



Valorisation énergétique et agronomique des déchets organiques solides et eaux usées

MANUEL POUR LA CONSTRUCTION, L'ENTRETIEN ET LA GESTION D'UNE UNITE DE METHANISATION

Octobre 2015

Bioéco

C.CHEsNEAU

BIOECO SARL bioecosarl@yahoo.fr www.bio-e-co.fr

6, rue de la vallée des buis – Pontijou - 41500 MAVES FRANCE

Partenaires Techniques



Partenaires Financiers



Fonds Français pour l'Environnement Mondial

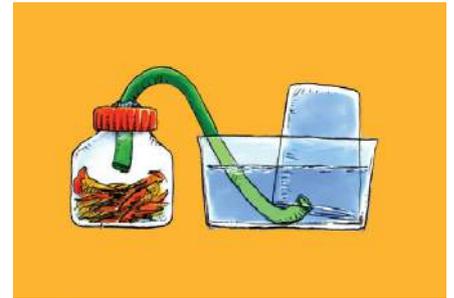


Union Européenne

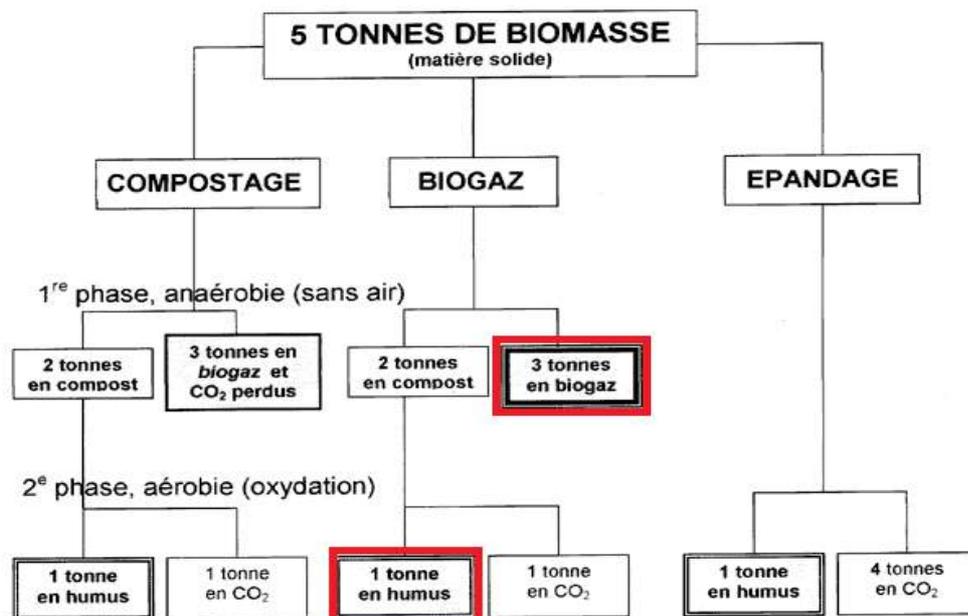
THEORIE SUR LA METHANISATION

Qu'est ce que la méthanisation ?

La méthanisation est la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène (à la différence du compostage qui est la fermentation avec de l'oxygène). Cette fermentation se produit naturellement (dans les marais) ou spontanément dans les décharges contenant des déchets organiques, mais on peut aussi la provoquer artificiellement dans des digesteurs .



La méthanisation (BIOGAZ) produit du biogaz et de l'humus.



ADER 2003

Qu'est ce que le biogaz ?

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane (typiquement 50 à 70 %) et de dioxyde de carbone (CO_2), avec des quantités variables de vapeur d'eau, et de sulfure d'hydrogène (H_2S).

L'énergie du biogaz provient uniquement du méthane : le biogaz est ainsi la forme renouvelable de l'énergie fossile très courante qu'est le gaz naturel. (wikipédia 2015).



1 m3 de biogaz



0,5 kg gaz bouteille

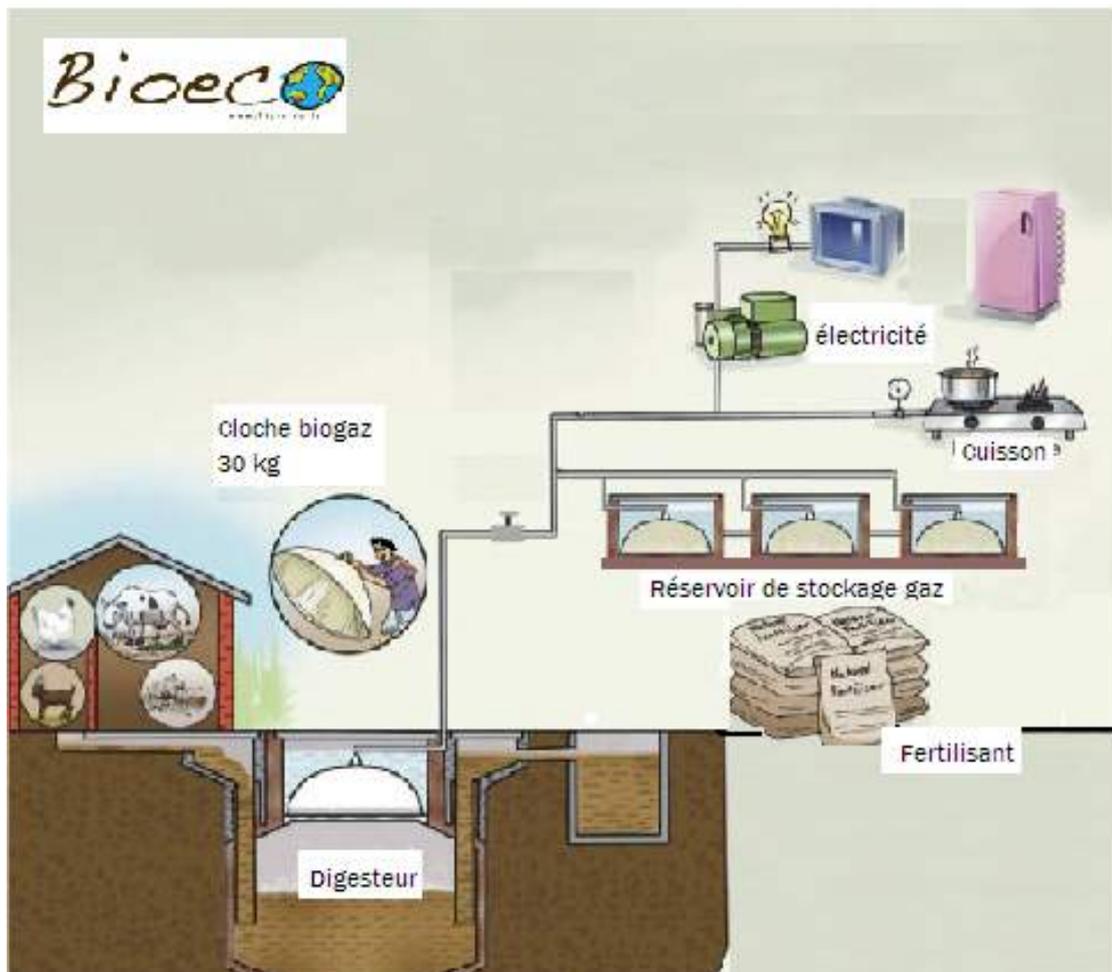
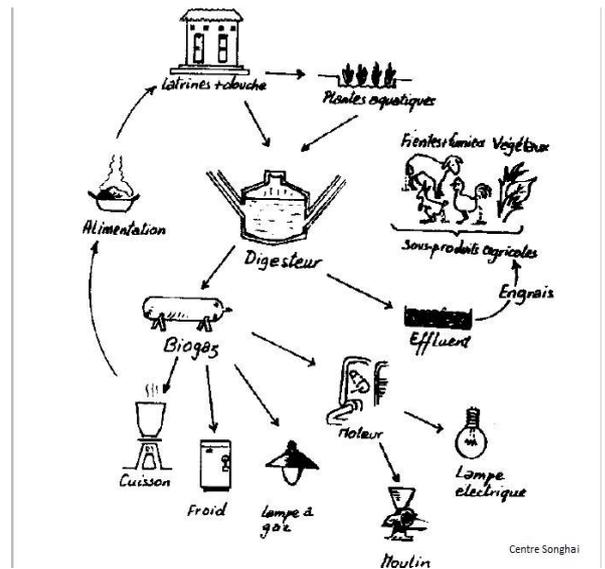


2 kg de charbon



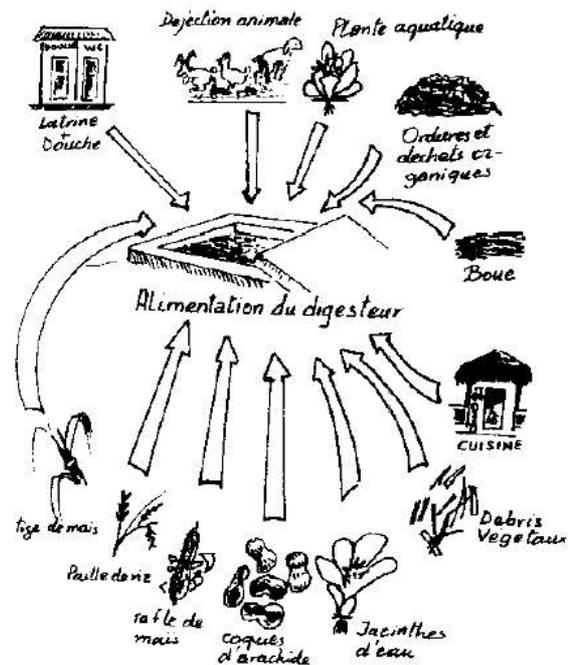
6 kg de bois

Utilisations	Besoins en biogaz/heure
cuisine	0,22 à 0,45 m ³ /h/brûleur de 5 à 10 cm de diamètre
	0,25 m ³ /personne/jour (cuisine individuelle)
	0,15 m ³ /personne/jour (famille)
éclairage	0,1 m ³ /h/bec à incandescence
	0,04 m ³ /h/manchon (40W)
réfrigérateurs	0,15 à 0,2 m ³ /h/100 l de capacité
moteurs	0,45 m ³ /CV/h pour un moteur de rendement moyen 25%



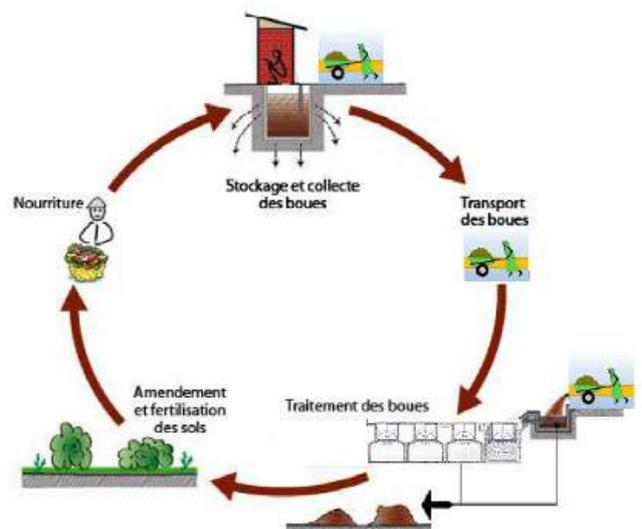
Quels déchets ?

Toutes les matières organiques peuvent être méthanisées. Certaines peuvent être utilisées sans mélange comme les eaux usées des latrines, les déjections animales... d'autres doivent être apportées en mélange avec des déjections animales ou des eaux usées comme la paille de riz ou les tiges de maïs.



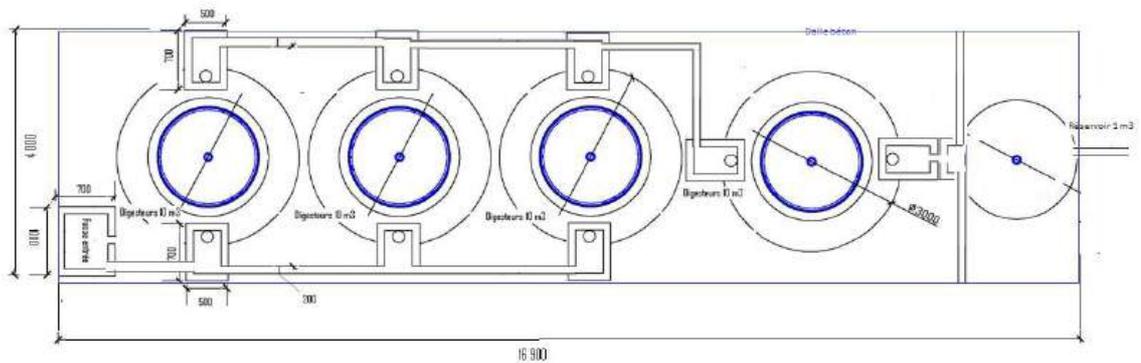
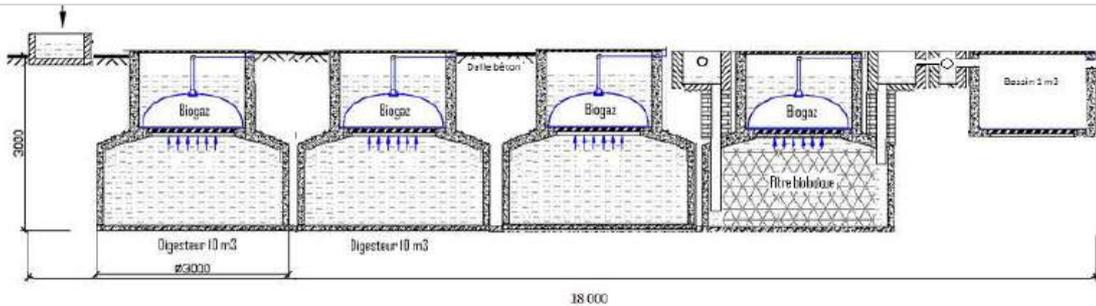
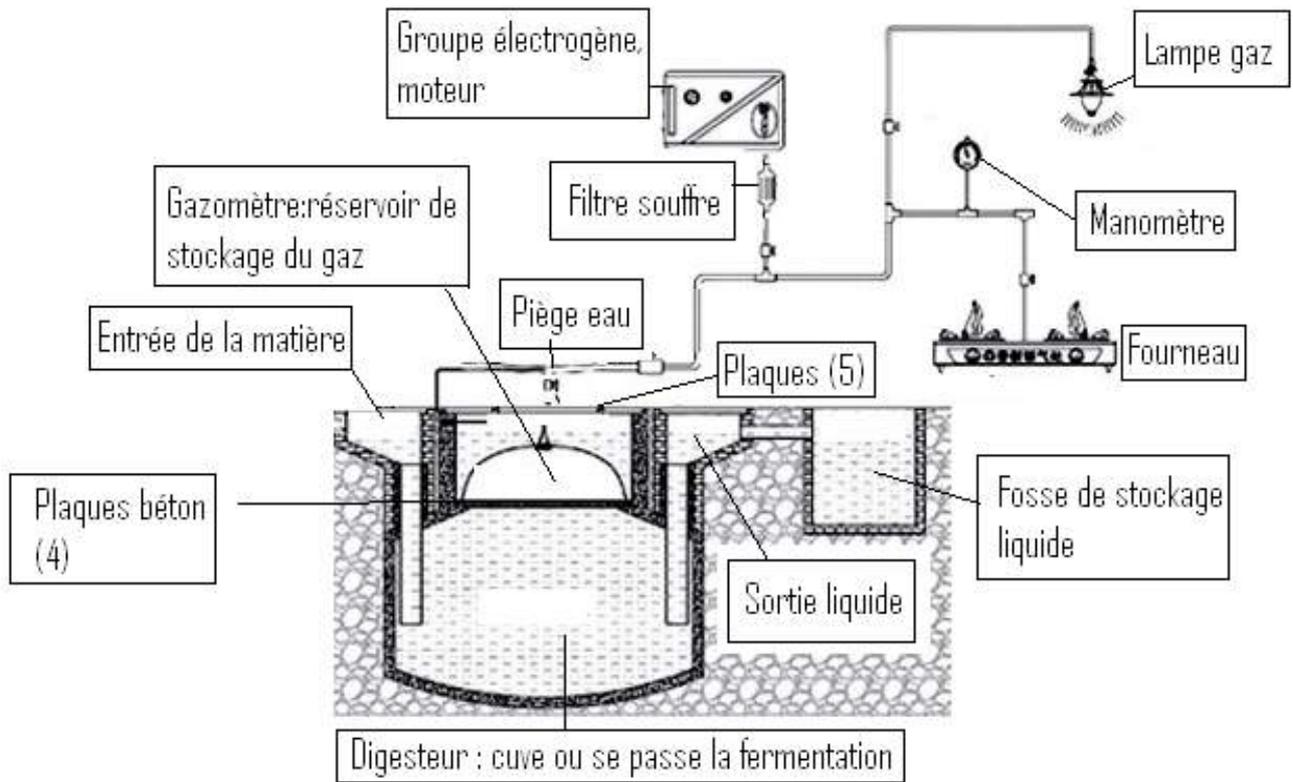
Type de matière	Taux de MS	Quantité pour produire 1 m3 de gaz en kg	Quantité par jour en kg/unit	Nombre d'unit pour 1 m3
Déjections de porc	18%	22	2,2	10
de vache	18%	30	10	3
de volaille	30%	13	0,18	70
homme	20%	16	0,4	40
Pailles de riz, blé...	85%	4		
Déchets légumes, herbe fraîche	25%	9		

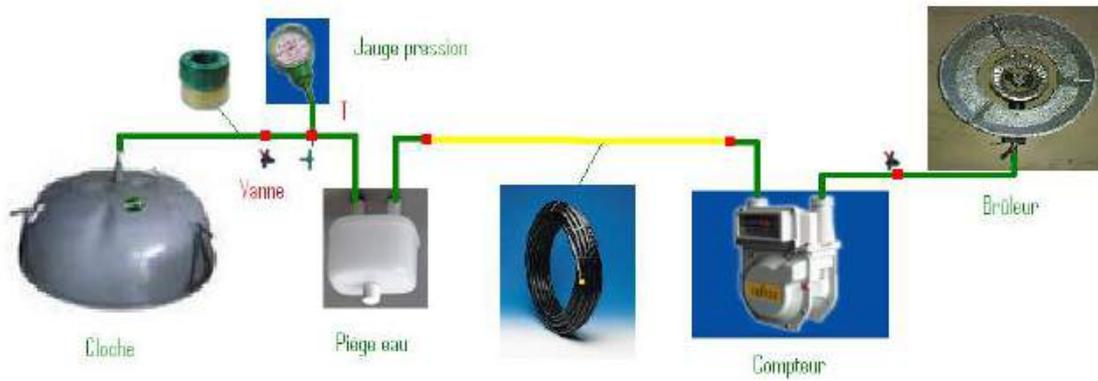
En traitement des eaux usées ou des boues de vidange, la méthanisation permet aussi de réduire les odeurs, d'éliminer les germes pathogènes et de réutiliser les eaux usées et les boues en agriculture.



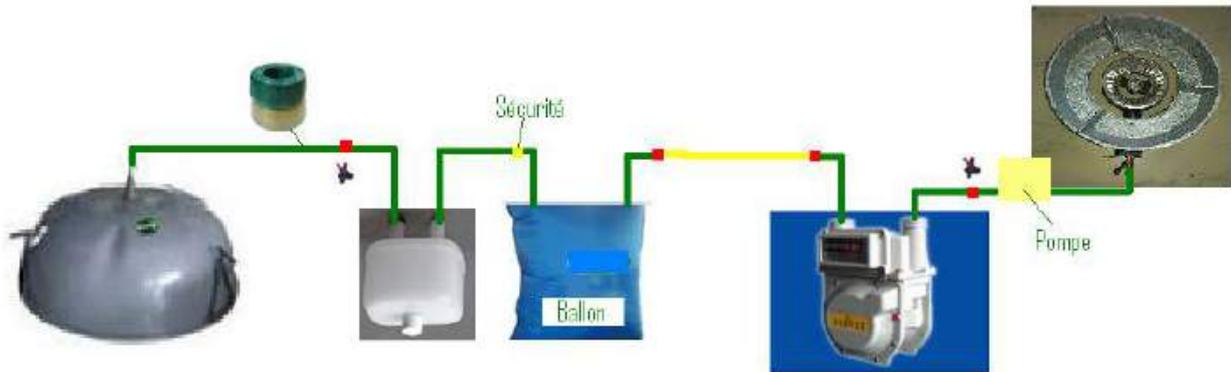
INSTALLATION DE METHANISATION

Schéma général d'une installation



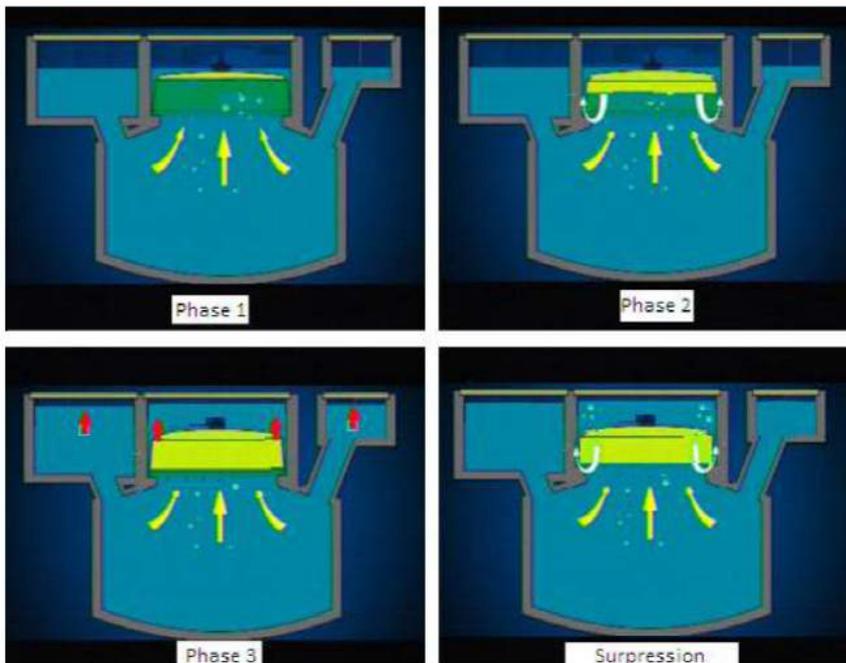


Montage sans ballon



Montage avec ballon

Technologie brevetée

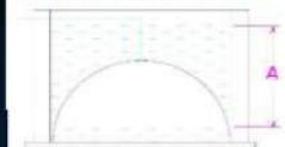


Technique brevetée

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

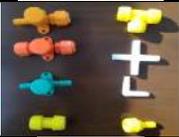
Phase 2 : Le biogaz expulse l'eau contenue dans la cloche

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

Composants d'une installation

<p>Digesteur</p>		<p>Le digesteur est une cuve en béton. C'est la partie où se passe la fermentation. La matière est introduite au niveau de l'ENTREE. Le même volume qui est introduit ressort par la SORTIE.</p>
<p>Gazomètre</p>		<p>Le gazomètre est une cloche en fibre. Elle a pour fonction de stocker le gaz et le mettre sous pression. Un gazomètre stocke 1 m3 de gaz. Le gazomètre peut être enlevé pour permettre l'accès à l'intérieur du digesteur.</p>
<p>Fosse stockage</p>		<p>Cette fosse permet de stocker l'eau sortant du digesteur lors des remplissages. Cette eau est utilisée pour diluer la matière entrante.</p>
<p>Filtre soufre</p>		<p>Le biogaz contient du soufre qui donne la mauvaise odeur au gaz. Le soufre fait rouiller les équipements. Le filtre à soufre contient des granulés de terre riche en fer qui retiennent le soufre- <u>obligatoire avec un groupe électrogène ou un chauffe eau.</u></p>
<p>Piège à eau</p>		<p>Le biogaz en sortie est humide. L'eau doit être piégée pour ne pas boucher les tuyaux.</p>
<p>Tuyaux et vannes</p>		<p>Les tuyaux permettent le transport du gaz. Ils doivent si possible être enterrés et/ou passés dans une gaine orange pour les protéger.</p>
<p>Compteur</p>		<p>Son rôle est de mesurer la production de gaz</p>
<p>Lampe biogaz</p>		<p>La lampe biogaz fonctionne sur le même principe que les lampes gaz. La mèche est à remplacer en fonction de l'utilisation.</p>
<p>Réchaud</p>		<p>Le réchaud biogaz permet la cuisson.</p>
<p>Chauffe eau</p>		<p>Chauffe eau biogaz instantané permet de chauffer de l'eau. Allumage automatique (piles)</p>
<p>Jauge de pression</p>		<p>Les jauges de pression permettent de vérifier la quantité de gaz stocké.</p>

FONCTIONNEMENT D'UNE UNITE

Mise en route

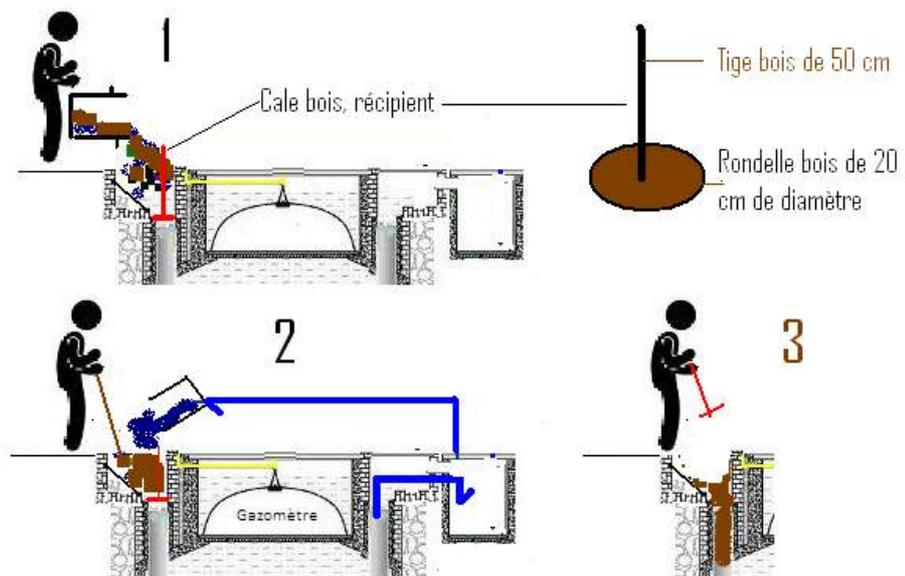
Le premier remplissage doit se faire avec 1 m³ de déjection de vache ou de contenu de panse (abattoir) et 10 m³ d'eau.

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.

Une fois que le gaz brûle, commencer à ajouter la matière.

Alimentation du digesteur

On peut alimenter le digesteur une fois/jour à une fois/semaine. En fonction des matières, on fait un mélange entre la matière et du liquide (liquide sortant du digesteur possible en recyclage).



Bouses séchées



Contenu de panse



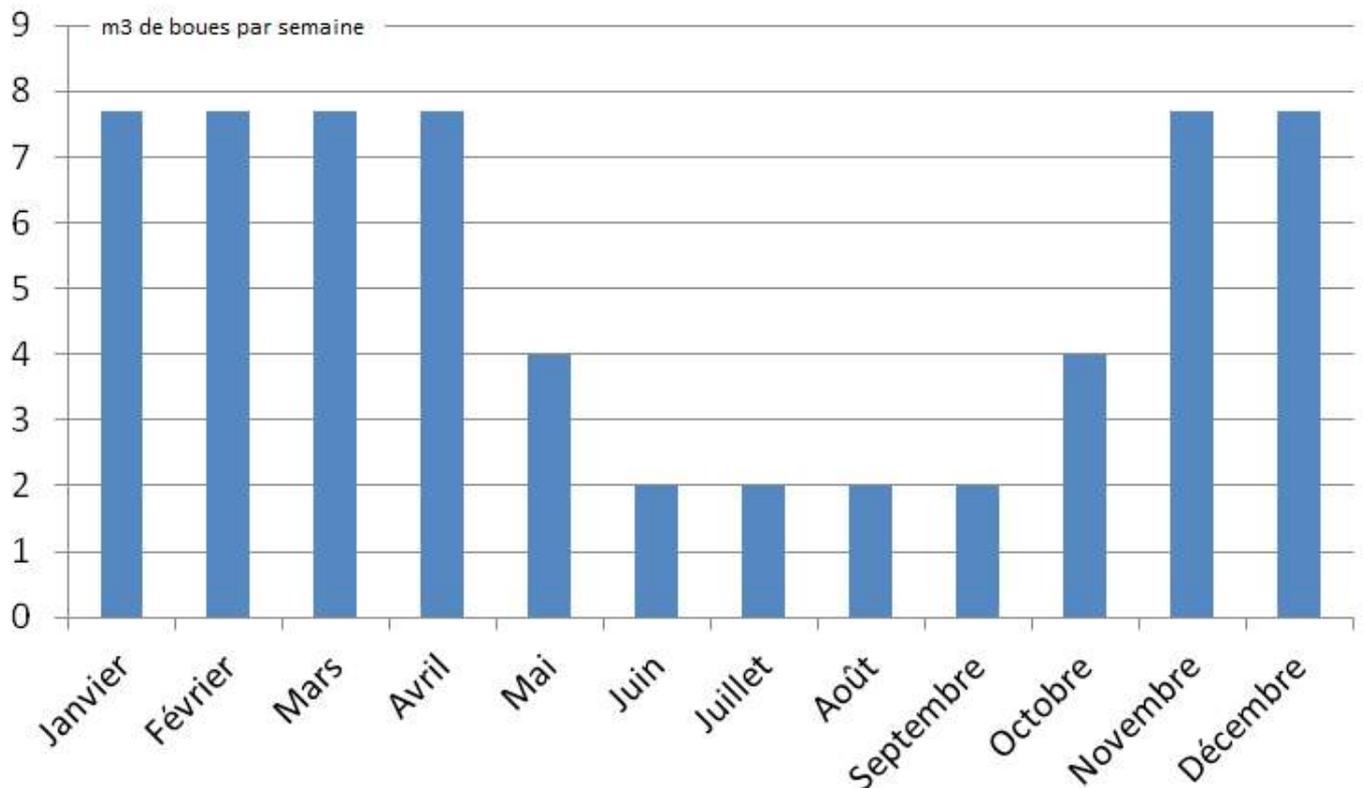
Biodéchets

Quelle quantité de matière apporter ?

La quantité de matière à apporter par jour va dépendre du taux de matière sèche et de la température. Plus la matière est sèche et plus la température est basse et plus le temps pour digérer sera long donc moins on pourra apporter de matière.

MS %	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
T°												
15	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360
20	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180
25	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
30	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
35	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

Exemple : contenu de panse à 14% de MS avec une température moyenne de 25°C ; le temps de séjour est de 60 jours. Pour trouver la quantité on divise le volume du digesteur par le temps de séjour : $10/60 = 0,16$ Tonnes/jour soit 166 kg/jour.



Exemple de volume d'alimentation selon l'a température (Antananarivo- Madagascar)

La vidange

La vidange des digesteurs est réalisée en fonction du volume et du type de matière apportée. Les boues doivent être pâteuses et pas trop liquides (sinon ce n'est pas la peine de vidanger)



Enlever les dalles de dessus



Enlever la cloche



Enlever les dalles intérieur

Pour vidanger on doit retirer les dalles et 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. Utiliser des cordes pour soulever la cloche.

Il faut une journée pour vidanger à 4 personnes un digesteur de 10 m³. On laisse toujours au fond 40 cm de boues.

Une fois terminé on referme la cloche et on remplit d'eau à nouveau.



L'entretien des installations

→ Maintenir le site propre et réparer toutes les petites dégradations des surfaces (béton, peintures ect...).

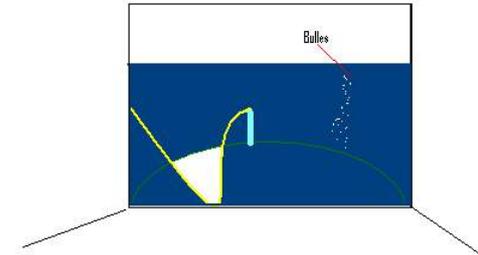
→ Le digesteur ne nécessite aucun entretien spécifique. Chaque 5 ans on peut prévoir après la vidange un passage de barbotine + SIKA poudre sur l'intérieur de la cuve si on observe des dégradations.

→ En cas de fuite de la cloche au montage (le gaz bulle dans l'eau), il convient de vérifier si le joint au niveau du cône est bien placé. Après plusieurs années (10-15 ans) la cloche peut présenter une fuite. La fuite est réparée avec la colle « minute ».

→ Les tuyaux sont à changer si on aperçoit des craquelures. A remplacer après 10 ans.

→ Les équipements sont à changer en fonction de leur état. Le réchaud fonte a une durée de vie de plus de 5 ans. Le chauffe eau de 3 à 5 ans s'il est utilisé chaque jour.

→ Vider l'eau dans le piège si besoin.



ATTENTION ! Les granulés d'Oxyde de Fer contenus dans le filtre à soufre doivent être régénérés chaque 100 m3 pour les filtres 1 kg. Vider le filtre et laisser les granulés à l'ombre 24h. On peut ensuite réutiliser les mêmes granulés. Après 4 opérations de régénération il faut mettre des granulés neufs.

→ Les colliers au niveau des tuyaux sont à changer s'ils sont rouillés.

Disfonctionnements/Pannes



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

- Vidanger le piège à eau
- Vérifier si les tuyaux ne sont pas bouchés, dévisser les tuyaux et souffler dedans après avoir ouvert la vanne du piège à eau.
- Vérifier que le réchaud ou un appareil n'est pas resté ouvert
- Vérifier si les tuyaux ne sont pas endommagés
- 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.

Si l'eau en sortie ne respecte pas la norme

- Réduire le volume apporté

Si un problème persiste pour vérifier une fuite ou un tuyau bouché, on peut injecter de l'air dans le digesteur avec un compresseur en mettant le tuyau d'air dans l'entrée du digesteur

PROBLEMES	CAUSES PROBABLES	SOLUTION
1. Pas de dégagement de gaz ou faible dégagement	Pas d'apport de matière suffisante	Augmenter l'apport en matière première
	Tuyau est bouché	Vérifier les tuyaux, vérifier si le cône sur la cloche n'est pas bouché
2. Odeur d'œuf pourri	Fuite de gaz dans les canalisations	Vérifier les tuyaux, joints, colliers. Si le problème persiste remplacer les tuyaux par tronçon.
3. Le gaz n'arrive pas aux appareils d'utilisation	Fuite ou perte de gaz au niveau de la canalisation	Détecter à l'odeur une fuite éventuelle
	De l'eau bloque le gaz	Vérifier en enlevant les tuyaux
		Vérifier l'ouverture de toutes les vannes depuis la vanne sur le gazomètre jusqu'aux appareils d'utilisation.
4. Le gaz ne brûle pas, ou il n'y a plus de gaz malgré un apport de matière	Indigestion dû à une mauvaise alimentation (apport uniquement de balle de riz ou d'huile ect...)	Vérifier le PH. S'il est inférieur à 6 ajouter de la cendre par «lot de 1 kg » jusqu'à ramener le PH à 7.

PROBLEMES	CAUSES PROBABLES	SOLUTION
1. Le brûleur ne brûle pas	Le gaz n'arrive pas à la tête du brûleur	-Vérifier l'ouverture des vannes -Vérifier l'étanchéité dans toutes les canalisations
	Taux élevé de gaz carbonique dans le gaz et faible taux de méthane	Vérifier le PH dans le digesteur.
	Trop d'air primaire ne permettant pas une bonne combustion	Réduire l'ouverture du trou d'entrée d'air primaire sur le brûleur
2. La flamme du brûleur est instable	Il y a beaucoup d'eau dans les canalisations	-Vérifier la pente du tuyau après sortie du purgeur - Vider le filtre à eau - Vérifier qu'il n'y a pas d'eau dans les canalisations

PROBLEMES	CAUSES PROBABLES	SOLUTION
1. La lampe ne fonctionne pas	Fuite de gaz dans les canalisations	Vérifier l'étanchéité des canalisations
	Des vannes fermées	Vérifier l'ouverture des vannes
2. La flamme instable	Trop d'eau dans les canalisations	Vérifier la pente du tuyau après sortie du purgeur - Vider le filtre à eau - Vérifier qu'il n'y a pas d'eau dans les canalisations
3. Le manchon est dégradé	Usure	Changer le manchon

Sécurité

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

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

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

4- 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.

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

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

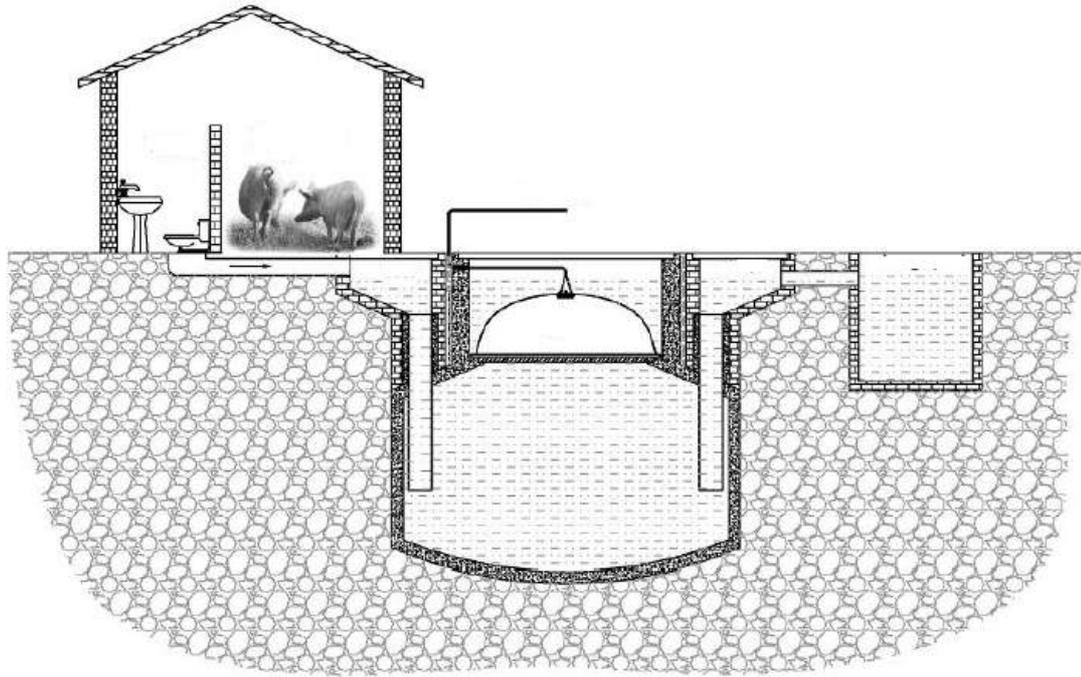
7- Avant toute intervention sur le gazomètre il faut vidanger la cloche en ouvrant le piège à eau.

Odeur d'œuf pourri = fuite / Aérer immédiatement le local

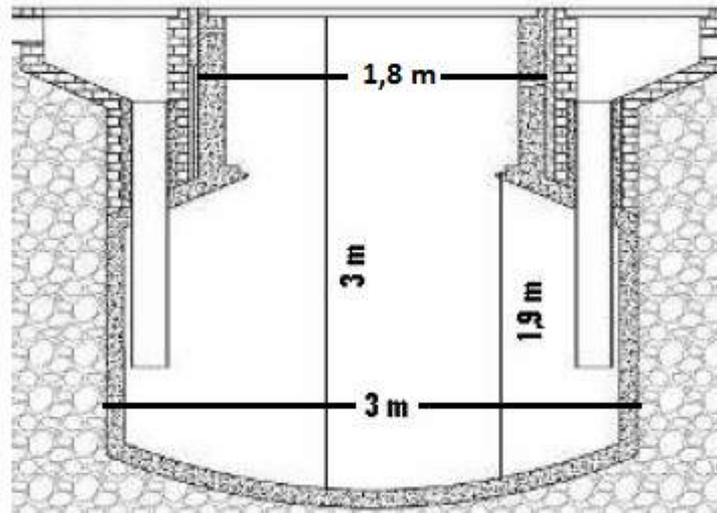


H2S

CONSTRUCTION D'UN DIGESTEUR 10 m3



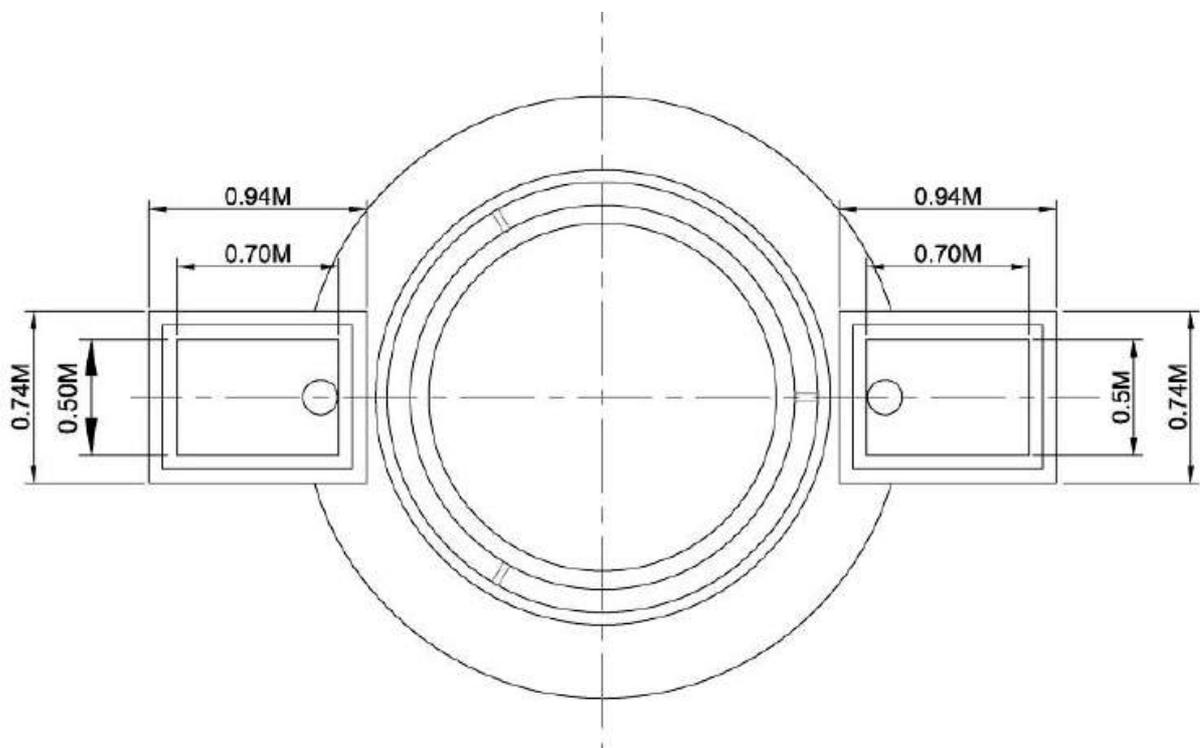
Dimensions



Epaisseur de la dalle 10 cm

Epaisseur de la paroi corps : 10 cm

Epaisseur de la paroi cou : 14 cm



Emplacement & excavation

Le digesteur doit être placé dans un endroit dégagé, ensoleillé et pas trop éloigné des appareils de consommation (20 mètres).

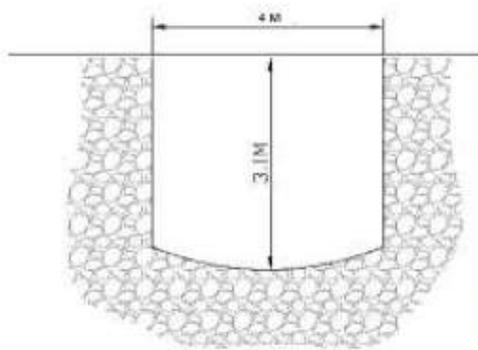
Placer le digesteur à au moins 5 m d'un arbre (racines).



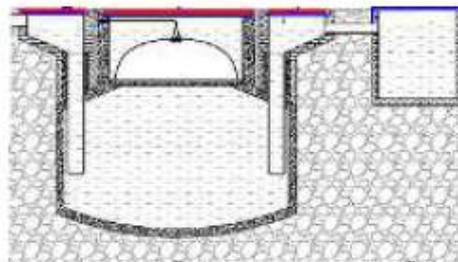
2 à 4 jours selon le sol

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

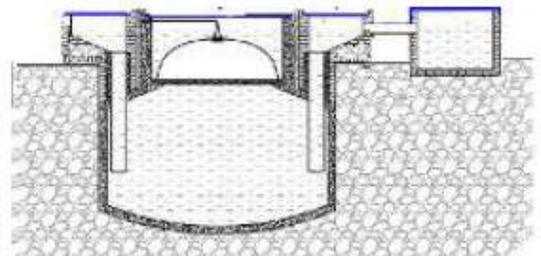
Pour une installation semi-enterrée le trou doit avoir une profondeur de 2,5 m



Enterré



Semi enterré



PORTEZ VOS E.P.I. :



Matériaux & outils

Pour un digesteur les matériaux suivants sont nécessaires

Sable : 2,5 m³
Gravier : 3,5 m³
Ciment : 1500 kg
Tuyau PVC 160 : 1,25 + 1,25 mètres
Fer à béton diamètre 6/8 : 4 barres de 12 m
Briques terre cuite : 320 u
Bobine fil de fer : 1 u
Sachet SIKA (Enduit) : 1 sachet
Huile vidange (3 l)



Les outils recommandés sont :



Pelles et sceau (4)
Truelles (2)
Marteau *
Tournevis plat
Tige métal *
Pied de biche *
Clé 16 (2) *
Bétonnière **
mètre 5 m

Brouette (2)
Echelle 3 m
Maillet
Brosse acier
Chifons

* Fourni avec moule
** Fortement recommandé

Les ouvriers doivent porter des équipements de protection individuelle. Le panneau ci

doit être affiché.

Le chantier doit disposer d'une boîte à pharmacie de base.



Un panneau interdit au public doit être affiché.



Le digesteur est construit avec un moule composé d'un ensemble de plaques. Ce moule est réutilisable, il doit être nettoyé et graissé après chaque utilisation.



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 !

ATTENTION EN CAS DE FORTE CHALEUR IL EST OBLIGATOIRE D'ARROSER LA CONSTRUCTION POUR LA TENIR HUMIDE ET EVITER UN SECHAGE TROP RAPIDE

Déroulement du chantier

3/Couler la dalle



Couler une dalle de 10 cm d'épaisseur sur 3,1 x 3,1

4/MONTER LE MOULE CORPS INTERIEUR



5/MONTER LE MOULE CORPS EXTERIEUR

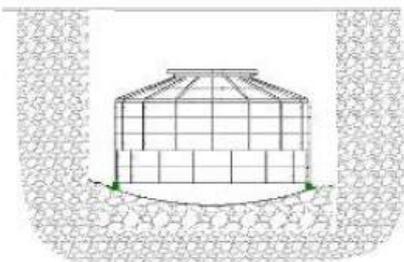


Mettre des cales pour tenir l'écartement

Le moule se monte en mettant moitié d'attache rapide et moitié de boulons un sur 2



6/MONTER LA COUPOLE



Utiliser le pic pour ajuster



7/POSER LE SUPPORT RELIANT LES COUPOLES



S'installe avec des boulons

8/PREPARER, COULER LE BETON ET VIBRER



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

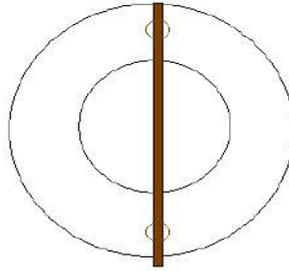
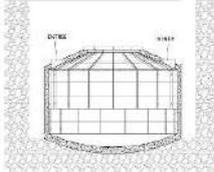
Vibrer Couler une seconde couche Vibrer Couler la partie supérieure Vibrer



9/POSER LES MORCEAUX DE TUYAU ENTREE/SORTIE



Pour bien positionner les entrées/sorties poser une planche sur le diésateur au centre puis placer le trou au fil à plomb.



9/POSER LE COFFRAGE DE BORDURE

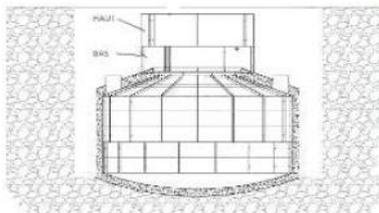


Niveler le béton sur le premier anneau

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



14/COULER LES COUVERCLES 9 morceaux



Préparer les fers à béton diamètre 8 longueur et 6 sur largeur, espacement de 20 cmll y a 5 moules coffrages. Couler le matin la première série puis décoffrer et couler la seconde partie le soir. Ne pas laisser trop sécher sinon le moule sera difficile à retirer.



14/RETIRER LES GOUPILLES (MATIN)



15/DECOFFRER LA PARTIE SUPERIEURE (SOIR)



Huiler le moule



Décoffrage haut et bas externe : 24 h

Décoffrage intérieur et voute 48 h

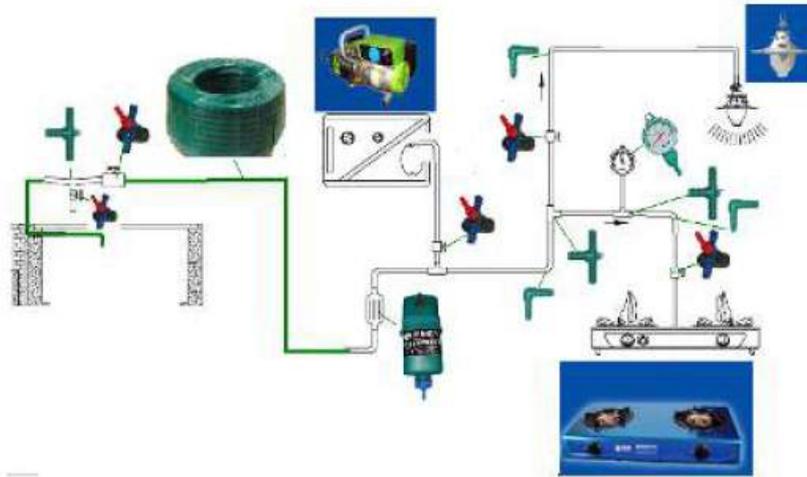
17/DECOFFRER LE MOULE BAS EXTERIEUR



18/REMBLAYER LA PARTIE BASSE



19/POSER LES EQUIPEMENTS



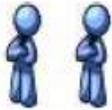
20/ASSEMBLER LA (LES) CLOCHE (S)



21/DECOFFRER LE MOULE INTERIEUR



22/BROSSER ET HUILER LE MOULE



24/REMBLAYER



25/VERIFICATION INTERIEUR



1/2 mètre d'épaisseur de béton avec ferraillage. Réaliser une couche de conductivité thermique

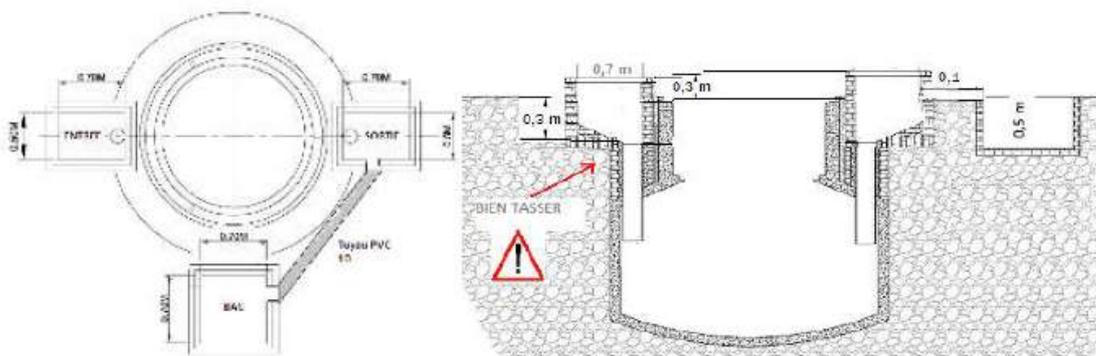
26/CONSTRUCTION DE L'ENTREE, SORTIE, BAC

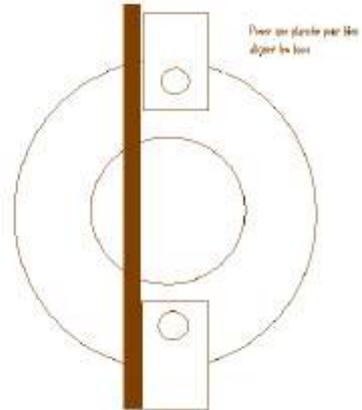


Remblayer

Bien tasser au niveau des maçonneries

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



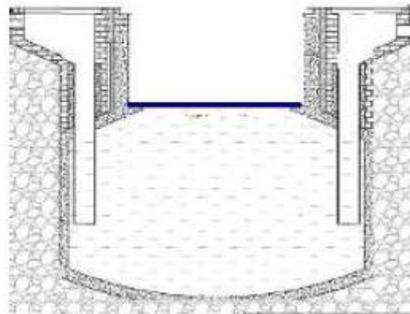


26/VERIFICATION ETANCHEITE

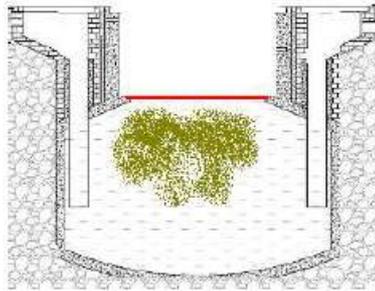


Remplir d'eau le digesteur. S'il perd moins de 1 cm en 24 c'est bon.

S'il y a une fuite il faut laisser baisser au maxi voir où est la fuite



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