

# Installation Biogaz autoconstruite

## ou

### « Comment rouler avec du caca »

-Version 1.5 du 01/06/2013 -

Ce document décrit comment mettre en place une installation biogaz de petite taille (de quoi rendre autonome en énergie une petite ferme, c'est à dire une production de biogaz < 10m<sup>3</sup>/heure)

Le projet que je présente permet de produire environ 1m<sup>3</sup>/h de biogaz.

Pour info, 1m<sup>3</sup> de biogaz = 7kWh = 0,7l de diesel = 2,7 kg de bois

Et 10kg de matière organique équivaut à environ 1L d'essence, mais produit sur une période de 3 mois.

Le biogaz produit pourra être utilisé pour cuisiner/stériliser, se chauffer, faire fonctionner un groupe électrogène et pourquoi pas faire rouler un véhicule équipé GNV. Les modifications sur les tracteurs autant essence que diesel sont possibles. D'une manière plus générale, on obtient du gaz et tout ce qui se fait avec le gaz de ville/butane/propane peut être aussi fait avec le biogaz moyennant quelques menus modifications. On peut même faire du froid avec le gaz !

Ce document s'adresse aux paysans qui recherchent l'autonomie énergétique. Ceux qui veulent changer de métier en produisant du gaz pour le revendre sous forme d'électricité à EDF devront se débrouiller avec les méga-installations clefs en main en vogue actuellement. Avec des subventions, elles sont soit-disant rentables alors faut pas s'emmerder avec l'auto-construction.

Il y a beaucoup d'infos que je glane depuis plus de 4 ans, date à laquelle j'ai fait mon 1er petit digesteur dans un bidon de 200l (voir le site d'EDEN)

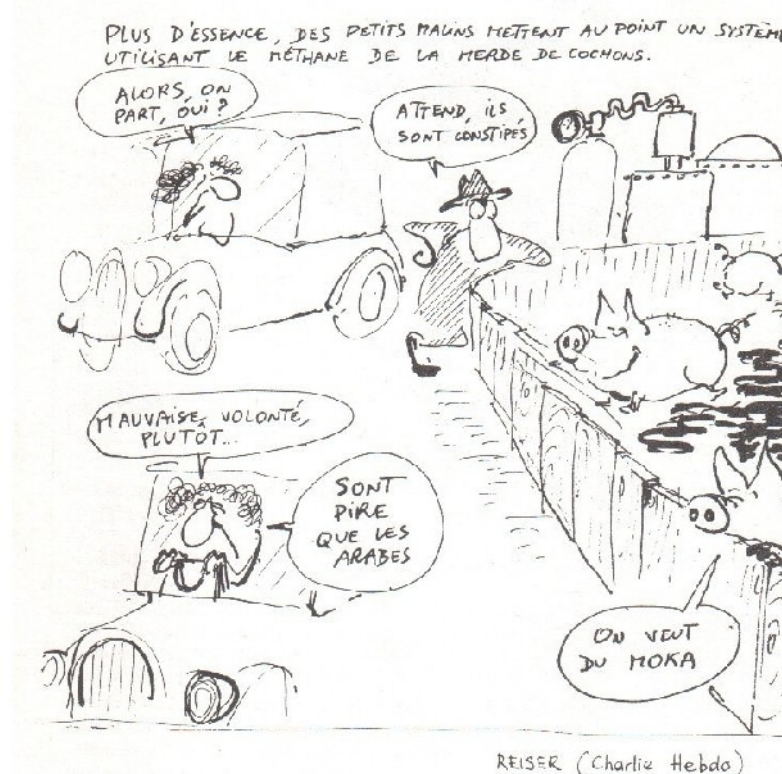
Toutes ces infos arrivent pour vous en bloc mais sont, pour moi, importantes à connaître pour s'aventurer dans le merveilleux monde du biogaz (oui ça peut être parfois imbitable mais relisez...)

Le texte est long, mais ce n'est pas que de l'info, c'est du concret à l'image des projets d'auto-construction de l'ADABIO.

Je présente donc ici ce que j'ai fait, ce que j'aurais du/pu faire, ce que j'aimerais faire.

Et je remercie toutes les personnes qui me harcèlent depuis pas mal de temps pour que je fasse ce doc...

Et aussi surtout tous ceux qui m'ont aidé à la construction du digesteur ! Pas de noms, j'en oublierai !



## Table des matières

1 Principe d'une installation biogaz.....	3
2 Mon digesteur biogaz.....	5
2.1 Introduction.....	5
2.2 Construction.....	5
2.3 Coûts HT.....	8
2.4 Le mélange de la cuve.....	9
2.5 Le réchauffage.....	11
2.6 Remplir et fermer la cuve.....	12
2.7 De l'énergie pour faire de l'énergie ?.....	13
2.8 une alternative : un digesteur ultra pas cher fonctionnel.....	14
2.9 Ce qui ne vas pas avec mon système.....	14
3 L'épuration du biogaz.....	16
3.1 Enlever l'H <sub>2</sub> S.....	16
3.2 Enlever le CO <sub>2</sub> .....	16
3.2.1 Méthode possible chez un paysan.....	16
3.2.2 Autre méthode ultra cheap possible chez un paysan .....	19
3.2.3 Autres méthodes pour le CO <sub>2</sub> .....	19
3.3 Enlever l'eau.....	20
3.4 Analyse du biogaz.....	20
4 Utilisations.....	22
4.1 Faire la cuisine / stériliser.....	22
4.2 Se chauffer.....	23
4.3 Une torchère.....	23
4.4 Sécurité et risques d'une installation biogaz.....	24
5 Et pourquoi pas ?.....	26
6 Bibliographie.....	28
6.1 Bouquins.....	28
6.2 Internet.....	28
7 Conclusion.....	28

# 1 Principe d'une installation biogaz

J'aborde ici brièvement les installations biogaz, les petits malins que vous êtes utiliserez google avec les bons mots clefs pour approfondir. Il y a aussi en annexe des liens vers des sites intéressants.

Il faut se rappeler que le méthane est produit par des bactéries anaérobies (sans air), c'est pour cela que la cuve (le digesteur) est étanche et remplie d'eau mais c'est aussi pour aider au mélange et à l'uniformisation de la température et des bactéries dans la cuve. Un tas de compost en fermentation aérobie tassé produit à priori au milieu du méthane (en anaérobie) mais surtout de la chaleur sur ses flancs aérobie.

D'une manière générale, les infos que vous trouverez sur internet concernent principalement les grosses installations dont le but est uniquement financier : pisser un max de méthane pour le revendre en électricité, en chaleur ou même parfois en gaz de ville. Notre but étant tout autre, la réflexion est parfois complètement à l'opposé.

Il existe une multitude de type d'installation parmi lesquelles on trouve :

## les installations en continu

Ce type d'installation est destiné aux personnes ayant de manière quasi journalière de la matière organique à composter, par exemple le petit lait d'une (grosse) fromagerie. C'est plutôt rare dans le cas de petite ferme, j'en resterai donc là.

## les installations en discontinu

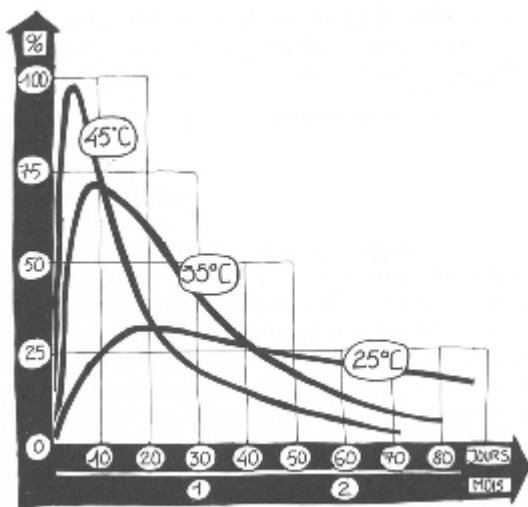
Dans ce cas, on a 1 ou plusieurs cuves que l'on vide et remplit lorsqu'elles arrivent en fin de production. On en construit souvent 3 pour les alterner et ainsi obtenir une production de gaz régulière. En vrai on a besoin de plus de gaz en hiver qu'en été sauf si vous faites de nombreuses stérilisations l'été par exemple. Dans un cas d'autonomie il est plus facile de s'adapter à la production de gaz que d'adapter la production elle-même. Par exemple stériliser ou stocker quand il y a plein de gaz.

La fermentation anaérobie est possible de 10°C à environ 70°C. Je ne rentrerai pas dans les détails des phases psychrophile, mésophile et thermophile. Ces phases sont des plages de température où officient certains types de bactéries et à chaque plage on a un optimum d'activité bactérienne. Jetez un coup d'œil sur internet, on ne jure que par le 36-37°, température OPTIMUM pour une fermentation rapide mais rarement on vous dit que plus bas ça marche aussi très bien !

Et ça fonctionne !, au dessus de 10° quand même ; en ce moment je suis à 12° et j'arrive à faire encore la cuisine. Mais c'est pas bien du tout. Pour moi, au pif, 20° me semble pas mal. Pourquoi ? C'est comme ça. Non c'est pas comme ça, c'est qu'à 20° je produis ce dont j'ai besoin.

Explication : Le graphique suivant, extrait du bouquin « Biométhane » de Bernard Lagrange, nous montre la

production du biogaz en fonction du temps. On voit que plus on est haut en température plus on crache rapidement du biogaz, ce qui dans un système visant à l'autonomie est relativement idiot. Mon bon M'sieur, qu'allez vous faire de tout ce gaz produit en 2-3 semaines ? Le stocker ? Dans des cuves anticorrosion ? Faire une torchère, comme j'ai eu fait au début, pour épater les potes ? Non, vous avez peut-être deviné que la température idéale est différente pour chacun de nous, fonction de nos besoins. Il va falloir la trouver en la faisant varier. Alors ici attention, pas de variation rapide, les bactéries détestent, certaines sont bien à 15°, d'autres à 30°, si vous changez trop rapidement les 1ères s'arrêtent de vivre, les 2èmes se reproduisent mais pas de gaz pendant ce temps. Le pire c'est que parfois ça repart pas, un peu fragile ces bêtasses. *Plus de 2° de différence par jour et les bactéries jettent le tablier, pour*



*quelques jours ou pour toujours. Belle Maxime non ? Mais là encore, dans votre petite ferme, comment allez-*

vous augmenter la température de 60m<sup>3</sup> de matière de 10° en 1h ? Une centrale nucléaire serait nécessaire (ou presque;)). Juste comme ça pour rigoler, ça fait 60m<sup>3</sup>x1,16x10° = 696kWh, pas loin d'1 MW ! En fait vous ne prenez pas de risque pour les bactéries à réchauffer ou tout simplement à laisser refroidir les cuves si celles-ci sont suffisamment grosses, 10m<sup>3</sup> au pif, ça s'appelle l'inertie. En gros, on ne modifie pas si facilement ni rapidement la température d'une grosse cuve, même de 1°C. Surtout quand on travaille à des basses températures. A 60°, je dis pas...

Rappelez-vous que plus la température est basse, plus elle est facile à maintenir, surtout l'hiver. Tout est possible pour chauffer la cuve (utiliser une partie du gaz produit, le solaire, un tas ou une litière en fermentation dans lesquels des tuyaux d'eau sont réchauffés et j'en passe)

Mais au fait, les pros sont des abrutis ? 37° dans la cuve ? Pas complètement, leur but est de produire le plus de gaz possible le plus rapidement possible en faisant fonctionner un groupe électrogène pour revendre l'électricité à EDF. Ils ont des contrats pour de la MO (matière organique), ils vidant leur cuve toutes les 3 semaines. Mais en plus ils sont malins car ils utilisent un groupe électrogène en cogénération. Et oui un moteur a un rendement de 30 %, les 70 % restant c'est de la chaleur (au rendement près, disons 50%). Ils récupèrent la chaleur des groupes pour réchauffer leurs cuves, voire de l'eau pour le chauffage de bâtiments voisins. Mais là encore on s'éloigne de notre sujet.

En fonctionnant à 20°C, vous sortirez finalement plus de gaz mais au lieu de le faire en 3 semaines, ce sera en 3 mois. De vieilles études montrent qu'on a apparemment plus de gaz au final avec une fermentation plus lente. Tant mieux pour nous !

Un autre truc à savoir, le biogaz est composé de méthane (CH<sub>4</sub>), de CO<sub>2</sub>, d'H<sub>2</sub>S et quelques autres bricoles. L'H<sub>2</sub>S tourne autour du 1 % le reste étant le CH<sub>4</sub> (entre 50-60%) et le CO<sub>2</sub> (30-40%). Plus il y a de méthane, plus ça brûle ! Il y a généralement beaucoup de CO<sub>2</sub> en début de cuvée, ça brûle mal au début voire pas, c'est normal, il faut attendre 1 bonne semaine quand le jus de la cuve est > 20°, ou plus si < 15° (au pif)

Je vous encourage à lire de la doc sur internet sur le fonctionnement de la fermentation, vous trouverez des infos sur les types de matières intéressantes à digérer. Vous avez un MacDo à côté de chez vous ?, récupérez l'huile si elle n'est pas salée (le PH de la cuve importe), car l'huile est super méthanogène !

Oui mais l'huile de MacDo, MacBio ? A ce sujet il faut faire attention à ce qu'on récupère pour remplir sa cuve. Vous connaissez les antibiotiques, ils tuent les vilains germes des vaches qui les chient ensuite, antibio qui sont encore actifs pour détruire vos bactéries méthanogènes !

J'ai tendance à dire que si on reste propre dans sa façon de procéder, qu'on laisse les choses se faire le plus naturellement possible, on ne risque pas grand chose. C'est pas étonnant que les types qui récupèrent les boues d'épuration et autres déchets industriels sont toujours en train de vérifier leur PH, leur taux de ci et de ça, pour corriger en ajoutant chaux et autres substances pour rééquilibrer ! On vous dit que ça prend un temps plein la méthanisation, on le comprend !

Bref lisez, analysez, cherchez, décryptez et puis lancez-vous !

## 2 Mon digesteur biogaz

### 2.1 Introduction

J'essaierai de détailler les étapes de construction ainsi que les coûts. Le but est une rentabilisation inférieure à 2 années (à condition d'épurer le gaz pour les bagnoles) ce qui implique beaucoup d'auto-construction et une bonne autonomie sur le sujet, but de ce document tout de même. La rentabilisation sera par contre plus longue si on n'utilise le gaz que pour chauffer ou faire à bouffer. Calculez ce que vous coûte vos bouteilles de gaz (butane/propane) et votre énergie de chauffage (bois/fioul) en guise d'idée.

Ce projet consiste en 2 digesteurs de 30m<sup>3</sup> accolés, utilisés en mode discontinu, dans lesquels seront placés du fumier de mouton et des déchets végétaux issus du broyage de branchages/herbes. En fait, il y a un voisin qui m'amène du fumier bovin car je sors mon fumier de mouton 1 fois/an en juin. Si vous n'avez pas d'amis et que vous sortez votre fumier 1 fois/an, il faudra trouver une autre source (voir déchetteries ou paysagistes) ou sortir 2 fois/an au moins. Attention aux paysagistes : limitez le thuya, laurier et résineux, max 20 % au pif. Ah oui beaucoup de pif mais rassurez vous personne n'y connaît grand chose, même les grosses boîtes de méthanisation tâtonnent, la nature fait bien les choses, c'est tout.

Bref on remplace le contenu de chaque cuve tous les 6 mois, c'est à dire un changement tous les 3 mois (2 cuves)

Autre combine, vous pouvez proposer à un paysan de lui faire composter son fumier en échange qu'il vous le livre et vienne le rechercher, pas con non ? Il suffit juste de lui prouver que la fermentation anaérobie est meilleure car il y a quasi pas de perte d'NPK, normal car ça reste presque tout dans la boîte, contrairement à un tas en aérobie où on a une perte d'une fraction de l'azote sous forme ammoniacale ou gazeuse (entre 20 et 60%) ainsi que des pertes par lessivage d'un peu de tout.

D'après « Biométhane » de B.L., « la fermentation méthanique réalise une meilleure utilisation des matières nutritives, avant tout de l'azote et du phosphore, l'établissement d'une liaison C/N très favorable, accompagnée d'une réduction des matières organiques. On obtient ainsi non seulement du méthane mais aussi une substance humique composée en grande partie d'humus durable »

### 2.2 Construction

Tout commence par 2 cuves de 30m<sup>3</sup> creusées dans le sol qui recevra les matières organiques et sera fermée de façon étanche pour démarrer une digestion anaérobie et permettre aux bactéries méthanogènes de se développer. On commence par creuser un gros trou dans le sol. Quelle idée ces cuves hors sol des gros



projets ! Dans le sol, isolé, on limite grandement les pertes calorifiques, on est bien content quand l'hiver est venu. Sans compter les risques de casses, des cuves de 4500m<sup>3</sup> non enterrées qui éclatent c'est un immeuble de merde qui ravage tout sur son passage (c'est déjà arrivé !)

Vous voyez donc sur cette photo le tracto creusant un trou de 4x7m sur 4m de profond. Les 2 cuves accolées font 3x6m, ça laisse un peu de place pour monter les murs en moellons banchés et mettre ensuite de l'isolant. J'ai réservé aussi en haut à gauche sur la photo un regard qui va permettre de puiser le jus au fond des cuves pour le mélange. Le mélange au fait ! Pour homogénéiser température et bactéries et éviter un blocage des gaz, on



puise le jus au fond des cuves et on le re-balance en haut (on en reparlera). Une pompe fait ce boulot. Cette même pompe permet de réchauffer la cuve. Il suffit de réchauffer les jus ! Astucieux, ça évite de mettre des tuyaux chauffants dans les murs comme c'est parfois le cas (construction plus simple).

Ensuite on coule une dalle (camion toupie pour les fainéants comme moi) après avoir ferraillé le sol, renforcer la ferraille sous les murs. C'est un pote maçon qui m'a aidé, il y connaît rien en biogaz mais il connaît son métier le bougre ! Comme pour une maison, prévoir les tiges de 8mm qui vont faire la liaison avec les moellons par la suite. Ensuite tout dépend de votre sol. La terre va appuyer de l'extérieur, si les cuves sont pleines il y a un relatif équilibre. Si elles sont vides et que la terre pousse, attention aux fentes. Y'a ben qu'un bon maçon qui connaît ça. La quantité de ferraille dépend du sol. Il est possible aussi de bancher avec des planches de bois si on vous les prêtent mais sinon c'est trop cher à louer/acheter et nécessite un gros camion pour les amener. Faites comme si c'était une cuve à eau pour le calcul des ferrailles.



On monte ensuite les murs avec des moellons banchés (moellons creux qui seront remplis ultérieurement de béton). Les murs doivent faire 3m de haut soit environ 15 moellons. Dans la première série de moellons, faites deux trous d'un peu plus de 100mm de diamètre pour la connexion vers le regard. Glissez-y ensuite un tube PVC (d'une longueur de 50cm) dans chaque trou afin de faire communiquer chaque cuve avec le regard. On monte 3-4 rangées et on remplit de béton, il faut ferrailler à chaque niveau (ou moins) en horizontal. Le dernier niveau est un peu particulier car il va recevoir un profilé plastique dans lequel sera inséré la bâche en EPDM qui fait l'étanchéité supérieure. Et l'étanchéité dans les murs ? Banché pas étanche, voilà ma conclusion. J'ai du passer 2 couches de

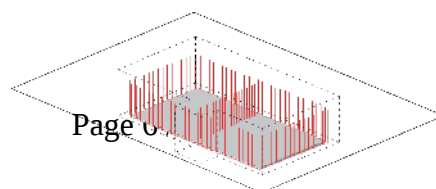
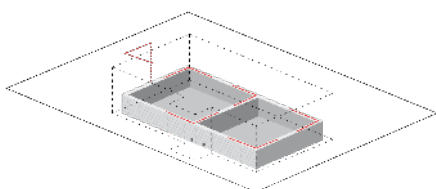
lancofuge (marque lanco) mais je suppose qu'il y en a plein d'autres. C'est comme un ciment qu'on met à la brosse de partout pour boucher les microtrous. Faites le bien, j'ai galéré 1 mois à comprendre pourquoi la bâche restait désespérément à peine gonflée. Si votre sol est argileux, vous pouvez vous contenter de mettre cet enduit que sur la moitié supérieure car c'est le gaz qu'on ne veut pas perdre. Si un peu de liquide sort par les murs, l'argile la stoppera ensuite. Le gaz étant en haut ou montant, voilà pourquoi je vous fait économiser la moitié de lancofuge et le travail qui va avec. On en arrive donc à la photo suivante :



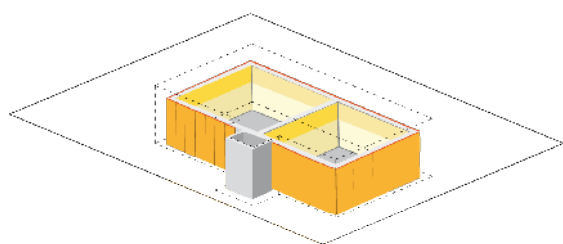
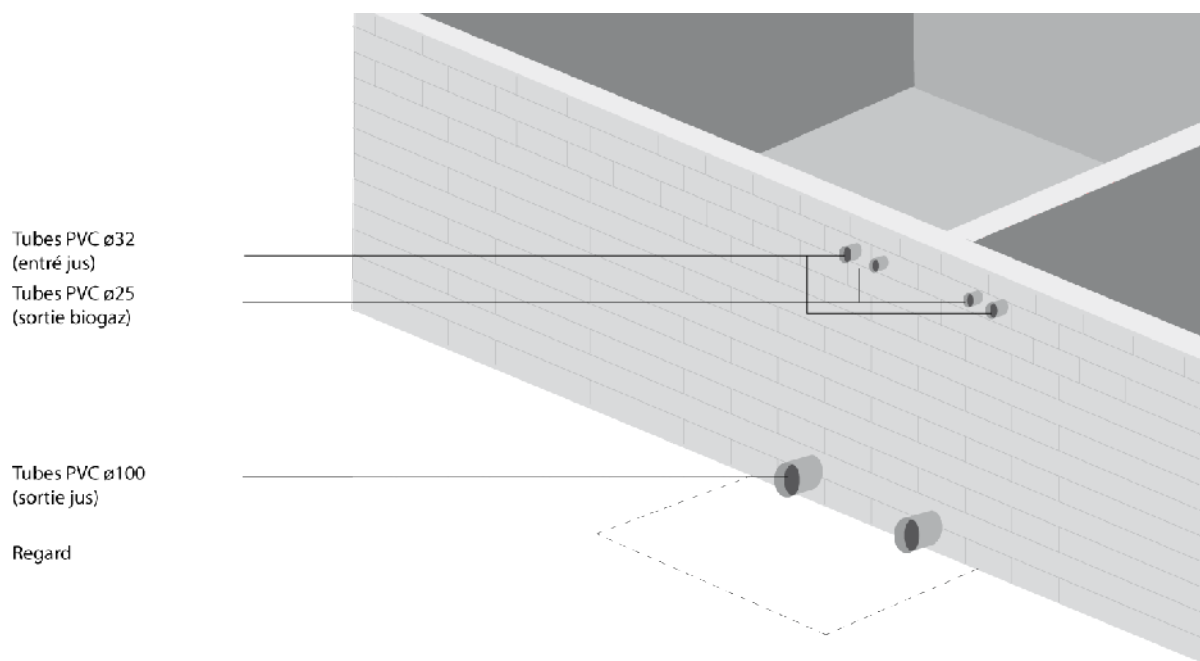
On peut y voir plusieurs choses. D'une part le dernier moellon sur lequel sont fixées des planches ou on coulera le béton qui se moulera autour du profilé plastique dont on a parlé avant. Le profilé est ici bouché par du scotch orange car le béton a toujours tendance à se fourrer là ou on ne veut pas. Après séchage, on vire le scotch et on a un beau profilé propre. Le profilé peut être trouvé là : <http://www.fritz-seeger-verschluesse.com>

Sur la photo on voit aussi, du polystyrène extrudé pour isoler les cuves du sol, c'est beaucoup mieux d'en mettre. On voit le regard dans lequel sera placé la pompe.

Merci à Christopher qui nous a fait des dessins à l'ordinateur pour expliquer le tout :



Sur le dessin suivant, on peut voir les tuyaux qu'il ne faut pas oublier de mettre avant de couler du béton, surtout ceux en bas ;). Les 2 du bas permettent au liquide de communiquer avec le regard et la pompe. Les 2+2 du haut, pour chaque cuve, correspondent à la sortie du gaz et à l'entrée du liquide qui a été puisé dans le regard pour le mélange des cuves.

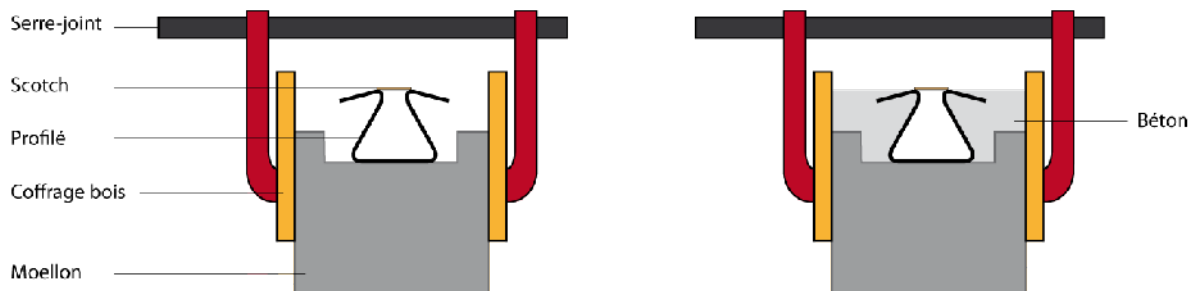


Pensez à bien mettre l'enduit d'étanchéité jusqu'au profilé, réfléchissez un peu pour éviter la moindre fuite, surtout dans les coins où l'accès est plus difficile. Si vous êtes un peu trop optimiste comme moi, vous laissez un petit endroit et c'est par là que tout le gaz fuit. Sur ce dernier dessin apparaissent les polystyrènes.



Une photo de bouts de profilés droit et courbe. A ce sujet, les angles aux coins vont être un peu plus complexes à réaliser car on va devoir faire un coffrage supplémentaire pour pouvoir mettre le profilé courbe. Laissez au moins 10cm de béton autour des profilés et débrouillez vous pour faire ce qu'il faut dans les coins.

Sur le dessin suivant on voit le profilé et tout ce qu'il faut pour couler le béton autour. Les profilés en plastique permettront de fixer la bâche (bâche EPDM qui présente l'avantage d'avoir une grande élasticité et une bonne résistance) de manière hermétique. Pour cela il est nécessaire de faire un coffrage afin de créer une gouttière d'environ 10cm de haut pour venir y poser le profilé puis y couler le béton. Comme déjà mentionné, durant la pose veillez à protéger la fente du profilé par du scotch pour éviter de le boucher avec du béton.



Pour finir, j'ai placé une petite serre sur charnières sur les cuves. Le gain est super intéressant, les maraîchers connaissent ! En hiver les pertes par le haut de la cuve sont vraiment diminuées, pas de neige sur les bâches EPDM. Un paysan du sud ouest arrête carrément la production de gaz tout l'hiver car trop de perte : il n'a pas de soleil qui tape sur les cuves. Tout ça pour dire qu'avec quelques arceaux et une bâche de récupération, on gagne franchement. Aussi pour dire que l'emplacement de la cuve est important : abrité du nord, le plus proche mais à 10m d'un bâtiment pour la norme, accès facile pour les

chargements/déchargements.

## 2.3 Coûts HT

Cuve de 54m<sup>3</sup> en 2 cuves de 3x3x3m

Feraille+Moellons	1758
Toupie béton	600
Ciment	500
Mélange béton	300
Regards	437
Isolation	270
Bache + raccords	1105
Enduit étanche	130
<b>TOTAL</b>	<b>5100</b>

Les heures de tractopelle ne sont pas comptées. Je pense qu'un pro peut faire ça pour moins de 700 euros.



## 2.4 Le mélange de la cuve

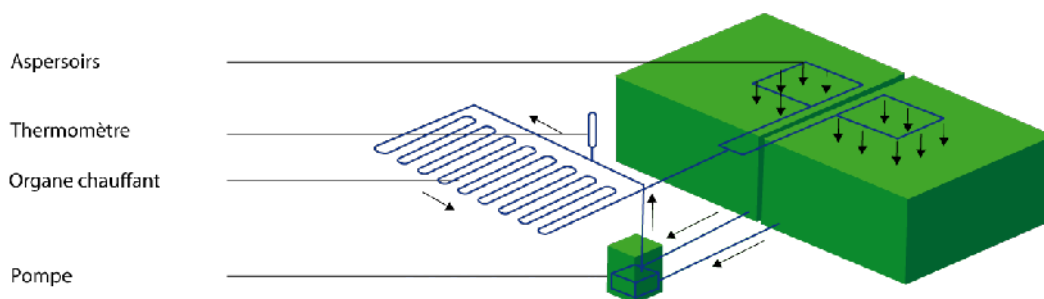
### Pourquoi mélanger le jus ?

Entre 5 et 50% de la cuve doit être brassé quotidiennement (d'après les prospros).

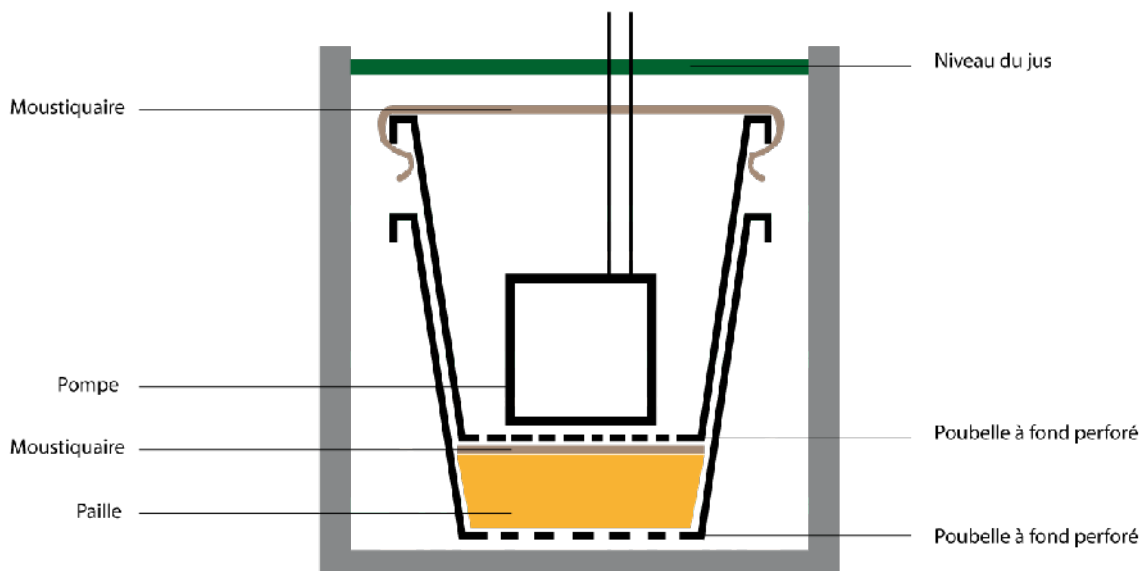
Il est nécessaire de mélanger le contenu des cuves pour uniformiser les bactéries et la température et éviter qu'une croûte bloque le passage du gaz vers le haut (surtout pour des digestions en mode continu).

Lorsque le méthanisateur fonctionne, les cuves sont remplies de matière organique elle-même noyée au  $\frac{3}{4}$  dans de l'eau ( $\frac{3}{4}$  d'eau). Attention si trop d'eau, la matière organique risque de remonter.

Cette eau (jus) est filtrée puis pompée dans la partie basse du regard puis diffusée ensuite dans les cuves via un circuit de tubes perforés (aspersoirs).



Pour mélanger la cuve on utilisera une pompe inox supportant les eaux chargées. Ceci dit il faudra quand même filtrer le liquide avant qu'il soit absorbé par la pompe. Ce filtre sera composé de 2 poubelles noires de 100l bon marché et d'un peu de paille. Elles sont imbriquées l'une dans l'autre, séparées par de la paille pour en faire un filtre.



La poubelle du bas est trouée à la perceuse en  $\varnothing 10$  et celle du haut en  $\varnothing 6$  (au pif). Par contre la paille entre les 2 doit être assez compacte pour faire office de filtre. Prenez une tranche de botte sans la défaire. La moustiquaire au dessus (que j'utilise en maraîchage contre les insectes, un peu léger comme qualité) sert à éviter que des trucs rentrent par le haut. Cela n'a pas besoin d'être ultra solide car normalement rien ne passe par là mais bon...

Le truc gris est le regard qui descend beaucoup plus bas en vrai. L'idéal est que les jus ne dépassent pas le haut de la poubelle.

Anecdote : dans le jus immonde et puant du regard, j'ai pu, malgré moi, faire un élevage de vers blanc (de mouche? Peut-être de hannetons ou de cétoines d'après Richard un pote). Ça grouillait ! J'ai pu alimenter mes poules avec. La pompe s'est même bouchée à cause d'eux d'où la moustiquaire placée ensuite.

La pompe, une Omnia 80/5 Auto, à 212 euros chez Pompe direct, marche pas trop mal. Elle aspire le jus (d'une capacité 2m<sup>3</sup>/h) qui par le biais de quelques tuyauteries est rejeté sur le haut de la cuve au travers d'un carré de pvc maison (photo) percé de quelques trous de  $\varnothing 6$ mm. Il faut faire des essais pour que ça pisse par



tous les trous. Trop de trous : certains ne seront pas alimentés, pas assez : la pompe force et le jus est moins bien réparti.

Cela peut arriver que les tubes se bouchent, dans ce cas là fermer les aspersoirs l'un après l'autre pour augmenter la pression dans un et déboucher les trous. De toute façon, vous ne le saurez pas, la bâche noire EPDM les recouvrent, faites le juste de temps en temps quand vous y pensez. Vous pouvez aussi filtrer les jus juste avant qu'ils repartent dans les aspersoirs pour éviter ça.

Sur la photo on voit le tuyau qui pisse, il doit être bien plat pour équilibrer les jets et il faut un raccord souple pour le relier au tuyau PVC rigide qui entre dans la cuve (le niveau dans la cuve peut bouger un peu lorsque l'on vide l'autre par exemple)

Pensez aussi à avoir un raccord à vis qui permette d'enlever l'aspersoir quand vous videz les cuves...

Il faut évidemment un aspersoir par cuve.

Dans la réalité, je mélange quand je peux, c'est à dire quand il fait soleil car je n'ai pas EDF donc avec panneaux solaires. Plus on mélange mieux c'est mais il m'est arrivé de ne pas mélanger pendant plusieurs



jours, ça marche quand même mais – il me semble – quand même moins bien. Avec 40m<sup>3</sup> de jus, une pompe à 2m<sup>3</sup>/h, 20h de pompage répartis sur 3-7 jours c'est top mais je fais moins que ça ! Cet hiver, peu de soleil donc peu de mélange/chauffage : mais après 2 jours de soleil avec mélange et réchauffage, la production redémarre vraiment bien !

## 2.5 Le réchauffage

La cuve est principalement chauffée au solaire mais aussi avec la litière des brebis en hiver.

Comment ça marche ?

On va utiliser la pompe de mélange pour en profiter pour réchauffer le jus d'une manière simple. Avec un système de vannes, on peut choisir de faire passer le jus : sans réchauffage / avec réchauffage solaire / avec réchauffage bergerie.



Sur la photo, on voit le regard, les poubelles avec la pompe dedans (qu'on ne voit pas). On voit aussi les retours PVC qui rentrent dans chacune des 2 cuves. Pensez à mettre des vannes pour choisir ou on veut que le jus passe. Je ne savais pas pourquoi je les mettais mais maintenant je suis un bienheureux.

Un autre truc super important : essayez de penser les pentes de vos tuyaux pour que le jus se vide dans le regard ou la cuve quand la pompe s'arrête : l'hiver il gèle ! Et des tuyaux remplis de jus gelés, c'est la merde. Il faut penser automatique « par effet gravitaire » sans technologie compliquée.

L'installation est à 800m d'altitude et on est souvent confronté à cela.

Le réchauffage bergerie est constitué d'un tuyau de PEHD ø25 de 100m posé sur le sol de la bergerie avant la rentrée des moutons. Il faudrait beaucoup plus de longueur pour chauffer vraiment et c'est pas simple de ne pas le détruire quand on vide la bergerie avec le tracteur. Mais à améliorer. Si plus long, augmentez le diamètre pour que la pompe ne se fatigue pas trop, ça s'appelle les pertes de charge.

Le réchauffage solaire peut être fait de multiples façons. D'un tuyau de 100m sur les bâches noires EPDM sous la serre au dessus de la cuve à un panneau solaire maison en plastique.

Pensez à tout mettre en plastique, pas de métal, tout est corrosif, les jus comme le gaz.



Je vous met une photo du réchauffeur en cours de fabrication. Il est conçu avec 2 longueurs de nappe solaire chauffe piscine, c'est un essai.

Ça revient pas trop cher, 119 euros de nappes + 60 euros de polystyrène + bâche de serre dessus + 2-3 bricoles, bref moins de 200 euros pour 7m<sup>2</sup>.

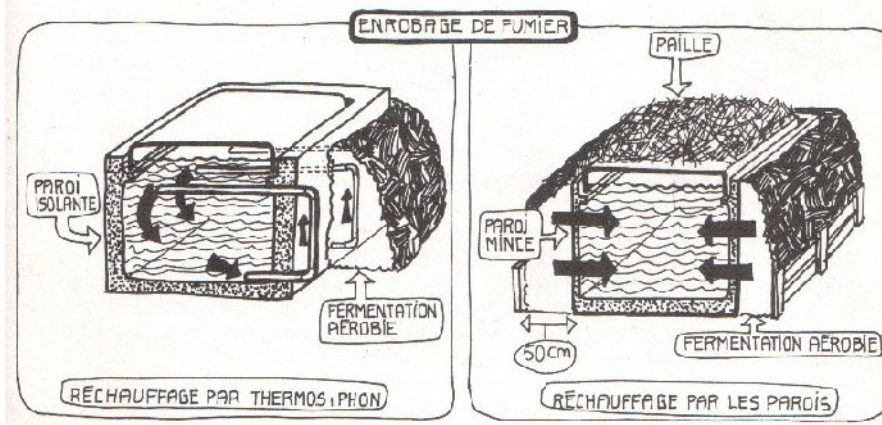
Faut pas trop rêver non plus, un panneau solaire de ce type fait 7m<sup>2</sup> environ. Disons qu'il capte 3kWh/jour en moyenne ou 10kWh/jour de soleil. Pour réchauffer 1m<sup>3</sup> d'eau de 1°C, il faut 1,16kWh. Donc pour réchauffer 40m<sup>3</sup> de cuve de 1°C, il faudra  $40\text{m}^3 \times 1,16 / 10\text{kWh} = 5$  jours de soleil environ. Cela montre qu'il

va falloir chopper chaque moment de soleil si l'on veut réchauffer en hiver uniquement au solaire, sauf si vous habitez à Marseille. Mais bon c'est pas sur que l'on perde plus de 1°/semaine, tout dépend de la température extérieure.

En ce moment, ma cuve est un peu froide, j'ai donc mis en série réchauffage bergerie et solaire, ce qui, en hiver, devrait être monté de série ;)

Il y a plein de choses qu'on découvre et qu'on améliore au fil du temps. Maîtriser sa conception et comprendre ce que l'on fait permet d'améliorer le système relativement facilement et d'une manière autonome.

Un autre truc en passant, dans le cas où vous voulez faire votre cuve non enterrée, il y a la super combine de



l'entourer d'un tas de fumier qui composte en aérobic et donc chauffe. Les parois de la cuve seront chauffées par le fumier qui se décompose. Vous pouvez augmenter l'effet en plaçant dans votre fumier des tuyaux dans lesquels passe le jus. Mais là, comme pour la bergerie, c'est la misère pour récupérer le fumier par la suite. Déjà qu'il va falloir faire attention aux murs de la cuve quand vous changerez le fumier.

Il y a quand même un moyen

intéressant dans le cas où vos murs sont épais et donc limitent les transferts de chaleur, c'est un schéma extrait de « biométhane » de B.L. Ça fonctionne en thermosiphon et donc sans pompe, pas besoin d'électricité, pas mal non ? Cela m'a tenté mais il faut être sûr d'avoir suffisamment de fumier et que le tas est suffisamment gros pour continuer de chauffer même par -15° en hiver. D'autre part la construction est plus complexe, vous n'avez pas le droit à l'erreur en terme de fuites. Dans mon cas, le vidage au tractopelle est impossible.

En attendant, c'est un super moyen, le meilleur pour moi, de chauffer une cuve non enterrée. Cela n'empêche pas de poser une serre sur la cuve ou même sur l'ensemble : vous limiterez les pertes thermiques du digesteur mais aussi les nombreuses pertes auquel est soumis le fumier (lessivage par exemple).

## 2.6 Remplir et fermer la cuve

On peut y mettre n'importe quelle matière organique. L'important est que la matière soit broyée le plus finement possible (passer la matière dans un broyeur à végétaux par exemple). J'ai essayé des broyats de feuillus un peu gros, ceux en photos sous le carré pvc aspersoirs, et ... pratiquement aucune fermentation. Il faut vraiment du petit gabarit, les bactéries n'ont que très peu de surface à grignoter sinon. Il faut aussi dire que ces broyats étaient très ligneux, la lignine, surtout vieille étant que très lentement dégradée. Donc arbres oui mais très jeunes !

La matière organique doit arriver juste en dessous des tuyaux PVC qui entrent dans la cuve.

On y ajoute l'eau qui doit noyer la matière organique jusqu'au  $\frac{3}{4}$  de la cuve environ. Soyez malin, surtout en hiver, mettez de l'eau chaude ! Pour ma part, je prend mon eau chaude sanitaire solaire que je fais passer dans le réchauffeur solaire en plastique de la cuve ; un jour chaud, on part sur un bon pied pour lancer la cuvaison. Dans mon cas, ce n'est pas automatique, cela demande de brancher/débrancher quelques raccords (5mn). On peut aussi automatiser tout ça. J'en profite pour dire que chaque automatisation coûte du pognon, l'autonomie énergétique c'est bien mais l'autonomie face aux banques, c'est encore mieux. Alors gardez vos sous et perdez 5mn tous les 3 mois.

NB : lors du démarrage, c'est à dire le 1er remplissage des cuves, il est préférable de mettre un peu de fumier de vache (ruminants de manière générale), qui a la particularité d'être très riche en bactéries méthanogènes.



On peut aussi utiliser comme ferment un vieux fumier, de la boue de mare ou faire comme les indiens : faire fermenter de la bouse enterrée.

Avant de fermer, il est bon de laisser chauffer la MO dans la cuve en mode aérobie pour qu'elle se réchauffe, jusqu'à 60° c'est pas mal, on emmagasine pas mal de chaleur pour démarrer.

Ensuite on ferme les cuves avec les bâches EPDM découpées aux dimensions adéquates soit 5x5m. Cela leur permet de gonfler et de stocker pas mal de gaz, il n'est donc pas nécessaire d'avoir une cuve de stockage de gaz supplémentaire. Plus la bâche est grande, plus on stocke mais il faut éviter que cela touche la serre posée dessus pour éviter des pertes thermiques par conduction. Il y a peut-être d'autres contre-indications à voir avec le fournisseur.

Une fois glissées dans les profilés en plastique les bâches sont maintenues hermétiquement grâce à des chambres à air : on glisse dans un premier temps la bâche puis on glisse les chambres à air dégonflées dans les profilés puis on les gonfle en les maintenant en place entre 2 et 6 bars.

A 6 bars comme mon fournisseur me l'avait conseillé, j'ai cassé le béton ! Le profilé n'a pas aimé et a poussé le béton (pas assez large, il faut 10cm mini). Donc maintenant 3 bars.



Lorsque l'on vide la cuve, il est important de laisser le jus contenant la flore bactérienne qui va permettre à la cuve suivante de fermenter plus rapidement.

Et brave gens, l'immense problème de la méthanisation est là : le vidage des cuves. J'ai caché ça jusqu'ici pour que les meilleurs lecteurs, les plus motivés, aient conscience de ce vilain problème ;( Pour ma part, j'utilise la rétro de mon tractopelle. J'ai fait des trous dans un godet pour ne pas prendre trop de jus à chaque coup de godet.

L'idéal est une griffe à fumier montée sur la rétro du tracto ou mieux sur un système maison que vous inventerez. Une piste : il y a

longtemps un gars avait bricolé comme une petite grue pour vider sa cuve dans une remorque avec un moteur et un câble et une griffe à fumier au bout, actionné avec un bras, comme un balancier équilibré pour que cela ne soit pas fatigant. Si vous n'avez pas compris, c'est normal.

Mais vraiment c'est un problème ! Beaucoup de projet biogaz ont été abandonné dans les années 60 car sortir des m<sup>3</sup> de fumier à la fourche, ça amuse pas longtemps !

L'autre chose est que les résidus peuvent être très humides. Une pompe à lisier ferait l'affaire. Ce jus riche et composté peut ensuite être directement épandu sur un champ ou mieux des céréales.

Du coup, j'utilise le tracto pour le solide et un voisin viendra avec sa pompe à lisier pour la partie liquide. En attendant je laisse le trop liquide dans les cuves : je perds du potentiel de méthanisation mais je garde plein de bactéries. Le redémarrage est donc rapide ! Cet été, j'ai vidé puis ré-rempli, en 8h j'avais déjà environ 4m<sup>3</sup> de gaz !

Pour les résultats de production, difficile pour moi de donner des données précises. Cet été avec une cuve à 20-25°, je produisais 10m<sup>3</sup>/j, j'aurai du en produire plus du double mais je me suis aperçu que la cuve avec le broyat grossier dont nous avons parlé n'avait pas produit (les résidus étaient intacts).

En hiver avec 12° de cuve, je sors bien moins de 1m<sup>3</sup>/j, mais ça se soigne.

## **2.7 De l'énergie pour faire de l'énergie ?**

C'est vrai que l'on doit se poser la question de la nécessité d'utiliser de l'énergie pour mélanger et réchauffer la cuve. Est-ce une bonne solution d'utiliser de l'énergie nucléaire pour faire tourner la pompe ?

L'utilisation d'énergie solaire dans mon cas garantit de ne pas sur-utiliser de l'énergie. Pas de soleil, pas de mélange. Le réchauffage se fait généralement, pas dans mon cas, avec une partie du gaz produit. Mais la solution solaire, qui nécessite certes un investissement initial (tout comme le chauffe-jus à biogaz), permet de ne pas utiliser de gaz. Je trouve que le solaire permet de rythmer mélanges et réchauffages. C'est quand même

plus simple de laisser le soleil choisir si il faut faire ces actions. Il faut quand même surveiller à rester à une production en adéquation avec votre consommation, qui peut varier dans le temps : c'est à dire surveiller la température et dans tous les cas rester entre 10° et 40°.

Ceci dit, cela n'est pas complètement ridicule d'utiliser de l'EDF vu les gains énergétiques que l'on obtient en échange. Reste à réfléchir à utiliser cette énergie avec parcimonie.

## ***2.8 une alternative : un digesteur ultra pas cher fonctionnel***

J'en vois certains qui ont tiqué sur le prix de la cuve, 5000 euros c'est pas rien !

J'ai donc un petit bonus pour ceux que la nature a gâté en leur offrant une belle terre lourde et argileuse, intravallable en maraîchage, boueuse à chaque pluie mais ... étanche !

Étanche, c'est qu'après une pluie sans soleil, les flaques ne se vident pas ou uniquement par évaporation.

Étanche, et alors ? Alors il y a des types qui mettent 5000 euros dans une cuve sans parler des heures de boulot et il y a ceux qui ont une terre argileuse et qui réfléchissent.

Vous reprenez le même tractopelle avec lequel vous faites un trou, le plus profond possible pour limiter les pertes calorifiques par le haut et de la taille qui vous convient.

C'est la cuve à biogaz. Au fond de la cuve, vous mettez une botte de paille (comme filtre) avec un tuyau PEHD ø32 planté dedans, c'est le tuyau d'aspiration de la pompe qui dans ce cas ne sera pas immergée (pompe de surface). Cela n'empêche pas de mettre juste avant la pompe un filtre classique (qu'on utilise pour filtrer l'eau, disponible en magasin de bricolage). Si la paille fatigue, la pompe survivra grâce à cet autre filtre, à vous de vérifier celui-ci régulièrement. La paille sera un peu méthanisée mais si elle est assez serrée, l'activité bactérienne y sera plus faible.

Vous remplissez la cuve de MO en prenant soin de ne pas remplir jusqu'en haut, en tous cas laissez les bords vides. Ça doit faire une bosse au milieu, c'est même bien. Dans tous les cas il faudra voir l'eau autour de cette bosse quand vous aurez rempli votre cuve. Ceci va permettre de faire un joint d'eau avec la bâche qui fera l'étanchéité .

Avant de mettre cette bâche, faites arriver 1 tuyau PEHD de ø25 en haut de la bosse, calez le comme vous pouvez, il doit rester impérativement sur le haut car c'est la sortie du gaz. Un autre tuyau en ø32 PEHD sera placé au même endroit pour le rejet des jus pour le mélange.

Les 3 tuyaux sont placés et sortent d'un côté, bien calés.

Placez une bâche de serre ou ce que vous avez, mais neuf ou pas troué évidemment, et faites épouser la forme du compost, ça doit descendre jusque sous l'eau sur les bords et remonter sur la terre ferme des bords de cuve. Faites des boudins en tissus résistants remplis de sable pour lester la bâche dans l'eau, c'est votre joint d'étanchéité. Vous pouvez aussi laisser du mou avec la bâche sur la bosse, ça permettra de stocker du gaz mais attention ces bâches ne sont pas élastiques, il faudra consommer le gaz quand il sera produit et impérativement mettre une petite soupape de sécurité en U (voir plus loin) sinon votre bâche se soulèvera et adieu le gaz.

Mettre une serre amovible sur le trou plutôt plus grande que la cuve pour que les bords soient réchauffés et qu'il y ait moins de pertes calorifiques par là.

Pour 200 euros de pompe, 30 euros de bâche, 50 euros de tuyaux, c'est à dire – de 300 euros vous pouvez être autonome en énergie (il faut un ami avec un tracto aussi)

C'est raconté un peu comme un conte mais cela devrait fonctionner, c'est en cours d'installation chez moi.

Merci l'argile.

## ***2.9 Ce qui ne vas pas avec mon système***

Soyons honnête ça marche pas si mal.

J'aurai bien mis des bâches EPDM un peu plus grandes pour avoir un stockage plus confortable. Cela permet de stocker pour un usage futur sans avoir à compresser.

L'accès aux cuves ne doit pas être trop boueux, je galère l'hiver pour y accéder.

Je n'ai pas anticipé l'hiver et j'ai laissé baisser lamentablement la température de la cuve, pensez réchauffage d'hiver l'été et réfléchissez bien aux pentes des tuyaux (un des miens gèle, c'est pas bien).

Ce serait pas mal d'isoler le haut du regard pour le froid mais aussi poser une bâche plastique sur le haut du jus pour éviter d'éventuelles pertes d'azote (merci Jean-Paul S. pour l'idée).

Il faudrait aussi améliorer mon système de poubelles pour éviter les entrées par le dessus, la moustiquaire est un peu légère.

Mon panneau solaire réchauffage est bas et sous mon toit de bergerie, la neige s'y accumule, c'est pénible à déneiger. Protégez votre panneau du vent du nord et mettez le quasi vertical (angle de 70°) car c'est en hiver, quand le soleil est bas, qu'on l'utilise le plus. Laissez 50cm de vide dessous pour que la neige puisse s'évacuer.

Je pense qu'il y a de l'eau entre la cuve et le polystyrène car la terre (argileuse) n'a pas été bien mise pour reboucher les vides autour de la cuve lors de la construction. On a balancé des blocs sans tasser, l'eau y va et fait conduction thermique. Évacuez l'eau loin des bords de la cuve. Il aurait fallu des gouttières intégrées à la bâche de la serre.

En plus du manomètre pour la cuisinière, c'est pas mal d'avoir un autre mano en U dans la maison pour voir ou en est le niveau de la cuve avec une alarme si ça gonfle trop. Sinon un de vos potes électronicien peut mettre une tige sur un potentiomètre qui affiche la hauteur de la bâche dans votre cuisine (le potentiomètre tourne avec la hauteur de la bâche, c'est un bricolage facile).

Je flippe d'abîmer les murs avec la rétro du tractopelle chaque fois que je sors la MO. Faudrait vraiment réfléchir à un truc de génie avec du matos de récup sur le bon coin. Ou comment fabriquer une mini grue avec une griffe à fumier pour laisser le jus, j'en rêve. Il faudrait aussi une pompe à lisier pour la partie liquide, soit un voisin, soit un bricolage. Ces pompes font le vide dans la tonne à lisier, quand on ouvre tout est aspiré (même les moyens cailloux). On peut aussi vider complètement les jus dans une autre cuve, laisser sécher la cuve que l'on veut vider puis prendre la matière solide qui y est restée. Mais où mettre plusieurs m<sup>3</sup> de jus sans trop les refroidir ... sans compter que les 2 cuves seront vidées en même temps dans mon cas. La cuve en production (dont on laisse la MO) risque de ne pas aimer la manip.

Le tuyau dans le fumier sous la bergerie est très difficile à enlever quand je vide le fumier. Je le détruis. Il faudrait pouvoir le fixer au sol car les animaux le soulèvent par endroit et à la fin on ne sait plus à quelle hauteur il se trouve. On peut aussi chaque semaine le maintenir en surface en se baladant dans la bergerie mais la chaleur de fermentation y est moindre, on a par contre la chaleur des bêtes qui sont couchées dessus.

Pour l'épuration H<sub>2</sub>S, ayez des copeaux en cours de rouille d'avance pour ne pas être pris au dépourvu "quand la bise fut venue". Utiliser un tuyau de plus gros diamètre pour diminuer les pertes de charge, plus gros mais moins long (voir chapitre épuration).

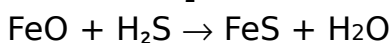
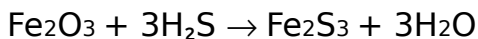
## 3 L'épuration du biogaz

### 3.1 Enlever l' $H_2S$

Le biogaz comporte quelques % d' $H_2S$ , gaz autant toxique pour l'homme que pour les machines. Il faut à tout prix l'enlever. Il existe plusieurs solutions. On peut injecter un peu d'air dans la cuve avec une pompe d'aquarium, le risque étant de mettre trop d'air et de rendre le gaz explosif. Pas la bonne solution pour des paysans en quête d'autonomie et disposant de peu de moyens d'analyses et de contrôles.

Mieux : faire un filtre composé de copeaux de bois et de copeaux d'acier rouillé.

Pour les chimistes, voici comment l'acier capte l' $H_2S$ , cette méthode est basée sur les réactions entre oxydes de fer et  $H_2S$  :



Les copeaux de bois n'entrent pas réellement dans l'équation mais maintiennent une ambiance humide favorable aux réactions chimiques mais surtout les oxydes de fer s'imprègnent dans le bois entraînant une plus grande surface d'échange.

Concrètement, vous prenez un tuyau PVC de  $\varnothing 110$  de 2m de haut que vous remplissez à part égale de cette mixture (1/3 copeaux de bois et 2/3 de copeaux d'acier rouillé au pif). Vous bricolez une entrée en bas et une sortie en haut pour PEHD  $\varnothing 25$  (avec raccord).

Les tuyaux de gaz ne doivent pas se remplir d'eau (condensation), pensez à leur faire une pente pour que l'eau condensée retourne à la cuve, l'entrée du filtre étant reliée aux sorties gaz des cuves. Mettez ce filtre dans un endroit plutôt chaud, cela améliore le système.

Récupérer les copeaux ACIER non inox chez des tourneurs fraiseurs et faites les rouiller, pour aller plus vite : avec de l'eau, du sel, du chaud et surtout de l'air ( $O_2$ ) mais vous pouvez laisser faire la nature, la rouille finit toujours par arriver si on lui laisse le temps.

Un filtre de 2m de haut peut durer 3 mois à 1 an pour une installation comme la mienne mais ça dépend beaucoup de pleins de choses ... alors vérifiez de temps en temps avec votre nez. Si ça sent l'œuf pourri, le filtre est mort et si vous reniflez un peu trop, vous aussi. Alors allez-y mollo !

Alors je cherche un moyen de tester l' $H_2S$  sans analyseur à 3000 euros. Il n'existe rien de simple à part un test avec de l'acétate de plomb ou une solution d'iode. Il existe des tests qui coûtent cher aussi. Le mieux est d'assurer et de ne pas avoir d' $H_2S$  ...en filtrant bien.

Avec ce gaz filtré, vous pouvez le compresser, l'utiliser dans votre gazinière ou votre poêle ou faire fonctionner certains groupe électrogène essence, ils marcheront tous à peu près mais ceux prévus pour le biogaz, mieux. En gros vous pouvez tout faire sauf l'utiliser dans un véhicule GNV.

Pour régénérer le filtre, remplissez le d'eau pour refroidir car la réaction est fort exothermique (chaud chaud) quand vous sortez les copeaux.

Vous pouvez régénérer votre filtre entre 3 et 5 fois.

En amélioration, mettez un tuyau de diamètre plus gros pour diminuer les pertes de charge mais il faut que le gaz arrive bien partout à la base de ce filtre.

### 3.2 Enlever le $CO_2$

#### 3.2.1 Méthode possible chez un paysan

C'est une méthode qui consiste à laver le gaz à l'eau sous pression.



On doit enlever le CO<sub>2</sub> du biogaz pour 3 raisons principales :

- La puissance de la voiture serait trop basse sans compter les ratés
- on perd la moitié du volume de stockage dans le sens où la moitié est occupée par le CO<sub>2</sub>
- risque de gel lors de la détente des gaz ou au niveau des valves

Le démarrage de la voiture se fait sur la position « essence », on passe au gaz quand le moteur (l'eau du radiateur qui réchauffe le détendeur) est chaud.

On enlève donc le CO<sub>2</sub> dans le cas où on veut rouler avec une bagnole équipée GNV mais là, c'est une sacrée histoire, assez compliquée, mais tellement fabuleuse si on y arrive. Là est la véritable autonomie énergétique : une voiture sans passer à la pompe. J'avoue que je suis en train de mettre au point le stratagème, j'espère y arriver avant fin 2013.

Depuis 1 an que j'y travaille, j'ai réduit petit à petit le système à quelque chose de simple mais assez lent (le remplissage de ma voiture peut prendre 24h !) et d'un rendement correct mais sans plus. En fait il faut 24h pour épurer 10m<sup>3</sup> de gaz qui correspondent à un plein de ma voiture. La compression à 200 bars pour remplir mes 50 litres de réservoir dépend du compresseur 200 bars : on peut utiliser les compresseurs de plongée, environ 3-6m<sup>3</sup>/h pour les petits.

Pour ma part ça m'est égal, je m'en sers pas tous les jours.

Alors comment donc cela fonctionne-t-il ?

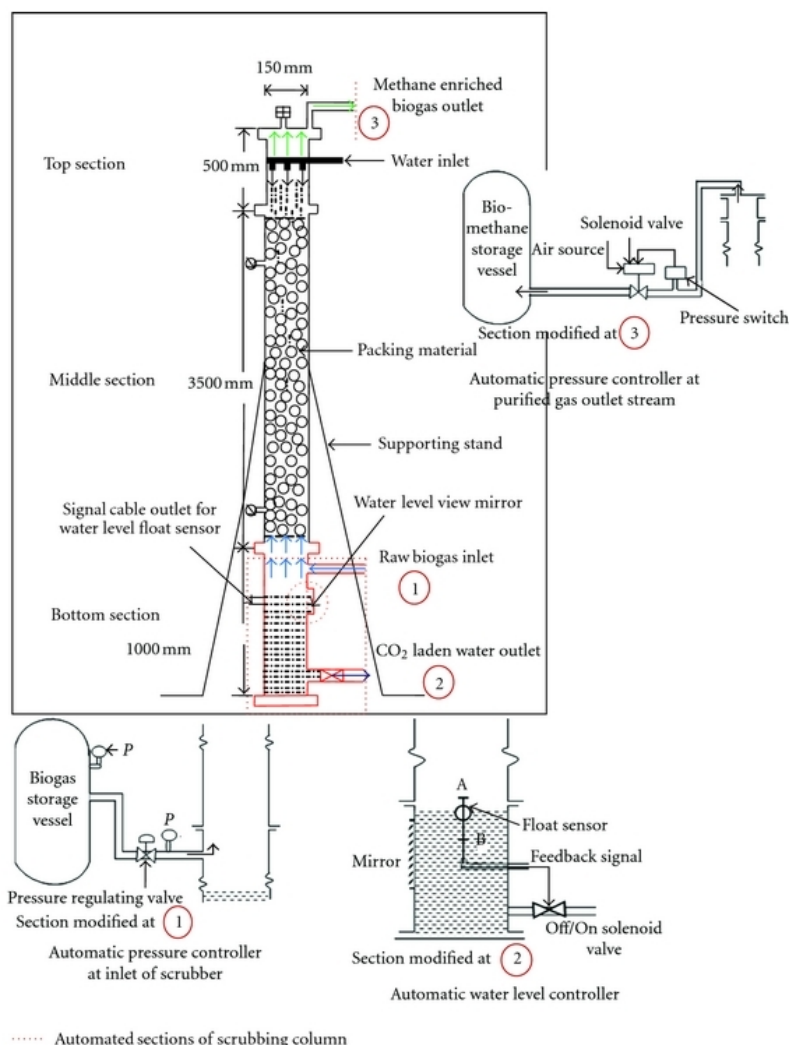
Je me suis basé sur ce doc venant de Nouvelle Zélande qui date un peu :

<http://www.coffee.20m.com/CoffeeProcessing/MAFBGScrubA.pdf>

<http://www.coffee.20m.com/CoffeeProcessing/MAFBGScrubB.pdf>

Je suis aussi allé en Inde pour tailler le bout de gras avec des fous du biogaz et surtout allé dans le sud ouest de la France rencontrer un autre paysan qui avance sur le même sujet, un mec génial.

Ce schéma présentant une colonne d'épuration vient d'Inde (Dr V.K. Vijay) :



Lisez bien le doc de nouvelle zélande, en anglais désolé, avant de passer à la suite, faut s'accrocher un peu.

Dans une colonne de 5m (ou+), on va faire se croiser de l'eau et le gaz sous pression pour permettre au CO<sub>2</sub> de se dissoudre dans l'eau. Le méthane a beaucoup plus de mal à se dissoudre alors en théorie le CO<sub>2</sub> reste dans l'eau et le méthane sort seul vainqueur en haut de la colonne.

En pratique, le méthane se dissout aussi un peu et on en perd (entre 5 et 10%). Il est possible de le récupérer mais ce sera la prochaine version de l'épurateur.

L'eau utilisée ne sera pas retraitée pour être réutilisée car cela rajoute à la complexité de notre affaire, mais oui ce sera une future amélioration.

La biogaz sans H<sub>2</sub>S sera poussé avec un modeste compresseur de frigo, débit faible mais pression élevée. On épurera à 7-8 bars environ. Cela permet d'utiliser du PVC 10 bars pour faire notre colonne.

Plus la pression est grande et plus l'eau est froide, meilleure est l'épuration.

On cherche à dépasser 85 % de méthane, ce qui est en dessous des normes si on veut revendre le gaz comme gaz de ville. 85 % c'est suffisant pour rouler sans ratés mais

avec une puissance un peu plus faible.

Il faut donc une pompe à eau qui puisse monter à 7-8 bars, une colonne en PVC 10 bars de  $\varnothing 110$ , un compresseur de frigo à récupérer (faire vider avant le gaz chez un frigoriste).

C'est la base mais il y a d'autres détails :

une soupape de décharge qui permet d'avoir toujours 7 bars dans la colonne. Placée en sortie des gaz épurés, elle laisse sortir le gaz dès que la pression dépasse 7 bars et garantit donc 7 bars dans la colonne.

Il faut 50 cm d'eau en bas de la colonne pour éviter que le gaz ne ressorte par là, il faut donc un capteur qui permette de tester ce niveau et d'ouvrir ou fermer une électrovanne en sortie des eaux sous la colonne.



La colonne doit être remplie de matériaux (« Packing material » du schéma) qui permettent un très bon échange entre eau et gaz, on utilise pour ça des anneaux spéciaux en plastiques chers et introuvables surtout en petite quantité. Comme on est malin, on peut utiliser donc un petit broyeur à végétaux dans lequel on plonge tous les bouts de tuyaux en plastique qui traînent autour de chez vous, cela produit des petits anneaux du diamètre des tuyaux, j'ai utilisé du  $\varnothing 25\text{mm}$  max en PEHD.

Ensuite il faut une bonne cuve pour stocker le gaz épuré en attendant de le compresser à 200 bars pour le mettre dans la voiture.

Je peux mettre  $10\text{m}^3$  de gaz dans ma voiture, il faut donc au moins  $10\text{m}^3/7\text{bars}$   $\text{m}^3$  de cuve de stockage. On va dire  $2\text{m}^3$  pour être tranquille.

Avec ça on peut déjà faire quelque chose !

Quelques bases de calcul, d'après le doc de NZ.

A 7 bars, on peut dissoudre  $0,5\text{l}$  de  $\text{CO}_2$  par litre d'eau environ.

Le débit de biogaz étant de  $1\text{m}^3/\text{h} = 16\text{ l/min}$ , on doit éliminer environ  $16 \times 0,4 = 6\text{l/min}$  de  $\text{CO}_2$  (40 % de  $\text{CO}_2$ )

Il faut donc un débit d'eau de  $6/0,5 = 12\text{l d'eau/min}$  propre, ce qui est pas mal.

Ce calcul est donc basé sur un débit de  $1\text{m}^3/\text{h}$  mais on peut réfléchir différemment en intégrant un grand nombre d'autres paramètres orienté autonomie énergétique.

#### D'où une autre considération :

J'ai besoin d'environ 1 plein/semaine de GNV =  $10\text{m}^3$  de méthane / semaine

A une concentration de 40 % en  $\text{CO}_2$ , on a besoin de  $10/0,4 = 25\text{m}^3$  de biogaz.

J'ai aussi une pompe solaire qui peut remonter  $3\text{l/min}$  d'eau pour laver le gaz.

On refait le calcul dans l'autre sens :

Avec  $3\text{l}$  d'eau on peut dissoudre  $3 \times 0,5 = 1,5\text{l}$  de  $\text{CO}_2$

Vu qu'il y a 40 % de  $\text{CO}_2$  dans le biogaz, ça donne  $1,5/0,4 = 3,75\text{L}$  de biogaz/min

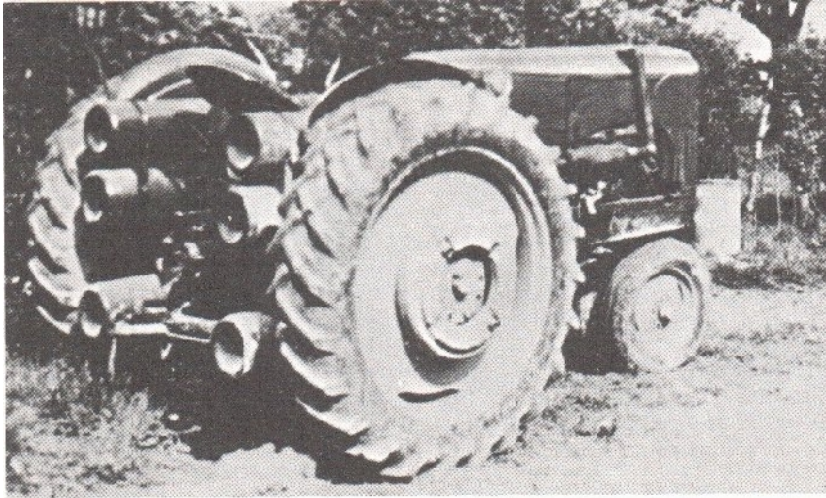
D'où un débit biogaz de  $0,225\text{m}^3/\text{h}$  pour que cela fonctionne avec notre pompe.

Et pour finir il me faudra  $10/0,225 = 44\text{h}$  pour remplir ma voiture ! En gros 2 jours.

Remarque : il faudra donc  $44 \times 3\text{l} \times 60\text{min} = 7,9\text{m}^3$  d'eau pour y parvenir : il est donc important d'avoir une source d'eau gratuite ou de bricoler une autre colonne qui, par détente, enlève le  $\text{CO}_2$  de l'eau : à ce moment on peut fonctionner en circuit fermé d'eau = économies.

Si vous êtes maraîcher, l'eau remplie de  $\text{CO}_2$  est du pain béni pour les plantes, il faut essayer d'arroser au sol en goutte à goutte. En aspersion, le  $\text{CO}_2$  se barre avant d'avoir atteint les feuilles. Un type en Inde m'expliquait que dès que le soleil sort, le sol chauffe et le  $\text{CO}_2$  encore sous terre ou au sol monte dans les feuilles sur-activant ainsi la photosynthèse.

Ce calcul permet de voir que la réflexion peut être totalement différente suivant nos besoins et nos paramètres de départ. D'où l'intérêt de bien comprendre l'ensemble des choses pour pouvoir s'écarter du projet initial que je vous présente.



Et comme conclusion, je ne résiste pas à vous montrer une photo du 1er tracteur roulant au biogaz, c'était en 1946, on est des bœufs non ?

Je ne manquerai pas de compléter ce chapitre dès que mon épurateur sera fonctionnel. En dire plus relève du mensonge technologique.

### 3.2.2 Autre méthode ultra cheap possible chez un paysan

Cette technique m'a été soufflée par Raphaël T. Je l'ai légèrement modifiée pour qu'elle soit adaptable. Que celui qui trouve plus simple et moins cher que ce qui va suivre parle ou se taise à jamais.

Vous avez vu que de l'eau propre et froide était un bon épurateur. Alors vous vous dites, et ma source ? Elle est propre et froide et d'un débit peut-être suffisant.

C'est bien ça, on va utiliser l'eau de votre source pour épurer, on travaille ici à pression atmosphérique ou presque. L'idée de Raphaël est d'épurer directement en sortie de digesteur à quelques milibars. En gros tout le gaz qui sort passe dans un tuyau d'eau froide et sort épuré sous certaines conditions :

il doit séjourner suffisamment longtemps dans l'eau pour virer le CO<sub>2</sub> mais pas trop pour éviter d'épurer le méthane. L'idéal est d'utiliser un tuyau PVC vertical par forçément énorme, du 32mm par exemple, ou celui de votre source. L'eau arrive du haut et continue sa route vers votre bassin (par gravité) ou robinet de cuisine (certes avec un peu de CO<sub>2</sub> en plus mais c'est pas un problème). Le gaz entre en bas et doit ressortir en haut sans que l'eau ne sorte par là, c'est une histoire de pression. Faut y réfléchir un peu, je mettrai quelques photos pour ceux qui rament.

Le truc que je rajouterai est d'avoir la possibilité de modifier la longueur de tuyau traversée. C'est à dire de pouvoir choisir ou injecter le gaz, par exemple qu'on ait la possibilité de faire passer le gaz sur une longueur qui varie de 1 à 10m. Vous faites le choix en fonction de votre eau (surtout sa température) et de la teneur en CO<sub>2</sub> de votre gaz, il faut tester pour obtenir 90 % de méthane environ (avec la méthode de la seringue et de la lessive de soude)

Cela ne coûte rien, le gaz qui sort est stocké dans une cuve souple de 10m<sup>3</sup>. Il est bon d'enlever l'humidité si vous comptez compresser votre gaz à 200 bars pour votre bagnole.

Je trouve cette méthode vraiment géniale, simple et peu coûteuse. Merci donc à toi Raphaël.

### 3.2.3 Autres méthodes pour le CO<sub>2</sub>

Une copine qui bosse chez Air Liquide me dit un jour qu'un de ses collègues lui dit que je suis bien con de m'ennuyer avec la méthode de lavage à l'eau alors qu'il existe des membranes (qu'ils fabriquent) qui laissent passer que le méthane mais pas le reste (au travers d'une membrane). Super me dis-je ! Mais en fait ça coûte très très cher et c'est pour des débits de fou. N'y pensez donc pas.

Leur truc : [http://www.biogazrhonealpes.org/dump/lestraitementsdubiogazpourproduiredubiomethan\\_78.pdf](http://www.biogazrhonealpes.org/dump/lestraitementsdubiogazpourproduiredubiomethan_78.pdf)

Vous pouvez jeter un coup d'œil sur les différentes méthodes d'épuration sur internet. Attention aux sources de ces documents !

### **3.3 Enlever l'eau**

Rouler au méthane nécessite aussi d'enlever l'eau du gaz avant de le compresser, ceci pour plusieurs raisons : le compresseur 200 bars risque de ne pas apprécier. Même s'il y a des purgeurs entre chaque étages du compresseur, cela n'est pas génial.

D'autre part, s'il y a de l'eau dans le gaz, il brûle moins bien et l'eau n'est pas spécialement bonne pour les moteurs, il y aura aussi un problème de givrage lors de la décompression du gaz dans le détendeur de la voiture. Alors comment faire ?

Il y a pas mal de méthodes, j'aborde ici celles accessibles aux petits paysans que nous sommes.

On peut faire condenser l'eau dans des tuyaux froids : ces tuyaux peuvent être placés dans une cave, dans votre réfrigérateur ou en hiver à l'extérieur, il suffit de placer un purgeur au point bas pour virer l'eau de temps en temps. Le problème est de tirer des tuyaux bien droits car une petite descente suivie d'une montée et l'eau s'accumule puis finit par boucher le bazar.

On peut aussi faire une colonne (même taille que celle du CO<sub>2</sub>) dans laquelle le gaz arrive en bas en sortant de la colonne d'épuration du CO<sub>2</sub>, le gaz va se détendre provoquant la condensation de l'eau qu'il contient pour ressortir en haut presque sec.

Pour ma part j'utilise un sécheur d'air avec du silicagel (150 euros le sécheur), le silicagel se régénère en le chauffant à 170° quand il est saturé d'eau. Il change de couleur au fur et à mesure qu'il se sature. Je ne sèche que le gaz que je veux utiliser dans les véhicules.

Tout ceci n'empêche pas de combiner toutes les techniques.

### **3.4 Analyse du biogaz**

Pendant un moment j'ai voulu acheter un analyseur biogaz pour connaître le taux de méthane. 3000 euros la bête.

On m'a donné une combine à – de 10 euros, intéressant non ?

Un soupçon de manutention mais 5mn suffisent. L'analyse n'a pas besoin d'être constamment faite car votre biogaz n'évolue pas tant et votre procédé (surtout en eau perdue, l'eau de l'épurateur CO<sub>2</sub> est rejetée dans vos champs) non plus.

Pour cela il faut 1 seringue de 100ml, on aspire 50ml de biogaz puis 50ml d'un mélange eau/soude caustique à 10 % (soude caustique = hydroxyde de sodium). Il ne faut pas les cristaux de soude qui sont le carbonate de sodium.

On agite, la soude absorbe le CO<sub>2</sub>, la seringue rentre toute seule car le CO<sub>2</sub> a disparu. On remet à pression en plongeant dans l'eau la seringue qui va permettre un équilibre des pressions.

Y'a plus qu'à voir de combien de ml la seringue a diminué, c'était le CO<sub>2</sub>, faites votre calcul pour connaître le pourcentage.

J'ai l'impression que cela marche mieux à chaud, dans tous les cas, faire le mélange eau/soude avec de l'eau à + de 20°, 40° au pif.

Merci Pierre L. pour la combine.

Un autre truc pour analyser l'H<sub>2</sub>S. Pareil ça coûte un œil mais moi il m'en restait un, un œil, et j'ai trouvé un



appareil de sécu que les mecs attachent sur eux quand ils bossent dans des zones susceptibles de contenir de l'H<sub>2</sub>S. Ca coûte autour de 125 euros, mesure entre 0 et 500ppm, nickel pour nous. Celui que j'ai est le Détecteur gaz portable ATEX T40 qui marche pas mal.

Pour la manip, mettez le dans un pot de confiture, faites 2 trous de 10mm dans le couvercle et enfoncez un tuyau en plastoc jusqu'au fond qui sera relié au gaz à tester. Envoyez le gaz, celui-ci ressort par l'autre trou. Après quelques secondes, le gaz est stable dans le pot, les ppm s'affichent sur l'appareil. Eteignez-le ensuite. Pas mal non ?

## 4 Utilisations

### 4.1 Faire la cuisine / stériliser

Il est simple de modifier une cuisinière pour l'utiliser avec du biogaz. Enlever simplement les gicleurs de gaz (ceux en laiton qu'on change entre butane/propane/GNV)

Jouez sur l'apport d'air prévu sur les cuisinières, juste après le gicleur, pour avoir une belle flamme bleue.

Pour que cela marche il faut aussi un minimum de pression : entre 10 et 20 mbars. La cuve sort un gaz à 1 ou 2 mbars, il faut donc compresser un peu pour atteindre 10-20 mbars.

J'utilise un compresseur de frigo pour cela. La biogaz sans  $H_2S$  arrive au compresseur et en sortie de compresseur le tuyau va vers la cuisinière et vers une chambre à air de tracteur, plus la chambre est grosse mieux c'est, cela fait une plus grande réserve.

Le tout est de ne pas oublier d'arrêter le compresseur sinon BOUM ! La chambre à air qui explose, ça réveille du monde en pleine nuit, c'est du vécu...

D'où l'idée d'automatiser le bazar. D'habitude on utilise un pressostat comme pour les compresseurs du commerce : dès que la pression voulue est atteinte, le moteur s'arrête et dès qu'on descend un peu bas, le moteur redémarre.

Mais là ! Allez trouver un pressostat 10-20mbars, j'ai fini par en trouver pour une somme folle qui ne faisait pas exactement ce que je voulais.

J'en ai donc construit 1 assez facilement. Avec un tube de 2m en plexiglas, j'ai fait un U que j'ai rempli d'1/3 d'eau environ.



C'est le principe du manomètre en U, le gaz arrive d'un coté du U, l'autre coté est à l'air. Le gaz pousse et pour chaque millibar l'eau est poussée de 1 cm.

Ce tube vous indique donc la pression, c'est une info intéressante.

Il suffit ensuite, pour transformer ce mano en pressostat, de mettre un bouchon de polystyrène sur lequel un aimant est collé qui flotte sur l'eau côté tuyau à l'air.

C'est normal si vous comprenez pas la suite...

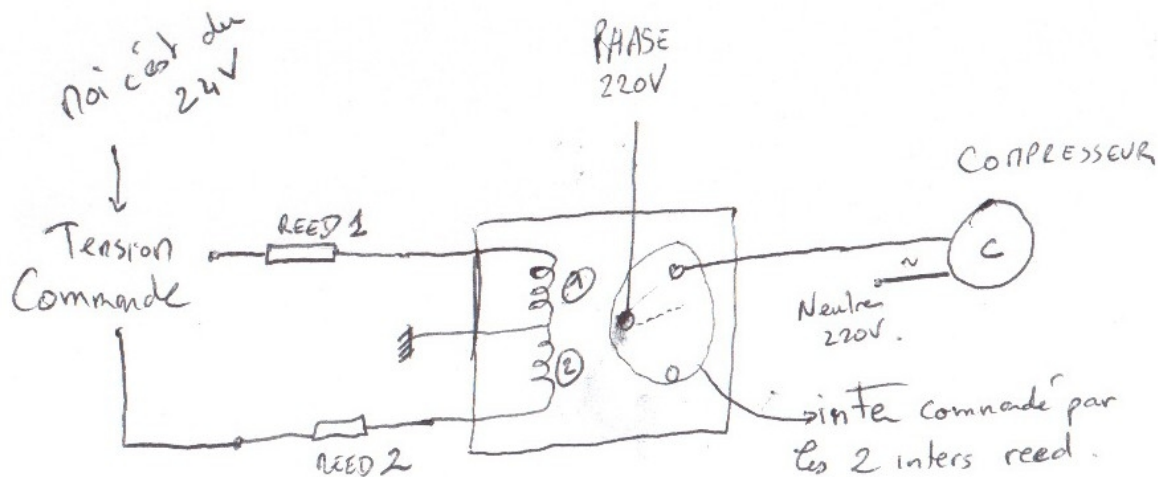
Tout bon électronicien connaît l'interrupteur REED qui se ferme quand un aimant passe à côté.

On fixe alors 2 interrupteurs REED sur le bord du U aux endroits que l'on veut, par exemple environ 10 mbars et 20 mbars et avec un RELAI 2RT bistable, on fait démarrer ou arrêter le compresseur.

Sur la photo on voit un petit tuyau plastique en haut à droite : c'est l'arrivée de gaz dans le U. On voit le niveau de la branche de droite en bas et l'autre niveau est dans le bordel de fils, caché. Les fils correspondent au câblage du relai et les 2 inters REED sont scotchés vers le haut de la branche de gauche.

Plus on les scotche haut, plus la pression est forte, à vous d'ajuster en fonction de ce que vous voulez. Plus la pression est forte, plus la chambre est remplie et plus vous avez d'autonomie entre 2 redémarrages de compresseur. Je vous ai fait un petit dessin du câblage

du relai :



Dans mon cas, j'ai du mettre 2 compresseurs en // car je n'avais pas assez de débit pour le four lors d'une longue cuisson (pain par ex.), la chambre étant quasi vide, seuls les compresseurs bossent dans ce cas.

Lisez ce doc en anglais pour mieux piger :

[http://www6.zetatalc.com/docs/Biogaz/Manometer\\_For\\_Biogaz\\_2003.pdf](http://www6.zetatalc.com/docs/Biogaz/Manometer_For_Biogaz_2003.pdf)

Note : Si le biogaz est épuré, c'est du méthane donc du gaz de ville et là il faut mettre des gicleurs Gaz de ville. De toute façon, il n'y a pas trop d'intérêt énergétique à utiliser du gaz épuré pour la cuisinière, gardez le pour vos véhicules ou groupe électrogène.

## 4.2 Se chauffer



Le biogaz arrive sans  $H_2S$ . Il suffit ici de faire un trou au bas de son poêle, d'y placer un tuyau en acier. J'ai mis un T en acier au bout pour mieux répartir le gaz dans le poêle. Je m'en sert en appoint pour démarrer le feu directement avec des grosses bûches ou si beaucoup de gaz pur, sans bois.

Mettre un robinet de plomberie pour ouvrir/fermer l'arrivée du gaz. Toutes les tuyauteries de transport du gaz sont en PEHD ou PVC pression (pour la solidité, pas la pression)

Le point suivant est consacré à la torchère mais il est bien évident que l'on a intérêt à dégazer dans le poêle même si le gaz n'est pas encore super combustible, le  $CO_2$  ne brûlera pas mais le méthane, si, même en petite quantité. C'est bien l'hiver, l'été c'est la torchère !

Notez que le 1er gaz de cuve à faible teneur en méthane est très difficilement brûlable dans une cuisinière, la flamme ne tient pas. Dans le poêle, c'est chaud, il y a du bois avec de la flamme qui rallume constamment le gaz (qui ne tient pas allumé seul).

Faites gaffe de garder une longueur de métal avant votre tuyau plastique, la chaleur se propageant finirait par fondre le tuyau plastique. Autre possibilité, souder des ailettes sur le tuyau métal pour évacuer la chaleur.

## 4.3 Une torchère

Quand vous démarrez une cuve, le gaz est peu combustible pendant 1 semaine environ.



Vous avez trop de gaz, la bâche est super gonflée.

Dans ces 2 cas il convient de brûler (ou au moins d'essayer) ce gaz dans une torchère car il est préférable de brûler le méthane « qui devient  $\text{CO}_2$  » plutôt que de le laisser partir tel quel. Le méthane ( $\text{CH}_4$ ) a un impact sur l'effet de serre environ 25 fois plus puissant que le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).

Pour cela on place un tuyau vertical, plutôt haut, disons 2m du sol pour éviter que ça crame autour en cas de vent, avec un robinet au bout.

Ce tuyau doit être en sortie des cuves, il faut mettre un peu de paille de fer (3cm de long) dans le tuyau pour éviter un retour de flamme, déjà peu probable...

J'ai aussi mis une passoire en métal en chapeau pour ralentir la sortie du gaz et éviter qu'il s'éteigne en se soufflant lui-même. De cette manière, la flamme sous le chapeau s'entretient même si la teneur en méthane est faible. Mais c'est pas gagné quand même... mais bon une torchère avec un chapeau en passoire, ça en jette !

#### 4.4 Sécurité et risques d'une installation biogaz

Lisez ce que vous pouvez sur la question sur internet et ailleurs. Je vous présente ma vision des choses qui n'est pas, je vous le confirme, aux normes que la société nous impose.

Ne pas être aux normes, cela ne veut pas dire faire n'importe quoi. Les normes c'est le n'importe quoi à l'opposé ! Les normes c'est parce que des salauds feraient n'importe quoi contre quelques monnaies pourries.

Bref voici ce qui est important de connaître :

- le biogaz devient explosif si il est mélangé à de l'air dans des proportions assez précise : entre 5 et 15 % de méthane dans l'air (ou 10 à 24 % de biogaz) et BOUM ! Mais Boum uniquement si quelque chose le déclenche : quelque chose à plus de 600°C (une flamme) mais une étincelle pas sur du tout. Au dessus de 15 % il s'enflamme, en dessous rien.
- Le sulfure d'hydrogène,  $\text{H}_2\text{S}$ , est un gaz très toxique et inflammable. Il possède une odeur caractéristique d'œuf pourri. Les symptômes provoqués les plus courants sont maux de tête, vertiges, confusion et douleurs de poitrines. Respirer du sulfure d'hydrogène peut entraîner la mort. Si vous le sentez, barrez-vous !
- Évitez le méthane non brûlé dans l'atmosphère : gaz à effet de serre !
- Mettre une soupape de sécurité sur votre digesteur pour éviter que la bâche se déchire ou se défasse. Un simple U en PVC rempli d'eau (4cm d'eau pour ne pas dépasser 4mbar, ce qui est pas mal pour la cuve). Le gaz se barre par le U dès que la pression dépasse 4mbar par rapport à la pression atmosphérique. En anglische : [http://www6.zetatalk.com/docs/Biogas/Manometer\\_For\\_Biogas\\_2003.pdf](http://www6.zetatalk.com/docs/Biogas/Manometer_For_Biogas_2003.pdf)
- Faites gaffe aux abrutis, aux gamins ou aux animaux qui viendraient mettre leur nez ou il faut pas, mettez des portes ou des clôtures pour éviter accidents et casse de matériel (la bache EPDM à 1000 euros par exemple)
- Au niveau de l'épuration, on travaille autour de 7 bars. Il faut éprouver son épurateur avant de le mettre en service : on remplit la colonne d'épuration avec de l'eau, on branche une pompe à eau qui monte à 10 bars et on pousse en surveillant le mano. On laisse quelques heures comme ça. On détecte aussi les fuites comme ça. On n'éprouve jamais la colonne directement avec de l'air (ou du gaz évidemment), l'air se compressant ça peut faire une jolie bombe. Normalement on doit tester à 1,5 fois la pression d'utilisation, càd  $7 \times 1,5 = 10,5$  bars dans notre cas.



- Si vous compressez à 200 bars dans la voiture, alors là évitez vraiment le bricolage. Toute la chaîne entre l'entrée du biogaz dans le compresseur et le pistolet qui remplit la voiture doit être vérifié régulièrement et je dirai même être neuve et aux normes (argh ça m'arrache la gorge).
- Ne mettre que du plastique, ça ne se corrode pas et c'est moins cher que l'inox qui arrive quand même à se corroder...
- Pensez à faire des pentes pour vos conduites de gaz sinon elles risquent de se boucher avec la condensation : le biogaz est chaud et humide, le tuyau froid.

N'oubliez pas quand même que c'est du gaz, que ça brûle, que ça pète et que ça pue. Réfléchissez avant d'agir. Si vous voulez rester dans les clous lisez impérativement les recommandations de notre bon gouvernement. On en trouve un peu partout, par exemple :

- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Valorisation-du-biogaz.html>

## 5 Et pourquoi pas ?

Ouaip l'aventure vers l'autonomie énergétique et alimentaire totale continue !

Vous savez maintenant fabriquer une installation biogaz. Vous êtes normalement une ferme ou un lieu en quête d'autonomie. Vous habitez peut-être une contrée aux rudes hivers. Vous avez des réserves de légumes à la cave mais de temps en temps une bonne salade, des épinards et ... ça fait pas de mal. Et puis des bananes qui ont du goût ? Chez vous ? Mythe ou réalité ?

A mon humble avis, c'est possible, oui pour les bananes, moyennant quelques aménagements. Encore une fois, je vais donner des clefs mais je ne rentrerai pas dans les détails.

Alors pour cela, vous repartez de la cuve low-cost décrite plus haut mais au lieu de mettre une serre juste sur la cuve, vous mettez une grande serre et la cuve d'environ 8m<sup>2</sup> au milieu. Pas trop grande la serre car le but, comme vous l'avez deviné, est de la chauffer. Disons 100-150m<sup>2</sup>. Sous cette serre on aimerait une partie tropicale dont les pertes chaufferait le reste de la grande serre. 20-40 m<sup>2</sup> en tropical avec quelques ananas et bananiers ainsi qu'un générateur d'humidité.

Qui peut le moins peut le plus si on réfléchit un peu, si si. Comment faire de la chaleur et de l'humidité ? Un bassin chauffé par le biogaz pardi !

Un jacuzzi par exemple, soyons fou, voici la chaîne énergétique : la cuve à biogaz produit du gaz, qui sert à 100 % à réchauffer le jus de cette même cuve. Ce jus réchauffé réchauffe à son tour le jacuzzi par des tuyaux coulés dans le béton du bac jacuzzi. Le jus retourne ensuite en haut de la cuve à biogaz pour y être rejeté. Finalement l'eau du jacuzzi réchauffe et humidifie l'atmosphère (mais aussi les cœurs) : c'est un climat tropical.

Mais ce n'est pas tout, les pertes de la cuve réchauffe la petite serre tropicale, tout ce petit monde est en circuit fermé. Machin chauffe bidule qui chauffe machin et en plus on prend des bains chauds au milieu des bananiers. Les pertes de la serre tropicale, le moins possible car vous aurez pris soin en hiver de calfeutrer cette partie avec du papier bulle transparent ; donc les pertes se propagent dans la serre de 100m<sup>2</sup> qui entoure la petite tropicale. La grande serre est au moins hors-gel. Je dis pas qu'elle restera à 10° mais le hors gel permet de garder la plupart des légumes d'automne/printemps vivants, ceux-ci attendant un petit réchauffement pour continuer leur croissance.

Pour réchauffer les jus, il faut faire un chauffe-jus gaz. C'est comme un chauffe-eau gaz avec la différence qu'il faut que l'échangeur supporte les jus corrosifs. Commencez par récupérer un vieux chauffe-eau gaz (ceux qui pendaient au dessus des lavabos dans le temps et qui réchauffaient l'eau instantanément).

La serre de 100m<sup>2</sup> devra être bien calfeutrée, attention aux courants d'air, il en faut pour les plantes mais pas trop. De toute façon il y en aura toujours trop avec une serre de récup.

Un autre truc qu'on oublie souvent : le soleil tape rarement le côté nord de la serre, de la bâche ou du verre au nord, c'est de la pure perte. Mais quoi mettre alors ? Un élément à inertie évidemment. Ce sera un meilleur isolant que le plastique et surtout un accumulateur de chaleur, un niveleur de température.

Pour ma part avec ma terre pourrie, je ferai un mur en terre crue de 40cm coffré entre des palettes Europe imputrescibles. Mais on peut aussi placer des bidons remplis d'eau en conservant la bâche (je crois que l'Adabio suit un projet de serre bioclimatique, j'ai pas eu le temps de m'informer là-dessus)

Comme d'habitude, le problème est le remplissage/vidage de la cuve. Il va falloir se creuser la tête : un rail comme les granges avaient dans le temps pour bouger les bottes ou ce que vous inventerez. Il reste la brouette mais la cuve n'est pas petite. Si vous voulez chauffer une serre à 20°, c'est à dire dans le pire des cas maintenir 20° face à un 0° extérieur, il va en falloir des kWh !

Essayons de calculer ça pour une serre de 20m<sup>2</sup>.

Supposons que les surfaces qui la composent aient toutes le même coefficient de transmission thermique U,

on prendra  $U=4,5\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

On perd  $4,5\text{W}$  pour chaque  $\text{m}^2$  de paroi pour  $1^\circ\text{C}$  de différence entre intérieur et extérieur. On a  $20^\circ$  de différence. On perd constamment  $4,5\text{W}\cdot 20=90\text{W/m}^2$ .

Limitez au plus la surface des parois de la serre, la serre dôme est la mieux mais restons simple : notre serre est un cube de  $4\cdot 5\cdot 2,5\text{m}$ , Sans compter le sol, on a  $10+10+12,5+12,5+20\text{m}^2 = 65\text{m}^2$

Notre serre perdra donc  $90\text{W}\cdot 65\text{m}^2=5,8\text{kw}$

On doit produire dans le pire des cas  $6\text{kw}$  de flamme.  $1\text{M}^3$  de biogaz =  $21\text{MJ}=21000000/3600=5,8\text{kWh}$

Ouais bon en gros il faut produire  $1\text{m}^3/\text{h}$  de biogaz. C'est à dire  $24\text{m}^3/\text{jour} = 144\text{ kWh/jour}$

On sort environ  $500\text{kWh}$  / tonne de MO (très variable) : on tient 3-4 jours avec une tonne...

Après on n'en finit plus dans les calcul, trop de cas différents mais avec ça, ça donne une idée. La bonne nouvelle c'est qu'on vient de parler du pire des cas. En vrai, il fait soleil parfois, on n'utilise pas de gaz mais il faut le stocker, on a rarement  $20^\circ$  de différence, mur accumulateur et inertie globale de la serre limitent les variations de température surtout la nuit.

Le chiffre du **grand pif** est là : comptez donc une tonne de MO / semaine pour  $20\text{m}^2$  (si vous montrez ça à un scientifique, il changera probablement de couleur).

Allez je rend l'antenne.

## 6 Bibliographie

### 6.1 Bouquins

Les 2 tomes excellents de Bernard Lagrange - « Biométhane 1 et 2 » - éditions Edisud

« Biogas Technology » de B.T Nijaguna – édition « New Age », vous inquiétez pas, y vous font pas sniffer le biogaz avec des lutins un jour de pleine lune.

« Biogas Utilisation handbook » - sur <http://infohouse.p2ric.org/ref/22/21262.pdf>

### 6.2 Internet

Association EDEN : <http://www.eden-enr.org/>

Filtre H<sub>2</sub>S : <http://www.connellygpm.com/ironsponge.html>

Filtre CO<sub>2</sub> : <http://www.coffee.20m.com/CoffeeProcessing/MAFBGScrubA.pdf>

<http://www.coffee.20m.com/CoffeeProcessing/MAFBGScrubB.pdf>

Le travail le plus intéressant en inde sur l'épuration, le meilleur document à mon goût, je me suis beaucoup basé sur ce doc pour l'épurateur :

<http://downloads.hindawi.com/isrn/re/2012/904167.pdf>

Un super site : <http://www.cd3wd.com/> : on trouve de tout sur ce site, hors sentiers battus, avec en particulier des infos sur le biogaz et sur la modification des moteurs essences et diesels.

## 7 Conclusion

Je viens de me vider le cerveau d'à peu près tout ce que je sais sur le sujet avec sûrement quelques détails que vous saurez approfondir avec le net en particulier.

Si vous avez des questions, posez-les sur le site de l'Adabio, je ne répond pas aux mails. J'essaierai d'y répondre sur le forum mais je suis pas un geek comme me le dit parfois ma chérie alors faut pas être pressé et j'espère que d'autres vont se lancer et pourront répondre aux questions des nouveaux.

J'ai sûrement dit plein de conneries et fais des erreurs dans la description ou les calculs et je m'en excuse, mais globalement je pense que vous pouvez y arriver avec ce doc.

D'une manière générale n'ayez pas peur de vous lancer, j'avais jamais vraiment fait de béton ni rien de tout ça. Il faut y croire, demander conseil, se faire aider par un maçon qui sait tout faire. Le jeu en vaut la torchère !

Faites gaffe quand même.

<http://forum.adabio-autoconstruction.org>

## Versions du document

v 1.5 : corrections et ajout analyse H<sub>2</sub>S / épuration raphael / modif chap. sécurité

v1.4 : qq corrections, modification chapitre analyse biogaz

v1.3 : initial