

## Rapport final :

---

# Production de biogaz à partir de biodéchets des ménages et de jacinthes d'eau pour les usages domestiques des populations de la commune de Sô-Ava, au Bénin

---



### Auteur(s):

Adèle MOTTET, EREP  
Donald HOUSSOU, ACED

Date du rapport: 19 juillet 2019	Numéro du contrat: 2014.11
Institution: EREP / ACED	Pays: Suisse / Bénin

Elaboré par:

**EREP SA**

Chemin du Coteau 28, CH-1123, Aclens  
Tél: +41 (0)21 869 98 87, [info@erep.ch](mailto:info@erep.ch), [www.erep.ch](http://www.erep.ch)

**ACED**

Maison TCHANHOUN, Agori-Plateau, Abomey-Calavi  
+229 69362121, [contact@aced-benin.org](mailto:contact@aced-benin.org), [www.aced-benin.org](http://www.aced-benin.org)



Avec le soutien de la  
Plate-forme REPIC  
c/o NET Nowak Energie & Technologie AG  
Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen  
Tél: +41(0)26 494 00 30, Fax: +41(0)26 494 00 34, [info@repic.ch](mailto:info@repic.ch) / [www.repic.ch](http://www.repic.ch)

La plate-forme REPIC est un mandat des offices fédéraux suivants:  
Secrétariat d'Etat à l'économie SECO  
Direction du développement et de la coopération DDC  
Office fédéral de l'environnement OFEV  
Office fédéral de l'énergie OFEN

Le ou les auteurs de ce rapport portent seuls la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.



## Table des matières

1. Résumé .....	4
2. Abstract / Zusammenfassung .....	5
3. Situation initiale.....	6
4. Objectifs.....	9
5. Revue du projet.....	11
5.1 Mise en œuvre du projet.....	11
5.2 Atteinte des objectifs et résultats.....	18
5.3 Préparation de la multiplication et de la réplique .....	20
5.4 Impacts, durabilité .....	21
6. Perspectives, suites possibles.....	22
6.1 Multiplication, réplique .....	22
6.2 Impacts, durabilité .....	22
7. Enseignements tirés du projet, conclusion.....	23
8. Annexes.....	24

# 1. Résumé

La commune de Sô-ava, située au Nord de Cotonou au Bénin, est une commune étendue et lacustre d'environ 123'000 habitants. La vie de ceux-ci est étroitement liée au Lac Nokoué sur lequel s'étend Sô-ava.

Les besoins identifiés sur son territoire sont :

- La demande en énergie domestique avec comme corollaire la réduction de la déforestation, l'atténuation des changements climatiques et l'amélioration des conditions de vie des femmes et des enfants ;
- La lutte contre la prolifération de la jacinthe d'eau sur le Lac Nokoué avec comme conséquence le développement des activités socio-économiques (protection de la biodiversité halieutique, pêche, tourisme, écoulement des produits agricoles, etc.) ;
- La gestion durable des déchets solides ménagers avec comme effet l'assainissement du cadre de vie et l'amélioration de la santé des populations.

Le projet vise à valoriser par méthanisation ces jacinthes d'eau et ces biodéchets des ménages sous forme de biogaz, et d'utiliser cette source énergétique renouvelable en substitution du bois de feu utilisé par les populations. Le digestat qui résulte également de la méthanisation est utilisé comme source de fertilisants en maraichage. Afin d'atteindre les objectifs susmentionnés, le projet s'est déroulé en deux phases : une étude de faisabilité et la mise en œuvre d'une installation pilote.

Le concept développé pour la méthanisation des jacinthes d'eau et des biodéchets prévoit une installation équipée d'un digesteur à flux piston, fabriqué sur place avec un maximum de matériaux locaux.

L'installation est implantée à proximité de cultures maraichères et est exploitée par un collectif de maraichers et de maraichères qui bénéficient ainsi du biogaz pour leurs usages domestiques et du digestat pour leurs cultures maraichères.

Le projet a été mis en œuvre grâce à la collaboration entre 2 équipes aux compétences complémentaires. ACED, ONG béninoise, possédant une connaissance complète du territoire et EREP, société suisse, possédant l'expertise dans le domaine de la méthanisation. Ainsi l'introduction de cette innovation que représente la méthanisation au sein de la population bénéficiaire a été une réussite.

Désormais, les maraichers et les maraichères collectent la jacinthe d'eau sur le Lac Nokoué, trient leurs biodéchets et les alimentent dans l'installation de méthanisation. Ils transportent le biogaz produit grâce à des sacs à gaz et l'utilisent pour la préparation des repas. Le digestat issu également du processus de méthanisation leur permet en outre de fertiliser leurs cultures maraichères.

Des critères permettant la faisabilité technique du projet ont été fixés. Ainsi, il est envisagé de multiplier le nombre d'installations de méthanisation sur l'ensemble du territoire de Sô-ava.

## 2. Abstract / Zusammenfassung

The municipality of Sô-ava, located in the North of Cotonou in Benin, is inhabited by about 123'000 persons who mostly are lake communities. These communities mostly depend for their socioeconomic activities on the lake Nokoué that surrounds the municipality.

The following needs are identified in the region:

- The demand for domestic energy with the consequent reduction of deforestation, the mitigation of climate change and the improvement of the living conditions of women and children;
- The fight against the proliferation of water hyacinth on Lake Nokoué, with the consequent development of socio-economic activities (protection of biodiversity, fishery, tourism, sale of agricultural products, etc.);
- The sustainable management of household solid waste with the consequent improvement of the living environment and the health of the population.

The project aims to value the water hyacinth and bio-waste into biogas and to use this renewable energy source to replace firewood used by the population. The digestate that results from the anaerobic digestion is used as a fertilizer source for gardening. In order to achieve the above objectives, the project was carried out in two steps: a feasibility study and the implementation of a pilot facility.

The concept developed for the anaerobic digestion of water hyacinth and biowaste was a facility which was equipped with a piston flow digester and built on site with a maximum of local materials.

The facility was located near a gardening farm and was operated by a group of gardeners who benefited from biogas for their domestic use and from the digestate to fertilize their vegetable crops.

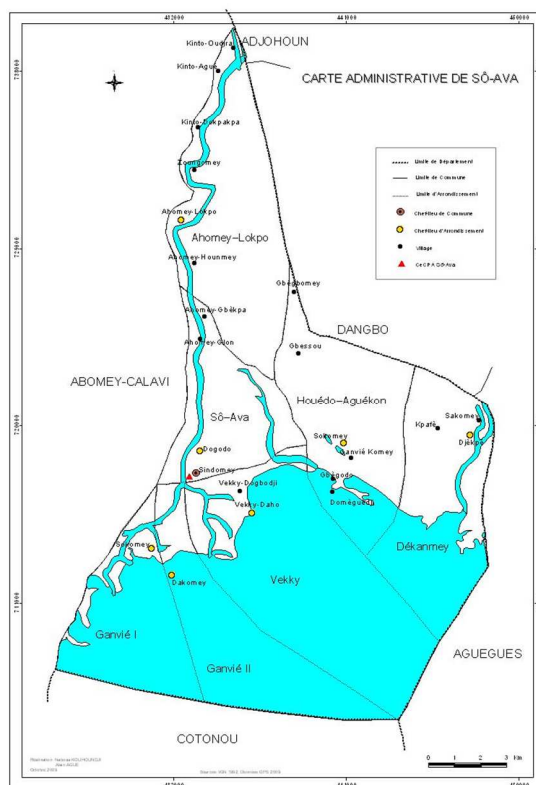
The project was jointly implemented by 2 teams with complementary skills: ACED, Beninese NGO, with a complete knowledge of the territory and EREP, Swiss company, with expertise in the field of anaerobic digestion. The collaboration enabled a successful introduction of the anaerobic digestion innovation within the target group.

As a result, gardeners regularly collect water hyacinth on Lake Nokoué, sort their biowaste and feed them into the biogas plant. They also carry the biogas with gas bags and use it to cook meals. In addition, they use the digestate, derived from the process, to fertilize their vegetable crops.

The project learnt from the experiment and set up some criteria for the technical feasibility of the innovation. It is, therefore, expected to multiply the number of biogas plants throughout the Sô-Ava territory.

### 3. Situation initiale

La Commune de Sô-Ava se trouve dans le département de l'Atlantique, au Bénin. D'une superficie de 218 km<sup>2</sup>, elle se situe dans la basse vallée du fleuve de l'Ouémé et de la rivière de Sô dans le bassin sédimentaire du bas Bénin. Commune lacustre comprenant de nombreux plans d'eau (65% de sa surface totale) elle comptait en 2014 (début du projet) environ 123'000 habitants répartis dans 42 villages et quartiers de ville.



Carte administrative de la commune de Sô-ava

Pour satisfaire leurs besoins énergétiques pour la cuisson des aliments, les ménages ruraux, pour la plupart pauvres, n'ont pas d'autres alternatives que de récolter du bois de feu dans la mangrove<sup>1</sup> du lac Nokoué, au risque de poursuivre sa dégradation et de mettre en péril la stabilité des zones côtières. Au Bénin, les populations locales en général et des zones humides en particulier dépendent fortement du bois de feu pour satisfaire leurs besoins énergétiques notamment pour cuisiner. Une étude de la consommation de bois de feu dans les zones humides du Bénin a mis en évidence un ratio de 0,88 kg par jour et par personne. Cette grande dépendance a de nombreux effets négatifs tant sur l'environnement local (déforestation, diminution de la fertilité des sols) que global (changement climatique).

<sup>1</sup> La mangrove est une forêt à base de palétuviers, poussant dans la vase des littoraux tropicaux. Elle est un écosystème particulier qui procure des ressources importantes (forestières et halieutiques) pour les populations vivant sur les côtes. Les mangroves sont parmi les écosystèmes les plus productifs en biomasse de notre planète.



*Foyer pour la cuisson au charbon de bois / Approvisionnement en fagots de bois*

En outre, l'activité de collecte du bois de feu, tâche très épuisante est principalement réalisée par les femmes et les enfants ; ce qui a des effets négatifs sur leur santé et diminue le temps consacré aux activités socio-économiques. Ensuite, les fumées générées par la combustion du bois de feu viennent aggraver ces effets et rendent difficiles leurs conditions de vie. Pour toutes ces raisons, le développement de solutions permettant de diversifier une offre énergétique, adaptée au contexte local et à la portée des populations, est urgent.

Par ailleurs, cette région subit un autre problème important, celui de la prolifération de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) sur le lac Nokoué. Elle rend difficile la pêche et asphyxie les poissons. De plus, cette jacinthe d'eau rend difficile le transport lacustre et complique l'écoulement des produits agricoles. Pour s'en débarrasser, des ramassages collectifs sont organisés 3 à 5 fois par année. Des luttes biologiques contre la prolifération de cette plante ont également été menées par le passé, mais sans succès. ACED a initié en 2013 la collecte durable et le compostage de la jacinthe d'eau au niveau des maraichers, permettant de traiter plus de 7'000 tonnes à la date d'aujourd'hui.



*Voie de navigation encombrée de jacinthes d'eau*

La commune de Sô-Ava est aussi caractérisée par une instabilité généralisée due à la divagation des animaux de rente et à la mauvaise gestion des ordures. Un état des lieux sur la gestion des déchets solides ménagers a été réalisé sur cette commune en 2012. Il révèle que la quantité journalière de déchets produits par habitant est estimée à 0,34 kg et que 54% de ceux-ci sont d'origine organique. Cette situation d'insalubrité compromet tous les secteurs vitaux de développement de la commune. Par exemple, elle affaiblit le développement du tourisme, rend vulnérable la santé des populations et réduit considérablement leur capacité de production et de contribution à l'économie locale. De manière visible, on note la divagation des porcs et des vaches qui défèquent un peu partout dans la commune, la prolifération des dépotoirs sauvages, etc., toutes choses qui constituent des risques de santé publique.



*Animaux en divagation se nourrissant de déchets organiques ménagers sur un dépotoir sauvage*

## 4. Objectifs

Le projet vise produire du biogaz à partir de biodéchets des ménages et de jacinthes d'eau pour les usages domestiques des populations de la commune de Sô-Ava. À cet effet, le projet satisfait 3 principaux objectifs à savoir :

- **Réduire la destruction de la mangrove à proximité du lac Nokoué** : À travers cet objectif, le projet entend substituer le bois de feu utilisé par les populations par le biogaz. En effet, la mangrove située à proximité du lac Nokoué est en cours de destruction pour couvrir les besoins en bois-énergie de la population. Or, cette mangrove n'offre pas suffisamment de ressources forestières pour ces besoins. En l'absence d'interventions sur le terrain, cette mangrove sera inexorablement détruite et les conditions de vie des populations de cette région vont s'aggraver. Ainsi, travailler à trouver une autre source d'énergie domestique a un double effet économique et environnemental. D'abord, il réduirait la déforestation, la diminution de la fertilité des sols et contribuerait à l'atténuation des changements climatiques par l'augmentation de la capacité de séquestration du carbone. Ensuite, il réduirait les dépenses énergétiques des ménages sous forme de diminution de quantité de travail.



*La mangrove*

- **Contribuer à la gestion durable des déchets solides ménagers** : À travers cet objectif, le projet entend contribuer à l'assainissement du cadre de vie des populations et à leur santé. En effet, cette région est confrontée régulièrement à des épidémies de choléra, la consommation de l'eau de boisson infectée dans ces milieux étant à l'origine de l'épidémie. Et, il se révèle que l'une des sources d'infection de l'eau est la décharge des déchets organiques dans l'eau, faute d'un système de gestion des déchets. Ainsi, venir à promouvoir la collecte régulière de ces déchets a un effet socio-sanitaire considérable. Dans ce sens, la collecte régulière des déchets ménagers pourrait donc aider à améliorer la situation sanitaire et ainsi réduire l'occurrence de maladies, telles que le choléra, le paludisme et la bilharziose.



*Décharge de déchets*

- **Intensifier la lutte contre la prolifération de la jacinthe d'eau** : Cet objectif constitue aussi l'un des points clés de ce projet. En effet, la prolifération de la jacinthe d'eau dans la région du lac Nokoué freine les activités économiques des populations. Par exemple, elle rend difficile la pêche et complique l'écoulement des produits agricoles. De par une lutte intensive, l'on pourrait obtenir un regain d'activités économiques puisque la biodiversité halieutique serait moins menacée et favorable pour la pêche, le transport serait plus aisé facilitant ainsi le développement du tourisme et l'écoulement des produits agricoles. Mieux, la lutte contre la prolifération de la jacinthe d'eau contribuerait à l'atténuation des changements climatiques par la réduction des émissions de gaz à effet de serre notamment le méthane que la plante émet dans son milieu naturel.



*Collecte de jacinthes d'eau*

## 5. Revue du projet

Le projet a été mis en œuvre grâce à la collaboration entre 2 équipes, celle d'ACED au Bénin et celle d'EREP en Suisse.

### 5.1 Mise en œuvre du projet

Le projet s'est déroulé en 2 phases :

- une **phase d'étude de faisabilité** suivie,
- d'une **phase de construction et de mise en service d'une d'installation pilote**

**Objectifs de l'étude de faisabilité** : évaluer les possibilités d'adaptation des systèmes de digestion existants aux intrants considérés, aux conditions béninoises.

L'étude de faisabilité a tout d'abord consisté en une description du contexte local, dans lequel s'inscrit le projet.

L'analyse du territoire sur les plans géographiques, sociologiques et économiques a été réalisée grâce à l'implantation d'une partie de l'équipe projet, celle d'ACED, sur ce territoire : rencontres avec les autorités locales, avec les habitants de la commune et avec les services agricoles déconcentrés de l'État. Ces échanges ont permis d'améliorer le diagnostic de la commune, de préciser les attentes des différentes catégories d'acteurs et de s'assurer de nouveau leur adhésion à accompagner le projet.



*Séance d'échanges avec des habitants de la commune de Sô-ava*

Puis une solution technique a été développée afin de répondre aux problématiques soulevées lors de cette description du contexte local.

Cette phase plutôt bibliographique a pris la forme d'un inventaire des techniques de digestion mises en œuvre dans les pays à climat tropical comme le Bénin. En outre, a été réalisée une analyse des retours d'expériences de programmes de recherche ou de projets de digestion anaérobie de la jacinthe d'eau.

Le choix du type de digesteur s'est porté sur le digesteur à flux piston, horizontal, semi-enterré et construit sur place.

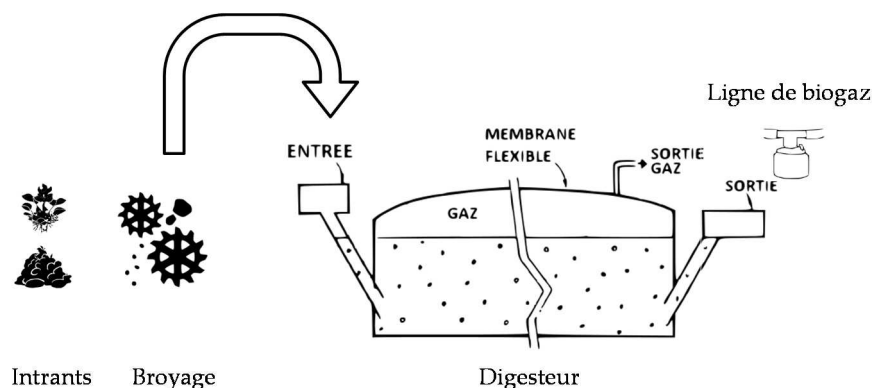
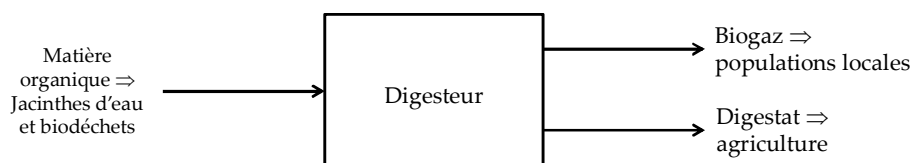


Schéma de principe d'une installation de méthanisation avec digesteur piston construit sur place

Ce type de digesteur répond à différentes contraintes liées au caractère lacustre du territoire :

- les ouvrages ne peuvent pas être enterrés à cause d'une nappe phréatique peu profonde ;
- les difficultés de transport causées par l'omniprésence de l'eau sur le territoire de Sô-ava contraignent à utiliser des matériaux de construction disponibles le plus localement possible.

Enfin et en parallèle, la définition de(s) site(s) d'implantation répondant aux critères techniques et sociaux fixés préalablement a été réalisée par la description des flux qui caractérisent l'unité de méthanisation.



Flux caractérisant l'installation de méthanisation

	Jacinthes d'eau	Biodéchets	Biogaz	Digestat
Lieu de production ou d'utilisation	Lac	Villages	Villages	Parcelles agricoles
Consistance	Solide	Solide	Gaz	Liquide
Volume	+++	+	++	+++
Mode de transport	Bassines de 40kg portées sur la tête	Contenants à porter sur la tête ou charrettes tirées manuellement	Sacs à gaz portés sur le dos	Fûts hermétiques
Pénibilité du transport	++	+	+	+++

Description des flux

C'est ainsi que l'implantation des installations de méthanisation a été restreinte aux parcelles maraîchères non inondables.

**Objectifs de la phase de mise en œuvre d'une installation pilote : permettre la mise en application de la solution définie lors de l'étude de faisabilité.**

La mise en œuvre de l'installation pilote a tout d'abord consisté en une définition du périmètre dans lequel s'implanterait l'installation pilote.

Un collectif de 17 maraichers et maraichères particulièrement ouverts aux innovations a été choisi comme bénéficiaire. Dans la mesure où tous les membres du foyer des membres de ce collectif sont concernés, la population bénéficiaire est donc au nombre de 98.

L'installation de méthanisation est implantée sur les terres maraichères de ce collectif, à environ 30 minutes à pied du village de Gbessou, commune de Sô-ava, dont ils sont habitants. Compte tenu de cette distance, leur engagement dans le projet a été fait en toute conscience du sacrifice quotidien.



*Repérage de terrain avec le collectif de maraichers et maraichères*

Il s'en est suivi la planification de l'exécution avec la prise de contacts avec les fournisseurs d'équipements ou acteurs de la construction de l'installation pilote et l'ajustement du dimensionnement de cette dernière.

Pour la construction de cette installation, a été favorisée l'intervention de fournisseurs locaux. Le détail des fournisseurs et de leur localisation est présenté dans le tableau ci-après, ainsi que les montants d'investissement :

Ouvrages/Équipements	Détail	Fournisseur	Pays	Prix en FCFA	Prix en CHF
Préparation des intrants	Broyeur à couteaux	n.d.	n.d.	-	-
Digesteur	Terrassement et génie-civil	EGEC-Group	Bénin	1'737'105	(2'886)
Stockage du biogaz	Membrane gazo-mètre	Special Textile	France	(2'881'152)	4'787
Lignes biogaz sur site et chez les ménages	Robinetterie	Chipier	France	(76'542)	127
	Tuyauterie	Berger	France	(62'779)	104
	Divers matériels	quincailleries	Bénin	32'600	(54)
Transport du biogaz	Sacs à biogaz	(B)energy	Allemagne	(114'144)	190
Valorisation du biogaz	Brûleurs	Songhaï	Bénin	394'000	(655)
Transport des matériaux et équipements			Bénin	183'575	(305)
			Europe	(2'798'975)	4'651
<b>TOTAL</b>				<b>8'280'872</b>	<b>13'759</b>

*Les montants présentés (entre parenthèse) sont issus d'une conversion de devise*

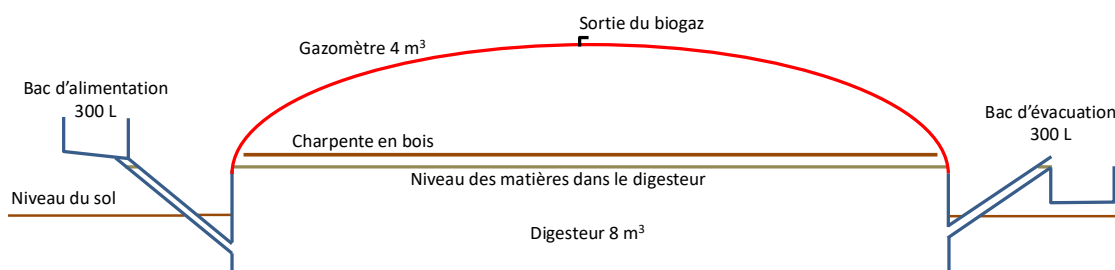
Il faut noter un échec dans la recherche de prestataire pour la fourniture du broyeur à couteaux manuel. En effet, plusieurs prestataires ont été approchés, sans grand succès car soit ils n'avaient pas l'expertise requise pour la réalisation d'un broyeur de qualité soit le modèle proposé, avec un moteur à essence, ne remplissait pas le cahier des charges, à savoir fournir au public bénéficiaire un outil de hachage de la jacinthe d'eau sans charge d'exploitation.

La diminution de la taille des intrants avant leur alimentation est pourtant indispensable. Celle-ci est donc réalisée manuellement par les maraichers et les maraichères, à l'aide de leurs machettes, utilisées par ailleurs dans leurs activités quotidiennes. Cette étape est rendue simplement plus longue et donc plus astreignante, le résultat étant jugé similaire à l'emploi d'un broyeur à couteaux.



*Préparation des biodéchets à l'aide d'une machette avant leur alimentation*

Le schéma suivant présente une esquisse de l'installation pilote ainsi que le volume final des ouvrages.



*Dimensionnement de l'installation pilote telle qu'exécutée*

La construction a pu avoir lieu et la mise en service, notamment la montée en charge du digesteur, a engendré des ajustements techniques, notamment d'étanchéité et de niveaux.



*Ferrailage et coulage du béton des ouvrages de l'installation de méthanisation*

Le protocole de montée en charge est disponible en annexe

La mise en service a également inclus plusieurs formations, dispensées aux bénéficiaires de l'installation de méthanisation pilote : tri des biodéchets ménagers, exploitation de l'unité, utilisation du biogaz, utilisation du digestat.

Les formations se sont déroulées par voie orale. Elles ont consisté en des séances d'échanges orales suivies de démonstrations pratiques pour une meilleure assimilation par les bénéficiaires. Le choix de ce format, déjà expérimenté sur d'autres projets d'introduction d'innovations, se justifie par l'illettrisme de la majorité des bénéficiaires et de la nécessité de leur montrer de manière pratique les modes d'utilisation des équipements qui leur sont remis.

La fiche support de la formation au tri des biodéchets est disponible en annexe.



*Formation du collectif de maraichers et maraichères au tri des biodéchets*



*Formation du collectif de maraichers et maraichères à l'exploitation de l'installation de méthanisation*



*Formation du collectif de maraichers et maraichères à l'utilisation du sac à biogaz*



*Formation du collectif de maraichers et maraichères à l'utilisation du brûleur*

L'exploitation de l'installation de méthanisation nécessite en plus de la valorisation du biogaz produit, une valorisation du digestat qui en résulte également. L'activité de maraichage avait été identifiée comme la seule, potentiellement consommatrice du digestat. C'est pourquoi l'exploitation de l'installation de méthanisation a été intégrée aux activités de maraichage. Suite à l'assèchement du puits permettant l'irrigation des parcelles maraichères au sein desquelles l'installation de méthanisation est implantée, les activités de maraichage se sont ralenties. L'utilisation du digestat pour les fertiliser et les amender et donc suspendues et sera relancée suite à la construction d'un nouveau puits en projet.

C'est lors de ces étapes de planification, de construction et de montée en charge que des retards ont été accusés (démarches de livraison et de dédouanement des équipements en provenance d'Europe ; corrections constructives, disparition de la jacinthe d'eau, recherche d'un intrant de substitution, etc.).

Enfin, la période de suivi initialement prévue sur 6 mois a été raccourcie en raison de ces retards.

## 5.2 Atteinte des objectifs et résultats

Le projet est arrivé à son terme. L'installation de méthanisation produit du biogaz et ce dernier est valorisé par les bénéficiaires du projet.



*Installation de méthanisation*



*Transport du biogaz et cuisson au biogaz par des bénéficiaires*

L'exploitation du digesteur se fait par 14 maraîchers et maraîchères bénéficiaires directs du projet, qui se sont organisés pour l'alimentation quotidienne du digesteur et la collecte de biogaz.

Chaque jour, deux maraîchers sont responsabilisés pour apporter leurs déchets ménagers préalablement triés et collecter la jacinthe d'eau afin d'alimenter le digesteur.

Dès leur arrivée sur le site :

- Le premier sac à biogaz est connecté au digesteur afin qu'il se remplisse de biogaz
- Ils et elles s'attèlent pendant ce temps à l'alimentation du digesteur.
- Puis Ils et elles s'attèlent à la réalisation de leurs tâches maraîchères sur le site.
- Une fois le premier sac rempli, le second sac est connecté à l'installation afin qu'il se remplisse également.
- Une fois les sacs à biogaz remplis, les 2 maraîchers les ramènent dans leur ménage afin de les utiliser pour la cuisson du repas du soir.

Le lendemain les sacs sont transmis aux deux maraîchers et maraîchères suivants chargés de l'alimentation du jour du digesteur. Cette organisation entraîne la nécessité de réaliser

l'alimentation du digesteur avant d'obtenir du biogaz. La continuité dans celle-ci n'est donc pas rompue.

En outre, des discussions sont en cours pour la mise en place d'une cotisation financière à laquelle l'intégration au collectif bénéficiaire serait conditionnée. Quelles que soient les modalités fixées à l'issue de ces discussions, les montants collectés seront utilisés pour financer l'entretien, les réparations et les travaux d'optimisation de l'installation de méthanisation, sous le pilotage d'ACED.

Lors de la première phase d'étude de faisabilité, nous avons décrit le cycle de prolifération de la jacinthe d'eau avec sa disparition d'une grande partie de la commune de Sô-Ava sur une période de 2 à 3 mois, en toute fin de saison sèche. Aussi, compte tenu de la mise en service de l'installation de méthanisation en période de disparition de la jacinthe d'eau, l'installation de méthanisation a d'abord été alimentée par de la jacinthe d'eau en tant qu'intrant principal, puis, en substitution par des bouses de vaches collectées par les bénéficiaires dans les élevages de leur village. Avec le retour de la jacinthe d'eau et de sa prolifération, elle est venue remplacer cet intrant de substitution.

Ainsi, parmi les trois objectifs décrits dans le chapitre 4, deux sont entièrement atteints.

- En effet, si le biogaz est produit par les bouses de vache, une partie est également produite par les biodéchets des bénéficiaires, alimentés quotidiennement. Le traitement de ceux-ci dans l'installation de méthanisation les détourne de leur destination initiale, à savoir leur abandon dans des décharges sauvages. Sur une période correspondant à 1 semaine, 72 kg de déchets ménages en moyenne sont alimentés dans l'installation de méthanisation.
- L'utilisation du biogaz en substitution du combustible traditionnel, le bois, vient donc diminuer la pression sur la mangrove voisine, où ce bois est prélevé. La cuisson du repas du soir évite en moyenne la combustion de 4 à 5 kg de bois utilisé pour les mêmes fins correspondant à une économie de 300-500 FCFA.
- Enfin l'intensification de la lutte contre la prolifération de la jacinthe d'eau a également commencé avec le retour de cette plante sur le lac. Les maraîchers et les maraîchères collectent et alimentent l'installation de méthanisation avec une consigne de 160 kg de jacinthes d'eau par jour.

L'exploitation de l'installation de méthanisation se décrit de deux façons : le temps passé par la population cible pour alimenter et surveiller l'installation de méthanisation, ainsi que les dépenses nécessaires à l'entretien et la maintenance de celle-ci.

L'organisation mise en place par le groupe bénéficiaire pour la conduite de l'installation de méthanisation, la continuité de cette conduite, l'utilisation du biogaz pour la cuisson des repas, la valorisation du digestat sur les terres maraîchères sont des faits qui permettent d'affirmer que l'installation est socialement acceptée ; cette acceptation étant essentielle pour la réussite du projet. Il n'y a donc pas d'obstacles à l'adhésion de la population bénéficiaire à l'alimentation et la surveillance de l'outil.

Concernant l'entretien et la maintenance, les dépenses financières que la population cible devront assumer seront fixées de sorte à ce qu'elles ne dépassent pas le montant dépensé pour l'achat du combustible qu'elle substitue par du biogaz. Il est déjà possible d'estimer l'économie réalisée par l'utilisation du biogaz, de l'ordre de 300-500 FCFA par sac à biogaz. À cette économie viendra s'ajouter les bénéfices attendus par l'augmentation des rendements maraîchers avec l'utilisation du digestat. L'estimation de ces bénéfices devrait faire l'objet d'un suivi agronomique approfondi pour être rigoureuse.

Aussi nous concluons à la viabilité économique de l'installation de méthanisation.

### **5.3 Préparation de la multiplication et de la répliation**

Le déroulement même de la phase de mise en œuvre de l'installation pilote est une préparation à la répliation d'installations de méthanisation. En effet, un transfert de savoir-faire technique a été réalisé entre les équipes d'EREP en Suisse et d'ACED au Bénin qui permet à ces derniers de mener à bien la mise en œuvre de tout autre projet similaire.

ACED était déjà autonome sur :

- Les relations avec les partenaires socio-économiques actifs sur le territoire et les autorités locales
- Le rassemblement de groupes bénéficiaires autour de l'introduction d'une innovation dans leur quotidien
- La conduite satisfaisante de projets de terrain.

Le collectif bénéficiaire n'étant pas francophone, c'est auprès d'ACED qu'il se tourne pour faire part de ses interrogations. ACED représente donc l'unique interlocuteur du collectif et se doit de comprendre et résoudre les problématiques soulevées.

L'équipe d'ACED n'étant pas du tout familiarisée avec le principe du traitement par méthanisation, l'étude de faisabilité et les échanges entre EREP et ACED lui a permis de se former sur ce processus biologique. Plusieurs visites des installations de méthanisation du centre Songhaï de Porto-Novvo ont été l'occasion de découvrir concrètement l'application de ce processus.

Il en est de même pour le partenaire Génie Civil pour qui la construction de l'installation a été un grand défi notamment en termes d'obtention de l'étanchéité pour le digesteur. Cependant la construction du digesteur pilote a permis à ce dernier d'acquérir de l'expérience dans la réalisation de ce type d'ouvrage. Ce sera un atout pour tous les projets futurs de multiplication de l'initiative.

ACED est désormais autonome sur :

- le choix des sites d'implantation
- la planification de l'exécution
- le suivi de l'exécution
- la montée en charge de l'unité biogaz
- la formation des collectifs bénéficiaires au tri des biodéchets, à l'exploitation de l'unité biogaz, à l'utilisation du biogaz, à l'utilisation du digestat

En outre, plusieurs critères ont été fixés, comme étant nécessaire à la mise en œuvre d'installations de méthanisation sur la commune de Sô-ava :

- Une intégration de l'exploitation de l'installation de méthanisation aux activités d'un collectif de maraichers et de maraichères, pour la valorisation du digestat sur les plantations maraichères
- L'implantation sur une parcelle non inondable et non loin du lac, pour le ramassage de la jacinthe d'eau
- L'accès à une source d'eau douce, notamment pour la montée en charge du digesteur
- La présence d'élevages bovins, pour l'approvisionnement en bouses de vaches, tenant le rôle d'inoculum lors de la montée en charge et de substitut de la jacinthe d'eau lors des périodes de disparition de cette dernière.

Enfin, quelques freins ont également été identifiés :

- L'absence de fournisseurs locaux/nationaux pour plusieurs équipements (sacs à biogaz, membrane de stockage du biogaz, broyeur manuel) et dont les coûts d'importation sont très élevés.
- La non-disponibilité de la jacinthe d'eau et de la bouse de vache pendant une partie de la période de crue.

Cependant, ces freins n'empêchent pas la réplication du projet.

#### **5.4 Impacts, durabilité**

Compte tenu du raccourcissement de la phase de suivi évoqué au § 5.1, les résultats ne sont malheureusement pas quantifiables.

Néanmoins, plusieurs impacts sont déjà visibles pour le projet.

Il s'agit de l'amélioration de l'hygiène sanitaire dans les ménages bénéficiaires du fait de l'adoption des techniques de tri de déchets. Désormais, ces maraichers pilotes trient leurs déchets et envoient les matières biodégradables sur le site pour méthanisation.

Également l'utilisation du biogaz pour les besoins de cuisine a permis aux ménages bénéficiaires de commencer à réduire timidement leur consommation en bois de mangrove et la pression sur cet écosystème. Le projet espère que la réduction va prendre de l'ampleur avec le temps.

Ensuite, bien que faiblement utilisé actuellement en raison du tarissement de la source d'eau douce destinée à l'irrigation des parcelles maraichères, le projet voit déjà l'utilisation du digestat comme intrant organique dans leurs champs. ACED est actuellement en train de faire forer un nouveau puits qui permettra de bien relancer leurs activités maraichères. Enfin, le projet aperçoit l'intensification de l'utilisation de la jacinthe d'eau par la méthanisation ; toute chose qui favorise la circulation lacustre et la pêche.

## 6. Perspectives, suites possibles

### 6.1 Multiplication, répliation

Un suivi de l'évolution de l'utilisation faite par les bénéficiaires de l'installation de biogaz sera réalisé pendant 1 an au moins afin d'apprécier les impacts à long terme.

La validation de la faisabilité technique permet de commencer à communiquer sur ce projet de production de biogaz à partir de biodéchets des ménages et de jacinthes d'eau. Une note de politique<sup>2</sup> qui présente les résultats du projet et formule des recommandations à l'endroit des décideurs politiques et autres acteurs du secteur des énergies renouvelables sera élaborée et partagée avec tous les acteurs locaux et internationaux pertinents.

Également un atelier de partage sur le projet sera organisé afin de convier tous ces acteurs pour présenter et échanger sur l'expérience du projet et ainsi susciter l'intérêt des autorités locales.

Parallèlement les ressources financières pour la répliation de l'initiative seront recherchées par des soumissions à appels à projets auprès de Partenaires Techniques et Financiers intéressés par la thématique. ACED réalise une veille perpétuelle afin de capter les opportunités et appels nationaux et internationaux qui pourraient financer une pareille initiative.

La recherche de financement pour la construction de nouvelles installations de méthanisation, portera sur l'investissement liée à l'installation proprement dite ainsi que le suivi par l'équipe d'ACED.

Actuellement, environ 27 groupements de maraichers et maraichères sont enregistrés à la Cellule Communale de l'ATFA (anciennement SCDA) de Sô-Ava. La validation de la faisabilité technique de l'installation de méthanisation permet d'envisager la multiplication de l'opération au sein de chacun des groupements, si les critères détaillés au § 5.3 sont satisfaits.

### 6.2 Impacts, durabilité

Les impacts du projet en matière de développement durable sont :

- La protection des ressources naturelles notamment les mangroves :  
L'utilisation actuelle du biogaz par les bénéficiaires engendre un changement de comportement positif qui alterne entre bois de chauffe et biogaz. Cette adoption de technologie aura à terme un impact positif sur la réduction des quantités de bois de mangrove utilisées pour la cuisine.
- L'assainissement du cadre de vie des ménages ruraux :  
Le tri des déchets est une pratique désormais courante pour les ménages bénéficiaires. Il permet de réduire le niveau de pollution du cadre de vie et améliore l'environnement sanitaire des bénéficiaires. L'exposition de ces derniers aux maladies en est également réduite.
- La conservation des ressources halieutiques :  
La collecte et la valorisation de la jacinthe d'eau en biogaz permet de réduire les quantités de jacinthes présentes sur le lac et d'éviter l'asphyxie des ressources halieutiques à proximité.
- Une diminution de la participation au phénomène de réchauffement climatique :  
Il est démontré que la collecte de la jacinthe d'eau permet d'éviter les émissions de 1,1 T<sub>éq CO2</sub><sup>3</sup>. En d'autres termes, l'utilisation des jacinthes permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et donc le réchauffement climatique.

---

<sup>2</sup> Une note de politique se présente sous forme de document court, exempt de jargon scientifique qui présente des résultats de recherche en insistant sur leur pertinence pour la pratique et la prise de décision. Une note se termine en proposant des recommandations pour la mise en œuvre de ces résultats

<sup>3</sup> GEVALOR, 2013. Note sur les émissions de GES liées aux jacinthes d'eau

## 7. Enseignements tirés du projet, conclusion

La réussite dans la validation de la faisabilité technique de la méthanisation des jacinthes d'eau et des biodéchets tient :

- à l'adaptation du concept technique au contexte local
- à la motivation du collectif de maraichers et maraichères bénéficiaire
- au transfert de savoir-faire entre les partenaires suisses et béninois
- au suivi de la mise en service par l'équipe locale béninoise.

Des difficultés ont cependant été rencontrées, notamment dans la phase de mise en œuvre de l'installation pilote.

Pour la construction de cette installation pilote, nous avons favorisé l'intervention de fournisseurs locaux (cf. § 5.1) mais, pour certains équipements, nous avons dû nous approvisionner auprès de fournisseurs européens.

D'une part au niveau local, nous avons été confrontés au manque de disponibilité de certains matériaux ainsi qu'au manque de fiabilité de certains fournisseurs.

Pour remédier à ces contraintes, il est recommandé de pousser les recherches auprès de fournisseurs nationaux et d'entrer en partenariats avec ceux qui seront identifiés afin de pouvoir négocier au mieux l'acquisition des équipements.

D'autre part, concernant les équipements fournis par des prestataires européens, nous n'avions pas anticipé la cherté du transport de ceux-ci jusqu'au Bénin, ainsi que la complexité des démarches douanières locales.

Afin de réduire ces coûts de transport, il est envisageable d'avoir recours à un transport moins onéreux par bateau. Ce dernier peut s'avérer plus long, mais peut être compensé par une planification des travaux en conséquence. La mise en œuvre simultanée de plusieurs installations de méthanisation, dans le cadre de la multiplication du concept, est une piste pour engendrer une diminution des coûts de transport. Il peut être en outre envisagé de mutualiser le transport avec d'autres projets de méthanisation, tels que les projets entrepreneuriaux dans le domaine du traitement des déchets ménagers, développés par la fondation ReBin ([www.rebin.ch](http://www.rebin.ch)) implantée au sud du Bénin.

## 8. Annexes

- Fiche support de la formation au tri des biodéchets
- Protocole de montée en charge

## DÉCHETS AUTORISÉS

Biodéchets de préparation des repas	Illustrations	Remarques
Epluchures de fruits et légumes		
Epluchures de fruits et légumes		
Epluchures de fruits et légumes		
Huiles de friture usagées		

# DÉCHETS AUTORISÉS





Biodéchets de repas	Illustration	Remarques
Feuilles d'emballage de nourriture (teck, bananier)		
Reste de nourriture non consommée		/!\ pas de restes de viande, ni de poisson
Déchets organiques de nettoyage des environs de la maison		
Bouses de vaches		/!\ ne pas ramasser de poussière, de sable ou de cailloux

# DÉCHETS INTERDITS

Biodéchets de repas	Illustrations	Remarques
Viande et os		
Poisson et arêtes		
Noyaux de mangues		
Noyaux d'avocats		

---

# DÉCHETS INTERDITS

Plastique	Illustrations	Remarques
Emballages et sachets		
Bouteilles		
Métal	Illustrations	Remarques
Boîtes de conserve et canettes de boisson		
Papier	Illustrations	Remarques
Papier		

# DÉCHETS INTERDITS

Verre	Illustrations	Remarques
-------	---------------	-----------

Bouteilles

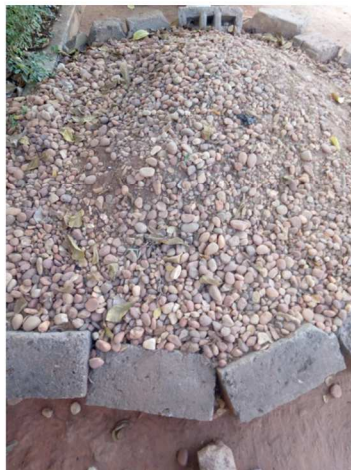


Matières minérales	Illustrations	Remarques
--------------------	---------------	-----------

Poussière, terre, sable



Cailloux



## Protocole de montée en charge

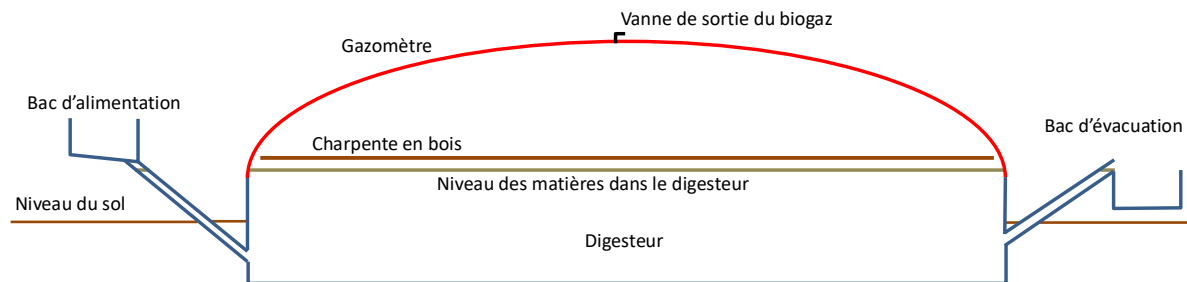
La montée en charge d'un digesteur désigne la période de mise en service de ce dernier, depuis son remplissage, jusqu'à l'atteinte de la pleine production de biogaz.

Les micro-organismes responsables de la méthanisation et de la production de biogaz sont peu répandus dans le milieu naturel car ils évoluent en anaérobiose, c'est à dire en absence stricte d'oxygène. De plus, ce sont des micro-organismes qui se multiplient lentement. C'est pourquoi cette phase est délicate et doit répondre à un protocole.

Afin d'accélérer leur développement dans le digesteur, on apporte donc un inoculum, c'est à dire des matières dans lesquelles ces micro-organismes sont déjà présents. Cet inoculum peut se présenter sous la forme d'un digestat issu d'une installation de méthanisation déjà en fonctionnement, ou sous la forme de bouses de vaches fraîches.

Enfin, la montée en charge consiste également à éliminer totalement l'air du digesteur et de le rendre hermétique, afin de créer les conditions anaérobies nécessaires au développement des micro-organismes méthanogènes.

Voici une illustration de l'installation de méthanisation :



Bac d'alimentation



Bac d'évacuation



Vanne en sortie de gazomètre

Le planning suivant décrit le protocole de montée en charge du digesteur. Lorsqu'un équipement est désigné en vert, il faut se reporter aux illustrations ci-dessus.

### Remplissage :

- Alimenter le digesteur par le **bac d'alimentation** avec 17 bassines de bouses fraîches (1 bassine par membre du collectif) ou 17 bassines de digestat d'une installation en fonctionnement. **!! les bouses doivent être exemptes de poussière, terre ou cailloux.**
- Compléter / diluer avec de l'eau douce **!! pas d'eau salée.**
- La **vanne** en sortie du gazomètre reste ouverte pour laisser s'échapper le mélange air/biogaz et ainsi éliminer l'air du digesteur

Pour savoir si le digesteur est suffisamment rempli, les fixations du gazomètre (échancrures dans la membrane, crochets dans les murs) aux murs du digesteur doivent être totalement immergées. C'est ce qui garantit que le digesteur est hermétique à l'air et que les conditions nécessaires au développement des micro-organismes sont réunies.

La taille de la bassine est importante pour la suite de la montée en charge et pour l'exploitation du digesteur. En effet, la dimension du digesteur a été calculée en fonction de l'alimentation journalière de l'installation. Celle-ci a été définie ainsi : 4 bassines de 40 kg de jacinthes égouttées par jour, soit 160 kg de jacinthes égouttées.

Si la taille de la bassine choisie est différente, le nombre de bassine doit être revu.

Soit **y** la capacité de la bassine en kg de jacinthes égouttées. Soit **x** le nombre de bassines par jour. Ainsi :  **$x = 160 / y$**

Lorsque la bassine est choisie, il est important de ne pas la modifier pour la suite.

### Semaine 1 :

Chaque jour, alimenter le digesteur par **le bac d'alimentation** avec :

- 2 bassines de bouses fraîches,
- diluées avec 2 bassines de digestat collecté dans **le bac d'évacuation** (s'il n'y a pas de digestat, il faut diluer avec de l'eau douce **!! pas d'eau salée**).
- La **vanne** en sortie du gazomètre reste ouverte pour laisser s'échapper le mélange air/biogaz et ainsi éliminer l'air du digesteur.

### Semaine 2 :

Chaque jour, alimenter le digesteur par **le bac d'alimentation** avec :

- 2 bassines de bouses fraîches et
- 1 bassine de jacinthes d'eau égouttées et hachées,
- diluées avec 2 bassines de digestat collecté dans **le bac d'évacuation** (s'il n'y a pas de digestat, il faut diluer avec de l'eau douce **!! pas d'eau salée**).
- La **vanne** en sortie du gazomètre reste ouverte pour laisser s'échapper le mélange air/biogaz et ainsi éliminer l'air du digesteur.

### Semaine 3 :

Chaque jour, alimenter le digesteur par **le bac d'alimentation** avec :

- 2 bassines de bouses fraîches et
- 2 bassines de jacinthes d'eau égouttées et hachées,
- diluées avec 2 bassines de digestat collecté dans **le bac d'évacuation** (s'il n'y a pas de digestat, il faut diluer avec de l'eau douce **!! pas d'eau salée**).

- La **vanne** en sortie du gazomètre est fermée. Vérifier que le gazomètre se gonfle.
  - Si ce n'est pas le cas, arrêter d'alimenter jusqu'à ce qu'elle gonfle et reprendre le protocole.
  - Si c'est le cas, passer à la semaine suivante et ouvrir la vanne pour laisser s'échapper le biogaz lorsque la membrane est trop gonflée. Ainsi, cela évite que la pression de biogaz n'augmente trop et endommage le gazomètre.

#### Semaine 4 :

Chaque jour, alimenter le digesteur par **le bac d'alimentation** avec :

- 1 bassine de bouses fraîches et
- 3 bassines de jacinthes d'eau égouttées et hachées,
- diluées avec 2 bassines de digestat collecté dans **le bac d'évacuation**.
- La **vanne** en sortie du gazomètre est fermée. L'ouvrir pour laisser s'échapper le biogaz lorsque la membrane est trop gonflée. Ainsi cela évite que la pression de biogaz n'augmente trop et endommage le gazomètre.

#### Semaine 5 :

Chaque jour, alimenter le digesteur par **le bac d'alimentation** avec :

- 4 bassines de jacinthes d'eau égouttées et hachées,
- diluées avec 2 bassines de digestat collecté dans **le bac d'évacuation**.
- La **vanne** en sortie du gazomètre est fermée. L'ouvrir pour laisser s'échapper le biogaz lorsque la membrane est trop gonflée. Ainsi cela évite que la pression de biogaz n'augmente trop et endommage le gazomètre.