E. I. E. Bibliothèque OUAGADOUGOU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

IDI ABOUBACAR

ANNEE 1990-1991

ETUDE DES BRULEURS ET FOYERS AMELIORES AU BIOGAZ

Mention :

Encadrement

Y. JANOT

E. I. E. R.

Enregistré à l'arrivée

le 03 JUIL. 1991 106/91

REMERCIEMENTS

Au terme de notre mémoire de fin d'études, il nous est agréable d'adresser nos remerciements aux personnes suivantes :

- Mr YAMEOGO Gabriel, Chercheur à l'IBE et initiateur du sujet, pour le suivi permanent.

- Mr JANOT Yves, Enseignant à l'EIER, pour sa disponibilité et ses précieux conseils.

- Au personnel de l'IBE et plus particulièrement aux Animatrices des Foyers Améliorés, qui ont pris une part active dans l'élaboration du travail.

Que tous ceux qui ne sont pas cités, trouvent ici l'expression de notre gratitude.

A mon père, BOUCAR Ambalam

A ma mère, OUALOU Oumarou,

Que ce modeste travail, nous apporte le reconfort moral, après tant d'efforts pour faire de moi, l'"homme" que je deviens.

.../...

SOMMAIRE

Page

INTRODUCTION..... 1

I. GENERALITES SUR LE BIOGAZ..... 3
1. DEFINITION 3
2. COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE..... 3
2.1. Compositon chimique..... 3
2.2. Quelques propriétés..... 4
3. PROCESSUS DE LA FERMENTATION..... 5
3.1. Premières dégradations..... 5
3.2. Phase méthanogène..... 5
4. CONDITIONS DE PRODUCTION..... 5
4.1. Anaérobiose..... 5
4.2. Température..... 6
4.3. pH..... 6
4.4. Teneur en eau..... 6
4.5. Rapport C/N..... 6
5. Technologie 7
5.1. Digesteur continu..... 7
5.2. Digesteur discontinu..... 8

II. UTILISATIONS DU BIOGAZ..... 9
1. Eclairage 9
2. Cuisine..... 9
3. Motorisation..... 10
4. Réfrigération..... 10
5. Utilisation de l'effluent..... 11

III. ETUDE EXPERIMENTALE..... 12
1. Plate forme expérimentale de l'IBE..... 12
1.1. Production de gaz..... 12

.../...

1.2. Composition du gaz..... 13
1.3. Circuit de distribution..... 14

2. Théorie du brûleur..... 15

2.1. Définition..... 15
2.2. Description..... 15
2.3. Dimensionnement..... 15

3. Combustion..... 16

3.1. Processus d'inflammation..... 17
3.2. Combustion 17
3.3. Quantité d'air nécessaire..... 18

4. Brûleurs à tester..... 19

4.1. Caractéristiques..... 19
4.2. Rendement..... 20

5. Méthodologie des tests..... 21

6. Difficultés rencontrées..... 22

IV. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS..... 23

1. Résultats..... 23

2. Analyse des résultats..... 23

2.1. Marmite fermée / ouverte..... 24
2.2. Taille de la marmite..... 24
2.3. Forme du brûleur..... 24
2.4. Diamètre du gicleur..... 25
2.5. Pression..... 25

3. Comparaison avec le foyer ouvert..... 25

V. CONCLUSION..... 27

BIBLIOGRAPHIE 29

ANNEXES..... 30

.../...

ABREVIATIONS

I.B.E. : Institut Burkinabè de l'Energie

cm CE : Centimètre de colonne d'eau.

RESUME

Les tests qui se sont déroulés du 8 Avril au 7 Mai 91, ont porté sur l'étude de 4 brûleurs au Biogaz. Les tests ont eu pour cadre, le Laboratoire de l'IBE.

On dispose de 2 marmites M2 et M3, de capacités respectives 4,5 et 7,5 litres.

A chaque marmite, il correspond un type de foyer (F2 ou F3 selon le cas), sur lequel on place un brûleur à tête plate (BP) puis un brûleur à tête courbe (BC). Le brûleur est muni successivement d'un gicleur de 2 mm et un second gicleur de 2,5 mm de diamètre. On appliquera l'une après l'autre, des pressions d'utilisation de gaz de 9 cm CE et de 12 cm CE.

Le test consiste à remplir la marmite d'eau aux 2/3. On note l'évolution de la température toutes les 5 minutes, jusqu'à l'ébullition.

Les tests sont effectués sur des foyers fermés, avec ou sans couvercle.

Au total, 180 tests ont été réalisés, dont une vingtaine (20) sur des foyers ouverts, de type traditionnel. La comparaison entre les 2 types de foyers, a montré que les foyers fermés admettent un temps d'ébullition plus court et un rendement plus élevé.

.../...

Des tests réalisés sur foyers fermés, on peut retenir que :

- A la pression d'utilisation de 12 cm CE

Le foyer F3 donne un rendement variant de 50 % à 67 % pour un temps d'ébullition compris entre 16 mn et 26 mn.

Au niveau du foyer F2, le rendement varie de 39 % à 54 % et le temps d'ébullition varie de 10 mn à 14 mn.

- A la pression d'utilisation de 9 cm CE

Le foyer F3 porte l'eau à ébullition au bout de 17 mn à 28 mn, avec un rendement de 51 % à 61 %.

Avec le foyer F2, on obtient un rendement allant de 42 % à 53 % pour un temps d'ébullition de 9 mn et 16 mn.

Après analyse de ces résultats, nos propositons de choix sont :

- adopter le gicleur de 2 mm de diamètre à tous les brûleurs ;
- utiliser le brûleur courbe à la marmite M3 ;
- utiliser le brûleur plat à la marmite M2.

INTRODUCTION

Dans les pays sous-développés en général, l'approvisionnement énergétique demeure une préoccupation de tous les jours. Le problème est d'abord économique, à cause de l'importation des produits pétroliers notamment. Aussi, le bois de chauffe qui constitue et de loin, la première source d'énergie pose le problème de la gestion et de la préservation de nos ressources naturelles.

Cependant, ces pays régorgent d'énormes potentialités liées à l'existence tant en milieu urbain que rural, des énergies nouvelles et renouvelables. Leur technologie est facilement maîtrisable. En effet, la biomasse, le solaire et l'éolien entre autres, constituent une solution d'appoint et de contribution à la sauvegarde de la nature.

Parmi ces énergies nouvelles, le biogaz occupe une place de choix. Il est produit à partir des déchets animaux et agricoles, générés par les activités quotidiennes des paysans. Le biogaz est un remplaçant valable à tous les combustibles classiques. Le résidus de fermentation est utilisé pour l'amendement organique des sols.

.../...

Au Burkina Faso, l'Institut Burkinabè de l'Energie (IBE) qui s'est fixé comme objectif la recherche en vue de la valorisation des énergies nouvelles, a entrepris depuis 1984, des travaux sur les brûleurs au biogaz. Ces brûleurs qui sont montés dans les ateliers dudit Institut, ont connu des améliorations jusqu'en 1989.

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études, nous nous proposons de déterminer les caractéristiques de ces derniers brûleurs. Nous nous intéressons plus particulièrement au temps d'ébullition, au rendement énergétique et à la puissance des brûleurs.

L'étude s'articule autour des quatre (4) points suivants :

I. LES GENERALITES
II. LES UTILISATIONS DU BIOGAZ
III. L'ETUDE EXPERIMENTALE
IV. L'ANALYSE ET L'INTERPRETATION DES RESULTATS.

I. GENERALITES SUR LE BIOGAZ

1. DEFINITION

Le biogaz ou biométhane est un gaz inflammable obtenu à partir de la dégradation de la matière organique.

2. COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE

2.1. Composition chimique

Elle est fonction des paramètres suivants :

- le type de digesteur ;
- les conditions de production du biogaz.

La composition moyenne du biométhane au cours d'une fermentation bien maîtrisée est de :

- Méthane (CH_4) : 50 à 70 % (jusqu'à 80 %, continu) ;
- Gaz carbonique (CO_2) : 35 à 40 % (jusqu'à 15 %, continu) ;
- Hydrogène (H_2) : 1 à 3 % (jusqu'à 10 %, continu) ;
- Oxygène (O_2) : 0,1 à 1 %
- Monoxyde de carbone (CO) : 0 à 0,1 %
- Azote (N_2) : 0,5 à 5 % (jusqu'à 10 %, continu) ;

.../...

- Gaz divers (H_2S, NH3,...) : 1 à 5 % ;
- Vapeur d'eau (H_2O) : Variable.

Selon le taux de méthane qu'il contient, on peut classer le biogaz en :

- biogaz riche : CH_4 : 80 %
  CO_2 : 20 %

- biogaz moyen : CH_4 : 65 %
  CO_2 : 35 %

- biogaz pauvre : CH_4 : 50 %
  CO_2 : 50 %.

2.2. Quelques propriétés

Le biogaz est :

- incolore ;
- combustible à partir de 25 % de méthane ;
- odorant (oeuf pourri dû à l'hydrogène sulfuré H_2S);
- toxique à cause du CO_2
- Corrosif à cause de H_2S

Le pouvoir calorifique inférieur (Pci) est fonction de la qualité du gaz.

BIOGAZ	PAUVRE	MOYEN	RICHE
Pci(kJ/m3)	17.936	23 318	28 699

.../...

3. LE PROCESSUS DE LA FERMENTATION

La matière organique est formée de molécules de protides, de glucides et de lipides. Les bactéries utilisent ces substances, soit pour croître ou pour satisfaire leurs besoins énergétiques, selon le processus que nous décrivons :

3.1. Les premières dégradations

Elles ont lieu en milieu aérobie ou anaérobie. On assiste à une liquéfaction ou une gazéification avec formation d'acides gras.

3.2. Phase méthanogène

Elle se passe en milieu anaérobie strict. Les acides gras sont dégradés pour former du méthane et du gaz carbonique.

Les bactéries méthanogènes sont surtout présentes dans le rumen des animaux et les eaux usées.

4. LES CONDITIONS DE PRODUCTION DU BIOGAZ

Les bactéries méthanogènes étant très sensibles aux changements de conditions de vie, leur survie doit répondre à certaines conditions.

4.1. L'anaérobiose

L'activité enzymatique des bactéries méthanogènes a lieu en milieu anaérobie. La présence d'oxygène conduit à la production de CO_2 et H_2S, qui gênent la combustion.

4.2. La température

La production de gaz est faible à 10°C et nulle à 65°C. Elle est optimale entre 25 et 45°C.

Plus la température est élevée, plus le temps de rétention est court.

4.3. Le pH

L'activité enzymatique des bactéries s'effectue pour un pH compris entre 6,6 et 7,6 avec un optimum entre 7 et 7,2.

Un pH acide inférieur à 6,2 entraîne l'arrêt de la fermentation, du fait de l'accumulation d'acides. Alors qu'un pH basique est à la base de la formation de H_2S.

4.4. La teneur en eau

La présence d'eau est nécessaire à l'activité enzymatique des bactéries. Un excès d'eau diminue la production de gaz. Un manque d'eau entraîne l'accumulation d'acides et la formation de croûte.

4.5. Le rapport C/N

La présence de carbone est matérialisée par les déchets végétaux.

L'azote est apporté par les déchets animaux et humains.

Le carbone a besoin d'azote pour former des protéines.

Le rapport C/N doit être choisi supérieur à 35 avec un optimum à 30. S'il est inférieur à 30, la production de gaz sera lente et l'effluent sera polluant.

Nous donnons à titre d'exemple, le rapport C/N de quelques déchets :

Nature des déchets		Rapport C.N
Urine	:	0,8
Excréments de vache, cheval	:	25
Excréments humains	:	6 à 10
Fumier de vache	:	30
Paille de blé	:	128 à 150.

5. LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ

La technologie du biogaz est basée sur 2 types de digesteurs :

- le digesteur continu ;
- le digesteur discontinu.

5.1. Le digesteur continu

Les types les plus répandus sont les modèles chinois et indien.

Le substrat est fortement dilué ; 15 % de matières séches au maximum.

L'installation comporte les parties ci-après :

- le bassin d'entrée ou d'alimentation ;
- le fermenteur ;
- le gazomètre ;
- le bassin de sortie.

L'installation fonctionne selon le principe des vases communicants et l'alimentation doit être journalière.

5.2. Le digesteur discontinu

Il est envisageable lorsque le substrat présente les caractéristiques suivantes :

- substrats disponibles essentiellement pailleux ;
- peu de fècès animaux ;
- faible quantité d'eau disponible.

La matière subit une préfermentation aérobie qui dure 2 à 8 jours.

Elle est ensuite noyée dans de l'eau en milieu anaérobie, où le gaz sera produit.

Le digesteur peut être à cloche mobile ou à cloche fixe.

Une rupture de gaz est à prévoir durant le chargement de substrat nouveau.

II. LES UTILISATIONS DU BIOGAZ

Le biogaz est un gaz dit pauvre, qui peut être utilisé comme combustible et carburant.

Un (1) m3 de biométhane moyen a pour équivalent :

ESSENCE	GAZ OIL	PROPANE	BUTANE
0,70 l	0,67 l	0,26 m3	0,19 m3

Ainsi, on peut utiliser le biogaz pour :

1) L'éclairage

Les groupes électrogènes et les lampes à manchon , peuvent fonctionner au biogaz.

La lampe donne une lumière douce et agréable, à l'aide d'une pression au moins égale à 10 cm CE.

Un (1) m3 de biogaz permet à une lampe d'éclairer pendant 6 à 7 heures et de diffuser une luminosité équivalent à 60 watt en lumière électrique.

2) La cuisine

L'utilisation du biogaz dans la cuisine, vise à réduire la consommation en bois de chauffe. Elle permet de ce fait, de lutter contre la désertification.

Les brûleurs utilisés, sont fabriqués par les artisans locaux. Ils sont en métal ou en argile, ce qui les rend d'autant moins chers.

La quantité de gaz nécessaire pour la cuisson d'un repas est de 0,25 m3 par personne et par jour.

3) La motorisation

Le principe de l'utilisation du gaz par un petit moteur fixe conçu pour fonctionner à l'essence, consiste à intercaller un mélangeur avant le carburateur.

Les moteurs diesels sont capables de fonctionner au gaz et au fuel.

De tels moteurs existent en Inde et leur consommation en fuel diminue de 85 %.

Le biogaz épuré est un bon carburant.

Un (1) m3 de biogaz peut faire fonctionner un moteur de 1 CV pendant 2 heures, soit environ l'équivalent de 0,6 à 0,7 kg d'essence.

4) La réfrigération

Les réfrigérateurs fonctionnant au kérosène et au gaz en bouteille peuvent être convertis au biogaz.

Un réfrigérateur d'une capacité de 100 l, consomme environ 0,15 m3 de gaz par heure.

.../...

5) L'utilisation de l'effluent

Le substrat ne renferme plus de germes pathogènes. Il contient beaucoup d'azote.

Il constitue ainsi un bon fertilisant pour les sols. L'augmentation des rendements agricoles est de l'ordre de 10 à 20 %.

Avec 1 m3 de substrat, il est possible de fertiliser environ 0,01 ha/an.

L'effluent peut servir à l'alimentation des poissons après une première épuration dans un bassin d'algues.

III. ETUDE EXPERIMENTALE

1) LA PLATE-FORME EXPERIMENTALE DE L'IBE

La plate-forme expérimentale de l'IBE comprend :

- un dispositif de production de gaz, installé dans la cour ;

- un laboratoire où s'effectuent les mesures.

1.1. La production de gaz

La production de gaz est assurée par 2 digesteurs discontinus d'une capacité de 5 m3 chacun.

Le digesteur est une cuve "type puits" avec des parois étanches de 10 cm d'épaisseur en béton armé vibré. A la partie supérieure, se trouve un joint hydraulique dans lequel est inséré le couvercle qui maintient l'anaérobiose. Une grille maillée permet de maintenir le substrat en immersion.

Le digesteur est alimenté avec de la bouse de vache et des tiges de céréales dans des proportions de 1/3 et 2/3. Les déchets subissent une préfermentation aérobie de 7 jours, avant d'être dilués avec de l'eau en milieu anaérobie.

Le gaz produit est conduit vers les gazomètres. Le dispositif comprend 2 gazomètres :

- un gazomètre à la pression constante de 16 cm CE ;
- un gazomètre à pression variable, qui nous a permis

.../...

d'effectuer les tests.

C'est le poids de la cloche qui déterminera la pression de gaz.

$$p = \frac{P}{S} \text{ en kg/cm2}$$

avec P = poids de la cloche en kg
S = surface de la base en cm2.

Le gazomètre est constitué d'une cuve circulaire de 2,50 m de profondeur sur 1,80 m de diamètre. Le couvercle est cylindrique en tôle de 2 mm, muni d'un guide central. Le gazomètre a un volume de stockage variable par déplacement de la cloche dans un volume d'eau qui forme le joint d'étanchéité.

Le gazomètre à pression variable dispose d'une poche à la partie supérieure qui peut contenir jusqu'à 100 l d'eau. Le poids de l'eau permet de lester le gazomètre.

1.2. Composition du gaz

Nous admettons d'une manière générale que le biogaz produit par l'IBE est de type pauvre, dont nous donnons la composition :

- méthane (CH_4) : 50 % ;
- gaz carbonique (CO_2) : 50 % ;
- masse volumique : 1,34 kg/m3 ;
- la chu te de pression appliquée : 9 cm CE puis 12 cm CE ;
- pouvoir calorifique : 17.936 kj/m3.

.../...

En plus, nous prenons comme air ambiant, celui caractérisé par :

- température sèche : 30°C
- humidité relative : 30 %
- masse volumique : 1,12 kg/m3.

1.3. Le circuit de distribution

Le point d'utilisation étant le Laboratoire, la distribution est assurée par une tuyauterie en tube galvanisé.

A La sortie du gazomètre, se trouvent 2 compteurs correspondant chacun à une conduite de gaz.

Un piège à eau constitué d'un tuyau en U permet d'éliminer au maximum la vapeur d'eau condensée.

Dans le local, nous pouvons énumérer les équipements suivants :

- des vannes qui règlent l'arrivée de gaz. Les foyers à tester sont alimentés par des tuyaux en plastique ;

- un manomètre à eau pour lire la pression d'utilisation ;

- du matériel de mesure : thermomètres, balance.

2. La théorie du brûleur

2.1. Définition

Le brûleur est un appareil qui permet d'obtenir une flamme par combustion d'un mélange de gaz et d'air.

Il doit être construit en un matériau capable de résister à de hautes températures (argile, aluminium, etc.).

2.2. Description

Le brûleur est constitué par les éléments de base suivants :

- le gicleur par où rentre le gaz ;
- l'arrivée d'air réglable ;
- l'injecteur qui assure le mélange de biogaz et d'air;
- la chambre de combustion ;
- la tête de sortie du mélange.

2.3. Dimensionnement

Le dimensionnement du brûleur de cuisine, revient à déterminer ses caractéristiques que nous resumons comme suit :

a) Le diamètre du gicleur : Il détermine la quantité de gaz admise dans le brûleur.

$$d = 10 \sqrt{\frac{P}{Pci}} \sqrt[4]{\frac{\rho g}{dP}} \text{ en mm.}$$

avec P = puissance du brûleur en Kcal/h
ρg = masse volumique du gaz en kg/m3
dP = chu te de pression en mm CE.

.../...

b) Le diamètre de l'injecteur

$$D = d \sqrt{K\,(1 + \alpha V_0)\,\left(1 + \frac{\alpha V_0}{S}\right)} \text{ en mm}$$

avec d = diamètre du gicleur en mm
K = coefficient de perte de charge (1 à 1,5)
S = $\rho g/\rho a$
V_0, α : voir (III - 3).

c) la surface de l'arrivée d'air primaire

$$Sa = \frac{278\ \alpha V_0\ P}{W_a\ P_{ci}} \text{ en mm2}$$

où W_a = vitesse d'air (0,8 à 1,5 m/s).

d) La surface de sortie du mélange

$$So = \frac{278\ P\ (1 + \alpha V_0)}{P_{ci}\ W_0} \text{ en mm2}$$

où Wo = vitesse de sortie du gaz au niveau des orifices
Wo = 0,1 à 0,5 m/s.

3. La combustion

Lorsque le gaz brûle, on distingue 2 étapes de ce phénomène :

- l'inflammation ;
- la combustion proprement dite.

.../...

3.1. Le processus d'inflammation

Il constitue une période pendant laquelle s'opère l'échauffement du gaz avec élévation progressive de sa température.

Lorsque la température atteint une certaine valeur, le combustible s'enflamme.

3.2. La combustion

La gouttelette de combustible atteinte par la flamme du combustible qui brûle est chauffée. Sa température s'élève progressivement jusqu'à l'évaporation des composants du biogaz.

En présence de l'oxygène de l'air, les gaz formés brûlent et favorisent l'accroissement ultérieur de la température de la gouttelette.

A une certaine température, des gaz se forment à l'intérieur de la gouttelette et s'échappent en la désintégrant, ce qui permet le prolongement de la combustion.

Au cours de la combustion du biogaz, il est nécessaire de connaître :

a) La puissance du brûleur : C'est la quantité de chaleur que peut fournir le brûleur pendant un temps déterminé :

$P = q \quad Pci$ en Kcal/h

avec q = débit de gaz en m3/h.

.../...

b) La pression d'alimentation

La vitesse du gaz dans la section du gicleur vaut :

$$V_g = \sqrt{\frac{2\ dP}{\rho g}} \quad \text{en m/s}$$

dP = chute de pression en cm CE
ρg = masse volumique du biogaz en kg/m3.

3.3. La quantité d'air nécessaire

Pour que la combustion soit la plus complète possible, il faut un apport d'air secondaire, en plus de l'air primaire. Lorsque la combustion de gaz est incomplète, il se forme de la suie.

Le débit d'air secondaire est autorégulé par la différence de pression entre l'air ambiant et l'air de la chambre de combustion.

Le débit d'air nécessaire à la combustion d'un m3 de gaz est :

$$Vo = \frac{1{,}09\ Pci}{1000} - 0{,}25 \text{ en m3 d'air}$$

On détermine le coefficient d'air primaire,

$$\alpha = \frac{\text{volume d'air primaire}}{Vo}$$

α varie de 0,8 à 0,9.

.../...

4. Les brûleurs à tester

L'IBE a mis au point ses premiers brûleurs au biogaz, en 1984. Les brûleurs que nous avons testé, ont été fabriqués en 1989.

Ils ont été conçus par les chercheurs et montés dans l'atelier dudit Institut.

4.1. Les caractéristiques

Selon la forme de la tête, les brûleurs sont de 2 types :

- les brûleurs à tête plate, notés BP ;
- les brûleurs à tête courbe, notés BC.

Plusieurs matériaux contribuent à la fabrication de ces brûleurs :

- le corps du brûleur est en fer plat ;
- le fonds est en tôle de 3 mm ;
- l'injecteur est fabriqué en tube galvanisé.
- le gicleur qui est importé, est en cuivre.

A chaque numéro de marmite, il correspond le même numéro de foyer et de brûleur, en vue d'obtenir un rendement optimal. C'est ainsi que nous avons testé 4 brûleurs.

- les brûleurs BP2 et BC2 au niveau de la marmite M2

- les brûleurs BP3 et BC3 au niveau de la marmite M3.

.../...

Les caractéristiques sont :

CARACTERISTIQUES	BP2		BP3		BC2		BC3	
Surface de sortie du mélange (mm2)	982		1090		776		1085	
Surface des trous d'aération (mm2)	312		312		600		600	
Volume de la chambre mélange (mm3)	245138		245 138		288 172		288 172	
Diamètre du gicleur (mm)	20	25	20	25	20	25	20	25

4.2. Le rendement

Le rendement se définit comme le rapport entre la quantité de chaleur absorbée par le contenu de la marmite et la quantité totale de chaleur produite par le biogaz.

$$\eta = \frac{m\ Cp\ (T_f - Ti) + m'L}{Q\ Pci}$$

η = rendement à l'ébullition dans la marmite (%) ;
m = masse initiale de l'eau dans la marmite (kg) ;
T_f = température finale à l'ébullition de l'eau (° C) ;
Cp = chaleur spécifique de l'eau = 4,18 kj/kg °C ;
m' = masse d'eau évaporée dans la marmite (kg) ;
L = chaleur latente de vaporisation de l'eau = 2260 kj/kg
Q = volume de gaz utilisé (m3)
Pci = 17 936 kj/m3.

.../...

5. METHODOLOGIE DES TESTS

La méthodologie utilisée est la même que celle pour tester les foyers améliorés. Aussi, le rendement du brûleur sous-entend celui du système foyer brûleur.

Le foyer a pour rôle de permettre un bon contact entre la flamme et la marmite et de limiter ainsi les déperditions.

Pour évoquer la méthodologie, disons que la procédure est la suivante :

1) S'assurer que le brûleur et le foyer sont froids ;
2) La température ambiante est notée.

Il est nécessaire de noter les conditions atmosphériques (pluie, vent, etc...). Le fait que les tests s'effectuent en laboratoire, met la flamme à l'abri des intempéries.

3) On pèse une marmite qu'on remplira d'eau. La quantité d'eau devra correspondre à celle utilisée habituellement par les familles et remplir la marmite aux 2/3 (soit 3 litres pour la marmite M2 et 5 litres pour M3). Le poids total est enregistré.

4) La température de l'eau est enregistrée toutes les 5 minutes, jusqu'à ébullition.

Car, si on amène l'eau jusqu'au mijotage, cela influe peu sur le rendement et entraîne un gaspillage d'énergie.

5) Le numéro du compteur au début et à la fin est enregistré.

.../...

Les tests ont été effectués avec 2 marmites de tailles différentes :

Poids de la marmite M2 : 1 222 g
Poids de la marmite M3 : 1 678 g.

Les marmites sont en fonte d'aluminium de forme circulaire, correspondant à celles utilisées dans les familles.

6) DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Nous n'avons pas été confrontés à des obstacles majeurs qui ont influencé les résultats. Cependant, nous pouvons noter les points ci-dessous :

- Lorsque la réserve de gaz s'épuise, nous interrompons les expériences jusqu'à la reconstitution des stocks. Ces arrêts ont d'autant prolongé la durée de la phase expérimentale.

- La balance électronique d'une grande précision, s'arrête souvent. Cela s'explique par le chauffage des filaments, provoqué par la pesée de l'eau en ébullition. Le chauffage est d'autant plus accéléré que la température du local atteint 40 °C à certaines heures de la journée.

- L'eau de condensation devient parfois importante et gêne la combustion.

Dans ce cas, on purge la tuyauterie afin de pouvoir continuer les tests.

IV. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

1. LES RÉSULTATS

Les résultats détaillés sont joints en annexe.

Pour chaque brûleur, deux types de tests ont été effectués. Le premier a porté sur un gicleur de 2 mm et le second sur un gicleur de 2,5 mm de diamètre.

Pour chaque gicleur, on applique une chute de pression de 9 cm CE ensuite 12 cm CE.

La marmite est testée avec couvercle ou sans couvercle, afin de se mettre dans les conditions normales de cuisson.

Pour réduire les erreurs inhérentes aux imprécisions de la manipulation, chaque test est répété 5 fois. Ceci est d'autant plus justifié qu'une montre à aiguille, a servi de chronomètre.

les résultats les plus significatifs sont rassemblés dans un tableau. Ces résultats sont : le débit du gicleur, le temps d'ébullition, le rendement et la puissance du brûleur.

2. L'ANALYSE DES RESULTATS

Les remarques ci-après sont à porter à l'attention du lecteur.

- Les tests ont été effectués sur des foyers fermés.

.../...

- Les tests ont porté sur 4 brûleurs de caractérisiques différentes.

La comparaison se fera au niveau des brûleurs correspondant à la même marmite.

- Le nombre insuffisant des points de mesures, ne permet pas une interprétation graphique des résultats.

Les observations portent sur :

2.1. La marmite fermée et marmite ouverte

Pour une marmite et une pression données, le rendement et le temps d'ébullition diminuent en présence du couvercle.

2.2. La taille de la marmite

Le rendement et le temps d'ébullition augmentent avec la taille de la marmite.

2.3. La forme du brûleur

a) Le brûleur courbe donne un temps d'ébullition plus court. L'effet est contraire au niveau du foyer F2 à la pression de 9 cm CE.

b) Le rendement est plus élevé au niveau du brûleur plat. C'est aussi le cas de :

- foyer F2 à la pression de 9 cm CE ;

.../...

- foyer F2 muni d'un gicleur de 2 mm à la pression de 12 cm CE ;

- foyer F3 muni d'un gicleur de 2,5 mm à la pression de 12 cm CE.

Pour le foyer F3 à la pression de 9 cm CE, on ne peut rien dire.

2.4. Le diamètre du gicleur

Le temps d'ébullition et le rendement croissent quand le diamètre du gicleur diminue.

2.5. La pression

a) La pression croît avec le débit.

b) Le temps d'ébullition et la puissance croissent avec le débit ou la pression.

c) Le rendement croît quand la puissance ou la pression diminue.

Lorsqu'on munit le brûleur BC3 d'un gicleur de 2,5 mm et BC2 d'un gicleur de 2 mm, le rendement croît avec la pression.

3. COMPARAISON AVEC LE FOYER OUVERT

Les tests effectués sur des foyers fermés, pouvaient se faire avec des foyers ouverts qui sont de type traditionnel.

.../...

Le foyer fermé permet de limiter les déperditions et met le feu à l'abri des intempéries (pluie, vent, etc.). Ce qui a pour conséquence l'obtention de rendements plus élevés et d'une durée de cuisson avantageuse.

Sur foyers ouverts, on s'est servi des marmites M2 et M3 à la pression d'utilisation de 12 cm CE. A chaque marmite, on a utilisé un brûleur plat muni d'un gicleur de 2 mm de diamètre.

La marmite est utilisée avec ou sans couvercle.

On obtient un rendement moyen de 44 % au niveau du foyer F2 et 47 % pour le foyer F3.

Par comparaison aux tests effectués dans les mêmes conditions sur foyers fermés, on observe que :

a) Le foyer fermé permet de gagner sur le temps d'ébullition.

b) Le rendement est plus faible sur les foyers ouverts.

V. CONCLUSION

Les tests effectués n'ont pas la prétention d'atteindre le niveau de précision nécessaire à la comparaison avec des tests passés dans d'autres conditions (atmosphériques, climatiques, etc.).

Les erreurs peuvent provenir des instruments de mesure plus ou moins précis, voire rudimentaires (montre, balance, thermomètres, etc.) ou de la compétence du manipulateur.

Ceci étant, nous tirons les leçons suivantes :

1) Les installations à grande pression, permettent d'obtenir des temps d'ébullition relativement courts, mais avec des rendements assez moyens et une consommation de gaz élevée.

2) Les installations à faible pression, admettent de bons rendements et une consommation de gaz faible, mais avec des temps d'ébullition assez longs.

Dans tous les cas, la conception du brûleur optimum passe nécessairement par la satisfaction des besoins de l'utilisateur qui préfère un brûleur qui :

- porte la nourriture rapidement à ébullition ;
- consomme peu de gaz ;
- permet de bons rendements.

En plus, on doit tenir compte du coût de l'installation où les gazomètres à hautes pressions sont les plus chers.

.../...

3) Vu ces contraintes, il est recommandé d'utiliser les brûleurs avec la pression de 9 cm CE et le gicleur de 2 mm de diamètre.

Pour le foyer F2, le brûleur plat BP2 présente les meilleures performances alors qu'au niveau de F3, le brûleur courbe BC3 est à conseiller.

4) Dans la pratique, la marmite doit être posée ouverte sur le feu à l'aide d'un foyer fermé, afin d'améliorer les rendements.

5) En 1984, les brûleurs I.V.2 et G3 ont été testés avec couvercle , au niveau de la marmite M3 (voir annexe).

Ces brûleurs ont effectivement subi des améliorations en 1989, car les rendements ont augmenté de 25 à 50 %. Même si on assiste à un prolongement du temps d'ébullition.

Certes l'étude a permis de mettre des informations à la disposition de l'utilisateur. Il serait plus convaincant de la poursuivre à d'autres périodes de l'année, avec des gicleurs plus petits (1 mm à 1,5 mm) et des pressions minimales de l'ordre de 4 à 5 cm CE. Ce qui permettra aussi de tracer les courbes caractéristiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BIOMETHANE : 2. Principes, Techniques, Utilisations (B. LAGRANGE)

- L'UTILISATION DU BIOGAZ DANS LES BRULEURS ET LES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE (B. LEDUC)

- DES FOURNEAUX MODERNES POUR TOUS (W. MICUTA)

- LES FONDEMENTS DE LA THERMIQUE ET DE L'HYDRAULIQUE (A. TCHERNON - N. BESSREBRENNIKOV)

- INSTALLATIONS DE GAZ BIOLOGIQUE (module GATE)

- RAPPORT D'ACTIVITES 1984 (G. YAMEOGO)

- BIOM (AUPMF)

- BULLETIN DE LIAISON (CIEH)

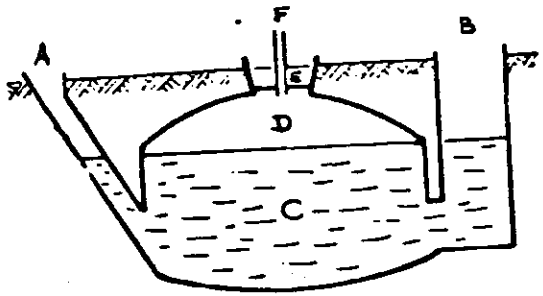
- MEMOIRE : FILIERE BIOGAZ (EIER 86)

- POLYCOPIES EIER : PRATIQUE DU BIOGAZ (G. YAMEOGO)
  APPUI AU TRAVAIL DE L'INGENIEUR (A. SCHMIT).

ANNEXES

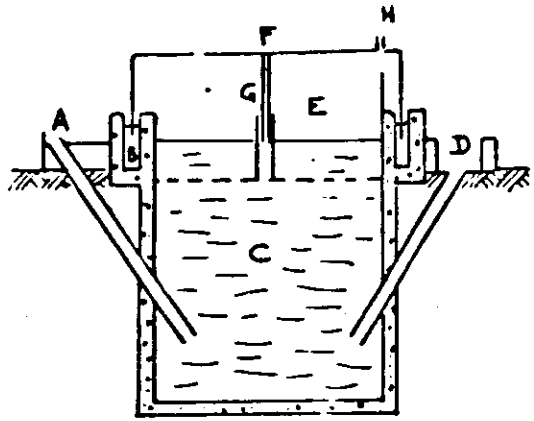
ANNEXE 1

GENERALITES



A : entrée
B : cuve de vidange
C : substrat en fermentation : volume utile
D : volume de stockage du gaz
E : bouchon hermétique de vidange
F : tuyau de sortie du gaz vers l'utilisation.

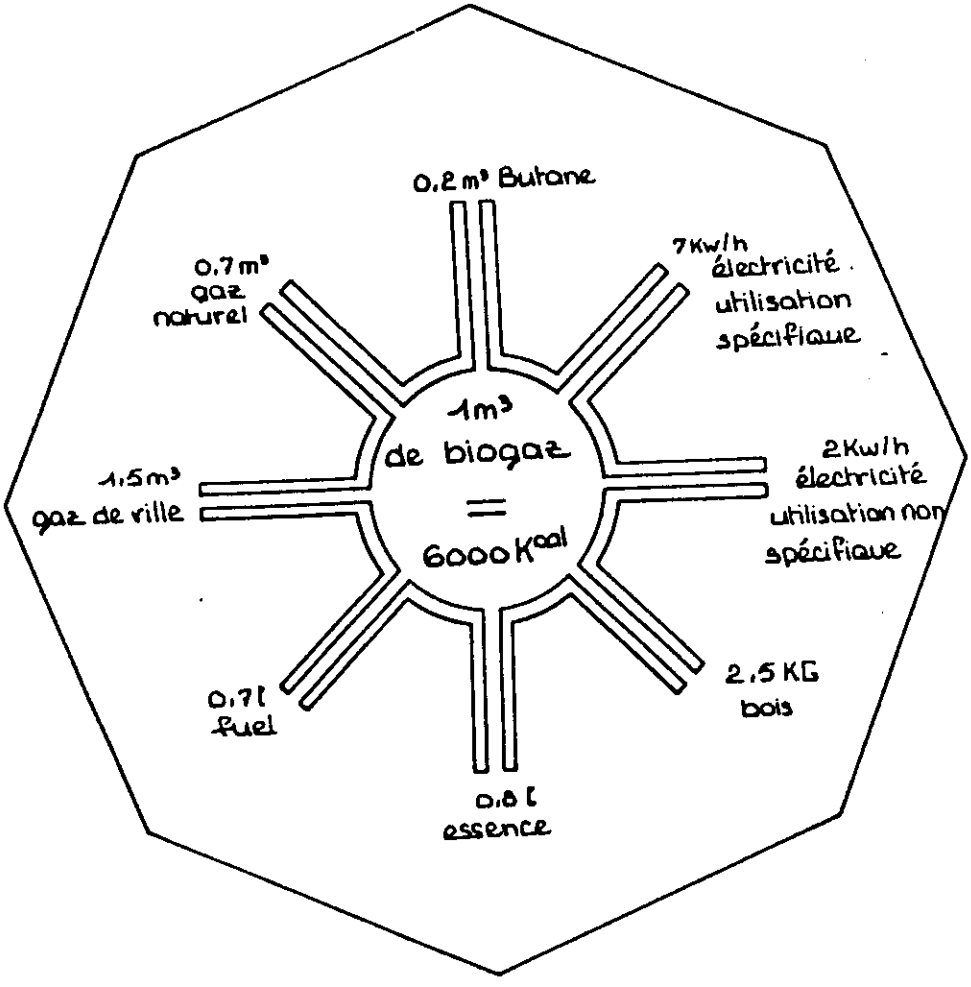
Digesteur de type chinois



A : entrée du substrat
B : joint hydraulique
C : substrat en fermentation
D : sortie du substrat
E : volume variable de stockage et mise en pression du gaz
F : couvercle gazomètre
G : système de guidage du couvercle
H : sortie du gaz vers l'utilisation

Digesteur de type indien

EQUIVALENCE DU BIOGAZ - AUTRES SOURCES D'ENERGIE



Consommation de biogaz pour certains appareils

Utilisation	Besoin en biogaz (6 000 à 7 000 kcal/m^3
Cuisine	- 0,22 à 0,45 m3/h/brûleur de 5 à 10 cm de diamètre - 0,25 m3/personne/jour (individuelle) - 0,15 m3/Personne/jour (famille)
Eclairage	- 0,04 m3/h/manchon (40 watts)
Réfrigération	- 0,15 m3 à 0,2m3/h/100 l de capacité 8 dm3/dm2 de paroi/jour
Moteurs	- 0,45 m3/cv/h pour un moteur de rendement moyen de 25 %
Couveuse	- 0,615 m3/h pour un appareil de 30 litres

Réf: Dossier du biogaz

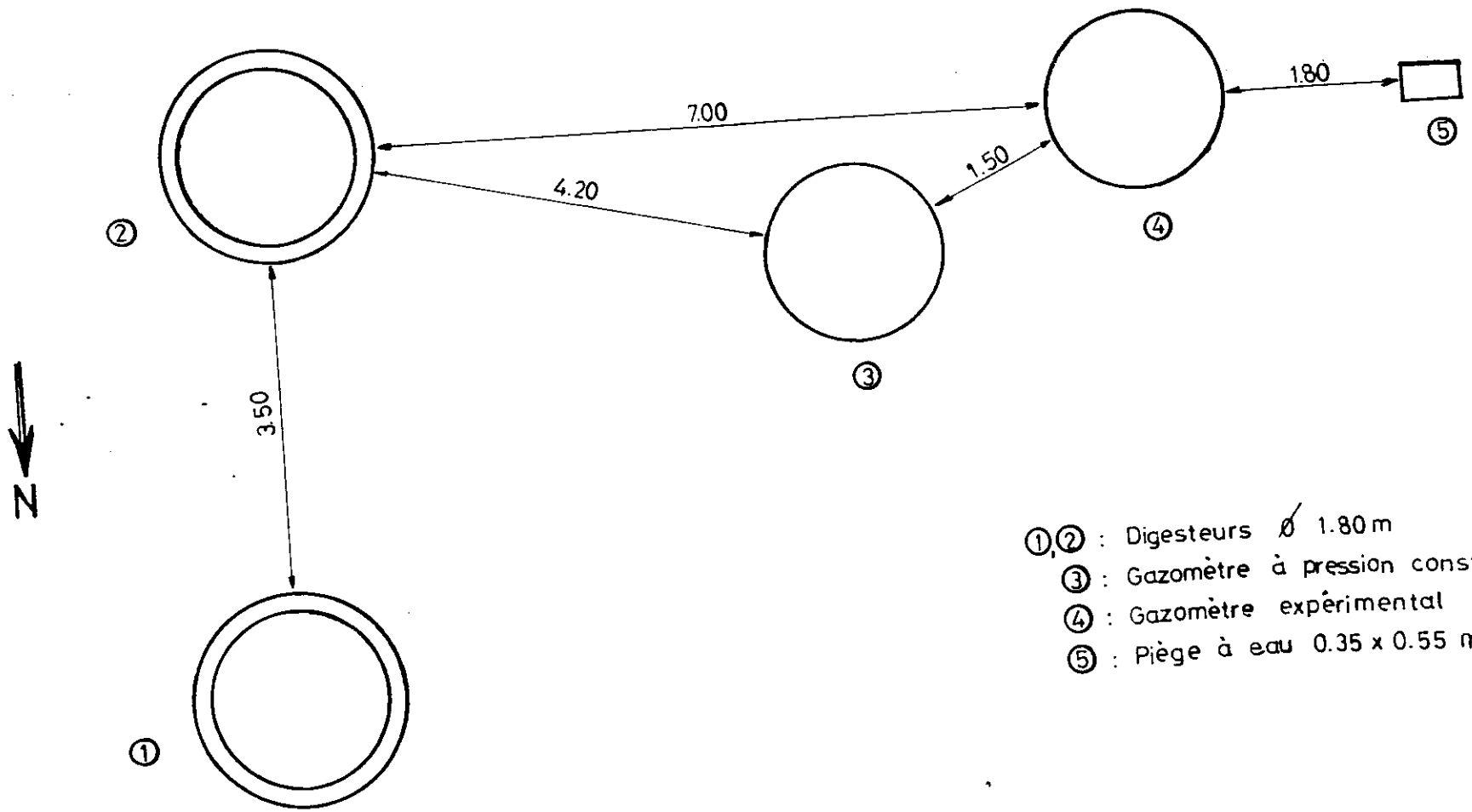
.../...

ANNEXE 2

SCHEMAS RELATIFS A L'EXPERIENCE

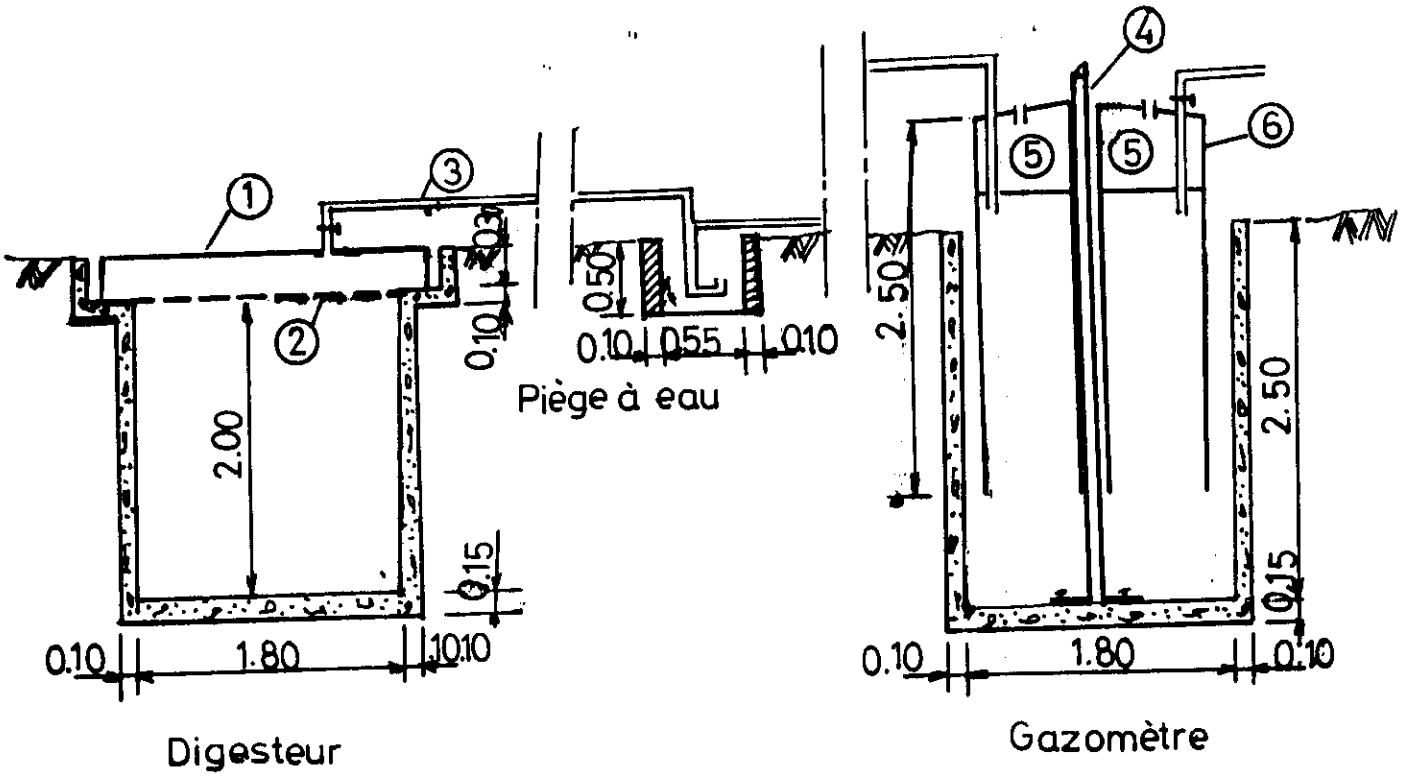
PLAN MASSE DE L'INSTALLATION DE L'I.B.E.

Echelle : 1/50



①,② : Digesteurs ø 1.80 m
③ : Gazomètre à pression constante ø 1.80 m
④ : Gazomètre expérimental ø 1.80 m
⑤ : Piège à eau 0.35 x 0.55 m^2

DETAILS DE L'INSTALLATION DE L'I.B.E.



① couvercle en tôle 2 mm

② grille d'immersion

③ conduite de gaz

④ axe central

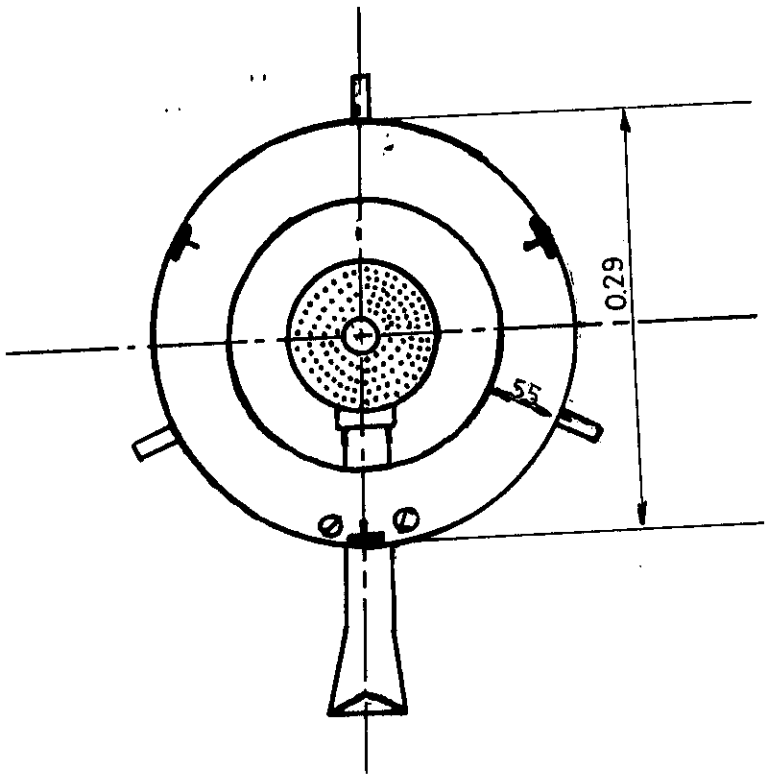
⑤ poche remplie d'eau

⑥ cloche de 1.5 mm

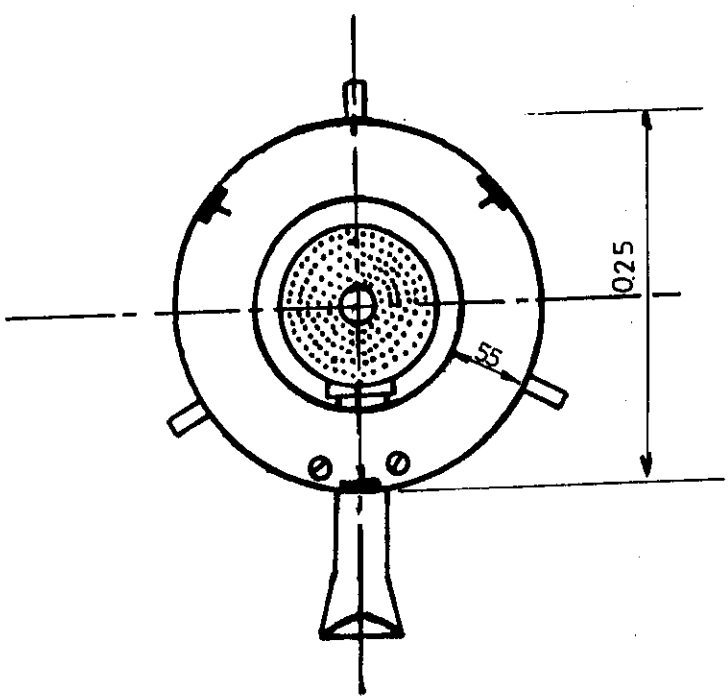
LES SYSTEMES FOYER-BRULEUR

Vue de dessus

Echelle: 1/5

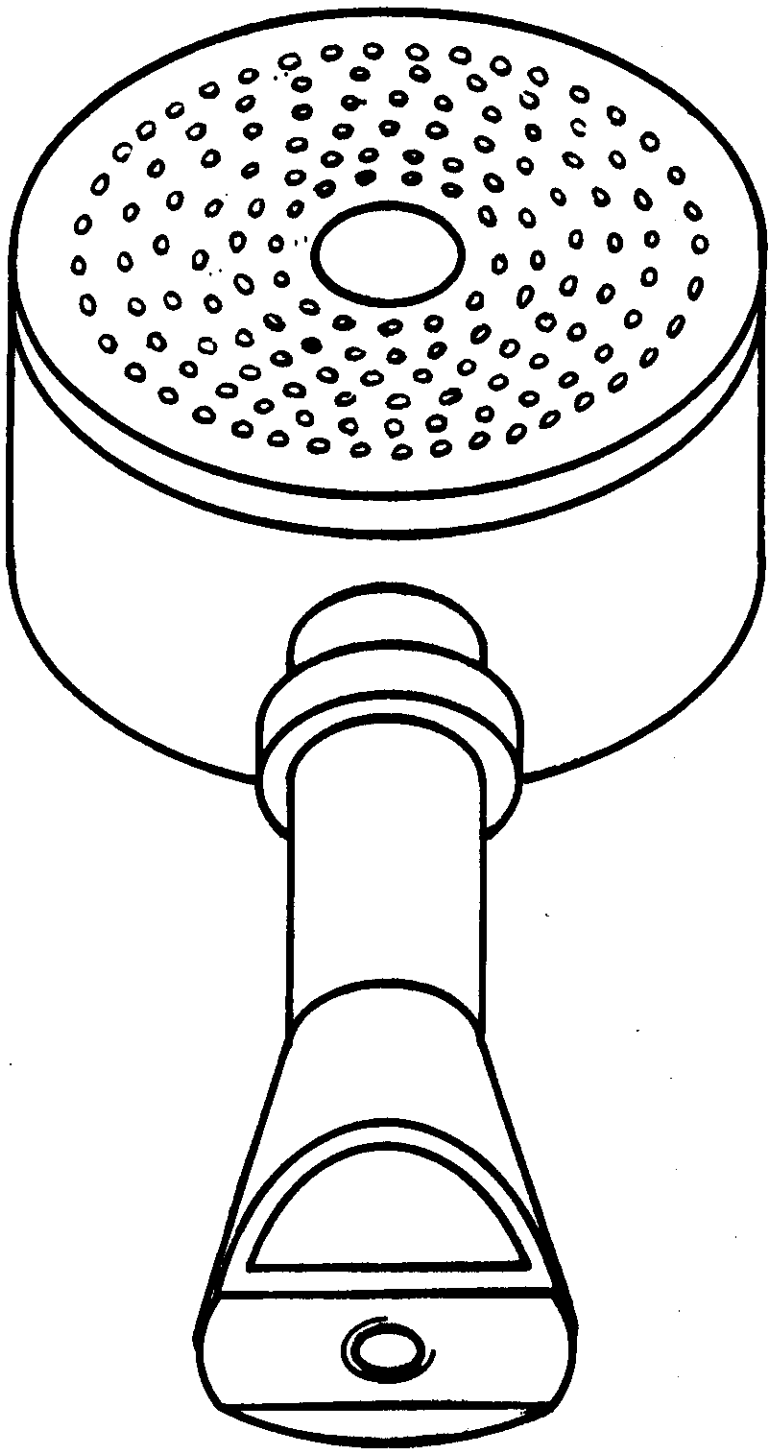


Foyer F3



Foyer F2

VUE EN PERSPECTIVE D'UN BRULEUR



ANNEXE 3

LES RESULTATS

TESTS DE BRULEURS DE BIOGAZ

Essai n° .....
Nom de l'Opérateur.....
Type de marmite .....
Type de foyer .....

Caractéristiques du brûleur.....
- Surface : sortie.....
- Surface:trou aération.....
- Diamètre gicleur.....

Composition du gaz : - % CO_2 : .....
- % CH_4 :.....

Température ambiante : .....
Début du test :..... Heure.....Minutes.....
Poids de la marmite + couvercles et thermomètre : .....kg
Poids de la marmite + eau + couvercle et thermomètre : .....kg
Compteur au début : .....

Temps en minute	Température de l'eau	Remarques
0		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
60		

Compteur à la fin : .....
Volume de gaz consommé (m3).....
Pression d'utilisation (cm CE).....
Débit théorique du gicleur (m3/s).....
Débit réel du gicleur (m3/s).....
Coefficient de débit.....

Poids de la marmite + eau + couvercle et thermomètre .....

Type de foyer..F3...
Type.de marmite..3..
Nature du test..Avec..couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz.221....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm..
-surface des orifices de sortie de gaz..1084.83mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:.9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
33	33	99	21	Ø.14	Ø.ØØØ111	1.993	57.33599
34	33	99	21	Ø.141	Ø.ØØØ111	2.ØØ7235	56.92935
35	34	99	21	Ø.139	Ø.ØØØ11Ø	1.978764	57.72Ø1
36	34	99	22	Ø.143	Ø.ØØØ1Ø8	1.943175	56.28655
34.5	33.5	99	21.25	Ø.14Ø75	Ø.ØØØ11Ø	1.98Ø543	57.Ø6923

Type de foyer..F3...
Type.de marmite..3..
Nature du test.sans..couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..221
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.
-surface des orifices de sortie de gaz 1084.83mm2
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
32	33	99	23	Ø.157	Ø.ØØØ113	2.Ø4Ø658	63.72729
33	33	99	23	Ø.157	Ø.ØØØ113	2.Ø4Ø658	61.96173
35	33	99	23	Ø.16	Ø.ØØØ115	2.Ø79652	61.82367
35	32	99	23	Ø.166	Ø.ØØØ12Ø	2.157639	6Ø.14ØØ4
38	33	99	24	Ø.173	Ø.ØØØ12Ø	2.154931	58.19759
34.6	32.8	99	23.2	Ø.1626	Ø.ØØØ116	2.Ø947Ø7	61.17ØØ6

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test..Avec couvercle..

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..221.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz...1084.83mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm..

Pression d'utilisation:.9cmCE..
Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
36	34	99	18	Ø.158	Ø.ØØØ146	2.624116	5Ø.7834Ø
36	34	99	18	Ø.155	Ø.ØØØ143	2.574291	51.116ØØ
34	34	99	17	Ø.147	Ø.ØØØ144	2.585Ø38	54.4978Ø
35	34	99	16	Ø.153	Ø.ØØØ159	2.858Ø9	52.11358
36	34	99	17	Ø.155	Ø.ØØØ151	2.725Ø2Ø	51.27857
35.4	34	99	17.2	Ø.1536	Ø.ØØØ149	2.673575	51.95787

Type de foyer.F3..
Type de marmite..3..
Nature du test..Sans couvercle..

Caractéristiques du brûleur
- type de brûleur:tête courbe
- nombre d'orifices de sortie de gaz..221.....
- diamètre des orifices de sortie de gaz..2.5mm.....
- surface des orifices de sortie de gaz...1084.83mm2.
- diamètre du gicleur..2.5mm..

Pression d'utilisation:.9cmCE..
Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
31	33	99	19	Ø.165	Ø.ØØØ144	2.596144	58.27Ø27
32	33	99	2Ø	Ø.18	Ø.ØØØ15	2.69Ø55	54.88437
34	33	99	21	Ø.179	Ø.ØØØ142	2.548192	55.82449
34	34	99	2Ø	Ø.181	Ø.ØØØ15Ø	2.7Ø5497	54.14546
36	34	99	21	Ø.184	Ø.ØØØ146	2.619371	52.5Ø941
33.4	33.4	99	2Ø.2	Ø.1778	Ø.ØØØ146	2.631951	55.1268Ø

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..Avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz...158.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz..2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz...775.58mm2.....
-diamètre du gicleur.2mm..

Pression d'utilisation:.9cmCE..

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
32	33	99	15	Ø.1Ø3	Ø.ØØØ114	2.Ø5279	47.42ØØ1
32	33	99	13	Ø.Ø99	Ø.ØØØ126	2.276619	48.69962
34	33	99	14	Ø.1Ø3	Ø.ØØØ122	2.199417	46.93Ø7Ø
34	33	99	14	Ø.1Ø2	Ø.ØØØ121	2.178Ø64	47.39Ø81
35	33	99	14	Ø.1Ø5	Ø.ØØØ125	2.242125	45.Ø7681
33.4	33	99	14	Ø.1Ø24	Ø.ØØØ122	2.189Ø3	47.1Ø359

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz..2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz...775.58mm2.....
-diamètre du gicleur.2mm..

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
33	33	99	17	Ø.117	Ø.ØØØ114	2.Ø57479	51.76Ø93
34	33	99	17	Ø.118	Ø.ØØØ115	2.Ø75Ø64	5Ø.89517
35	34	99	15	Ø.114	Ø.ØØØ126	2.272Ø2	51.62488
36	34	99	15	Ø.121	Ø.ØØØ134	2.41153	49.57548
34.5	33.5	99	16	Ø.1175	Ø.ØØØ122	2.2Ø4Ø23	5Ø.96412

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..Avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête courbe
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..775.58mm2.....
- -diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
32	33	99	11	Ø.112	Ø.ØØØ169	3.Ø43854	42.93449
33	34	99	11	Ø.1Ø2	Ø.ØØØ154	2.772Ø81	46.45753
33	34	99	13	Ø.Ø97	Ø.ØØØ124	2.23Ø626	48.33268
34	34	99	1Ø	Ø.112	Ø.ØØØ186	3.34824	42.53453
34	34	99	1Ø	Ø.114	Ø.ØØØ19	3.4ØØ3	41.56726
33.2	33.8	99	11	Ø.1Ø74	Ø.ØØØ165	2.96Ø566	44.3653Ø

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..775.58mm2.....
-diamètre du gicleur.2.5mm..

Pression d'utilisation:.9cmCE..

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
35	34	99	12	Ø.128	Ø.ØØØ177	3.1888	43.51754
36	34	99	12	Ø.143	Ø.ØØØ198	3.562487	39.74575
38	34	99	12	Ø.137	Ø.ØØØ19Ø	3.413Ø12	41.67Ø37
38	34	99	12	Ø.133	Ø.ØØØ184	3.313362	42.26Ø48
39	34	99	12	Ø.131	Ø.ØØØ181	3.263537	45.31Ø19
37.2	34	99	12	Ø.1344	Ø.ØØØ186	3.34824	42.5ØØ87

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
33	32	99	21	Ø.143	Ø.ØØØ113	2.Ø357Ø7	57.83ØØ2
33	32	99	22	Ø.141	Ø.ØØØ1Ø6	1.915997	57.75671
34	32	99	23	Ø.142	Ø.ØØØ1Ø2	1.845691	58.14855
31	32	99	25	Ø.139	Ø.ØØØØ92	1.662162	57.86259
31	32	99	24	Ø.137	Ø.ØØØØ95	1.7Ø65Ø6	59.443Ø4
32.25	32	99	23.5	Ø.13975	Ø.ØØØØ99	1.782589	58.3Ø272

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test..sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
30	32	99	28	0.172	0.000102	1.836407	60.60601
30	32	99	30	0.18	0.0001	1.7937	60.78233
30	32	99	27	0.169	0.000104	1.871205	59.96711
31	32	99	28	0.174	0.000103	1.857760	59.40251
32	32	99	27	0.172	0.000106	1.904422	59.65371
30.75	32	99	28	0.17375	0.000103	1.856772	59.95142

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
35	33	99	17	0.155	0.000151	2.725720	51.62477
35	34	99	18	0.156	0.000144	2.5909	51.43447
36	34	99	18	0.159	0.000147	2.640725	50.38476
36	34	99	18	0.157	0.000145	2.607508	50.54509
36	34	99	18	0.15	0.000138	2.49125	52.65187
35.6	33.8	99	17.8	0.1554	0.000145	2.611220	51.32819

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur.2.5mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
31	33	99	21	Ø.168	Ø.ØØØ133	2.3916	58.2797Ø
31	33	99	21	Ø.172	Ø.ØØØ136	2.448542	56.77785
32	33	99	21	Ø.173	Ø.ØØØ137	2.462778	57.Ø323Ø
33	33	99	21	Ø.178	Ø.ØØØ141	2.533957	54.86399
34	33	99	2Ø	Ø.176	Ø.ØØØ146	2.63Ø76	55.91698
32.2	33	99	2Ø.8	Ø.1734	Ø.ØØØ139	2.493527	56.57416

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..Avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête plate
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
- -diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
30	32	99	14	0.092	0.000109	1.964528	52.48108
30	32	99	13	0.095	0.000121	2.184634	51.48692
30	32	99	13	0.095	0.000121	2.184634	51.61955
31	32	99	13	0.095	0.000121	2.184634	51.08904
31	32	99	13	0.096	0.000123	2.207630	50.29437
30.66666	32	99	13	0.095333	0.000122	2.1923	51.00099

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête plate
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
- -diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
31	32	99	17	0.114	0.000111	2.004723	52.74234
31	31	99	16	0.113	0.000117	2.111334	53.49401
32	32	99	15	0.111	0.000123	2.21223	52.80569
33	31	99	15	0.109	0.000121	2.17237	53.14523
33	31	99	15	0.111	0.000123	2.21223	54.79840
32.66666	31.33333	99	15	0.110333	0.000122	2.198943	53.58310

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2..
Nature du test..Avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz...2ØØ.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz..2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz...981.75mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..9cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
31	33	99	9	Ø.Ø92	Ø.ØØØ17Ø	3.Ø55933	53.Ø8979
31	33	99	1Ø	Ø.Ø92	Ø.ØØØ153	2.75Ø34	51.58331
32	33	99	9	Ø.Ø93	Ø.ØØØ172	3.Ø8915	51.7ØØØ6
33	33	99	9	Ø.Ø94	Ø.ØØØ174	3.122366	51.15599
33	33	99	1Ø	Ø.Ø96	Ø.ØØØ16	2.86992	5Ø.22149
32.25	33	99	9.5	Ø.Ø9375	Ø.ØØØ164	2.957944	51.16671

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête courbe
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..221.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..1084.83mm2.....
- -diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/kg

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
30	30	99	20	0.135	0.000112	2.017912	64.47855
30	30	99	18	0.135	0.000125	2.242125	63.63857
30	30	99	19	0.133	0.000116	2.09265	63.55347
31	31	99	19	0.133	0.000116	2.09265	62.77107
31	31	99	18	0.134	0.000124	2.225516	63.80707
30.5	30.5	99	18.5	0.13375	0.000120	2.163235	63.44255

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..221.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1084.83mm2.....
-diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/kg

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
29	30	99	22	0.151	0.000114	2.051884	66.99182
27	30	99	23	0.152	0.000110	1.975669	66.30241
27	30	99	22	0.149	0.000112	2.024706	67.72192
28	30	99	22	0.147	0.000111	1.997529	67.78619
28	29	99	21	0.15	0.000119	2.135357	67.20819
27.5	29.75	99	22	0.1495	0.000113	2.033315	67.25468

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.Avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..221.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1084.83mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
36	33	99	17	0.166	0.000162	2.919158	49.11467
36	33	99	17	0.162	0.000158	2.848817	50.48293
37	33	99	19	0.161	0.000141	2.533207	50.56171
37	34	99	20	0.159	0.000132	2.376652	49.90930
38	34	99	22	0.155	0.000117	2.106238	51.35986
36.8	33.4	99	19	0.1606	0.000142	2.556815	50.28569

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz.221.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz..2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz...1084.83mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
32	33	99	19	0.179	0.000157	2.816423	53.57204
32	33	99	20	0.175	0.000145	2.615812	54.65255
33	33	99	20	0.179	0.000149	2.675602	53.71282
34	32	99	19	0.181	0.000158	2.847892	53.83344
35	33	99	19	0.186	0.000163	2.926563	52.09781
33.2	32.8	99	19.4	0.18	0.000154	2.776458	53.57373

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..775.58mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ °C	T1 °C	T2 °C	teb mn	C m3	q m3/s	P kw	rend %
28	29	99	1Ø	Ø.Ø96	Ø.ØØØ16	2.86992	54.Ø5667
28	3Ø	99	1Ø	Ø.Ø94	Ø.ØØØ156	2.81Ø13	54.Ø6ØØ7
29	3Ø	99	9	Ø.1Ø1	Ø.ØØØ187	3.354883	5Ø.56283
3Ø	3Ø	99	1Ø	Ø.1Ø2	Ø.ØØØ17	3.Ø4929	49.Ø7891
3Ø	3Ø	99	1Ø	Ø.Ø99	Ø.ØØØ165	2.959Ø5	51.Ø7522
29.66666	3Ø	99	9.666666	Ø.1ØØ666	Ø.ØØØ174	3.121259	5Ø.23899

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..775.58mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
29	3Ø	99	11	Ø.11	Ø.ØØØ166	2.9895	54.1ØØ2Ø
27	3Ø	99	12	Ø.111	Ø.ØØØ154	2.765287	53.72633
27	3Ø	99	12	Ø.115	Ø.ØØØ159	2.864937	52.4Ø539
27	3Ø	99	11	Ø.1Ø7	Ø.ØØØ162	2.9Ø7968	56.44131
28	29	99	11	Ø.11	Ø.ØØØ166	2.9895	54.96561
27.25	29.75	99	11.5	Ø.11Ø75	Ø.ØØØ16Ø	2.881923	54.38466

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête courbe
-nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..775.58mm2.....
-diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
37	33	99	11	Ø.121	Ø.ØØØ183	3.28845	39.94928
37	33	99	1Ø	Ø.118	Ø.ØØØ196	3.52761	41.28527
37	33	99	11	Ø.118	Ø.ØØØ178	3.2Ø6918	4Ø.85816
38	34	99	11	Ø.125	Ø.ØØØ189	3.397159	38.41333
39	34	99	1Ø	Ø.119	Ø.ØØØ198	3.557Ø5	4Ø.24426
37.6	33.4	99	1Ø.6	Ø.12Ø2	Ø.ØØØ189	3.395528	4Ø.15ØØ6

Type de foyer.F2..
Type de marmite.2.
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête courbe
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..158.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..775.58mm2.....
- -diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mm	m3	m3/s	kw	%
35	33	99	12	Ø.123	Ø.ØØØ17Ø	3.Ø64237	47.49459
35	33	99	12	Ø.128	Ø.ØØØ177	3.1888	44.75342
35	33	99	12	Ø.124	Ø.ØØØ172	3.Ø8915	45.689Ø3
36	33	99	12	Ø.13	Ø.ØØØ18Ø	3.238625	44.Ø6491
36	33	99	12	Ø.135	Ø.ØØØ187	3.363187	42.43287
35.4	33	99	12	Ø.128	Ø.ØØØ177	3.1888	44.88696

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
37	32	99	22	Ø.154	Ø.ØØØ116	2.Ø9265	53.61749
38	32	99	2Ø	Ø.15	Ø.ØØØ125	2.242125	54.2Ø731
38	32	99	21	Ø.151	Ø.ØØØ119	2.149592	53.76488
39	32	99	21	Ø.15	Ø.ØØØ119	2.135357	54.45931
4Ø	32	99	22	Ø.153	Ø.ØØØ115	2.Ø79Ø61	53.8Ø323
38.4	32	99	21.2	Ø.1516	Ø.ØØØ119	2.139757	53.97Ø44

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
3Ø	31	99	26	Ø.174	Ø.ØØØ111	2.ØØØ665	6Ø.21778
31	31	99	26	Ø.171	Ø.ØØØ1Ø9	1.966171	6Ø.Ø2164
33	31	99	26	Ø.177	Ø.ØØØ113	2.Ø35159	58.34293
35	32	99	26	Ø.176	Ø.ØØØ112	2.Ø23661	57.94ØØØ
36	31	99	26	Ø.181	Ø.ØØØ116	2.Ø81151	58.23697
33	31.2	99	26	Ø.1758	Ø.ØØØ112	2.Ø21361	58.95186

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
36	32	99	12	0.107	0.000148	2.665637	45.12392
37	32	99	12	0.105	0.000145	2.615812	46.22342
37	32	99	12	0.106	0.000147	2.640725	45.43075
38	32	99	12	0.103	0.000143	2.565987	47.12096
38	32	99	12	0.103	0.000143	2.565987	47.97725
37.2	32	99	12	0.1048	0.000145	2.61083	46.37526

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
-diamètre du gicleur..2mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
31	31	99	14	0.111	0.000132	2.370246	53.77680
32	31	99	15	0.117	0.00013	2.33181	51.01902
33	31	99	15	0.113	0.000125	2.25209	53.27101
34	31	99	14	0.12	0.000142	2.562428	49.95354
35	31	99	14	0.118	0.000140	2.519721	49.73244
33	31	99	14.4	0.1158	0.000134	2.407259	51.55056

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
37	33	99	18	Ø.169	Ø.ØØØ156	2.8Ø68Ø8	48.46647
38	33	99	16	Ø.165	Ø.ØØØ171	3.Ø82921	48.64872
34	34	99	16	Ø.146	Ø.ØØØ152	2.727918	53.74919
34	33	99	16	Ø.146	Ø.ØØØ152	2.727918	54.28932
35	33	99	16	Ø.15	Ø.ØØØ156	2.8Ø2656	53.84958
35.6	33.2	99	16.4	Ø.1552	Ø.ØØØ157	2.829644	51.8ØØ66

Type de foyer.F3..
Type de marmite.3..
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz..222.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
-surface des orifices de sortie de gaz..1089.74mm2.....
-diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
32	33	99	20	0.173	0.000144	2.585917	56.30400
34	32	99	20	0.176	0.000146	2.63076	55.86392
35	32	99	18	0.174	0.000161	2.88985	56.14398
36	33	99	20	0.181	0.000150	2.705497	52.70164
37	33	99	20	0.198	0.000165	2.959605	50.27669
34.8	32.6	99	19.6	0.1804	0.000153	2.754326	54.25805

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête plate
- -nombre d'orifices de sortie de gaz.200.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz..2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz...981.75mm2.....
- -diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
36	32	99	11	0.126	0.000190	3.424336	38.81951
37	33	99	10	0.124	0.000206	3.70698	39.38920
37	33	99	10	0.127	0.000211	3.796665	38.06191
38	33	99	10	0.126	0.00021	3.76677	38.36399
39	33	99	10	0.12	0.0002	3.5874	40.17719
37.4	32.8	99	10.2	0.1246	0.000203	3.656430	38.96236

Type de foyer.F2.
Type de marmite.2.
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête plate
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
- -diamètre du gicleur..2.5mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
33	33	99	12	0.123	0.000170	3.064237	45.95805
34	32	99	12	0.136	0.000188	3.3881	42.91347
35	32	99	14	0.142	0.000169	3.032207	41.72133
35	32	99	12	0.126	0.000175	3.138975	45.21933
36	32	99	12	0.13	0.000180	3.238625	44.40949
34.6	32.2	99	12.4	0.1314	0.000176	3.172428	44.04433

Type de foyer.F3.ouvert.
Type de marmite.3..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.....
-surface des orifices de sortie de gaz.....
-diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
26	29	99	28	Ø.1734	Ø.ØØØ1Ø3	1.851354	48.91Ø45
26	29	99	28	Ø.1726	Ø.ØØØ1Ø2	1.842813	48.69915
26	29	99	28	Ø.174	Ø.ØØØ1Ø3	1.857760	48.66938
26	3Ø	99	28	Ø.17	Ø.ØØØ1Ø1	1.815Ø53	48.23893
26	3Ø	99	26	Ø.173	Ø.ØØØ11Ø	1.989167	48.49487

26	29.66666	99	27.33333	Ø.172333	Ø.ØØØ1Ø5	1.887327	48.46773

Type de foyer.F3.ouvert..
Type de marmite.3..
Nature du test.sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
-type de brûleur:tête plate
-nombre d'orifices de sortie de gaz.....
-diamètre des orifices de sortie de gaz.....
-surface des orifices de sortie de gaz.....
-diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

TØ	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
3Ø	3Ø	99	36	Ø.227	Ø.ØØØ1Ø5	1.885Ø45	49.33628
29	3Ø	99	36	Ø.229	Ø.ØØØ1Ø6	1.9Ø1654	48.9Ø539
3Ø	3Ø	99	38	Ø.238	Ø.ØØØ1Ø4	1.872371	48.11483
31	3Ø	99	38	Ø.247	Ø.ØØØ1Ø8	1.943175	46.87176
32	33	99	4Ø	Ø.256	Ø.ØØØ1Ø6	1.91328	45.82553
3Ø.5	3Ø.75	99	38	Ø.2425	Ø.ØØØ1Ø6	1.9Ø7620	47.42938

Type de foyer.F2.ouvert.
Type de marmite.2..
Nature du test.avec couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- -type de brûleur:tête plate
- -nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
- -diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- -surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
- -diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
26	31	99	14	0.115	0.000136	2.455660	43.25089
26	31	99	16	0.115	0.000119	2.148703	42.70308
26	30	99	16	0.113	0.000117	2.111334	44.52432
26	30	99	16	0.115	0.000119	2.148703	43.09261
26	30	99	16	0.113	0.000117	2.111334	43.74381
26	30.25	99	16	0.114	0.000118	2.130018	43.51595

Type de foyer.F2.ouvert.
Type de marmite.2..
Nature du test.Sans couvercle.

Caractéristiques du brûleur
- type de brûleur:tête plate
- nombre d'orifices de sortie de gaz..200.....
- diamètre des orifices de sortie de gaz.2.5mm.....
- surface des orifices de sortie de gaz..981.75mm2.....
- diamètre du gicleur..2.mm.

Pression d'utilisation:..12cmCE.

Nature du biogaz :
- pauvre
- pouvoir calorifique:17936KJ/m3

T0	T1	T2	teb	C	q	P	rend
°C	°C	°C	mn	m3	m3/s	kw	%
26	30	99	20	0.139	0.000115	2.077702	45.26053
26	29	99	20	0.143	0.000119	2.137492	44.57208
26	29	99	20	0.141	0.000117	2.107597	45.20431
26	30	99	21	0.134	0.000106	1.907585	45.63297
28	29	99	19	0.136	0.000119	2.139852	45.38392
26.5	29.25	99	20	0.1385	0.000115	2.073132	45.19832

RECAPITULATIF DES RESULTATS

RECAPITULATIF DES RESULTATS DES TEST DE FOYERS DE BIOGAZ
DE L'INSTITUT BURKINABE DE L'ENERGIE (I.B.E)

Foyer Fermé

pression d'utilisation=9cmCE

code du brûleur:BC

marmite n°3

diamètre gicleur (mm)	ac	sc	ac	sc
	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	21	23	17	20
débit gicleur (m^3/s)	0.00011	0.000116	0.000149	0.000146
puissance brûleur (Kw)	1.98	2.09	2.67	2.63
rendement thermique (%)	57.06	61.17	51.95	55

code du brûleur:BP

marmite n°3

diamètre gicleur (mm)	ac	sc	ac	sc
	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	23	28	17	20
débit gicleur (m^3/s)	0.00009	0.000103	0.000145	0.00013
puissance brûleur (Kw)	1.78	1.85	2.61	2.4
rendement thermique (%)	58	59.95	51.32	56.67

pression d'utilisation=9cmCE

code du brûleur:BC

marmite n°2

	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	14	16	11	12
débit gicleur (m^3/s)	Ø.ØØØ122	Ø.ØØØ117	Ø.ØØØ16	Ø.ØØØ18
puissance brûleur (Kw)	2.18	2.2	2.96	3.34
rendement thermique (%)	47.1	5Ø.96	44.36	42.5

code du brûleur:BP

marmite n°2

	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	13	15	9	1Ø
débit gicleur (m^3/s)	Ø.ØØØ122	Ø.ØØØ122	Ø.ØØØ116	Ø.ØØØ181
puissance brûleur (Kw)	2.19	2.19	2.95	3.25
rendement thermique (%)	51	53.58	51.16	5Ø

pression d'utilisation:12cmCE

code du brûleur:BC

marmite n°3

	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	18	22	19	20
débit gicleur (m^3/s)	0.00012	0.00013	0.000142	0.000154
puissance brûleur (Kw)	2.16	2.03	2.55	2.77
rendement thermique (%)	63.44	67.25	50.28	53.57

code du brûleur:BP

marmite n°3

	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	21	26	16	20
débit gicleur (m^3/s)	0.000119	0.000112	0.000157	0.000153
puissance brûleur (Kw)	2.13	2.02	2.82	2.75
rendement thermique (%)	53.97	58.95	51.8	54.25

pression d'utilisation:12cmCE

code du brûleur:BC

marmite n°2

	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	11	12	10	12
débit gicleur (m^3/s)	0.000189	0.000177	0.000174	0.00016
puissance brûleur (Kw)	3.39	3.18	3.12	2.88
rendement thermique (%)	40.15	44.88	50.23	54.38

code du brûleur:BP

marmite n°2

	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2.5	
temps d'ébullition (mn)	12	14	10	12
débit gicleur (m^3/s)	0.000145	0.000134	0.000203	0.000176
puissance brûleur (Kw)	2.61	2.4	3.65	3.17
rendement thermique (%)	46.37	51.55	38.96	44.04

Foyer Ouvert

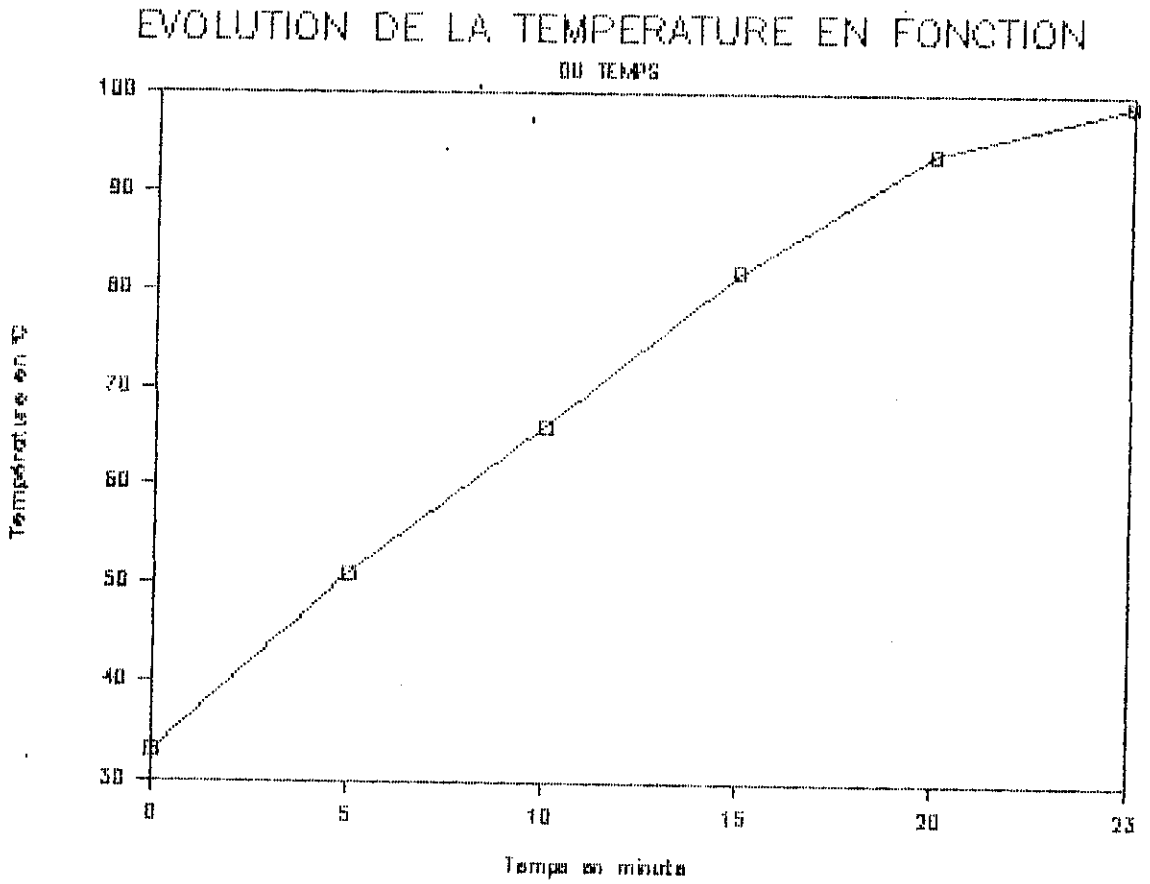
Pression d'utilisation:12cmCE

code du brûleur:BP

	marmite n°2		marmite n°3	
	ac	sc	ac	sc
diamètre gicleur (mm)	2		2	
temps d'ébullition (mn)	16	20	27	38
débit gicleur (m^3/s)	0.000118	0.000115	0.000105	0.000106
puissance brûleur (Kw)	2.13	2.07	1.88	1.9
rendement thermique (%)	43.51	45.19	48.46	47.42

ANNEXE 4

QUELQUES COURBES

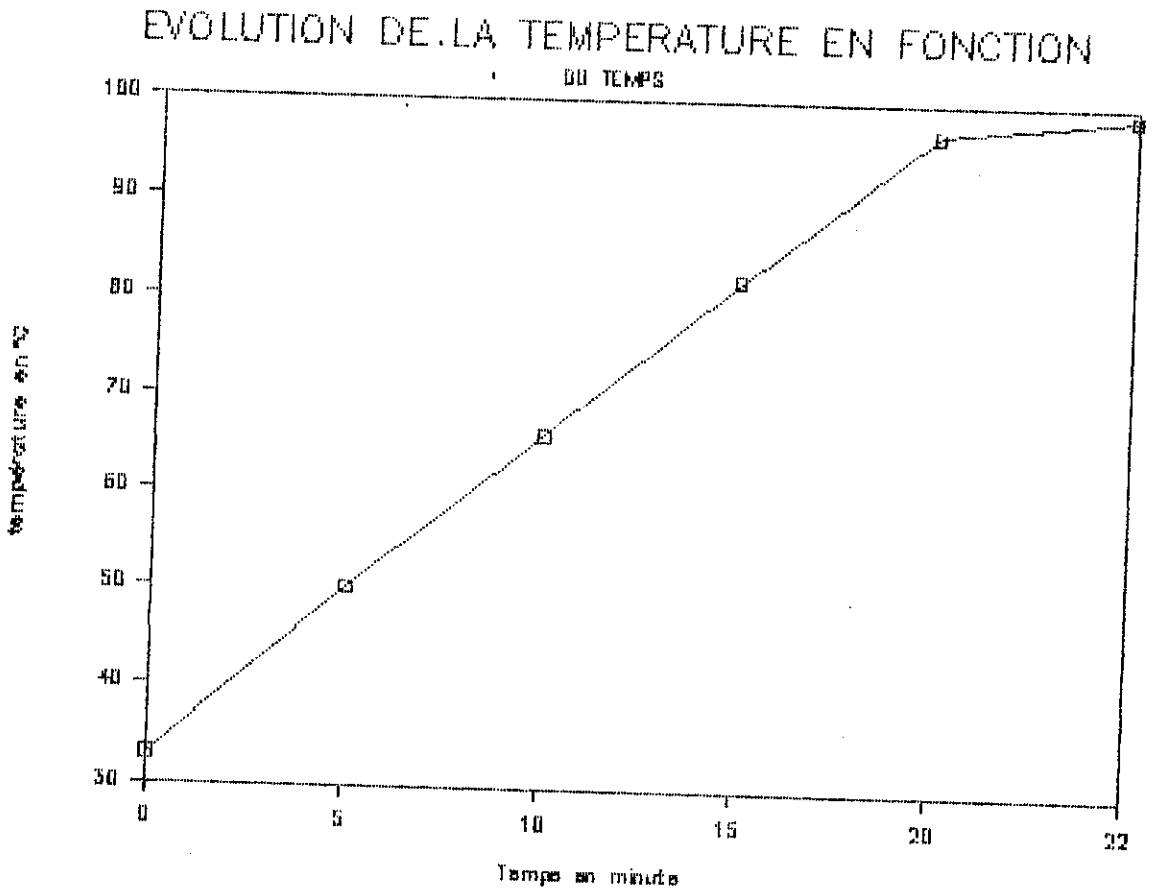


Cas : P = 9 cm CE

Brûleur BC3

Diamètre du gicleur de 2 mm

<u>Marmite M3 sans couvercle</u>



Cas : P = 9 cm CE

Brûleur BC3

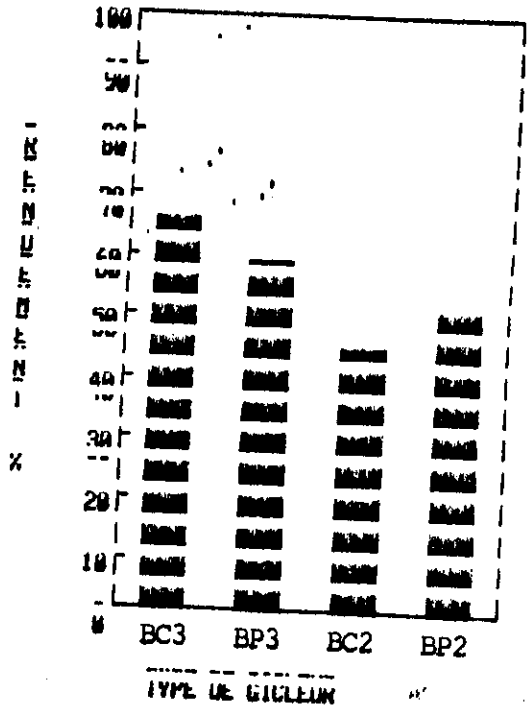
Diamètre du gicleur de 2 mm

Marmite M3 avec couvercle

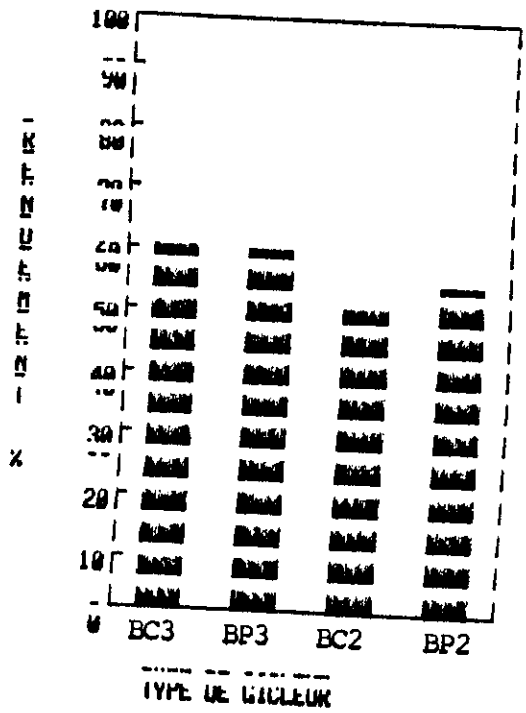
ETUDE COMPARATIVE DE RENDEMENT DES BRULEURS

P = 12 cm CE,

Diamètre de gicleur d = 2 mm
marmite sans couvercle

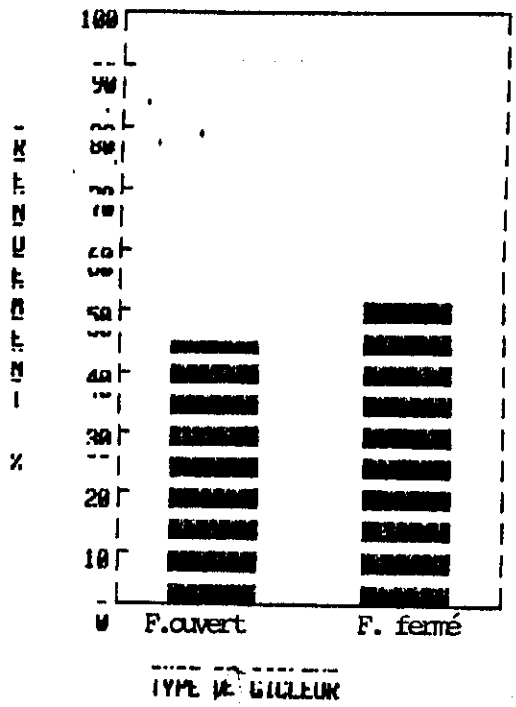


P = 9 cm CE

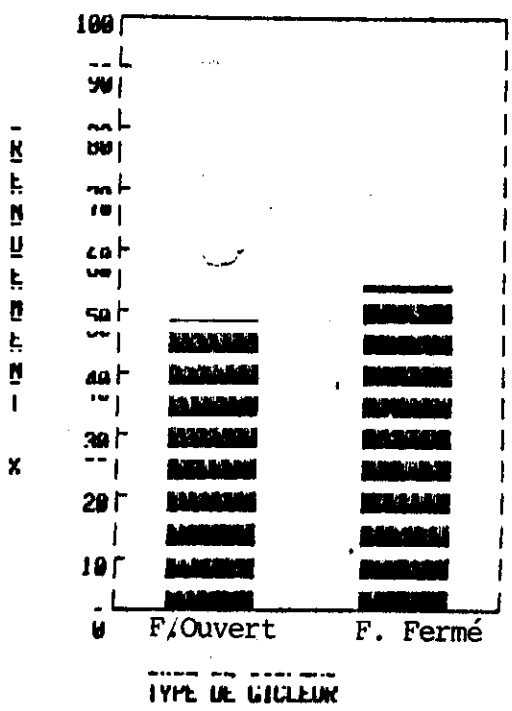


COMPARAISON FOYER OUVER/FERME

- Marmite M2 : sans couvercle
- Brûleur plat : BP2
- P = 12 cm CE, diamètre de gicleur de 2 mm



- Marmite M3 avec couvercle
- Brûleur plat BP3
- P = 12 cm CE, diamètre du gicleur de 2 mm



RESULTATS DES TESTS
DE 1984

Tableau 3 - BRULEUR I.V.2 : DIAMETRE DU GICLEUR : 2 mm

Chute de pression (cm CE)	Débit du gicleur (l/mn)	Température d'ébullition (°C)	Temps d'ébullition (mn)	Rendement à l'ébullition (%)	Puissance (kw)
14	10,3	98	18	35,1	3,4
12	9,35	98	20	35,1	3,1
10	8,29	98	21	38,7	2,73
8	7,45	98	24	39,9	2,42
6	6,52	98	27	41,8	2,14

.../...

Tableau 4 - BRULEUR I.V.2 : DIAMETRE DU GICLEUR 2,5 mm

Chute de pression (cm CE)	Débit gicleur (l/mn)	Température ébullition (°C)	Temps d'ébullition (mn)	Rendement ébullition (%)	Puissance (kw)
14	12	98	13	37,5	3,95
12	10,9	98	14	39,2	3,58
10	10	98	15	39,84	3,28
7	8,7	98	17	42,7	2,8
4	6,2	98	24	46	2
1	3,3	89	35	50,9	1

.../...

Tableau 5 - BRULEUR G3 : DIAMETRE DU GICLEUR 2 mm

Chute de pression (cm CE)	Débit gicleur (l/mn)	Température ébullition (°C)	Temps d'ébullition (mn)	Rendement ébullition (%)	Puissance (kw)
14,5	11,36	98	11	44,6	3,74
11	10	98	13	44,7	3,3
9	8,86	98	15	48,7	2,9
7	7,7	98	15,15	50,4	2,5
5	6,8	98	17	50,5	2,24
2	3,6	94	35	53,8	1,2

.../...

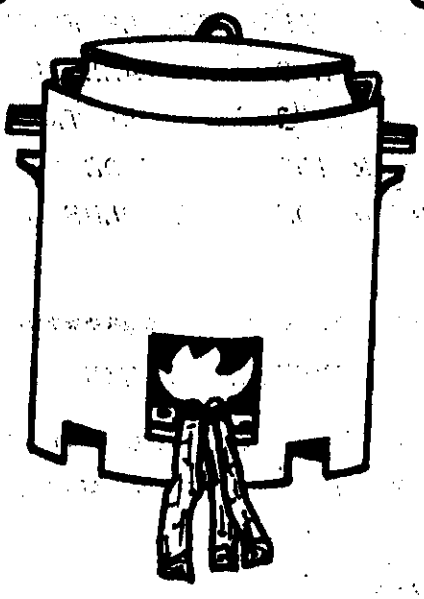
Tableau 6 - BRULEUR G3 : DIAMETRE DU GICLEUR 2,5 mm

Chute de pression (cm CE)	Débit gicleur (l/mn)	Température ébullition (°C)	Temps d'ébullition (mn)	Rendement ébullition (%)	Puissance (kw)
14	12	98	11'30"	39,8	3,95
12	11,1	98	12'15"	40	3,65
10	9,6	98	14	44,6	3,16
6	7,5	98	16'40"	46	2,5
4	5,9	98	22'30"	49,3	1,9
1	3,8	93	35	-	1,2

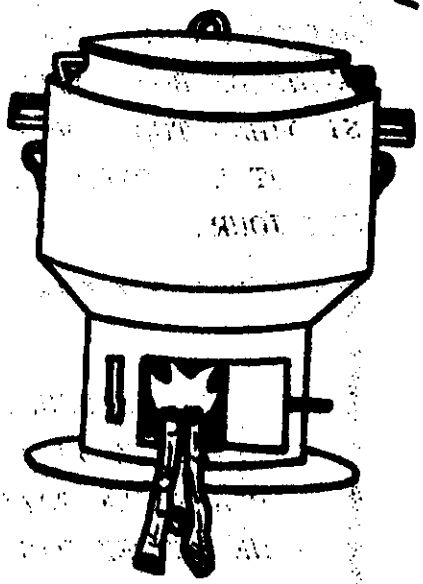
UTILISEZ
LES FOYERS AMELIORES

METALLIQUES

OUAGA METALLIQUE



BURKINA MIXTE



POUR UNE CUISINE ECONOMIQUE ET RAPIDE !

LES PRIX

TYPE DE FOYER	TAILLE DE MARMITE	PRIX DE VENTE
OUAGA METALLIQUE	2	600 F
	3	700
	4	750
	5	800
BURKINA MIXTE	2	1150 F
	3	1250
	4	1300
	5	1350
	6	1400