

Jean-Philippe Valla



LE BIOGAZ

MANUEL PRATIQUE

De la production à l'utilisation



PRÉFACE

Le biogaz provient d'une fermentation naturelle produite par des bactéries parmi les plus anciennes du monde vivant, alors qu'il n'y avait pas encore d'oxygène dans l'atmosphère de notre jeune Terre. On trouve ces bactéries partout dans la nature : dans les boues des rizières et des marais, au fond des mers, dans la panse des ruminants et même dans nos intestins. «Rien de nouveau sous le soleil» dit l'adage. Pourtant, depuis le 16 juillet 1945, nous sommes entrés dans une nouvelle ère marquée de façon indélébile par l'explosion dans l'atmosphère de la première bombe atomique américaine au plutonium. Des scientifiques débattent pour savoir si c'est cette date qui devrait être choisie pour faire débiter l'«Anthropocène», car elle est liée de façon certaine à l'activité de l'homme, ou plutôt à l'invention de la machine à vapeur, au début de l'agriculture, voire à la première conquête des Amériques et au massacre des grands mammifères. Peu importe la date. C'est un fait : grâce à l'exploitation de quantités toujours plus importantes d'énergie, les humains arrivent maintenant à transformer leur milieu de façon plus efficace que ne le fait la nature avec ses tremblements de terre, ses volcans et ses érosions hydrauliques ou éoliennes. Le rêve prométhéen de domination de la nature est en passe de devenir une réalité.

Pourtant, cette démesure nous fait entrer dans une zone de fortes turbulences où les inégalités ne font que s'accroître, où notre dépendance aux énergies fossiles et autres ressources limitées nous mènent droit dans le mur des limites : renchérissement des ressources plus difficiles à exploiter, dégradation accélérée de la biosphère avec des changements climatiques majeurs et entrée dans la sixième extinction de masse. La concentration en gaz carbonique a dépassé de plus de 40 % le niveau préindustriel et, cette augmentation ne ralentissant pas, elle nous emmène à un monde chaotique plus chaud de 4 °C avant la fin de ce siècle, niveau inconnu depuis plusieurs millions d'années. Le précieux méthane piégé dans les boues des plateaux continentaux et dans le permafrost sera relargué et entraînera sans doute un emballement du réchauffement, d'après les climatologues.

L'idée de limites physiques à notre expansion tant économique que technologique semble incongrue, voire angoissante à beaucoup. «On n'arrête pas le progrès» est comme un *leitmotiv* dans la conversation des hommes civilisés, et grâce à l'efficacité énergétique, à l'apport grandissant

d'énergies renouvelables ainsi qu'à l'entrée en fanfare dans la révolution numérique, il deviendrait possible de continuer à produire et à consommer de manière durable sans se préoccuper de l'éventuelle catastrophe en cours. Sans parler de l'impossibilité à disposer de quatre ou cinq planètes supplémentaires nécessaires à assurer notre boulimie grandissante, l'écueil principal de cette utopie radieuse est le fameux « effet rebond » : nous dépenserons l'énergie épargnée à augmenter notre « confort » ou à faire venir *via* l'e-commerce de nouvelles marchandises produites à l'autre bout de la planète, plutôt qu'à partager avec les plus démunis.

L'agriculture intensive, qui a besoin de dix calories pour nous fournir une calorie alimentaire, n'est pas un modèle viable à long terme. Nous devons sans aucun doute devenir astucieux pour renouer avec les sciences du vivant et retrouver les savoir-faire préservant la dynamique des sols vivants qui se régénèrent au lieu de se dégrader. Apprendre la sobriété et la coopération est devenu une nécessité vitale si nous voulons éviter l'effondrement de la biodiversité et la barbarie pour nos enfants et nos petits-enfants. Faire le pari d'une économie postcarbone, donc sobre en carbone fossile, c'est sans doute la relocaliser par une logique de territoires à l'inverse des filières longues entre le sol et l'assiette multipliant les acteurs et les transports routiers inutiles. Expérimenter est le maître mot pour dégager des pistes menant à faire ensemble des projets viables en cohérence avec l'économie de la nature. Quel meilleur exemple que la démarche de Jean-Philippe, autour de son prototype d'épurateur rustique à biogaz permettant l'autonomie en carburant à la ferme à partir d'un recyclage des déchets organiques, en évitant l'impasse criminelle des biocarburants en compétition avec notre nourriture ?

L'ouvrage que vous vous apprêtez à lire est le manuel que j'aurais aimé rédiger comme troisième tome de *Biométhane*, la suite logique des deux premiers qui ont paru en 1979 chez Édisud. Ce long travail d'enquête pour faire sortir de l'oubli une « alternative crédible » a démarré quand je suis tombé en arrêt sur un petit article paru il y a une quarantaine d'années dans la revue alternative *Survivre et vivre* parlant du gaz de bouses produit dans des cuves étanches en Inde. Depuis la redécouverte des « énergies nouvelles » après les crises du pétrole qui ont clos les Trente Glorieuses jusqu'aux fermes-usines actuelles, nous avons fait des pas de géant. Mais justement, ce gigantisme n'est qu'un effet d'aubaine où le captage de subventions destinées à favoriser la croissance verte détourne la fonction nourricière de l'agriculture pour l'industrialiser. Les productions de lait ou de viande ne sont plus que des sous-produits d'une machine à produire de l'énergie qui utilise les terres comme des champs d'épandage et se moque du sort des animaux en favorisant l'élevage concentrationnaire. Nous sommes encore malheureusement du côté du problème et pas de la solution.

Évidemment, les installations de production de biométhane ne remplaceront pas tous les tankers de pétrole destinés à alimenter notre insatiable fringale énergétique, surtout pour les 80 % d'urbains des pays développés. L'objectif pour partager équitablement entre tous les humains de la planète une ressource qui s'épuise et perturbe gravement la biosphère est de réduire notre consommation à... 500 L par personne et par an. Le chemin d'une transition en douceur vers une société viable plus fraternelle risque d'être long, mais c'est une raison de plus pour tester rapidement des pistes permettant d'atteindre la sobriété volontaire. C'est justement ce magnifique travail de pionnier défriché avec brio par Jean-Philippe que je vous invite à suivre, en sachant que pour chaque cas particulier l'autoconstructeur devra adapter les solutions les plus pertinentes. Avec un travail collectif, du courage, de l'inventivité et de l'audace, nous pouvons ouvrir des voies inédites et déplacer des montagnes. Les chantiers collaboratifs devront sans doute être privilégiés pour partager les bons tuyaux et accélérer la transition. En Chine, les digesteurs se sont développés à des millions d'exemplaires avec un système astucieux d'organisation à trois étages : la Région pour l'investissement en matériaux de construction (briques et ciment), la commune pour les gros travaux, l'apport et la vidange des pailles fermentées qui retournent aux champs, et enfin la famille pour l'apport quotidien des déchets de la ferme, l'utilisation du digestat au jardin et la maintenance du système. Pendant ce temps, à la même époque, en Inde, les installations subventionnées ne profitaient qu'à des institutions ou à des propriétaires de bétail rendant l'accès aux bouses impossible pour les paysans sans terre qui s'en servaient comme combustible.

Souvent, c'est le maintien de la température de fonctionnement en hiver et la manutention des matières à fermenter qui ont freiné ou fait abandonner la technique des petits digesteurs. Pour contourner ces deux obstacles, une piste que j'aimerais développer serait d'associer les fermentations aérobies et anaérobies dans une serre tunnel avec la manutention de fumier dans des barriques grillagées. Sans doute encore beaucoup de « détails » sont à régler pour arriver à la mise au point de cette solution originale. Jean-Philippe a la gentillesse d'en faire une présentation succincte à la fin de son ouvrage. Mais dès à présent, que ce soit pour la combustion directe dans le chauffage ou la cuisine, ou pour le fonctionnement des moteurs avec un gaz épuré, vous avez entre les mains de solides bases pour vous lancer dans l'aventure. Et je n'ai plus qu'un souhait à formuler : que ça gaze pour vous et pour ceux qui profiteront de cette énergie libre !

Bernard LAGRANGE

auteur des ouvrages *Biométhane*, t. I et II

Partie I
Théorie

PHILOSOPHIE

Ce livre se veut accessible à toute personne désirant réaliser tout ou partie d'une installation ou comprendre et maîtriser les processus permettant la production et l'utilisation du biogaz en microméthanisation. Nul besoin d'être scientifique ou technicien : réaliser une installation de biogaz est accessible à tous. En tout cas, à quiconque a la chance de trouver de la matière organique en plus ou moins grande quantité d'une part et de disposer d'un minimum de surface pour l'installation d'autre part.

Les sources de ces matières organiques sont nombreuses, certaines entreprises payent même pour s'en séparer ! À vous de trouver les opportunités près de chez vous.

À ce sujet, j'aimerais attirer votre attention sur les dérives qu'engendre la production de biogaz. Les subventions, les prix de rachats d'électricité, les politiques écologiques incitent à produire toujours plus de biogaz. De nombreux groupes industriels et structures agricoles, souvent en Allemagne, mais parfois en France, n'hésitent pas à cultiver d'immenses surfaces de maïs dans le seul but d'alimenter les digesteurs de biogaz. En faisant cela, le coût des denrées alimentaires augmente : elles sont produites plus loin, voire très loin. Cela implique des pollutions engendrées par les transports de ces denrées, sans parler des déforestations induites par leur production. En voulant faire semblant d'être écologique au Nord, de grands esprits ont simplement décalé dans l'espace la pollution.

Le biogaz doit absolument être produit uniquement à partir de déchets. Si ce n'est pas le cas, il devient alors une énergie aussi néfaste que le charbon ou le nucléaire. Si vous vous lancez dans un projet de biogaz, je vous encourage à en tenir compte et à le relayer autour de vous.

Ce document décrit la mise en place d'une installation de biogaz de petite taille produisant moins de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, c'est-à-dire permettant l'autonomie énergétique d'une petite ferme.

Le projet que je détaille produit en moyenne $1 \text{ m}^3/\text{h}$ de biogaz. Le principe reste le même pour un projet de plus grande envergure. Seul le volume des digesteurs change.

En moyenne, 1 m^3 de biogaz = 5 kWh = 0,7 L de gazole = 1,5 kg de bois. 10 kg de matière organique \approx 1 L d'essence. Ces données sont indicatives, les matières organiques ne produisant pas toutes autant de biogaz.

Le biogaz sera utilisé pour cuisiner, stériliser, se chauffer, faire fonctionner un groupe électrogène ou alimenter un véhicule équipé pour rouler au gaz naturel de ville. Les modifications sur les tracteurs essence ou diesel sont possibles. D'une manière générale, tout ce qui se fait avec le gaz de ville, butane ou propane, peut aussi être fait avec le biogaz, moyennant quelques menues modifications. On peut même faire du froid avec le biogaz !

Ce document s'adresse aux personnes qui recherchent l'autonomie énergétique. Ceux qui veulent revendre le biogaz sous forme d'électricité devront souvent investir dans des installations clés en main qui ne sont rentables qu'avec l'aide de subventions. Ne comptez pas en obtenir pour une petite installation. Il reste néanmoins possible de revendre de l'électricité même pour une petite installation, mais ce livre ne traite pas de la connexion au réseau électrique. Je présenterai néanmoins quelques installations de plus grande taille (production de 50 m³/h environ) que j'ai trouvées intéressantes. Bien que l'autoconstruction de ce type d'installation soit en partie possible, son coût, et les remboursements d'emprunts qui l'accompagnent, ne donne pas droit à l'erreur. La rentabilité devient alors l'objectif principal avec tout le stress qui en découle. Cependant, des trois installations présentées, aucune ne dépossède les agriculteurs de leur outil, contrairement aux projets pharaoniques gentiment appelés « projets biogaz collectifs » qui les transforment en simples fournisseurs de « merde » – même s'ils y trouvent leur intérêt. Ces gros projets « collectifs » siphonnent malheureusement la majeure partie des aides publiques et ressemblent plutôt à des placements financiers bien rémunérés. Je ne parle pas des distances entre les fermes et le digesteur : combien de litres de gazole, énergie non renouvelable, sont nécessaires pour produire du biogaz renouvelable ?

En décembre 2014, l'Association des agriculteurs méthanisateurs de France (AAMF) fait remarquer aux porteurs de projets de méthanisation et aux politiques que la rentabilité est « difficile, voire dégradée » sur les unités actuelles. Il semble que ce sont des réparations non prévues qui provoquent cette baisse de rentabilité. Cela concerne les gros projets, souvent très supérieurs à 500 k€, dont les agriculteurs sont des utilisateurs. Souvent, aucune autonomie ne leur est proposée sur ces installations, ce qui rend donc leur efficacité difficile en cas de casse par exemple.

Je glane beaucoup d'informations depuis 2009, date à laquelle j'ai fait mon premier petit digesteur dans un bidon de 200 L en plastique.

Les informations que je vous livre sont toutes importantes à connaître avant de vous aventurer dans le merveilleux monde du biogaz.

QU'EST-CE QUE LE BIOGAZ ?

Le biogaz est un gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en anaérobiose, c'est-à-dire en l'absence d'oxygène. Cette fermentation, appelée aussi méthanisation, se produit naturellement dans les marais et dans les décharges contenant des déchets organiques. On peut aussi la domestiquer dans des digesteurs. C'est de cette possibilité que nous allons parler dans ce livre.

La matière organique provient de multiples sources : des végétaux broyés, des fumiers et lisiers que je qualifierais de propres écologiquement, c'est-à-dire réutilisables comme engrais à l'inverse des boues d'épuration et déchets organiques industriels potentiellement toxiques.

Le graphique suivant présente les rendements de différents résidus organiques sur une période de production :

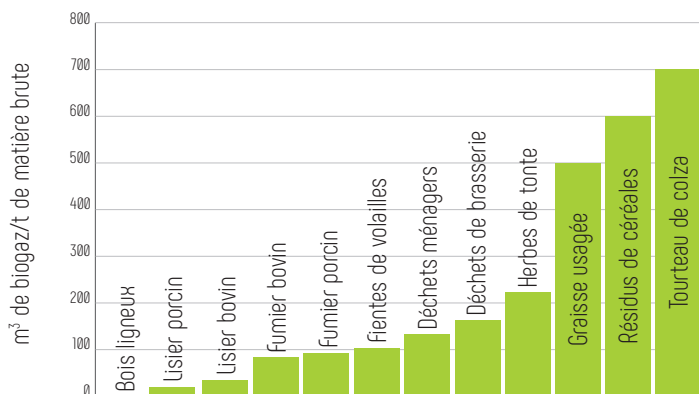


Fig. 1 : Rendement de différents résidus

Sur cette illustration, on remarque que le lisier porcine produit peu de méthane ; pourtant, de nombreuses installations se nourrissent de celui-ci ! La rentabilité est alors assurée – ou non – par les subventions, mais c'est surtout l'obligation de ne pas rejeter ce lisier dans les champs directement qui pousse certains agriculteurs à la méthanisation. J'utilise, pour ma part, du fumier bovin ou ovin, de la pelouse et diverses matières provenant de broyats de paysagistes.

Enlever le CO₂

Pourquoi enlever le CO₂ ?

On doit enlever le CO₂ (dioxyde de carbone) du biogaz pour pouvoir rouler avec un véhicule GNV pour trois raisons :

III La puissance de la voiture serait trop faible, voire elle ne pourrait même pas avancer.

III On perd la moitié du volume de stockage dans le sens où la moitié est occupée par le CO₂.

III Il y a un risque de gel dans le détendeur ou dans les valves. En vérité, le méthane ne gèle pas mais le peu d'humidité présent dans le biogaz se transforme instantanément en cristaux de glace et bouche les conduites.

On enlève donc le CO₂ si l'on veut rouler avec une voiture équipée GNV. Là est la véritable autonomie énergétique : une voiture sans passer à la pompe. Mais il nous faut un gaz contenant au moins 93 % à 97 % de méthane (suivant la norme). Nous allons décrire le système dans les pages suivantes.

Comme dit plus haut, seul le biogaz carburant justifie l'épuration du CO₂ : l'épuration coûtant de l'énergie électrique (pompe/compresseur), il ne faudrait pas que votre facture d'électricité augmente plus que vos gains en carburant. À titre indicatif, il faut environ 15 kWh d'électricité pour épurer et environ 10 kWh pour comprimer le gaz dans la voiture (pour 250 km d'autonomie). En fonctionnement, et à 0,13 €/kWh, cela revient à 3,25 € pour faire 250 km. Si vous utilisez le biogaz ou l'énergie solaire pour faire de l'électricité, cela ne coûte plus rien en fonctionnement mis à part votre travail et l'usure du matériel. Si plusieurs méthodes existent pour épurer le gaz, une seule est réalisable pour de faibles volumes à traiter : le lavage à l'eau.

Méthode du lavage à l'eau

Introduction

Nous allons apprendre comment autoconstruire un épurateur. Ce n'est pas un gadget, il permet d'obtenir un gaz aux normes. On n'en trouve pas dans le commerce ; seuls de gros épurateurs industriels existent, comme à Lille, mais coûtent des sommes colossales et ont des débits énormes.

Notre méthode consiste à laver le gaz à l'eau sous pression. L'eau lave le gaz, en ce sens que le CO_2 se dissout beaucoup mieux que le méthane dans l'eau. L'eau supprimera le CO_2 et, si tout va bien, très peu ou pas de méthane (environ 3 % perdus à 20 °C). La méthode n'est pas compliquée mais elle regorge de détails importants. Aussi, je vous propose de décomposer le système en partant d'un schéma global dont chaque partie sera détaillée par la suite. Le schéma proposé est celui que j'ai conçu mais de nombreuses modifications sont possibles. Je me suis principalement appuyé sur deux documents : l'un, assez ancien, qui vient de Nouvelle-Zélande et l'autre, relativement récent, venu d'Inde.

Rappelons que le biogaz est composé d'environ 50 % à 70 % de méthane ; il faut donc éliminer 30 % à 50 % de CO_2 pour les raisons énumérées précédemment.

Notre système, et d'une manière générale toutes les installations par lavage à l'eau, est basé sur le schéma ci-dessous. Sur ce schéma apparaissent tous les éléments de la cuve à biogaz jusqu'au pistolet de remplissage d'un véhicule GNV.

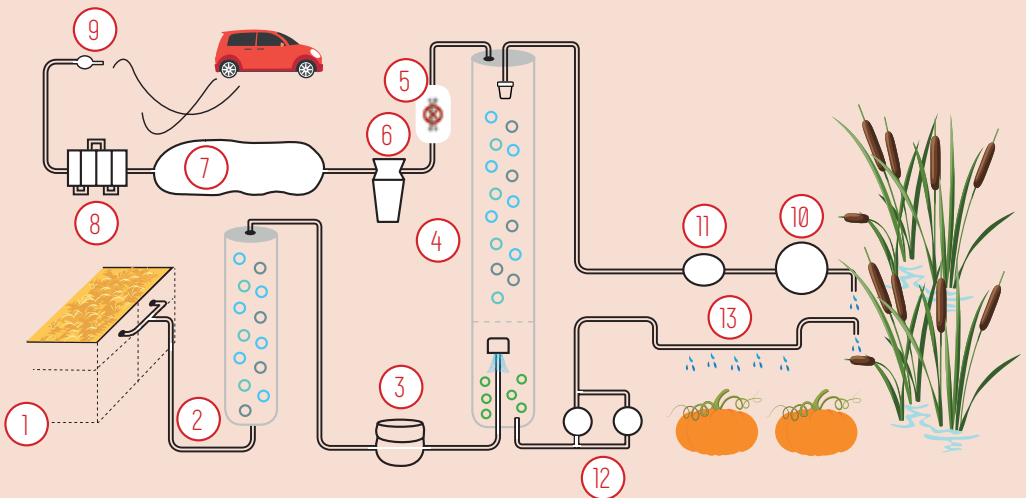


Fig. 20 : Schéma global de l'installation - Des digesteurs au GNV

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	4
NOTE DE L'AUTEUR	4
SOMMAIRE.....	5
PRÉFACE.....	6
PARTIE I : THÉORIE	9
Philosophie.....	11
Qu'est-ce que Le biogaz ?.....	17
Principe d'une installation de biogaz.....	21
Les installations en continu.....	21
Exemple d'une installation de grande taille en mode continu.....	23
<i>Voici quelques données sur l'installation</i>	<i>24</i>
<i>Les travaux faits en autoconstruction par Christophe</i>	
<i>aidé de sa famille</i>	<i>25</i>
<i>Les travaux faits par des entreprises extérieures.....</i>	<i>25</i>
<i>Côté financier</i>	<i>25</i>
<i>Les difficultés</i>	<i>26</i>
<i>Quelques constats et idées de Christophe</i>	<i>26</i>
Les installations en discontinu	28
<i>Explications</i>	<i>29</i>
Exemples d'installations en discontinu.....	31
<i>L'installation de Florent et Stéphanie Tuffery (Lozère)</i>	<i>31</i>
<i>Quelques informations sur cette installation</i>	<i>32</i>
<i>Côté financier.....</i>	<i>33</i>
<i>Les difficultés</i>	<i>34</i>
<i>L'installation de William Rousset (Lozère).....</i>	<i>35</i>
<i>Quelques informations sur cette installation</i>	<i>35</i>
<i>Coté financier.....</i>	<i>36</i>
<i>Améliorations.....</i>	<i>37</i>
<i>Difficultés et regrets</i>	<i>37</i>

PARTIE II : PRATIQUE	39
Mon digesteur biogaz	41
Mon exploitation agricole	41
Introduction	42
Construction	44
Le mélange de la cuve	52
Le réchauffage	55
<i>Panneau solaire maison</i>	56
<i>Panneaux solaires thermiques et échangeur à plaques</i>	58
<i>Chauffe-eau à gaz</i>	59
<i>Compost en fermentation aérobie</i>	60
<i>Litière de bergerie</i>	61
<i>Cogénération</i>	61
Remplir et fermer la cuve	63
Vider la cuve.....	66
Une alternative : un digesteur bon marché et fonctionnel	68
État de mon système et évolutions possibles	70
L'épuration du biogaz.....	73
Enlever l'hydrogène sulfuré (H ₂ S).....	73
Enlever le CO ₂	75
<i>Pourquoi enlever le CO₂ ?</i>	75
<i>Méthode du lavage à l'eau</i>	75
Introduction	75
Théorie, données et calculs préliminaires.....	78
Tuyauteries	80
La colonne d'épuration.....	81
La pompe à eau	84
La gestion du niveau d'eau dans la colonne d'épuration.....	84
Le compresseur	87
La soupape de décharge	87
Le sécheur d'air	88
La cuve de stockage du méthane.....	89
Schéma général de l'épurateur	89
Comprimer pour la voiture.....	91
Et les tracteurs ?	92
Améliorations possibles pour l'épuration.....	94
Et combien ça coûte ?	96
<i>Autres méthodes pour le CO₂</i>	97
Analyse du biogaz	97
Utilisations du biogaz.....	99
Quelques éléments de théorie nécessaires	99

Éliminer l'eau du gaz	100
Obtenir une pression de travail pour vos applications	101
Un pressostat maison.....	101
Concevoir un mélangeur-brûleur	104
Groupe électrogène	105
<i>Des pistes</i>	105
<i>Ce que j'ai fait</i>	107
<i>Améliorations</i>	108
Faire la cuisine / stériliser	109
Se chauffer.....	110
Faire du froid.....	110
Une torchère.....	111
Sécurité et risques d'une installation biogaz	112
Maintenance et interventions sur l'installation	114
Vidage et remplissage de la cuve.....	114
Réparation de la bâche EPDM	115
Épurateur CO ₂	115
Contrôles journaliers	115
Contrôles hebdomadaires	116
Contrôles mensuels	116
PARTIE III : BONUS	117
Deux projets pour donner des idées	119
Des bananes à 800 m d'altitude	119
Un projet haut en idées de Bernard Lagrange	122
<i>Et la spiruline ?</i>	124
Bricolage et construction (trucs et astuces en vrac).....	126
Plomberie	126
Des digesteurs alternatifs.....	127
Vers d'autres techniques autonomisantes.....	128
Le gazogène	128
Le bélier hydraulique.....	128
Le chauffage en thermosiphon	130
Le moteur surnuméraire et le moteur à eau.....	131
<i>Le moteur surnuméraire</i>	131
<i>Et le moteur à eau ?</i>	131
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	133
POSTFACE.....	134
BIBLIOGRAPHIE	138
TABLE DES FIGURES.....	142