

Développement d'un digesteur de surface pour l'intégration alternative du biogaz au Burkina Faso

Ing. B. HAUSMAN
Ir Charles D. KONSEIBO
Ir C. CHARLIER
CEAS Burkina
HELMo Gramme – Liège

Cet article traite du développement d'un nouveau type de biodigesteur domestique en voie humide et en fonctionnement continu pour répondre aux besoins des populations rurales du Burkina Faso. Ce nouveau modèle de digesteur permet d'élargir l'éventail des possibilités notamment grâce à sa complémentarité par rapport aux technologies existantes. Ce travail constitue la deuxième phase du projet démarré l'an dernier par Nicolas Zimmermann (voir Revue n° 32, 2018).

Mots-clefs : biométhanisation, digesteur domestique, voie humide, Burkina Faso, biogaz, traitement des déchets.

This article presents the development of a new kind of wet process domestic digester operating continuously to meet the needs of the rural population of Burkina Faso. This new model makes the market scope wider due to its complementarity in regard of the other existing technologies. This work is the second step of a project started last year by Nicolas Zimmermann (Revue n° 32, 2018).

Keywords : methanisation, domestic digester, wet process, Burkina Faso, biogas, waste treatment.

1. Introduction

L'énergie représente un enjeu majeur dans le développement. La progression des pays émergents est directement liée à leur capacité à produire ou à se fournir en énergie. Pour que le développement de ceux-ci soit durable, il est essentiel de proposer et de promouvoir des solutions adaptées et accessibles pour encourager le recours aux énergies renouvelables en leur sein.

En effet, toutes les énergies renouvelables ne conviennent pas aux contextes des pays en voie de développement. Parmi les solutions retenues, le solaire photovoltaïque prend une place de plus en plus importante notamment sur le continent africain. Cependant, cette technologie reste onéreuse et donc difficile d'accès pour les populations les plus pauvres. De plus, dans le contexte rural de l'Afrique, les principaux besoins énergétiques sont de l'énergie thermique pour la cuisine et l'énergie lumineuse pour l'éclairage.

Au vu de cela, la biométhanisation apparaît comme une technologie capable de répondre adéquatement aux besoins des populations rurales d'Afrique ainsi que dans d'autres régions du tiers-monde. Reste alors à mettre au point un dispositif adapté permettant de réaliser le processus biochimique de la méthanisation de manière à produire du gaz utilisable dans les milieux ruraux d'Afrique.

2. État des lieux

Avant toute chose, il est indispensable de s'intéresser un peu plus en détails à la question du biogaz en Afrique car il est important de saisir l'ampleur des enjeux et des intérêts que présente cette énergie verte pour l'Afrique. Par la suite, nous verrons de manière succincte les technologies et les structures déjà opérationnelles sur le continent africain. Le projet réalisé au Burkina Faso en 2018 constitue en réalité la deuxième phase d'un projet initié en 2017. Il est donc également nécessaire de revenir sur le contexte du projet et son état d'avancement au commencement de la deuxième phase.

2.1. Intérêts du biogaz au Burkina Faso

Les intérêts du biogaz et en particulier des biodigesteurs domestiques sont multiples. C'est pourquoi, il semble indispensable de commencer par un tour d'horizon des enjeux de cette technologie afin de bien saisir l'importance de son développement en Afrique et en particulier au Burkina Faso.

Le premier intérêt semble évident. Comme mentionné dans l'introduction, le biogaz semble être une énergie renouvelable potentiellement bien adaptée pour répondre

aux besoins des populations rurales. Il permet en effet d'alimenter deux équipements très simples que sont le bec à gaz et la lampe à gaz. Par l'intermédiaire de ceux-ci, le biogaz est capable de fournir aux paysans la chaleur et la lumière dont ils ont besoin et qui jusque-là n'étaient pas toujours faciles à produire.

En outre, aujourd'hui encore, la plupart des paysans utilisent du bois qu'ils trouvent dans la nature pour se chauffer. Cette pratique participe activement à la déforestation et à la progression du désert en particulier dans le nord du Burkina Faso. Pour ce qui est de l'éclairage, les campagnes n'étant pas desservies par le réseau électrique, les gens utilisent le plus souvent des lampes de poche à piles. Ce moyen d'éclairage engendre une production de déchets nocifs qui ne sont pas recyclés et qui finissent le plus souvent dans la nature. La promotion du biogaz à grande échelle permettrait sans aucun doute de remédier à ces deux phénomènes dommageables pour l'environnement.

Il est permis d'ajouter que le processus de biométhanisation offre une solution pour le traitement des déchets organiques. De plus, il peut également être alimenté par des matières fécales humaines ou non. Cette particularité permet des progrès sanitaires considérables dans les villages africains.

Pour finir, les biodigesteurs domestiques sont à l'origine de progrès sociaux et économiques. Pour ne citer que quelques exemples, ils permettent une amélioration de la condition de la femme grâce à une réduction des tâches pénibles et un environnement plus sain pour cuisiner, ils sont bon marché ce qui facilite l'accès à l'énergie même aux plus démunis, ils procurent un coproduit (l'effluent) qui est utilisé comme engrais agricole ce qui permet d'augmenter significativement les rendements des cultures, etc.

Au regard de tous ces intérêts, il est aisé d'imaginer à quel point la promotion des biodigesteurs domestiques peut avoir un impact favorable sur le développement de l'Afrique et sur les conditions de vie de ses populations.

2.2. Technologies et structures existantes

Bien sûr, ce projet n'est pas le premier du genre et de nombreuses technologies et structures existent déjà au Burkina Faso comme ailleurs en Afrique et en Asie. De plus, il existe un grand nombre de dispositifs pour réaliser la biométhanisation que ce soit à grande échelle de manière industrielle ou à la plus petite échelle c'est-à-dire à celle d'un ménage. Dans le cadre des pays en voie de développement, ce sont surtout les unités domestiques de petites tailles qui nous intéressent.

Parmi celles-ci, il y a actuellement 3 technologies qui sont le plus largement répandues. Il s'agit du digesteur enterré à dôme fixe, du digesteur à dôme en fibre de verre

et du digesteur en bâches flexibles. Chacune de ces technologies a ses avantages et ses inconvénients. Celui en bâche étant le moins cher mais également le plus fragile. Malgré cela, ce sont les digesteurs enterrés à dôme fixe (voir figure 1) qui semblent les plus productifs et les plus durables. Ils ont donc servi de base à plusieurs grands programmes de promotion.



Figure 1 : Construction d'un digesteur à dôme fixe

En effet, dans certains pays d'Afrique et en particulier au Burkina Faso, il existe des programmes nationaux pour la promotion des biodigesteurs. Au Burkina, celui-ci a vu le jour en 2009 grâce à l'aide de la SNV¹ qui fut le principal activateur du projet. Depuis lors, un peu plus de 10000 biodigesteurs à dôme fixe ont été construits et sont fonctionnels pour la plupart (au moins 90 %) sur le territoire burkinabè. Le programme national ainsi que la SNV ont été des partenaires clé pour la deuxième phase de ce projet.

2.3. État initial du projet

Comme déjà mentionné précédemment, la première phase du projet a été réalisée en 2017 par Nicolas Zimmermann au sein du Centre Écologique Albert Schweitzer de Ouagadougou (CEAS Burkina)². Lors de cette première phase, plusieurs unités pilotes ont été conçues et testées. Ce travail a servi de base pour la suite du projet.

L'objectif de départ était de proposer une solution alternative aux digesteurs à dôme fixe car ceux-ci demandent un chantier ainsi qu'un investissement de départ relativement conséquents. De plus, leur construction nécessite un espace important.

¹ La SNV est une ONG néerlandaise pour l'aide au développement.

² Pour plus de détails sur la première phase du projet se référer à l'article de Nicolas Zimmermann dans le n°32, 2018 ou à son mémoire [10].

L'idée était donc de concevoir une petite unité le meilleur marché possible et compacte qui pourrait s'adapter à un grand nombre de situations. C'est cela qui a été recherché lors de la première phase.

De février à mai 2017, Nicolas Zimmermann en collaboration avec le CEAS Burkina a développé plusieurs petites unités de biométhanisation à partir de fûts métalliques de 200 litres. Ceux-ci ont l'avantage d'être bon marché et disponible en abondance au Burkina Faso. Ces prototypes se sont montrés fonctionnels et capables de produire du gaz de bonne qualité (jusqu'à 60 % de méthane). Cependant, du point de vue quantitatif, la production restait trop faible. D'autre part, une petite révision de l'ergonomie était nécessaire afin de rendre l'utilisation moins laborieuse.

En résumé, le projet était déjà bien entamé au terme de cette première phase. Toutefois, le travail de conception était loin d'être achevé pour obtenir une unité performante et répondant aux objectifs de départ.

3. Conception du nouveau modèle

Fort des avancées réalisées lors de la première phase, le projet a été poursuivi en suivant les mêmes objectifs et en se concentrant spécialement sur la résolution des problèmes.

3.1. Identification des problèmes

Pour commencer, une analyse de l'ensemble des points à améliorer sur les unités existantes a été entreprise. Parmi ceux-ci, nous pouvons par exemple citer : permettre une production de gaz plus importante, simplifier le système de manière générale, faciliter l'utilisation et réduire le coût de revient. C'est en se basant sur les principaux éléments à améliorer qu'une nouvelle configuration bien meilleure que les précédentes a pu être imaginée.

3.2. Analyse du fonctionnement des digesteurs enterrés

La deuxième source d'idées qui a également alimenté la réflexion sur le nouveau concept est l'analyse du fonctionnement du digesteur à dôme fixe. En effet, celui-ci étant en même temps le plus performant et le plus robuste il était nécessaire de chercher à comprendre à quoi était due sa supériorité. C'est en réalité son principe de fonctionnement extrêmement simple mais également très ingénieux qui donne l'avantage au dispositif enterré. Le schéma ci-dessous illustre ce principe de fonctionnement.

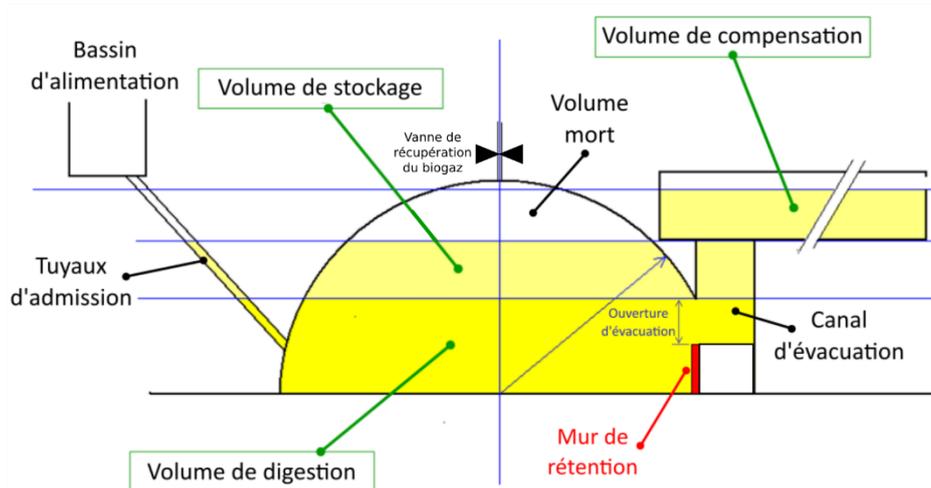


Figure 2 : Schéma de principe du digesteur enterré à dôme fixe [9]

Comme le montre la figure 2, le digesteur à dôme fixe ne possède aucune vanne (sauf pour la récupération du gaz). Il est exclusivement constitué de bassins et de canalisations. Il n'y a donc aucune pièce sujette à l'usure ou à l'encrassement. L'évolution de la matière dans le système se fait simplement par le principe des vases communicants et grâce aux variations de pression.

Le substrat (matière organique mélangée la plupart du temps avec de l'eau) est introduit par le bassin d'alimentation (à gauche sur le schéma). Il passe ensuite dans le volume de digestion par le tuyau d'admission. Une fois dans le digesteur, le substrat est privé d'oxygène étant donné que l'ensemble des canaux sont remplis de liquide et que donc l'entrée d'air est quasi impossible. Le processus de méthanisation peut se mettre en place naturellement et perdurer de manière continue aussi longtemps que le milieu restera anaérobie. Du gaz va donc être produit. Celui-ci est stocké dans le dôme qui surplombe le volume de digestion. Au fil de la production, la pression de ce volume de stockage va progressivement augmenter. Cela va avoir pour effet de faire baisser le niveau de substrat dans le digesteur car celui-ci va s'échapper via le canal d'évacuation afin de remplir le bassin de compensation (à droite sur le schéma). Une fois ce bassin totalement rempli, la pression au sein du digesteur sera maximale et elle équivaudra à la hauteur de la différence de niveau entre le digesteur et le bassin d'évacuation. Le surplus de matière dans le système s'évacue donc de manière passive grâce au trop-plein de ce dernier.

Dans ce fonctionnement, la seule tâche de l'utilisateur est d'alimenter le digesteur. Le gaz quant à lui peut facilement être récupéré pour alimenter un bec de cuisson ou une lampe en ouvrant la vanne au sommet du dôme. Ce sont principalement la simplicité d'utilisation et de fonctionnement de conception qui nous ont séduits dans ce

modèle. En outre, voyant la résolution potentielle de la majorité des problèmes identifiés sur les prototypes précédents, il a été tenté d'adapter ce fonctionnement aux digesteurs constitués de fûts métalliques.

3.3. Adaptation de ce fonctionnement à un dispositif constitué de fûts métalliques

Pour adapter le principe de fonctionnement des digesteurs à dôme fixe aux petites unités constituées de fûts, il a fallu modifier leur disposition afin de pouvoir induire des différences de niveaux entre différents bassins.

Pour commencer, il a été décidé de positionner les fûts constituant le digesteur l'un à côté de l'autre à même le sol. C'est d'ailleurs dans cette position qu'ils sont le plus résistants. Afin d'obtenir un seul volume de digestion, ces fûts ont été percés dans le bas et raccordés entre eux à l'aide d'un tube métallique (via des soudures étanches). Dans l'exemple illustré à la figure 3, le digesteur à proprement parlé se compose de 5 fûts.

Ensuite, un dernier fût ouvert a été ajouté et également raccordé aux autres afin qu'il serve de bassin de compensation. Pour l'alimentation, il a été choisi de la faire grâce à un entonnoir relié dans le bas du premier fût par un tuyau incliné. La figure 3 illustre la nouvelle configuration imaginée.

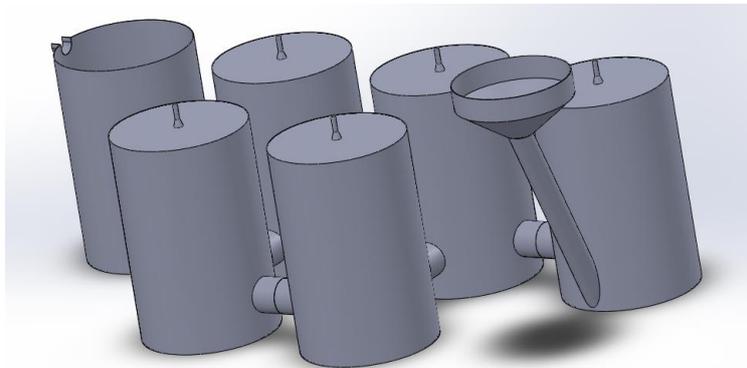


Figure 3 : Schéma 3D du nouveau concept de digesteur domestique

Pour terminer, la récupération du gaz se fera par des tuyaux de petit diamètre placés sur le dessus des fûts. Ceux-ci seront raccordés entre eux par du tuyau souple afin de réaliser le circuit de gaz.

Cette configuration permet d'apporter les différentes améliorations nécessaires aux unités précédentes. La suppression des vannes simplifie grandement la conception

générale ainsi que l'utilisation et permet également de réduire les coûts de manière considérable (plus de 30 %). Dans cette configuration, l'étanchéité, qui constitue un facteur clé, est également bien meilleure étant donné que la plupart des ouvertures dans les fûts sont immergées. Il s'agit dès lors non plus qu'elles soient étanches à l'air mais au substrat. De plus, cette disposition permet d'assembler un grand nombre de fûts et ainsi d'augmenter le volume du digesteur, le volume de substrat traité et donc la quantité de gaz produite.

3.4. Ajout de la modularité

Pour perfectionner encore la conception, il a été décidé d'ajouter une caractéristique propre à ces digesteurs, à savoir la modularité.

En effet, en réalisant des assemblages démontables entre les différents fûts, ceux-ci devenaient interchangeables. Mis à part le fût d'alimentation et le fût d'évacuation, tous les fûts intermédiaires sont identiques. Le fait de pouvoir démonter le digesteur facilite non seulement sa construction et son transport mais permet également de moduler le nombre de fûts dont il est constitué. De cette manière, le volume de digesteur peut être adapté à chaque situation.

De plus, du point de vue de la maintenance, il est possible de réparer ou de remplacer un seul fût lorsqu'il présente une défaillance au lieu de remplacer tout le système.

En résumé, le nouveau modèle de digesteur conçu lors de cette deuxième phase semble répondre adéquatement aux objectifs de départ tout en résolvant certains problèmes des prototypes précédents. A ce stade, il était indispensable de vérifier en pratique si la réalisation et le fonctionnement de ce modèle étaient possibles.

4. Expérimentations et résultats

Lors du stage réalisé au sein du CEAS Burkina, il a été possible de réaliser et d'expérimenter un premier prototype de ce nouveau concept de « digesteur modulable ». Le travail accompli ainsi que les résultats obtenus au terme des expérimentations sont ainsi développés ci-après.

4.1. Réalisation du prototype

Pour commencer, un prototype tel que celui présenté sur le modèle 3D à la figure 3 a été réalisé. La figure 4 montre celui-ci une fois terminé.



Figure 4 : Photographie du prototype réalisé au CEAS Burkina

Pour réaliser ce prototype, 6 fûts métalliques ont été utilisés. Chacun de ceux-ci a été percé et équipé des différentes canalisations. Un orifice de plus petit diamètre a également été prévu sur le dessus de chaque fût afin de récupérer le gaz produit.

Une fois les fûts réalisés, ils ont été disposés et raccordés entre eux de manière étanche grâce à des morceaux de chambre à air. La seule condition indispensable pour l'installation d'un tel digesteur est que le sol doit être plan et horizontal.

En construisant ce dispositif, il a été permis de constater que la réalisation était relativement simple et rapide. Celle-ci ne demande aucune technique particulière. La seule difficulté réside dans la réalisation des soudures dans les parois des fûts car celles-ci se composent de tôles extrêmement minces mais la main d'œuvre suffisamment qualifiée ne manque pas au Burkina.

Le digesteur ainsi réalisé a un volume de digestion de 1 m³ et un volume de stockage d'un peu moins de 200 litres (égal au volume de compensation).

4.2. Expérimentation

L'expérimentation du prototype a été réalisée à la température ambiante du Burkina Faso (environ 40 °C en avril). Le substrat utilisé était de la bouse de vache fraîche mélangée à 50 % d'eau en volume. Ce substrat a été choisi pour l'expérimentation car il s'agit du plus propice au lancement du processus de méthanisation. De plus, il fallait conserver les mêmes conditions expérimentales que pour les expériences précédentes afin d'obtenir des résultats comparables. Cependant, tel qu'il est conçu, le digesteur modulable peut être alimenté par bien d'autres substrats comme par exemple des déchets verts broyés ou encore des restes de cuisine.

Le digesteur a été testé de manière continue. Après avoir procédé au remplissage initial, il a été alimenté quotidiennement avec une quantité donnée de substrat. Celle-ci a été calculée afin que l'ensemble du contenu du digesteur soit renouvelé au bout de 40 jours. Lors des différentes recharges du digesteur, la réelle facilité d'utilisation de celui-ci a été constatée. Cette observation confirmait déjà l'amélioration de l'ergonomie.

Lors de l'expérimentation, plusieurs paramètres ont été suivis à savoir la température extérieure, la pression au sein du digesteur³, la composition du gaz et la quantité de gaz produite. La composition du biogaz a pu être déterminée grâce à un analyseur de gaz spécialement conçu à cet effet. Pour cette mesure, un peu de gaz doit être prélevé hors du digesteur par l'appareil. Pour mesurer la quantité de biogaz produite, faute d'un compteur, le gaz était stocké dans un contenant (des chambres à air) dont le volume, la pression et la température étaient relevés. Sur base de cela, la quantité de gaz produite pouvait être calculée.

Les paramètres cités ci-dessus ont été relevés et consignés quotidiennement. Ces données ainsi recueillies permettent d'évaluer les performances de ce nouveau digesteur.

4.3. Analyse des résultats

Pour commencer, le fonctionnement du digesteur a été analysé. Pour ce faire, la composition du gaz produit a été suivie. Le graphique ci-dessous reprend l'ensemble des mesures réalisées.

³ Celle-ci varie en fonction de la production et de la consommation du biogaz. Elle est comprise entre 0 et 60 mbars (en pression relative).

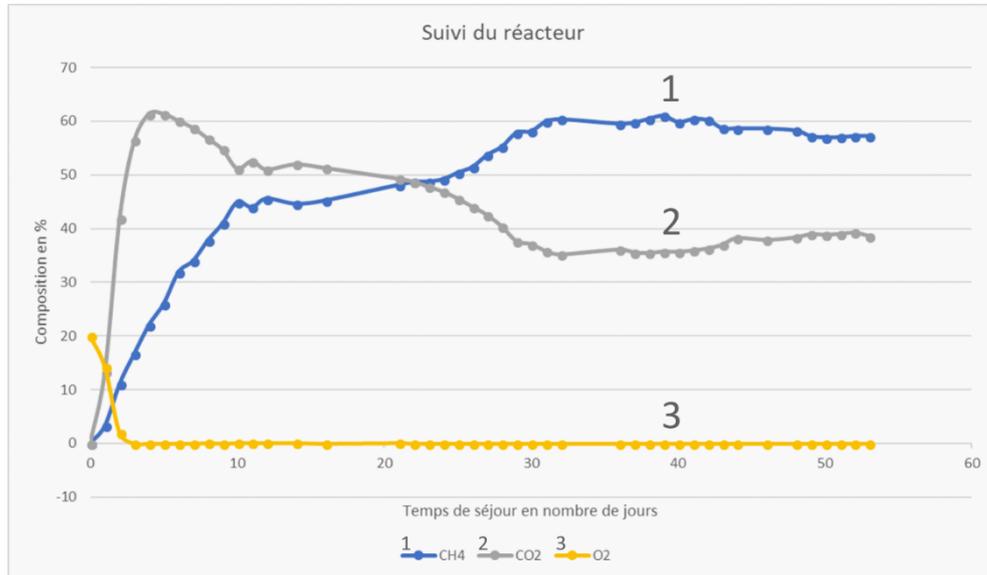


Figure 5 : Suivi de la composition du gaz du digesteur modulable⁴

Ce graphique montre que l'augmentation du taux de méthane (courbe 1) s'est pratiquement faite en 2 étapes. Il y a tout d'abord eu une augmentation « ordinaire » qui était attendue au lancement du digesteur (les 10 premiers jours). Cette forte croissance suggérerait un bon démarrage sans doute dû à l'inoculation qui avait été effectuée. Cependant, cette croissance s'est arrêtée aux alentours de 45 % de CH₄. Ce taux est ensuite resté à peu près constant pendant les 10 jours suivants puis il s'est remis à augmenter plus lentement pour finalement atteindre les 60 % peu après le 30^{ème} jour. Ce ralentissement de l'augmentation s'explique par le remplacement progressif du substrat qui a débuté à partir du 8^{ème} jour.

Après environ 30 jours, la composition du gaz se stabilise autour de 60 % de méthane. Cela offre une production continue et constante (variation de moins de 1,5 %). Au-delà du 42^{ème} jour, une légère chute du taux de méthane est observée mais celui-ci se maintient tout de même aux alentours des 58 %.

En ce qui concerne le fonctionnement et la qualité du gaz produit, il est permis de dire que le digesteur a fait ses preuves. Son fonctionnement s'est avéré meilleur que les unités précédentes. Il est maintenant comparable à celui d'un digesteur à dôme fixe.

⁴ Le graphique montre uniquement l'évolution des principaux constituants du biogaz. Le reste de cette phase gazeuse est composé d'azote provenant de l'air présent au départ dans le digesteur.

Pour poursuivre, la quantité de gaz produit a également été analysée⁵. L'évolution de celle-ci est reprise sur le graphique suivant.

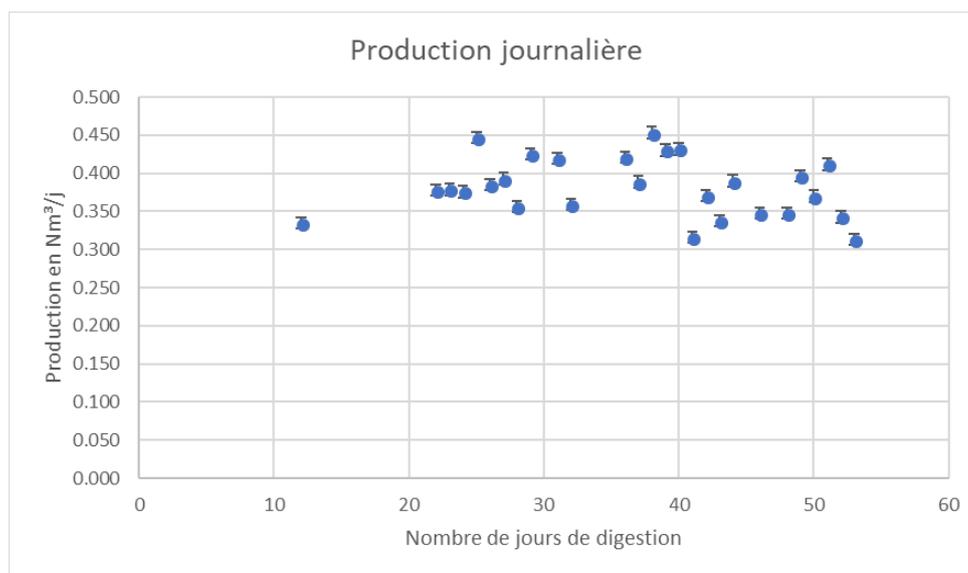


Figure 6 : Production de biogaz du digesteur modulable en Nm^3

Le graphique montre qu'une fois la phase de lancement passée, l'unité construite produit en moyenne 0,4 Nm^3 de biogaz par jour. Cette production dépasse toutes les espérances. Elle permet aisément de couvrir les besoins journaliers d'une famille burkinabè.

Cependant, l'expérimentation n'a pas duré assez longtemps pour que le digesteur entre réellement en régime stationnaire. Selon les prévisions cette production devrait se stabiliser aux alentours de 0,2 Nm^3 par jour. L'expérience est toujours en cours afin de valider cette valeur. Dans ce cas, la production permettrait de couvrir la moitié des besoins d'un ménage. Cependant, cette même unité serait capable de multiplier sa production et ce en fonction du substrat utilisé.

En résumé, l'expérimentation a montré que le modèle est fonctionnel et que ses performances sont bonnes. Une batterie d'autres expériences avec différents substrats permettrait de déterminer si une unité de 1 m^3 ou moins est capable de fournir l'ensemble de l'énergie dont a besoin un ménage africain.

⁵ Mesures réalisées en stockant le gaz dans des chambres à air (comme expliqué au point 4.2.)

4.4. Pistes d'améliorations

À ce stade, la principale piste d'amélioration envisagée concerne l'amélioration des performances. En effet, le taux de remplissage du digesteur modulable est à peine de 30 % alors que celui des digesteurs à dôme fixe est de plus de 75 %. Un remplissage plus important des fûts permettrait de traiter une plus grande quantité de matière et donc d'augmenter la production de gaz pour un même volume de digesteur. Un des moyens pour mettre en place cette amélioration serait d'augmenter la hauteur du fût de compensation afin de permettre des pressions plus élevées⁶ au sein du digesteur.

5. Comparaison des technologies biodigestives

Comme mentionné au point 2.2, le digesteur à dôme fixe semble être jusqu'à présent la meilleure technologie dans le domaine des digesteurs domestiques rustiques. Afin d'évaluer la pertinence du digesteur modulable sur le marché, une comparaison entre ce dernier et le digesteur à dôme fixe est proposée. De manière succincte, les résultats de cette comparaison sont repris dans le tableau ci-dessous.

Paramètres de comparaison	Unité	Digesteur modulable	Digesteur à dôme fixe
Capacité de production max*	Nm ³ /j	~0,200	0,250 – 0,375
Performance ⁷	L/kg	?	36,47
Pression de sortie moyenne	mbars	20 – 30	45
Facilité d'utilisation	/	=	=
Facilité de montage	/	++	-
Robustesse	/	-	++
Facilité de maintenance	/	+	-
Flexibilité	/	+	-
Taux de remplissage	/	40 %	75 %
Capacité de stockage interne	h	22	12
Coût*	francs CFA	115 000	75 000

*Calculé pour 1 m³ de digesteur

En conclusion, les principaux avantages du digesteur à dôme fixe sont sa grande capacité de production, sa robustesse et son coût relativement faible⁸. Du côté du

⁶ N.B. : la pression maximale admissible au sein du digesteur est directement liée à la hauteur de la colonne de substrat présent dans bassin de compensation.

⁷ La performance d'un biodigesteur est sa capacité à transformer une matière organique donnée en biogaz. Elle s'exprime en litres de gaz par kg de matière digérée.

⁸ Certes il reste plus élevé que celui du digesteur à dôme fixe mais généralement les installations sont plus petites, donc l'investissement de départ est moins important.

digesteur modulable, les principaux points forts sont sa facilité de montage, sa flexibilité et son adaptabilité à une diversité de contextes. Il reste cependant des améliorations à apporter afin d'atteindre les performances des digesteurs enterrés (comme cela est suggéré dans les pistes d'améliorations). Une fois cet objectif réalisé, le digesteur modulable aura sa place sur le marché car il offre une alternative pertinente et une complémentarité indéniable aux digesteurs à dôme fixe.

6. Perspectives envisagées

Le prototype actuel a le grand avantage d'être compact. Son utilisation pourrait donc être étendue au milieu urbain. Cependant, en milieu urbain le substrat disponible est différent. En effet, une partie moins importante de la population urbaine vit de l'agriculture. La principale source de matière organique serait donc les déchets de cuisine et les déjections humaines.

Pour ce qui est des déchets organiques ménagers, les sections de passage plus importantes permettent leur insertion dans le digesteur. Cependant, pour assurer une bonne méthanisation, il est préférable de les broyer le plus finement possible afin de maximiser la surface de contacts entre les matières et les microorganismes. Ceci est également valable pour les déchets verts. Il est à noter que les déchets organiques ont un potentiel méthanogène largement supérieur à celui de la bouse de vache. Avec un digesteur plus petit (moins de fûts) il serait dès lors possible de produire bien plus de gaz que ce qui a été obtenu jusqu'ici de manière à pouvoir couvrir l'ensemble des besoins d'un ménage.

Ensuite, concernant les déjections humaines, il faudrait envisager un raccordement direct des toilettes sur le digesteur⁹. Cela devra faire partie de la suite du développement même pour une utilisation rurale. L'enjeu pour rendre l'utilisation des déjections humaines possible est d'arriver à éviter toutes manipulations. Celles-ci sont désagréables et seraient rapidement abandonnées par les utilisateurs du digesteur.

Le digesteur modulable de par sa compacité et sa simplicité pourra être intégré dans un grand nombre de contextes surtout là où les digesteurs à dôme fixe ne peuvent être construits. Il faudra cependant veiller à apporter les adaptations nécessaires à chaque cas.

⁹ Comme cela est déjà possible avec les digesteurs enterrés à dôme fixe.

7. Conclusion

Au-delà de la poursuite du développement et des avancées dans la conception, ce travail aura permis d'élargir le champ de vision sur l'étendue de ce qui existe déjà en matière de biogaz domestique et sur l'intégration de celui-ci aux différents contextes et cultures des pays du sud.

En effet, à la suite des investigations, nous avons appris à connaître le Programme National des Biodigesteurs du Burkina Faso et avons échangé à de nombreuses reprises avec celui-ci. Cela a permis non seulement de mieux appréhender la technologie des digesteurs enterrés à dôme fixe ainsi que le rôle et le fonctionnement du PNB-Bf mais également de découvrir les nombreuses autres actions menées partout dans le monde pour le développement et la promotion du biogaz domestique soutenus entre autres par la SNV.

C'est également au travers de ces échanges qu'il a été possible de prendre conscience plus sérieusement des limites et des contraintes intrinsèques à la production et à l'utilisation du biogaz. À partir de là, un regard nouveau sur les premiers prototypes a été posé. Nous avons ensuite repris à bras le corps la poursuite des travaux de développement du CEAS Burkina.

Afin de répondre aux objectifs fixés, la conception des biodigesteurs à base de barriques métalliques a été entièrement revue, ce qui a abouti à la réalisation d'un digesteur modulable de 1 m³. L'expérimentation de celui-ci s'est avérée très prometteuse. Son utilisation est aisée et son prix a pu être réduit par rapport aux précédents prototypes. De plus, une production constante a été obtenue et d'une bonne qualité bien que celle-ci reste un peu faible.

En conclusion, il est permis de dire que ce travail et ce stage, de par la multiplicité des activités et des tâches réalisées, ont permis bien plus que de simples avancées dans les travaux de développement. Ils ont surtout élargi le regard sur le biogaz domestique, son développement, son intégration et l'étendue de son implantation dans le monde. Toutes ces précieuses informations vont nous permettre plus que jamais de poursuivre de manière efficace, orientée et adaptée le développement et l'intégration des technologies liées au biogaz.

8. Sources

- [1] BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT & WWF, *Rapport sur l'empreinte écologique de l'Afrique*, Banque Africaine de développement & WWF, mai 2012.
- [2] CENTRE ÉCOLOGIQUE ALBERT SCHWEITZER BURKINA (page consultée le 6 mars 2018), *CEAS Burkina – Accueil*, <http://www.ceas-burkina.org/>
- [3] CHARLIER, C., *Chimie industrielle durable : introduction et procédés*, Institut Gramme de Liège, 2017.
- [4] DOMANSKI, L., HAUSMAN B. & LEFEBVRE J., *Poursuite du développement de digesteurs à biogaz au sein de l'Institut Gramme*, HELMo-Gramme (section Génie Energétique Durable), 2017.
- [5] GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE (page consultée le 6 mars 2018), *Données – Burkina Faso*, <https://donnees.banquemondiale.org/pays/burkina-faso>
- [6] NGOGA E., *Suivi du fonctionnement des digesteurs domestiques au Rwanda*, Arlon, Université de Liège, Département des sciences et gestion de l'environnement, mémoire inédit (présenté en vue de l'obtention du grade de master en sciences et gestion de l'environnement, option énergie-environnement), 2011.
- [7] PNB-BF, *Conférence internationale sur la technologie du biodigesteur – Rapport général*, Ouagadougou, PNB-Bf, novembre 2017.
- [8] PROGRAMME NATIONAL DES BIODIGESTEURS DU BURKINA FASO (page consultée le 6 mars 2018), *PNB-Bf – Accueil*, <http://www.pnb-bf.org/>
- [9] SNV & PPRE, *Compact course on Domestic Biogas Technology and mass dissemination*, version Avril 2017, University of Oldenburg, 2017.
- [10] ZIMMERMANN N., *Contribution au développement d'une installation de biométhanisation adaptée à l'utilisation rurale au Burkina Faso*, Liège, HELMo-Gramme, mémoire inédit (présenté en vue de l'obtention du grade de master en sciences de l'ingénieur industriel, finalité industrie), 2017.