

# L'EXPERIENCE DE PRODUCTION DE BIOGAZ A OUARZAZATE

JELLOULI D., FAOUZI A. et MOSES A.,  
(ORMVA D'Ouerzazate) (Février 1988)

Les populations du Sud du Maroc, en majorité rurales, dépendent pour une bonne partie, pour leur approvisionnement en combustible à usage domestique, de la production végétale. Mais c'est dans ces régions, à climat aride et semi aride que la production végétale est la plus faible.

Le recours au gaz butane n'est pas toujours possible; le réseau de distribution de gaz en bouteilles fonctionne à peu près correctement dans les principaux centres; ailleurs, l'approvisionnement est assez défaillant et l'insuffisance des infrastructures de communication n'améliore pas les choses.

Toutes sortes de palliatifs sont utilisés pour se procurer le combustible nécessaire à la cuisson; branchages, arbustes; brindilles et bouse de vache sèche fournissent une part variable de l'énergie domestique.

Les femmes en file chargées de fardeaux volumineux de bois constituent un spectacle quotidien; le ramassage de bois est une tâche harassante qui absorbe parfois plus de la moitié de leur temps.

A côté de cet handicap, les zones du Sud disposent d'autres richesses susceptibles d'être utilisées comme source d'énergie; il s'agit des énergies renouvelables solaire et éolienne ainsi que de la biomasse.

A ce titre, l'O.R.M.V.A. de Ouarzazate, en collaboration avec le Centre des Energies Renouvelables de Marrakech a commencé, depuis 1984, à explorer les possibilités de recours aux énergies renouvelables.

Des réalisations ont été effectuées dans le domaine de l'énergie solaire et de la production de biogaz.

Le premier digesteur a été construit en 1984 chez un particulier; il combine les caractéristiques des modèles chinois et indien.

Une contrainte majeure est apparue dès le démarrage du projet :

— la production de gaz pour couvrir les besoins domestiques nécessite un approvisionnement suffisant en matière organique; vu la structure du troupeau, les exploitations disposant de plus de 5 têtes de gros bétail, nombre considéré comme minimum, sont en nombre très réduit, il faut rappeler que la dimension moyenne des exploitations

est de l'ordre de un hectare dans la province de Ourzazate.

En effet, sur 60.000 exploitations, 276 d'entre elles, soit 0,46 % seulement possèdent plus de 5 têtes de gros bétail.

Au cours du fonctionnement du digesteur, plusieurs difficultés ont surgi :

— en hiver, en raison des basses températures, la production de biogaz suffit à peine à préparer le petit déjeuner; il faut ajouter que les distributions d'aliments sont rationnées pendant cette période, ce qui réduit la production de matière organique disponible et par conséquent limite davantage les possibilités de production de gaz.

— une part de l'engrais vert est disponible dans le digesteur sous forme liquide; d'où des sujétions supplémentaires pour sa récupération et son utilisation.

— le biogaz n'est intéressant que dans la mesure où il permet de se passer d'achat de gaz butane; autrement, il ne présente presque plus d'intérêt.

— l'investissement initial est appréciable; plusieurs années de bon fonctionnement du digesteur doivent s'écouler avant de récupérer les fonds investis, sous forme d'économie sur les dépenses de gaz butane; ceci n'est guère concevable car les sujétions de maintenance sont assez nombreuses.

Mais cette expérimentation a permis de perfectionner la conception du digesteur, de mettre au point des plans types mieux adaptés et d'acquérir une bonne expérience en la matière pouvant être mise au service d'éventuels agriculteurs intéressés par la mise en œuvre de cette technologie.

Cette expérimentation a aussi répondu à une grande question sur les potentialités de cette technique dans les régions du Sud Marocain à savoir que les possibilités de développement des techniques de production de biogaz y resteront limitées.

Le présent document fait le point sur cette expérience destinée à apprécier l'intérêt de cette technologie pour la région et à la maîtriser en vue de son extension éventuelle.

## I — LE GISEMENT BIOMASSIQUE DE LA ZONE :

A l'instar des autres régions du Sud Marocain,

les sous-produits végétaux dans la zone d'action de l'O.R.M.V.A.O. interviennent dans l'alimentation du bétail ce qui exclut toute possibilité de leur utilisation pour la digestion méthanique.

De ce fait, la biomasse susceptible d'être utilisée à des fins énergétiques (production de biogaz) concerne uniquement les déchets animaux.

Le potentiel biomassique global en déchets de bovins et d'animaux de trait est évalué à 529.600 KG/j, mais une faible partie de ce potentiel est pratiquement utilisable, soit 10 % de la quantité précitée.

Le volume de cuverie nécessaire pour la digestion de cette quantité de biomasse est de 3.990 m<sup>3</sup> pouvant fournir en moyenne selon les rendements localement atteints 1.120 m<sup>3</sup> de biogaz par jour.

## II — LE PROJET PILOTE DE FADRAGOUM :

### II. 1 — Description de l'installation :

L'installation est localisée au douar FADRAOUM, Commune Rurale d'Amerzgane, Cercle de Ouarzazate. Dans le choix de ce site, un ensemble de facteurs ont été pris en compte, les plus importants sont :

— Facilité de suivi en raison de la situation de l'unité qui se trouve à 3 km du siège de l'Office.

— Disponibilité d'une quantité suffisante de biomasse de bonne qualité en raison d'une ration alimentaire équilibrée.

— Disponibilité de l'eau ensoleillement du site et bonne disposition de l'étable par rapport à la maison d'habitation.

### — Dimensionnement :

Le dimensionnement de l'unité a été effectué sur la base d'un potentiel en biomasse évalué à 200 Kg/j avec une efficacité de collecte de 90 %, pour un temps de rétention de 40 j et pour un rapport eau-déchet de 2/3. La cuve de digestion est d'un volume de 20 m<sup>3</sup> pouvant fournir une production de biogaz de 5 m<sup>3</sup>/j en été avec rendement estival de 25 % et 3 m<sup>3</sup>/j en hiver pour un rendement de 15 %.

Quant aux besoins en énergie de la famille, ils ont été évalués selon les normes de la F.A.O. à la quantité d'énergie nécessaire à 11,7 équivalents-adultes représentant un besoin de 8,58 m<sup>3</sup>/j.

Ces chiffres ne sont pas trop différents de ceux résultant d'une étude sur la consommation d'énergie établie à TINGHIR par l'Agence Française pour la maîtrise de l'énergie en janvier 1986.

Compte tenu de l'importance des besoins et des disponibilités en matière première, le degré prévisible de satisfaction des besoins est de l'ordre

de 58 % en été et 35 % en hiver pour une pression à l'utilisation de 15 cm d'eau.

### — Schéma de l'installation :

Dans le but de confronter les deux technologies (Indienne et Chinoise), la cuve est divisée en deux compartiments rectangulaires dont le premier est muni d'un gazomètre de stockage et de régulation de pression et l'autre hermétique comme c'est le cas des digesteurs chinois.

Fonctionnement en continu, la cuve enterrée est alimentée et vidée du substrat digéré par gravité, et alimentée à partir d'une cuve située dans l'étable et connectée à une fosse de récupération permettant le stockage du substrat différée et utilisable pour la fertilisation.

Pour l'homogénéisation du substrat en fermentation, le système est équipé d'un dispositif d'agitation annuel à axe vertical muni de palettes en bois qui permettent en outre de casser la croûte pour un meilleur dégagement de biogaz.

### — Fonctionnement de l'installation :

Le fonctionnement de cette unité a passé par deux phases essentielles. La première d'une durée d'une année. Cette période a porté sur la détermination des caractéristiques de fonctionnement de l'unité dont les plus importantes sont :

— La composition du biogaz.

— Le temps de rétention réel.

Cette phase a permis d'élaborer un schéma définitif de l'unité en y apportant les modifications et améliorations suivantes :

— La déconnection du digesteur du réseau des eaux usées familiales qui n'a pas permis le contrôle des taux de dilution et qui a occasionné un dégagement important de H<sub>2</sub>S de mauvaise odeur.

— La réduction de la surface de contact de l'agitateur avec le substrat par l'élimination de quelques palettes réduisant ainsi le couple nécessaire à la manipulation.

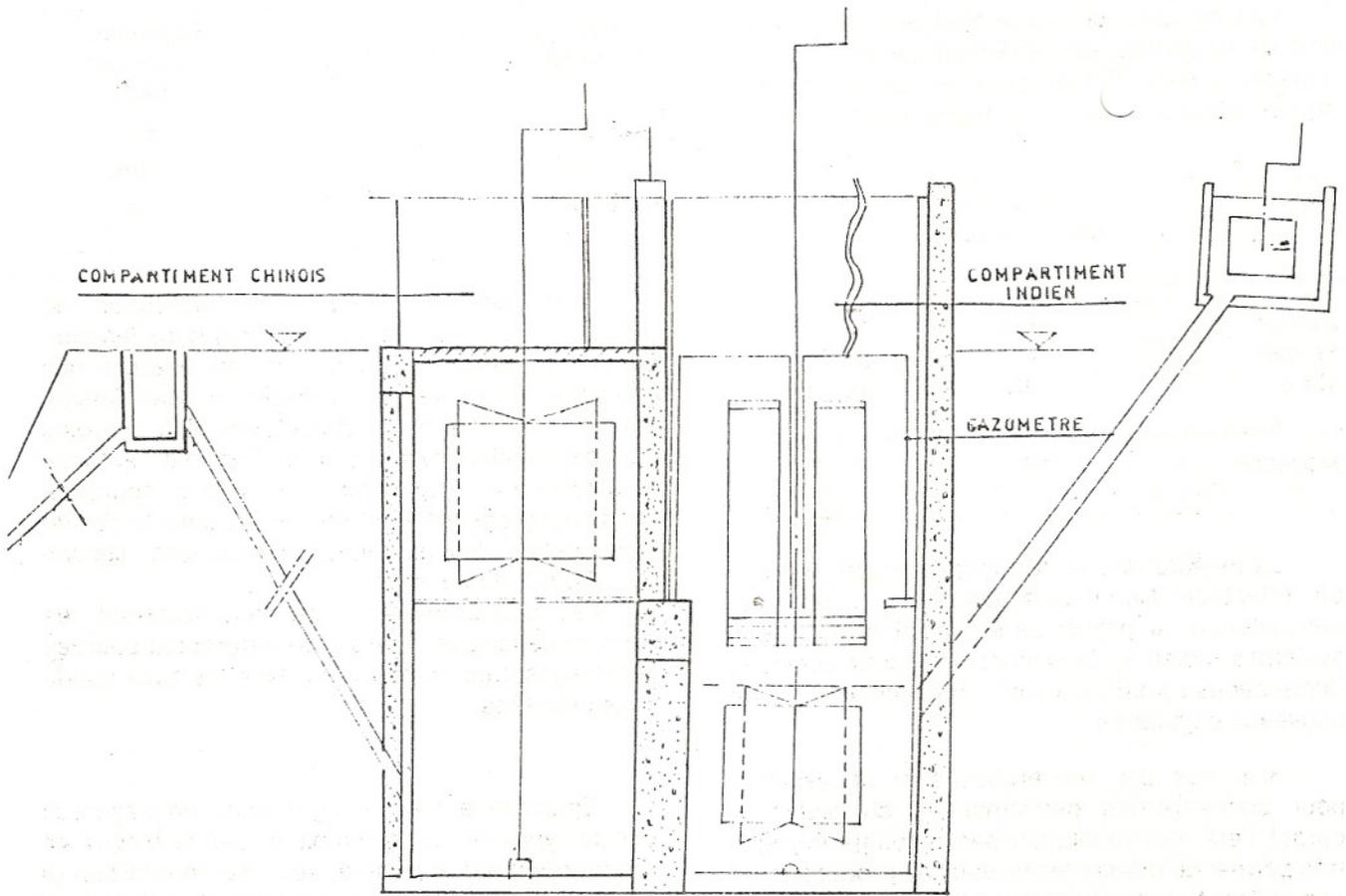
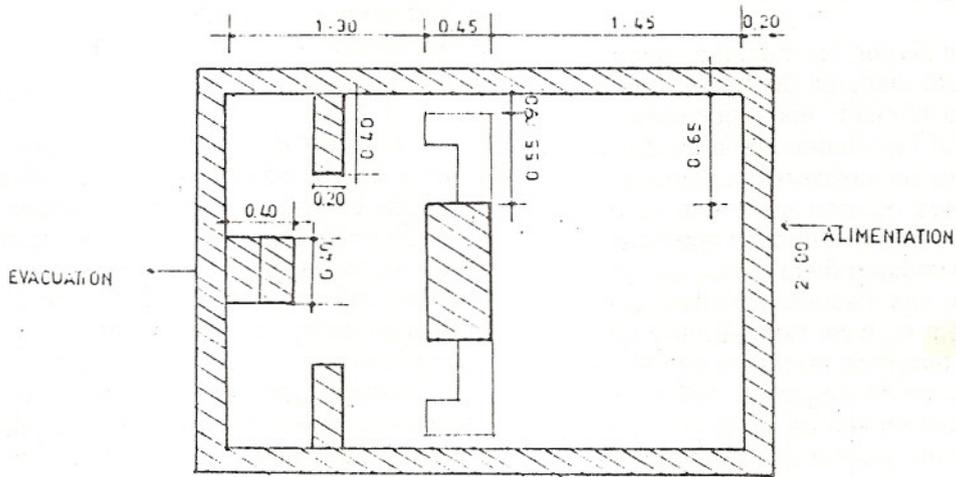
— La construction de petits murs à l'intérieur de la cuve agissant comme barrière pour le maintien du nouveau substrat dans la cuve durant tout le cycle de la fermentation.

Au cours de la deuxième phase, après la mise en œuvre des améliorations précitées, l'objectif a été le suivi et l'évaluation de l'exploitation de l'unité permettant de mesurer et d'apprécier l'intérêt du biogaz par rapport aux sources d'énergie conventionnelles utilisées comme combustible.

### II. 2 — Suivi et évaluation :

Après que les améliorations aient été apportées, le digesteur a commencé à marcher en novembre 1986 et a commencé à produire du

# VUE EN PLAN



# COUPE DIGESTEUR

biogaz utilisable en janvier 1987. La biomasse utilisée est un mélange à 8 — 10 % de solide, deux fours à biogaz en fer (dessin chinois adapté par le CDER) permettent l'utilisation du biogaz en tant que combustible de cuisine.

En janvier et février, l'alimentation quotidienne du digesteur a été mesurée de manière à assurer son bon fonctionnement, les mauvaises odeurs avaient disparu et l'évaluation de la production du gaz conduite dans de meilleures conditions. Signalons que les fuites qui persistent encore dans la partie chinoise ne permettent que l'appréciation de la production du compartiment indien qui est d'une capacité de 8 m<sup>3</sup>. Les mesures dans les conditions de fonctionnement en hiver (température de 15,5° C et 80 jours de temps de rétention) ont donné une production moyenne de biogaz de 1,05 m<sup>3</sup> par jour pour un rendement moyen de 13 % du volume de biogaz rapporté au volume de digesteur, légèrement inférieur au rendement adopté pour cette période de 15 %.

Les mesures de rendement ont continué au delà de la période janvier-février ce qui a permis d'établir le bilan suivant pour les niveaux de production atteints et ceux des rendements.

Mois	Production moyenne en m <sup>3</sup> /j	Rendement
Janvier	1,03	12,9 %
Février	1,09	13,6 %
Mars	1,48	18,5 %
Moyenne	1,2	15 %

La mesure des performances en été n'a pas été effectuée. Néanmoins, les premiers résultats permettent de se prononcer sur la fiabilité des deux systèmes Indien et Chinois et de fournir quelques informations de nature à améliorer la conception de nouveaux digesteurs.

Bien que des recherches sont nécessaires pour connaître les performances du digesteur durant l'été, l'extrapolation des résultats enregistrés permet de prédire les niveaux de production de gaz en fonction de la température et pour les différentes saisons de l'année pour lesquelles le bilan est donné dans ce qui suit :

Saison	Hiver	Automne-printemps	Été
Température	20°C	20 à 25°C	25°C
Production	1,2 m <sup>3</sup> /J	1,6 m <sup>3</sup> /J	2 m <sup>3</sup> /J
Rendement	15 %	20 %	25 %

Eu égard de la taille de la famille et de l'importance de ses besoins en énergie évalués à 8,58 m<sup>3</sup>/j de biogaz, la production actuelle du digesteur ne représente que 14 % à 23 % selon la température. Aussi, le volume de la cuve nécessaire pour la satisfaction des besoins serait de 57 m<sup>3</sup> dont le fonctionnement exige des effectifs d'animaux plus importants.

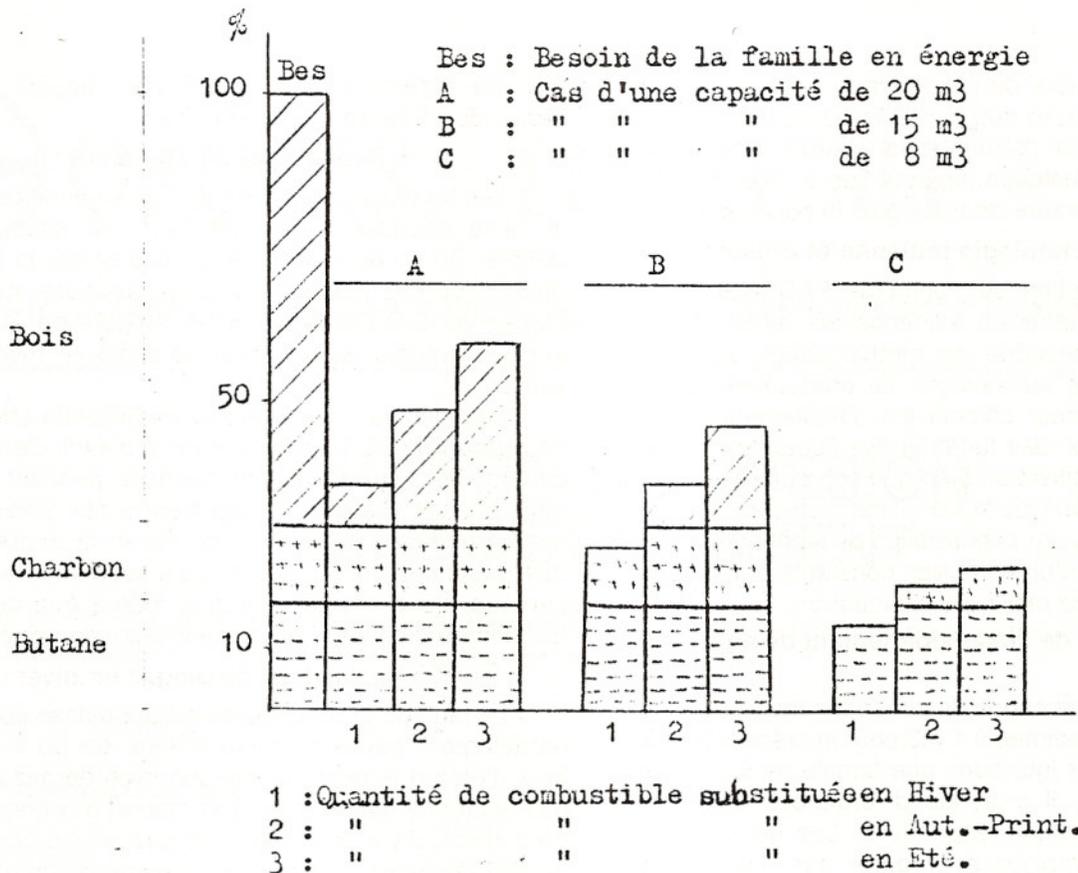
Notons que la famille utilise pour la satisfaction de ces besoins le bois, le charbon et le butane dont l'importance est reproduite dans le tableau suivant :

Source d'énergie	Quantité (Kg/j)	Equivalent en biogaz (m <sup>3</sup> )
— Bois	15,5	6,2
— Charbon	1,1	0,88
— Butane	0,84	1,5

Pour mesurer l'impact de l'utilisation de biogaz sur la consommation en bois dans les conditions actuelles d'alimentation en énergie des ménages, il convient de dresser le bilan faisant ressortir les degrés de substitution des énergies conventionnelles permis par la production actuelle du digesteur en biogaz dans le cas de la réparation des fuites (compartiment chinois) et dans le cas de l'exploitation des quantités de biomasse disponibles (20 m<sup>3</sup> de cuverie).

Les histogrammes ci-dessous illustrent les consommations en énergie de différentes sources et les substitutions permises dans les trois conditions précitées.

En examinant les histogrammes, on s'aperçoit que le type d'énergie remplacé par le biogaz en premier lieu est le butane, suivi par le charbon et ensuite par le bois dont l'importance de substitution est fonction de la production de biogaz qui varie d'une saison à une autre.



Compte tenu des habitudes alimentaires, le bois occupe une importante place dans la satisfaction des besoins en énergie de la famille, il est utilisé pour la cuisson du pain.

Aussi, et compte tenu de la discordance existante entre l'importance des besoins et le niveau de la production de gaz qui découle de la biomasse disponible, le degré de substitution (cas de 20 m<sup>3</sup> de cuverie) serait de 100 % pour le butane et le charbon et de 11 à 43 % pour le bois selon les saisons.

### II. 3 — Analyse économique :

Le digesteur à FADRAGOUM est une alternative qui coûte chère par rapport aux coûts des combustibles qui sont remplacés. La dépense des combustibles de cuisson est évaluée à 4.150 dh par an, répartie entre les types de sources d'énergie comme suit :

- Bois : 66 % soit 2.700 DH
- Butane : 20 % soit 850 DH
- Charbon : 14 % soit 600 DH.

Quand le bois peut être produit par l'exploitation; les dépenses sont considérablement atténuées. L'avantage du projet réside dans les quantités de combustible remplacées par le biogaz et qui correspondent à 627 dh/an pour le niveau

d'exploitation actuellement atteint (8 m<sup>3</sup> de cuverie), 1.720 DH/an dans le cas de la réparation de fuites (15 m<sup>3</sup> de cuverie) et de 2.160 DH/an dans le cas de l'exploitation de toute la biomasse disponible (20 m<sup>3</sup> de cuverie).

Le coût total du projet est évalué à 12.000 dh, non compris les charges de maintenance et de fonctionnement.

Compte tenu de ce qui précède les délais de récupération, les frais à l'investissement sont respectivement de 19, 7 et 6 ans pour les trois ans précédents.

En outre, l'investissement initial de 12.000 DH dépasse de loin les possibilités financières des agriculteurs de la région.

Sans doute que les agriculteurs placés devant plusieurs alternatives préféreraient engager une telle dépense pour l'acquisition d'équipements plus rentables tels que groupe-moto pompe, matériel agricole etc...

Par ailleurs, les gens sont assez sensibilisés au problème posé par la dégradation des écosystèmes et ne sont pas motivés à s'équiper en digesteurs dont la rentabilité économique est discutable.

### III — CONCLUSION ET DISCUSSION DE PRINCIPAUX PROBLEMES

A la lumière de l'expérience acquise à Ouarzazate et dans les autres provinces du Royaume, la technologie de méthanisation paraît maîtrisable, cependant, quelques aspects liés à l'exploitation, restent à examiner dont les plus importants sont :

- **Technologie indienne et chinoise :**

L'exploitation de l'unité de FADRAGOUM a permis de mettre en évidence les difficultés de maîtrise du procédé de méthanisation dans les deux types de technologie. La production de gaz dans le digesteur chinois est difficilement maîtrisable en raison des fuites et des fluctuations de la pression à l'utilisation bien que son coût est moins élevé. Quant au type indien, il est d'un coût élevé et se caractérise par la possibilité de stockage du gaz et le maintien d'une pression constante d'utilisation permettant une meilleure exploitation.

- **Norme de dimensionnement de nouveaux digesteurs :**

Souvent, la norme de consommation de biogaz en Chine est estimée à 1 m<sup>3</sup> pour la préparation de trois repas par jour dans une famille de 5 à 6 personnes. Mais, il y a des divergences entre les façons de cuisiner respectives. Les petits repas chinois sont rapides à préparer par rapport aux tagines ou au couscous marocains qui nécessitent de longs temps de cuisson. La consommation de biogaz au Maroc serait de plus de 1 m<sup>3</sup> par jour si on utilise le modèle de four chinois adapté par le C.D.E.R. 1 m<sup>3</sup> de biogaz permet 3 à 4 heures de cuisine, pas plus. Une amélioration minimum, serait de produire 1,5 m<sup>3</sup> de biogaz soit 4 à 6 heures de temps de cuisson pour un four de 0,25 à 0,35 m<sup>3</sup> de biogaz par heure. Si on utilise deux fours, la consommation de biogaz sera doublée. Même si ces remarques sont toutes simples, on doit faire attention à cette erreur car elle amènerait à la construc-

tion de digesteurs trop petits par rapport aux demandes d'énergie d'une famille.

- **Rendement du digesteur :**

Les facteurs décisifs dans la détermination de la taille adéquate d'un digesteur, ne sont pas définis. On ne peut pas prévoir fidèlement la production du gaz pendant l'été. La brochure sur le biogaz du C.D.E.R. indique un rapport de 25 % entre le volume du digesteur de 6 m<sup>3</sup> — modèle indien.

Le digesteur indien de FADRAGOUM a atteint ce rapport de 25 % durant le mois d'avril. Ce rendement sera probablement dépassé pendant les mois chauds. De plus, le digesteur a été alimenté avec moins de biomasse prescrite et la température du fonctionnement continue à augmenter avec l'arrivée d'une grande valeur et aidera à la construction de digesteur aux dimensions appropriées.

- **La production de biogaz en hiver :**

Le taux de production de biogaz baisse considérablement pendant l'hiver (moins de 50 % du taux d'été) et le petit volume quotidien de gaz produit est tout à fait dérisoire par rapport aux besoins de cuisson, il y a juste assez de gaz pour préparer le petit déjeuner. Les modifications de la température du digesteur pour son fonctionnement nécessitent des changements dans le temps de retention (vitesse d'alimentation). Le temps de retention devrait être augmenté en hiver. Cette hypothèse provient des évaluations et observations faites durant les mois de décembre et novembre.

En conclusion, d'autres axes de recherche devraient être explorés; plus de 50 digesteurs ont été construits au Maroc pendant les dernières années; pour dégager les types de digesteurs les mieux performants sur le plan technique et économique.