoles qui ne sont pas déjà valorisés en compost ou en aliments pour les animaux.

- **Séchage des déchets**

L'étape qui suit le tri des déchets est celle du séchage. C'est une phase importante de la production car si tous les déchets organiques solides peuvent produire des briquettes, seuls des déchets denses et secs permettront d'obtenir une poussière de charbon de qualité. Le degré d'humidité doit être compris entre 15 et 20 %. Cette valeur peut être mesurée à l'aide d'un testeur d'humidité. La durée du séchage varie de deux à sept jours. Dans certaines régions, comme en zone tropicale humide, il peut être nécessaire de faire sécher les déchets dans un four.

- **Carbonisation**

L'étape la plus délicate de la production des briquettes de charbon vert est la phase de carbonisation. Il s'agit de provoquer la décomposition chimique de la matière première, résidu agricole ou végétaux, par l'action de la chaleur. Dans le cadre d'une production artisanale, le processus se déroule dans un carbonisateur (voir photo6) fabriqué avec un fût métallique de 200 litres. De la biomasse sèche (résidus végétaux ou agricoles) est introduite dans le fût transformé en chaudière (carbonisateur), qui comprend un couvercle (parfois surmonté d'une cheminée), une porte, des ouvertures sur les côtés qui permettent de régler le débit d'alimentation de l'air, ainsi que des pieds et des poignées soudés pour la manipulation du carbonisateur. Avant le début du processus de carbonisation, il faut disposer de tout le matériel nécessaire : un four à carboniser, une pelle, des gants en cuir, un masque de protection, un arrosoir rempli d'eau et une bâche ou une tôle.



Photo 6 : Carbonisateur

Prise de vue : GBAGUIDI, juillet, 2022

La photo 6 montre un carbonisateur fabriqué à l'aide d'un simple fût. Les différentes étapes de l'opération de carbonisation :

- Introduire progressivement les résidus à carboniser dans le four jusqu'en haut, tout en les pressant légèrement pour remplir au mieux l'espace ;
- Eviter toutefois de trop presser les résidus pour faciliter le passage de l'air chaud. En effet, en pressant la biomasse, on crée des espaces isolés qui ne facilitent pas le passage de la chaleur
- Allumer le feu et attendre que le four soit bien chaud avant de fermer avec le couvercle ;
- A la fin de la carbonisation, enlever le couvercle surmonté de la cheminée et laisser refroidir
- Déverser le poussier obtenu (produit carboné) sur une bâche ou sur une tôle (si la température est encore élevée) ;

- Répéter les opérations autant que souhaité. Il est nécessaire de choisir un site de production éloigné des habitations afin de protéger les habitants des fumées dégagées et des accidents possibles en raison de la chaleur.

La carbonisation peut se faire près des lieux où les résidus sont disponibles si ceux-ci sont éloignés de l'unité de compactage. Le volume des matières à transporter est ainsi réduit.

La carbonisation est une technique qui consiste à placer les résidus organiques dans des conditions de chaleur définies (de 400°C à 600°C) et dans un milieu pauvre en oxygène, pour produire du charbon. Le bon déroulement du processus de carbonisation dépend de la bonne gestion de l'apport en oxygène dans le système. Un trop fort apport en oxygène risque de brûler la matière première au lieu de produire la matière carbonée souhaitée. Après l'allumage du contenant du four, la température monte progressivement jusqu'à 100°C. Dès lors, l'humidité (environ 10%) contenue dans la biomasse s'évapore. La température monte ensuite jusqu'à 280°C. Cette phase, dite endothermique, nécessite de l'énergie. Celle-ci est apportée par la combustion complète d'une petite partie de la biomasse contenue dans le carbonisateur. Si cette biomasse est sèche, la combustion nécessitera moins d'énergie. A partir de 280°C, commence la phase de pyrolyse. La biomasse se décompose en charbon, goudron et autres éléments. Cette réaction est dite exothermique ; elle libère de l'énergie. Il faut donc limiter l'apport en oxygène en obstruant les ouvertures afin d'éviter la combustion totale du contenu du four. La chaleur dégagée par la pyrolyse fait monter la température à 400°C, jusqu'à ce que toute la matière soit transformée en charbon.

- **Broyage**

Après la carbonisation, le charbon est encore partiellement en morceaux. Or, pour la fabrication des briquettes, il est nécessaire de disposer de poussière de charbon. L'opération suivante consiste donc à broyer les poussières issus de la carbonisation. On obtient une poudre de charbon d'un grain régulier lorsque le broyage est fait avec un matériel mécanisé. S'il est fait de façon manuelle, on veillera à tamiser le produit broyé. Il est recommandé de disposer d'un site de stockage pour la poudre de charbon et d'en disposer d'une quantité suffisante avant de procéder au compactage.



Photo 7 : broyage des déchets carbonisé

Prise de vue : GBAGUIDI, juillet, 2022

La photo 7 présente le broyage des poussières issus de la carbonisation grâce à un appareil mécanisé. Cette opération est réalisée par des agents qui se sont protégés et sur un site de valorisation des déchets.

- **Malaxage**

Une dernière opération doit être effectuée avant de passer au compactage. Il s'agit d'ajouter un liant à la poussière de charbon pour faciliter le compactage et pour que les briquettes obtenues ne soient pas friables. Il existe plusieurs liants : amidon de blé, farine de manioc, gomme arabique, mélasse, argile... La farine de manioc est considérée comme le meilleur liant. Le mélange s'effectue à la main ou à l'aide d'un malaxeur. On utilise souvent la farine de manioc parce qu'elle contient de la fécule qui a une consistance de colle.

Les proportions du mélange sont approximativement les suivantes : 2 kg de farine de manioc, 4 litres d'eau et 12 kg de poudre carbonisée des résidus organiques. On prépare le liant, puis on l'incorpore à la poudre. On obtient ainsi un mélange homogène et compact. Le choix du liant est important : en fonction du liant choisi, la durée et l'intensité de la combustion du charbon vert peuvent varier. L'argile est un autre liant intéressant. Elle contribue à augmenter le temps de combustion des briquettes. Mais l'allumage des briquettes fabriquées avec de l'argile est difficile. Le principal liant utilisé dans les grandes unités de production de charbon vert est la farine de manioc.



Photo 8 : Mélange du poudre carbonisé avec du liant

Prise de vue : GBAGUIDI, juillet, 2022

La photo 8 montre comment s'effectue le mélange de liant avec du poudre carbonisé. Il s'agit du malaxage qui est réalisé avec un appareil mécanisé par des agents sur un site de valorisation de déchets.

- **Pressage**

Cette étape a pour but de compresser le mélange obtenu pour obtenir des briquettes de charbon vert. Le compactage s'effectue à l'aide d'une presse, appelée aussi compacteur, dont la capacité dépend du volume de production attendue. La qualité des briquettes de charbon vert dépend de la nature du liant, de la vitesse de compactage et de la granulométrie de la poussière de charbon. Le choix de la forme des briquettes et de la pression exercée lors du compactage est important. En effet, la combustion ne se réalisera pas de la même façon si le charbon se présente sous forme de boulets ou de briquettes. La force de compactage a une incidence sur la vitesse de combustion. Celle-ci sera moins homogène dans le cas d'un compactage manuel que dans celui d'un compactage mécanique. Les proportions du pressage sont approximativement les suivantes :



Photo 9 : Pressage des poudres carbonisées après malaxage

Prise de vue : AGOUSSIN, juillet, 2022

La photo 9 montre le pressage de poudres issues du malaxage grâce à une mouleuse.

- ✚ 50 kg de feuilles végétales pour 15 kg de feuilles carbonisées permettent de fabriquer 15 kg de brique de charbon vert.
- ✚ 50 kg d'épluchures de maïs pour 10kg de matière carbonisées produisent 10kg de charbon.
- ✚ 50 kg de coque de coco pour 12kg de matière carbonisées donnent 12 kg de charbon
- ✚ 50 kg du mélange de déchets pour 12kg de matière carbonisées donnent 12 kg de charbon

- **Séchage**

La dernière opération dans la chaîne de production, juste avant la commercialisation, est le séchage des briquettes. Pour faire sécher les briquettes compressées, on les dispose sur des claies ; elles sont exposées au soleil ou bien disposées sous un abri, une serre par exemple. L'objectif est de diminuer le niveau d'humidité pour améliorer la combustion des briquettes. Le séchage peut se faire à l'air libre si la pluviométrie est faible. Le temps de séchage d'une brique est d'un ou de plusieurs jours, en fonction du taux d'hygrométrie et de la saison. Le taux d'humidité final des briquettes doit être de l'ordre de 8 à 10%. Il faut prendre des précautions pour que les briquettes ne soient pas exposées à l'eau. Dans ce cas le liant se décomposerait et les briquettes deviendraient friables. Si elles ne sont pas complètement sèches, les briquettes s'allument mal et leur pouvoir calorifique est plus faible. Il faut faire des tests réguliers sur les briquettes produites pour s'assurer d'une constance dans la qualité.



Photo 10 : séchage des briquettes de charbon vert

Prise de vue : GBAGUIDI, juillet, 2022

La photo 10 montre des briquettes de charbon vert séché issus du pressage. Le tableau VI présente la quantité de déchets riches en lignines collectés par les structures de pré-collecte dans la Commune d'Allada.

Tableau VI : Quantité de déchets riches en lignines collectés par les structures de pré-collecte

Nom des structures et unités de transformations des fruits	Mon Rêve	Défis plus	Organe des initiatives sociales (OIS)	CaAMES BENIN	Casa Grande	PRA	IRA	Blue Sky	Tilou
Nombre de déchets collecté par jour/tonnes	0,83	0,65	2,06	0,42	4	0,32	10	30	05
Quantité de déchets riches en lignine produite par structures en tonnes	0,178	0,139	0,442	0,09	0,86	0,06	00	00	00
Quantité de bio charbon produite par jour en kg	42,72	33,36	106,8	21,6	206,4	14,4	00	00	00

Source : Enquête de terrain, Avril 2022

L'analyse du tableau VI montre que pour une quantité de 8,28 tonnes de déchets collectés par jour par les structures de pré-collecte privé, 1,769 tonnes de déchets riches en lignines sont obtenus. Grâce à la valorisation des 1,769 tonnes de déchets riches en lignines à travers les étapes de valorisation, 425,28 Kg de bio charbon sont produit par jour dans la Commune d'Allada. Au niveau des unités de transformation de fruits 45 tonnes de déchets sont produites par jours soit zéro (0) tonnes de déchets riches en lignines.

Au total, la valorisation des 1,769 tonnes de déchets riches en lignine dans la Commune d'Allada au niveau des structures de pré-collecte et des unités de transformations de fruits à travers les étapes de valorisation permet d'obtenir 425,28 kg de bio charbon par jour.

3.2 Discussion

Les déchets collectés dans la commune d'Allada sont des déchets de types dégradables et non dégradables. Il existe deux sortes de déchets dégradables : ceux riches en lignines et ceux qui ne sont pas riches en lignines. Le processus de valorisation des déchets dans la Commune d'Allada conduit à deux sources d'énergies renouvelables : le biogaz et le charbon vert. Ces résultats obtenus confirment ceux de Martin Moisse (2020), affirme dans sa recherche scientifique de Master en Sciences de l'Ingénieur Industriel sur le thème :'' *Développement et construction d'une unité mobile de biométhanisation pour le site lacustre de Ganvié*'' , que l'accroissement de la qualité de vie des populations rurales du Bénin passera par une amélioration de l'accès à l'énergie pour ces populations et la préservation de leur environnement. Aujourd'hui, le premier poste de consommation énergétique d'une famille rurale béninoise est la cuisine. Le combustible utilisé, le plus souvent du bois, induit une forte pression sur l'écosystème. Dans les villages lacustres du lac Nokoué, les déchets organiques sont déversés dans le lac, nuisant à la qualité de l'eau et à la qualité de vie des habitants. Cet apport de matière organique permet à la jacinthe d'eau, une plante invasive, de se multiplier rapidement jusqu'à

recouvrir une grande partie du lac et bloquer le transport marchand. De ces constats est né le projet de créer une unité de biométhanisation hors sol permettant à la fois de valoriser les déchets organiques des ménages des cités lacustres et la jacinthe d'eau. Cette unité permet la transformation de ces intrants en biogaz qui sert à la cuisine quotidienne des ménages.

De même que ceux de Koledzi (2021), qui dans sa thèse de doctorat intitulée « Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (Togo): Approche méthodologique pour une production durable de compost » affirme que la méconnaissance des bases de fonctionnement des systèmes de traitement et d'élimination des déchets s'explique dans tous les cas analysés par l'absence de connaissance précise des caractéristiques physiques et chimiques des déchets concernés. Toujours dans ces recherches, il démontre que la connaissance de la composition des déchets est essentielle afin d'apprécier les possibilités de valorisation comme le compostage, la récupération de métaux ou d'autres matériaux recyclables (papier, carton, verre, plastique) et de prévoir ainsi la capacité des installations. Les prévisions des impacts sur l'environnement, en évaluant la nature et la quantité des émissions, permettent un meilleur contrôle sur le procédé et une anticipation des difficultés futures.

Conclusion

Dans la Commune d'Allada, il existe d'une part, six (6) structures de pré-collecte réparties dans plusieurs Arrondissements de la Commune et qui collecte par jour 8,28 tonnes de déchets auprès de 727 ménages. D'autres parts, 45 tonnes de déchets sont produits par trois (03) unités de transformations de fruits dans la Commune d'Allada. Au total, 53,28 tonnes de déchets sont obtenu par jour grâce aux structures privées de pré-collecte et les unités de transformation de fruits dans la Commune d'Allada. Ces déchets sont en grande partie valorisable. La production du biogaz se réalise par biodigester. La valorisation des 53,28 tonnes de déchets en biogaz par biodigester permet d'obtenir 23.713,01 m³ de biogaz par jour soit 23.713.010 bouteilles de gaz de 6 Kg par jour dans la Commune d'Allada.

Les déchets qui sont riches en lignine participent à la production du charbon vert. La production du charbon vert se réalise en sept (7) étapes. La valorisation des 53,28 tonnes de déchets par jour en charbon vert permet d'obtenir 425,28 kg de bio charbon par jour.

Références

- [1]. Adepoju Onibokou. (2001) : *La gestion des déchets urbains. Des solutions pour l'Afrique*. Edition CRDI-Khartala 2001. 250 p.
- [2]. Adepoju Onibokun, 2002: *La Gestion des déchets urbains. Des solutions pour l'Afrique*. Editions Karthala, Paris CRDI, 260p
- [3]. Edem Koledzi (2021): *Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (TOGO): approche méthodologique pour une production durable de compost*, Thèse de Doctorat, Université de Limoge, 18 p.
- [4]. Mathilde Laval, (2014) : *Le charbon vert, espoirs et réalités d'une alternative énergétique séduisante*, Agence micro-projets, programme de la Guilde Européenne du Raid soutenu par l'Agence Française de développement, 2 p).
- [5]. Serge Glito et Placide Cledjo (2020): *Systèmes de Valorisation des Déchets Solides Ménagers à des Fins Agricoles dans la Commune d'Allada au Bénin*, Vol. 21 No. 1 June 2020, 328-336 p.
- [6]. Martin Moisse (2020): *Développement et construction d'une unité mobile de biométhanisation pour le site lacustre de Ganvié*, Master en Sciences de l'Ingénieur Industriel, 23 janvier (2020), 1 p.
- [7]. Auguste Sossou (2019): *Caractérisation et gestion des déchets solides ménagers dans l'arrondissement central de la commune de Comè au Bénin*, Rapport pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle en genie de l'environnement, EPAC/UAC, 1-2-8 p.
- [8]. Leila et al (2012) : *The effect of temperature on various parameters in coal, biomass and CO-gasification: A review* ; and Sustainable Energy Reviews 16, 5584–5596 p.

-
- [9]. R Yantekoua et Yango Bampo Y. J. (2020) : *Valorisation des déchets ménagers en compost dans la ville de Parakou*, Mémoire projet de Licence Professionnelle, 2 p.
- [10]. Nikita Topanou, (2012): *Gestion des déchets solides ménagers dans la ville d'Abomey-Calavi (Bénin): Caractérisation et essais de valorisation par compostage*, Thèse en cotutelle, 2 p.
- [11]. Arsène Yenamau, 2010: « *Problématique de la gestion des ordures ménagères dans la ville de Kinshasa: cas de la commune de Masina* ». Ingénieur agronome -Université de Kinshasa/RDC, 60p
- [12]. Farida Si Mansour, Sabrya Oumar, Karima Si Salah, (2021) : *Énergies renouvelables, transition énergétique et enjeux climatiques en droit africain*, Revue Africaine de Droit de l'Environnement N° 06, 14 p