



La diffusion de cuiseurs à haut rendement énergétique, qu'ils soient à base de biomasse (bois, charbon de bois), d'énergie fossile ou solaire, est une des préoccupations majeure des ONG impliquées auprès des populations des pays les moins avancées.

Nous nous intéresserons ici principalement aux cuiseurs bois dont nombreux modèles, plus ou moins appropriés, ont été développés.

Pour faire simple, nous considérerons qu'un cuiseur est approprié :

- **s'il consomme peu de bois (économique),**
- **s'il dégage peu de fumées (santé)**
- **s'il est adapté aux habitudes culinaires locales et plaît aux populations concernées.**

### LES PROTOCOLES DE TEST

**Pour mesurer l'efficacité des cuiseurs**, 3 protocoles différents sont proposés, et unanimement reconnus, par APROVECHO, centre de recherche américain pour le développement et la diffusion de cuiseurs écologiques :

#### 1. Le Test d'Ébullition de l'Eau (TEE) ou Water Boiling Test (WBT)

Le TEE est réalisé dans des conditions de laboratoire. Il permet :

- de façon simple, de caractériser le comportement thermique d'un cuiseur.
- De mesurer l'efficacité du cuiseur à extraire l'énergie du combustible et à la transmettre à la marmite.
- De valider le design d'un cuiseur, de tester des évolutions de conception, de comparer différents modèles.

Par contre, ne prenant pas en compte comment est ensuite valorisée (ou non) l'énergie transmise à la marmite, il ne permet pas de présager des performances en situation réelle.

Les mesures permettront le calcul :

- De la consommation spécifique
- du rendement, soit le rapport entre l'énergie transmise par le foyer à la marmite et l'énergie contenue dans le combustible brûlé.
- de la puissance

NOTA : Le protocole défini par APROVECHO prévoit une mesure des émanations de gaz à effet de serre et autres polluants. Ces mesures, plus complexes et nécessitant un appareillage spécifique, n'ont pas été réalisées lors des tests décrits ci-dessous.

#### 2. Le Test de Cuisson contrôlé (TCC) ou Controlled Cooking Test (CCT) :

Ce test, conduit dans des conditions réelles d'utilisation, est conçu pour comparer les performances d'un cuiseur destiné à remplacer un mode de cuisson traditionnel.

Il consiste à cuisiner un plat standard, représentatif des traditions culinaires locales, et faire des relevés comparés de consommation de bois et de temps.

On prendra soin de minimiser les influences externes aux cuiseurs, en particulier les facteurs subjectifs de fin de cuisson ainsi que les modes opératoires. Dans la mesure du possible, les préparations seront réalisées par la même cuisinière.

### 3. Le test de cuisson à partir d'un échantillon de population ou Kitchen Performance Test (KPT) :

Ce test plus complexe que les précédents, implique un échantillon de population et s'inscrit dans la durée.

Il s'agit ici de mesurer la consommation réelle de combustible dans les familles.

S'il est conduit avec sérieux, il est le meilleur moyen de mesurer l'impact de l'implantation de nouveaux cuiseurs sur la consommation de combustible des familles.

Il implique un engagement partagé des porteurs de projets et des utilisateurs.

Il nécessite une information (formation) poussée des familles qui seront partie prenante, la mise en place d'outils de suivi (questionnaire, ...), une présence régulière du porteur de projet.

Le protocole est fondamentalement différent des 2 précédents.

### COMPARAISON DES 3 PROTOCOLES

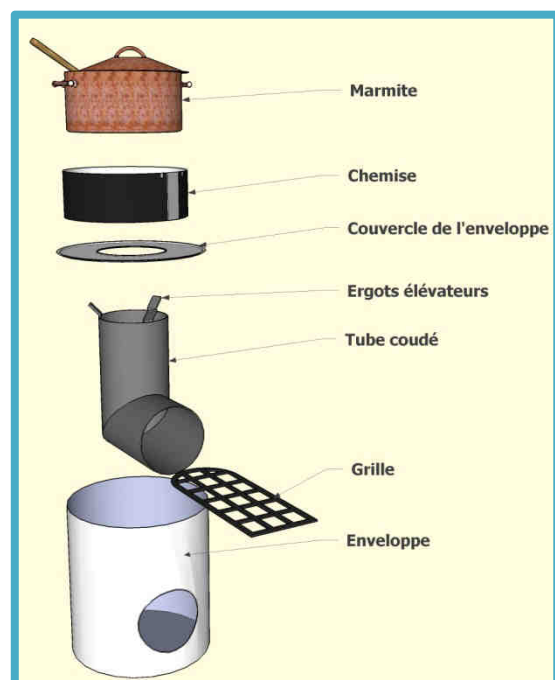
Paramètres	TEE	TCC	KPT
Déterminer l'efficacité générale du cuiseur	OUI	OUI	NON
Détermination de la consommation	OUI	OUI	OUI
Temps ou vitesse de cuisson pour un plat spécifique	NON	OUI	NON
Evaluation de l'adaptation du cuiseur aux habitudes culinaires	NON	NON	OUI
Evaluation de la durabilité du cuiseur pour un projet donnée	NON	NON	OUI
Mesure de la satisfaction des utilisateurs	NON	NON	OUI

### LES CUISEURS TESTÉS

Tous les cuiseurs testés sont de type « rocket stove » (sauf le « Roundé » et le « malgache »)

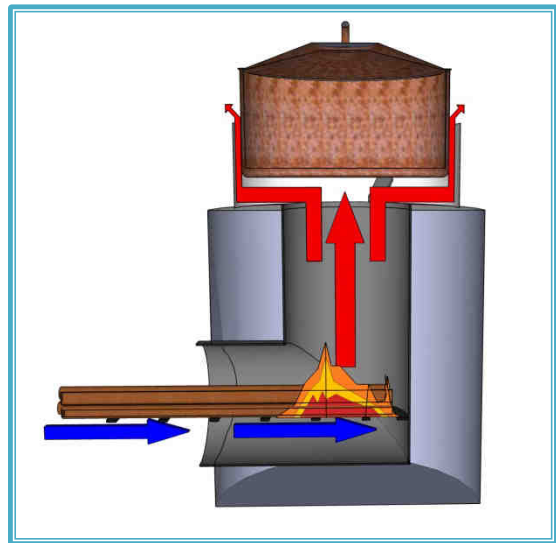
Le « rocket stove » est constitué :

- d'une chambre de combustion soudée.
- d'une enveloppe assurant une isolation par rapport à l'air extérieur. Un isolant peut être inclus entre la chambre de combustion et l'enveloppe.
- d'une collerette entourant la marmite.
- d'une grille sur laquelle est posé le bois et qui permet l'entrée d'air favorisant une meilleure combustion.



### Une combustion du bois en 3 phases :

1. Lors de l'allumage, évaporation de l'eau restant dans le bois (séchage) ( $\approx 100^{\circ}\text{C}$ )
2. Combustion de la matière organique ( $\approx 200^{\circ}\text{C}$ ). Le bois est alors décomposé en charbon de bois et en gaz (principalement du  $\text{CO}_2$  et de la vapeur d'eau et, en moindre proportion, des gaz combustibles tels du  $\text{CO}$ , du  $\text{H}_2$  et des hydrocarbures). Elle a lieu dans la partie basse du coude.
3. Les gaz de combustion, mélangés à l'air, s'enflamment dans la partie verticale lorsque la température devient supérieure à  $300^{\circ}\text{C}$ . Il est important de contrôler les flux en entrée (air) et en sortie (mélange air + gaz de combustion) pour garantir l'inflammation des gaz. Cette inflammation produira de longues flammes d'une température de l'ordre de  $700^{\circ}\text{C}$ .



La température doit rester suffisamment élevée pour assurer la combustion des gaz. Si tel n'est pas le cas, celle-ci est incomplète, ce qui se traduit par un dégagement de fumées polluantes (mélange de poussières et gaz)

Ce contrôle est assuré, en entrée par la grille, et à la sortie en surélevant la casserole d'environ 1cm par rapport au haut de la cheminée.

L'espace entre la collerette et la marmite sera également de 1cm. La collerette a une double fonction : contrôler le débit des gaz en sortie et les maintenir au plus près de la marmite pour améliorer son échauffement.

## LES TESTS REALISES

### Les procédures

Le protocole utilisé s'inspire des tests d'ébullition de l'eau (TEE).






2 séries de tests ont été réalisées :






- **1<sup>ère</sup> série** : 10 cuiseurs comparés au foyer 3 pierres en portant 3 litres d'eau à ébullition.
- **2<sup>ème</sup> série** : 4 cuiseurs comparés au foyer 3 pierres en portant 5 litres d'eau à ébullition et maintien à température pendant 30mn.

### Matériel nécessaire






- Marmite de 4 à 5 litres et son couvercle (7 litres pour la 2<sup>ème</sup> série).
- Balance.
- Thermomètre
- Chronomètre
- Bois sec. Les morceaux seront de 2 à 3 cm de diamètre. La qualité du bois est importante pour la réalisation des tests ; on veillera en particulier à ce qu'il soit sec.
- Plateau supportant les hautes températures pour peser le bois restant

Cuiseurs à bois économiques comparés pour la 1ère série (ébullition simple)

BISS non isolé	CBBI (briques isolantes)	BISS isolé	Argile	Roumde Bois
N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
				

Guinée non isolé	Mini CBE	Malgache	Matéri non isolé	Noflaye Jeeg
N°6	N°7	N°8	N°9	N°11
				

Cuiseurs à bois économiques comparés pour la 2ème série (ébullition + mijotage)

BISS non isolé	Guinée non isolé	Noflaye Jeeg	Matéri non isolé	3 pierres
N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
				

## LE PROTOCOLE

	Ebullition simple	Ebullition + mijotage	
		Cuiseur froid	Cuiseur chaud + mijotage
Nombre de tests	3	1	3
Enregistrer le poids de la marmite et son couvercle. Ils seront pesés séparément s'ils sont en matériaux différents	x	x	x
Enregistrer la masse de bois initiale	x	x	x
Enregistrer la température ambiante	x	x	
Enregistrer la température initiale de l'eau	x	x	x
Allumer le feu avec des brindilles	x	x	x
Mettre en place le bois et attendre d'avoir de belles flammes (2 à 3 mn)	x	x	x
Mettre en place la marmite	3 litres. d'eau	5 litres d'eau	5 litres. d'eau
Déclencher le chronomètre	x	x	x
Enregistrer le temps pour atteindre l'ébullition (100°C)	x	x	x
Peser et enregistrer la masse de bois restante	x	x	
Maintenir la température autour de 97°C pendant 30 mn. Ne pas descendre sous 94°C			x
Peser et enregistrer la masse de bois restante			x

NOTA : Si test présente un écart >25% par rapport à la moyenne des autres tests, il sera recommencé.



## LES DIFFERENTS CRITERES ENREGISTRES ET CALCULES

### Critères représentant les caractéristiques du cuiseur :

- **Consommation (g)**: Moyenne de la masse de bois consommée
- **Ecart consommation / 3 pierres (%)** : Ecart de la masse de bois consommée par rapport au foyer 3 pierres
- **Puissance (kW)** : Puissance fournie par le cuiseur.

$$P = C \times \frac{M}{T}$$

C : capacité calorifique du bois en kWh/Kg

M : Masse de bois consommée en Kg

T: Temps de montée à 100°C. en heures

### Critères représentant l'efficacité du cuiseur :

- **Consommation spécifique corrigée (g/l)** : Moyenne de la masse de bois consommée pour porter à ébullition 1 litre d'eau avec un gradient de température de 75°C.

$$C_s = \frac{75}{100 - T_{init.}} \times \frac{M_{bois}}{M_{eau}}$$

T<sub>init.</sub> : Température initiale de l'eau

*Cette correction permet la comparaison entre différents cuiseurs quelle que soit la température de démarrage.*

- **Taux de combustion (g/mn)** : Masse de bois consommée pour 1 mn de combustion.

$$\tau = \frac{M_{bois}}{Temps}$$

- **Temps (mn)** : Temps pour porter à ébullition « L » litres d'eau (3 ou 5 litres).
- **Rendement (%)** : Energie théorique nécessaire pour porter l'eau à ébullition / Energie fournie.

$$R(\%) = \frac{E_{eau} + E_{marmite} + E_{couvercle}}{C \times M} \times 100$$

- Calcul de l'énergie théorique nécessaire :  $E = c \times (100 - T_{init}) \times P$ 
  - C<sub>eau</sub> = 4185j/kg/°K = 1,16 Wh/kg/°K
  - C<sub>acier</sub> = 444j/kg/°K = 0,12 Wh/kg/°K
  - C<sub>alu</sub> = 897j/kg/°K = 0,249 Wh/kg/°K
  - C<sub>pyrex</sub> = 720j/kg/°K = 0,2 Wh/kg/°K
  - T<sub>init</sub> = Température initiale
  - P = Poids de l'eau ou de la marmite ou du couvercle
- M : Masse de bois consommée.
- C : Capacité énergétique du bois en kWh/kg. (2 valeurs différentes ont été retenues car le bois utilisé est différent entre les 2 séries de test)
  - C = 4kWh/kg pour la 1ère série (3 litres)
  - C = 5kWh/kg pour la 2ème série (5 litres)

NOTA : Dans les calculs il n'a pas été pris en compte l'énergie consommée par l'évaporation car elle est très faible (présence d'un couvercle).

- **Ecart rendement / 3 pierres (%)** : Ecart du rendement du cuiseur par rapport au 3 pierres.

## LES RESULTATS

Nous présenterons ici les fiches détaillées de 2 tests (Une fiche ébullition, une fiche mijotage) à titre d'exemple, et les récapitulatifs de l'ensemble des tests d'ébullition et mijotage. (voir protocole en page 3)

### Fiche de mesure « Ebullition 3 litres d'eau du cuiseur BISS isolé »

TEST 1		TEST 2		TEST 3	
Masse de bois initiale (kg)	0,830	Masse de bois initiale (kg)	0,670	Masse de bois initiale (kg)	0,560
Température extérieure (°C)	24	Température extérieure (°C)	26	Température extérieure (°C)	26
Température initiale de l'eau (°C)	26	Température initiale de l'eau(°C)	26	Température initiale de l'eau(°C)	26
To	Allumage du feu	To	Allumage du feu	To	Allumage du feu
T1 = To + 2 mn	Mise en place du bois	T1 = To + 3 mn	Mise en place du bois	T1 = To + 3 mn	Mise en place du bois
T2 = To + 5 mn	Mise en place de la marmite	T2 = To + 9 mn	Mise en place de la marmite	T2 = To + 9 mn	Mise en place de la marmite
<b>Temps</b>	<b>Température de l'eau (°C) TEST 1</b>	<b>Temps</b>	<b>Température de l'eau (°C) TEST 2</b>	<b>Temps</b>	<b>Température de l'eau (°C) TEST 3</b>
T2 + 0 mn	26	T2 + 0 mn	26	T2 + 0 mn	26
T2 + 3 mn	47	T2 + 3 mn	42	T2 + 3 mn	56
T2 + 6 mn	67	T2 + 6 mn	60	T2 + 6 mn	83
T2 + 9 mn	83	T2 + 9 mn	83	T2 + 8'30 mn	100
T2 + 12 mn	100	T2 + 12 mn	100		
<b>12</b>	<b>100°C</b>	<b>12</b>	<b>100°C</b>	<b>9</b>	<b>100°C</b>
<b>Temps moyen ébullition (mn)</b>					
11 mn					
Masse de bois restante (kg)	0,530	Masse de bois restante (kg)	0,320	Masse de bois restante (kg)	0,290
Consommation (kg)	0,300	Consommation (kg)	0,350	Consommation (kg)	0,270
<b>Consommation moyenne (kg)</b>					
0,307 kg					
<b>Puissance (kW)</b>					
6,69 kW					
<b>Rendement (%)</b>					
22,68%					
Observations		Observations		Observations	
Morceaux de bois de diamètre 1,5 à 3 cm		Morceaux de bois de diamètre 1,5 à 3 cm		Morceaux de bois de diamètre 1,5 à 3 cm	

**BISS non isolé Mijotage**

TEST à FROID		TEST à CHAUD					
TEST 1		TEST 2		TEST 3		TEST 4	
Masse d'eau (kg)	5	Masse d'eau (kg)	5	Masse d'eau (kg)	5	Masse d'eau (kg)	5
Masse de bois initiale (kg)	1,000	Masse de bois initiale (kg)	1,200	Masse de bois initiale (kg)	1,200	Masse de bois initiale (kg)	1,200
Température extérieure (°C)	15	Température extérieure (°C)	17	Température extérieure (°C)	18	Température extérieure (°C)	18
Température initiale de l'eau (°C)	21	Température initiale de l'eau (°C)	24	Température initiale de l'eau (°C)	23	Température initiale de l'eau (°C)	23
<b>To</b>	Allumage du feu	<b>To</b>	Allumage du feu	<b>To</b>	Allumage du feu	<b>To</b>	Allumage du feu
<b>T1</b>	Mise en place du bois	<b>T1</b>	Mise en place du bois	<b>T1</b>	Mise en place du bois	<b>T1</b>	Mise en place du bois
<b>T2</b>	Mise en place de la marmite	<b>T2</b>	Mise en place de la marmite	<b>T2</b>	Mise en place de la marmite	<b>T2</b>	Mise en place de la marmite
<b>Temps</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Temps</b>	<b>T(°C)</b>	<b>Temps</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Temps</b>	<b>T (°C)</b>
T2 + 0 mn	21	T2 + 0 mn	24	T2 + 0 mn	24	T2 + 0 mn	23
T2 + 17 mn	100	T2 + 18 mn	100	T2 + 16 mn	100	T2 + 16 mn	100
		T2 + 48 mn	97	T2 + 46 mn	97	T2 + 46 mn	97
<b>17 mn</b>	<b>100°C</b>	<b>18</b>	<b>100°C</b>	<b>16</b>	<b>100°C</b>	<b>16</b>	<b>100°C</b>
<b>Temps ébullition (mn)</b>		<b>Temps moyen ébullition (mn)</b>					
17 mn		16,67 mn					
Masse de bois restante (kg)	0,480	Masse de bois restante (kg)	0,330	Masse de bois restante (kg)	0,530	Masse de bois restante (kg)	0,430
Consommation (kg)	0,520	Consommation (kg)	0,870	Consommation (kg)	0,670	Consommation (kg)	0,770
<b>Consommation (kg)</b>		<b>Consommation moyenne (kg)</b>					
<b>0,520</b>		<b>0,770</b>					
Observations		Observations					
		Ces 3 tests sont réalisés avec un four chaud au démarrage avec 30 mn de mijotage (maintien de la température ≈ 97°C avec un minimum de 94°C)					
<b>Taux de combustion</b>	<b>Consommation spécifique de bois</b>	<b>Consommation spécifique de bois corrigée</b>		<b>Puissance (kW)</b>	<b>Rendement (%)</b>		
<b>46,20 (g/mn)</b>	<b>0,15 (kg/L)</b>	<b>0,15 (kg/L)</b>		<b>13,86 (kW)</b>	<b>12,69%</b>		



## RECAPITULATIF DES TESTS D'EBULLITION

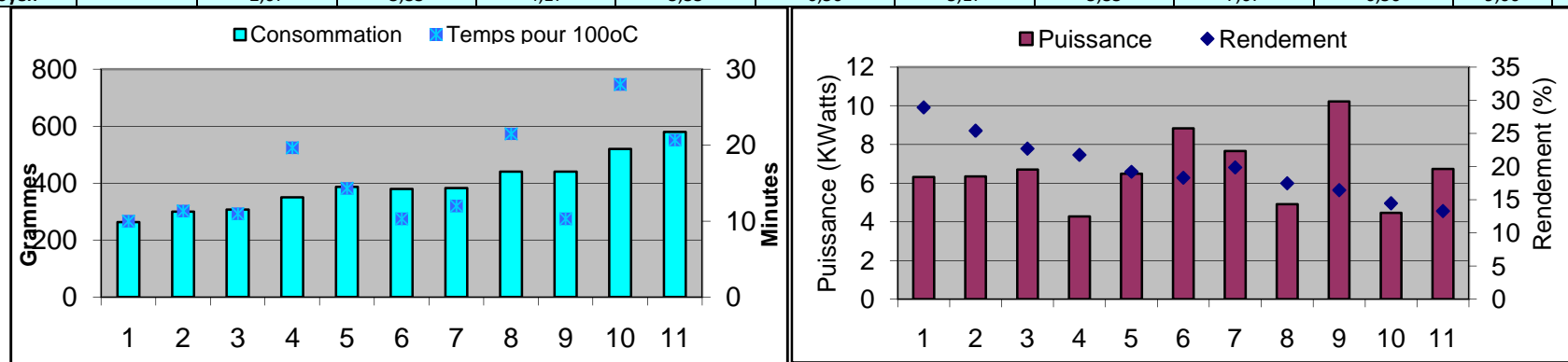
Les tableaux ci-dessous présentent le récapitulatif des tests d'ébullition. 2 séries de tests ont été réalisés (voir protocole en page 3):

- Une série portant sur la montée à l'ébullition de 3 litres d'eau avec 10 cuiseurs différents plus le foyer 3 pierres
- Une série portant sur la montée à l'ébullition de 5 litres d'eau avec 4 cuiseurs différents plus le foyer 3 pierres

Chaque cuiseur est comparé au foyer 3 pierres et classé par rang pour chaque caractéristique. L'écart des résultats est exprimé en % par rapport au 3 pierres.

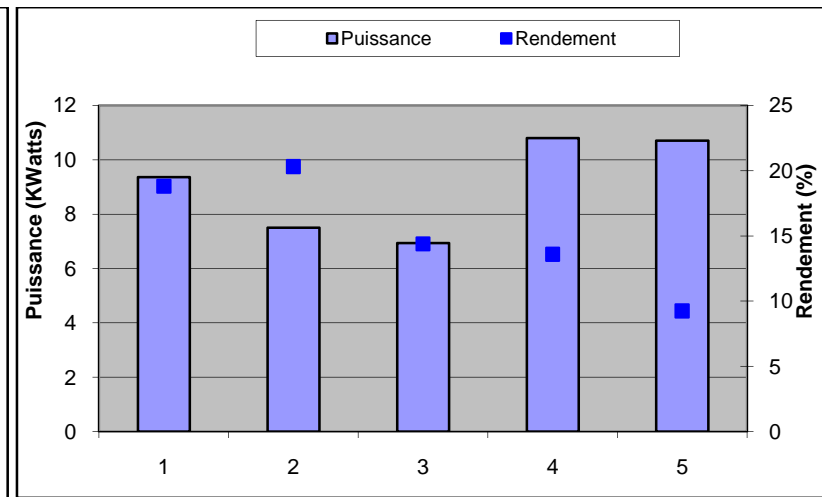
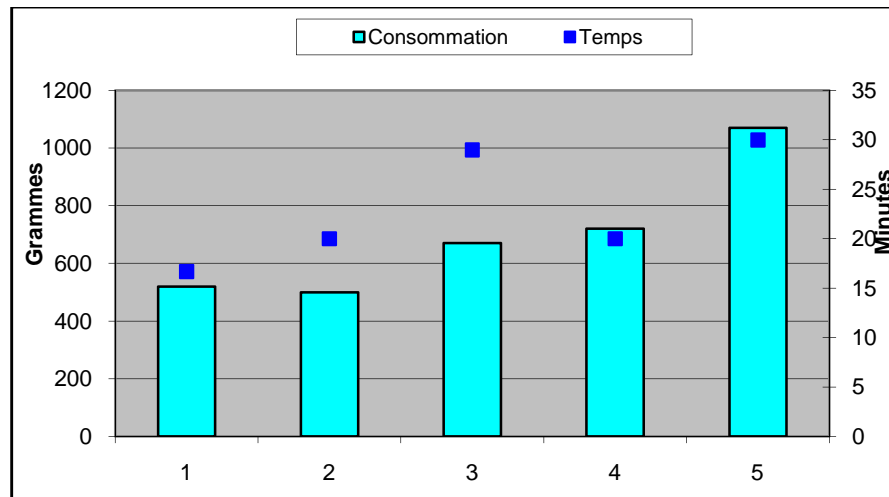
### TESTS D'EBULLITION 3 LITRES D'EAU

CBE		BISS non isolé	CBBI	BISS isolé	ARGILE	ROUMBE Bois	GUINEE non isolé	Mini CBE	Malgache	MATERI non isolé	NO FLAYE jeeg	3 Pierres
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	10
Consommation	Grammes	263	300	307	350	387	380	383	440	440	580	520
	Rang	1	2	3	4	7	5	6	8	8	11	10
	Ecart conso. / 3 pierres	-49,42%	-42,31%	-40,96%	-32,69%	-25,58%	-26,92%	-26,35%	-15,38%	-15,38%	11,54%	0,00%
Consommation spécifique corrigée	Grammes / Litre	82	94	96	109	121	119	120	138	138	181	163
	Rang	1	2	3	4	7	5	6	8	8	11	10
Taux de combustion	Grammes / Minute	26	26	28	18	27	37	32	20	43	28	19
	Rang	4	5	7	1	6	10	9	3	11	8	2
Temps pour 100°C	Minutes	10	11	11	20	14	10	12	22	10	21	28
	Rang	1	5	4	8	7	2	6	10	2	9	11
Puissance	kW	6,31	6,35	6,70	4,27	6,48	8,83	7,66	4,91	10,22	6,73	4,46
	Rang	8	7	5	11	6	2	3	9	1	4	10
Rendement	%	28,91	25,38	22,68	21,75	19,21	18,31	19,86	17,48	16,45	13,29	14,46
	Rang	1	2	3	4	6	7	5	8	9	11	10
	Ecart rendement / 3 pierres	99,93%	75,52%	56,85%	50,41%	32,85%	26,63%	37,34%	20,89%	13,76%	-8,09%	0,00%
Rang moyen		2,67	3,83	4,17	5,33	6,50	5,17	5,83	7,67	6,50	9,00	8,83



### TESTS D'EBULLITION 5 LITRES D'EAU

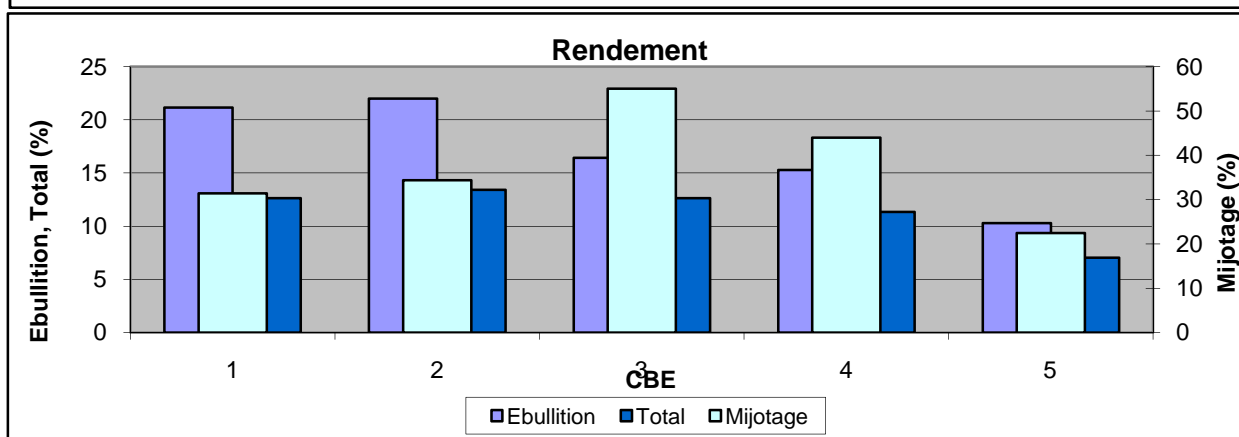
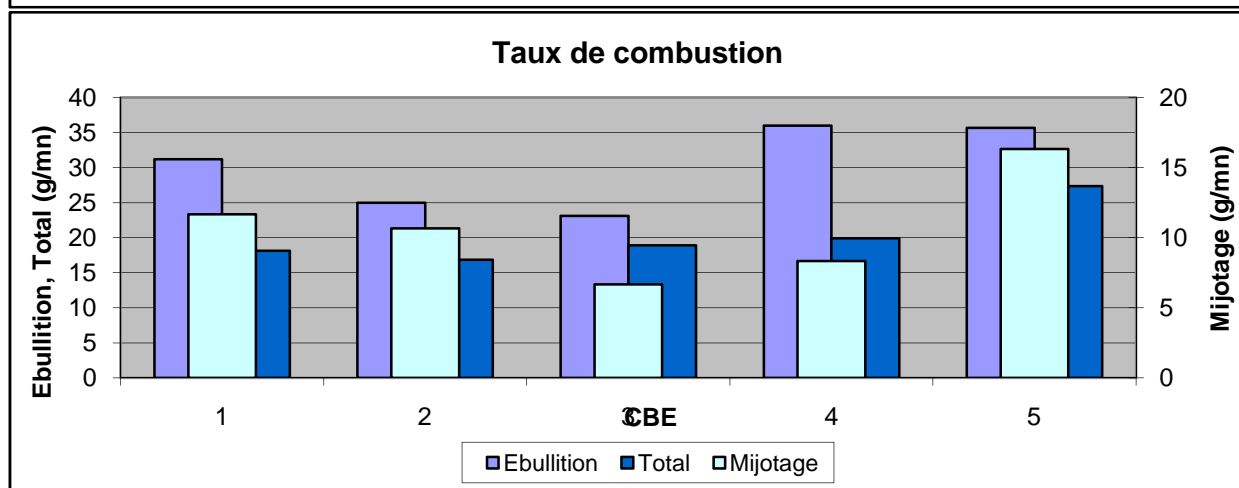
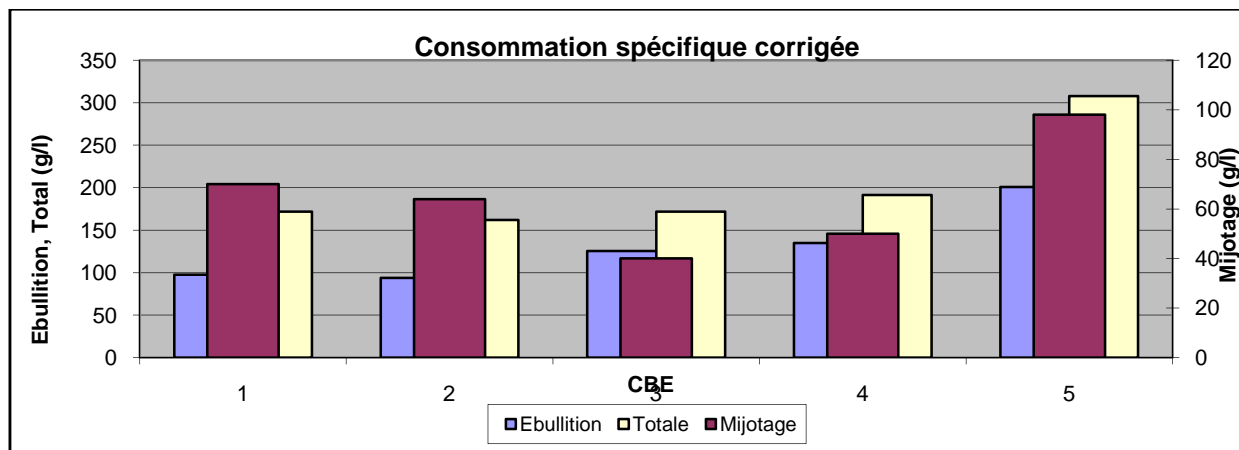
CBE		BISS non isolé	GUINEE non isolé	NOFLAYE jeeg	MATERI non isolé	3 Pierres
		1	2	3	4	5
Consommation	g	520	500	670	720	1070
	Ecart / 3 pierres	-51,40%	-53,27%	-37,38%	-32,71%	0,00%
	Rang	2	1	3	4	5
Consommation spécifique corrigée	g/l	98	94	126	135	201
	Rang	2	1	3	4	5
Taux de combustion	g / mn	31	25	23	36	36
	Ecart / 3 pierres	-12,54%	-29,91%	-35,22%	0,93%	0,00%
	Rang	3	2	1	5	4
Temps	mn	17	20	29	20	30
	Ecart / 3 pierres	-44,43%	-33,33%	-3,33%	-33,33%	0,00%
	Rang	1	2	4	2	5
Puissance	kW	9,36	7,50	6,93	10,80	10,70
	Ecart / 3 pierres	-12,54%	-29,91%	-35,22%	0,93%	0,00%
	Rang	3	4	5	1	2
Rendement	%	18,81	20,32	14,39	13,58	9,23
	Ecart / 3 pierres	103,69%	120,06%	55,82%	47,11%	0,00%
	Rang	2	1	3	4	5
Rang moyen		2,17	1,83	3,17	3,33	4,33



## RECAPITULATIF DES TESTS D'EBULLITION + MIJOTAGE

4 cuiseurs sont comparés au 3 pierres lors de tests d'ébullition + mijotage (voir protocole en page 3).

CBE			BISS non isolé 1	GUINEE non isolé 2	NOFLAYE jeeg 3	MATERI non isolé 4	3 Pierres 5
Consommation	Ebullition	g	520	500	670	720	1070
		Ecart / 3 pierres	-51,40%	-53,27%	-37,38%	-32,71%	0,00%
		Rang	2	1	3	4	5
	Mijotage	g	350	320	200	250	490
		Ecart / 3 pierres	-28,57%	-34,69%	-59,18%	-48,98%	0,00%
		Rang	4	3	1	2	5
	Totale	g	870	820	870	970	1560
		Ecart / 3 pierres	-44,23%	-47,44%	-44,23%	-37,82%	0,00%
		Rang	2	1	2	4	5
Consommation spécifique corrigée	Ebullition	g/l	98	94	126	135	201
	Mijotage	g/l	70	64	40	50	98
	Totale	g/l	172	162	172	191	308
Taux de combustion	Ebullition	g / mn	31	25	23	36	36
		Ecart / 3 pierres	-12,54%	-29,91%	-35,22%	0,93%	0,00%
		Rang	3	2	1	5	4
	Mijotage	g / mn	12	11	7	8	16
		Ecart / 3 pierres	-28,57%	-34,69%	-59,18%	-48,98%	0,00%
		Rang	4	3	1	2	5
	Total	g / mn	18	17	19	20	27
		Ecart / 3 pierres	-33,77%	-38,44%	-30,89%	-27,18%	0,00%
		Rang	2	1	3	4	5
Temps	Ebullition	mn	17	20	29	20	30
		Ecart / 3 pierres	-44,43%	-33,33%	-3,33%	-33,33%	0,00%
		Rang	1	2	4	2	5
	Total (temps ebullition + 30 mn) Tests four chaud	mn	48	49	46	49	57
		Ecart / 3 pierres	-15,79%	-14,61%	-19,30%	-14,61%	0,00%
Puissance	Ebullition	kW	9,36	7,50	6,93	10,80	10,70
		Ecart / 3 pierres	-12,54%	-29,91%	-35,22%	0,93%	0,00%
		Rang	3	4	5	1	2
	Mijotage	kW	2,19	1,97	1,30	1,54	2,58
		Ecart / 3 pierres	-15,18%	-23,52%	-49,42%	-40,25%	0,00%
		Rang	2	3	5	4	1
	Totale	kW	27,89	32,80	37,66	26,94	43,74
		Ecart / 3 pierres	-36,23%	-25,01%	-13,90%	-38,40%	0,00%
		Rang	4	3	2	5	1
Rendement	Ebullition	%	21,15	22,00	16,42	15,28	10,28
		Ecart / 3 pierres	105,77%	114,00%	59,70%	48,61%	0,00%
		Rang	2	1	3	4	5
	Mijotage	%	31,43	34,38	55,00	44,00	22,45
		Ecart / 3 pierres	40,00%	53,13%	145,00%	96,00%	0,00%
		Rang	4	3	1	2	5
	Total	%	12,64	13,41	12,64	11,34	7,05
		Ecart / 3 pierres	79,31%	90,24%	79,31%	60,82%	0,00%
		Rang	2	1	2	4	5



<b>Récapitulatif des rangs</b>						
CBE		BISS non isolé	GUINEE non isolé	NOFLAYE jeeg	MATERI non isolé	3 Pierres
Consommation	Ebullition	2	1	3	4	5
	Mijotage	4	3	1	2	5
	Totale	2	1	2	4	5
Taux de combustion	Ebullition	3	2	1	5	4
	Mijotage	4	3	1	2	5
	Total	2	1	3	4	5
Temps	Ebullition	1	2	4	2	5
	Total	2	3	1	3	5
Puissance	Ebullition	3	4	5	1	2
	Mijotage	2	3	5	4	1
	Totale	4	3	2	5	1
Rendement	Ebullition	2	1	3	4	5
	Mijotage	4	3	1	2	5
	Total	2	1	2	4	5
<b>Rang moyen</b>		<b>2,64</b>	<b>2,21</b>	<b>2,43</b>	<b>3,29</b>	<b>4,14</b>

## CONCLUSIONS

10 modèles de cuiseur à bois économe ainsi que le foyer « 3 pierres », qui a servi de référence, ont été testés selon les mêmes procédures. Au total, ce sont 50 essais qui ont été effectués, permettant d'observer, de comparer et par conséquent d'établir une liste de remarques sur les performances de chaque modèle.

- Le cuiseur NOFLAYE a une chemise qui n'est pas réglable autour de la marmite. Lors des essais, la distance trop importante entre la chemise et la marmite utilisée explique probablement les performances moins intéressantes. Ce test serait à reprendre avec une marmite de taille supérieure.
- Le cuiseur MATERI a des résultats dispersés : temps d'ébullition faible mais consommation de bois assez importante. Des corrections sur sa conception ont d'ores et déjà été apportées.
- Le foyer 3 pierres, comme prévu, a les plus mauvaises performances. Celles-ci sont probablement accentuées dans la réalité à cause de la taille plus importante des morceaux de bois utilisés et également de leur degré d'humidité plus élevé (bois vert).
- **Les cuiseurs BISS et « Guinée » non isolés et de même conception, permettent une consommation de bois divisée par deux et un temps d'ébullition divisé par trois par rapport au foyer traditionnel « 3 pierres ».** Il est recommandé de mettre un isolant pour réduire la consommation de bois, pour éviter le risque de brûlures ; la tôle extérieure sera également moins abîmée par la chaleur.

## Leçons apprises et conseils d'utilisation

Plusieurs observations ont été faites, permettant de comprendre les raisons pour lesquelles on peut observer des différences assez importantes entre chacun des trois tests successifs effectués sur chaque CBE (jusqu'à 25%) et pour chaque modèle (jusqu'à 100%).

Ces différences portent soit sur le temps, soit sur la consommation de bois ou sur les deux. Les constatations mentionnées ci-après ne sont pas hiérarchisées car il n'est guère possible d'affirmer l'importance des unes par rapport aux autres.

- **Les caractéristiques du bois**

Le bois introduit dans le foyer doit être bien sec et avoir si possible un diamètre inférieur à 3 cm pour avoir une belle flamme qui monte bien jusqu'à la marmite et vient envelopper celle-ci. Un diamètre trop petit (brindilles, cagettes..) n'est valable que pour démarrer rapidement le chauffage du bois. Il ne faut pas non plus introduire trop de bois dans le foyer car cela ne permet pas une bonne aération indispensable à une bonne combustion.

Un diamètre plus important (4 à 5 cm) pourra être utilisé pour les cuissons longues.

Pour optimiser la consommation de bois lors des tests, il faut qu'au départ le foyer soit bien chargé en bois ( 4 à 5 morceaux de longueurs différentes pour un poids de 0,4 à 0,5kg) et n'alimenter ensuite le foyer qu'en poussant les morceaux les plus longs qui ne sont pas encore consommés. La combustion doit se faire, autant que possible, à l'extrémité des morceaux de bois.

- **La température initiale de l'eau**

Une différence de 10°C pour la température initiale de l'eau correspond à un temps de chauffe supplémentaire de l'ordre de 1minute avec une consommation de bois de l'ordre de 30 g. Selon la période de l'année et l'endroit, on peut trouver des différences de température importantes par exemple : eau du robinet à 18°C et eau du puits à 28°C.

- **La forme de la cheminée**

Une cheminée à section ronde aura un meilleur tirage qu'avec une section carrée de même surface car l'écoulement se trouve mieux concentré ; on aura aussi tendance à mettre moins de bois dans le foyer. Par conséquent la consommation de bois et le temps pour porter l'eau à ébullition seront inférieurs selon les cas, de 15 à 25%.

Cela s'explique par une meilleure combustion qui provoque une élévation de la température au centre de la cheminée.

- **Le rôle de la virole (ou collerette)**

La collerette participe au rendement de 2 façons :

La collerette canalise les gaz chauds autour de la marmite, limitant ainsi les déperditions de chaleur. Elle permet de contrôler l'évacuation des gaz de combustion : Pour s'assurer que les gaz émanant de la combustion du bois seront correctement brûlés, il faut que le mélange air / gaz soit à une température > 300°C. Une fois les gaz enflammés, la température peut atteindre 800°C. Il est donc important de les maintenir suffisamment longtemps dans la cheminée pour qu'ils atteignent la température nécessaire. Ce contrôle est assuré par 2 composants :

Le fond de la marmite, qui doit se situer entre 1 et 2 cm du dessus du foyer,

La collerette qui doit être à peu près à la même distance des côtés de la marmite (1 cm).

L'arrivée d'air est lui-même contrôlé par la grille qui a également toute son importance.

Cette bonne combustion, tout en améliorant le rendement, participe à un autre élément essentiel des CBE : la limitation des émanations de fumées (gaz chargés de particules non consommées) qui ont une influence très importante sur la dégradation de la santé de femmes et des enfants passant du temps autour des foyers.

Exemple : le CBE de Matéri. Après avoir diminué la hauteur de passage de 2 cm entre la marmite et la partie supérieure de la cheminée le temps et la consommation de bois ont été réduits de l'ordre de 15%.

Des tests complémentaires ont également été effectués avec un modèle de CBE (Matéri) à titre de comparaison:

- sans virole mais avec grille,
- sans grille mais avec virole,
- sans virole ni grille.

Dans les trois cas, le temps nécessaire pour porter 3 litres d'eau à ébullition est environ le double de ce que l'on trouve sur l'ensemble des CBE en utilisation normale : successivement 28- 24 et 29 minutes, il en est de même pour les consommations de bois : successivement 0,75- 0,5- et 0,95 kg. Le fait de ne pas mettre de virole ni de grille nous ramène aux performances du foyer traditionnel « trois pierres » soit une consommation de bois égale de 2 à 3 fois celle d'un CBE.

- **Le rôle de l'isolant**

Les CBE vendus au siège de Bolivia Inti – Sud Soleil (BISS) sont plus généralement destinés à équiper des familles françaises. Par ailleurs des associations intervenant en Afrique acquièrent un CBE qui leur servira de modèle pour initier leur projet de développement tourner vers l'économie de bois. Ces 2 situations sont différentes et amènent des réponses différenciées notamment sur l'aspect de l'isolation du cuiseur.

Le flux de gaz (mélange des gaz de combustion + air), depuis le feu, jusqu'à et autour du récipient, doit rester à une température la plus élevée possible, et donc, doit être isolé au maximum. La température, à l'intérieur de la cheminée, peut atteindre jusqu'à 800°C. Par souci de sécurité pour éviter la montée en température de l'enveloppe du CBE, et pour assurer une bonne combustion, ce qui garantit un bon rendement du foyer et réduit l'émanation de fumées toxiques, la cheminée doit absolument être complètement isolée.

Notons que lors de cuissons courtes, inférieures à 20 mn, le rendement est meilleur sans isolant.

Le matériau isolant choisi doit pouvoir résister à de très hautes températures, tout en ayant la caractéristique de ne pas absorber la chaleur, le but étant de maintenir la chaleur à l'intérieur de la cheminée. La présence de l'isolant évite la corrosion du métal par l'air chaud à l'intérieur de l'enveloppe.

En France, l'isolant retenu est la vermiculite (VERMEX de couleur claire) ou perlite que l'on trouve dans les magasins de bricolage et doit remplir complètement l'intérieur du CBE.

Dans les pays les moins avancés, la cendre de bois est utilisée et est un assez bon isolant, elle assure donc un bon maintien de la chaleur, dans le conduit.

Le fait d'isoler un CBE avec de la cendre permet de cuire des aliments qui demandent beaucoup de temps avec un minimum de bois grâce à la faible déperdition de chaleur en régime établi. Cependant la cendre humide provoque une corrosion rapide du métal en contact. Cet inconvénient majeur est à considérer si vous conduisez des projets dans des régions à fort taux d'humidité ou humides (zones côtières, saisons des pluies) et dans ce cas il peut être préférable de ne pas utiliser de la cendre.

- **Le charbon de bois**

A titre d'information, 3 séries de tests ont également été effectuées en utilisant le charbon de bois comme combustible pour porter 3 litres d'eau à ébullition en utilisant deux modèles de cuiseur différents : Roumde et Matéri qui sont adaptés pour le bois et le charbon.

Les résultats sont pratiquement identiques :

- Consommation moyenne de charbon: 0,124 kg ;
- Temps moyen: 27min ;
- Rendement: 30%

Cette série de tests permet d'avoir une vision de plusieurs types de cuiseurs, cependant cela reste des tests « de laboratoire » qui doivent être considérés comme un moyen de comparaison.

La réalité de terrain peut s'avérer très différente en fonction des conditions d'utilisation.

L'expérience de chacun devrait permettre d'enrichir ce document.



Tests réalisés par Jacques PREVOST, Vice-Président du pôle Afrique de BISS  
et Michel PERRIN, bénévole actif de BISS

Retrouvez la fiche technique du cuiseur à bois économe BISS et son fonctionnement en vidéo, en consultant la rubrique «[boutique solidaire](#)» de notre site internet.