

# Note pratique

## Comment intégrer des systèmes portables de production de biogaz dans les projets appuyés par le FIDA

Environnement et changement climatique



**Les notes pratiques** préparées par la **Division des politiques et du conseil technique** du FIDA contiennent des suggestions et indications concrètes à l'intention des chargés de programmes de pays, des équipes de conception des projets et des partenaires d'exécution pour les aider à concevoir et à exécuter les programmes et les projets.

Elles présentent des aspects techniques et pratiques sur des approches, méthodologies, modèles et composantes de projet qui ont été testés et dont il est possible de recommander la mise en œuvre et la transposition à plus grande échelle, y compris les "meilleures pratiques" et des études de cas pouvant servir de modèle dans leur domaine thématique particulier.

**Les notes pratiques** sont des outils qui servent à concevoir et à exécuter les projets en recourant aux meilleures pratiques observées sur le terrain. Elles serviront aux équipes de mode d'emploi pour appliquer certaines recommandations relatives aux politiques opérationnelles du FIDA, aux exigences standards pour les projets et aux outils de financement.

Ce sont des documents évolutifs qui seront régulièrement actualisés en fonction des nouveaux acquis de l'expérience et des informations que vous nous communiquerez. Si vous avez des commentaires ou des suggestions, veuillez contacter les personnes ci-dessous:

## Auteurs

### Antonio Rota

Spécialiste technique principal, élevage  
Division des politiques et du conseil technique  
Courriel: a.rota@ifad.org

### Karan Sehgal

Chargée des techniques d'exploitation des énergies renouvelables  
Division environnement et climat  
Courriel: k.sehgal@ifad.org

## Contact

### Maria-Elena Mangiafico

Chargée de la gestion des savoirs et des dons  
Division des politiques et du conseil technique  
Courriel: ptakmmailbox@ifad.org

## Remerciements

Nos remerciements vont à Dominic Wanjihia, qui est le Kényan inventeur du système de Flexi biogas et le DG de Biogas International Ltd. Nous tenons également à remercier Roshan Cooke, Spécialiste régional environnement et climat, Enrico Mazzoli, Analyste économique et financier à la Division des politiques et du conseil technique, Janvier Gasasira, Coordinateur du Projet de gestion communautaire des bassins versants de Kirehe (Rwanda), Haron Kebira, Responsable du suivi-évaluation, Francis Kagumo, Agent de vulgarisation au Ministère de l'élevage et Bernard Kimoro, Spécialiste des produits laitiers. Le mérite revient aux petits exploitants qui ont apporté leur concours tout au long de la phase pilote des projets financés par le FIDA suivants: le Projet de gestion communautaire des bassins versants de Kirehe au Rwanda, le Programme d'autonomisation et de promotion des moyens de subsistance des populations tribales de l'Orissa en Inde, le Programme national d'appui à la promotion de l'agriculture familiale à Sao Tomé-et-Principe, et le Programme de commercialisation en faveur des petits producteurs laitiers au Kenya. Enfin, nous tenons à remercier une personne extraordinaire, Monsieur Vineet Raswant, dont le soutien sans faille et la participation active dans le dossier des énergies renouvelables pour le développement rural a été de la plus haute importance.

Cette publication a été financée par le Programme d'adaptation de l'agriculture paysanne (ASAP) du FIDA, l'initiative la plus importante à l'échelle mondiale en faveur de l'adaptation de l'agriculture paysanne au changement climatique.

**Mai 2016**

## Table des matières

<b>SIGLES ET ACRONYMES .....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>CONTEXTE STRATEGIQUE.....</b>	<b>1</b>
<b>ENSEIGNEMENTS TIRES DE L'EXPERIENCE .....</b>	<b>2</b>
<b>CONSEILS POUR LA CONCEPTION ET LA MISE EN ŒUVRE .....</b>	<b>3</b>
ÉTAPE 1: IDENTIFICATION DU PROJET .....	3
ÉTAPE 2: PREPARATION DU PROJET.....	3
ÉTAPE 3: MISE EN ŒUVRE DU PROJET .....	4
ÉTAPE 4: ÉVALUATION ET FAISABILITE DU PROJET .....	6
<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS STRATEGIQUES.....</b>	<b>6</b>
RECOMMANDATIONS STRATEGIQUES.....	7
<b>RESSOURCES SUPPLEMENTAIRES.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES REFERENCES.....</b>	<b>8</b>
<b>ANNEXE I: PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS TIRES DE LA MISE A L'ESSAI DE SYSTEMES PORTABLES DE PRODUCTION DE BIOGAZ AU KENYA ET AU RWANDA .....</b>	<b>9</b>
<b>ANNEXE II: LISTE DE CONTROLE DE L'EXPLOITATION ET DE LA MAINTENANCE .....</b>	<b>11</b>
<b>ANNEXE III: MESURES DE SECURITE .....</b>	<b>12</b>
<b>ANNEXE IV: LISTE DE CONTROLE POUR L'INTEGRATION DE SYSTEMES DE BIOGAZ DANS LES PROJETS APPUYES PAR LE FIDA .....</b>	<b>13</b>
<b>ANNEXE V: GUIDE PRATIQUE ILLUSTRE DE LA MISE EN ŒUVRE DES SYSTEMES FLEXI BIOGAS PORTABLES ....</b>	<b>15</b>
<b>ANNEXE VI: ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIERE .....</b>	<b>19</b>

## **Sigles et acronymes**

GES                    gaz à effet de serre

KES                    shilling kényan

## Introduction

L'accès à des services d'énergies renouvelables modernes est un facteur clé pour lutter contre la pauvreté et assurer la sécurité alimentaire. Aujourd'hui, 2,5 milliards de personnes comptent sur les biocombustibles traditionnels (charbon de bois, fumier, bois de feu) comme leur principale source d'énergie pour la cuisine et le chauffage, et plus de 80% de ces personnes (plus de 1,7 milliard) vivent en Afrique subsaharienne ou en Asie du Sud-Est. Remplacer ces combustibles traditionnels par des sources d'énergie renouvelables peut changer considérablement les conditions de vie dans ces régions, en particulier pour les femmes. Les femmes y sont rarement impliquées dans la prise de décisions, y compris celles qui concernent la maison. Pourtant, elles peuvent avoir des problèmes de santé causés par les tâches ménagères quotidiennes. Respirer la fumée de ces combustibles en faisant la cuisine, par exemple, peut provoquer des maladies respiratoires et des infections oculaires. Chaque année, plus de 4,3 millions de personnes meurent de bronchopneumopathie chronique obstructive due à l'exposition à la pollution de l'air intérieur (Organisation mondiale de la Santé, 2012). Le ramassage du bois de feu est une corvée pénible qui peut aussi conduire au mal de dos et à l'épuisement: la femme kényane moyenne parcourt à pied une distance de 3 km tous les deux jours en portant sur son dos une charge pouvant aller jusqu'à 30 kg.

Il est nécessaire de promouvoir des sources d'énergie propres, modernes et décentralisées comme alternative aux biocombustibles traditionnels. La présente brochure fournit des orientations pour les chargés de programme de pays du FIDA ainsi que pour les responsables politiques et les praticiens du développement s'employant à atteindre cet objectif.

### Qu'est-ce que le biogaz?

Le biogaz est une énergie renouvelable obtenue à partir de matières organiques biodégradables telles que les déchets domestiques et les excréments humains et animaux. Les systèmes de production de biogaz rentables peuvent limiter les émissions de méthane provenant des effluents d'élevage en récupérant le gaz et en l'utilisant comme source d'énergie. La matière organique est introduite dans un digesteur fermé hermétiquement et, en l'absence d'oxygène, les bactéries anaérobies consomment la matière organique pour se multiplier et produire du biogaz, qui peut être acheminé directement vers un fourneau de cuisine.

## Contexte stratégique

Depuis mai 2012, le FIDA met à l'essai un nouveau système de biogaz, le système Flexi Biogas, qui est un système portable de surface plus simple à utiliser et moins coûteux à construire et à exploiter que les systèmes traditionnels à dôme fixe. Le système Flexi Biogas ne nécessite pas d'agitateur et son digesteur n'est pas un réservoir étanche, mais une simple poche de 6 m sur 3 m en bâche PVC logée dans une serre tunnel<sup>1</sup>. Le tableau 1 compare le système Flexi Biogas et le système à dôme fixe à des taux de production optimaux.

Le système Flexi Biogas peut contribuer à l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets en réduisant le niveau des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. À l'heure actuelle, 25% de toutes les émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays en développement proviennent de l'utilisation de bois de feu et de charbon de bois comme principales sources d'énergie (surtout pour cuisiner, s'éclairer et se chauffer). Si l'on prend en considération le fait qu'un ménage moyen de quatre à six personnes peut consommer jusqu'à 7 kg de bois de feu par jour, l'adoption du biogaz peut économiser près de 2 500 kg de bois de feu par ménage et par an<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Pour plus d'informations sur le fonctionnement d'un digesteur de biogaz portable, voir <http://www.ifad.org/pub/thematic/biogas.pdf>. Pour une explication plus générale du fonctionnement d'une unité de biogaz, voir *Livestock and Renewable Energy*, disponible à l'adresse <http://www.ifad.org/lrkm/factsheet/energy.pdf>

<sup>2</sup> À ce jour, le Programme national de biodigesteurs au Cambodge a déployé plus de 22 500 biodigesteurs, ce qui a permis de préserver un total cumulé de plus de 1 500 ha de forêt intacte.

Les femmes profitent du système Flexi Biogas de plusieurs façons. Par exemple, il est moins nécessaire de ramasser du bois de feu chaque jour et de le transporter sur de longues distances, tâche qui est habituellement effectuée par les femmes. Lorsque les conditions locales le permettent, le temps gagné peut être utilisé pour le renforcement des capacités et l'autonomisation des femmes, ce qui, à terme, peut relever le niveau de vie de l'ensemble de la communauté.

L'initiative Flexi Biogas est conforme à la Politique de gestion des ressources naturelles et de l'environnement du FIDA<sup>3</sup>, laquelle s'articule autour de dix principes fondamentaux qui doivent être promus de manière systématique dans les projets du FIDA. Plus précisément, dans ce cas, l'accent est mis sur le deuxième principe: reconnaissance de la valeur économique, sociale et culturelle des biens naturels et sensibilisation à cet égard.

Lorsque la technologie du biogaz est intégrée dans un système de production agricole, les résidus de cultures et autres déchets organiques peuvent être utilisés comme source d'énergie propre et fournir un engrais organique d'excellente qualité. Lorsqu'il est utilisé à la place d'engrais chimiques coûteux, ce sous-produit peut représenter un avantage financier supplémentaire pour les petits exploitants agricoles.

## Enseignements tirés de l'expérience

La recherche et les enquêtes menées sur le terrain au Kenya montrent que les systèmes traditionnels à dôme fixe sont plus onéreux que le système Flexi Biogas et nécessitent trois ou quatre têtes de bétail laitier (tableau 1). Les systèmes à dôme fixe exigent également que l'exploitant soit propriétaire de ses terres, mais aussi qu'il possède une certaine expertise pour installer, maintenir en état et exploiter le système, s'ils doivent être viables à long terme. En revanche, le système Flexi Biogas se révèle une autre solution de beaucoup préférable aux systèmes à dôme fixe. L'annexe I résume les principaux enseignements tirés de la mise à l'essai de systèmes portables de production de biogaz au Kenya et au Rwanda.

**Tableau 1: Comparaison des systèmes à dôme fixe et Flexi Biogas**

	Dôme fixe de 6 m <sup>3</sup>	Dôme fixe de 4 m <sup>3</sup>	Flexi Biogas de 6 m <sup>3</sup>
Coût (Kenya)	1 200 USD	750 USD	600 USD
Équivalents bétail nécessaires (kg de fumier/j)	3-4 (40 kg)	3 (30 kg)	1-2 (20 kg)
Production de gaz (temps de cuisson)	1 000 l/j (120 minutes)	500-600 l/j (60 minutes)	1 000 l/j (120 minutes)

Les essais pilotes ont été menés au cours des deux dernières années avec la collaboration des projets appuyés par le FIDA suivants: le Programme de commercialisation en faveur des petits producteurs laitiers au Kenya; le Projet de gestion communautaire des bassins versants de Kirehe au Rwanda; le Programme d'autonomisation et de promotion des moyens de subsistance des populations tribales de l'Orissa en Inde; et le Programme d'appui participatif à l'agriculture familiale et à la pêche artisanale à Sao Tomé-et-Principe. Les résultats obtenus au Kenya et au Rwanda sont plus complets, car les essais pilotes y durent depuis deux ans. Bien que les essais pilotes en Inde et à Sao Tomé-et-Principe aient débuté il y a moins longtemps, leurs résultats sont à l'image de ceux obtenus au Kenya et au Rwanda. Les quatre projets ont été sélectionnés en fonction de leur extension géographique, des enjeux culturels et agroécologiques spécifiques et de leur participation à la concertation nationale sur les politiques en matière d'agriculture et de développement rural visant à utiliser à plus grande échelle des sources d'énergie propres et renouvelables telles que les systèmes de production de biogaz. Les directives qui suivent fournissent une méthodologie à suivre pour des initiatives de production de biogaz plus inclusives.

<sup>3</sup>Voir [www.ifad.org/climate/policy/enrm\\_f.pdf](http://www.ifad.org/climate/policy/enrm_f.pdf)

## Conseils pour la conception et la mise en œuvre

### Étape 1: Identification du projet

**Identification des besoins énergétiques et des bénéficiaires.** La demande d'énergie (cuisine, éclairage, chauffage, appareils électriques, etc.) des personnes/ménages doit être calculée à ce stade. Les statistiques semblent indiquer que, dans les communautés rurales, environ une tonne de bois de feu est consommée par personne et par an (environ 2 kg/personne/jour). Étant donné que l'énergie tirée du biogaz réduit directement la charge de travail quotidienne des femmes rurales (par exemple, corvées d'eau et de bois de feu), les femmes doivent figurer parmi les bénéficiaires dès le début du projet. Les critères de sélection des bénéficiaires incluent:

- Niveaux de revenus très faibles (incapables de payer les frais d'adhésion aux groupes ou associations)
- Plus de deux ou trois heures par jour consacrées au ramassage du bois de feu
- Propriétaires d'au moins une ou deux vaches ou pouvant facilement accéder à du fumier de vache pour la charge initiale

Pendant la phase d'identification/de planification, les aspects suivants doivent être pris en considération:

- Pour garantir l'appropriation, les bénéficiaires doivent être suffisamment motivés pour participer par leur travail à l'installation (travaux de nivellement, ramassage du fumier et chargement du digesteur)
- Chaque bénéficiaire doit accepter de payer une redevance mensuelle (basée sur le coût des énergies traditionnelles et les niveaux de revenus des bénéficiaires)
- Des données doivent être recueillies sur les niveaux de production de gaz et les matières premières disponibles

#### Pourquoi la technologie est-elle si bien reçue par les petits exploitants?

Le système Flexi Biogas a eu un impact positif sur les agriculteurs et leurs familles, en particulier les femmes. Marie Goreti Twagirumukisa est une de ces agricultrices au Rwanda. Elle est propriétaire de deux vaches, dont une lui a été donnée par le gouvernement pour la remercier d'avoir élevé un enfant qu'elle avait sauvé lors du génocide de 1994. Avec le fumier de ses vaches, elle peut produire assez d'énergie pour cuisiner environ trois heures par jour. Une plaque de cuisson à deux brûleurs à gaz était incluse dans le kit biogaz. "Je suis très satisfaite du biogaz. C'est facile à utiliser et ça me fait gagner du temps, parce que je n'ai plus besoin d'aller ramasser du bois" dit-elle. "Je suis allée voir un système conventionnel, mais j'ai trouvé que c'était trop compliqué à utiliser, alors j'ai choisi celui-ci." Le biogaz a également des bienfaits sur la santé des petits agriculteurs, parce qu'ils ne sont plus obligés de respirer la fumée produite par la combustion du bois dans leur maison.

### Étape 2: Préparation du projet

**Exigences sur le site.** Une quantité suffisante de fumier de vache (200 kg minimum) et un volume équivalent d'eau sont nécessaires pour démarrer le système de production de biogaz.

**Choix du lieu d'installation du système de biogaz.** Le digesteur doit être installé à mi-chemin entre la cuisine et l'étable/la zone de pâturage. On simplifiera ainsi le ramassage de la bouse fraîche qui servira à alimenter le digesteur. Les autres exigences incluent:

- Le digesteur doit être installé au-dessus du niveau des crues. Pour minimiser la fuite de pression, le système de biogaz ne doit être se trouver à plus de 15 mètres de la cuisine. L'unité de biogaz exige un terrain d'une superficie de 7 m sur 2 m.
- Le système doit être mis en place sur un terrain qui a été nivelé et ayant une pente maximale de 5% sur toute la longueur afin que le substrat à l'intérieur du digesteur s'écoule dans une seule direction (méthode d'écoulement tangentiel).

- Le rayonnement solaire ne doit pas être bloqué par des arbres. Il convient de garder présent à l'esprit que des branches d'arbres peuvent se casser par grand vent et endommager l'enveloppe du digesteur et la serre tunnel.
- Les partenaires, les agents des services de vulgarisation et les responsables du suivi-évaluation (S&E) doivent recueillir des informations relatives aux institutions qui travaillent actuellement sur les problèmes d'énergie en milieu rural. Les efforts doivent privilégier le recensement et l'intégration des structures déjà en place pour compléter, plutôt que concurrencer, les initiatives de production de biogaz en cours.

### Étape 3: Mise en œuvre du projet

**Temps d'installation.** Si la main-d'œuvre disponible localement est suffisante, le digesteur peut être installé en trois heures maximum. Le raccordement du tuyau de biogaz à la cuisine du ménage nécessite environ une heure de plus, selon l'éloignement de la cuisine et le type de matériau du mur/de la toiture à travers lequel doit passer le tuyau de biogaz (bambou, briques, ciment, terre, tôles ondulées, bois, etc.). Un système Flexi Biogas domestique nécessite au minimum 200 kg de fumier de vache (de préférence frais) et un volume équivalent d'eau. Le digesteur doit être rempli jusqu'au niveau des tuyaux d'arrivée et de sortie, de façon que l'air ne puisse pas pénétrer et pour permettre la production de méthane. Les plans de mise en œuvre doivent prendre en considération: i) le travail requis pour ramasser le fumier; ii) le nombre de têtes de bétail (donc la quantité de fumier disponible); et iii) la façon dont le bétail est élevé (en étable ou en pâturage).

**Processus participatif.** Les agriculteurs bénéficiaires peuvent aider à installer le système de biogaz, qui est très simple. Les enfants et les jeunes gens peuvent aussi participer, par exemple, aux travaux de nivellement du terrain. Cette approche participative favorise un plus grand sentiment d'appropriation, ce qui veut dire que les agriculteurs sont davantage intéressés à exploiter et gérer le système et à intervenir en cas de problème.

**Coût du projet.** Il existe trois modèles de Flexi Biogas, chacun avec une capacité de production différente. Le tableau 2 indique les coûts (y compris celui d'une plaque de cuisson à deux brûleurs et celui du transport et de l'installation) pour ces modèles au Kenya.

Tableau 2. Coût des systèmes Flexi Biogas au Kenya

Modèle	Bénéficiaires	Capacité journalière (m <sup>3</sup> )	Coût (USD)
Domestique (DBG)	4-6	3,5	600
Énergie totale (BG5)	10+	9	810

En dernière analyse, le type de système Flexi Biogaz choisi dépendra du nombre de personnes dans le ménage et de leurs besoins de cuisson quotidiens. Les données générales donnent à penser que, en Afrique, une famille rurale moyenne de quatre à six personnes consomme entre 700 et 1 000 litres de combustible de cuisine par jour (sans compter le charbon de bois utilisé pour le chauffage)<sup>4</sup>. Les familles rurales qui acquièrent un Flexi Biogaz peuvent commencer à économiser sur les coûts de bois de feu et de charbon de bois dans la semaine qui suit l'installation. En revanche, il faut compter environ 30 jours pour produire du méthane combustible avec un biodigérateur à dôme fixe, compte tenu du temps de séjour plus long et de la température de fonctionnement plus élevée nécessaires pour que s'opère la décomposition des matières biodégradables chargées dans ce type de système. Ces caractéristiques techniques ont des répercussions sur les niveaux de revenus des bénéficiaires, car le taux de rendement du capital investi est sensiblement plus lent avec un biodigérateur à dôme fixe qu'avec un Flexi Biogaz.

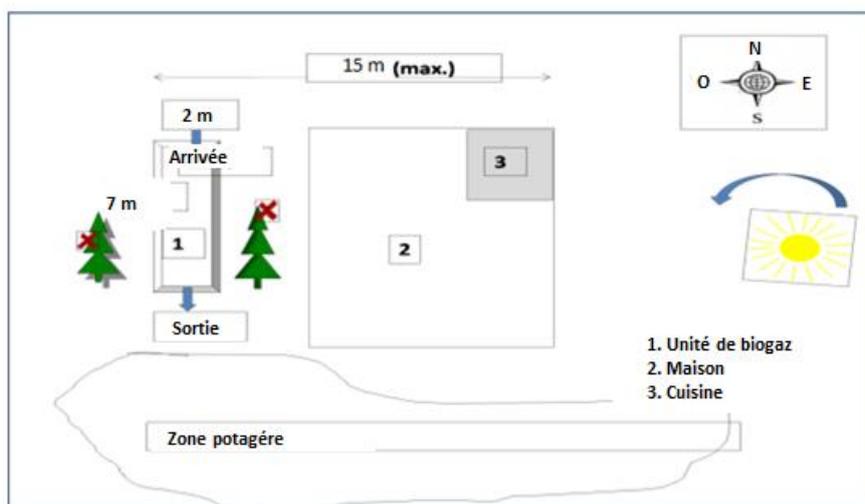


Schéma de l'implantation idéale d'un système de biogaz

L'expérimentation sur le terrain a montré que le modèle moyen (BG5) répond en général à tous les besoins de cuisson et de chauffage quotidiens. L'un des inconvénients est que le système Flexi Biogaz ne permet pas d'utiliser des lampes à biogaz, car la pression du gaz varie et est souvent trop faible. Cela étant, les lampes à biogaz sont également considérées comme inefficaces, car elles consomment 100 à 200 litres de biogaz par heure.

Les frais de transport et les droits à l'importation doivent être pris en compte dans le coût total du système. La technologie n'en est encore qu'à ses débuts et à l'heure actuelle, le prestataire de service technique n'opère que dans la région Afrique orientale<sup>5</sup>.

**Indicateurs clés de performance.** Le Système de gestion des résultats et de l'impact (SYGRI) du FIDA a été récemment actualisé pour inclure de nouveaux indicateurs liés à l'adaptation au changement climatique. Les indicateurs pertinents pour les technologies susceptibles de réduire les émissions de GES incluent:

- **Indicateur 1.1.18:** nombre de personnes (ventilé par sexe) adoptant des technologies qui réduisent ou piègent les émissions de GES [au niveau de la production]
- **Indicateur 2.1.8:** nombre de tonnes d'émissions de GES (CO<sub>2</sub>) évitées ou piégées [au niveau des résultats]

Selon les spécifications du projet, d'autres indicateurs de S&E pourront être inclus pour évaluer:

<sup>4</sup> Au Kenya, les communautés rurales dépensent en moyenne 2 500 à 3 000 KES (28 à 34 USD) pour l'achat de combustibles de mauvaise qualité nocifs pour la santé (kérosène, charbon et bois de feu), utilisés principalement pour la cuisson et l'éclairage.

<sup>5</sup> Plusieurs opérations – qui doivent être financées au titre du guichet de financement de la lutte contre le changement climatique du FIDA, le Programme d'adaptation de l'agriculture paysanne (ASAP) – sont prévues dans plusieurs pays, dont le Bangladesh, le Cambodge, le Mali, le Népal et le Viet Nam.

- Comment les femmes et les hommes utilisent les sources d'énergie, et quel en est l'impact sur un climat changeant;
- Les stratégies d'adaptation qui ont été développées dans la consommation d'énergie;
- La réduction des coûts de l'énergie pour le ménage et de la charge de travail des femmes et des filles (par exemple le temps consacré à la corvée de bois de feu);
- La génération de revenus par des activités découlant de l'introduction de sources d'énergie propres, renouvelables et décentralisées; et
- D'autres activités de production/transformation des produits agricoles et différentes matières premières disponibles.

#### Étape 4: Évaluation et faisabilité du projet

**Renforcement des capacités.** Il existe différentes technologies de production de biogaz, par exemple dôme fixe, tambour flottant et digesteur tubulaire. Il est essentiel de comprendre chacune d'elles ainsi que son avantage comparatif dans un contexte donné, car chaque système a des exigences différentes. L'annexe III présente une liste de contrôle pour la mise en œuvre de systèmes Flexi Biogas fabriqués par Biogas International Ltd.

**Systèmes de contrôle de la qualité et mécanismes de formation.** Idéalement, des techniciens locaux au niveau des villages devraient être formés pour apporter un appui et une assistance adaptée en cas de difficultés. L'annexe II fournit une liste de contrôle détaillée de l'exploitation et de la maintenance.

**Services après-vente et autres possibilités indirectes.** Outre qu'ils créent un besoin de services après-vente, les systèmes de biogaz peuvent produire un surplus d'énergie qui peut être utilisé, par exemple, pour alimenter des machines agricoles, minimiser les pertes après récolte ou soutenir le développement de l'élevage (par exemple de poussins). Des programmes de partage des coûts peuvent être établis pour créer un sentiment d'appropriation. Aucun système ne doit être proposé gratuitement. Les subventions doivent viser les ménages les plus pauvres connaissant des difficultés évidentes pour acheter la technologie du biogaz par leurs propres moyens. En fin de compte, le calcul des paiements mensuels par les utilisateurs doit prendre en compte les dépenses actuelles de combustibles conventionnels.

**Sensibilisation.** Il est important de connaître les principaux problèmes liés à l'exploitation et à la maintenance et les avantages de l'engrais organique (lisier biologique). Le lisier biologique est une bonne solution de remplacement aux engrais chimiques et peut aider à restaurer la santé du sol. L'assainissement domestique peut également être amélioré par la meilleure gestion des effluents d'élevage.

## Conclusions et recommandations stratégiques

Les communautés rurales font face à un déficit énergétique. Une grande partie de leurs besoins – tels que l'éclairage domestique, l'irrigation, la réfrigération et la transformation après récolte – ne sont toujours pas satisfaits. En utilisant un système Flexi Biogas, une famille propriétaire d'une ou deux vaches seulement peut produire chaque jour entre 60 et 100 kg d'engrais de bonne qualité, 2,8 m<sup>3</sup> de biogaz pour la cuisson et 12 litres de lait. Le projet pilote du FIDA a ouvert des voies nouvelles et des possibilités de partenariat pour la mise en œuvre de systèmes Flexi Biogas. Non seulement le modèle utilisé crée-t-il des emplois dans les zones rurales, mais il résout aussi deux des difficultés auxquelles sont confrontés les pays subsahariens: la sécurité alimentaire et l'approvisionnement en combustible propre. Voici les principales recommandations stratégiques pour une conception de projet incluant des activités liées à la production de biogaz.

### Recommandations stratégiques

1. Examiner les besoins en énergie au niveau de l'exploitation, où les activités économiques sont souvent liées à la production et la transformation de produits agricoles, à la pisciculture, à l'élevage, au pompage d'eau ou à la petite industrie. Nombre de ces activités n'exigent que peu d'énergie (entre 100 W et 3 kW), mais les dépenses connexes en sources d'énergie de basse qualité (kérosène, bois de feu, charbon de bois et d'autres sources de biomasse traditionnelle) sont élevées, en ce qui concerne les coûts, le temps et le travail.
2. Associer les femmes et d'autres groupes sous-représentés (par exemple les jeunes et les enfants). Outre ses effets néfastes pour l'environnement, brûler du bois de feu est particulièrement nocif pour les femmes qui souvent font la cuisine dans des habitats mal ventilés. Les gaz toxiques (monoxyde de carbone et oxyde d'azote) et les particules de poussière s'accumulent dans les endroits non ventilés et présentent un risque pour la santé des femmes. Obtenir l'appui des hommes et les sensibiliser aux avantages dont peut profiter leur famille du fait de l'autonomisation économique des femmes peut aussi être essentiel pour alléger le fardeau des femmes et, à terme, modifier les schémas traditionnels de répartition de la charge de travail.
3. Adopter une approche filière en mettant l'accent sur l'engrais organique. Les avantages potentiels de l'utilisation du lisier biologique et, en même temps, de la réduction de la dépendance à l'égard des engrais chimiques sont considérables, mais ce marché reste largement inexploité.
4. Examiner comment d'autres systèmes de subsistance seraient touchés par une promotion à grande échelle du biogaz. Il est clair que les fournisseurs de charbon de bois et de bois de feu seraient affectés étant donné que, dans la plupart des cas, les producteurs de grume et de charbon de bois sont installés dans les zones rurales et sont représentés par leurs agents dans les zones urbaines et périurbaines. Un large éventail d'autres agents (transporteurs, fournisseurs, marchands à l'étal, chauffeurs de camion, etc.) seraient également touchés et auraient besoin de chercher d'autres moyens de gagner leur vie.

## Ressources supplémentaires

- Flexi Biogas systems: Inexpensive, renewable energy for developing countries. IFAD Technical Brochure. Disponible à l'adresse: <http://www.ifad.org/pub/thematic/biogas.pdf>
- Livestock Thematic Papers: Livestock and Renewable Energy. Disponible à l'adresse: <http://www.ifad.org/lrkm/factsheet/energy.pdf>
- IFAD video interview with the designer of the Flexi Biogas system. Disponible à l'adresse: <http://www.youtube.com/watch?v=qh3mmgiybTw>
- Scaling and commercializing mobile biogas systems in Kenya: A qualitative pilot study. Benjamin Sovacool. 2014.
- Blog: A new biogas system for Rwanda. Disponible à l'adresse: [http://www.ruralpovertyportal.org/country/voice/tags/rwanda/rwanda\\_biogas](http://www.ruralpovertyportal.org/country/voice/tags/rwanda/rwanda_biogas)
- Article in International Journal for Sustainable Development (Rural 21). Disponible à l'adresse: <http://www.rural21.com/english/current-issue/detail/article/flexibiogas-a-climate-change-adaptation-and-mitigation-technology-00001145/>
- IFAD video: Rwanda – Cooking with Biogas. Disponible à l'adresse: <http://www.unmultimedia.org/tv/unifeed/2014/10/rwanda-cow-dung-biogas/>

## Liste des références

- Appels, L., J. Baeyens, J. Degreve, and R. Dewil. 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol.34, 755-781
- Botero, R. and T.R. Preston. 1971. Feeding value of cattle manure for cattle. *Journal Animal Science* 30: 274-294
- Dana, R. 2010. Micro-Scale biogas production: A beginners guide. National Sustainable Agriculture Information Service 1-10
- Daxiong, Q., G. Shuhua, L. Baofen, and W. Gehua. 1990. Diffusion and innovation in the chinese biogas program. *World Development*, Vol. 18:4, 555-563
- Garnett, T. 2009. Livestock-related greenhouse gas emissions: Impacts and options for policy makers. *Environmental Science and Policy* 12: 491-503
- Ghimire, P.C. 2007. Final report on technical study of biogas plants installed in Pakistan. Asia/Africa Biogas Programme, Netherlands Development Organisation (SNV)
- Hamilton, K. 2010. Scaling up renewable energy in developing countries: Finance and investment perspectives. Energy, Environment and Resource Governance Programme Paper, Chatham House, UK
- Hamlin, A. 2012. Assessment of social and economic impacts of biogas digesters in rural Kenya. SIT Graduate Institute, ISP Collection
- Hendriksen, G. 2011. Biogas support mission in Rwanda. Feasibility assessment. International Fund for Agricultural Development (IFAD)
- International Finance Corporation (IFC). 2012. Household lighting fuel costs in Kenya. Market Intelligence Note, Issue 2 Dec. 2012
- Kenya National Domestic Biogas Programme (KENDBIP). 2009. KENBIM domestic biogas construction training. Training manual. Nairobi: Kenya National Federation of Agricultural Producers.
- Myles, R. 2008. Practical pictorial field guide on Grameen Bandhu biogas plant. Integrated Sustainable Energy And Ecological Development Association (INSEDA), India
- Mariara, J.K. 2009. Global warming and livestock husbandry in Kenya: Impacts and adaptations. *Ecological Economics* 68: 1915-1924
- Ochieng, F.X. 2010. Survey of Plastic Tube Digesters in Kenya: A field assessment survey of the Performance of Plastic tube digestors in Kenya. Study Report commissioned by GIZ and Energie Konsult Ltd
- Thornton, P.K. M. Herrero. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems* (101), 113-127
- World Health Organization (WHO). 2012. Household air pollution and health. Fact sheet No. 292, updated March 2014.

## Annexe I: Principaux enseignements tirés de la mise à l'essai de systèmes portables de production de biogaz au Kenya et au Rwanda

Critères	Enseignements tirés
<b>Sociaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les paysans analphabètes sont capables d'installer, d'entretenir et d'exploiter une technologie facile à utiliser et d'intervenir en cas de problème.</li> <li>▪ Du gaz en quantité suffisante est produit pour satisfaire les besoins de cuisson quotidiens d'une famille de quatre à six personnes. Par exemple, il faut trois heures pour faire cuire un <i>githeri</i> (spécialité locale de haricots rouges et de maïs) sur un poêle à biogaz.</li> <li>▪ Un approvisionnement régulier en biogaz permet d'alléger la corvée de bois de feu, surtout pour les femmes et les filles. En moyenne, environ deux heures par jour sont économisées, ce qui donne plus de temps aux femmes et aux filles pour réaliser des travaux d'artisanat, étudier, se détendre ou se reposer, ainsi que s'occuper des bêtes et vaquer à d'autres tâches quotidiennes.</li> <li>▪ Certains agriculteurs ont choisi d'utiliser le biogaz pour s'éclairer la nuit afin que les enfants puissent faire leurs devoirs. Ceci a conduit à l'inclusion systématique d'un panneau solaire et d'une batterie dans le kit Flexi Biogas.</li> <li>▪ Les agriculteurs au Kenya et au Rwanda ont pu étendre leur zone de culture de 0,5 ha grâce au gain de temps; les augmentations de rendement et de revenus restent à quantifier.</li> <li>▪ Le poêle à biogaz peut être transporté à l'intérieur, ce qui facilite la cuisine pendant la saison des pluies.</li> <li>▪ Le système Flexi Biogas digère tout le substrat organique; il ne produit donc aucune mauvaise odeur et n'attire pas les mouches.</li> <li>▪ Il n'est pas nécessaire de posséder du bétail pour exploiter un système de biogaz, car le fumier peut être ramassé ou acheté pour mettre en route le système.</li> <li>▪ L'autonomie énergétique renforce le prestige social et est un motif de satisfaction.</li> </ul>
<b>Économiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des économies variant de 44 à 50 USD par ménage et par mois ont été obtenues grâce à la réduction des coûts associés au bois de feu, au charbon de bois et à la main-d'œuvre. Il reste à quantifier économiquement certains avantages supplémentaires, comme ceux qui découlent de l'amélioration de la santé, de l'utilisation du lisier biologique au lieu d'engrais chimiques dans les jardins potagers, de l'amélioration de la nutrition que rendent possible les potagers cultivés avec le lisier biologique et des meilleurs résultats scolaires des enfants.</li> <li>▪ Le système Flexi Biogas est abordable: la moitié du coût des systèmes à dôme fixe au Kenya et au Rwanda.</li> <li>▪ S'approvisionner en Chine pour le matériau des réservoirs de biogaz peut abaisser les coûts. (Le FIDA et Biogas International Limited ont effectué une mission en Chine en 2013 pour trouver des fournisseurs et des fabricants.) Au Kenya, le coût d'une bêche PVC est dix fois plus élevé et le matériau des réservoirs à biogaz n'est pas disponible.</li> <li>▪ Des modifications de conception (par exemple normaliser la longueur du système de biogaz) ont permis de réduire les coûts de fabrication.</li> <li>▪ Le rendement du capital investi est assez rapide, avec un délai de recouvrement des coûts de moins d'un an.</li> <li>▪ Des emplois sont créés pour les jeunes.</li> </ul>
<b>Techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le système est léger (50 kg) et facile à transporter et à installer. En tout, l'installation prend environ quatre heures, contre 20 jours au minimum (au Kenya) pour le système à dôme fixe, qui nécessite des travaux d'excavation et de construction et une logistique complexe.</li> <li>▪ Il est simple à utiliser et facile à entretenir (principalement pour le déboucher).</li> <li>▪ Dans les sept à dix jours, du biogaz est produit en quantité suffisante pour répondre aux besoins du ménage, contre 20 à 30 jours pour le système à dôme fixe. Ceci est en partie dû à l'utilisation de la « serre tunnel », qui augmente la température, ce qui permet aux bactéries de se développer et donc, accélère la production de biogaz.</li> <li>▪ Le système fonctionne avec différents types de matières organiques disponibles localement.</li> <li>▪ La méthode d'écoulement tangentiel assure que le lisier biologique est complètement digéré; il n'y a ni méthane résiduel ni pathogènes.</li> <li>▪ Le système est extensible et peut donc répondre à des exigences énergétiques plus importantes à mesure qu'augmentent les besoins et les revenus du ménage.</li> <li>▪ La formation des techniciens chargés d'installer, d'exploiter et d'entretenir le système est simple; une approche reposant sur l'apprentissage par la pratique est utilisée.</li> <li>▪ Le système de Flexi Biogas a plusieurs avantages comparatifs par rapport à d'autres digesteurs de biogaz dans les zones rurales. Il est portable et peut être aisément transporté jusque dans les</li> </ul>

Critères	Enseignements tirés
	régions isolées sur un vélo ou un âne; il n'exige aucune main-d'œuvre qualifiée (comme des maçons); son installation exige uniquement de niveler le terrain, il n'est donc pas nécessaire de transporter du gravier, des pierres, des briques, du sable et du ciment; le système commence à produire du biogaz en quantité suffisante plus vite que les autres systèmes.
<b>Sanitaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Éliminer la fumée de la cuisine réduit les cas de maladies respiratoires chroniques et d'infections oculaires.</li> <li>▪ Utiliser le lisier biologique comme engrais pour jardiner améliore la nutrition et la diversification alimentaire.</li> <li>▪ Une meilleure gestion des effluents d'élevage améliore l'assainissement de l'exploitation.</li> <li>▪ Les zones de cuisson doivent être convenablement ventilées pour éviter les intoxications au monoxyde de carbone et à l'oxyde d'azote.</li> </ul>
<b>Environnementaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réduire la consommation de bois de feu d'environ 2 kg par personne et par jour<sup>6</sup> permet de diminuer la déforestation et la dégradation des terres.</li> <li>▪ Les émissions de méthane<sup>7</sup> sont réduites grâce à une meilleure gestion du fumier.</li> <li>▪ Le lisier biologique est une bonne solution de remplacement aux engrais chimiques et permet d'améliorer la santé du sol.</li> <li>▪ La dépendance à l'égard des carburants fossiles est réduite.</li> </ul>
<b>Politiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La sécurité foncière n'est pas nécessaire, car le système peut être déplacé au besoin.</li> <li>▪ Le système Flexi Biogas est conforme aux stratégies nationales de développement de systèmes énergétiques dans les zones rurales et est intégré dans les activités des projets du FIDA. Il doit être associé à des subventions nationales en faveur du développement de l'énergie rurale pour réduire les coûts unitaires.</li> <li>▪ Le système Flexi Biogas a plus de mal à rivaliser dans les zones où l'on trouve facilement du bois de feu.</li> <li>▪ Des initiatives Sud-Sud ont été promues pour influencer la concertation sur les politiques relatives aux problèmes d'énergie dans les zones rurales des pays en développement. À ce jour, le FIDA a participé à un certain nombre d'événements pour mieux faire connaître Biogas International Ltd et la technologie du Flexi Biogas:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convention sur le biogaz à l'Institut indien de technologie (New Delhi, septembre 2012)</li> <li>- Exposition sur le développement Sud-Sud (Vienne, novembre 2012)</li> <li>- Exposition sur le développement Sud-Sud (Nairobi, octobre 2013)</li> <li>- Initiative Sud-Sud pour identifier des partenaires industriels chinois (juin 2013)</li> <li>- Atelier sur les partenariats public-privé dans la filière biogaz (SNV) (Hanoï, novembre 2013)</li> <li>- Conférence internationale sur les énergies renouvelables (Milan, décembre 2013)</li> <li>- Campagnes de sensibilisation: Une histoire bien contée – Shujaaz FM au Kenya</li> </ul> </li> </ul>

<sup>6</sup> Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant du bois de feu représentent 25% des émissions mondiales de GES dans les pays en développement.

<sup>7</sup> Le potentiel de réchauffement global du méthane est 22 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub> et c'est un GES plus puissant.

## Annexe II: Liste de contrôle de l'exploitation et de la maintenance

Cerner le problème	Cause	Solution
Le digesteur est-il alimenté tous les jours?	Le digesteur doit être rempli tous les jours avec environ 20 kg de fumier et un volume équivalent d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour que le digesteur fonctionne correctement, les bactéries responsables de la production de méthane doivent recevoir un approvisionnement continu en matières biodégradables. Si l'on ne dispose pas de fumier de vache, il est possible d'utiliser des déchets de jardin ou des eaux usées</li> </ul>
Y a-t-il une odeur de gaz?	Mauvais raccord Robinets endommagés dans la cuisine Trou dans le plastique du digesteur Bouton de réglage du poêle défectueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fermer le robinet de gaz du digesteur. Vérifier tous les raccords, en commençant par les robinets dans la cuisine et jusqu'à la sortie du gaz, ainsi que les tuyaux en plastique, les joints, les brides et les robinets-vannes.</li> <li>S'il y a un trou dans le digesteur, il peut être réparé facilement avec du sparadrap ou de la colle pour bâches PVC renforcées.</li> </ul>
La production de gaz est-elle insuffisante?	Mauvais raccord Une partie du tuyau est cassée De l'eau s'est accumulée dans les tuyaux et gêne la circulation du gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fermer le robinet de gaz du digesteur. Vérifier tous les raccords, en commençant par les robinets dans la cuisine et jusqu'à la sortie du gaz du digesteur.</li> <li>Déboucher le tuyau d'échappement en y faisant passer de l'eau ou à l'aide d'un bâton</li> </ul>
Y a-t-il assez d'eau dans le siphon?	L'évaporation peut entraîner une baisse du niveau de l'eau sous le niveau souhaité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier le siphon régulièrement et ajouter de l'eau quand le niveau est trop bas.</li> </ul>
Peut-on voir beaucoup de gaz dans le digesteur, mais il n'en arrive pas au poêle ou très peu?	La pression dans le réservoir est insuffisante  Accumulation d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Placer des sacs de sable (20 kg au total) sur la partie centrale de la poche du digesteur.</li> <li>L'eau s'évapore et se condense dans les tuyaux de gaz, ce qui peut empêcher le gaz d'arriver jusqu'au poêle. Les tuyaux de gaz doivent être vidés de l'eau accumulée tous les deux mois en soufflant dedans pour les déboucher</li> </ul>
On ne voit pas beaucoup de gaz dans le digesteur le matin?	Quelqu'un a oublié de fermer l'arrivée de gaz du poêle. L'ouverture de débordement/sortie a besoin d'être nettoyée	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ne pas oublier de fermer l'arrivée de gaz après avoir cuisiné</li> </ul>
La flamme de biogaz n'est pas bleu clair?	Les traces de sulfure d'hydrogène sont plus élevées que la moyenne (0,3%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Changer le filtre à hydrogène sulfuré dans le raccord en T de la valve de sécurité</li> <li>Il est recommandé de changer le filtre tous les six mois.</li> </ul>
Beaucoup de terre s'accumule-t-elle sur les côtés du digesteur?	Il s'agit généralement d'un problème à long terme qu'on résout en évitant les endroits où le sol est très sablonneux ou les dépressions dans lesquelles la pluie entraîne beaucoup de terre. Fosses à compost mal entretenues ou mal nettoyées	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creuser des rigoles pour détourner l'eau de pluie ou envisager d'installer un toit pour recueillir l'eau de pluie. L'eau de pluie peut être récupérée et utilisée dans le digesteur pour mélanger les matières organiques.</li> </ul>
Le lisier biologique est-il malodorant?	Le digesteur est trop rempli ou rempli trop souvent	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ralentir et diminuer la quantité de substrat versé dans l'unité de biogaz</li> </ul>
Le tunnel ou des tuyaux se sont-ils effondrés?	Plusieurs raisons	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appeler un prestataire de service technique. Il est important que l'air ne pénètre pas dans le tunnel et que dans les zones ou pendant les saisons plus froides le tunnel reste étanche</li> </ul>
La fermeture à glissière du tunnel est-elle cassée?	Usure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faire réparer localement, machine à coudre nécessaire</li> </ul>

## Annexe III: Mesures de sécurité

### Lire attentivement avant d'installer ou d'utiliser un système de biogaz

- 
- 1** Vérifier régulièrement l'ensemble du système pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuites.

---

  - 2** Assurer une ventilation autour de tous les tuyaux de gaz.

---

  - 3** Toujours maintenir une pression positive dans le système.

---

  - 4** Créer une ventilation au point le plus élevé du toit pour permettre aux gaz plus légers que l'air de s'échapper.

---

  - 5** Veiller à ce que l'eau des tuyaux de gaz se vide dans des pièges à condensation

---

  - 6** Interdire de fumer ou d'utiliser des flammes nues près de digesteurs de biogaz et des réservoirs de stockage du gaz, surtout en vérifiant la présence éventuelle de fuites de gaz.

---

  - 7** Ne pas verser dans le digesteur des matières telles que: antibiotiques, détergent liquide, pesticides, savon, branches, terre, paille ou brindilles
-

## Annexe IV: Liste de contrôle pour l'intégration de systèmes de biogaz dans les projets appuyés par le FIDA

	Conditions préalables	Notes	Points à prendre en considération	Vérifié
Données générales sur les utilisateurs	Connaissance de la situation économique de l'utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nombre de personnes</li> <li>▪ Niveaux de revenus</li> <li>▪ Taux d'alphabétisation</li> <li>▪ Titres de propriété des terres et de la surface d'installation</li> </ul>	Volonté, en particulier des agricultrices, de payer pour des systèmes de biogaz	
	Structure du ménage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Matériau des murs</li> <li>▪ Terre/boue</li> <li>▪ Bois/bambou/tôles ondulées</li> <li>▪ Ciment/briques</li> <li>▪ Autre (préciser)</li> </ul>	Potential pour l'installation d'un panneau solaire de 50 W pour répondre aux besoins d'éclairage	
	Résidus de cultures	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rafles de maïs utilisées comme combustible</li> <li>▪ L'approvisionnement en rafles de maïs est abondant</li> </ul>	Principale source de combustible de cuisine du ménage	
	Utilisation des terres	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quel pourcentage des terres est-il consacré aux cultures?                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Cultures vivrières</li> <li>– Cultures commerciales</li> <li>– Arbres</li> </ul> </li> </ul>	Types et quantités de déchets végétaux	
	Bétail	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comment le bétail est-il élevé?                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Système de pâturage</li> <li>– En étable</li> </ul> </li> <li>▪ Nombre de vaches</li> <li>▪ Nombre de chèvres</li> <li>▪ Nombre de porcs</li> <li>▪ Nombre de poulets</li> <li>▪ Nombre d'ânes</li> <li>▪ Nombre de lapins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comment le bétail est-il élevé?                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ramasser le fumier peut prendre du temps</li> </ul> </li> <li>▪ Poulailers d'engraissement (nombre de poulets)</li> </ul>	
	Disponibilité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Saison sèche (mois)</li> <li>▪ Distance jusqu'à la source d'eau</li> </ul>	Besoin d'au minimum 20 litres par jour	
	Actifs agricoles et du ménage	Ménage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poêle/cuisinière à gaz</li> <li>▪ Réfrigérateur</li> <li>▪ Radio</li> <li>▪ Télévision</li> </ul>	
Transport		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voiture/camion</li> <li>▪ Moto</li> <li>▪ Vélo</li> <li>▪ Charrette (traction animale)</li> </ul>		
Matériel agricole		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Binettes/bêches</li> <li>▪ Pelles/charrues</li> <li>▪ Pompe de pulvérisateur</li> <li>▪ Pompe à eau</li> </ul>		

	Conditions préalables	Notes	Points à prendre en considération	Vérfié
Actifs agricoles et du ménage (suite)	Type de combustibles utilisés	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bois de feu                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ Charbon de bois                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ Kérosène                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ GPL                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ Électricité                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ Fumier sec                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ Sciure de bois                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût</li> <li>– Quantité</li> </ul> </li> <li>▪ Autres résidus de biomasse</li> </ul>		
	Engrais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Types et quantités d'engrais traditionnels</li> <li>• Cultures sous engrais</li> <li>• Familier avec l'engrais organique</li> </ul>		
Fonctionnement du système de biogaz	Sites potentiels pour l'unité de biogaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Distance entre l'unité de biogaz et l'étable</li> <li>▪ Distance entre l'unité de biogaz et le lieu de consommation du gaz</li> </ul>		
Exploitation et maintenance	Fumier	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Taux de chargement initial à 500 kg</li> <li>▪ Taux de chargement quotidien à 20 kg (modèle d'unité de biogaz de 4 m<sup>3</sup>)</li> </ul>	Après la charge initiale, le système peut fonctionner avec n'importe quelles matières biodégradables sans se boucher ou s'encroûter (formation d'une couche flottante)	
	Déchets végétaux/ménagers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chargement quotidien à 5-10 kg (modèle d'unité de biogaz de 4 m<sup>3</sup>)</li> </ul>	Il est recommandé d'utiliser un pulvérisateur ou un broyeur	
	Eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chargement initial à 500 litres</li> <li>▪ Taux de chargement quotidien</li> </ul>	Tout apport se fait dans un ratio de 1:1 (substrat: eau)	
	Lisier biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilisation</li> <li>▪ Distance entre l'unité de biogaz et le jardin potager</li> </ul>		

## **Annexe V: Guide pratique illustré de la mise en œuvre des systèmes Flexi Biogas portables**

### **ÉTAPE 1: Nivelier le terrain**

**ÉTAPE 2: Étaler l'enveloppe du digesteur**



**ÉTAPE 3: Positionner le tunnel**



**ÉTAPE 4: Charger le substrat**



**Système Flexi Biogas avec ballon de stockage du gaz excédentaire**

**Système Flexi Biogas avec ballon de stockage du gaz excédentaire**



**Agriculteurs bénéficiaires à Nakaru (Kenya)**



## Annexe VI: Analyse économique et financière

### Comment inclure les avantages de la fourniture de systèmes de biogaz et d'installations solaires domestiques dans une analyse coût-avantages

#### Introduction

1. À l'heure actuelle, environ 85% de l'énergie consommée par les communautés rurales sont principalement utilisés pour la cuisson et l'éclairage. Le kérosène est la principale source d'énergie pour l'éclairage, tandis que le bois de feu et le charbon de bois sont surtout utilisés pour cuire les aliments. La combustion de ces sources de biomasse traditionnelles a des incidences négatives importantes pour la santé, telles que les maladies respiratoires chroniques et les infections oculaires. Par ailleurs, les agriculteurs des pays subsahariens et d'Asie du Sud-Est consacrent une part considérable de leur revenu (10 à 30 USD par mois) à ces sources d'énergie de basse qualité nocives pour la santé.
2. Cette section évalue la viabilité économique et financière de l'inclusion dans la conception des projets du FIDA de systèmes de biogaz à dôme fixe traditionnels et portables (associés à des installations solaires domestiques). Elle donne des exemples concrets de la façon de quantifier les avantages résultant des investissements dans ce type de dispositifs au niveau des ménages.
3. Outil d'orientation et d'aide à la décision destiné aux chargés de programme de pays du FIDA ainsi qu'aux responsables politiques et aux praticiens du développement, l'analyse coût-avantage suivante indique la durée d'amortissement et les ratios coûts-avantages de technologies d'énergie renouvelable spécifiques. À cet égard, il est important d'établir une distinction entre la perspective d'une entreprise commerciale (mue par le profit pécuniaire) et celle d'une entreprise sociale (motivée par un système de valeurs pertinentes pour la société dans son ensemble); c'est cette dernière qui guide le rapport qui suit.

#### Avantages de l'accès à l'énergie tirée du biogaz

4. L'accès à des sources d'énergie propres, décentralisées et renouvelables comme le biogaz peut contribuer directement à la productivité des exploitations, et offrir de nombreux autres avantages socioéconomiques pour le ménage, la communauté et l'environnement. Cependant, ces flux d'avantages intangibles<sup>8</sup> sont généralement difficiles à quantifier et sont par conséquent exclus d'une analyse coût-avantages standard.
5. L'analyse qui suit porte sur le projet de l'Initiative pour intégrer l'innovation iii)<sup>9</sup>, financé par le Ministère du développement international (DFID) et géré par le FIDA, afin de montrer que les avantages non financiers peuvent ouvrir des possibilités génératrices de revenus offertes par:
  - **Le temps économisé**, parce que les corvées de bois de feu et d'eau ne sont plus nécessaires
  - **La baisse des maladies** parmi les membres du ménage grâce à l'élimination de la fumée provenant de la combustion du bois de feu et du charbon de bois
  - **L'augmentation de la productivité agricole** due à l'utilisation d'engrais organiques (lisier) et la fourniture de fourrage pour le bétail
  - **La hausse des revenus et amélioration de la nutrition** grâce au jardinage et au petit élevage
  - **D'autres avantages intangibles**: réduction de la malnutrition (surtout chez les enfants), par l'accroissement des disponibilités alimentaires et la préparation d'aliments plus sûrs; meilleure fréquentation scolaire des enfants; meilleures sécurité et protection, surtout pour les femmes et les enfants.

<sup>8</sup> Les avantages intangibles peuvent faire référence à l'amélioration de la santé (y compris le temps de repos supplémentaire), l'amélioration de la nutrition grâce à l'utilisation du lisier biologique au lieu d'engrais chimiques dans les jardins potagers et la réduction des émissions de méthane due à une meilleure gestion du fumier.

<sup>9</sup> Cette remarque ne prétend pas couvrir tous les cas possibles, mais présente quelques exemples de façon de faire utiles, en s'appuyant sur le projet de l'III financé par le DFID: *Rendre le biogaz portable: technologies renouvelables pour un avenir plus vert.*

## Analyse économique et financière

6. La plupart des entreprises sociales reconnaissent l'importance des résultats non financiers. Pourtant, les analyses économiques et financières traditionnelles tendent à se concentrer uniquement sur les coûts et les avantages que l'on peut quantifier en termes monétaires. L'objectif général de cette analyse économique et financière est de corroborer un flux de trésorerie transparent, en faisant ressortir les avantages financiers dont bénéficient les petits exploitants par l'adoption de technologies d'énergie renouvelable et l'abandon du bois de feu, du charbon de bois et du kérosène qui en résulte. L'avantage financier direct du biogaz correspond donc à une réduction des dépenses en combustible.
7. Les données recueillies auprès des bénéficiaires du Programme de commercialisation en faveur des petits producteurs laitiers mis en œuvre à Nakuru (Kenya) par le FIDA indiquent que les besoins moyens de combustible de cuisine des ménages ruraux s'élèvent à environ 700 à 1 000 litres par jour, alors que les dépenses en bois de feu et charbon de bois utilisés pour la cuisson sont en moyenne de 60 cents environ par jour (17 USD par mois). Le ramassage du bois de feu, corvée généralement accomplie par les femmes et les enfants, prend environ trois heures par jour, qui pourraient être consacrées à d'autres activités productives ou aux loisirs et à la détente<sup>10</sup>.
8. Au Kenya, les ménages dépensent environ 10 USD par mois pour le kérosène (10 litres à raison de 93 cents le litre). Deux des inconvénients majeurs de l'utilisation du kérosène sont les problèmes de santé (inhalation et brûlures accidentelles) et la volatilité et le niveau élevé des prix des combustibles fossiles. Les lampes à biogaz peuvent réduire les frais de combustible, mais elles consomment environ 100 litres de biogaz par heure et sont donc considérées comme inefficaces. Dans cette perspective, le projet combine la technologie du biogaz avec de petites installations solaires domestiques, qui incluent un panneau solaire (50 W), une batterie de voiture (75 Ah), un régulateur de charge, quatre lampes et une prise pour un chargeur de téléphone ou un onduleur, pour un coût de 300 USD (installation comprise).
9. Un autre avantage de l'utilisation d'un digesteur de biogaz est la production d'un lisier biologique riche en nutriments. Cet effluent peut remplacer en partie les engrais chimiques classiques et améliorer la fertilité des sols et la productivité agricole, en élevant ainsi le niveau des revenus<sup>11</sup>.

## Coût de la construction des digesteurs de biogaz à dôme fixe

10. Calculer la valeur des investissements nécessaires pour la construction d'un système à dôme fixe exige des informations sur les prix des matières premières, qui peuvent varier considérablement selon les spécificités du pays, c'est-à-dire les frais de transport vers les zones rurales. L'investissement et les charges renouvelables incluent tous les frais de construction et d'exploitation des systèmes de biogaz à dôme fixe traditionnels, à savoir:
  - *Coûts d'investissement*, qui doivent prendre en compte les coûts de remplacement à la fin de la durée de vie de l'infrastructure, qui variera selon le type d'intervention (c'est-à-dire tous les 20, 15 ou 10 ans) et doivent être calculés *par unité*; et
  - *Coûts d'exploitation et de maintenance*, qui doivent être pris en compte pour la période de l'analyse économique (soit 20 ans), à partir de l'année suivant la construction de l'unité. Les coûts de base pour l'installation d'un système de biogaz à dôme fixe au Kenya sont les suivants:<sup>12</sup>

<sup>10</sup> L'analyse économique et financière permet de calculer en termes monétaires le coût d'opportunité de ne pas avoir à ramasser du bois de feu, en s'appuyant sur le coût horaire moyen de la main-d'œuvre non qualifiée au Kenya.

<sup>11</sup> Il existe une lacune reconnue dans les connaissances relatives aux méthodes d'application et aux effets de la digestion du fumier, qui dépend directement de la teneur en nutriments du lisier. Le FIDA collabore avec la SNV et la FAO au sein de la Coalition pour le climat et la qualité de l'air en vue d'identifier des pratiques agricoles susceptibles de traiter le lisier de façon à générer le maximum d'avantages et à réduire les polluants atmosphériques à courte durée de vie.

<sup>12</sup> Pour de plus amples renseignements, consulter: <http://www.ifad.org/pub/thematic/biogas.pdf>. Le rapport complet est disponible à l'adresse: <http://www.ifad.org/irkm/factsheet/energy.pdf>

Taille du digesteur de biogaz	4 m <sup>3</sup>	6 m <sup>3</sup>	8 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	12 m <sup>3</sup>
Matériaux (USD)	405	550	645	690	785
Coût des services techniques, y compris l'installation (USD)	285	345	345	460	460
Coût total (USD)	690	895	990	1 150	1 245

Source: Damwe Energy Services, Nairobi, Kenya

11. Outre les matériaux de construction et l'assistance technique, les agriculteurs installant un système de biogaz à dôme fixe doivent prendre des dispositions pour:

- Fonds pour l'achat de la tuyauterie et pour couvrir les imprévus (environ 57 USD)
- Excavation du trou pour le digesteur, suivant les instructions du contractant
- Deux ouvriers non qualifiés pour aider à l'installation

### Coûts d'exploitation et de maintenance

12. Pour l'exploitation et la maintenance au quotidien d'un système à dôme fixe traditionnel, chaque agriculteur utilise:

- *Déjections animales*: une charge initiale de 5 tonnes de fumier de vache, puis 60 kg par jour. Il est préférable (mais pas essentiel) que le bétail soit élevé en étable (système de stabulation permanente). Dans le cas contraire, les frais de main-d'œuvre doivent être pris en compte (c'est-à-dire le temps passé à ramasser le fumier et à remplir le digesteur); et
- *Eau*: chargement initial de 5 000 litres, plus 60 litres par jour

13. Les résultats du projet de l'III laissent à penser que bien que les systèmes de biogaz à dôme fixe traditionnels soient fiables, de tels systèmes sont plus onéreux (1 200 USD) au Kenya, ils nécessitent trois ou quatre vaches laitières et que l'exploitant soit propriétaire de ses terres. De plus, une expertise dans l'exploitation et la maintenance du système de biogaz est nécessaire pour assurer un bon service après-vente et pouvoir intervenir en cas de problème.

### Coût de construction des systèmes Flexi Biogas

14. Le système Flexi Biogas est une technologie de production de biogaz portable conçue et fabriquée au Kenya par une entreprise commerciale privée, Biogas International Ltd<sup>13</sup>. Dans les zones rurales, le système a un avantage comparatif sur les autres digesteurs de biogaz, car il est portable et peut être transporté facilement sur un vélo ou un âne jusque dans les régions isolées, il n'exige aucune main-d'œuvre qualifiée (par exemple les maçons) ni aucun matériau de construction (par exemple du gravier, des pierres, des briques, du sable et du ciment) et son installation exige uniquement de niveler le terrain.

15. Calculer le coût d'une unité Flexi Biogas est simple, puisque l'ensemble du système se présente comme un tout. Les coûts supplémentaires à prendre en compte sont les frais de transport et les droits d'importation, qui varient selon le pays.

16. **Dépenses d'investissement.** Le prix de détail courant d'un système Flexi Biogas moyen d'une capacité de 5,5 m<sup>3</sup> est de 600 USD, et inclut un poêle à un brûleur. Un système plus important d'une capacité totale de biogaz de 9 m<sup>3</sup> pouvant alimenter des machines agricoles, telles que les pompes à eau ou des hachoirs à paille, coûte 825 USD. Ce coût inclut trois des principaux éléments du système: i) poche à biogaz en bâche PVC; ii) serre tunnel en plastique polyéthylène tissé; et iii) joints/tuyaux d'arrivée et de sortie (coûts dépendant de la disponibilité dans le pays).

<sup>13</sup> Depuis mai 2012, cette nouvelle génération de systèmes de biogaz a été mise à l'essai dans trois projets du FIDA: le Programme de commercialisation en faveur des petits producteurs laitiers au Kenya, le Projet de gestion communautaire des bassins versants de Kirehe au Rwanda et le Programme d'autonomisation et de promotion des moyens de subsistance des populations tribales de l'Orissa en Inde.

### Coûts d'exploitation et de maintenance

17. Pour l'exploitation et la maintenance au quotidien d'un système Flexi Biogas, chaque agriculteur utilise approximativement:
- *Déjections animales* (fumier de vache): charge initiale d'une tonne, puis 20 kg par jour; et
  - *Eau*: charge initiale de 1 000 litres, plus 20 litres par jour (mélange fumier:eau dans un ratio de 1:1)<sup>14</sup>
18. On doit également prendre en considération les aspects suivants:
- La capacité d'absorption des agriculteurs à exploiter et maintenir en état le système est élevée; par conséquent, le besoin de compétences spécialisées pour assurer le bon fonctionnement du système est limité; et
  - La formation des techniciens chargés d'installer, d'exploiter et d'entretenir le système est simple et passe par une approche reposant sur l'apprentissage par la pratique.

### Analyse des flux de trésorerie

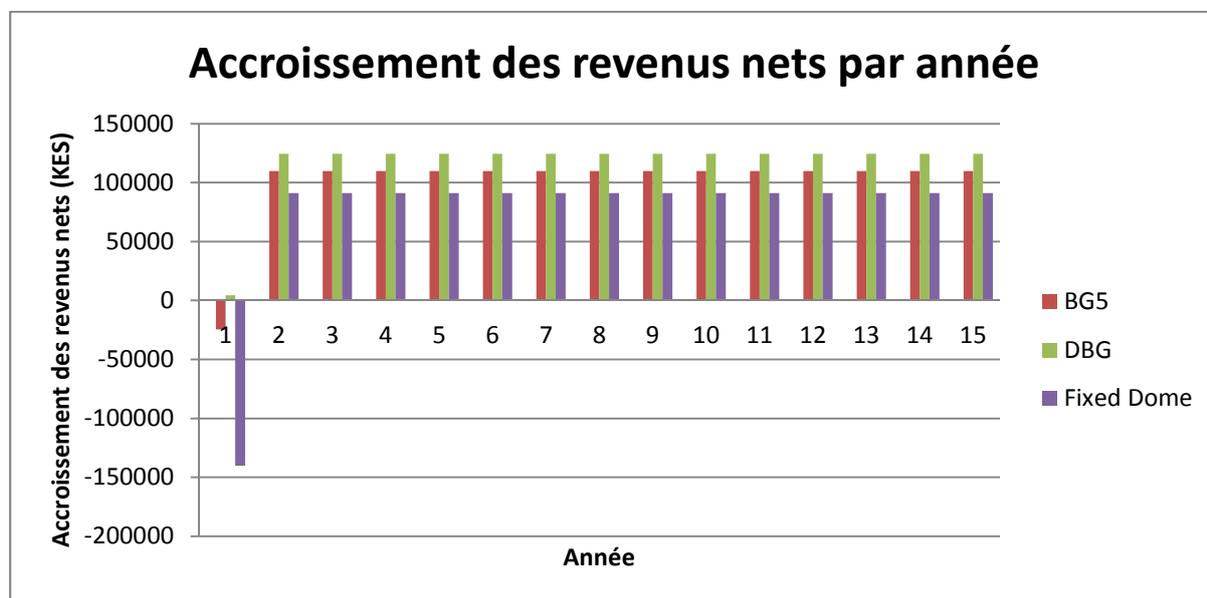
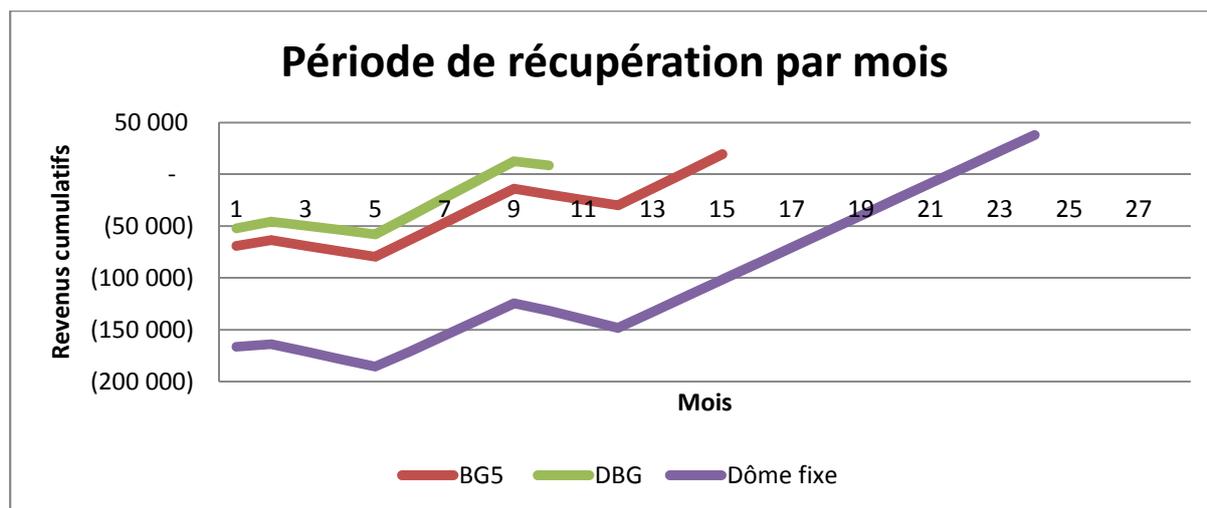
19. L'analyse des flux de trésorerie qui suit s'appuie sur les données recueillies au cours des deux dernières années au Kenya et au Rwanda. L'analyse économique et financière tient compte du fait que les besoins énergétiques peuvent varier considérablement selon la taille du ménage. Trois options sont évaluées: i) Flexi Biogas domestique (DBG) avec une installation solaire domestique; ii) Flexi Biogas de moyenne capacité (BG5) avec une installation solaire domestique; et iii) un digesteur à dôme fixe traditionnel avec une installation solaire domestique.
20. Dans l'analyse, l'hypothèse sous-jacente est que les ménages ruraux consomment environ 2,3 kg de bois de feu par jour, et que 70% seulement de cette consommation quotidienne de bois peuvent être contrebalancés. La raison en est que les économies de bois de feu ne sont pas constantes tout au long de l'année. Tout d'abord, la production de biogaz tend à diminuer durant la saison des pluies, les agriculteurs doivent donc aussi utiliser du bois de feu pour satisfaire leurs besoins de cuisine. Ensuite, le temps de rétention hydraulique du digesteur de biogaz – c'est-à-dire le temps nécessaire pour que les bactéries à l'intérieur du digesteur se stabilisent et produisent du biogaz à plein potentiel – varie entre 30 et 45 jours. Par conséquent, une fois que le système de biogaz a été installé, les agriculteurs ont aussi besoin, le premier mois, d'utiliser du bois de feu en combinaison avec le biogaz. Enfin, l'analyse économique et financière ne prend pas en considération les habitudes culturelles de cuisine – par exemple, la préparation de *chapati* et de *githeri* (spécialité locale de haricots rouges et de maïs). À l'occasion, les femmes préfèrent utiliser du bois de feu pour donner un goût fumé à un plat.
21. Le salaire journalier en usage pour la main-d'œuvre non qualifiée (y compris la main-d'œuvre familiale) est de 75 shillings kényans (KES). Les agriculteurs consacrent habituellement 45 heures/mois (environ 1,5 heure par jour) à exploiter et à maintenir en état le système de biogaz. Il s'agit surtout du ramassage du fumier pour alimenter le digesteur. Bien que l'analyse économique et financière parte du principe que les vaches sont élevées dans un système de stabulation permanente et que le fumier est donc gratuit, un coût minimum par kilogramme est affecté au fumier pour montrer que, même lorsque l'agriculteur doit acheter le fumier, un système de biogaz est toujours une option économiquement viable<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Au Kenya, une vache produit 10 à 20 kg de fumier par jour. Un système domestique (4 m<sup>3</sup>) exigerait un ou deux seaux (de 20 kg chacun) par jour, selon la température extérieure. Plus il fait chaud, moins on a besoin de fumier. Un système de plus grande capacité (10 m<sup>3</sup>) nécessiterait trois ou quatre seaux par jour.

<sup>15</sup> L'analyse économique et financière ne tient pas compte des coûts d'entretien du bétail (fourrage, eau, services vétérinaires, etc.).

## Résultats

22. Les trois analyses de flux de trésorerie incluent des installations solaires domestiques et reposent sur certaines hypothèses, notamment une réduction des dépenses directes de combustible, la facilité d'accès à du fumier de vache et la possibilité de dégager des recettes par la vente ou l'adoption du lisier biologique. On doit aussi prendre en considération le fait que les systèmes de biogaz intégrés réduisent les rejets de GES nocifs tels que le méthane et l'oxyde de diazote. Cette quantité doit être mesurée pour une évaluation optimale de la rentabilité de toute technologie du biogaz.



23. Le graphique montre que le délai de récupération ou seuil de rentabilité est de neuf mois pour le modèle Flexi Biogas domestique, de 14 mois pour le Flexi Biogas de moyenne capacité et de 22 mois pour le digesteur à dôme fixe.

Tableau récapitulatif des coûts et avantages (KES)		Année														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>BG5</b>	Avantages	102 600	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449	179 449
	Tunnel					40					40					
	Coûts	127 214 (24 614)	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531	69 531
	Revenu additionnel net (KES)		109 917	109 917	109 917	109 877	109 917	109 917	109 917	109 917	109 877	109 917	109 917	109 917	109 917	109 877
	VAN à 12%	628 471														
	B/C	2,2	1 153 585	525 071												
<b>DBG</b>	Avantages	102 628	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	179 485	
	Tunnel					40					40					
	Coûts	98 266	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	55 016	
	Revenu additionnel net (KES)	4 363	124 469	124 469	124 469	124 429	124 469	124 469	124 469	124 469	124 429	124 469	124 469	124 469	124 469	
	VAN à 12%	740 461														
	B/C	2,8	1 153 824	413 321												
<b>Dôme fixe</b>	Avantages	107 358	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	188 476	
	Coûts	247 404 (140 046)	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	97 402	
	Revenu additionnel net (KES)		91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	91 074	
		VAN à 12%	413 938													
	B/C	1,5	1 211 260	797 322												

## Remarques de conclusion

- Plusieurs hypothèses sous-tendent les résultats de l'analyse économique et financière et exigent d'être mises en contexte, sans quoi elles peuvent être trompeuses. Par exemple, le nombre de jours de maladie épargnés est évalué en termes monétaires, bien qu'il soit difficile de monétiser des bienfaits sur la santé. L'analyse économique et financière envisage les avantages indirects des gains de temps (par exemple en n'ayant pas à ramasser du bois de feu) comme étant fonction de l'environnement local: certains ménages consacreront ce temps supplémentaire à des activités productives, d'autres aux loisirs (par exemple plus de temps passé avec les enfants) et au repos. À Nakuru (Kenya) par exemple, de nombreux agriculteurs élèvent des poules et tirent des revenus supplémentaires de leur vente.
- Les projets du FIDA portant sur l'accès à l'énergie au niveau des ménages doivent tenir compte de la filière agricole. Les expériences réalisées à travers le monde montrent que la technologie du biogaz peut remplacer l'alimentation au diesel des machines agricoles (pompes à eau, moulins à riz, hachoirs à paille, etc.), en améliorant ainsi la production agricole et en stimulant les filières connexes. Ceci est important quand on sait qu'une grande partie des besoins énergétiques des communautés rurales ne sont pas satisfaits, principalement dans les domaines liés à l'éclairage domestique, à l'irrigation, à la réfrigération et à la transformation après récolte.
- L'analyse économique et financière montre que, si des mécanismes de financement appropriés sont mis en place, et là où les enquêtes de référence indiquent que l'adoption du biogaz est axée sur la demande et que les utilisateurs sont disposés à payer, l'utilisation du biogaz dans un système d'exploitation intégré (avec une ou deux vaches seulement) peut fournir 60 à 100 kg d'engrais de haute qualité, 2,8 m<sup>3</sup> de biogaz pour la cuisson et l'éclairage et 12 litres de lait chaque jour. Le projet pilote du FIDA a ouvert des voies nouvelles et des possibilités de partenariat pour tester à l'échelle mondiale le « modèle à une seule vache ». Au Rwanda, le Projet de gestion communautaire des bassins versants de Kirehe promeut un modèle qui comprend: deux vaches; un système de biogaz et une composante solaire avec un panneau de 50 W; une batterie de voiture de 75 Ah; un régulateur de charge; cinq lampes et une prise pour chargeur de téléphone ou un onduleur. Non seulement le modèle crée-t-il des emplois dans les zones rurales, mais il résout deux des principales difficultés auxquelles sont confrontés les pays subsahariens: la nutrition et l'approvisionnement en combustible propre.

Tableaux détaillés de l'analyse économique et financière

Flexi Biogas domestique (DBG) avec installation solaire domestique

1.1 Budget arrivée - sortie			Mois											
Unité	Prix (KES)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Avantages</b>														
Économies de bois de chauffage	kg	9		12	24	23	23	23	34	34	34	34	23	23
Économies de charbon de bois	kg	48		2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Économies d'engrais chimiques	kg	90			120	-	-	-	240	240	240	240	-	-
Économies de kérosène	lt	83		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
<b>Coûts</b>														
Composants matériel	Somme forfaitaire	39 974	1											
Main d'œuvre non qualifiée	pers/j	600	4											
Panneau solaire (45 W)	Nbre	29 980	1											
<b>Coûts exploitation entretien</b>														
Fumier	kg	2	1 000	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
Travail familial	heures	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Batterie automobile	Nbre	5 214	1											
<b>1.2 Budget entrées sorties (KES)</b>			<b>Mois</b>											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Avantages</b>														
Économies de bois de chauffage			105	210	196	196	196	294	294	294	294	196	196	196
Économies de charbon de bois			99	197	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296
Économies d'engrais chimiques				10 800	-	-	-	21 600	21 600	21 600	21 600	-	-	-
Économies de kérosène			13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638
<b>Total avantages</b>			13 842	24 845	14 130	14 130	14 130	35 828	35 828	35 828	35 828	14 130	14 130	14 130
<b>Coûts</b>														
Composants matériel		39 974												
Main d'œuvre non qualifiée		2 400												
Panneau solaire (45 W)		29 980												
<b>Total partiel, coûts d'installation</b>			72 354											
<b>Coûts exploitation entretien</b>														
Fumier		2 086	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210
Travail familial		3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375
Batterie automobile		5 214												
<b>Total partiel, coûts exploit. entretien</b>			10 675	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585	4 585
<b>Revenu net (KES)</b>			(83 029)	9 257	20 261	9 545	9 545	9 545	31 243	31 243	31 243	31 243	9 545	9 545
Période de récupération			(73 772)	(53 511)	(43 966)	(34 420)	(24 875)	6 368	37 612	68 855	100 098	109 644	119 189	119 189

Flexi Biogas de moyenne capacité (BG5) avec installation solaire domestique

1.1 Budget arrivée - sortie			Mois											
Unité	Prix (KES)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Avantages</b>														
Économies de bois de chauffage	kg	9		12	24	23	23	23	34	34	34	34	23	23
Économies de charbon de bois	kg	48		2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Économies d'engrais chimiques	kg	90			120	-	-	-	240	240	240	240	-	-
Économies de kérosène	lt	83		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
<b>Coûts</b>														
Composants matériel	Somme forfaitaire	55 616	1											
Main d'œuvre non qualifiée	pers/j	600	4											
Panneau solaire (45 W)	Nbre	29 980	1											
<b>Coûts exploitation entretien</b>														
Fumier	kg	2	1 000	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160	1 160
Travail familial	heures	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Batterie automobile	Nbre	5 214	1											
<b>1.2 Budget entrées sorties (KES)</b>			<b>Mois</b>											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Avantages</b>														
Économies de bois de chauffage			104	208	194	194	194	291	291	291	291	194	194	194
Économies de charbon de bois			99	197	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296
Économies d'engrais chimiques				10 800	-	-	-	21 600	21 600	21 600	21 600	-	-	-
Économies de kérosène			13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638	13 638
<b>Total avantages</b>			13 841	24 843	14 128	14 128	14 128	35 825	35 825	35 825	35 825	14 128	14 128	14 128
<b>Coûts</b>														
Composants matériel		55 616												
Main d'œuvre non qualifiée		2 400												
Panneau solaire (45 W)		29 980												
<b>Total partiel, coûts d'installation</b>			87 996											
<b>Coûts exploitation entretien</b>														
Fumier		2 086	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419	2 419
Travail familial		3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375	3 375
Batterie automobile		5 214												
<b>Total partiel, coûts exploit. entretien</b>			10 675	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794	5 794
<b>Revenu net (KES)</b>			(98 671)	8 046	19 049	8 333	8 333	8 333	30 030	30 030	30 030	30 030	8 333	8 333
Période de récupération			(90 625)	(71 576)	(63 242)	(54 909)	(46 576)	(16 545)	13 485	43 515	73 546	81 879	90 212	98 546

Digesteur de biogaz à dôme fixe avec installation solaire domestique

1.1 Budget arrivée - sortie			Mois											
	Unité	Prix (KES)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Avantages</b>														
Économies de bois de chauffage	kg	9			12	24	34	34	34	34	34	34	34	34
Économies de charbon de bois	kg	48			2	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Économies d'engrais chimiques	kg	90			126	0	0	0	252	252	252	252	0	0
Économies de kérosène	lt	83		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
<b>Coûts</b>														
Composants matériel	me forfait	112 970	1											
Frais de services techniques	pers/j	4 345	6											
Main d'œuvre non qualifiée	pers/j	600	10											
Panneau solaire (45 W)	Nbre	29 980	1											
<b>Coûts exploitation entretien</b>														
Fumier	kg	2	5000	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Appui technique	heures	543			2				2					2
Travail familial	heures	75	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Batterie automobile	Nbre	5 214	1											
<b>1.2 Budget entrées sorties (KES)</b>			<b>Mois</b>											
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Avantages</b>														
Économies de bois de chauffage				0	104	208	291	291	291	291	291	291	291	291
Économies de charbon de bois				0	99	197	296	296	296	296	296	296	296	296
Économies d'engrais chimiques					11340	0	0	0	22680	22680	22680	22680	0	0
Économies de kérosène					13638	13638	13638	13638	13638	13638	13638	13638	13638	13638
<i>Total partiel, avantages</i>				13638	25181	14043	14225	14225	36905	36905	36905	36905	14225	14225
<b>Coûts</b>														
Composants matériel		112970												
Frais de services techniques		26070												
Main d'œuvre non qualifiée		6000												
Panneau solaire (45 W)		29980												
<i>Total partiel, coûts d'installation</i>		175020												
<b>Coûts exploitation entretien</b>														
Fumier		10428	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
Appui technique				1086					1086					1086
Travail familial		3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375	3375
Batterie automobile		5214												
<i>Total partiel, coûts exploit. entretien</i>		19017	7755	8841	7755	7755	7755	7755	8841	7755	7755	7755	7755	8841
<b>Revenu net (KES)</b>		<b>(194037)</b>	<b>5883</b>	<b>16340</b>	<b>6288</b>	<b>6470</b>	<b>6470</b>	<b>28064</b>	<b>29150</b>	<b>29150</b>	<b>29150</b>	<b>29150</b>	<b>6470</b>	<b>5384</b>
Période de récupération		<b>(188154)</b>	<b>(171814)</b>	<b>(165526)</b>	<b>(159056)</b>	<b>(152586)</b>	<b>(124522)</b>	<b>(95373)</b>	<b>(66223)</b>	<b>(37073)</b>	<b>(30603)</b>	<b>(25219)</b>	<b>(19836)</b>	



Fonds international de développement agricole

Via Paolo di Dono, 44 - 00142 Rome, Italie

Téléphone: +39 06 54591 - Télécopie: +39 06 5043463

Courriel: [ifad@ifad.org](mailto:ifad@ifad.org)

[www.ifad.org](http://www.ifad.org)

[www.ruralpovertyportal.org](http://www.ruralpovertyportal.org)

 [ifad-un.blogspot.com](http://ifad-un.blogspot.com)

 [www.facebook.com/ifad](http://www.facebook.com/ifad)

 [instagram.com/ifadnews](https://www.instagram.com/ifadnews)

 [www.twitter.com/ifadnews](https://www.twitter.com/ifadnews)

 [www.youtube.com/user/ifadTV](https://www.youtube.com/user/ifadTV)