

Prof Dr MONZAMBE Mapunzu
Secrétaire perpétuel de l'Académie nationale des sycones du développement
(2002)

“La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo”

Un document produit en version numérique par Jean-Marie Tremblay, bénévole,
professeur de sociologie au Cégep de Chicoutimi
Courriel: jmt_sociologue@videotron.ca
Site web: <http://www.uqac.ca/jmt-sociologue/>

Dans le cadre de la collection: "Les classiques des sciences sociales"
Site web: http://www.uqac.ca/Classiques_des_sciences_sociales

Une collection développée en collaboration avec la Bibliothèque
Paul-Émile-Boulet de l'Université du Québec à Chicoutimi
Site web: <http://bibliotheque.uqac.quebec.ca/index.htm>

Cette édition électronique a été réalisée par Jean-Marie Tremblay, bénévole, professeur de sociologie au Cégep de Chicoutimi à partir de :

M. Prof Dr MONZAMBE Mapunzu

“*La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo*”. Un article publié dans le Bulletin de l’ANSD, volume 3, décembre 2002, pp. 7-34. Kinshasa : Académie nationale des sciences du développement.

M. MONZAMBE Mapunzu est secrétaire perpétuel de l’ANSD.

Département des Sciences agronomiques et vétérinaires de l’Institut pédagogique National (IPN)

Chargé de recherche à l’Institut africain d’études prospectives (INADEP)

Membre de la *Conférence sur les écosystèmes des forêts denses et humides d’Afrique centrale* (CEFDHAC).

[M. Michel Maldague, professeur émérite de l’Université Laval et président-fondateur de l’ANSD, nous a obtenu le 10 janvier 2005 l’autorisation de diffuser cet article]



Courriel : Michel.Maldague@lycos.com

Polices de caractères utilisée :

Pour le texte: Times, 12 points.

Pour les citations : Times 10 points.

Pour les notes de bas de page : Times, 10 points.

Édition électronique réalisée avec le traitement de textes Microsoft Word 2001 pour Macintosh.

Mise en page sur papier format
LETTRE (US letter), 8.5’’ x 11’’)

Édition complétée le 2 mai 2005 à Chicoutimi, Ville de Saguenay, Québec.



Table des matières

Introduction

1. Synthèse des aspects fondamentaux de la biométhanisation

- 1.1 Définition et historique
- 1.2 Processus de la biométhanisation
- 1-3 Procédés de biométhanisation

Schémas de principes des différents digesteurs méthanigènes (pour substrats solides, semi-liquides ou liquides).

- 1) Digesteur en une étape (Scriban, 1985)
- 2) Digesteur en deux étapes (Van Bokkelen, 1987)

1.4 Produits de la méthanisation

- 1.4.1 Le biogaz
- 1.4.2 L'effluent

2. Intérêt de la technologie de production du biogaz

2.1 Intérêt pour la République Démocratique du Congo

- 2.1.1 Biométhanisation et lutte contre l'insécurité alimentaire
- 2.1.2 Biométhanisation et contribution à l'approvisionnement en énergie décentralisée de la population urbaine et même rurale de la RDC
 - a. Ressources d'hydrocarbures
 - b. Ressources hydroélectriques
 - c. Ressources forestières (charbon de bois et bois de chauffe)
 - d. Ressources en gaz méthane (ou gaz naturel du lac Kivu)
 - e. Charbon fossile
 - f. Ressources géothermiques, éoliennes, solaires et hydrauliques
 - g. Ressources nucléaires
 - h. Ressources de la biomasse

Conclusion

- 2.1.4 [Autres avantages de la technologie du biogaz](#)
- 2.2 [Intérêt au niveau, sous-régional ou mondial](#)
- 2.3 [Inconvénients de la technologie](#)
- 3. [État des lieux de la biométhanisation en RDC](#)
 - 3.1 [Expériences menées par des projets privés](#)
 - 3.2 [Expériences dans le cadre de projets de l'État](#)
 - 3.2.1 [Digesteur de la cité de Bagira](#)
 - 3.3 [Analyse critique de ces expériences](#)
 - 3.4 [Programme national sur la technologie du biogaz](#)

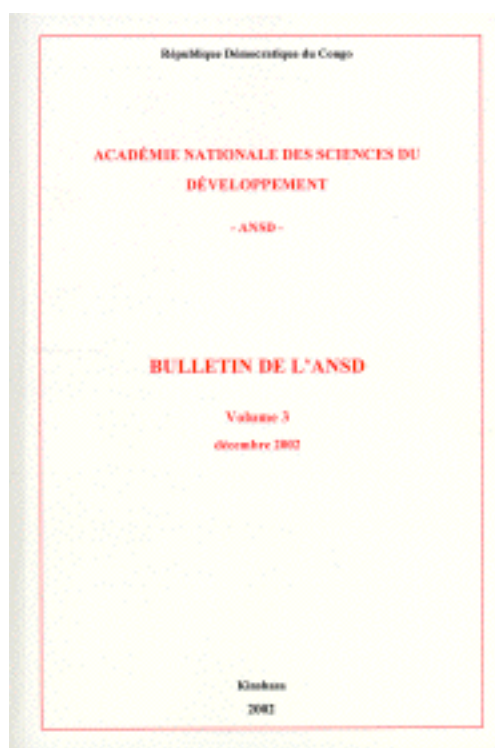
[Conclusion et perspectives d'avenir](#)

[Bibliographie](#)

[Sommaire des numéros précédents du Bulletin de l'ANSD](#)

M. M. Prof Dr MONZAMBE Mapunzu

*“La problématique de la biométhanisation
en République démocratique du Congo”.*



Un article publié dans le Bulletin de l'ANSD,
volume 3, décembre 2002, pp. 7-34.
Kinshasa : Académie nationale des sciences du développement.

République démocratique du Congo
Académie nationale des sciences du développement (ANSD)

Leçon magistrale

La problématique de la biométhanisation
en République démocratique du Congo

par le

Prof Dr Monzambe Mapunzu
Secrétaire perpétuel de l'ANSD

Département des Sciences agronomiques et vétérinaires de l'Institut
Pédagogique National (IPN)
Chargé de Recherche à l'Institut africain d'études prospectives (INADEP)
Membre de la *Conférence sur les écosystèmes des forêts denses et
humides d'Afrique Centrale* (CEFDHAC)

2003

[Retour à la table des matières](#)

Académie Nationale des Sciences du Développement de la RD Congo
Bulletin, no 3, 2002, pp. 21 -xx.

“La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo”

Prof. Dr Monzambe Mapunzu
Secrétaire perpétuel de l'ANSD
Département des Sciences agronomiques et vétérinaires de l'Institut
Pédagogique National (IPN)

Introduction

[Retour à la table des matières](#)

Vous vous souviendrez que le Président de l'ANSD, le Professeur Michel Maldague, avait axé sa leçon magistrale publique, le jour de la cérémonie marquant l'ouverture officielle de notre Académie qui eut lieu le samedi 6 octobre 2001, dans l'Auditorium de la Regideso, sur le thème « *L'électrification rurale décentralisée en RDC* »¹.

Au cours de cet exposé, l'orateur est parti de l'hypothèse que l'électrification rurale peut être utile pour le développement de la population congolaise qui vit en majorité dans les milieux ruraux (± 80% de la population totale). Il a plaidé en faveur d'une politique de décentralisation énergétique en RDC, et a soutenu la forme de l'énergie solaire directe.

¹ Cf. Bull. de l'ANSD, vol. 2, 2001.

Il est connu que la consommation en énergie, surtout la consommation d'électricité par habitant, constitue un critère important d'appréciation du niveau de développement d'un pays. La consommation en électricité par habitant est très faible dans les pays en voie de développement (tableau 1).

Tableau 1.

Consommation d'électricité par habitant dans les pays du tiers monde et des pays développés (Maldague, 2001)

	Consommation d'électricité par habitant	
	1980	1996
RDC	161 kWh	94 kWh
Congo/Brazzaville	98 kWh	207 kWh
Canada		20 904 kWh (2e mondial)
USA		23 830 kWh (1er mondial)

Et pourtant l'ensemble des ressources hydroélectriques de la RDC peut fournir environ 774.000 GWh² par an, grâce aux douze centrales hydroélectriques du pays, réparties comme suit : cinq centrales au Katanga (Mwandigusha, Koni, N'zilo, N'sele et Kalemie), trois au Bas-Congo (Inga I, Inga II et Zongo), deux au Kivu (Ruzizi I et II), une dans la Province Orientale (Tsopo) et une à l'Équateur (Mobayi).

Ce potentiel hydroélectrique étant insuffisamment réparti, l'approvisionnement et l'utilisation de l'énergie électrique posent des problèmes, surtout dans les milieux ruraux.

C'est la raison pour laquelle la politique de l'électrification rurale décentralisée reste l'alternative la plus intéressante pour résoudre le problème du besoin énergétique de la population.

À côté de la forme décentralisée de l'énergie solaire, précédemment soutenue par le Prof. Maldague, je voudrais exposer et soutenir, en outre, une autre forme d'énergie solaire, indirecte et peu polluante (énergie douce), connue sous diverses appellations, comme biogaz ou biométhane et ce, *toujours dans l'optique de la recherche d'une meilleure politique de l'électrification décentralisée en RDC.*

² GWh : giga watt heure ; G, giga = 10⁹.

La technologie de production de biogaz - mélange de CH_4 + CO_2 + H_2O - par la fermentation microbienne, autrement appelée fermentation méthanigène, digestion méthanigène ou biométhanisation est certes très mal connue au Congo Démocratique. En effet, le biogaz est très négligeable ou inexistant parmi les principales sources d'énergie de la RDC qui se ventilent comme suit (en pourcentage de l'énergie totale consommée)

- dendro-énergie (bois de chauffe, charbon de bois) : 88 -91%
- hydrocarbures : 4 - 7% ;
- centrales hydroélectriques : 4%
- autres : 0,2 - 1%.

De par sa multifonctionnalité, la technologie du biogaz peut contribuer à résoudre un certain nombre de problèmes aigus, actuels (pauvreté, malnutrition, changements climatiques, insalubrité publique, etc.), tant au niveau national et régional qu'au niveau mondial.

Malgré son impact négligeable, aujourd'hui, sa perspective d'avenir paraît prometteuse. Ceci justifie la nécessité d'une sensibilisation judicieuse, suivie d'expérimentations pilotes en vue de la vulgarisation ultérieure de la technologie du biogaz.

C'est dans ce cadre que se situe la réflexion de ce jour qui est structurée comme suit :

- 1° la synthèse des aspects fondamentaux du processus et du procédé de production du biogaz ;
- 2° l'intérêt de la technologie du biogaz
- 3° l'état des lieux de la technologie du biogaz en RDC
- 4° une conclusion clôturant cette réflexion.

1.

Synthèse des aspects fondamentaux de la biométhanisation

1.1 Définition et historique

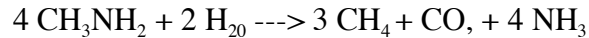
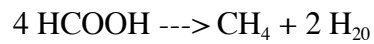
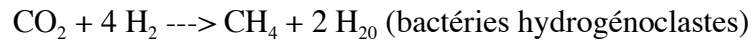
[Retour à la table des matières](#)

La biométhanisation est définie comme la transformation, par la fermentation microbienne, des substances organiques en un gaz combustible appelé biogaz ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) et un résidu solide, plus ou moins appauvri en matières organiques. Gottschalk (1979) définit la fermentation comme un processus bioénergétique qui n'implique pas une chaîne respiratoire ayant l'oxygène, le dioxyde de soufre et le nitrate comme accepteur final d'équivalents réducteurs (protons + électrons). La fermentation avait d'ailleurs été définie par Louis Pasteur, depuis 1860, comme une vie sans air, une vie en anaérobiose.

Dans la nature, la biométhanisation se rencontre dans le rumen des bovins (Wolin, 1979), dans les sédiments marins et lacustres (King and Nedwell, 1984), dans les rizières. Il est d'ailleurs très courant de constater des dégagements gazeux (biogaz) dans certains égouts de la ville de Kinshasa.

D'après Ducellier (1940), cité par Cousin (1996), l'homme exploite cette technologie depuis longtemps.

C'est au milieu des années 1970 que la hausse vertigineuse des prix des produits pétroliers, la révélation brutale, d'un épuisement éventuel des énergies fossiles et une prise de conscience aiguë des risques d'une rupture écologique ont facilité l'incursion des problèmes énergétiques et de la dépollution dans le champ de nos préoccupations quotidiennes.



Il a été établi que l'acétogénèse reste l'étape limitante de la biométhanisation des substrats monomériques comme le glucose (Colleran *et al.*, 1982) alors que l'hydrolyse devient l'étape limitante dans le cas de la biométhanisation des substrats complexes (Gosh *et al.*, 1982).

1-3 Procédés de biométhanisation

[Retour à la table des matières](#)

Le processus biologique ainsi défini se fait dans une cuve d'étanchéité, plus ou moins absolue, dénommée digesteur, fermenteur ou réacteur méthanigène.

Selon l'état physique du substrat organique et la disponibilité en eau, il existe une diversité de digesteurs (Scriban, 1985) :

1. Digesteurs méthanigènes discontinus, l'alimentation en substrats se faisant en une fois ou bien de façon étagée dans le temps.

2. Digesteurs méthanigènes continus :

a) sans recyclage de microorganismes actifs ; constitués de digesteurs continus infiniment mélangés, les digesteurs du type piston, les digesteurs en boucle ;

Tableau 2.

Synthèse du processus de méthanogénèse
(étapes, types de transformation et quelques microorganismes)

Étape	Types de transformation	Quelques microorganismes impliqués
Étape 1 : Hydrolyse	Dépolymérisation en monomères <ul style="list-style-type: none"> - polysaccharides ---> oses (glucose, fructose, ...) - protéines ---> acides aminés - lipides ---> acides gras + glycérol - etc.. 	Bactéries hydrolytiques <i>Salmonella typhi</i> , <i>S. galinarum</i> <i>Escheria coli</i> , <i>Acetobacter xylinum</i> <i>Klebsiella pneumonia</i> , etc.
Étape 2 : Acidogénèse	Fermentation des monomères en : <ul style="list-style-type: none"> - acides gras volatils (acide acétique, propionique, ...) - alcools (éthanol, ...) - CO₂, H₂O 	Bactéries acidogènes : <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>L. fermenti</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>L. pentosaceus</i> <i>Clostridium tetanis</i> , <i>C. butyricum</i> <i>Thermobacterium yoghurti</i> , etc.
Étape 3 : Acétogénèse	Fermentation des produits de l'acidogénèse (autres que l'acétate) en acétate, en H ₂ et CO ₂	Bactéries acétogènes : <i>Acetobacter xylinum</i> , <i>Salmonella thyphosa</i> , <i>S. pullorum</i> , <i>Mycoderma aceti</i> , <i>Methanococcus venielli</i> , etc.
Étape 4 : Méthanogénèse	Formation du méthane (CH ₄) à partir de : <ul style="list-style-type: none"> - la sismutation d'acétate - la réduction du CO₂ par H₂ du formate, méthanol ou du méthylanime 	Bactéries méthanogènes : <i>Methanobacterium formicum</i> <i>M. songenii</i> , <i>M. melianski</i> , <i>M. propionicum</i> , <i>Methanococcus mazei</i> , <i>M. venielli</i> , etc.

b) avec recyclage de microorganismes actifs :

en dehors du digesteur ;

- dans le digesteur : soit sans support (digesteur à lits de boues) soit avec support (digesteur à lits fixés).

Les procédés courants de biométhanisation, encore appelés procédés monoétapes, réalisent, dans une seule cuve les différentes étapes du processus méthanigène (hydrolyse, fermentation, acétogénèse, méthanogénèse) et ce, malgré le fait que les populations microbiennes acidogènes et méthanogènes diffèrent par leur physiologie, leurs besoins nutritifs, leur cinétique de croissance ainsi que leur résistance aux stress environnementaux (Mc Carty, 1964).

Ainsi, l'utilisation de conditions uniformes à ces populations microbiennes se traduit par des caractéristiques limitées de gestion et de performances.

C'est la raison pour laquelle on propose actuellement un procédé en deux étapes (deux cuves), en séparant les deux fermentations en vue de créer des conditions optimales pour les deux groupes de microorganismes. La dualité entre les deux systèmes est un problème qui n'est pas encore résolu (Van Bokkelen, 1987).

Schémas de principes des différents digesteurs méthanigènes (pour substrats solides, semi-liquides ou liquides).

1) Digesteur en une étape (Scriban, 1985)

[Retour à la table des matières](#)

a. Digesteur à alimentation discontinue (batch) en substrat (matière première)

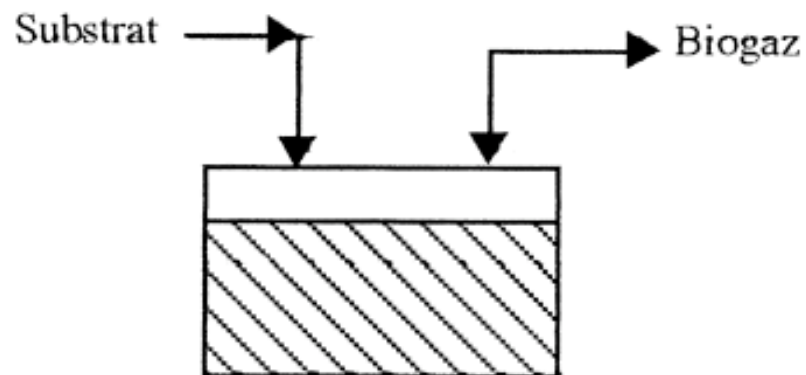


Fig. 1. Digesteur à alimentation discontinue (batch) en substrats (matière première)

(fig. 1). Digesteur à alimentation discontinue (batch) en substrat (matière première)

b. Digesteur à alimentation continue en substrat sans recyclage de biomasse active (bactéries)

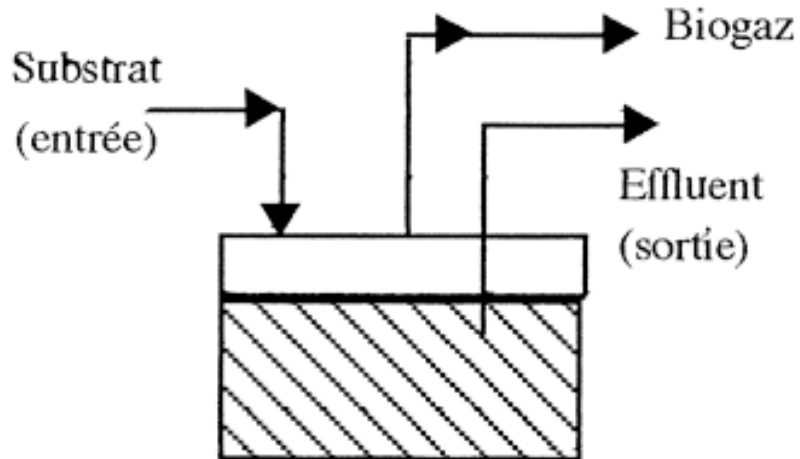


Fig. 2. Digesteur à alimentation continue en substrats sans recyclage de biomasse active (bactéries)

(fig. 2). Digesteur à alimentation continue en substrat sans recyclage de biomasse active (bactéries)

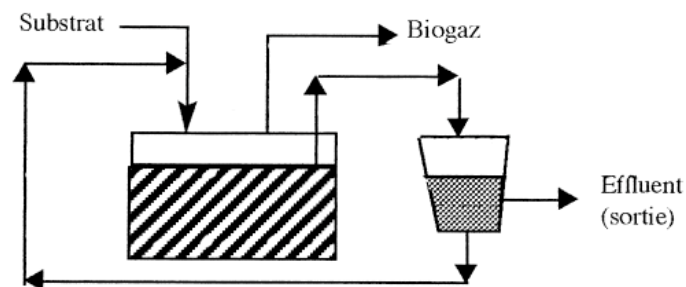
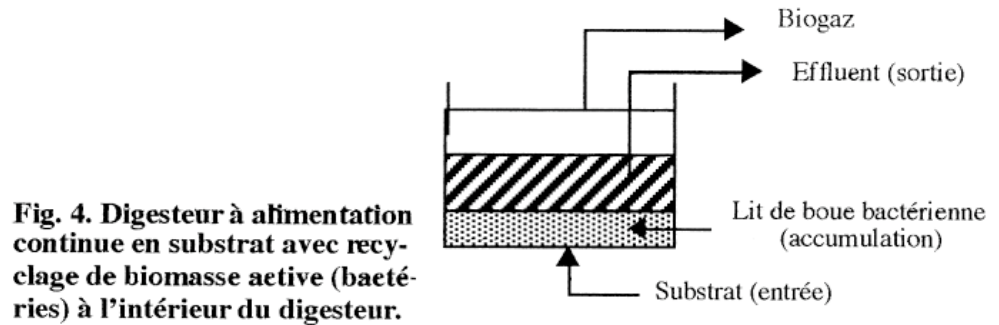


Fig. 3. Digesteur à alimentation continue en substrat avec recyclage de biomasse active (bactéries) à l'extérieur du digesteur.



c. Digesteur à alimentation continue en substrat avec recyclage de biomasse active (bactéries) à l'extérieur du digesteur (fig. 3) et à l'intérieur du digesteur, soit sans support -digesteur à lit de boue - (fig. 4), soit avec, des supports ou micro supports (fixation ou immobilisation) (fig. 5).

Les fig. 5 et 6 illustrent des digesteurs pourvus de macro ou de micro supports (fixation ou immobilisation) ; dans, le cas de la fig. 5, le flux de substrat est ascendant, dans le cas de la fig 6, ce flux est descendant.

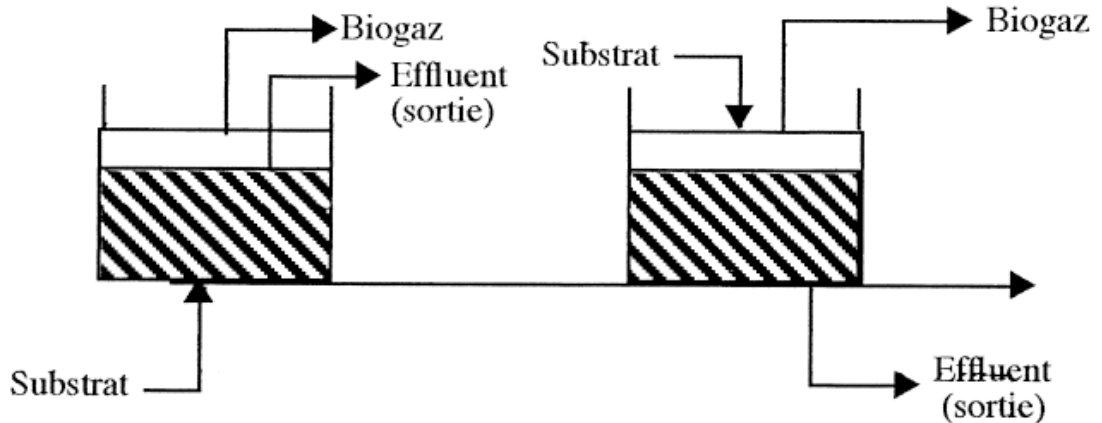


Fig. 5. Digesteur avec flux de substrat ascendant.

Fig. 6. Digesteur avec flux de substrat descendant.

2) Digesteur en deux étapes (Van Bokkelen, 1987)

[Retour à la table des matières](#)

Ce type de digesteur sépare l'hydrolyse et l'acidogénèse, dans une première étape, et la méthanogénèse dans une seconde étape (fig. 7).

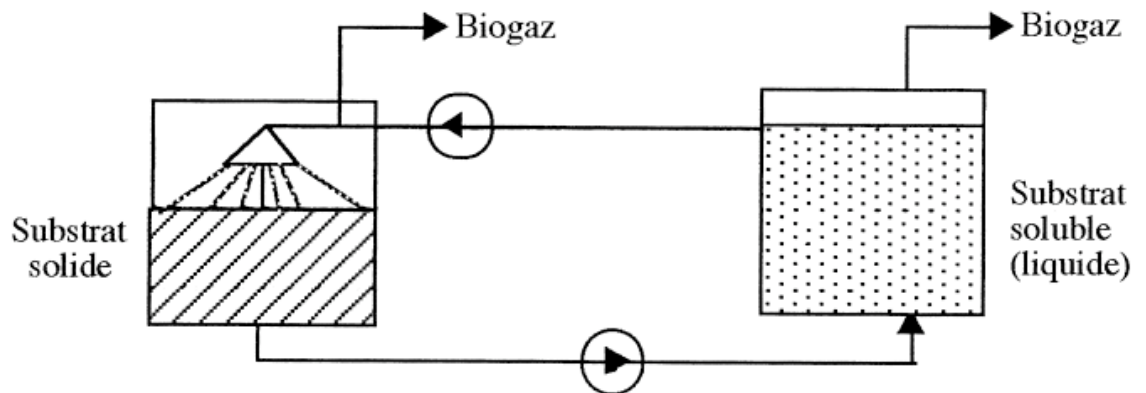


Fig.7 Digesteur en deux étapes.

(fig. 7) Digesteur en deux étapes.

1.4 Produits de la méthanisation

1.4.1 Le biogaz

Composition

[Retour à la table des matières](#)

Le gaz, produit par la fermentation méthanigène, est connu sous les noms de gaz de marais, gaz des égouts ou biogaz. Selon John (1977), le biogaz est constitué comme suit :

CH ₄	54 - 70%
CO ₂	27 - 45%
H ₂	1-10%
N ₂	0,5 - 3%
CO	0,1%
O ₂	0,1%
H ₂ S	traces

La richesse du biogaz en CH₄ dépend de la température de la digestion (de façon inverse) et du rapport C/N du substrat (John, 1977) comme l'indique le tableau 3.

Tableau 3.

Qualité du biogaz en fonction du rapport C/N du substrat

Rapport C/N	Exemples	Production de biogaz			
		CH ₄	CO ₂	H ₂	N ₂
C/N bas (N él)	Sang, urine	Peu	bcp	Peu	bcp
C/N élevé (N bas)	Sciure, paille, sucres, grains, etc.	peu	bcp	Peu	bcp
C/N équilibré (30)	Céréales, excréments	bcp	bcp	peu	peu

N él : teneur en N élevée ; N bas : teneur en N basse
 bcp : beaucoup

Teneur en méthane

Sasse (1986) donne les valeurs indicatives des teneurs en méthane suivantes :

Fumiers de bovins :	65%
Fientes de poules :	60%
Excréments de porcs :	67%
Pailles :	59%
Herbes :	70%
Jacinthes d'eau :	52%
Algues :	63%
Déchets de cuisine :	50%
Feuilles :	58%

Potentialité énergétique

La valeur calorifique du biogaz est proportionnelle à sa teneur en CH₄. Le tableau 4 montre que la valeur calorifique du biogaz varie entre 5.000 à 8.500 kcal par m³ (soit 21,3 à 35,6 MJ par m³).

Tableau 4.

Pouvoir calorifique de différents combustibles ou carburants

Combustibles	kJ m^{-3}	kcal m^{-3}	kJ kg^{-1}	kcal kg^{-1}
Biogaz (60% CH_4)	21.350	5.100	-	-
Biogaz épuré (90% CH_4)	31.800	7.600	-	-
Méthane (100% CH_4)	35.600	8.500	50.000	11.950
Propane (C_3H_8)	92.100	22.000	46.450	11.100
Butane (C_4H_{10})	117.200	28.000	45.650	10.900
Hydrogène (H_2)	11.000	2.600	119.800	29.000
Essence	30.550	7.300	43.550	10.400
Mazout	36.000	8.600	44.500	10.650
Pétrole	42.300	10.250	49.000	11.800
Éthanol	23.000	5.600	28.000	6.600
Méthanol	-	-	21.000	5.000
Bois	8.350	$2.000.10^3$	16.700	4.000
Charbon de bois	$7.300.10^3$	$1.750.10^3$	29.300	7.000
Charbon	-	-	31.000	7.400
Déchets urbains	-	-	7.500	1.800
Huiles végétales	-	-	35.000	8.500

Utilisations

Le biogaz peut premièrement produire de l'énergie (Anonyme, 1981 Mattocks, 1984 ; Louvel, 1990 Ranaivosoloarimalala et Andriantahiana, 1990).

Dans la production d'énergie :

- le biogaz peut servir à la production de chaleur, susceptible d'être utilisée soit dans la cuisson, le séchage ou le chauffage, soit dans le fonctionnement de machines à vapeur pour la production d'électricité ou d'énergie mécanique ;

- le biogaz peut faire fonctionner un moteur à combustion interne pour produire de l'énergie cinétique (mécanique) ou de l'électricité. Il existe en effet des normes d'équivalence :

- 1 m^3 de biogaz permet à une lampe d'éclairer pendant 6 à 7 heures et de diffuser une luminosité équivalente à 60 watts de lumière électrique (soit 0,62 litres de pétrole lampant) ;

- 1 m³ de biogaz correspond à 3,47 kg de bois de feu ou 1,5 kg de charbon de bois ;
- 1 m³ de biogaz peut faire fonctionner un moteur à combustion interne de 1 CV pendant 2 heures, soit environ l'équivalent de 0,6 à 0,71 d'essence
- 1 m³ de biogaz peut aussi produire 1,25 kWh d'électricité.

En outre, le biogaz épuré peut être utilisé dans l'industrie chimique pour la fabrication de nombreux produits chimiques (chloroforme, acétylène, méthanol, ...).

1.4.2 L'effluent

[Retour à la table des matières](#)

L'effluent est le résidu, solide et/ou liquide, qui sort du digesteur après la fermentation (minéralisation). À la suite des transformations subies au cours de cette fermentation, l'effluent solide est enrichi en N et K, tandis que l'effluent liquide est enrichi en P. Ainsi, cet effluent (solide + liquide) peut servir comme amendement agricole à cause de ses qualités fertilisantes dont le rapport des éléments nutritifs est :

$N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0,5 : 1$ (Sasse, 1986).

L'effet fertilisant est fonction de la culture et de la nature du sol.

À cause de la destruction d'une grande partie des germes pathogènes (bactéries du typhus, du paratyphus, du choléra, de la dysenterie, des ankylostomes et des bilharzies, etc.), pendant la fermentation, l'effluent peut également être utilisé comme aliment pour les animaux domestiques (Iannotti et al., 1979) ou les poissons (Anonyme, 1981 ; Sasse, 1996).

2. Intérêt de la technologie de production du biogaz

2.1 Intérêt pour la République Démocratique du Congo

2.1.1 Biométhanisation et lutte contre l'insécurité alimentaire

[Retour à la table des matières](#)

La biométhanisation peut contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire (Cousin, 1996 ; Louvel, 1990).

Le sol congolais, à l'instar des sols des autres pays tropicaux, est trop fragile et pauvre pour soutenir une agriculture durable. Dans la ville de Kinshasa et ses environs par exemple, le sol est fort sablonneux ; il se prête mal à l'utilisation fréquente des engrais chimiques. Comme les techniques agropastorales sont, en outre, peu performantes, il s'ensuit une faible productivité agropastorale dans les milieux urbains, périurbains et même dans les milieux ruraux.

On comprend aisément ainsi les éléments qui contribuent à l'insécurité alimentaire, conduisant à la malnutrition et à la sous-alimentation.

L'utilisation des effluents de la digestion méthanigène comme amendements peut améliorer la fertilité des sols. De plus, l'effluent issu de la fermentation peut contribuer à la réduction du coût de la fabrication d'aliments pour le bétail et / ou les poissons. Sasse (1996) signale qu'un fumier digéré (dans un fermenteur méthanigène) entraîne un rendement de 5 à 15% supérieur au fumier frais non digéré.

2.1.2 Biométhanisation et contribution à l'approvisionnement en énergie décentralisée de la population urbaine et même rurale de la RDC

[Retour à la table des matières](#)

Normalement, la RDC a un potentiel énergétique énorme (Anonyme, 1998), qui ventile comme suit :

a. Ressources d'hydrocarbures

- Potentialité : notre pays compte trois bassins sédimentaires : le bassin côtier ; la cuvette centrale et le graben du Tanganyika. Le bassin côtier, qui est le seul à être exploité pour la production pétrolière, s'étend sur 599 km².

- Production actuelle : après avoir atteint un plafond de 12 millions de barils (1 baril = 160 litres = 0,16 m³ en 1985 (soit 33.445 barils/jour), la production actuelle a sensiblement diminué, se situant en-dessous de 7 millions de barils/an. Faute d'équipements appropriés de raffinage, à Moanda, la quasi-totalité de cette production est exportée, raison pour laquelle le pays est obligé d'importer les produits pétroliers dont la consommation actuelle se situe autour de 550.000 m³.

- Réserves. D'après la Commission Nationale des Énergies, les réserves prouvées restantes de pétrole dans le bassin côtier sont évaluées à 70.000000 m³ et, dans les zones non exploitées, à 800 millions de barils.

b. Ressources hydroélectriques

- Potentialité : l'ensemble des ressources hydroélectriques de notre pays peut fournir environ 774.000 GWh par an.

- Production actuelle : les centrales hydroélectriques produisent environ 95% de cette énergie.

Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, la RDC compte 12 centrales à savoir : Mwadingusha, Koni, N'zilo, N'sele et Kalemie (au Katanga) ; Inga I et II et Zongo (Bas-Congo) ; Ruzizi I et II (Kivu) ; Tsopo (Province Orientale) et Mobayi (Équateur).

En réalité, il est difficile de connaître avec exactitude la production totale d'électricité dans notre pays, car, à part la SNEL, il y a les sociétés minières,

les confessions religieuses, les ONG qui produisent de l'électricité dans le secteur informel et ne fournissent pas leurs données de production d'électricité. En outre, l'énergie électrique provenant des centrales thermiques n'est plus à comptabiliser, car ces dernières sont pratiquement à l'arrêt (vétusté du matériel, coût du carburant, etc.). La moyenne de consommation annuelle d'électricité est de 3.963.000 Mwh pour il énergie exportée. Selon le rapport du PNUD de 1997, la consommation d'électricité en 1996 a été de 4.420.000 MWh.

- Réserves : 46.000 Tep / an.

c. Ressources forestières (charbon de bois et bois de chauffe)

[Retour à la table des matières](#)

- Potentialité : 54% de la superficie de la RDC (soit 1.280.000 km²) sont recouvertes, de forêts, représentant 40% des forêts tropicales africaines (la réserve la plus importante du continent).

- Production actuelle : le taux de déforestation moyenne annuelle de la RDC est de 0,9%, les régions péri-urbaines étant les plus touchées. La déforestation est, à plus de 60% due à l'agriculture itinérante sur brûlis et la recherche de la dendro-énergie (bois de chauffe et charbon de bois), selon la FAO (1977). Au Congo, comme dans la plupart des pays en vole de développement, plus de 90% de la population utilise le bois comme la principale ou l'unique source d'énergie. D'après le rapport du Ministère de l'Environnement (Anonyme, 2000), la consommation de bois de feu et de charbon de bois a connu une augmentation annuelle moyenne de 2,7% pour la période. de 1990-1995 tandis que la production a augmenté de 1,4% pour le bois de feu et de 5,5% pour le charbon de bois. La production s'évalue à 70.000 Tep/an. Même au niveau mondial, la production est en perpétuelle augmentation (tableau 5).

- Réserves : limitées autour des centres urbains comme Kinshasa, Lubumbashi.

Par contre le patrimoine national offre des possibilités d'exploitation, au rythme actuel, pour au moins 300 ans.

Tableau 5.
Production mondiale de bois de feu et de charbon de bois en 10⁹ m³
 (Source : Maldague, 2001)

Pays	1970		1990		1994	
	Vol.	%	Vol.	%	Vol.	%
Pays développés	187	16	234	13	191	10
Pays en développement	998	84	1.546	87	1.700	90
Monde	1.185	100	1.780	100	1991	100

d. Ressources en gaz méthane (ou gaz naturel du lac Kivu)

- Potentialités : 50 millions de m³ avec une capacité de régénération de 250 millions de m³ /an.

- Production actuelle : données non disponibles.

e. Charbon fossile

- Potentialités : parmi les quatre types de charbon fossile (tourbe, houille, anthracite et lignite), la RDC utilise la lignite dont les réserves prouvées. s'élèvent à 720 millions de tonnes minéral.

- Production actuelle : pratiquement inexploitée actuellement du fait de l'électrification et de l'utilisation du pétrole dans les industries, jadis consommatrices du charbon au Katatiga (SNCC, ONATRA pour les locomotives et les bateaux à vapeur).

f. Ressources géothermiques, éoliennes, solaires et hydrauliques

Quelques sources géothermales se trouvent dans l'est du pays et au Katanga elles n'ont pas encore été utilisées comme source d'énergie géothermique (inexploitées).

De même, la RDC dispose d'un potentiel éolien variable (5 à 6,8 km/h) qui est également inexploité.

L'exploitation de l'énergie solaire directe reste encore à l'état embryonnaire malgré les potentialités de la RDC ; une durée moyenne de l'insolation de

1.300 à 2.600 heures/au et une variation moyenne du rayonnement qui oscille entre 60 et 90 kcal/ m².

De même, les ressources hydrauliques (plans d'eau) sont également inexploitées.

g. Ressources nucléaires

Les trois gisements d'uranium (Shinkolobwe, Kabongwe et Luambo), dans le sud Katanga, ne sont plus exploités depuis la deuxième guerre mondiale. D'autres indices du gisement ont été révélés ailleurs, à la frontière avec la RCA, dans le Bas-Congo, au Katanga et au Kivu. Les estimations de l'ONUDI, datant de 1975, chiffrent les réserves nationales à 1.800 tonnes (Anonyme, 1998).

Actuellement, l'uranium est utilisé par le CREN-K dans un réacteur (FRIGA MARK II) dont la puissance de pulsation est de 1.600 MWh, uniquement dans le cadre des recherches.

h. Ressources de la biomasse

- Par définition, la biomasse représente la masse de matières organiques (végétales ou animales), issues directement ou indirectement de la photosynthèse incluant tous les produits organiques sauf les combustibles fossiles (houille, produits pétrolier, etc.).

- Il existe plusieurs procédés de conversion énergétique qui sont, à part la carbonisation du bois, sous-exploités en RDC. Ces filières sont présentées au tableau 6 (Louvel, 1990).

Ces processus se regroupent en deux filières : la filière thermochimique (combustion directe, carbonisation, pyrolyse, distillation et gazéification) et la filière biochimique (fermentation alcoolique, fermentation anaérobie et la biophotolyse de l'eau).

Conclusion

[Retour à la table des matières](#)

En dépit de la grande diversité et des potentialités des sources énergétiques en RDC, la consommation d'électricité par habitant reste parmi les plus basses du monde.

Le diagnostic du développement des milieux ruraux dénote une grande pauvreté et ce, dans un pays où la crise économique est sévère.

C'est ainsi que la production décentralisée et autonome d'énergie, par la biométhanisation des sous-produits agricoles et des déchets solides urbains est susceptible :

- de substituer l'utilisation du biogaz à la consommation de bois de feu / bois de chauffe pour la cuisson des aliments dans les zones sensibles à la désertification et aux environs des centres urbains ;
- de faciliter le développement de la petite motorisation agricole (meunerie, pompage, réfrigération, etc.) ;
- d'améliorer la fertilité des sols par l'apport de matières organiques résiduelles méthanisées.

La technologie du biogaz peut contribuer à la réduction de la charge polluante de l'environnement et des substances olfactives (Van Velsen, 1977).

En effet, le processus méthanigène s'accompagne de la conversion de la matière organique en biogaz et en matériel cellulaire, ce qui se traduit par la modification du substrat de départ (réduction de la charge polluante, de la mauvaise odeur, de l'aspect physico-chimique, etc.). Il a été, en outre, prouvé que le passage d'un substrat dans le digesteur méthanigène entraînait l'élimination des bactéries pathogènes (plus de 90%), des vers intestinaux (90 - 100%) et de leurs œufs (35 - 100%). Il y a ainsi réduction de la pollution organique, microbienne, olfactive et esthétique (Van Velsen, 1977 Anonyme, 1981 ; Mattocks, 1984 ; Scriban, 1985), lors. de la digestion méthanigène.

Il se pose à ce jour de sérieux problèmes de gestion des déchets en RDC, notamment dans les villes comme Kinshasa par exemple. Avec son taux moyen d'urbanisation de 30%, son taux moyen de croissance démographique de 3,3% (le plus élevé d'Afrique), son exode rural croissant, associé aux nombreuses guerres politiques depuis 1963 - 1964 jusqu'à ce jour, les centres urbains en RDC sont de plus en plus surpeuplés,

Ces centres urbains surpeuplés se développent sans une politique cohérente de planification : l'État ne construit plus de logements ; les nouveaux quartiers se développent sans normes d'urbanisation (pas d'égouts, pas de latrines publiques, pas d'espaces verts ou de récréation pour les jeunes, absence de couverture énergétique ou de distribution d'eau potable, absence de voles de circulation, pas de décharges publiques, ...).

Il existe une corrélation entre l'explosion démographique, la production de déchets et la dégradation de l'environnement. En effet, toute augmentation de la population entraîne un accroissement de la production pour satisfaire cette population, et donc une augmentation de la consommation. Ceci revient à dire, qu'il n'y a pas de consommation sans déchets et que toute consommation entraîne la production de déchets.

Connaissant les normes de production de déchets d'un individu (0,5 kg de déjections par personne par jour, 1 kg de déchets municipaux par personne par jour et 194 litres de déchets liquides par personne par jour), les 6 millions de Kinois produisent journalièrement 3.000 tonnes de déjections humaines, 6.000 t de déchets municipaux solides et 11.640.000 hectolitres d'eaux usées. C'est ce qui est à l'origine, à Kinshasa, de la création spontanée de nombreux dépotoirs sauvages (même dans les marchés) et de la transformation des rivières en poubelles publiques et égouts à ciel ouvert.

Actuellement à Kinshasa, les déchets sont non seulement peu gérés mais aussi et surtout, le plus souvent, laissés longtemps à l'air libre. Cette pollution reste la principale cause des nuisances et de la recrudescence des maladies d'origine hydrique (choléra, typhoïde, etc.) et des maladies respiratoires (pneumoconioses, etc.). La mauvaise gestion de déchets se remarque aussi dans les environs des homes des étudiants de l'UNIKIN, le long des rails de train, etc.

À ce propos on peut trouver d'amples informations dans le 1er Colloque sur la Problématique des déchets en RDC, organisé à Kinshasa, du 5 au 8 août 1998, sous le haut patronage de la Présidence de la République, conjointement avec l'Université de Kinshasa et l'Université de Gand dont les actes ont été publiés³.

Parmi les solutions potentielles, la technologie du biogaz peut contribuer à la réduction de la charge polluante de l'environnement, des nuisances olfactives et de la pollution esthétique.

³ Mededelingen Faculteit van Landbouwkundige en toegepaste biologische wetenschappen, Universiteit Gent, 64/1, 1999.

2.1.4 Autres avantages de la technologie du biogaz

[Retour à la table des matières](#)

- La technologie s'applique aux substrats humides comparativement aux traitements thermochimiques de la valorisation des résidus (Louvel, 1990).
- La technologie ne produit pas de boucs excédentaires, comparativement aux traitements aérobies des eaux résiduaires (Mc Carty, 1964).
- C'est une technologie adaptée qui utilise des matériaux locaux et qui ne nécessite pas d'expertise spécialisée pour la gestion des installations de production, dont la durée de vie peut aller jusqu'à 15 ans ou plus.
- La technologie du biogaz procure un certain confort dans le milieu domestique, surtout pour la femme et les enfants, car elle supprime la fumée dégagée par la cuisson au bois, l'éclairage à la bougie ainsi que la pourriture des vivres frais en absence de moyens de conservation, ... (Ranaivo Soloarimalala et Andriantahiana, 1990).
- La technologie du biogaz apporte un prestige social dans le milieu rural, par suite de la cuisson au gaz, de l'éclairage, de la réfrigération, de la petite industrialisation (meunerie, pompage, irrigation, etc).
- La technologie de biogaz garantit l'économie en temps et en main-d'œuvre, jadis dépensée dans la collecte et la préparation de bois de feu ou charbon de bois.

2.2 Intérêt au niveau, sous-régional ou mondial

[Retour à la table des matières](#)

La production autonome et décentralisée de l'énergie à partir des déchets divers influence indirectement les changements climatiques globaux et la déforestation.

La déforestation des forêts tropicales est surtout liée à la recherche de la dendroénergie, à la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis ainsi qu'à la

recherche de bois d'œuvre (Maldague, 2001 ; Mercier, 1991 ; Anonyme, 2000).

La destruction de la forêt tropicale est très rapide. et considérée actuellement comme une crise majeure, surtout la déforestation permanente qui a des effets à long terme.

Ce qui est moins connu concerne les effets peu réversibles de cette anthropisation accélérée sur les milieux et ses conséquences sur les sociétés (Pomel et Salomon, 1998 ; Mercier, 1991) :

1) les effets atmosphériques et climatiques possibles à l'échelle locale, sous-régionale ou mondiale dans les milieux qui sont par nature particulièrement fragiles ;

2) les effets sur les érosions, les couvertures végétales et pédologiques, l'hydrologie de surface et des crues, la régénération des couvertures, de l'humus, les minéralisations, la biodiversité ;

3) les effets rétroactifs de la déforestation sur les crises érosives et sociales, en particulier les conséquences sur les conflits fonciers, les migrations, les guerres de terres, etc.

2.3 Inconvénients de la technologie

[Retour à la table des matières](#)

Hormis les avantages de la multifonctionnalité, cette technologie comporte certains inconvénients :

- la production de biogaz est délicate, car elle nécessite une meilleure connaissance en la matière et une surveillance continue du digesteur
- le mélange air-biogaz est explosif en cas d'imprudence ;
- le coût de la construction du digesteur reste parfois inaccessible aux paysans.

3. État des lieux de la biométhanisation en RDC

La technologie de la biométhanisation n'est pas nouvelle en RDC, car on signale des digesteurs expérimentaux depuis 1925 à Bukavu. Jusqu'à ce jour, cette technologie se situe encore au stade expérimental, soit sous forme de projets privés, soit sous forme de projets de l'État (Anonyme, 1998 ; Badila, 1995).

3.1 Expériences menées par des projets privés

[Retour à la table des matières](#)

Certains privés (femmes ou autres) ont construit certains digesteurs pour la production de biogaz. Parmi ces actions ponctuelles et de façon non exhaustive, on peut signaler :

- un digesteur de 15 m³, construit par le projet Anti-Bwaki à Multime-Munene, à Kabare, dans l'ancienne laiterie Bushi ; un digesteur, expérimenté par l'ingénieur Vessens, à la Miba, à Mbuji Mayi, au Kasai Oriental ;
- deux digesteurs, construits au Nord-Katanga dans la ferme de Muhila, à Moba, par les techniciens de la Société E.G.L. (Énergie des Grands Lacs) ;
- un digesteur de 3,4 m³, construit par l'ISDR, à Bukavu, en 1987, avec l'appui du projet Biogaz Cankuza (GTZ-Burundi)

Il n'existe pas d'informations techniques sur le fonctionnement de ces installations.

3.2 Expériences dans le cadre de projets de l'État

3.2.1 Digesteur de la cité de Bagira

Il s'agit d'un digesteur, construit en 1925 en vue de collecter les déjections humaines de la cité de Bagira, à Bukavu ; il est actuellement en ruine.

3.2.2 Expériences du projet biogaz de la CEPGL

a) Motivation

[Retour à la table des matières](#)

Avec le financement de la Chine, de l'Allemagne et de l'UNESCO, la *Communauté Économique des Pays des Grands Lacs* (CEPGL), comprenant la RDC, le Rwanda et le Burundi, a implanté un certain nombre de digesteurs expérimentaux par le biais de la société EGL (Énergie des Grands Lacs). Ce programme de recherche-développement a été réalisé en collaboration avec les centres de recherche des trois pays concernés (Université du Burundi, Université de Butare et l'ISDR en RDC).

Ce projet était justifié par la nécessité de limiter la forte pression que la population de cette région, très peuplée par ailleurs, exerçait sur la forêt en allant à la recherche de dendro-énergie, de terrains de culture et de pâturages. Il va de soi que la situation s'est aggravée à la suite des nombreuses guerres que connaît cette région.

b) Réalisation du projet

Le projet a implanté, de 1984 à 1988, environ 62 digesteurs ; expérimentaux dans la sous-région, dont 26 en RDC, principalement dans les provinces du Sud-Kivu et du Nord-Kivu. Le tableau 7 donne la localisation et les caractéristiques techniques de ces digesteurs.

Le biogaz du projet de la CEPGL, conçu dans le cadre expérimental, était utilisé par certains fermiers pour la cuisson, l'éclairage et le fonctionnement de certains engins motorisés.

3.3 Analyse critique de ces expériences

[Retour à la table des matières](#)

Bien que certaines de ces expériences remontent à 1925, la technologie de biogaz ne s'est pas adaptée ; elle n'a pas évolué. En 1989, soit un an après la fin du projet de l'EGL, 27 digesteurs seulement sur 62 étaient en fonctionnement et ce, à moins de 40% de leur capacité initiale.

Tableau 7. Digesteurs expérimentaux de l'EGL (localisation et caractéristiques)					
Localisation			Caractéristiques techniques		
Province	Commune Territoire	Site	Nombre	Type	Volume en m ³
Sud-Kivu	Bukavu	Bukavu ISP	1	chinois	20
		Bukavu II, Abattoir public	1	chinois	10
		Bukavu III, ISDR	1	Jute-chinois	12
	Mwenga Walungu	Burhinyi	1	Chinois	30
		Chilongo	1	Chinois	10
		Kibumbu	2	Chinois	20 + 20
		Kaziba Chilanda	3	Chinois	10 + 20 + 20
		Kaziba Chilanda	1	Chinois	20
		Kaziba Chilanda	1	Chinois	20
		Bijoja	1	Chinois	10
Kaziba-Ngando		1	Chinois	10	
Nyangezi (école)	2	Chinois	20 + 40		
Nord-Kivu	Masisi	Kilorigwe	1	Chinois	25
		Kilulu	1	Chinois	30
		Rutsuru-Bucoko	1	Chinois	30
		Rutsuru	2	Chinois	10 + 10
		Ntamugnenga			
		Bunyole (ferme)	2	Chinois	45 + 45
		Kasimbe (ferme)	1	Chinois	25
		Kadirishya	1	Chinois	40
Chandelema	1	Chinois	40		

Plusieurs raisons peuvent être évoquées pour justifier l'inadaptation de cette technologie :

- 1° le manque de volonté politique, associé à l'absence d'expertise nationale dans ce domaine ;
- 2° la vision sectorielle de la technologie du biogaz en RDC qui poursuit uniquement l'aspect énergétique. Comme il existe une grande diversité et un grand potentiel de ressources énergétiques, la technologie du biogaz est négligée. Et pourtant, cette technologie doit exercer de multiples fonctions pour être intéressante ;
- 3° la formation et la sensibilisation insuffisantes des gestionnaires ainsi que des utilisateurs de biogaz ;
- 4° l'obscurantisme du décideur politique qui ne comprend pas la nécessité de s'attaquer dès maintenant aux fléaux qui rongent l'humanité à l'aube du 3^e millénaire : la déforestation, la désertification, les changements climatiques, l'épuisement éventuel des énergies traditionnelles (dendro-énergie, charbon fossile, pétrole), la réduction de la biodiversité et la pauvreté.

Et pourtant, les recherches mondiales s'orientent préférentiellement vers des énergies nouvelles et renouvelables, qui engendrent peu de pollution, comme le biogaz, l'hydroélectricité, le solaire, etc., pour ne pas intensifier l'effet de serre qui provoque le réchauffement global de la planète (Anonyme, 1992).

Dans le cadre de l'inventaire des gaz à effet de serre (GES) en RDC, en considérant l'année 1994 (Anonyme, 2000), il existe une dizaine de gaz à effet de serre dont les trois principaux sont le CO₂ (gaz de référence), le CH₄ et le N₂O qui sont essentiellement produits dans quatre secteurs : énergie et procédés industriels ; agriculture et élevage ; forêts et changements d'affectation des sols ; déchets).

Pour l'année de référence 1994, la RDC a émis au total 465.271 Giga grammes Éq-O₂, et ce, à partir des secteurs forêts et changements d'affectation des sols (90%), agriculture (7,4%), énergie et procédés industriels (7%) et, enfin, déchets (1,5%).

Une telle production influence défavorablement la couche d'ozone. Heureusement, les écosystèmes forestiers de la RDC, fonctionnant comme des puits de GES, ont absorbé 597.578 Gg Éq-CO₂ (même année 1994), conduisant à un bilan d'émissions nettes négatives de 132.307 Gg Éq-CO₂.

En conséquence, il, importe de bien gérer, i.e. rationnellement, ce potentiel absorbant supplémentaire, très important, constitué par les écosystèmes forestiers de la RDC, par exemple, en développant des énergies renouvelables et en modernisant l'agriculture.

3.4 Programme national sur la technologie du biogaz

[Retour à la table des matières](#)

Il existe néanmoins un programme national sur le biogaz qui a été élaboré par le Ministère de l'Énergie (Badila, 1998). Il vise :

- le traitement des ordures ménagères et des déjections humaines dans les milieux urbains ;
- la relance agro-pasto-piscicole
- l'amélioration de la technologie du biogaz.

Ce programme envisage de commencer par l'étude de faisabilité, la construction de digesteurs pilotes, ensuite, avant d'entamer, la vulgarisation de la technologie du biogaz.

Malheureusement, les autres ministères intéressés -Environnement, Agriculture, etc. - ne sont pas impliqués dans ce programme. Ce programme reste lettre morte faute de financement.

Conclusion et perspectives d'avenir

[Retour à la table des matières](#)

Après avoir survolé les aspects scientifiques de la digestion méthanique, nous avons analysé l'intérêt de cette biotechnologie et son état d'avancement en RDC.

De par sa multifonctionnalité, la biotechnologie méthanigène peut contribuer à la lutte contre les fléaux qui sont d'actualité : la pauvreté humaine, la déforestation, les changements climatiques, etc.

Dans les pays en voie de développement, comme la RDC, où les réseaux de distribution d'énergie (électricité, carburant) sont peu développés ou pas suffisamment fiables, là où la déforestation autour des centres urbains menace l'équilibre écologique, là où les déchets municipaux posent de sérieuses difficultés de gestion, la biotechnologie méthanigène de différents résidus agricoles et municipaux peut satisfaire les besoins énergétiques domestiques (cuisson, éclairage) et la petite motorisation (meunerie, réfrigération, pompage, carburation de voitures, etc.), tout en assurant un retour des matières organiques méthanisées aux sols agricoles, le maintien de la fertilité des sols étant une condition essentielle de la conservation du milieu (Cousin, 1996 ; Ranaivosoloarimalala et Andriantahana, 1990).

La biotechnologie méthanigène fait partie des technologies nouvelles et renouvelables, non polluantes, décentralisée, conduisant à la production autonome d'énergie.

En conséquence, cette biotechnologie mérite une attention spéciale si on envisage un développement durable, c'est-à-dire un développement réel pour les populations actuelles et les générations futures.

C'est dans ce cadre, avant de terminer mon-propos du jour, que je suggère aux éminents Académiciens que vous êtes, de bien vouloir insérer le projet de biogaz parmi les projets de l'Académie afin de, pousser les réflexions à un niveau susceptible de sensibiliser et d'orienter la politique des décideurs politiques en faveur de cette forme de biotechnologie à l'ère actuelle de la mondialisation.

Je vous remercie.

Bibliographie

[Retour à la table des matières](#)

1. Anonyme (1981), La pratique du biogaz dans le Tiers-monde (Chine, Inde, Haute Volta, Sénégal). Enda, Dakar (Sénégal).
2. Anonyme (1998). Projet de schéma directeur de développement énergétique national. Atelier de consultation d'experts pour l'élaboration de la politique énergétique nationale, Ministère de l'Énergie, Kinshasa (RDC).
3. Anonyme (2000). Inventaire des gaz à effets de serre en République Démocratique du Congo (Année 1994). Projet ZAI/95/G31, activités habilitantes en RDC, réponse à la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques, février 2000. Ministère des Affaires foncières, Environnement, Conservation de la Nature, Pêche et Forêts, Kinshasa (RDC).
4. Anonyme (1992). Convention sur les changements climatiques. PNUE/IVC, châtelaine (Suisse).
5. Badila, L. (1995). L'exploitation de biogaz au Zaïre. Réunion d'experts nationaux en hydrologie et énergies nouvelles et renouvelables, organisée par le Conseil National de l'Énergie. Colloque, du 03 au 04/07/1995. Kinshasa (RDC).
6. Badila, L. (1998). Programme d'implantation de la technologie de biogaz : Procédés d'assainissement et du développement national. Ministère de l'Énergie, Kinshasa (RDC).
7. Cousin, J.F. (1996). Valorisation de la biomasse humide : le biogaz, procédé, technologie, application. In : Formation à la valorisation énergétique de la biomasse lignocellulosique. Session 1996. Bingerville (Côte d'Ivoire).

8. Colleran, E., M. Barry and B. Wilkie (1982). The application of the filter design to biogas production from solid and liquid agricultural wastes. *In : Energy and wastes VI*. Lake Buena Vista, Honda, 25 - 29 jan. 1992. Institute of Gas Technology, Ed. pp. 443-473.
9. Gottschalk, G. (1979). Bacterial metabolism. Springer Series in Microbiology. Editor Mortimer P. Starr. Springer Verlag, Berlin.
10. Gosh, S., J.P Ombregt, V.H. De Proost and P. Pipyn (1982). Methane production from industrial wastes by two-phase anaerobic digestion, *In : Energy and Wastes VI*, Lake Buena Vista, Honda, Jan. 25-29, 1982. Institute of Gas Technology, Ed., pp. 323-327.
11. Iannotti, E.L., J.H. Porter, J.R. Fisher and D.M. Sievers (1979). Changes in swine manure during anaerobic digestion. *Development in industrial microbiology*, 20, pp. 519-529.
12. John, E (1977). Methane. Générateurs à gaz méthane. Éditions de Rougemont, Suisse.
13. King, D. and B.D. Nedwell (1984). Changes in nitrate-reducing community of anaerobic salt marsh sediment in response to seasonal selection by temperature. *J. Gen. Microb.*, 130, pp. 2935-2941.
14. Louvel, R. (1990). L'énergie de la biomasse dans les Pays en Développement, p. 163. *In : Symposium international sur les énergies nouvelles et renouvelables*. Antananarivo, 5 - 10 novembre 1990, République Démocratique de Madagascar.
15. Maldague, Michel (2001). Problèmes des écosystèmes forestiers tropicaux en Afrique (chap. 32). *In : Précis d'Aménagement intégré du territoire. Analyse systémique appliquée à l'aménagement et à la gestion du territoire, des établissements humains et des ressources naturelles*, ÉRAIFT, PNUD, UNESCO.
16. Me Carty, P.L. (1964). Anaerobic waste treatment fundamentals 1 : Chemistry and Microbiology. Public Works, pp. 95-107.
17. Mercier, J.R. (1991). La déforestation en Afrique : situation et perspectives. C.Y Chandoreille, Edisud, Aix-en-Provence, 176 p.
18. Pommel, S et J.N. Salomon. La déforestation dans le monde tropical. Presse universitaire de Bordeaux, Talence, 160 p.

19. Ranaivosoloarimalala, A, et R.T Andriantahiana (1990). Les expériences du Centre National de Recherches industrielles et technologiques en matière de biogaz. *In*. Symposium International sur les énergies nouvelles et renouvelables, Antananarivo, 5-10 novembre 1990, République Démocratique de Madagascar. Projet ONUDI DP/MAG/88/025, Recherche et développement en énergies nouvelles et renouvelables.
20. Scriban, R. (1985). *Biotechnologie*, 2e édit. Technique et Documentation Lavoisier, Paris (France).
21. Sasse, L. (1986). *L'installation de biogaz. Étude et détails d'installations simples*. GTZ, Friedz, Vierveg and Sohn Braunschweig, Wiesbaden.
22. Van Bokkelen, R, (1987). *Étude d'un procédé de biométhanisation en deux étapes pour la valorisation énergétique des résidus agricoles solides*. Thèse de doctorat. Faculté d'Agronomie de l'Université Catholique de Louvain (Belgique),
23. Van Velsen, AFM. (1977). Anaerobic digestion of piggery waste 1. The influence of detention time and manure concentration. *Neth. J. Agric. Sci.*, 25, pp 151-169.
24. Winfrey, M.R. (1984). Microbial production of methane. In : *Petroleum microbiology*, Atlas, M.R., Edit. Mc Milian, NY, USA, pp. 153-219.
25. Wolin, J.M. (1979). The rumen fermentation : a model for Microbial Interaction in Anaerobic ecosystem. *Advances in Microbial Ecology*, 3, pp. 49-77.

Fait à Kinshasa, le 17/12/2001.

Fin du texte

Sommaires des bulletins déjà parus

[Retour à la table des matières](#)

Vol. 1, décembre 2000

- Séance de fondation de l'Académie. Allocution du *Pr Michel Maldague, président-fondateur de l'Académie.*
- Rapport du premier Colloque international sur l'éthique de la communication et de la démocratie en Afrique du XXI^e siècle, par le *Prof. Mweze Chirhulwire Nkingi, secrétaire-rapporteur de l'Académie.*
- L'importance du secteur informel en République Démocratique du Congo, par le *Dr Malikwisha Meni, premier vice-président de l'Académie.*
- La science pour le XXI^e siècle. Un nouvel engagement. La science au service du développement de la RDC, par le *Prof. Michel Maldague, président-fondateur de l'Académie*
- Synthèse du rapport préparé par le groupe de contact de la CEFDHAC portant sur le plan d'action stratégique de la biodiversité du Congo, par le *Prof. Monzambe Mapunzu, Membre de l'Académie.*
- Statuts de l'Académie Nationale des Sciences du Développement de la République Démocratique du Congo (ANSD).

Vol. 2, décembre 2001

- Inauguration solennelle de l'Académie Nationale des Sciences du Développement de la République Démocratique du Congo.
 - Photos prises lors de la signature de l'Acte de Fondation de l'ANSI, le 16 décembre 1999.
 - Photos de la Séance académique, du 6 octobre 2001.
- Politique énergétique intégrée en République Démocratique du Congo, Leçon publique donnée par le Prof. Michel Maldague, Président-fondateur de l'ANSD.

Annexe I Unités et transformations.

Annexe II Consommation de bois et dépense énergétique correspondante.

Vol. 3, décembre 2002

- La problématique de la biométhanisation en République Démocratique du Congo, par le Prof. MONZAMBE Mapunzu, Membre de l'ANSD.
- Les autoroutes de l'information et la mondialisation, par le Prof. Dominique MWEZE Chirhulwire Nkingi, secrétaire-rapporteur de l'Académie.
- Note de synthèse sur la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), par le Prof. Michel Maldague, président-fondateur de l'ANSI).

L'ANSD

[Retour à la table des matières](#)

1. L'Académie Nationale des Sciences du Développement de la République Démocratique du Congo (ANSD) a été créée, à Kinshasa, le 16 décembre 1999.

2. Son objectif est de réunir des personnalités scientifiques de premier plan, dans tous les secteurs qui interviennent dans le développement, dans le but de contribuer à donner au développement de la RDC les orientations qui lui sont le plus utile et le plus favorable.

Comme c'est le cas de toutes les grandes académies du monde, l'ANSI se tient à la disposition du Gouvernement pour émettre des avis, répondre à des questions, clarifier des situations scientifiquement complexes, etc.

3. Du fait que toutes les disciplines - sciences humaines, sciences de la nature, sciences de l'ingénieur - concourent au développement, l'Académie est fondamentalement une institution interdisciplinaire.

4. Les statuts de l'ANSD ont été adoptés et déposés entre les mains du Ministre de la Justice et Garde-des-Sceaux, en 2000, ce qui a conduit à la reconnaissance officielle de l'institution.

5. L'Académie a été solennellement inaugurée, en octobre 2001, lors d'une cérémonie qui s'est déroulée dans le grand amphithéâtre de la REGIDESO.

6. L'Académie publie un *Bulletin* dont le présent volume est le troisième.