



*Energies alternatives*

*Adaptation aux  
changements climatiques*

Projet de développement de la  
méthanisation dans le FERLO

BIOGAZ FERLO

*Partenaire technique*



*Partenaire financier*



MODULE DE FORMATION A  
L'USAGE DES FORMATEURS

Juin 2012

VERSION 1

Réalisé par BIOECO [www.bio-e-co.fr](http://www.bio-e-co.fr)

# INTRODUCTION

---

Le Sénégal fait partie **des pays les plus vulnérables aux effets du changement climatique**. L'évolution climatique du Sénégal sur les 30 dernières années s'est traduite par une diminution de 30% de la pluviométrie, une augmentation des températures de 0,9%, une aridification de la région Nord (Ferlo). Face à ces évolutions les populations doivent pouvoir développer des stratégies permettant d'améliorer leur résilience et de s'adapter.

Le Sénégal est engagé dans la lutte contre les changements climatiques. Le Pays a publié son Plan d'Action National pour l'Adaptation au changement climatique (PANA) en 2006 et sa 2ème Communication Nationale pour la Convention-Cadre des Nations-Unies sur le Changement Climatique (UNFCCC) en 2010. Le Sénégal a adhéré à l'initiative « Biogas for better life » et lancé un Programme National Biogaz avec pour vocation de diffuser l'usage du biogaz dans le pays en s'appuyant sur des acteurs locaux ;

Au niveau Régional, l'« Entente Ferlo » créée en 2009 regroupe les cinq régions administratives que couvre le territoire du Ferlo ou « Zone Sylvo Pastorale » (Matam, Saint-Louis, Louga, Kaffrine, Tambacounda), et qui partagent donc ses caractéristiques socio-économiques et environnementales. L'Entente s'inscrit dans une « **logique pertinente d'aménagement de la zone sylvo-pastorale pour traiter des questions liées d'une part à la sécurisation et au développement du pastoralisme, et d'autre part à la défense et à la valorisation des écosystèmes dans la zone, ainsi qu'à un souci d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques** ».

En 2011, BIOECO et AVSF ont réalisé quatre sites pilotes de biogaz domestique. Cette phase avait pour objectif d'identifier les points particuliers et les contraintes au développement du biogaz dans la zone du Ferlo. Les résultats ont été positifs et les principaux points identifiés ont été :

- (i) **Besoin de compétences locales** pour assurer le suivi des installations et la formation des usagers
- (ii) Besoin d'un suivi des usagers sur 6 mois
- (iii) Nécessité d'apporter un service d'électricité pour garantir l'usage sur le long terme
- (iv) Intérêt de développer des étables avec des animaux en stabulation

Suite à ce projet AVSF a sollicité des partenaires financiers pour étendre l'initiative.

La formation d'entrepreneurs locaux « BIOGAZ-FERLO » est une des actions principales pour favoriser le développement du biogaz afin que « **les compétences sur la technologie biogaz existent au niveau local à travers un réseau de micro-entreprises biogaz capables de construire, entretenir et réparer les unités et équipements de méthanisation et de former et conseiller les usagers.** »

Ce module de formation s'adresse aux formateurs des Centres de Formation Technique pour qu'ils puissent assurer la formation des futurs entrepreneurs biogaz.

# CONTEXTE

Le FERLO est une zone sylvo-pastorale semi désertique de 70 000 km<sup>2</sup>. Avec une population estimée à 500 000 habitants, le Ferlo est faiblement peuplé et l'habitat est très dispersé. Cependant la zone concentre plus de la moitié cheptel bovins et ovins (4 millions de têtes). L'élevage pastoral mobile est le mieux adapté aux conditions écologiques des zones arides et semi-arides. Il demeure le plus compétitif économiquement et écologiquement.



Depuis la série de sécheresses des années soixante-dix, l'élevage de la zone sylvo-pastorale (ZSP) du Ferlo fait face des contraintes liées à la dégradation des ressources :

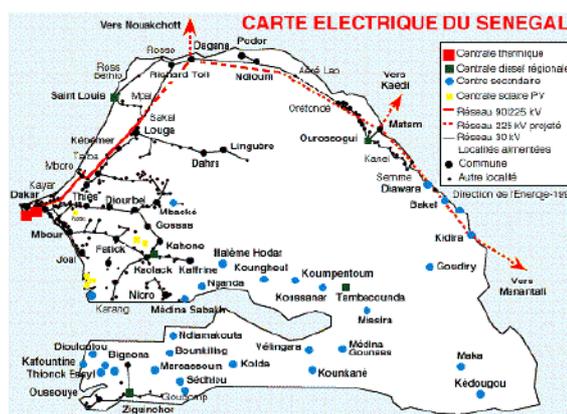
- (i) disparition des espèces fourragères de qualité (liée à la baisse de la pluviométrie et surpâturage autour des points d'eau)
- (ii) réduction de l'espace pastoral au profit de l'agriculture (aménagements hydro-agricoles dans le Walo et remontée du front agricole au sud de la ZSP) ;
- (iii) vétusté de la plupart des ouvrages hydrauliques datant des années 50 (dégradation, mauvaise gestion et pannes fréquentes) ;
- (iv) insuffisance des ressources en eau (assèchement précoce des mares, faible maillage des ouvrages hydrauliques)

Il faut aussi noter une sédentarisation de plus en plus importante des familles.

En terme énergétique, le bois est la principale source d'énergie. La collecte de bois accentue la pression sur les espaces boisés, impactant à son tour microclimats locaux (baisse de la pluviométrie). L'électricité est quasi inexistante sur toute cette zone l'électrification conventionnelle est difficile car l'habitat est dispersé.

Pourtant la région dispose d'une ressource très importante et non valorisée en déjections animales.

La transformation de cette ressource en biogaz permettrait d'alimenter largement l'ensemble de la population en énergie domestique (cuisson, éclairage...) et productive (pompage, mouture...).



les  
et

# LES AVANTAGES DU BIOGAZ

## Énergie bon marché

Une fois l'investissement réalisé l'énergie produite est pour ainsi dire gratuite si on exclut le temps de travail nécessaire au remplissage/vidange. L'investissement représente environ un budget de 500 000 Fcfa avec une durée de vie de plus de 30 ans.

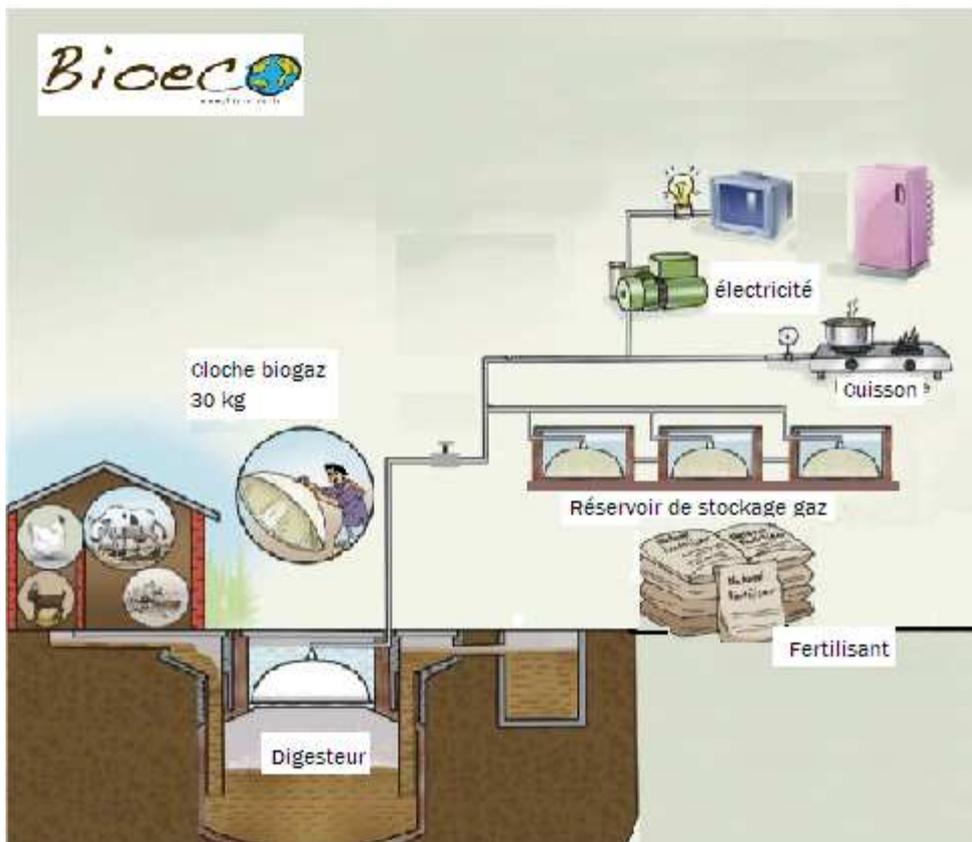
## Énergie locale

Le biogaz peut remplacer le gazoil/essence dans les pompes de forage ou les groupes, le pétrole des lampes, le gaz des bouteilles, les piles et l'énergie électrique centrale produite par des groupes gazoil.

Pas d'augmentation de prix. Pas de rupture de stock.

## Fumier amélioré

Le biogaz n'est pas obtenu au détriment de la qualité du fumier. Au contraire le fumier utilisé pour sa production sera amélioré. Le fumier qui fermente à l'air perd sous forme d'ammoniac gazeux, la moitié de son azote alors que dans la fermentation celui-ci est récupéré intégralement.



## Tous les déchets sont valorisables

Le gaz peut être produit par les déjections animales mais aussi tous types de déchets : déjections humaines, paille, typha, tiges de mil, paille de riz etc.

La collecte des déchets pour la production d'énergie va ainsi permettre de produire du compost à haute valeur fertilisante pour enrichir les champs et augmenter les productions agricoles.

## Usages multiples

Le biogaz est l'énergie à tout faire : cuisson, éclairage, électricité, pompage, force (moulin, ...).

# THEORIE DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ

---

## Qu'est ce que le biogaz ?

Le Biogaz est un gaz composé à 50-70% de méthane CH<sub>4</sub>, de gaz carbonique CO<sub>2</sub> et d'éléments traces (eau, soufre, hydrogène). Le méthane est le gaz principal consommé en Europe (gaz naturel) provenant de gisements fossiles en mer du Nord ou en Russie.

Le Biogaz contient de 6 kWh/m<sup>3</sup> d'énergie brute.

En utilisation cuisson ce gaz est équivalent à :

- 0,5 kg de gaz propane/butane
- 2 kg de charbon
- 6 kg de bois



En utilisation carburant 1 m<sup>3</sup> de biogaz = 0,6 l de gasoil ou essence

## Comment produire le biogaz ?

Le biogaz est produit par la fermentation anaérobie sans oxygène de tous déchets de la vie animale ou végétale contenant de la cellulose et des sucres.



## Quelle matière première ?

Déjections animales, fraction organique des déchets urbains, sous produits d'abattoirs etc, toutes les matières contenant de la cellulose et du sucre peuvent être méthanisés. Cependant le rapport Carbone C sur Azote N ou C/N doit être équilibré pour garantir une bonne production. Le C/N doit être compris entre 20 et 30 .

	C/N
Déjections humain	8
Déjection mouton	19
Déjection vache	24
Paille, typha...	60

Ainsi on ne peut pas uniquement utiliser de la paille par exemple car le C/N est trop élevé. Mais en mélangeant des déjections humain (toilettes) C/N 8 avec de la Paille C/N 60 moitié/moitié (matière sèche) on obtiendra un C/N de 34 ce qui est bon.

## Conditions essentielles d'une bonne fermentation

Les trois conditions essentielles à la bonne marche de la fermentation sont les suivantes :

- 1- Mise à l'abri de l'air
- 2- Maintien d'une température voisine de 35°
- 3- Réaction du milieu légèrement alcaline

1- **Mise à l'abri de l'air** : la fermentation méthanique conduisant à la production de méthane doit se faire sans oxygène. La moindre entrée d'air va mettre en concurrence les bactéries et conduire à la formation de gaz d'autres gaz (gaz carbonique, ammoniac...). Dans le digesteur cette mise à l'abri de l'air se fait automatiquement.

2- **Maintien d'une température voisine de 35°** : La température est un facteur très important. La production de gaz est nulle au dessous de 6° (peu de chance au Sénégal !) et augmente ensuite avec l'augmentation de la température. A 48° l'activité des ferments diminue et à 75° ils sont détruits.

1 tonne de fumier donnera toujours la même quantité de gaz mais sur un temps plus ou moins long - en moyenne/jour :

À 15° - 0,15 m<sup>3</sup>/jour durant 1 an

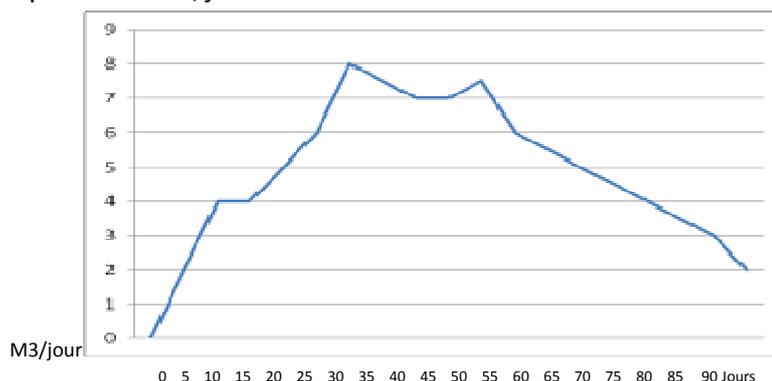
A 20° - 0,3 m<sup>3</sup>/jour durant 6 mois

A 25° - 0,6 m<sup>3</sup>/jour durant 3 mois

A 30° - 1 m<sup>3</sup>/jour durant 2 mois

A 35° - 2 m<sup>3</sup>/jour durant 1 mois

La production de biogaz n'est pas linéaire mais suit une courbe. Ainsi si on remplit une cuve de 8 m<sup>3</sup> de fumier on obtiendra les productions /jour suivantes durant 3 mois :



Si on apporte la matière de façon continue (chaque jour à chaque semaine) la production va se « lisser » et être régulière.

3- **Réaction du milieu légèrement alcaline** : ce facteur s'exprime par le PH. En milieu acide (PH 4 ou 5) ou en milieu trop alcalin (PH 9-10) le processus sera contrarié. Le PH doit rester aux alentours de 7 à 8. En utilisant de la matière courante (déjections) on obtient ce PH.

# CONSIDERATIONS GENERALES AVANT LA CONSTRUCTION D'UNE INSTALLATION

---

## Quels usages du biogaz ?

Avant de construire une unité de méthanisation il faut savoir ce qu'on veut faire du biogaz :

- Cuisson des aliments du ou des ménages de la concession
- Eclairage gaz (combien de lampes)
- Production d'électricité pour quels usages (lampes, TV, froid...)
- Pompage

## Quelle quantité de biogaz ?

**0,1 m<sup>3</sup>/personne/jour en moyenne**

**Cuisson :** La cuisson est le poste le plus consommateur d'énergie. En fonction des consommations actuelles on peut estimer le besoin en gaz :

1 kg de gaz bouteille sera remplacé par 2 m<sup>3</sup> de biogaz. Ainsi si le ménage consomme 4 bouteilles de 6 kg/mois (24 kg) cela revient à environ 0,8 kg/jour donc il faudra 1,6 m<sup>3</sup>/jour.

1 kg de charbon (foyer malgache) = 0,5 m<sup>3</sup> de biogaz, si le ménage utilise 2,5 kg/jour alors il faudra 1,25 m<sup>3</sup> de biogaz

1 kg de bois (foyer 3 pierres rendement 10%) = 0,15 m<sup>3</sup> de biogaz, si la concession utilise 10 kg de bois par jour il faudra 1,5 m<sup>3</sup> de biogaz/jour

Dans les concessions rurales on estime la consommation de bois à 0,35 kg/personne/jour (PERACOD 2011). Ainsi une concession de 30 personnes va utiliser 10 kg de bois qui pourra être remplacé par 1,5 m<sup>3</sup> de biogaz soit 0,05 m<sup>3</sup>/personne/jour.

**ATTENTION !** on remarque en zone urbaine une surconsommation d'énergie pour les ménages au gaz. Ainsi un ménage moyen (15 personnes) au gaz va consommer 0,8 kg de gaz/jour (besoin de 1,6 m<sup>3</sup> de biogaz) alors qu'au charbon il ne consomme que 2,6 kg/jour (besoin de 1,25 m<sup>3</sup> biogaz). **Ainsi il est important de former les utilisatrices à la cuisson gaz.**

**Lampe gaz :** Une lampe gaz consomme 0,1 m<sup>3</sup>/heure à multiplier par le nombre de lampes et le nombre d'heure d'utilisation (4h/jour en général). S'il y a 2 lampes utilisées 4h/jour il faudra 0,8 m<sup>3</sup> de gaz.

**Groupe électrogène :** un groupe électrogène consomme 0,7 m<sup>3</sup> de biogaz / kWh. Un petit groupe qui produit 450 Wh/h (0,45 kWh) va consommer 0,7 x 0,45 = 0,3 m<sup>3</sup> chaque heure.

La demande en électricité se calcule avec les appareils électriques.

**ATTENTION !** Il existe aujourd'hui des équipements basse consommation autant pour l'éclairage que pour la TV et le froid.

Un groupe de 450 Wh pourra alimenter pour produire la même lumière 5 ampoules à incandescence de 100 w ou 25 ampoules BC de 20 w.

**Consommation d'équipements basse consommation**

<b>Ampoule</b>	<b>15 w</b>	<b>4h/h</b>
<b>Télévision LED</b>	<b>20 w</b>	<b>2h/h</b>
<b>Radio</b>	<b>15 w</b>	<b>4h/j</b>
<b>Portable</b>	<b>5 w</b>	<b>4h/j</b>
<b>Vidéo</b>	<b>10 w</b>	<b>2h/h</b>
<b>Frigo 3°c</b>	<b>40 w</b>	<b>6h/j</b>
<b>Congélateur -10°</b>	<b>100 w</b>	<b>11h/j</b>

Un petit groupe de 450 w pourra ainsi alimenter en électricité

20 ampoules x 15 w = 300 w durant 4h/jour (consommation 300 W x x 4 h = 1200 Wh)

Télévision x 20 w = 20 w durant 2h/jour (consommation totale de 40 Wh)

Portables x 5 w = 5 w durant 4 h/jour (consommation de 20 Wh)

Frigo 3°c x 60w = 60 w durant 6 h/jour (consommation de 360 Wh)

La consommation totale en énergie électrique sera de 1620 Wh soit 1,6 kWh. Pour produire cette énergie électrique il faut 0,7 m<sup>3</sup> x 1,6 kWh = 1,1 m<sup>3</sup> de biogaz.

## Combien de matière, combien d'animaux ?

Une fois le besoin en biogaz évalué on doit estimer la quantité de matière nécessaire. Au niveau du FERLO la matière la plus facile à collecter est les déjections des animaux : bouse collectée au niveau des parcs de nuit ou le fumier produit dans les étables, par les animaux de trait.

## 1 kg de matière première = 0,1 m3 de gaz

Ainsi pour produire 3 m3 de biogaz pour une concession de 30 personnes, il faudra 30 kg/jour de matière (à moitié sèche) ou 210 kg/semaine.

Dans les parcs de nuit, la production est de 3 kg/jour/vache adulte. Dans ce cas il faudra 10 vaches.

Dans une étable la production est de 6-10 kg/jour/vache adulte. Il faudra 3 à 5 vaches.



Mais les usagers pourront aussi mettre dans les digesteurs tous les déchets végétaux comme les coques d'arachide, les déchets de cuisine, paille ect...

### Gérer l'approvisionnement ?

Au sein de la concession, une organisation doit être mise en place pour assurer la bonne gestion de l'approvisionnement. Selon les cas un remplissage 1 fois/semaine ou chaque jour pourra être choisit. Si la matière provient des parcs de nuit il faudra une charrette pour la ramener. Le temps de remplissage est de quelques minutes/jour à 15 mn pour un remplissage chaque semaine.

### Emplacement des cuves ?

L'emplacement des cuves doit être :

- Proche de la matière première (étable)
- Exposé au soleil : implanter la cuve en plein soleil
- Proche de la zone d'utilisation : la distance maximum est de 200 m mais plus la distance sera importante et plus il faudra de tuyau.

### Besoins en eau ?

Pour le premier remplissage, il faut prévoir 10 m3 d'eau. Ensuite l'eau est recyclée mais il y a toujours des pertes. Un apport de quelques dizaines de litre/mois peut-être nécessaire. Chaque année la vidange durant l'hivernage va faire perdre environ 3-5 m3 d'eau.

### Besoins en main d'œuvre et en matériaux pour la construction ?

Il faut creuser le trou, collecter le sable et graviers et aider le maçon à couler le digesteur. Pour creuser le trou il faut prévoir 4 personnes durant 4 à 6 jours. Pour la construction il faut 4 personnes le jour du coulage puis 2 ou 3 personnes pour aider le maçon durant 5 jours. Le sable est souvent collecté dans le trou (attention au sable argileux !). Le gravier latérite doit être ramassé et tamisé, prévoir 3-4 jours pour 2 personnes.

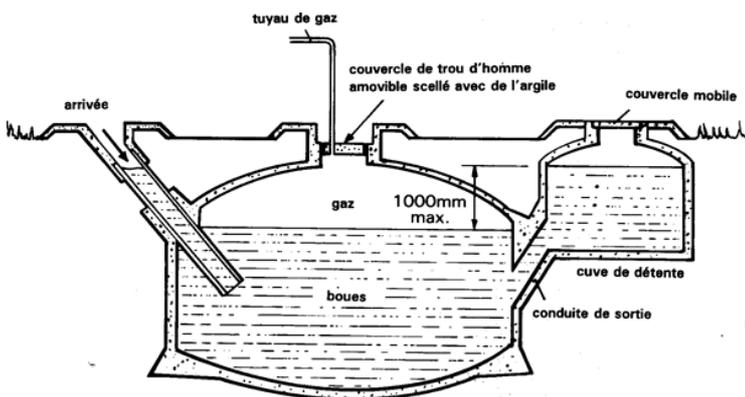
### Dépenses à engager ?

Achat du ciment, du tuyau, des équipements la dépense pour une installation variera de 400 000 à 1 million de Fcfa selon sa taille et les équipements souhaités.

# DIFFERENTS TYPES DE DIGESTEUR

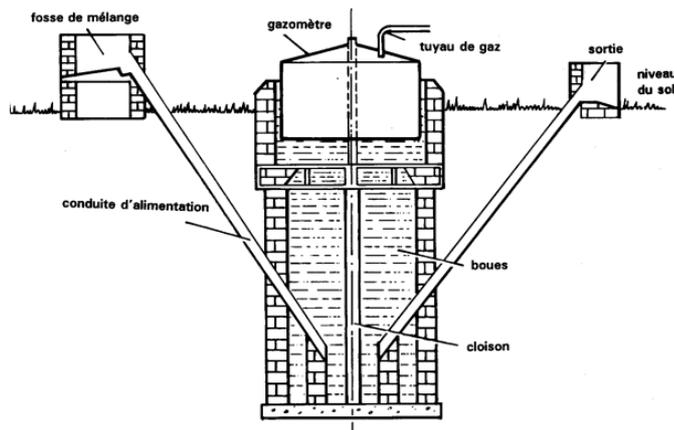
La technologie biogaz a connu un fort développement en Asie où il y a des millions de digesteur en fonctionnement.

Il existe plusieurs modèles de digesteur :



Le digesteur à dôme fixe a une capacité de 6 à 10 m<sup>3</sup>. Le gazomètre est fixe avec une capacité de 1 à 2 m<sup>3</sup> mais le gaz à pression atmosphère n'est pas utilisable à 100%. Un trou d'homme permet l'accès à l'intérieur.

Ce modèle de digesteur appelé « indien » dispose d'un gazomètre mobile en acier qui monte ou descend en fonction de la pression du gaz. Le problème de ces digesteurs est le prix de la cloche et sa durabilité (forte corrosion dû au soufre).



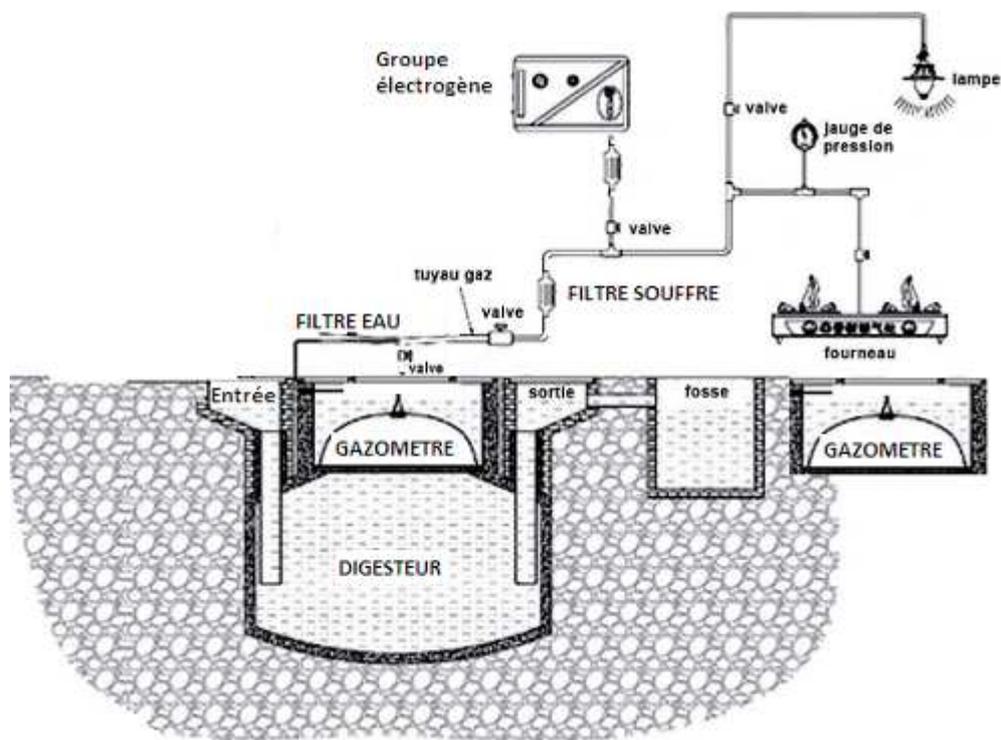
En Europe, il existe des modèles de plusieurs centaines de m<sup>3</sup> avec un gazomètre souple.

La matière est chauffée et agitée.



En Chine il existe depuis quelques années des digesteurs souples en toile spéciale. Ces digesteurs sont adaptés pour la matière liquide.

# COMPOSANTS D'UNE UNITE



<p><b>Digesteur</b></p>	<p>Réalisé en béton vibré. Le digesteur peut être complètement enterré ou semi enterré (la partie gazomètre externe). Le digesteur est la partie où se passe la fermentation.</p> <p>La matière est introduite au niveau de l'ENTREE. Le même volume qui est introduit ressort par la SORTIE.</p> <p>La matière solide contenue dans les déjections flotte et s'accumule dans le digesteur.</p>
<p><b>Gazomètre PUXIN</b></p> 	<p>Réalisé en fibre de verre. Le gazomètre a pour fonction de stocker le gaz et le mettre sous pression. Un gazomètre stocke au maximum 1,2 m3. Des gazomètres externes indépendants peuvent être ajoutés.</p> <p>Le gazomètre peut être enlevé pour permettre l'accès à l'intérieur du digesteur.</p>
<p><b>Fosse stockage d'eau</b></p>	<p>Cette fosse réalisée en parpaing et enduite permet de stocker l'eau sortant du digesteur lors des remplissages. Cette eau est utilisée pour diluer la matière entrante.</p>
<p><b>Filtre soufre</b></p> 	<p>Le filtre permet de retenir le soufre contenu dans le biogaz qui donne l'odeur caractéristique « d'œuf pourri ». Le filtre à soufre contient des granulés à changer chaque 100 m3. Le filtre n'est pas obligatoire pour l'usage cuisson ou lampe mais il est obligatoire avec le groupe électrogène.</p>

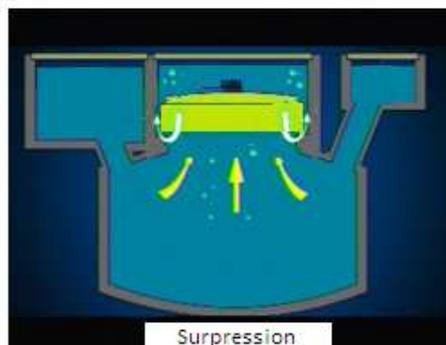
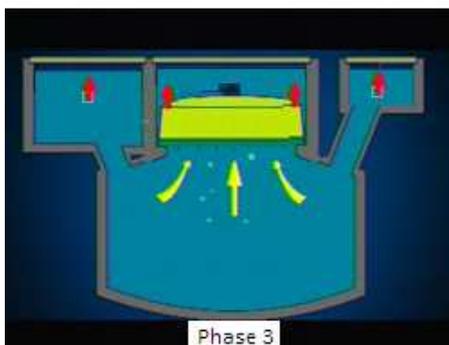
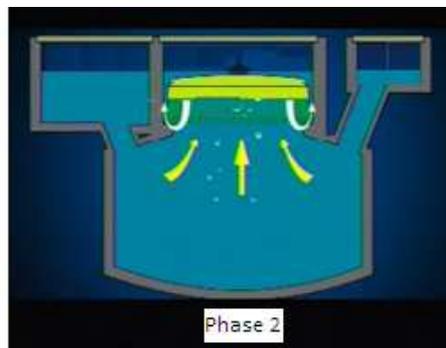
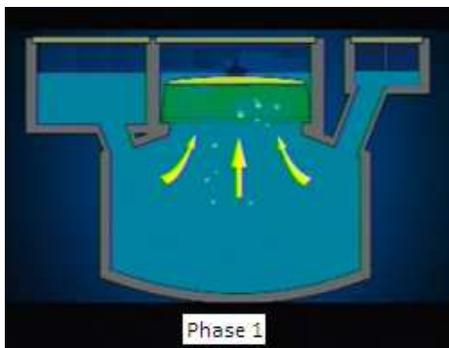
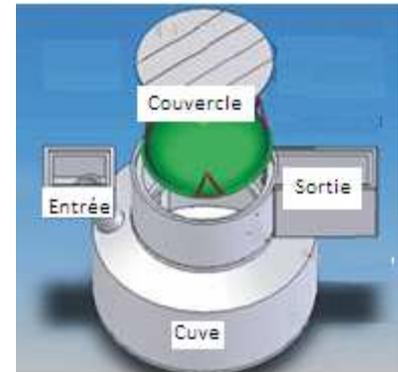
<b>Piège à eau</b>	Le biogaz en sortie est humide. L' eau doit être piégée pour ne pas boucher les tuyaux. Pour vidanger l'eau il suffit d'ouvrir la vanne.
<b>Tuyau et vannes</b>	Les tuyaux et vannes biogaz sont en plastique pour résister à la corrosion dû au soufre. Une vanne doit être placée en sortie du digesteur pour « isoler » le circuit. Une vanne est aussi indispensable avant le lampe gaz. Le tuyau doit si possible être enterré et passé dans une gaine orange pour le protéger.
<b>Lampe biogaz</b> 	La lampe biogaz fonctionne sur le même principe que les lampes gaz. Ces lampes sont simples et robuste. La mèche est à remplacer en fonction de l'utilisation. Un système d'allumage électronique peut-être installé sur la lampe.
<b>Réchaud</b>	Le réchaud biogaz permet la cuisson. Il existe des réchauds simples ou doubles de plusieurs puissances.
<b>Groupe électrogène</b>	Le groupe électrogène 600, 1500 ou 3000 Wh est un moteur proche du moteur à essence. Ces petits moteurs ne peuvent fonctionner que 6h en continue.
<b>Jauge de pression</b> 	Les jauges de pression permettent de vérifier la quantité de gaz stocké.



# LA TECHNOLOGIE PUXIN

## Le procédé

Le procédé est un système à pression hydraulique. Il est composé d'un corps en béton de 14 cm d'épaisseur et d'un gazomètre en fibre de verre. Le corps d'une capacité de 6 à 10m<sup>3</sup> est composé d'un « estomac » d'un « cou », d'une entrée et d'une sortie. La gazomètre est installé à l'intérieur du « cou » du digesteur et a un diamètre de 1,6 m. Le digesteur et le gazomètre sont noyés dans l'eau garantissant une étanchéité parfaite et mettant le gaz sous pression.

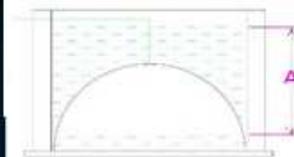


### Technique breveté PUXIN

Phase 1 : Le gaz produit par décomposition anaérobie de la matière vient se loger sous la cloche.

Phase 2 : Le biogaz expulse l'eau contenue dans la cloche

Phase 3: L'eau passe alors sous la cloche et vient se loger au dessus. Le niveau d'eau monte. L'eau au dessus de la cloche exerce une pression sur la cloche égale à la hauteur A (par exemple si A=90 cm la pression sera de 90 mbar)



Surpression : le biogaz excédentaire passe sous la cloche et vient buller dans l'eau

## Les atouts de la technologie

La technologie PUXIN a hérité des principaux avantages des digesteurs à dôme fixe existant mais à résout les principales contraintes : difficile à construire, difficile à entretenir et mauvaise étanchéité aux gaz.

Comparé aux systèmes traditionnels, le procédé a les avantages suivants :

1/Simple à construire avec 100% de taux de réussite. L'usage du moule permet une étanchéité parfaite à l'air et à l'eau et réduit considérablement le temps de fabrication. Aucune compétence n'est nécessaire.

2/Le digesteur accepte aussi bien de la matière liquide en fonctionnement continu que de la matière solide (paille..) en fonctionnement discontinu. Le gazomètre ne pèse que 30 kg et il est facile à enlever. Le trou de 1,5 m laisse un accès facile pour placer et enlever la matière solide.

3/Facile à entretenir avec une longue durée de vie. Lorsque le gazomètre fuit, la fuite est facilement repérée et réparée sur place. Le digesteur a une durée de vie de plus de 30 ans et le gazomètre + de 10 ans.

4/ Parfaite étanchéité à l'air et importante production de gaz du fait du recouvrement complet de la matière et du gazomètre avec de l'eau. Sécurité totale pour les utilisateurs et la maintenance. La large ouverture permet de réparer le digesteur sans risque, de remplir et vider le digesteur sans problème. En cas de montée en pression, le gaz s'évacuera automatiquement sans risque de dommages.

### Données techniques

	Système traditionnel	Technologie PUXIN
Capacité du digesteur	8 m3	10 m3
Capacité utile du gazomètre	1 m3	1,2 m3
Pression du gaz	NUL – tout le gaz stocké ne peut pas être utilisé	OUI –100% du gaz utilisé - le gaz peut être envoyé à plusieurs centaines de mètres, bon fonctionnement dans les équipements
Périodicité de remplissage	Chaque jour	Jusqu'à 1 fois/semaine
Coût construction (hors formation, marges et SAV)	450 000 Fcfa	450 000 Fcfa

### Comparaison du niveau de compétence des maçons :

	Système traditionnel	Technologie PUXIN
Etanchéité aux gaz	Fortement recommandé (l'étanchéité est fonction des compétences du maçon)	Pas nécessaire (l'étanchéité est assurée par la cloche en fibre garantie par le fabricant)
Capacités à construire un dôme	Fortement recommandé (construit à la main)	Pas nécessaire (moule)
Contrôle des dimensions et mesures	Fortement recommandé (construit à la main)	Pas nécessaire (moule)
Juger et réparer les fuites de gaz	Fortement recommandé : difficile de juger des fuites de gaz – il faut de plus vider le digesteur pour entrer à l'intérieur et réparer	Faiblement requis : une fuite de gaz est visible (bulle dans l'eau). La cloche est alors enlevée et réparée hors du digesteur.
Juger et réparer les fuites d'eau	Fortement recommandé : difficile à réparer à cause de la petite entrée	Nécessaire : facile à voir mais la grande ouverture rend le travail facile
Temps de formation	3 mois	5 jours
Période pour devenir un constructeur expérimenté	1 à 2 ans	1 mois
Compétence des constructeurs	Certaine éducation et très bonnes compétences techniques	Sans éducation, sans compétences
Taux de réussite	Moins de 100%	100%

### Comparaison du temps de construction du digesteur (hors annexes)

	Système traditionnel	Technologie PUXIN
Construire le digesteur	6 jours	2 jours
Temps pour assurer étanchéité	5 jours	0 jours pas nécessaire
Terminer les test d'étanchéité	2 jours	0 jours pas nécessaire
TOTAL	13 jours	2 jours

### Comparaison du type de matière première

	Système traditionnel	Technologie BIOECO
Matière liquide	OUI	OUI
Matière solide (paille)	NON – digesteur difficile à vidanger	OUI – vidange complète en 1/2 jour

### Comparaison de l'entretien

	Système traditionnel	Technologie BIOECO
Réparation des fuites de gaz	Difficile et dangereux : doit être réparé à l'intérieur du digesteur ce qui peut causer des intoxication à cause de la petite ouverture (0,5m) – doit être complètement vidangé, l'enduit enlevé et refait -difficile !	Facile – la cloche est enlevée et réparée sur le sol
Réparation des fuites d'eau	Dangereux : doit être réparé dans le digesteur avec une petite ouverture et une mauvaise ventilation – intoxications	Sûr : l'ouverture mesure plus de 1,3 m risqué nul



# CONSTRUCTION D'UN DIGESTEUR

---

## L'emplacement

Le digesteur doit être placé dans un endroit dégagé, ensoleillé, proche de l'étable et pas trop éloigné des appareils de consommation.

## Le moule de coffrage

Le moule de coffrage est composé de plaque d'acier qui s'assemble avec des « attaches ». Un guide de montage est présenté dans le paragraphe « déroulement du chantier ». Il doit être suivi étape par étape sous peine de rencontrer des problèmes et de perdre du temps.

Le moule au démontage doit être brossé et huilé.



## Les matériaux

**Sable : 2, 5 m3**

*ATTENTION le sable ne doit pas contenir d'argile. Pour le tester mouiller le. En le malaxant il ne doit pas arriver à s'agglomérer.*

**Gravier : 3,5 m3**

*Le gravier de latérite peut-être utilisé. La taille du gravier peut aller jusqu'à 40 mm. La latérite doit être tamisée pour éliminer l'argile.*

**Ciment : 1500 kg**

**Tuyau PVC 160 : 2 X 2 mètres et 100 : 2 mètres**

**Fer à béton diamètre 8 : 3 barres de 6 m**

**Film plastique : 5 m2**

## Dosage du béton

**1 sac de 50 kg de ciment**

**60 litres de sable**

**130 litres de graviers**

**25 litres d'eau**



**ATTENTION UN BETON MAL DOSE, DES MATERIAUX MAL CHOISIS ET LA CUVE VA FUIR OU PIRE !**



## Les équipements

Le kit de montage est composé :

<b>Moule de coffrage ( pièces)</b>	<b>Pic (1)</b>
<b>Vibreux (1)</b>	<b>Echelle 3 m (1)</b>
<b>Groupe électrogène essence (1)</b>	<b>Paire de bottes (2)</b>
<b>Pied de biche (1)</b>	<b>Clé de 14 (2), tournevis (1)</b>
<b>Marteau (1)</b>	<b>Bidon d'huile 5l (1)</b>
<b>Brosse (1)</b>	<b>Sceaux (3)</b>
<b>Pelles (3)</b>	<b>Tamis gravier (1)</b>
<b>Attaches rapide ( )</b>	<b>Boulons ( )</b>

## L'organisation et le déroulement du chantier

### (PREPARATION)



**Technicien**



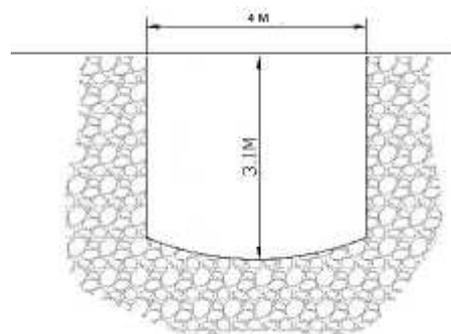
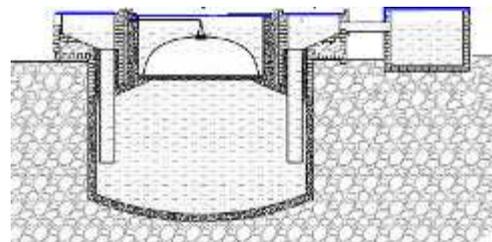
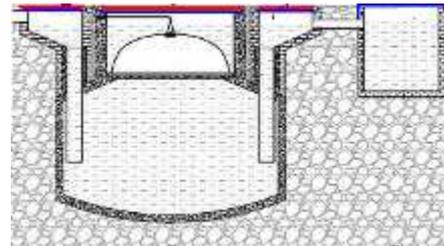
**Manœuvre**

#### 1/ CREUSER LE TROU



Pour une installation enterrée le trou doit avoir une profondeur de 3,1 m

Pour une installation semi-enterrée le trou doit avoir une profondeur de 2,5 m



#### 2/ AMENER LES MATERIAUX



ATTENTION le sable ne doit pas contenir d'argile. Pour le tester mouiller le. En le malaxant il ne doit pas arriver à s'agglomérer. Lors de l'excavation trier le sable par catégorie.

Le gravier de latérite peut-être utilisé. Le gravier peut être gros jusqu'à 40 mm.



**Sable : 2,5 m<sup>3</sup>**

**Gravier : 3,5 m<sup>3</sup>**

**Ciment: 1500 kg**

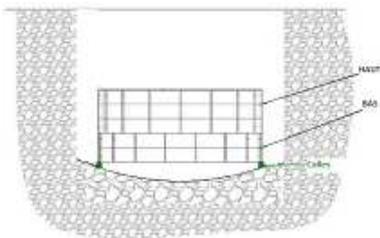
(JOUR 1) 

### 3/TAMISER LE GRAVIER



Le gravier doit être tamisé pour éliminer l'argile et être au besoin casser pour avoir une taille maximum de 40 mm.

### 4/MONTER LE MOULE CORPS INTERIEUR



**Le coffrage est monté sur des calles de 10 cm**

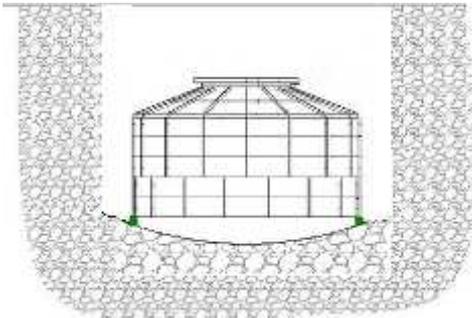
### 5/MONTER LE MOULE CORPS EXTERIEUR



**Mettre des cales pour tenir l'écartement**



## 6/MONTER LA COUPOLE



Utiliser le pic pour ajuster



## 7/POSER LE SUPPORT RELIANT LES COUPOLES



S'installe avec des boulons



## (JOUR 2) 🧑🏫 👤 👤 👤 👤

### 8/PREPARER, COULER LE BETON ET VIBRER



Couler la dalle sur 10 cm, la niveler.

Couler une première couche dans le coffrage sur le premier niveau de coffrage



Retirer les calles



Vibrer

Couler une seconde couche

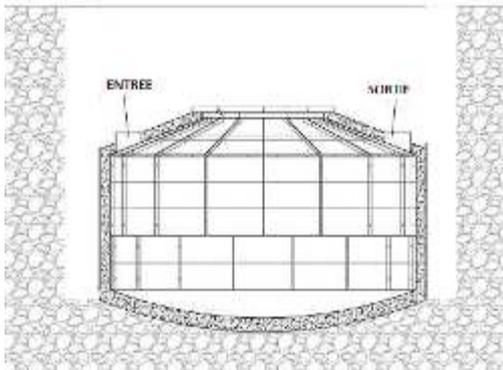
Vibrer

Couler la partie supérieure

Vibrer



## 9/POSER LES MORCEAUX DE TUYAU ENTREE/SORTIE



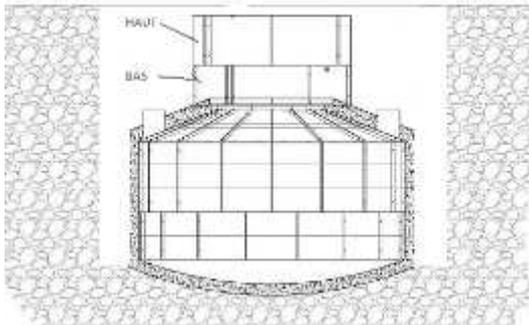
## 9/POSER LE COFFRAGE DE BORDURE



Niveler le béton sur le premier anneau

Poser le coffrage

## 10/POSER LE COFFRAGE SUPERIEUR



Pose de la partie intérieure



**Les gros trous**  
**sont situés sur**  
**le coffrage bas**  
**et espacés**  
**d'une tôle**

**Le petit trou est situé sur la**  
**partie supérieure et dirigée**  
**vers les équipements biogaz**



Pose de la partie extérieure



**Pose des 4**  
**goupilles**



## 11/COULER LE BETON ET VIBRER



Couler le béton

Vibrer



## 12/POSER LE MOULE BORDURE SUPERIEUR ET COULER



**ATTENTION –  
BIEN DEGAGER  
LE BAS DES  
COFFRAGES  
POUR NE PAS  
QU'ILS PRENNENT RACINE !**



**ATTENTION –  
FAIRE  
TOURNER LES  
GOUPILLES  
POUR NE PAS  
QU'ELLES SOIENT DIFFICILE à  
ENLEVER LE LENDEMAIN**



## (JOUR 3)

### 13/FABRIQUER LES 50 BRIQUES



### 14/COULER LES COUVERCLES 9 morceaux



Préparer les fers à béton

Verser le béton

Il y a 5 moules coffrages.

Couler le matin la première série puis décoffrer et couler la seconde partie le soir

### 14/RETIRER LES GOUPILLES (MATIN)

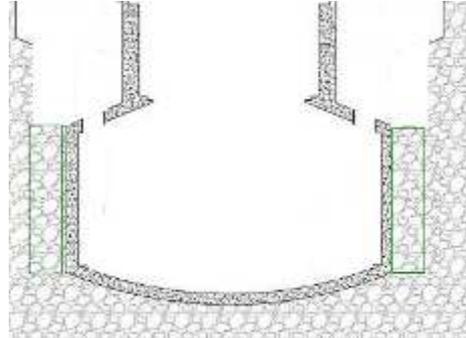


### 15/DECOFFRER LA PARTIE SUPERIEURE (SOIR)



# (JOUR 4)

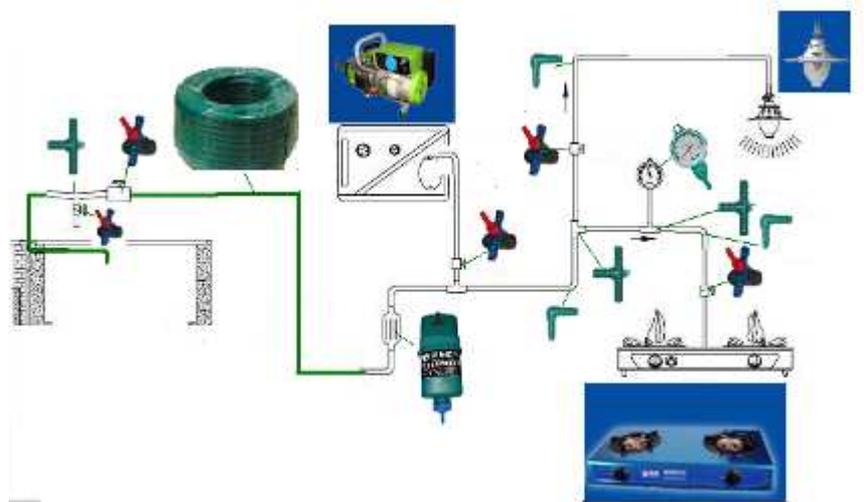
## 17/DECOFFRER LE MOULE BAS EXTERIEUR



## 18/REMBLAYER LA PARTIE BASSE



## 19/POSER LES EQUIPEMENTS



## 20/ASSEMBLER LA (LES) CLOCHE (S)



# (JOUR 5)

## 21/DECOFFRER LE MOULE INTERIEUR



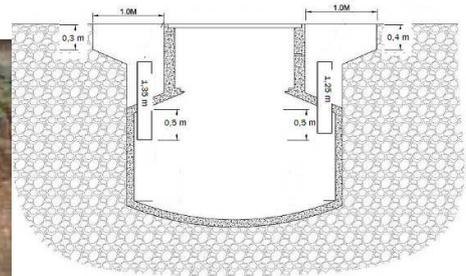
## 22/BROSSER ET HUILER LE MOULE



## 23/POSER LES TUYAUX



2 morceaux de 2 m de diamètre 160



**ATTENTION : RAYER LE TUYAU CONTACT AVEC LA CUVE**

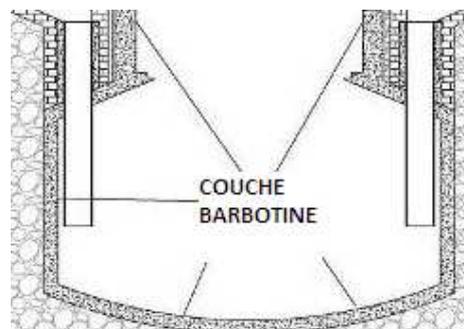
**ATTENTION : BIEN FAIRE LE JOINT EN CIMENT ENTRE LA CUVE ET LE TUYAUX EXTERIEUR ET INTERIEUR**

## 24/REMBLAYER

## 25/VERIFICATION

### INTERIEUR

Vérifier l'intérieur : joint avec tuyau, trous... Passer une couche de barbotine



## (JOUR 6)

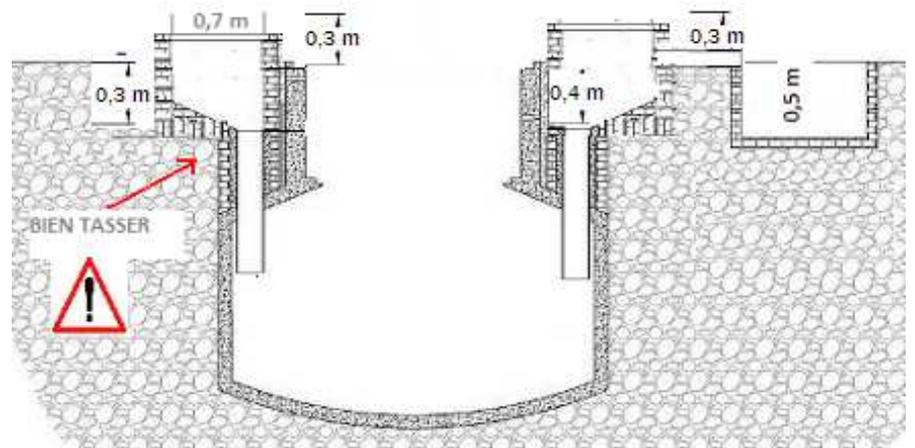
### 26/CONSTRUCTION DE L'ENTRÉE, SORTIE, BAC



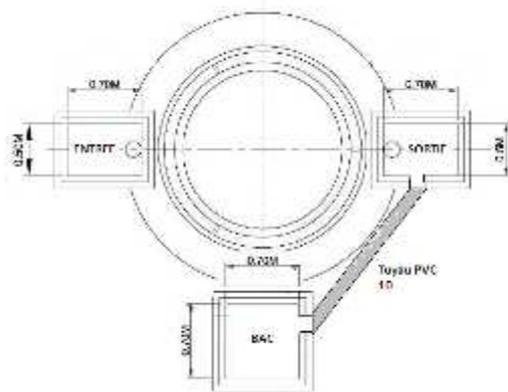
Remblayer



**Bien tasser au niveau des maçonneries**



Construire les maçonneries entrée, sortie et bac, enduire l'intérieur



# (JOUR 9)

## 26/VERIFICATION ETANCHEITE

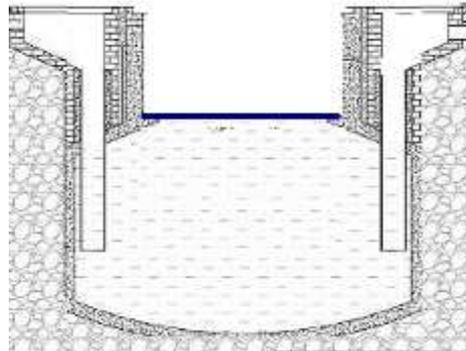
Remplir d'eau le digesteur.



S'il perd moins de  
1 cm en 24 c'est  
bon.

**S'il y a une fuite il faut tout  
vider !**

plaques pour éviter la prolifération de moustiques

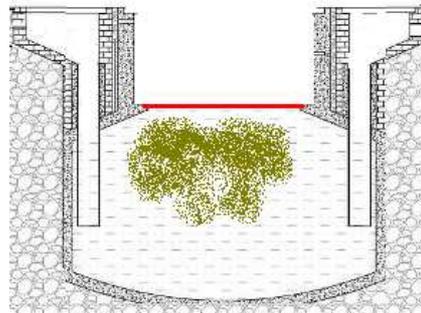


## 27/ REMPLIR AVEC 1

m3 DE FUMIER 

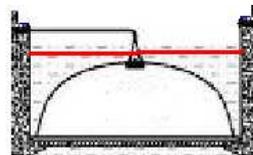
## 28/ POSER LES DALLES

INTERIEURS 



## 29/ POSER LA CLOCHE ET RELIER LE

TUYAU 



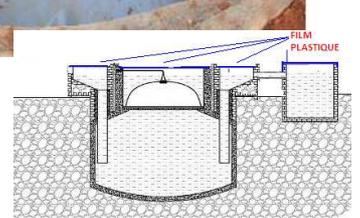
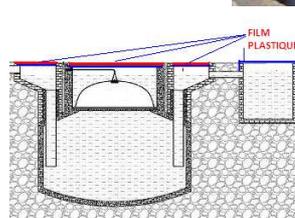
## 30/ REMPLIR D'EAU

5 cm au dessus de la cloche

## 31/ POSER LES COUVERCLES



Un film plastique  
est posé avant les



# LES EQUIPEMENTS BIOGAZ

---

## Les tuyaux, raccords et vannes



Les équipements biogaz sont spécialement conçus pour résister au soufre.

Les équipements doivent être remplacés tous les 10 ans.

L'installation est réalisée avec des colliers.

## Filtre à soufre



Le filtre à soufre permet de réduire de 80% le taux de soufre. Le filtre est OBLIGATOIRE avant un groupe électrogène.

La matière à l'intérieur (granulés) est à remplacer tous les 100 m<sup>3</sup>. Ainsi avec un groupe 600 w fonctionnant 4h par jour, la matière sera à changer tous les 3 mois.

1 kg = 1000 Fcfa

## Manomètre



Le manomètre permet de vérifier la quantité de gaz dans la cloche.

## Réchaud biogaz



Les réchauds biogaz, sont équipés d'un système d'allumage électronique fonctionnant avec une pile sur le coté. Pour un bon fonctionnement les

réchauds doivent rester propres.



**Lors de l'utilisation si le biogaz est épuisé il ne faut pas oublier d'éteindre le réchaud.**

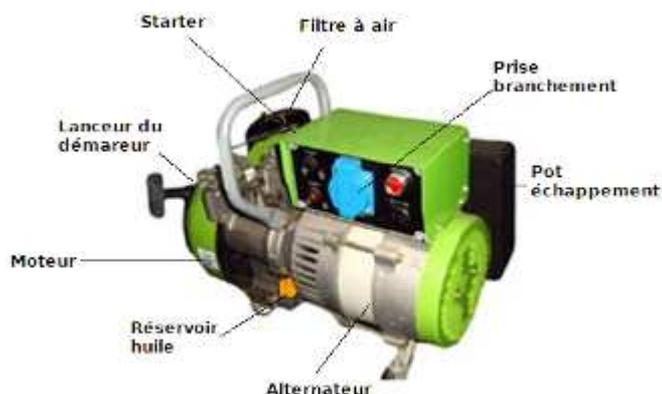
## Lampe biogaz



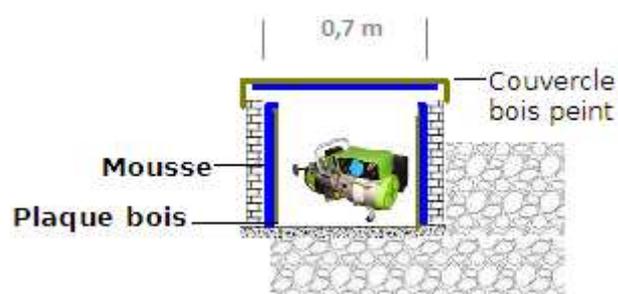
Les lampes biogaz sont montées selon les instructions fournies. La lampe est allumée avec l'allumage électronique ou une allumette. Allumer la vanne à 1/3 et approcher l'allumette de la chaussette. Une fois allumée, augmenter la puissance en ajustant l'ouverture de la vanne.

## Groupe électrogène biogaz

Item Number	600W	1200W	3000W
			
Puissance	600W	1200W	3000W
Max. Puissance	700W	1300W	3500W
Fréquence	50HZ		
Moteur Type	CC154F	CC168F	CC188F
Bore X Stroke	53 x 38mm	68 x 45mm	88 x 64mm
Cylindrée	87cc	163cc	389cc
Ignition System	T.C.I.		
Capacité huile(L)	0.35	0.55	0.9
Durée fonctionnement	MAXIMUM 6 heures		
Dimensions	550*400*420mm	620*480*480mm	710*710*600mm
Poids	25kgs	56kgs	93kgs
Gaz	Biogas/LPG		



## Emplacement



Les groupes de petite puissance sont bruyants. Il faut donc les positionner à côté du digesteur à une vingtaine de mètres de l'habitation.

Pour une bonne protection et pour limiter le bruit, le groupe pourra être installé dans une petite construction semi enterrée en parpaing

de 70x70 sur une dalle avec un couvercle en bois où une mousse de 5 est collée. Si l'intérieur de la « boîte » dispose d'une mousse cela va réduire le bruit. Lors du fonctionnement le couvercle doit être soulevé de 10 cm pour évacuer la chaleur du groupe.

## Conditions d'utilisation

**Température -5 à 40°C** : le groupe doit être situé dans une « boîte » semi enterrée pour ne pas l'exposer au soleil et à la poussière.

**Pression** : 30 à 60 Mbar obtenu avec le système PUXIN

**Filtration** : filtrer le soufre et l'eau sinon ces composés vont endommager le groupe. Un filtre à soufre sera placé juste avant le groupe pour en assurer l'entretien.

**Poussière** : ne pas utiliser le groupe lorsque l'air est chargé de poussière, vent de sable...

## Précautions d'emploi

- 1- Faire fonctionner le groupe sur une surface plane au niveau du sol. Laisser le groupe à 1 m des autres équipements.
- 2- Ne pas utiliser le groupe dans une pièce fermée
- 3- Ne pas placer d'objets explosifs à côté du groupe (réservoir essence...)
- 4- Ne pas toucher le moteur et le pot d'échappement durant le fonctionnement (risque de brûlures)
- 5- Avant d'allumer le groupe s'assurer que tous le circuit est coupé

## **Fonctionnement**

- 1- **Vérifier le niveau d'huile avant chaque allumage.** La capacité d'huile est de 0,35 l à 0,55 l. L'huile doit être de type SAE10W-40. Bien serrer le bouchon d'huile car les vibrations le dévisse. *Il est possible de faire fonctionner le groupe avec du gaz bouteille + détendeur. Cependant cette solution sera à éviter pour ne pas que les usagers soient tentés d'abandonner le digesteur. Ainsi la vanne doit être placée en position « parallèle » au tuyau.*
- 2- Pour démarrer, placer le starter en position 1 CHOKE
- 3- Tirer la corde du lanceur doucement jusqu'à la tendre puis tirer sèchement pour lancer le moteur
- 4- Placer le starter en position 2 RUN
- 5- Avant d'éteindre le générateur éteindre les appareils électrique un par un

**Ne pas brancher la prise lors du démarrage. Brancher après démarrage lorsque le moteur « ronronne »**

**Ne pas faire tourner le groupe plus de 6 h**

**Ne pas essayer de « bricoler » des réglages sous peine d'endommager le générateur**

## **Maintenance**

	Chaque démarrage	50 h 2 semaines	100 h 1 mois	150h 1 mois 1/2	200h 2 mois	Chaque année
Vérifier niveau d'huile						
Changer l'huile (1)						
Nettoyer les filtres (3)						
Nettoyer ou changer la bougie(2)						
Vérifier les tuyaux de gaz						
Nettoyer les résidus dans la chambre, pot...						
Nettoyer tout le groupe						

(1) Pour la première utilisation changer l'huile après 20 heures après chaque 100 heures

(2) Nettoyer la bougie et ajuster l'écartement à 0,6 à 0,8 mm

(3) Nettoyer le filtre à air en le plongeant dans du gasoil, l'essorant et après séchage le repositionner

# FONCTIONNEMENT : CONDUITE DE LA FERMENTATION – ENTRETIEN-SECURITE

---

## La mise en route

Le premier remplissage doit se faire avec 1 m<sup>3</sup> de déjection, si possible un mélange de fumier de bovin et de fumier de cheval.

Le délai de production du premier gaz sera de 5 à 15 jours. Il est possible que le premier gaz ne brûle pas. Dans ce cas ouvrir le robinet du piège à eau et vidanger le gaz.

## Le remplissage

En fonction de la quantité de biogaz consommé par jour, il faudra définir la quantité à apporter par jour ou par semaine.

Pour produire 3 m<sup>3</sup>/jour il faut apporter 30 kg/jour de matière de type (bouses sèches, fumier des étables...sec ) ou 210 kg/semaine. Si on utilise de la matière fraîche il faut apporter plus de matière.

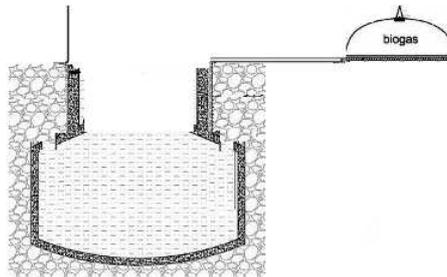
Les déjections doivent être mises à tremper dans un bac durant quelques heures ou durant la nuit. En effet la matière étant très sèche si elle n'est pas humidifiée elle est difficile à faire entrer dans le digesteur. La matière obtenue doit être pâteuse. La matière est ensuite versée dans le bac entrée. Du liquide prélevé dans le bac est versé pour pousser la matière qui va tomber dans la cuve.



Lorsque le liquide est introduit, une quantité équivalente ressort et va dans le bac de stockage du liquide.

## La vidange

En cas de besoin, le digesteur sera vidangé afin de récupérer la matière solide.



Pour vidanger on doit retirer la cloche après avoir débranché le tuyau de gaz. Il faut 3 personnes pour soulever la cloche qui n'est pas lourde (30 kg) mais encombrante.

Une fois la cloche enlevée la matière est retirée du dessus. La matière va flotter. Il faut 4 h pour 3 à 4 personnes pour vidanger un digesteur.

Le liquide n'est pas enlevé. Une fois vidangé on apporte 1 charrette de nouvelle matière, on referme la cloche et refait le niveau d'eau (5 cm au dessus de la cloche).

## L'usage de la matière de vidange

La matière solide qui ressort peut être utilisée sur les cultures. La matière de vidange sera utilisée en culture maraichère et/ou pour amender 2 à 3 ha de culture de céréales. L'apport en matière doit être fait sur un même champ chaque 2 ans. Par rapport à un champ non amendé on peut s'attendre à un doublement de la production du mil.

## L'entretien du digesteur

Le digesteur ne nécessite aucun entretien spécifique. Chaque 5 ans on peut prévoir après la vidange un passage de barbotine.

## Fuite de la cloche gazomètre

En cas de fuite de la cloche au montage, il convient de vérifier si le joint est bien placé. Si la cloche présente un défaut elle devra être remplacée par le fournisseur.

Après plusieurs années (10-15 ans) la cloche peut présenter une fuite. La fuite est réparé avec la résine spéciale fournit pas votre fournisseur.

## Disfonctionnement

Une fois le digesteur mis en route et s'il est approvisionné régulièrement la production de gaz sera très régulière. Si un jour la production n'est pas importante ou la pression est nulle, il faut vérifier les points suivants :

- Vidanger le piège à eau, dévisser le tuyau au niveau de la cloche et souffler dedans après avoir ouvert la vanne du piège à eau pour vérifier s'il n'est pas bouché.
- Vérifier que le réchaud ou un appareil n'est pas resté ouvert
- Vérifier si le tuyau n'est pas endommagé
- Vérifier les colliers, les changer s'ils sont endommagés
- Dévisser le cône de la cloche voir s'il n'y a pas de la matière qui est remontée et bouche le tuyau.

## Sécurité

1- En cas de fuite du gazomètre, le gaz va buller dans l'eau et ne présente aucun risque d'explosion.

2- Le gaz est stocké sous basse pression (30 à 90 mb) sous eau. La quantité de gaz stockée est de 6 kW. En comparaison une bouteille de gaz butane de 6 kg stocke 72 kw sous haute pression ! Le risque est donc incomparable.

3- Tous les équipements utilisés (vannes, tuyaux, réchauds ect...) sont aux normes internationales en matière d'utilisation du gaz. Les fabricants sont certifiés

4- Une vanne d'arrêt de gaz est installée à la sortie du digesteur.

5- Une vanne d'arrêt est installée au niveau de chaque appareil utilisant le gaz.

6- L'utilisation des brûleurs requiert les mêmes règles que pour le gaz butane : ne pas laisser le brûleur allumé, ne pas couper ou endommager le tuyau d'arrivée du gaz, vérifier que le collier de raccord est bien serré, ne pas se pencher ou toucher la flamme

7- Les tuyaux de gaz externes seront changés tous les 10 ans. Tout tuyau présentant un signe de détérioration doit être remplacé.

8- En cas de surpression le gazomètre va évacuer le gaz qui va buller ne présentant aucun risque pour les utilisateurs.

**9- Avant toute intervention sur le gazomètre il faut vidanger la cloche en ouvrant le piège à eau.**

# BUDGET ESTIMATIF

## Installation d'un digesteur avec gazomètre (1,2 à 1,5m3/jour)

<i>Matériaux et équipements</i>	<i>Quantité</i>	<i>Budget</i>
Ciment	1500 kg	140 000
Tuyau 160	4 m	15 000
Tuyau 100	2 m	3 000
Fer à béton 8	4 barres de 6 m	6 000
Cloche	1	154 000
Lot de tuyau, vannes, filtre, manomètre	1 lot	10 000
Réchaud gaz 1 feu	1	11 000
Lampe Gaz	1	6 000
Location du moule	1	30 000
Maçon* (+ 10% sur les équipements et 5% sur cloche)	7	35 000
		<b>410 000</b>

## Gazomètre externe (+ 1,2 à 1,5 m3/jour)

<i>Matériaux et équipements</i>	<i>Quantité</i>	<i>Budget si réalisé avec digesteur</i>	<i>Budget si réalisé après</i>
Ciment	350 kg	35 000	35 000
Fer à béton 8	3 barres de 6 m	4 000	4 000
Cloche	1	154 000	154 000
Tuyau, vannes		2 000	2 000
Location du moule		Inclus dans location digesteur	10 000
Maçon	1 à 2	5 000	10 000
		<b>200 000</b>	<b>220 000</b>

## Groupe électrogène

<i>Modèle 600</i>	<i>290 000</i>
<i>Modèle 1200</i>	<i>670 000</i>
<i>Modèle 3000</i>	<i>1 200 000</i>

