

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

INSTITUT DE RECHERCHE EN
SCIENCES
APPLIQUEES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT ENERGIE

gtz

PROJET FAFASO

UNITE DE COORDINATION



TESTS DE PERFORMANCES DES FOYERS « ROUMDE »



- Rapport provisoire-

I. INTRODUCTION

Les combustibles ligneux constituent les principales sources d'énergie du Burkina Faso. En effet, le bois et le charbon de bois représentent 85 % de la consommation énergétique du pays, et couvrent environ 95 % les besoins domestiques (Base de Données Energétique 1998). La forte consommation de bois contribue à un déséquilibre des bilans relatifs à l'offre et à la demande en bois de feu. Il en résulte une crise écologique, économique et sociale tant en milieu rural qu'urbain. Au regard de ces différentes crises, il y a environ une vingtaine d'années, la problématique du bois de feu a été posée au Burkina Faso comme étant une préoccupation du développement rural et énergétique. A partir de cette période, il y a eu une prise de conscience et le bois, en tant que combustible, a commencé à s'imposer comme un thème majeur dans la lutte contre la désertification. Afin de donner un essor à cette lutte, le Burkina Faso a pris un certain nombre de mesures. Ces mesures sont suivies par des actions tendant à réduire la coupe et la consommation du bois. On peut citer entre autres :

- La Lutte contre les feux de brousse, la divagation des animaux et la coupe abusive du bois
- l'aménagement des formations naturelles ;
- les programmes de reboisement ;
- la vulgarisation des foyers améliorés.

En raison d'une part du déséquilibre croissant existant entre l'offre et la demande d'énergies, à l'échelle globale du pays et, d'autre part, des incidences nocives de l'accélération du processus de déboisement sur l'environnement national, la promotion de sources locales et externes d'énergies, alternatives au bois de feu et au charbon de bois, se révèle une voie stratégique obligée, devant permettre, à terme, de faire face aux besoins internes de consommation, tout en préservant les maigres réserves ligneuses encore disponibles au Burkina.¹

Suite à un inventaire des technologies disponibles sur le marché national et consécutivement à une étude de référence sur la situation avant-projet de la filière bois-énergie, trois principales technologies ont été identifiées pour une diffusion intensive sur une base commerciale ; il s'agit des foyers :

- Burkina mixte
- Ouaga métallique
- Multimarmite,

¹CILSS/PREDAS/GTZ-DGIS - Projet de diffusion de Foyers Améliorés à grande échelle - «Etablissement de la situation de référence pour la production et la diffusion à grande échelle des foyers améliorés au Burkina Faso » Novembre 2005

La confirmation des caractéristiques techniques de ces foyers devrait fournir des bases d'appréciation pour évaluer l'impact du projet FA-FASO sur la question fondamentale de la déforestation.

En vue de vérifier la capacité des foyers « ROUMDE », l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT) du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique du Burkina Faso, a été sollicité par le projet « FAFASO » de la GTZ pour conduire des tests de performance.

Ce document, tout en présentant la méthodologie appliquée, fournit l'ensemble des résultats obtenus et les analyses subséquentes. Les travaux menés selon le protocole du CILSS ont porté sur :

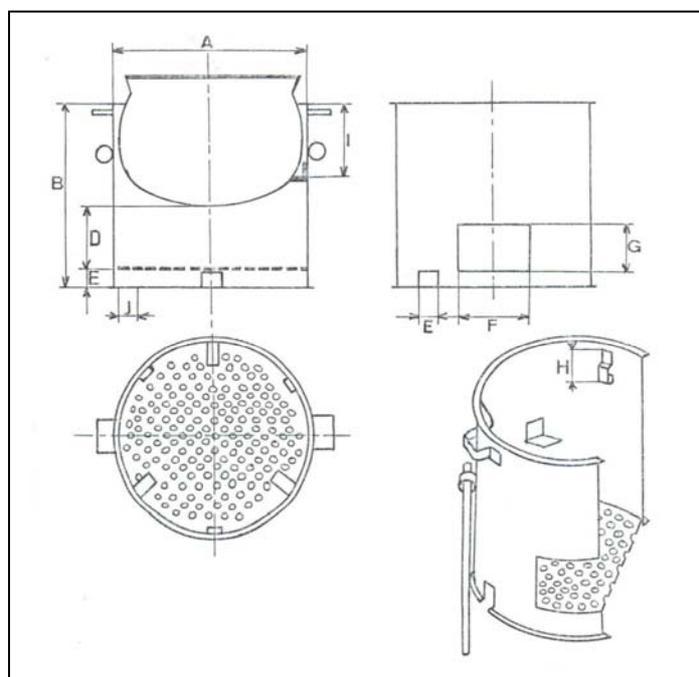
1. **La détermination des rendements thermiques des foyers lors des tests d'ébullition de l'eau ;**
2. **La mesure de la consommation de bois durant les phases de cuisine sur des mets locaux.**
3. **L'analyse des gaz de combustion**

Les promoteurs du foyer « APRODED » ont indiqué à l'IRSAT que le prototype devant faire l'objet de test utilise la marmite de taille 4.

II. Description du Foyer « ROUMDE »

Les foyers « ROUMDE » sont des foyers améliorés métalliques mis au point par l'Institut de Burkinabé de l'Energie dans le cadre des programmes de promotion de foyers améliorés au Burkina Faso en vue de lutter contre la déforestation.

1. Le foyer Ouaga Métallique

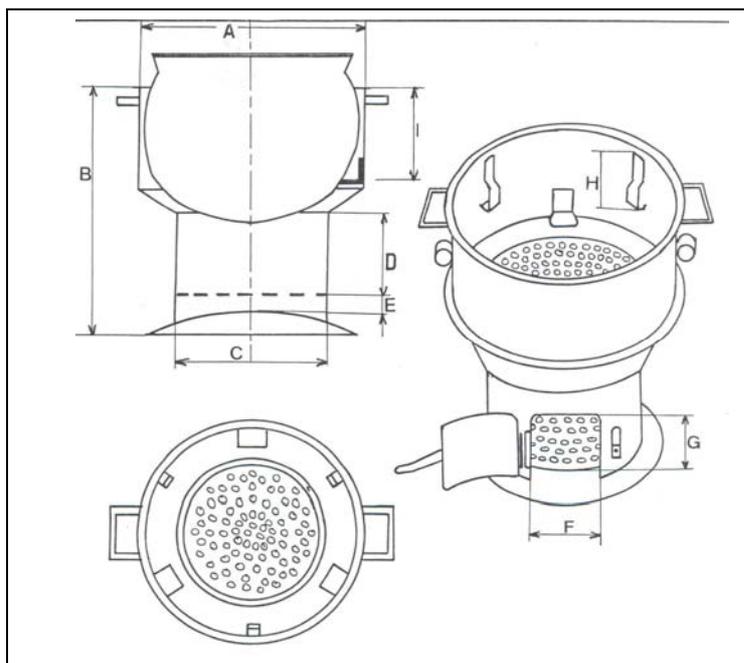


Ce foyer a été conçu et pré vulgarisé par l'IBE en 1984. Il est fait soit de tôles de récupération (fûts) soit de tôles neuves de 10/10. Le foyer est généralement peint en couleur métallisée. Le Ouaga Métallique est utilisé avec le bois. Pour la préparation du tô, mets national le plus consommé, il est recommandé d'utiliser deux barres de fer pour stabiliser le foyer. Le Ouaga métallique est un foyer mono marmite, fabriqué en plusieurs

tailles du N° 2 au N° 30 chacune adaptée à une taille de marmite correspondante. Ces foyers ne sont supposés économiser du bois que lorsqu'ils sont utilisés avec la marmite de même numéro. Pour les tailles les plus courantes, les prix de vente sont :

N°2 : 1500 FCFA
 N°3 : 2 000 FCFA
 N°4 : 2 500 FCFA

2. Le foyer Burkina Mixte

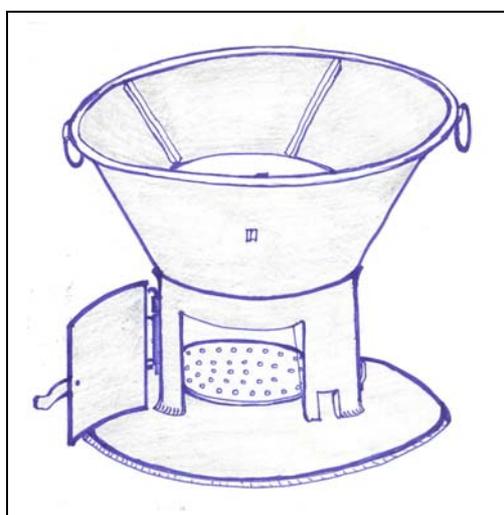


Ce foyer métallique amélioré a été mis au point par l'IBE en 1985. Il est conçu pour l'utilisation du bois et du charbon de bois. Lors de l'utilisation en bois, la porte est ouverte et la grille intérieure est enlevée. Pour la préparation avec du charbon de bois la grille est utilisée et l'appel d'air peut être réglé avec la porte. Les modèles existants vont de la taille N°2 à la taille N°6.

Les coûts de vente actuels sont de :

N°2 : 2000 FCFA
 N°3 : 2500 FCFA
 N°4 : 3000 FCFA

3. Le Foyer Multimarmite



Le Foyer Multimarmite a été conçu par l'IBE en 1986 pour répondre à un besoin de disposer d'un foyer pour plusieurs tailles de marmite. Il est métallique et peut accueillir des marmites de la taille N° 2 à la taille N°6. Ce foyer à bois peut être munie d'une pièce métallique pour l'utilisation du charbon comme combustible. Le prix de vente est de 2000 F CFA.

Les fiches présentant les cotes de fabrications des foyers « ROUMDE » sont fournies en annexe

III. Méthodologie

III.1 Détermination du rendement thermique

Le rendement thermique a été évalué à partir du test d'ébullition de l'eau. Les rendements correspondent au rapport de la quantité d'énergie fournie à l'eau de la marmite par la quantité d'énergie produite par la combustion du bois.

Ils se mesurent avec des marmites contenant de l'eau et munies de leurs couvercles.

Les mesures faites permettent de calculer les rendements suivants :

1. Rendement Thermique à l'ébullition :

Le rendement thermique à l'ébullition (η_{eb}) correspond au rendement mesuré lors du réglage du foyer à la puissance la plus haute sans émission de suies.

Il se calcule par :

$$\eta_{eb} = \frac{M_o(T_{eb}-T_i)C_p + M_e^{eb}h_e}{M_p^{eb}P_c}$$

| | | | |
|------|-------------|--|----------------|
| avec | η_{eb} | = rendement thermique à l'ébullition | (%) |
| | M_o | = masse initiale d'eau | (kg) |
| | T_{eb} | = température d'ébullition | (100°C) |
| | T_i | = température initiale de l'eau | (°C) |
| | C_p | = capacité calorifique de l'eau | (4.18 kJ/kg) |
| | M_e^{eb} | = masse d'eau évaporée durant l'ébullition | (kg) |
| | h_e | = chaleur latente de vaporisation de l'eau | (2257 kJ/kg) |
| | M_p^{eb} | = masse de bois consommé durant l'ébullition | (kg) |
| | P_c | = pouvoir calorifique inférieur du bois | (18 000 kJ/kg) |

2. Rendement Thermique total :

Le rendement thermique total exprime le ratio de la quantité de chaleur transmise à l'eau de la marmite par la quantité totale de chaleur générée par la combustion du bois consommée durant les phases d'ébullition et de mijotage. Ce rendement n'est pas la moyenne des rendements à l'ébullition et au mijotage ; il se calcule par :

$$\eta_{tot} = \frac{[M_o(T_{eb}-T_i) + M_o^{mij}(T_f - T_{mij})]C_p + (M_e^{eb} + M_e^{mij})h_e}{(M_p^{eb} + M_p^{mij})P_c}$$

| | | | |
|------|--------------|-----------------------------|-----|
| avec | η_{tot} | = rendement thermique total | (%) |
|------|--------------|-----------------------------|-----|

| | | |
|-------------|---|----------------|
| M_0^{mij} | = masse d'eau au début du mijotage | (kg) |
| T_f | = température en fin de mijotage | (°C) |
| T_{mij} | = température au début du mijotage | (°C) |
| M_e^{mij} | = masse d'eau évaporée durant le mijotage | (kg) |
| $M_e^{éb}$ | = masse d'eau évaporée durant l'ébullition | (kg) |
| C_p | = capacité calorifique de l'eau | (4.18 kJ/kg) |
| h_e | = chaleur latente de vaporisation de l'eau | (2257 kJ/kg) |
| M_p^{mij} | = masse de bois consommé durant le mijotage | (kg) |
| P_c | = pouvoir calorifique inférieur du bois | (18 000 kJ/kg) |

Pour chaque type de foyer, les modèles N°2, N°3, N°4 ont été testés ; ces modèles sont les plus utilisés dans les ménages. De même, les foyers Rockets N°2, 3 et 4 ont fait l'objet de test.

Chaque modèle de foyer a été testé trois (5) fois. Pour établir une base de comparaison le foyer « 3 Pierre traditionnel » (3PT) a été testé pour la taille de marmite N°4.

| | N°2 | N°3 | N°4 |
|------------------|-----|-----|-----|
| Burkina mixte | 5 | 5 | 5 |
| Ouaga métallique | 5 | 5 | 5 |
| Multimarmite | 5 | 5 | 5 |
| 3PT | | | 5 |
| Rocket | 5 | 5 | 5 |

Les tests ont été menés conformément aux recommandations du Standard international du CILSS en utilisant comme quantité initiale d'eau correspondant au 2/3 de la capacité de chaque marmite.

Les volumes d'eau utilisés pour effectuer les tests sont :

N°2 : 3 litres

N°3 : 5 litres

N°4 : 7 litres

III.3. Consommation du bois et le temps d'ébullition

La consommation et le temps nécessaire pour l'ébullition de l'eau ont été mesurés au cours de l'évaluation du rendement thermique des foyers.

III.4. Test de cuisine contrôlée

Les tests de cuisine contrôlée ont pour objectif d'évaluer les performances des prototypes de foyers dans la préparation de plats traditionnels précisément définis et cuisinés selon des normes strictement contrôlées.

Dans le cas présent, il s'agissait de soumettre l'ensemble des foyers à tester à la préparation du riz à sauce et du riz gras, du tô qui sont les aliments de base de la cuisine burkinabé. Le tableau suivant présente le détail des tests effectués :

| | Burkina Mixte | | | Ouaga Métallique | | | Multimamite | | | 3PT | | |
|-------------|---------------|-----|-----|---------------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | N°2 | N°3 | N°4 | N°2 | N°3 | N°4 | N°2 | N°3 | N°4 | N°2 | N°3 | N°4 |
| Riz – Sauce | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 3 |
| Riz Gras | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 3 |
| Tô | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 3 |
| Total | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | 9 |

Pour la réalisation de ces 90 tests, la procédure adoptée impose de maintenir aussi constants que possible les facteurs suivants :

- La composition des repas standards

Riz à sauce d'arachide : Ce repas nécessite deux préparations, l'une pour le riz suivie de celle pour la sauce sur le même foyer. Les compositions sont fournies ci-après :

| | Sauce | | | | Riz | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Marmite N°2 grammes | Marmite N°3 grammes | Marmite N°4 grammes | | Marmite N°2 grammes | Marmite N°3 grammes | Marmite N°4 grammes |
| Huile | 80 | 100 | 150 | eau | 3 000 | 4 000 | 6 000 |
| Viande | 400 | 500 | 600 | riz | 1 500 | 2 000 | 3 000 |
| Fruits de tomate | 150 | 300 | 400 | | | | |
| Purée de tomate | 50 | 100 | 150 | | | | |
| Eau | 3 000 | 3 500 | 5 000 | | | | |
| Oignons | 70 | 100 | 150 | | | | |
| Cubes maggie, sel | 60 | 80 | 100 | | | | |
| pâte d'arachide | 250 | 350 | 500 | | | | |
| chou | 350 | 550 | 700 | | | | |
| aubergine | 150 | 400 | 500 | | | | |
| ail, persil, laurier | 25 | 50 | 100 | | | | |
| Poids total des aliments crus | 4 585 | 6 030 | 8 350 | | 4 500 | 6 000 | 9 000 |

Les compositions pour la préparation du riz gras sont fournies ci-après :

| Riz Gras | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | Marmite N°2 grammes | Marmite N°3 grammes | Marmite N° 4 grammes |
| Huile | 300 | 500 | 650 |
| Viande | 400 | 500 | 600 |
| Fruits de tomate | 150 | 300 | 400 |
| Purée de tomate | 50 | 100 | 150 |
| Eau | 3000 | 4 000 | 6 000 |
| Oignons | 70 | 100 | 150 |
| cubes maggie, sel | 60 | 80 | 100 |
| Chou | 350 | 550 | 650 |
| Aubergine | 150 | 400 | 500 |
| ail, persil, laurier | 25 | 50 | 150 |
| Poids du riz | 1500 | 2 000 | 3000 |
| Poids total des aliments crus | 6 055 | 8 580 | 12 350 |

Et pour les tô, les compositions sont :

| Sauce | | | | TÔ | | | |
|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | Marmite N°2 grammes | Marmite N°3 grammes | Marmite N°4 grammes | | Marmite N°2 grammes | Marmite N°3 grammes | Marmite N°4 grammes |
| Huile | 70 | 100 | 150 | eau | 3 000 | 5 000 | 7 000 |
| Viande | 400 | 500 | 750 | farine | 850 | 1 200 | 1 700 |
| Fruits de tomate | 150 | 300 | 400 | eau de tamarin | 350 | 500 | 750 |
| Purée de tomate | 30 | 50 | 100 | | | | |
| Eau | 2 000 | 2 500 | 3 500 | | | | |
| Oignons | 70 | 70 | 100 | | | | |
| gombos | 450 | 600 | 1 000 | | | | |
| Cubes maggie, sel | 25 | 50 | 70 | | | | |
| Poids total des aliments crus | 3 195 | 4 170 | 6 070 | | 4 200 | 6 700 | 9 000 |

Avant chaque préparation les ingrédients du repas sont pesés.

- L'enchaînement des opérations culinaires

Tous les tests sont effectués par les mêmes opératrices qui observent un maximum de régularité dans la manière de cuisiner et dans l'appréciation de la fin de la cuisson.

Les mêmes marmites sont utilisées pour les différents tests. Ainsi une marmite est choisie pour un mets donné (sauce, riz, riz gras) et est utilisée pour l'ensemble des foyers. Les marmites sont soigneusement nettoyées avant le début de chaque test.

Tô : Les compositions pour la préparation du Tô sont données ci-après :

2. Les conditions météorologiques

Elles doivent rester aussi constantes que possible. Les tests sont effectués sous un hangar non ouvert aux bourrasques de vent. L'heure de démarrage de la cuisson est maintenue constante d'un jour à l'autre.

A la fin de chaque test, les aliments cuits et le bois sont pesés.

III.5. Analyse des gaz de combustion

La mesure des gaz de combustion été effectuée sur un dispositif expérimental conçu à cet effet :



Dispositif expérimental d'analyse des gaz de combustion

Ce dispositif comprend :

3. Une cheminée de canalisation des effluents gazeux.
4. Un diaphragme de mesure de débit équipé d'un manomètre à eau à tube incliné.
5. Un port de collecte d'échantillon relié à un analyseur de gaz.
6. Un ventilateur centrifuge à vitesse permettant l'aspiration des gaz de combustion.

7. Un analyseur de gaz de combustion Testo 350 XL équipé d'une sonde température et de cellules de mesure de O₂, CO, NO, SO₂, NO_x; la mesure de CO₂ se fait par compensation. L'analyseur comporte un système de séchage de gaz permettant la mesure de la composition sur gaz sec.

Les foyers sont mis en fonctionnement pendant 30 minutes avant le début des mesures pour permettre la stabilisation des conditions de combustion.

Les mesures ont été faites sur le foyer supportant une marmite contenant de l'eau.

Pour établir une base de comparaison un foyer 3PT a également été soumis aux tests.

IV. RESULTATS ET ANALYSE

A – Tests d'ébullition de l'eau

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux suivants en comparaison des trois foyers.

| | BURKINA MIXTE | | | | | |
|--|------------------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | N°2 | | N°3 | | N°4 | |
| | Moy | ± σ | Moy | ± σ | Moy | ± σ |
| temps ébullition (h:mn:s) | 00:10:48 | ± 00:02:35 | 00:18:12 | ± 00:04:19 | 00:21:00 | ± 00:04:22 |
| temps d'ébullition spécifique (litre/minute) | 3,6 | 0,9 | 2,2 | ± 0,9 | 1,5 | ± 0,6 |
| quantité combustible consommé à l'ébullition (gramme) | 220 | ± 23 | 378 | ± 13 | 524 | ± 30 |
| quantité combustible consommé ébullition+mijotage (gramme) | 402 | ± 48 | 540 | ± 34 | 708 | ± 136 |
| Puissance brûleur (kW) | 6,3 | ± 1,1 | 6,5 | ± 1,2 | 7,7 | ± 1,2 |
| Rendement à l'ébullition (%) | 23,2% | ± 2,4% | 21,7% | ± 0,9% | 22,4% | ± 1,1% |
| rendement total (%) | 24,4% | ± 2,9% | 22,6% | ± 0,8% | 23,2% | ± 1,1% |
| | OUAGA METALLIQUE | | | | | |
| | N°2 | | N°3 | | N°4 | |
| | Moy | ± σ | Moy | ± σ | Moy | ± σ |
| temps ébullition (h:mn:s) | 00:09:36 | ± 00:01:49 | 00:15:15 | ± 00:02:30 | 00:19:00 | ± 00:02:50 |
| temps d'ébullition spécifique (litre/minute) | 3,20 | 0,61 | 1,92 | 0,36 | 1,37 | ± 0,26 |
| quantité combustible consommé à l'ébullition (gramme) | 264 | ± 36 | 375 | ± 26 | 566 | ± 69 |
| quantité combustible consommé ébullition+mijotage (gramme) | 414 | ± 36 | 628 | ± 170 | 814 | ± 101 |
| Puissance brûleur (kW) | 8,5 | ± 2,3 | 7,6 | ± 1,8 | 9,2 | ± 2,3 |
| Rendement à l'ébullition (%) | 21,0% | ± 2,1% | 22,7% | ± 1,3% | 22,1% | ± 2,0% |
| rendement total (%) | 24,5% | ± 1,3% | 22,5% | ± 3,7% | 23,8% | ± 2,4% |
| MULTIMARMITE | | | | | | |

| | N°2 | | | N°3 | | | N°4 | | |
|--|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|
| | Moy | ± | σ | Moy | ± | σ | Moy | ± | σ |
| temps ébullition (h:mn:s) | 00:11:24 | ± | 00:01:08 | 00:15:24 | ± | 00:01:08 | 00:19:00 | ± | 00:03:05 |
| temps d'ébullition spécifique (litre/minute) | 3,8 | ± | 0,4 | 2,3 | ± | 0,2 | 1,6 | ± | 0,4 |
| quantité combustible consommé à l'ébullition (gramme) | 314 | ± | 24 | 474 | ± | 21 | 576 | ± | 42 |
| quantité combustible consommé ébullition+mijotage (gramme) | 514 | ± | 32 | 666 | ± | 23 | 812 | ± | 43 |
| Puissance brûleur (kW) | 8,3 | ± | 0,6 | 9,3 | ± | 1,0 | 9,4 | ± | 2,0 |
| Rendement à l'ébullition (%) | 16,4% | ± | 1,3% | 15,4% | ± | 5,4% | 20,4% | ± | 1,3% |
| rendement total (%) | 18,7% | ± | 1,4% | 18,4% | ± | 3,8% | 21,6% | ± | 0,5% |

Les temps d'ébullition spécifiques sont réduits lorsqu'on passe des foyers de petite dimension aux grands foyers. Les foyers testés ont un rendement voisin de 20% ; les dispersions sur les valeurs mesurées ne permettent pas d'établir un classement de ces foyers. Toutefois, les foyers Ouaga métallique et Burkina mixte ont un rendement en moyenne supérieur à 20% tandis que le foyer Multimarmite se situerait plutôt en dessous de 20%.

Les résultats obtenus pour les foyers Rocket sont :

| ROCKET | | N°4 | N°3 | N°2 |
|-------------------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|
| P | kW | 4,8 ± 0,6 | 4,3 ± 0,6 | 5,6 ± 0,5 |
| temps _{ébullition} | heures | 0:31 ± 0:02 | 0:28 ± 0:04 | 0:15 ± 0:01 |
| Bois _{ébullition} | grammes | 486 ± 60 | 380 ± 34 | 288 ± 43 |
| Bois _{ébullition+mijotage} | grammes | 604 ± 79 | 476 ± 36 | 352 ± 24 |
| η _{ébullition} | % | 25,1% ± 1,5% | 23,0% ± 1,0% | 18,4% ± 1,4% |
| η _{total} | % | 27,7% ± 1,2% | 24,7% ± 1,3% | 21,5% ± 1,0% |

On observe que si de meilleurs rendements sont obtenus pour les foyers Rocket par rapport au foyer ROUMDE, il demeure que les temps d'ébullition sont allongés d'environ 50%. Ce résultat demeure un élément très défavorable à la diffusion des Rockets et particulièrement pour les Rockets institutionnels qui sont utilisés par des groupes cibles (restaurant, communauté scolaire,...) pour lesquels le temps est un facteur très important.

A titre de comparaison les chiffres caractéristiques pour le foyer 3PT en taille 4 sont :

| | |
|---|--------------------|
| quantité combustible consommé à l'ébullition (g) | 1 013 ±76 |
| quantité combustible consommé ébullition+mijotage (g) | 1 453 ±65 |
| temps ébullition (h :mn :s) | 00:20:20 ±00:05:02 |
| Puissance brûleur (kW) | 15,0 ±1,7 |
| Rendement à l'ébullition (%) | 12,6% ±2,4% |
| rendement total (%) | 13,2% ±0,8% |

En comparant la quantité de bois brûlé pour bouillir l'eau par les foyers « Roumdé » N°4 , le Rocket N°4 et le foyer 3PT N° 4 on obtient :

| | Burkina Mixte | OUAGA Métallique | Multimarmite | Rocket |
|---|---------------|------------------|--------------|--------|
| Economie de bois à l'ébullition par rapport au 3PT | -48% | -44% | -43% | -52% |
| Economie de bois à ébullition+mijotage par rapport au 3PT | -51% | -44% | -44% | -58% |

Pour ces tests d'ébullition, les foyers « Roumdé » économisent plus de 40% de bois par rapport au foyer 3PT. Les Rockets conduisent à des économies de bois de plus 50% par rapport au 3PT.

Les gains de temps sont relativement plus faibles tels présentés sur le tableau suivant :

| | Burkina Mixte | OUAGA Métallique | Multimarmite | Rocket |
|-------------------------------|---------------|------------------|--------------|--------|
| Gain temps par rapport au 3PT | +3% | -7% | -7% | 54% |

Si les ROUMDE procurent des temps d'ébullition proches du 3PT, le Rocket allonge substantiellement (54%) les temps d'ébullition.

B - TEST DE CUISINE CONTROLEE

2. Consommation de bois pour la préparation des mets standards

Les tests effectués pour la préparation du riz à sauce ont fourni les résultats présentés dans le tableau 1 toujours en comparaison au foyer 3PT :

| BURKINA MIXTE | | | | | | |
|----------------------------|-----------|--------|----------|--------|---------|--------|
| Marmite N°2 | | | | | | |
| | riz-sauce | | riz-gras | | Tô | |
| | Moyenne | ± σ | Moyenne | ± σ | Moyenne | ± σ |
| Qté de bois utilisé | 1515 | ± 21 | 965 | ± 64 | 1490 | ± 57 |
| temps de cuisine | 2:17 | ± 0:03 | 1:36 | ± 0:03 | 2:01 | ± 0:06 |
| Marmite N°3 | | | | | | |
| | riz-sauce | | riz-gras | | Tô | |
| | Moyenne | ± σ | Moyenne | ± σ | Moyenne | ± σ |
| Qté de bois utilisé | 2080 | ± 28 | 1470 | ± 113 | 1925 | ± 35 |
| temps de cuisine | 2:21 | ± 0:21 | 1:39 | ± 0:13 | 2:07 | ± 0:08 |
| Marmite N°4 | | | | | | |
| | riz-sauce | | riz-gras | | Tô | |

| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
|----------------------------|---------|---|------|---------|---|------|---------|---|------|
| Qté de bois utilisé | 2565 | ± | 304 | 1935 | ± | 21 | 2575 | ± | 148 |
| temps de cuisine | 2:15 | ± | 0:06 | 1:49 | ± | 0:06 | 2:17 | ± | 0:01 |

| OUAGA METALLIQUE | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|---|------|----------|---|------|---------|---|------|
| Marmite N°2 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 1355 | ± | 7 | 975 | ± | 21 | 1310 | ± | 141 |
| temps de cuisine | 2:07 | ± | 0:07 | 1:27 | ± | 0:00 | 1:57 | ± | 0:10 |
| Marmite N°3 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 1850 | ± | 156 | 1380 | ± | 141 | 1790 | ± | 14 |
| temps de cuisine | 2:07 | ± | 0:16 | 1:59 | ± | 0:43 | 2:12 | ± | 0:33 |
| Marmite N°4 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 2500 | ± | 226 | 1595 | ± | 35 | 2230 | ± | 57 |
| temps de cuisine | 2:13 | ± | 0:15 | 1:41 | ± | 0:04 | 2:23 | ± | 0:21 |

| MULTIMARMITE | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|---|------|----------|---|------|---------|---|------|
| Marmite N°2 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | Riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 2235 | ± | 205 | 1510 | ± | 99 | 1890 | ± | 99 |
| temps de cuisine | 2:04 | ± | 0:09 | 1:41 | ± | 0:02 | 2:04 | ± | 0:27 |
| Marmite N°3 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | Riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 2865 | ± | 78 | 1380 | ± | 141 | 2450 | ± | 85 |
| temps de cuisine | 3:11 | ± | 0:26 | 1:59 | ± | 0:43 | 2:19 | ± | 0:04 |
| Marmite N°4 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | Riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 3135 | ± | 49 | 1955 | ± | 21 | 2770 | ± | 255 |
| temps de cuisine | 2:41 | ± | 0:02 | 2:03 | ± | 0:05 | 2:19 | ± | 0:04 |

| ROCKET | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|---|------|----------|---|------|---------|---|------|
| Marmite N°2 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 1423 | ± | 107 | 827 | ± | 47 | 1113 | ± | 438 |
| temps de cuisine | 2:39 | ± | 0:04 | 1:48 | ± | 0:07 | 2:17 | ± | 0:27 |
| Marmite N°3 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 1960 | ± | 421 | 1230 | ± | 50 | 1560 | ± | 92 |
| temps de cuisine | 3:06 | ± | 0:27 | 2:00 | ± | 0:03 | 2:28 | ± | 0:19 |
| Marmite N°4 | | | | | | | | | |
| | riz-sauce | | | riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 2360 | ± | 98 | 1470 | ± | 35 | 2017 | ± | 194 |

| | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| temps de cuisine | 3:09 ± 0:11 | 2:15 ± 0:09 | 2:33 ± 0:28 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|

D'une manière générale, sur chaque modèle de foyer, la consommation du bois décroît en importance quand on passe du riz-sauce au tô et au riz-gras.

Sur ces tests de cuisine, le foyer Ouaga Métallique est plus économe en bois que le foyer Burkina mixte. Ces deux foyers sont plus performants que le Multimarmite. Les temps de cuisine sont assez comparables sur ces trois technologies.

Pour des besoins de comparaison les résultats des tests sur le foyer 3PT avec la marmite N°4 sont ci-après fournis :

| | 3PT Marmite N°4 | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|---|------|----------|---|------|---------|---|------|
| | riz-sauce | | | Riz-gras | | | Tô | | |
| | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ | Moyenne | ± | σ |
| Qté de bois utilisé | 4140 | ± | 1134 | 3003 | ± | 841 | 3810 | ± | 629 |
| temps de cuisine | 2:56 | ± | 0:46 | 2:00 | ± | 0:13 | 2:30 | ± | 0:18 |

Ces données sont traitées ci-dessous en termes d'économies d'énergie (-) ou de consommation supplémentaire d'énergie (+) des foyers « ROUMDE » par rapport au foyer 3PT.

| Foyers | Burkina Mixte | | | Ouaga Métallique | | | Multimarmite | | |
|------------------|---------------|----------|----|------------------|----------|-----|--------------|----------|-----|
| | Riz-sauce | Riz-gras | Tô | Riz-sauce | Riz-gras | Tô | Riz-sauce | Riz-gras | Tô |
| Mets | | | | | | | | | |
| économie de bois | -38% | -36% | - | -40% | -47% | 41% | -24% | -35% | 27% |
| Valeur moyenne | -35% | | | -43% | | | -29% | | |

Chaque foyer Roumdé consomme moins de bois que le foyer 3PT dans les proportions de 29% pour le Multimarmite, de 35% pour le Burkina mixte et de 43% pour le foyer Ouaga Métallique.

Le Foyer Rocket économise le bois par rapport au 3PT dans les proportions suivantes

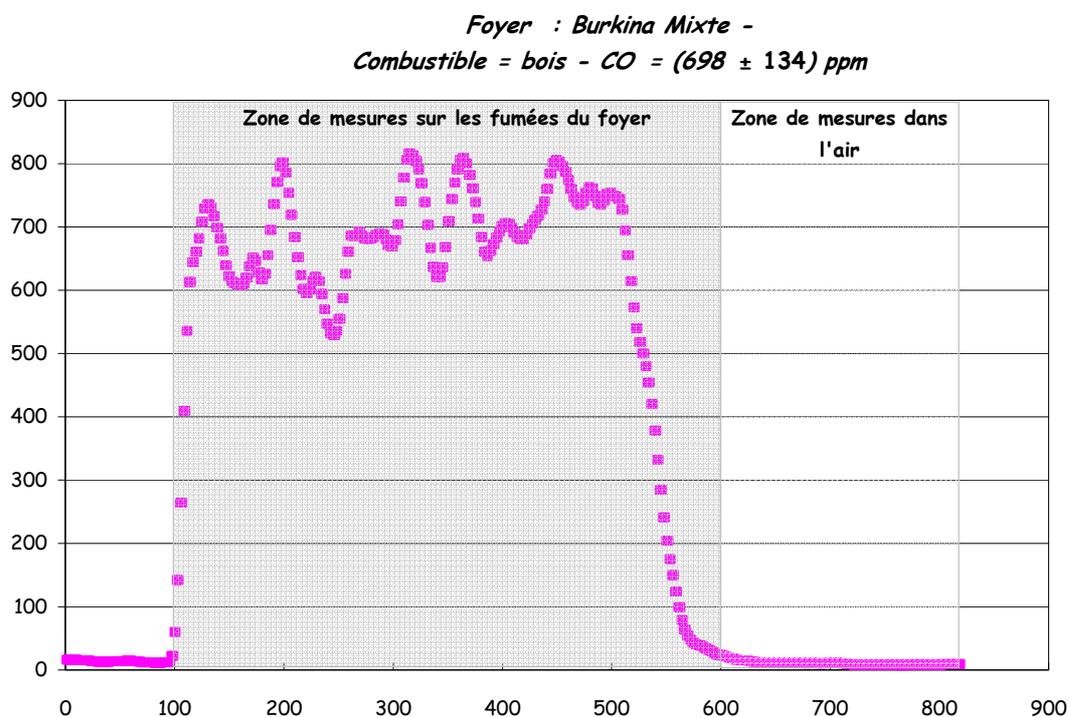
| Mets | Rocket | | |
|---------------------|-----------|----------|------|
| | Riz-sauce | Riz-gras | Tô |
| économie de bois | -43% | -51% | -47% |
| Supplément de temps | 7% | 13% | 2% |

L'allongement des temps de cuisson est très peu perceptible à ce niveau pour les raisons suivantes : La cuisine ne se résume pas à l'ébullition mais plutôt à un

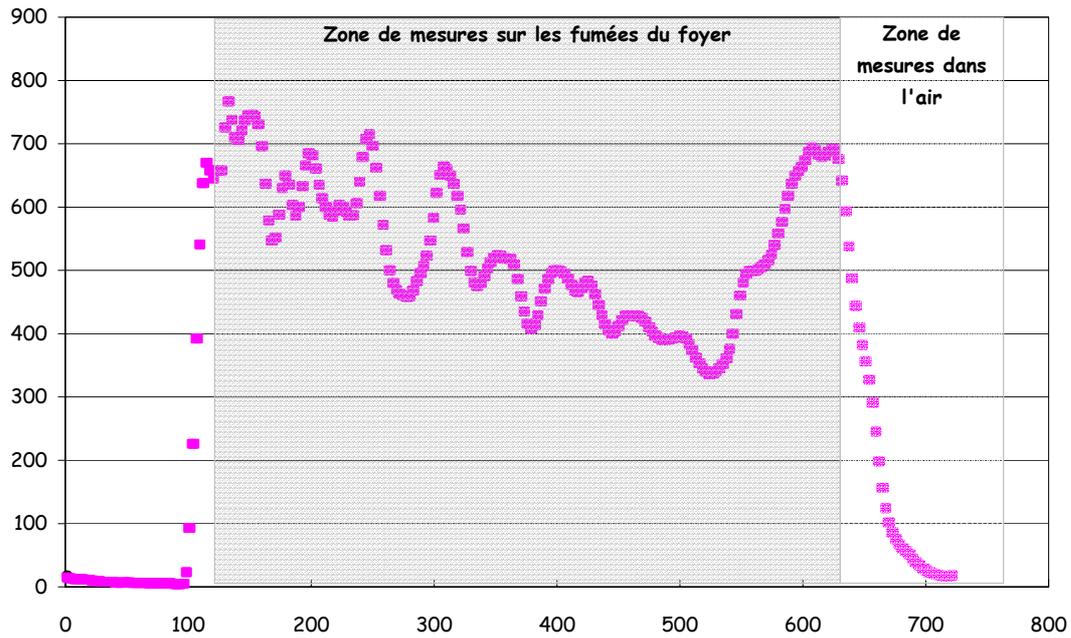
enchaînement de demande puissance haute et de puissance basse. Si le Rocket met du temps à démarrer pour le chauffage, il récupère ce temps perdu sur de longues durée de cuisson car une fois la chambre de combustion chauffée, elle conserve la chaleur et rayonne sur la marmite et reste chaude pendant longtemps.

C- ANALYSE DES GAZ DE COMBUSTION

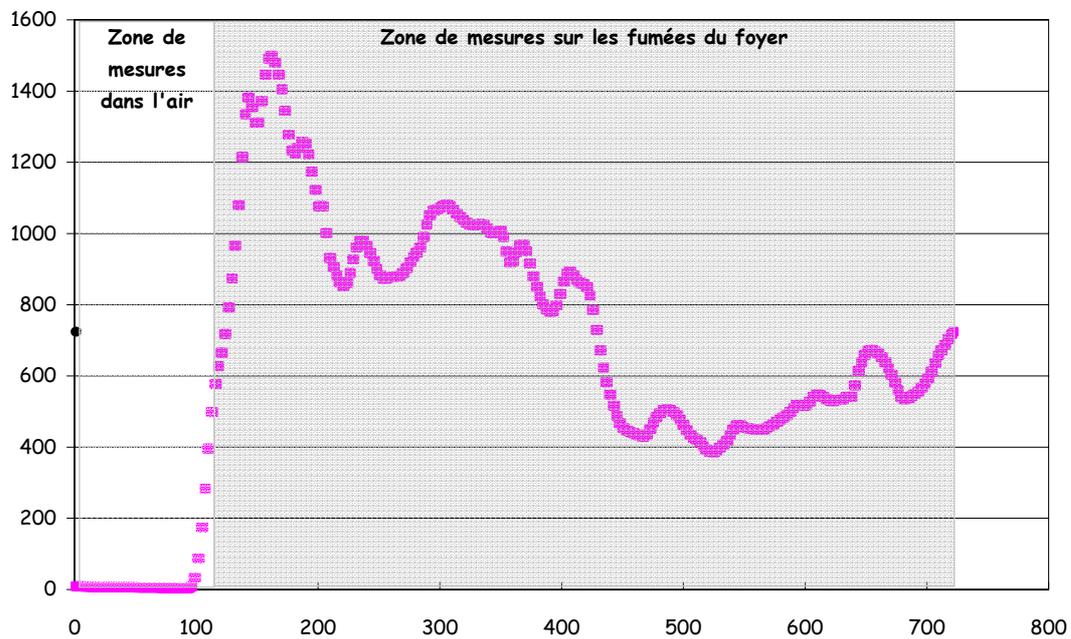
Les figures suivantes présentent les mesures de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote réalisées sur les foyers ROUMDE, le ROCKET et le foyer 3PT tous de taille N°4.

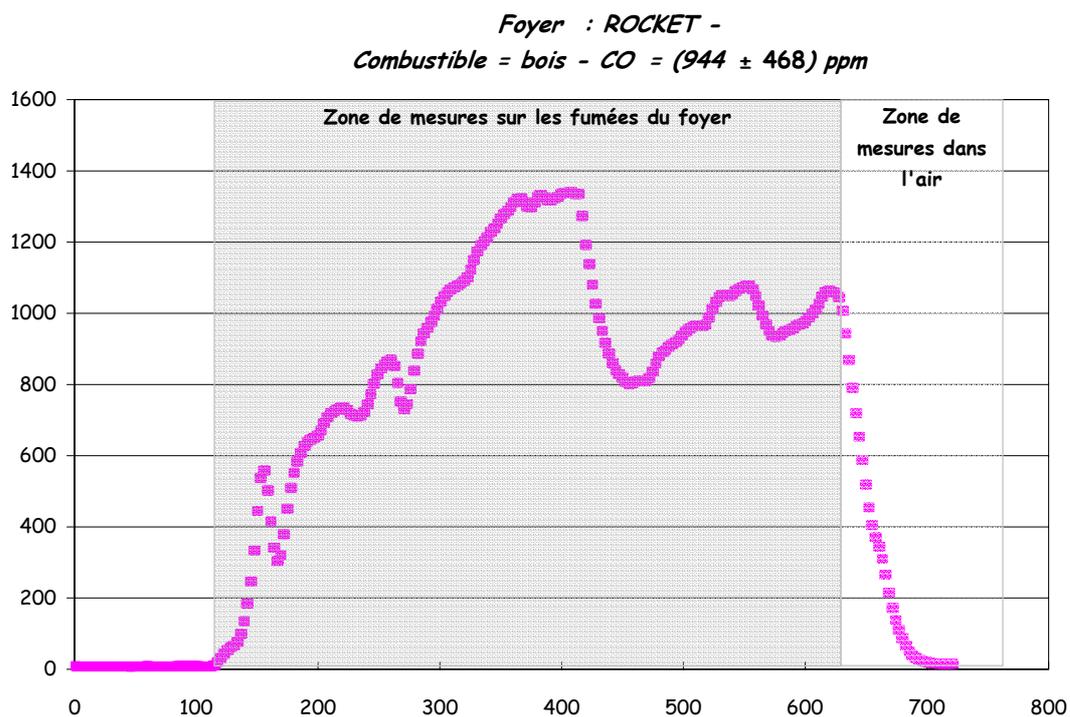
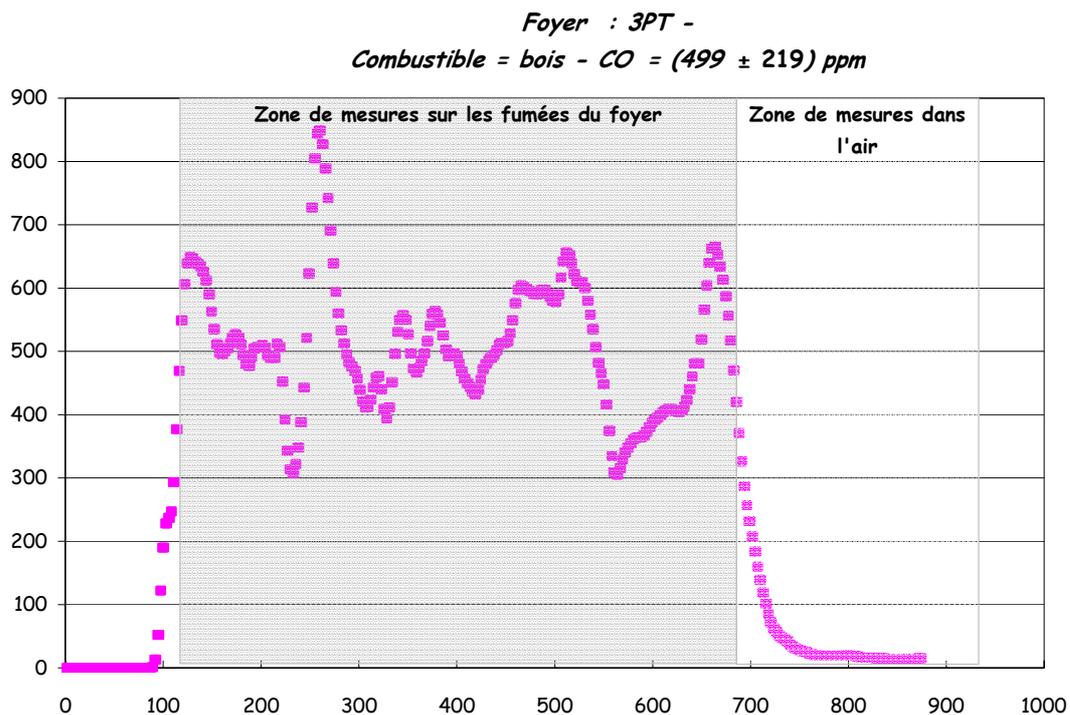


Foyer : Ouaga Métallique -
Combustible = bois - CO = (524 ± 212) ppm



Foyer : Multimarmite -
Combustible = bois - CO = (735 ± 530) ppm

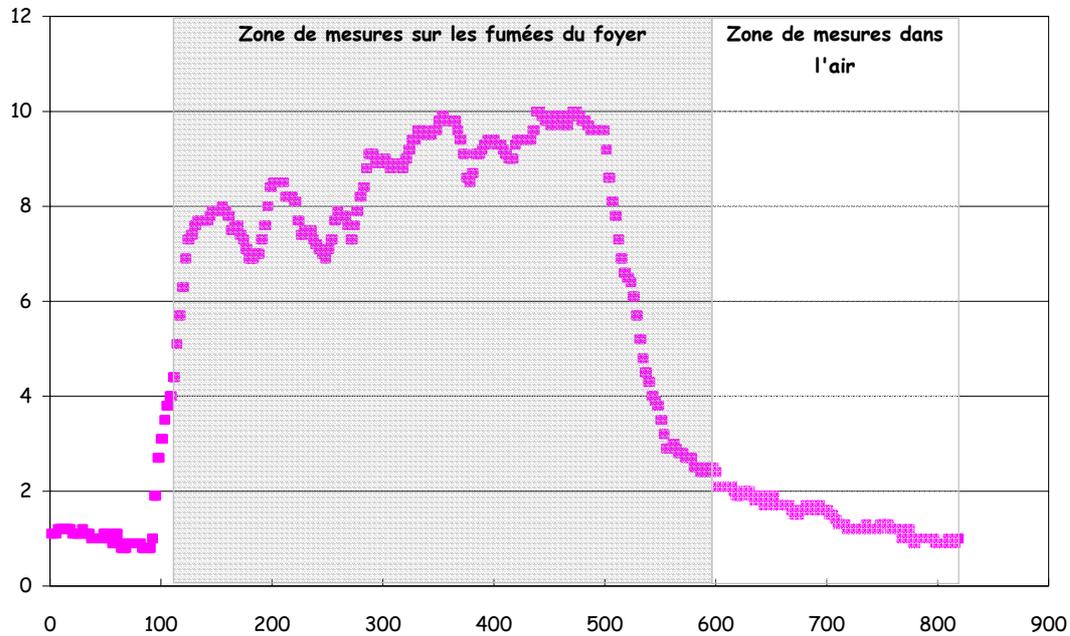




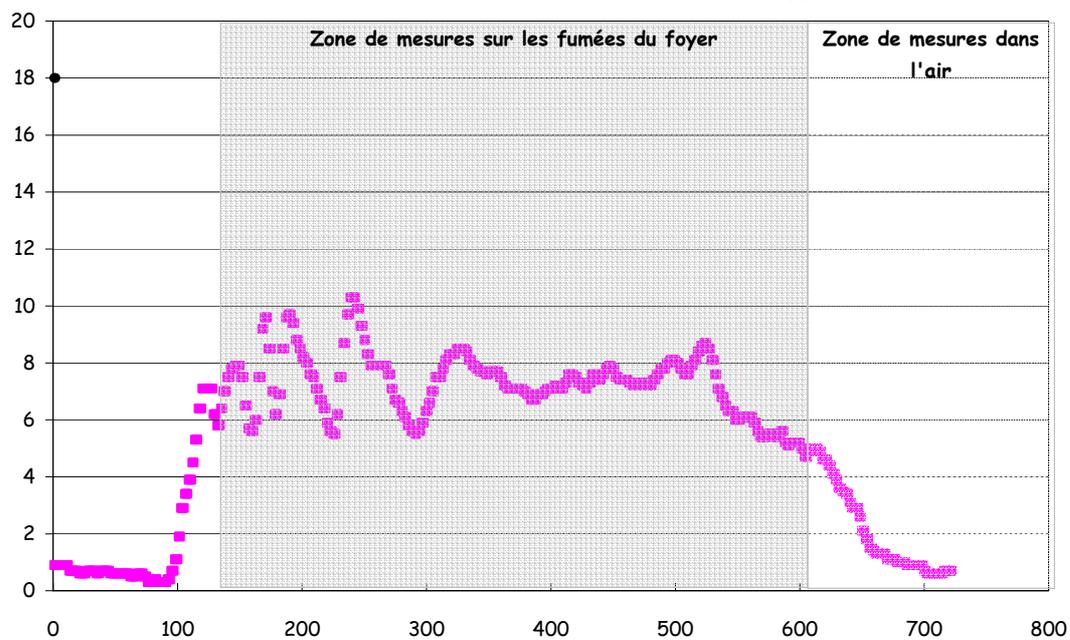
Les foyers Roundé et le 3PT produisent les mêmes niveau de monoxyde de carbone dont les concentrations se situent en 500 et 700 ppm dans les fumées. Ces niveaux ne sont pas préjudiciables pour la santé tant que les foyers sont utilisés dans un environnement aéré. Les émissions dues au Rocket sont plus importantes (environ

950 ppm) mais demeure non toxiques toujours sous réserve des mêmes conditions de bonne aération de l'environnement d'utilisation.

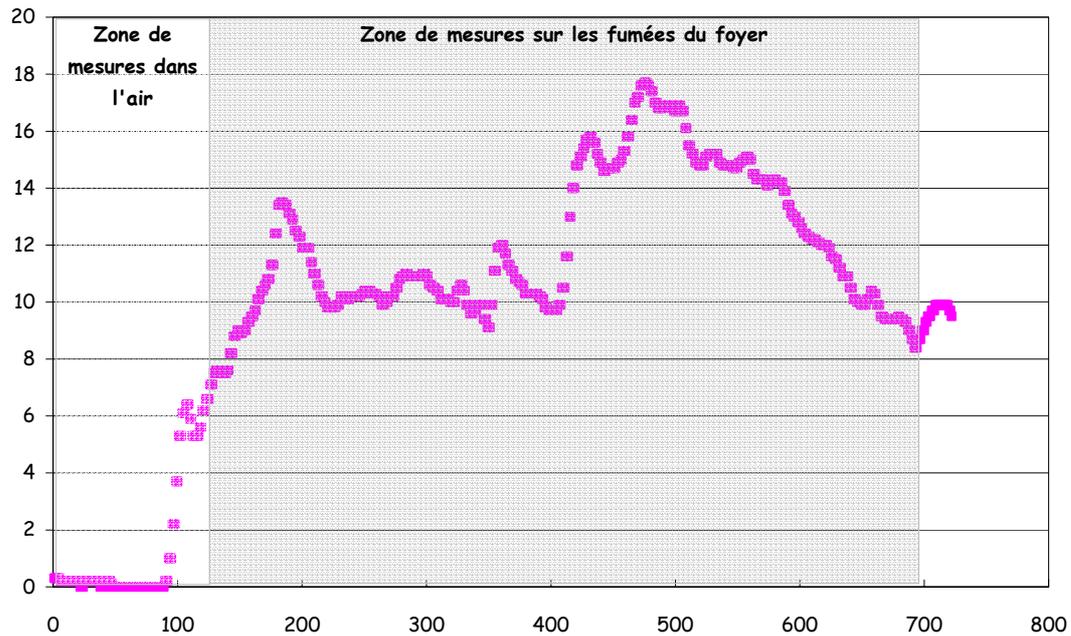
*Foyer : Burkina Mixte -
Combustible = bois - NO = (9 ± 2) ppm*



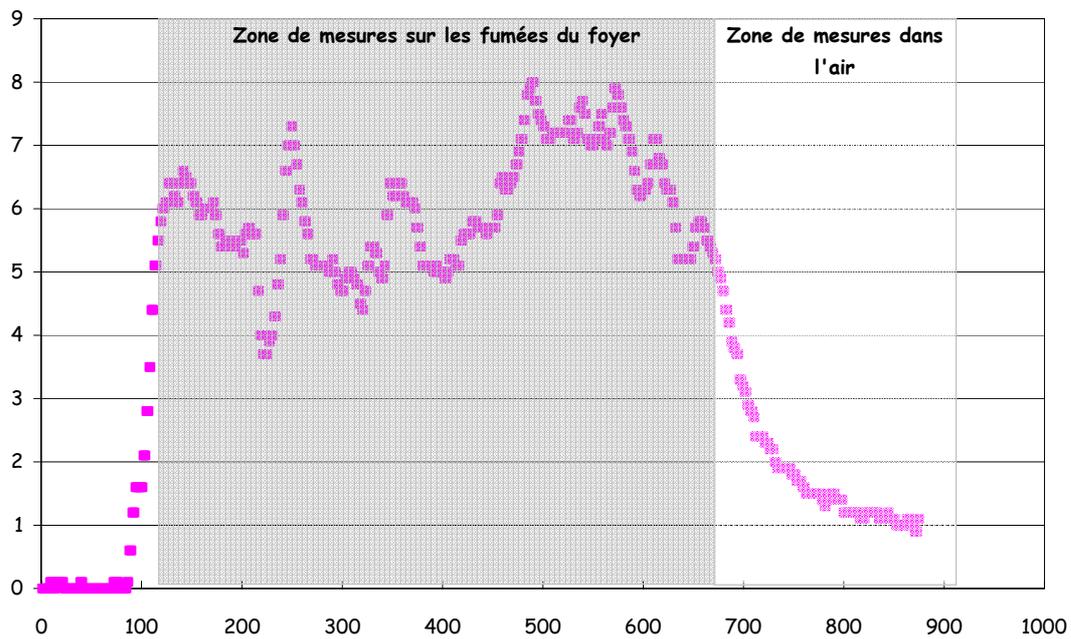
*Foyer : OUAGA METALLIQUE
Combustible = bois - NO = (7 ± 2) ppm*

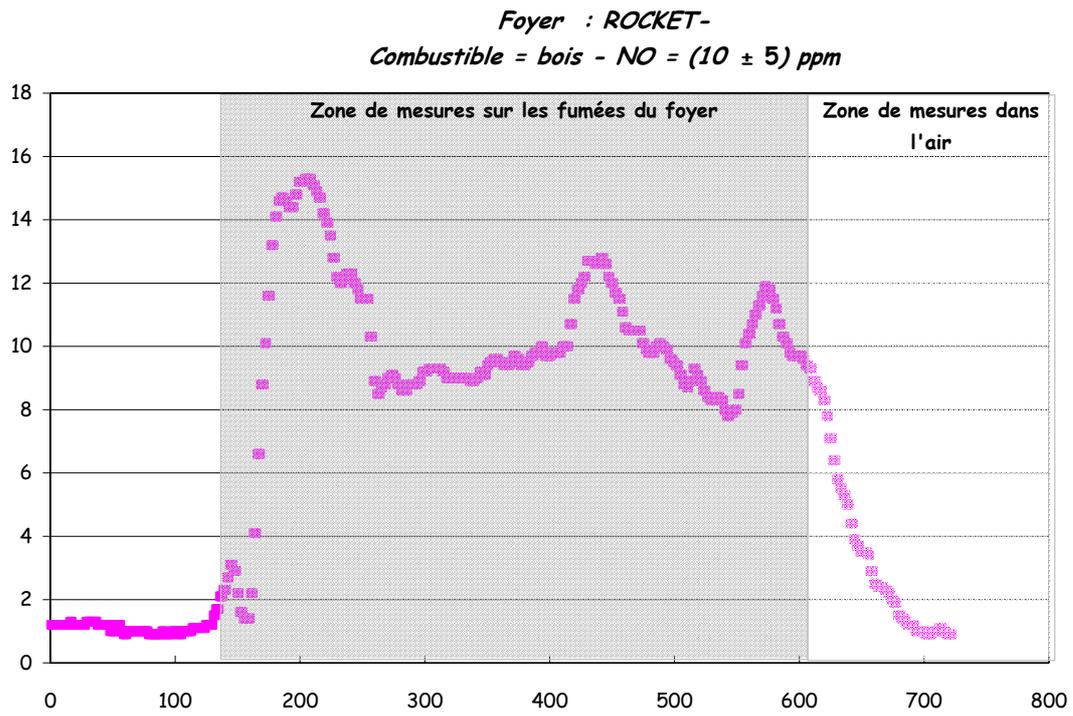


Foyer : MULTIMARMITE
 Combustible = bois - NO = (11 ± 5) ppm



Foyer : 3PT -
 Combustible = gaz - NO = (6 ± 2) ppm





Les niveaux de monoxyde d'azote demeurent faibles (<20ppm).

CONCLUSION

Cette étude a permis d'établir les performances techniques des foyers ROUMDE et du Rocket au foyer 3PT : rendements, puissances, consommation spécifique de bois et temps de cuisson.

Pour les tests d'ébullition, les foyers « Roumdé » économisent plus de 40% de bois par rapport au foyer 3PT. Quoique lents en début de cuisson, les Rockets conduisent à des économies de bois de plus 50% par rapport au 3PT.

Pour la cuisine, chaque foyer Roumdé consomme moins de bois que le foyer 3PT dans les proportions de 29% pour le Multimarmite, de 35% pour le Burkina mixte et de 43% pour le foyer Ouaga Métallique. De plus grandes économies sont obtenues avec le Rocket qui cependant augmente les temps de cuisine.

Les niveaux d'oxyde d'azote et de monoxyde de carbone produits par ces foyers ne sont pas préjudiciables à la santé des utilisateurs sous réserve d'utiliser ce foyer dans un environnement bien aéré.

En conclusion, les résultats établis lors cette évaluation, sont par principe de favorables à la diffusion des foyers ROUMDE en raison de leurs performances. Pour le Rocket, une évaluation en site réel se poursuit actuellement pour voir l'acceptabilité de ce foyer par les ménages.