

00519

BURKINA FASO

La Patrie ou la Mort, Nous Vaincrons !

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R.)

CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNOLOGIQUE
(C.N.R.S.T.)

INSTITUT BURKINABE DE L'ENERGIE
(I.B.E.)

Yacouba Gp.

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DES TECHNIQUES DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : EAUX ET FORETS

Thème :

Tests de Foyers Multi-Marmites Métalliques
au Burkina Faso

DECEMBRE 1987

BAYALA Rigobert

BURKINA FASO

La Patrie ou la Mort, Nous Vaincrons !

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R.)

CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNOLOGIQUE
(C.N.R.S.T.)

INSTITUT BURKINABE DE L'ENERGIE
(I.B.E.)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DES TECHNIQUES DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : EAUX ET FORETS

Thème :

Tests de Foyers Multi-Marmites Métalliques
au Burkina Faso

CONFÉRENCE
DE LA RÉGION D'AFRIQUE
CENTRALE
(C.N.R.S.)

CONFÉRENCE
DE LA RÉGION D'AFRIQUE
CENTRALE
SUR L'ÉTUDE
DU DEVELOPPEMENT
RURAL
(I.D.R.)

INSTITUT SUPERIEUR DE L'ENSEIGNE
(I.S.E.)

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

DIPLOME D'INGÉNIEUR DES TECHNIQUES DU DÉVELOPPEMENT RURAL
OPTION : ÉVUX ET FORÊTS

Thème :

Les villages multi-familles
au Gabon

TONNAILLE

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION

Pages

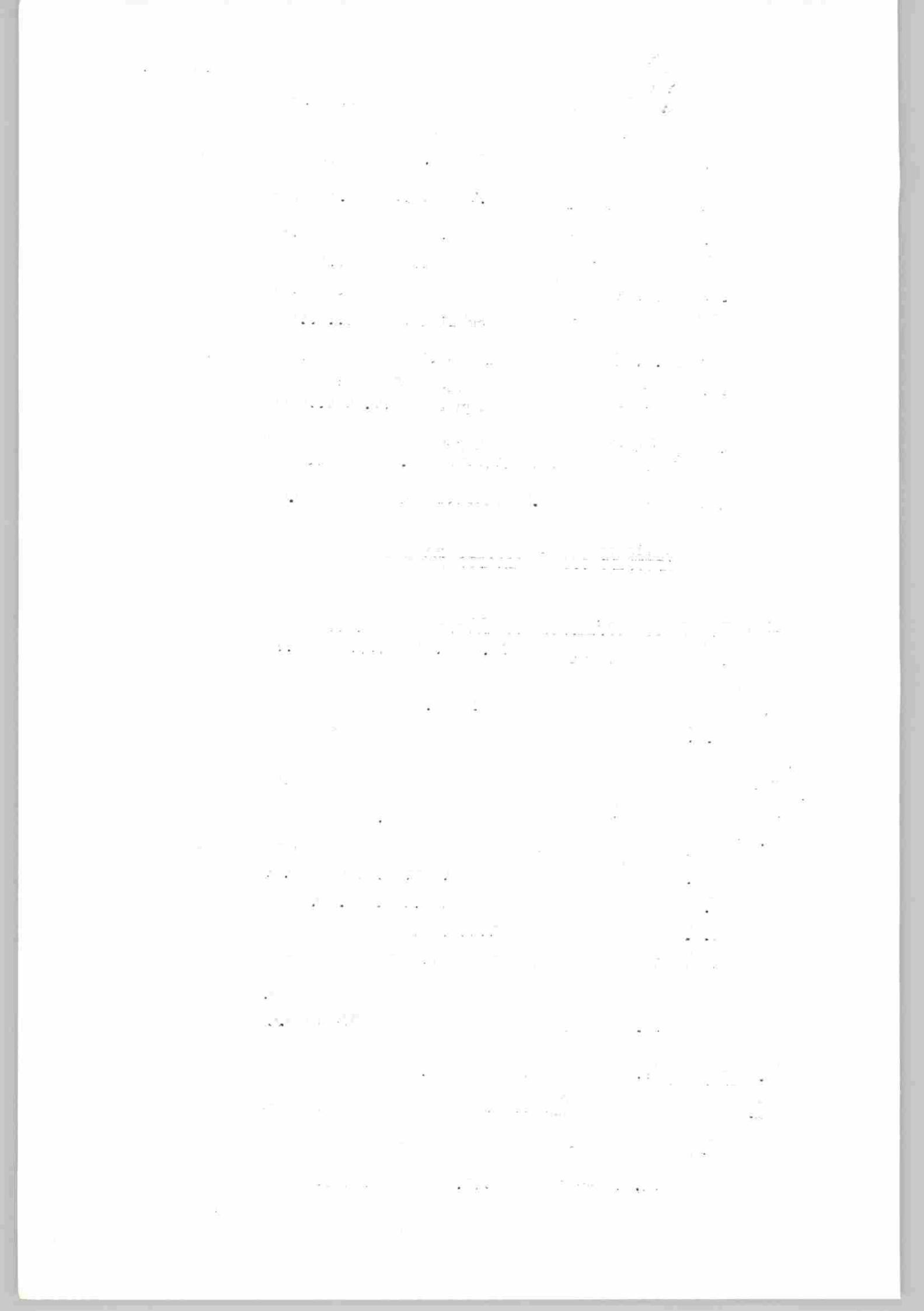
1^{ERE} PARTIE : LE BOIS, SA COMBUSTION, TRANSFERT

DE CHALEUR DANS LE FOYER

<u>I. PRÉSENTATION DU COMBUSTIBLE : LE BOIS</u>	1
1.1. Composition chimique du bois.....	1
1.1.1. Les extraits.....	1
1.1.2. Les composés des parois de cellules du bois.....	2
1.1.3. Les cendres.....	2
1.2. Propriétés physiques du bois.....	2
1.2.1. Le pouvoir calorifique.....	2
1.2.2. Taux d'humidité,.....	3
1.2.3. Densité.....	3
1.2.4. Conductivité thermique du bois.....	3
1.3. La combustion du bois	3
1.3.1. Généralités sur la combustion du bois..	3
1.3.2. Les étapes de la combustion.....	4
1.3.2.1. Phase de séchage.....	4
1.3.2.2. Phase de désintégration.....	4
1.3.2.3. Phase de combustion du charbon.....	4
1.3.3. La fumée.....	5
1.3.4. L'air comburant.....	5
1.3.5. La chaleur.....	5
1.4. Les modes de transfert de la chaleur.....	6
1.4.1. Le rayonnement.....	6

... / ...

	<u>Pages</u>
1.4.2. La conduction.....	7
1.4.3. La convection.....	8
1.5. Remarques.....	9
II. LES FOYERS AMÉLIORÉS.....	10
2.1. Définition.....	10
2.2. Intérêts d'un foyer amélioré.....	10
2.3. La vulgarisation des foyers améliorés.....	10
2.4. Conception d'un foyer amélioré.....	10
2.4.1. Aspects à considérer.....	10
2.5. Description des différentes parties d'un foyer amélioré métallique.....	12
2.6. Appréciations sur les foyers améliorés métalliques.....	12
2.7. Remarques.....	13
 2 EME PARTIE : ETUDE TECHNIQUE	
III. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET DESCRIPTION DU FOYER MULTIMARMITE MÉTALLIQUE	14
3.1. Objectifs de l'étude	14
3.2. Description du foyer multimarmite métallique	14
IV. METHODOLOGIE DES TESTS DE LABORATOIRE.....	18
4.1. Test d'ébullition dé l'eau.....	18
4.2. Équipement.....	18
4.3. Méthodologie de test.....	19
4.4. Expression des résultats.....	20
4.5. Calculs.....	21
4.6. Difficultés rencontrées.....	22
4.6.1. Difficultés liées au matériel.....	22
4.6.2. Difficultés liées aux opérateurs..	22
V. RESULTATS	23
VI. COMPARAISON ET ANALYSE.....	26
6.1. Comparaison par type de marmite.....	26
6.1.1. Marmite n° 3.....	27
.../...	



Pages

6.1.2. Marmite n° 4.....	30
6.1.3. Marmite n° 5.....	31
6.1.4. Marmite n° 2	32
6.2. Comparaison par type de foyer et analyse des groupes de foyer.....	33
6.2.1. Comparaison par type de foyer.....	33
6.2.2. Analyse des groupes de foyer.....	36
6.2.2.1. Analyse des éléments du premier groupe	36
6.2.2.2. Analyse des éléments du second groupe	36

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

A LA MEMOIRE DE SABINE MA SOEUR ;
A MON PÈRE ET A MA MÈRE ;
A MES FRÈRES ET SOEURS ;
POUR TOUT CE QU'ELLS ONT FAIT POUR MOI ;
JE DÉDIE CETTE ÉTUDE.

"Je vous prie, hommes de sciences et techniciens, instituts de recherche, d'orienter vos travaux vers la recherche de nouveaux moyens de lutte contre la désertification. La science ne progresserait-elle pas tout autant si elle était mise au service de l'homme ?"

Pape Jean-Paul II
Place du 3 janvier OUAGADOUGOU

IP REMERCIEMENTS

Le mémoire de fin de cycle nous donne l'occasion de témoigner notre profonde reconnaissance à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à son déroulement et à la mise en forme du présent document. Nos remerciements vont particulièrement :

- au camarade Sébastien QUEDOGO, directeur de l'IIE pour avoir accepté de nous accueillir dans sa structure.
 - au camarade Georges YALÉOGO, notre directeur de stage pour l'attention particulière qu'il a porté au sujet traité.
 - à Monsieur Glory NESTOR, notre maître de mémoire pour les conseils qu'il nous a prodigués,
 - à Monsieur SIMONIS Philippe, Chef du Projet Spécial Energie à l'IIE.
 - aux camarades SALADOGO Armande, Jeanne ILBECUDO et Béatrice WESTHOFF.
 - aux camarades Cécile QUATTARA et Téné ZILIEN pour le travail laborieux devant lequel elles n'ont réculé un seul instant.
 - au Projet Spécial Energie de la GTZ pour sa contribution financière.
 - à la camarade SOULAMA Chantal qui a assuré la frappe.
- Enfin, à tous ceux avec lesquels nous avons eu des discussions franches, constructives et qui ont su faire régner un climat de cordiale collaboration, nous réitérons nos remerciements.

the first time, the author has been able to show that the H_2O molecule is a resonance hybrid. The resonance structures of the H_2O molecule are shown below:

$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{O} \\ | \\ \text{H}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{O}^+ \text{---} \text{H}^+ \\ | \\ \text{H}^+ \text{---} \text{O}^+ \text{---} \text{H} \end{array}$$

The first structure is the normal H_2O molecule. The second structure shows the oxygen atom with a partial positive charge and the two hydrogen atoms with partial negative charges. The third structure shows the oxygen atom with a full positive charge and the two hydrogen atoms with full negative charges. The fourth structure shows the oxygen atom with a full negative charge and the two hydrogen atoms with full positive charges. The fifth structure shows the oxygen atom with a partial negative charge and the two hydrogen atoms with partial positive charges. The sixth structure shows the oxygen atom with a partial positive charge and the two hydrogen atoms with partial negative charges. The seventh structure shows the oxygen atom with a full negative charge and the two hydrogen atoms with full positive charges. The eighth structure shows the oxygen atom with a full positive charge and the two hydrogen atoms with full negative charges. The ninth structure shows the oxygen atom with a partial positive charge and the two hydrogen atoms with partial negative charges. The tenth structure shows the oxygen atom with a partial negative charge and the two hydrogen atoms with partial positive charges.

INTRODUCTION

Il est généralement admis qu'une des principales causes de la déforestation rapide qui a lieu dans de nombreux pays en développement est l'utilisation abusive de bois et de charbon pour la cuisson.

Les pays sahéliens maîtrisent difficilement la planification économique : l'énergie est un secteur qui n'échappe pas à cette difficulté. De plus, ces pays sont confrontés simultanément à deux crises énergétiques : celle du pétrole et celle du "bois de feu". L'insuffisance de la maîtrise nationale de l'évolution des secteurs énergétiques conduit aujourd'hui à de nombreuses difficultés : difficultés économiques, avec une facture pétrolière qui absorbe la moitié (2) ou même plus des ressources d'exportations d'un pays comme le Burkina Faso, pour satisfaire essentiellement des consommations improductives urbaines.

Une impasse écologique avec l'accélération d'un processus de déforestation lié à l'usage excessif du bois de feu. D'après l'UNESCO, 78 millions de tonnes équivalent - pétrole de végétation partent en fumée chaque année dans le monde. La Banque mondiale considère que les forêts disparaissent à un rythme de 10 à 15 millions d'hectares par an (9).

1e

Une impasse sociale avec/renforcement des priviléges et la consolidation de deux modes de vie radicalement opposés.

Les estimations de la Conférence mondiale de l'énergie en 1980 (8 - 9) font ressortir que près des 9/10 de l'énergie primaire dans les pays les moins avancés proviennent du bois, des déchets de bois et autres déchets animaux et végétaux. Le colloque national sur l'énergie tenu à Ouagadougou au mois de mars 1984 a fait ressortir notamment que le bois de chauffage constitue et constituera encore et pour longtemps la principale source d'énergie du pays et par conséquent des mesures urgentes devraient être prises pour réduire

sa consommation. Pour parer à cette future pénurie de bois de chauffe, des activités de reboisement et d'aménagement forestier auxquelles on adjoint une sensibilisation intense ont été entreprises par les services forestiers. À cela s'est ajoutée la vulgarisation des foyers améliorés par le Service

Foyers Améliorés, différents projets, Organisations Non Gouvernementales et particuliers. C'est un des domaines dans lequel intervient l'Institut Burkinabè de l'Energie (IBE) pour la conception des prototypes performants et l'optimisation de ceux déjà existants. De nos jours cet institut a dans son palmarès une gamme très variée de foyers améliorés qui sont mis en consommation ou en voie de vulgarisation. Dans cette gamme, nous pouvons mentionner des foyers améliorés : massifs géants ou petits (3 pierres améliorés), métalliques (à bois, charbon, pétrole, gaz...), céramiques.

Ces foyers déjà existants ont tous en commun une constante. Chaque foyer est conçu pour une taille de marmite. Le stage que nous avons effectué dans cet institut a consisté à mettre au point, à tester et à améliorer un foyer métallique initialement conçu pour la friture, pour en faire un foyer apte à recevoir différentes tailles de marmites tout en conservant une bonne efficacité. C'est alors un foyer multimarmite à l'opposé des précédents qui sont unimarmites.

Dans notre étude, nous aurons à développer les points suivants : le bois, le transfert de chaleur dans les foyers améliorés, des résultats obtenus avec ce nouveau prototype, de foyer et de l'attitude à adopter face aux multimarmites dans les jours à venir.

.../

1ERE PARTIE : LE BOIS, SA COMBUSTION, TRANSFERT
DE CHALEUR DANS LE FOYER

—♦—

CHAPITRE I / PRÉSENTATION DU COMBUSTIBLE : LE BOIS

Qui veut parler de foyer, qu'il soit amélioré ou non, doit dans un premier temps s'intéresser au combustible utilisé. Les caractéristiques d'un combustible sont :

- sa composition chimique, qui en définit la nature ;
- son pouvoir calorifique, qui en définit la valeur énergétique.

Nous parlerons de la composition chimique du bois, de ses propriétés physiques, de sa combustion et du transfert de chaleur qui en résulte dans les foyers.

1.1 - Composition chimique du bois

La composition du bois est représentée par les proportions respectives de ses divers constituants (éléments ou composés chimiques) contenus dans une quantité déterminée du combustible. Elles sont exprimées en masse par unité de masse du combustible parce qu'il s'agit d'un solide. Le bois ~~sec~~/^{est} une substance de composition chimique complexe. Il contient essentiellement du carbone (53 % de la masse sèche), 40 % d'oxygène et 6 % d'hydrogène. L'analyse centésimale du bois, en carbone, hydrogène et oxygène permet d'aboutir à une formule brute moyenne, valable pour la plupart des bois. Cette formule est la suivante (5) :



Le bois est composé de trois catégories de constituants (5) : les extraits, les composés des parois des cellules du bois, les cendres.

1.1.1 - Les extraits

Les extraits, présents en quantités variables de 4 à 15 % sont des produits issus de la cellule vivante à savoir : terpènes, résines, acides gras, tannins, pigments et carbohydrates.

1.1.2 - Les composés des parois de cellules du bois

Les composés des parois des cellules du bois (masse du bois) sont principalement la lignine et l'holocellulose (fraction totale en carbohydrate : cellulose et hémicellulose). Le taux de lignine varie de 25 à 40 %, par rapport à la masse totale de bois, en fonction des essences et le taux d'holocellulose de 40 à 60 %.

1.1.3 - Les cendres

Pour la plupart des bois, les cendres représentent environ 1 % de la masse totale. Les cendres sont essentiellement composées d'oxyde de Ca, K, Na, Mg, Si, Fe, P.

1.2 - Propriétés physiques du bois

Parmi les propriétés physiques du bois, les plus intéressantes à retenir sont : le pouvoir calorifique, le taux d'humidité et secondairement dans le cadre de notre étude, la densité et la conductivité thermique du matériau bois.

1.2.1 - Le pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique du bois désigne la quantité de chaleur que peut dégager la combustion complète d'une quantité déterminée du combustible prise à 0°C, les produits de la combustion étant eux-mêmes ramenés aux conditions normales. Il peut se calculer à partir de la composition du combustible, en utilisant les chaleurs de combustion, ou se déterminer expérimentalement par des procédés calorimétriques. Il est fonction de l'espèce d'arbre dont il provient et du degré d'humidité du bois. On distingue : le pouvoir calorifique supérieur (PCS), le pouvoir calorifique inférieur (PCI) et le pouvoir calorifique réel (PCR) qui a pour formule (22) :

$$\text{PCR} = \text{PCI} \left(1 - \frac{H_S}{100} \right) - \frac{H_S}{100} \times Q_r$$

Q_r = chaleur latente de vaporisation de l'eau (kJ/kg)

H_S = taux d'humidité du bois.

1.2.2 - Taux d'humidité

Il est défini comme étant le pourcentage en eau que contient une substance. L'humidité contenue dans le bois ralentit le processus de combustion car elle abaisse la température dans le foyer.

1.2.3 - Densité

C'est le rapport entre la masse d'un bois sec et son volume dans les mêmes conditions, le tout rapporté à la masse volumique de l'eau.

1.2.4 - Conductivité thermique du bois

Elle représente la quantité de chaleur échangée au travers de l'unité de surface par unité de temps pour un gradient normal unitaire de 1°C par mètre de longueur. Elle s'exprime en W/m.^oK. De par sa structure, le bois est un mauvais conducteur de chaleur.

1.3 - La combustion du bois

1.3.1 - Généralités sur la combustion du bois

Sous l'effet de la chaleur, / les composés du bois se décomposent en libérant de l'énergie. La combustion du bois ne peut se produire que dans les conditions suivantes (1) :

- * se trouver en présence de bois
- * amener de l'oxygène
- * apport de source de chaleur suffisante.

Pour que la combustion soit complète, c'est-à-dire pour que les produits de la combustion ne renferment plus de fractions qui soient encore susceptibles de brûler, il faut réunir les conditions supplémentaires suivantes :

* la quantité d'oxygène contenue dans l'air comburant qu'il faudrait apporter ne devrait pas être inférieure à la quantité théorique. Les réactions stoechiométriques dans les foyers étant difficiles à obtenir, il serait mieux d'avoir

une quantité excédente d'air; d'où la nécessité pour un foyer amélioré de posséder des entrées d'air suffisantes.

* L'air de combustion doit être mélangé de façon ~~aussi~~ intime que possible avec les produits à brûler.

La taille, la forme, la structure et l'agencement des morceaux de bois sont aussi des critères intervenant dans la combustion complète. De petits morceaux brûlent plus facilement qu'une grosse bûche. Pour une même portion de bois brûlant, la combustion s'effectue en plusieurs étapes.

1.3.2 - Les étapes de la combustion

Elles sont au nombre de trois ; nous avons une phase de séchage, une phase de désintégration et une phase de combustion du charbon.

1.3.2.1 - Phase de séchage

L'humidité contenue dans le bois commence à s'évaporer et la température s'élève jusqu'à 100°C environ. Cette phase est d'autant plus longue que la teneur en eau du bois est importante.

1.3.2.2 - Phase de désintégration

A la suite du séchage, il y a une dégradation chimique des composés du bois. Cette désintégration chimique est la pyrolyse. Elle commence aux environs de 150°C. Les gaz inflammables commencent à s'échapper et un goudron semi-liquide apparaît. Ce ne sont que les gaz issus de ce processus qui brûlent d'abord en se combinant avec l'oxygène de l'air.

1.3.2.3 - Phase de combustion du charbon

Elle commence à la fin de la combustion des gaz inflammables. Souvent appelée pleine combustion, elle débute aux environs de 225°C. Il ne reste plus que du charbon de bois sous forme/^{de} braises incandescentes. On observe alors une faible flamme bleuâtre. Les produits de cette combustion sont

constitués de gaz carbonique et de cendres. En pratique, la combustion des gaz et celle du charbon se déroulent simultanément car, le charbon issu des petits morceaux commence à brûler au bout de quelques minutes, alors que les parties centrales des bûches de grands diamètres ne sont pas encore suffisamment chaudes pour libérer la totalité d'eau qu'elles contiennent (17).

1.3.3 - La fumée

C'est un produit issu de la combustion. Elle renferme essentiellement du CO_2 , de la vapeur d'eau provenant de l'humidité de l'air et du bois, de l'hydrogène et de l'oxygène du bois. On note aussi du monoxyde de carbone (CO) et du dioxyde de soufre (SO_2). La détermination du taux de la fumée en CO_2 et en CO permet d'avoir une idée sur la qualité de la combustion.

1.3.4 - L'air comburant

Au niveau de l'air comburant, on distingue deux types d'air : l'air primaire et l'air secondaire.

L'air primaire est celui passant dans le lit de combustion. Il accède au lit de combustion par la porte et, par les entrées aménagées à cet effet dans la partie basale des foyers; où il est rechauffé, par le rayonnement de chaleur vers le bas, avant d'atteindre le lit de combustion.

L'air secondaire passe par la partie supérieure de la porte et entretient la flamme dans la chambre de combustion.

1.3.5 - La chaleur

C'est le principal produit de la combustion recherché dans les foyers. La quantité de chaleur produite dépend de plusieurs facteurs dont : la qualité du bois, la

the first time, the author has been able to obtain a complete set of data for the entire range of the variation of the parameters. The results obtained are summarized in Table I.

The values of α and β were determined from the following equations:

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \ln \sigma}{\partial \ln \omega} \right)_{T_0}$$
$$\beta = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \ln \sigma}{\partial \ln T} \right)_{\omega_0}$$

where ω_0 and T_0 are the frequencies and temperatures at which the measurements were made. The values of α and β obtained are given in Table I.

The values of σ and ω were determined from the following equations:

$$\sigma = \sigma_0 e^{\alpha \ln \omega - \beta \ln T}$$
$$\omega = \omega_0 e^{-\alpha \ln \sigma + \beta \ln T}$$

where σ_0 and ω_0 are the values of σ and ω at T_0 and ω_0 . The values of σ and ω obtained are given in Table I.

The values of α and β obtained are given in Table I. The values of σ and ω obtained are given in Table I.

quantité d'air fourni et autres. Elle se transmet à la marmite selon trois modes : le rayonnement, la convection et la conduction. Ces modes de transmission sont aussi des sources de perte de chaleur. Nous reviendrons plus en détail sur les modes de transfert de la chaleur dans le paragraphe suivant.

1.4 - Les modes de transfert de la chaleur

Le transfert d'énergie a lieu chaque fois qu'un gradient de température existe à l'intérieur d'un système, ou lorsque deux systèmes ayant des températures différentes sont mis en contact. Le transfert de la chaleur issue de la combustion du bois obéit aux trois modes de transfert de chaleur qui sont :

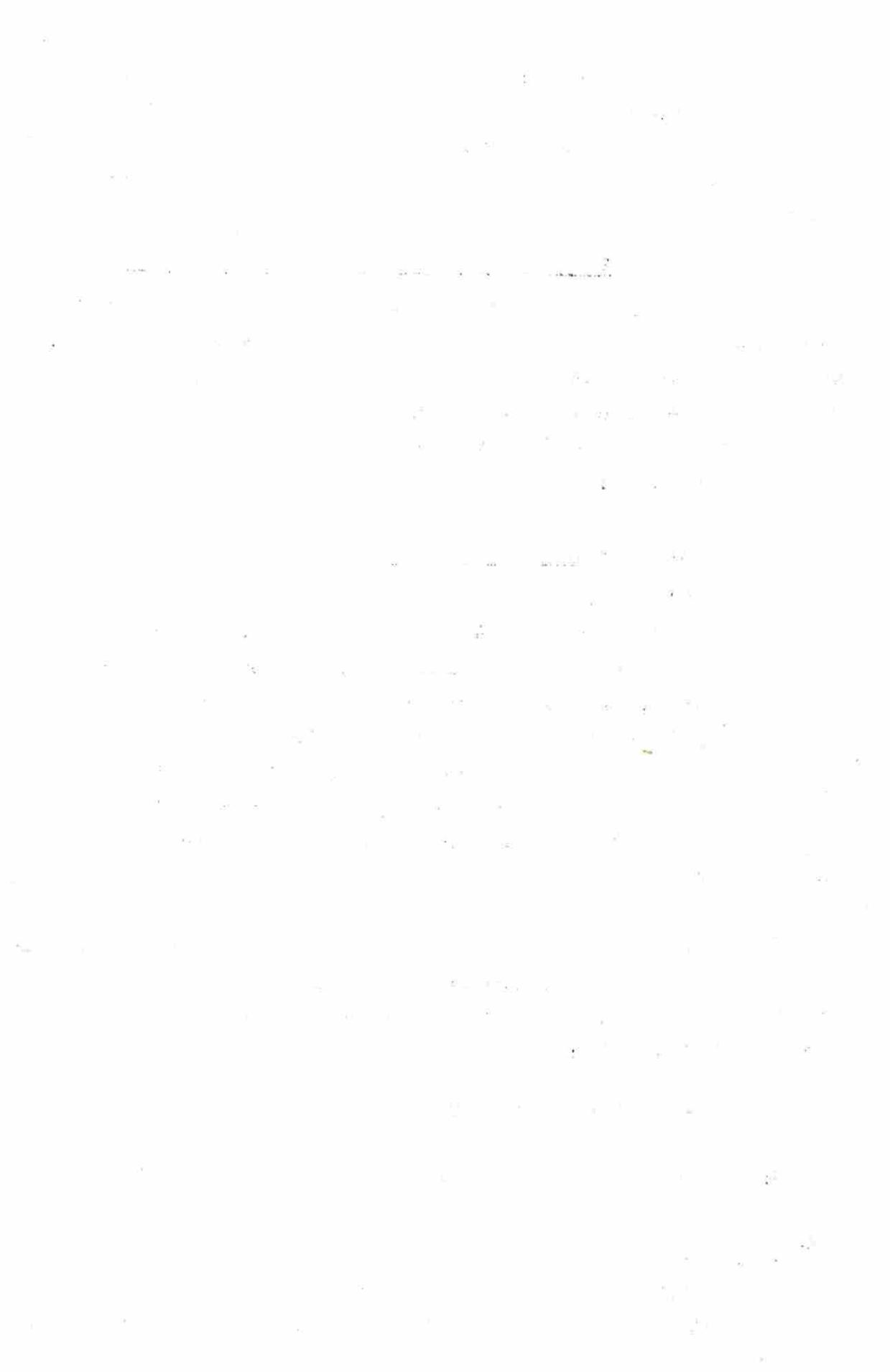
1.4.1 - Le rayonnement

C'est le mécanisme par lequel la chaleur se transmet de la source ardente à la marmite réceptrice. Elle est transmise sans support matériel. Dans la conception d'un foyer amélioré, on doit chercher à canaliser la presque quasi totalité de cette chaleur rayonnée vers la marmite. Les parois des foyers protégés ont pour rôle de limiter le rayonnement de chaleur vers l'ambiance ; ce qui n'est pas le cas dans les foyers traditionnels ouverts où une bonne partie de la chaleur se dissipe dans le milieu environnant. Le rayonnement est aussi une source de perte d'énergie dans les foyers métalliques. La chaleur effectivement transmise par rayonnement entre la source ardente (lit de combustion) et la marmite peut être exprimé par l'équation suivante (13 - 14) :

$$Q_R = \sigma \cdot A \cdot F_{1-2} \Delta T^4$$

Q_R : flux de chaleur transmis par rayonnement (W)

F_{1-2} : facteur modifiant l'équation des radiateurs parfaits pour tenir compte des facteurs d'émission et de la géométrie relative des corps en présence.



la section

A : aire de la section recevant la chaleur rayonnée (m^2)

σ : constante de Stéfan-Boltzman = $4,08 \cdot 10^{-8} W/m^2 \cdot ^\circ K^4$

ΔT : différence de température entre le corps émetteur et le corps récepteur ($^\circ K$).

Dans la formule, on voit que l'on aura intérêt, lors de la conception d'un foyer amélioré, à rechercher une plus grande surface de marmite exposée à la chaleur.

1.4.2 - La conduction

La conduction est un phénomène au moyen duquel la chaleur s'écoule à l'intérieur d'un milieu (solide, liquide ou gazeux) d'une région à haute température vers une autre à basse température, ou entre différents milieux mis en contact. Dans l'écoulement de chaleur par conduction, l'énergie se propage par contact direct des molécules sans un déplacement appréciable de celles-ci. Elle est ici transmise à l'aide d'un support matériel. Le support matériel dans le cas de notre étude est la marmite, son contenu et les parois du foyer. Pour avoir un meilleur échange de chaleur par conduction, au niveau des foyers améliorés, la conductivité thermique de la marmite doit être élevée et celle des parois du foyer médiocre pour minimiser les pertes de chaleur.

FOURIER J.B en 1822 proposa une relation fondamentale de la transmission de la chaleur par conduction (14-15) :

$$Q_k = \lambda \cdot S \cdot \left| \frac{dT}{dl} \right|$$

Q_k = flux de chaleur transmis par conduction dans le matériau (W)

λ = conductivité thermique du matériau ($W/m \cdot ^\circ K$)

S : aire de la section à travers laquelle s'écoule la chaleur par conduction. Cette section étant mesurée perpendiculairement à la direction du flux thermique (m^2).

...

$\frac{dT}{dl}$ = Gradient de température dans la section ;
c'est-à-dire le rapport de la variation de température T à la distance parcourue par le flux thermique ($^{\circ}\text{K}/\text{m}$).

Il est alors nécessaire que : l'épaisseur des parois de la marmite soit la plus mince possible, une grande partie de la surface de la marmite soit exposée à la chaleur et que la distance source de chaleur - fond de la marmite soit proportionnelle à la quantité de chaleur émise par rayonnement.

1.4.3 - La convection

La convection est un mode de transport d'énergie par l'action combinée de la conduction, de l'accumulation de l'énergie et du mouvement du milieu. C'est le mécanisme le plus important de transfert d'énergie entre une surface solide et un liquide ou un gaz. Cet écoulement dû au gradient de température et à la poussée d'Archimède est une convection libre qui est qualifiée de convection naturelle. Le transfert de chaleur par convection est meilleur dans les foyers protégés que dans les foyers ouverts. Dans les foyers protégés, on oblige les gaz chauds à lécher les parois de la marmite avant d'être évacués vers l'ambiance ; ce qui n'est pas le cas dans les foyers ouverts.

Le flux de chaleur transmis peut être évalué de la façon suivante (15) :

$$Q_c = \bar{h}_c \cdot S \cdot \Delta T$$

Q_c = flux de chaleur par convection (W)

ΔT = différence entre la température de la surface du solide et celle du solide loin de la surface ($^{\circ}\text{K}$).

\bar{h}_c = unité de conductance thermique moyenne de convection ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}$).

1.5 - Remarques

Au vu de tout cela, nous avons constaté qu'en protégeant le feu, on arrivait à optimiser le transfert de chaleur, issue de la combustion du bois, dans une direction donnée. C'est un des principaux rôles que doit assurer un foyer amélioré qui est un canalisateur de chaleur vers une marmite.

... /

CHAPITRE II / LES FOYERS AMELIORES

2.1 - Définition

Le foyer amélioré est un instrument conçu ou optimisé, par des techniciens en la matière, pour utiliser rationnellement l'énergie qui y est produite. Il est opposé au foyer traditionnel qui est un matériel empirique ne répondant à aucune norme de transmission optimale de chaleur.

2.2 - Intérêts d'un foyer amélioré

Le foyer amélioré est utilisé pour abaisser la consommation de combustible et diminuer les dépenses pour son acquisition. L'utilisation plus rationnelle du combustible bois comme source d'énergie pourrait contribuer à freiner l'appauvrissement du capital forestier.

2.3 - La vulgarisation des foyers améliorés

Elle consiste à substituer les foyers : 3 pierres traditionnels, malgaches et autres, par des matériaux plus performants. L'étape de vulgarisation des foyers améliorés au Burkina Faso est déjà avancée mais se heurte à des difficultés : le coût des foyers améliorés, la production artisanale pour n'en citer que ceux-ci.

Pour cela, des programmes élaborés par des structures de diffusion : Service Foyers Améliorés et différents projets ont entrepris soit de promouvoir l'auto-construction, soit l'encadrement d'artisan pour la production. La situation de la vulgarisation ou de la production des foyers améliorés dans les grandes villes comme Ouagadougou est satisfaisante mais demanderait à être améliorée davantage (24).

2.4 - Conception d'un foyer amélioré

2.4.1 - Aspects à considérer

La conception des foyers à haut rendement doit

TABLE II
Effect of Crown Polymer on the Properties of Polyisobutylene

Crown polymer concentration, wt %	Tensile properties		Viscosity		Oscillation	
	Tensile strength, kg/cm ²	Elongation at break, %	Specific viscosity, η_{sp}/c	Reduced viscosity, η_{sp}/c	Frequency, Hz	Amplitude, cm
0	10.0	100	—	—	—	—
0.1	10.0	100	—	—	—	—
0.2	10.0	100	—	—	—	—
0.5	10.0	100	—	—	—	—
1.0	10.0	100	—	—	—	—
2.0	10.0	100	—	—	—	—
4.0	10.0	100	—	—	—	—
6.0	10.0	100	—	—	—	—
8.0	10.0	100	—	—	—	—
10.0	10.0	100	—	—	—	—
12.0	10.0	100	—	—	—	—
14.0	10.0	100	—	—	—	—
16.0	10.0	100	—	—	—	—
18.0	10.0	100	—	—	—	—
20.0	10.0	100	—	—	—	—
22.0	10.0	100	—	—	—	—
24.0	10.0	100	—	—	—	—
26.0	10.0	100	—	—	—	—
28.0	10.0	100	—	—	—	—
30.0	10.0	100	—	—	—	—
32.0	10.0	100	—	—	—	—
34.0	10.0	100	—	—	—	—
36.0	10.0	100	—	—	—	—
38.0	10.0	100	—	—	—	—
40.0	10.0	100	—	—	—	—
42.0	10.0	100	—	—	—	—
44.0	10.0	100	—	—	—	—
46.0	10.0	100	—	—	—	—
48.0	10.0	100	—	—	—	—
50.0	10.0	100	—	—	—	—
52.0	10.0	100	—	—	—	—
54.0	10.0	100	—	—	—	—
56.0	10.0	100	—	—	—	—
58.0	10.0	100	—	—	—	—
60.0	10.0	100	—	—	—	—
62.0	10.0	100	—	—	—	—
64.0	10.0	100	—	—	—	—
66.0	10.0	100	—	—	—	—
68.0	10.0	100	—	—	—	—
70.0	10.0	100	—	—	—	—
72.0	10.0	100	—	—	—	—
74.0	10.0	100	—	—	—	—
76.0	10.0	100	—	—	—	—
78.0	10.0	100	—	—	—	—
80.0	10.0	100	—	—	—	—
82.0	10.0	100	—	—	—	—
84.0	10.0	100	—	—	—	—
86.0	10.0	100	—	—	—	—
88.0	10.0	100	—	—	—	—
90.0	10.0	100	—	—	—	—
92.0	10.0	100	—	—	—	—
94.0	10.0	100	—	—	—	—
96.0	10.0	100	—	—	—	—
98.0	10.0	100	—	—	—	—
100.0	10.0	100	—	—	—	—

the viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

The effect of the concentration of crown polymer on the viscosity of polyisobutylene is shown in Figure 1. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

The effect of the concentration of crown polymer on the viscosity of polyisobutylene is shown in Figure 1. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

The effect of the concentration of crown polymer on the viscosity of polyisobutylene is shown in Figure 1. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

The effect of the concentration of crown polymer on the viscosity of polyisobutylene is shown in Figure 1. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

The effect of the concentration of crown polymer on the viscosity of polyisobutylene is shown in Figure 1. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

The effect of the concentration of crown polymer on the viscosity of polyisobutylene is shown in Figure 1. The viscosity of the polymer solution is increased by the addition of crown polymer. The reduced viscosity is also increased, but the increase is less than that of the specific viscosity.

obéir à deux principes essentiels pour aboutir à une économie maximale et réelle de combustible. Ces principes sont les suivants :

- 1 - une combustion complète du combustible
- 2 - une utilisation maximale de la chaleur produite.

Ces deux principes sont du domaine de la technique de conception. La conception et la mise au point des foyers améliorés doivent également tenir compte de certaines considérations socio-culturelles : besoins, ressources locales, salubrité et sécurité, confort. Ces considérations socio-culturelles sont étroitement liées aux aspects physiques des foyers : hauteur et emplacement du foyer, présence ou non d'une cheminée, taille de la chambre de combustion et autres qui sont des considérations technologiques.

Enfin, elles doivent aussi prendre en ligne de compte les contraintes d'environnement et de diffusion qui sont essentiellement d'ordre économique. Pour plus de détails sur les paramètres déterminants la mise au point des fourneaux, nous vous prions de bien vouloir vous référer à la fig. n° I ci-jointe.

.../



Fig. 1. The number of edges (E) versus the number of nodes (N) for the random graphs.

and the number of edges (E) versus the number of nodes (N) for the random graphs.

The results are shown in Fig. 1. It can be seen that there are two linear trends.

For small values of N , the number of edges (E) increases with N as $E \propto N$.

For large values of N , the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$.

It is also observed that the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$ for small values of N .

For large values of N , the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$.

It is also observed that the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$ for small values of N .

For large values of N , the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$.

It is also observed that the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$ for small values of N .

For large values of N , the number of edges (E) increases with N as $E \propto N^2$.

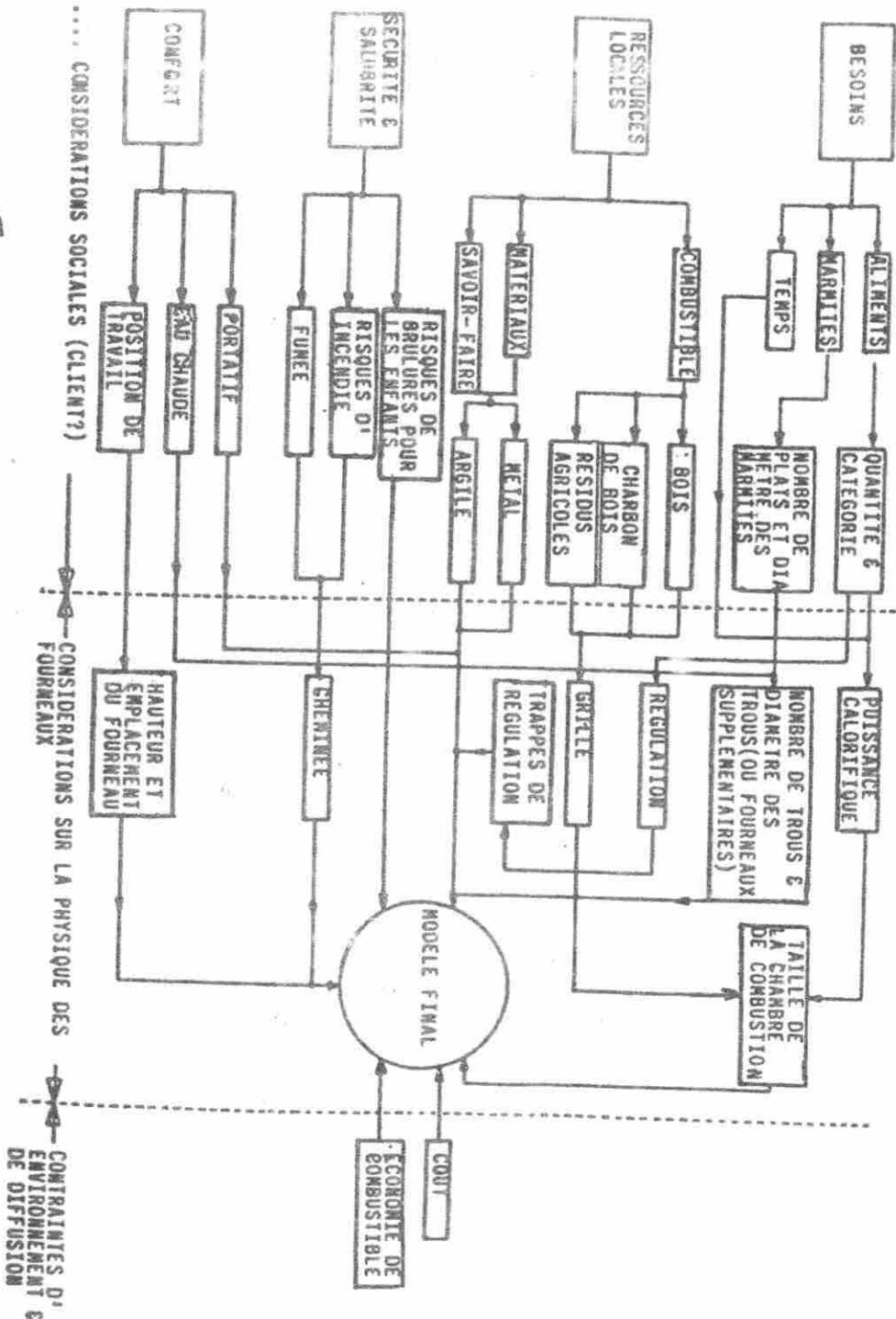


Fig. n° 5 : Paramètres déterminants de la mise au point des fourneaux

2.5 - Description des différentes parties d'un foyer amélioré métallique

Les parties essentielles d'un foyer amélioré métallique sont : la porte, la chambre de combustion, la grille, les entrées d'air primaire et le gap.

- a) - la porte : c'est une ouverture par laquelle on alimente le foyer en bois. Elle sert aussi à alimenter le feu en air.
- b) - la chambre de combustion : c'est la zone située entre la grille et le fond de la marmite. Dans la chambre de combustion se déroulent la combustion du bois, le mélange air-gaz, et la combustion des gaz.
- c) - la grille : c'est une plaque perforée située un peu au dessus du sol. Elle a pour rôle de récupérer le charbon issu de la combustion, de réchauffer l'air primaire avant son admission dans la chambre de combustion et l'élimination des cendres vers le bas.
- d) - entrées d'air primaire : ce sont des ouvertures aménagées au dessous de la grille pour assurer l'alimentation maximale en air de la chambre de combustion.
- e)-Gap : espace existant entre les parois du foyer et la marmite assurant l'évacuation des fumées et facilitant le tirage.

2.6 - Appréciations sur les foyers améliorés métalliques

Les foyers améliorés métalliques se sont révélés être de véritables instruments pour l'économie du bois. Ils sont légers et facilement transportables. On assiste cependant à une vulgarisation relativement lente des foyers améliorés métalliques en ville (24). Le circuit de la fabrication à la commercialisation n'est pas totalement maîtrisé. Il y a souvent des ruptures de stock dans les points de vente. Cela fait que sur le marché, nous assistons à une concurrence entre les foyers améliorés métalliques et les foyers métalliques traditionnels (malgaches) qui eux se prêtent aux multiples usages des

卷之三

utilisatrices : préparation des repas, friture d'aliments commercialisables (beignets, gâteaux), grillade (maïs, viande). Il faut aussi remarquer que ces foyers métalliques traditionnels sont d'un coût relativement moins élevé et qu'ils sont disponibles un peu partout.

2.7 - Remarques

Les habitudes culinaires des grandes villes diffèrent un peu de celles des zones rurales. La nécessité de prendre en ligne de compte cette différenciation bien que minime ne fait ressentir. Un prototype de foyer amélioré pouvant satisfaire ces attentes serait souhaitable. C'est alors à ce moment qu'intervient la recherche qui est un volet complémentaire et surtout fondamental dans la vulgarisation des foyers améliorés.

... /

2 EME PARTIE : ETUDE TECHNIQUE

-♦-♦-♦-♦-

CHAPITRE III / OBJECTIFS DE L'ETUDE ET DESCRIPTION DU FOYER MULTIMARMI TE METALLIQUE

3.1 - Objectifs de l'étude

Les objectifs visés par cette étude sont :

- 1) mettre au point un foyer capable de recevoir successivement différentes tailles de marmite. Afin de pallier au fait que les foyers améliorés métalliques unimarmites avec des fonctions spécifiques n'offraient pas les possibilités d'usages multiples.
- 2) utiliser moins de matériau dans la fabrication du foyer.

3.2 - Description du foyer multimarmite métallique

Le foyer multimarmite métallique, comme les autres foyers améliorés métalliques déjà existants possède : une porte, une grille, une chambre de combustion, des entrées d'air primaire. Il est muni à sa partie supérieure d'un cône renversé ; c'est-à-dire que la petite base du cône est jointe à la chambre de combustion et la grande base receptionne la marmite. De petits cylindres en métal sont insérés à l'intérieur du cône pour assurer un gap constant. Les différentes dimensions sont données dans le tableau n°I ci-joint. Les figures n°II_a et II_b nous donnent une idée de ce qu'est un foyer multimarmite. Les figures n°III_a et III_b représentent les gabarits des deux derniers foyers testés. Nous avons donné au foyer le nom SAB, qui est le diminutif de Sabine. Les indices suivants ce nom indiquent l'ordre de confection de ces foyers.

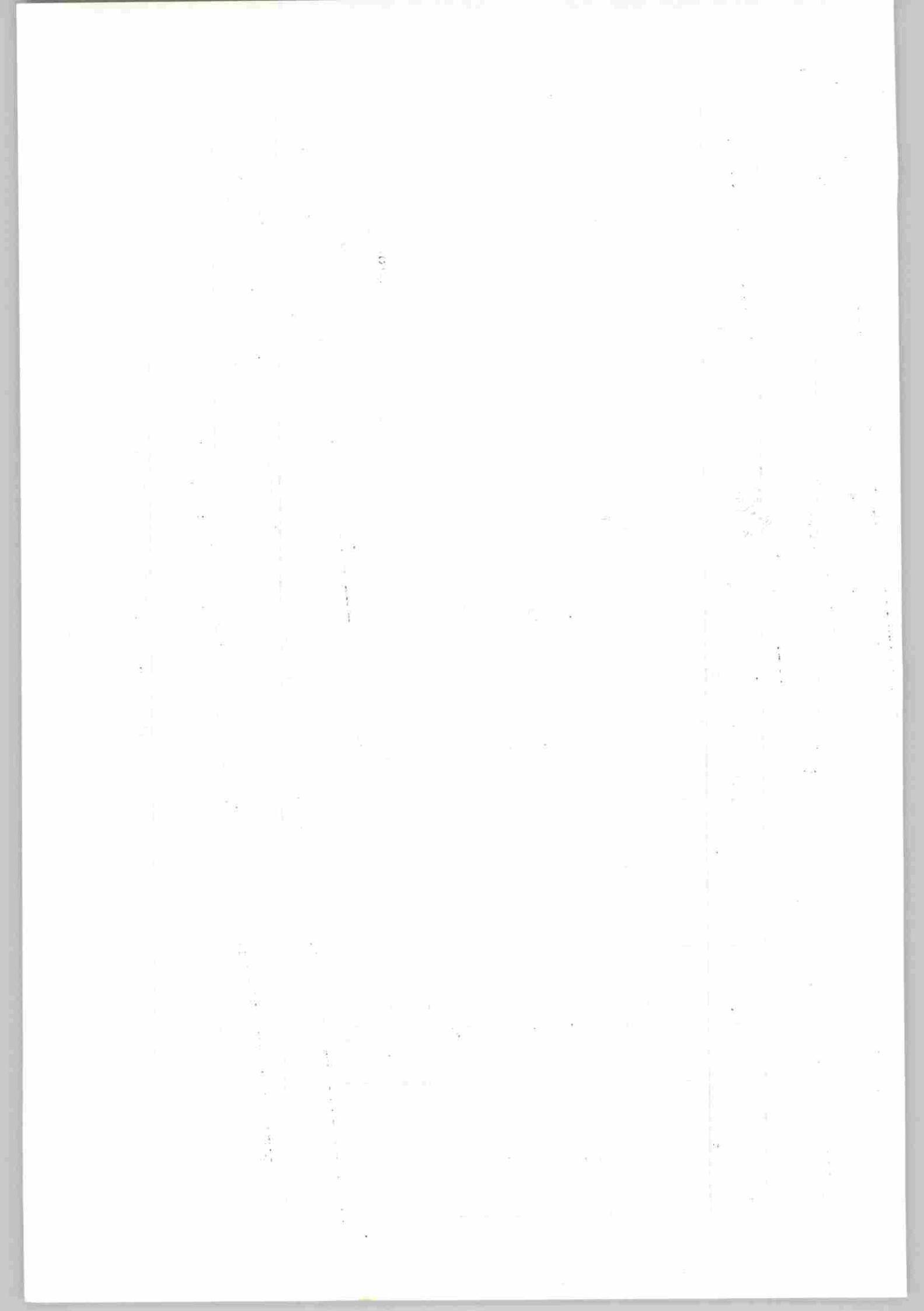
* Remarques :

Tous ces foyers ont été fabriqués grâce au concours d'un artisan tôlier de la place. La tôle utilisée était de la tôle de récupération. Nous avons effectué des modifications tout au long de l'étude.

Tableau n°1 : dimensions des prototypes de foyers multimarnites testés

Dimensions (cm)	Foyers				
	SAB ₁	SAB ₂	SAB ₃	SAB ₄	SAB ₅
Largeur porte	10	15,5	25,5	11	10
Hauteur porte	11	9,5	10	9,2	7
Hauteur chambre de combustion	17	15,5	15	14	12
Diamètre chambre de combustion	23	23,5	23,5	17,5	18
Gap	2,5	1,2	1,2	0,5	0,5
Distance grille-sol	2,5	2,5	2	3	4
Distance grille :					
- hauteur n°2	10,5	10	10	11	10,6
- " n°3	12	11	11	12	11,5
- " n°4	13	12	14,5	12,5	12
- " n°5	13,5	12,5	12	13	12,5
Longueur cône	11	9,5+(3)*	9,5	9	8
Entrée cône à nbr (HzL)	1(2,5,18)	1(2,5,15,5)	2(2,5,15,5)	4(3,4)	4(3,5,5)
Angle (°) cône	48°	43°	42°	45°	45°

(3)* : hauteur de la couronne surmontant le cône du SAB₃



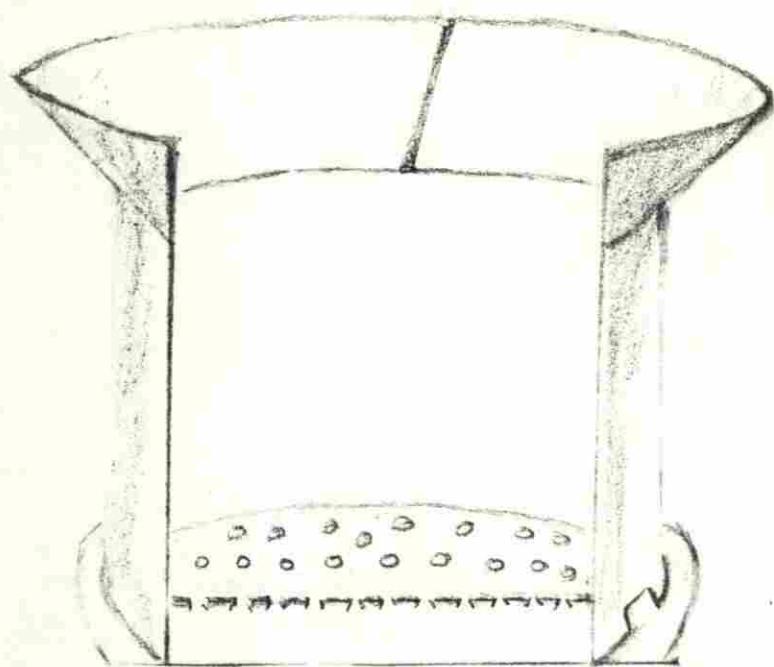


fig. n° IIa coupe longitudinale
du SAB₄

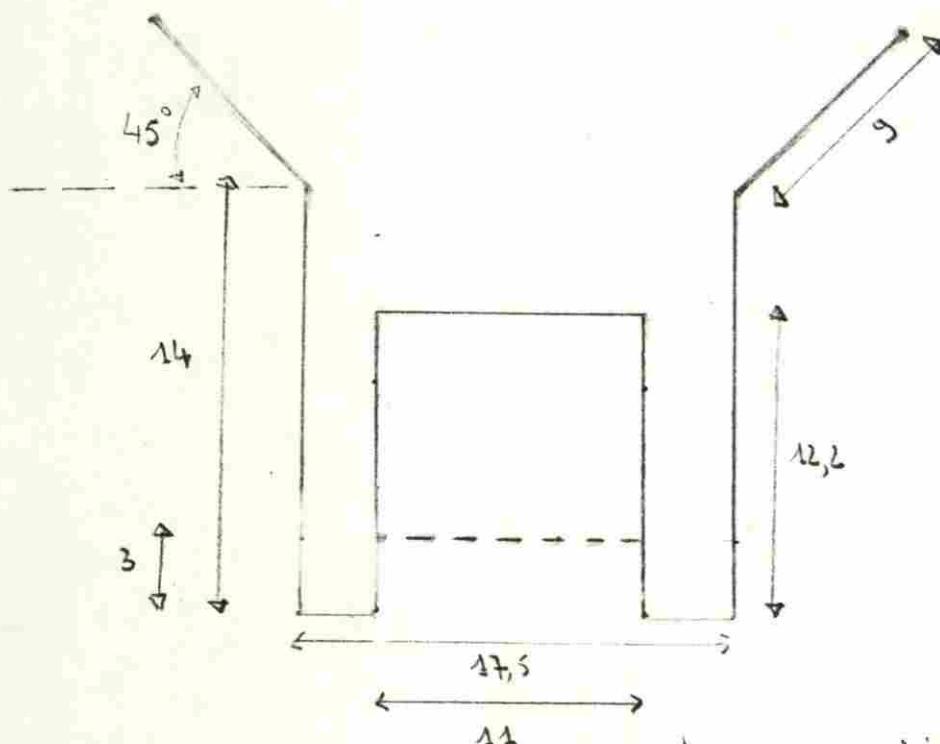


fig. n° IIb schéma du SAB₄

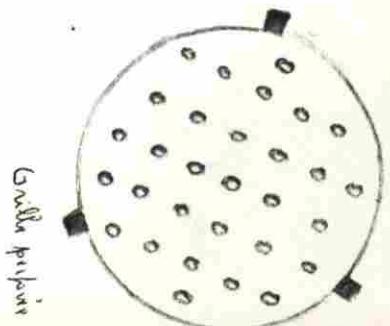
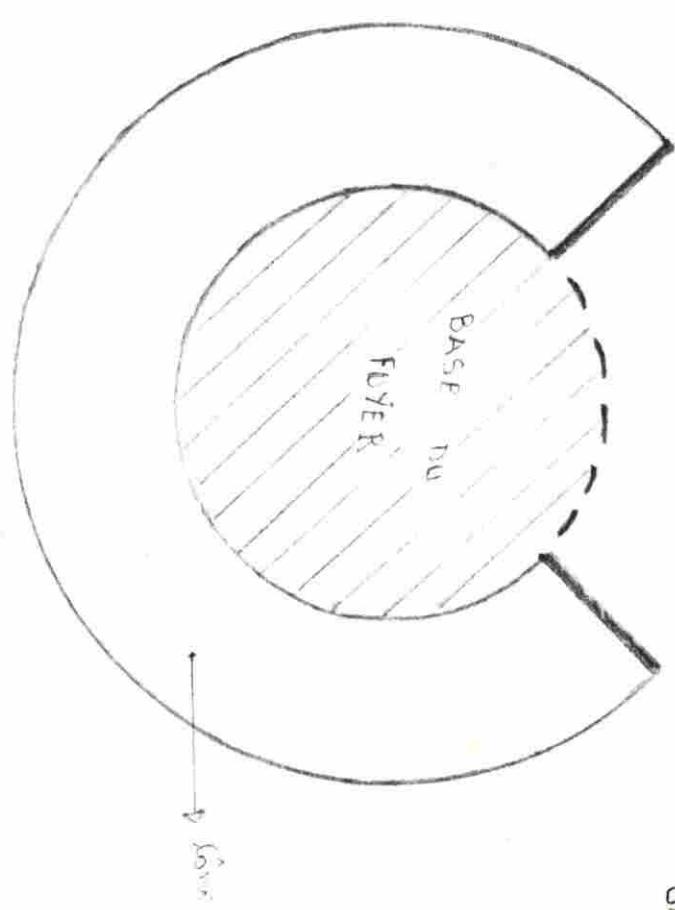
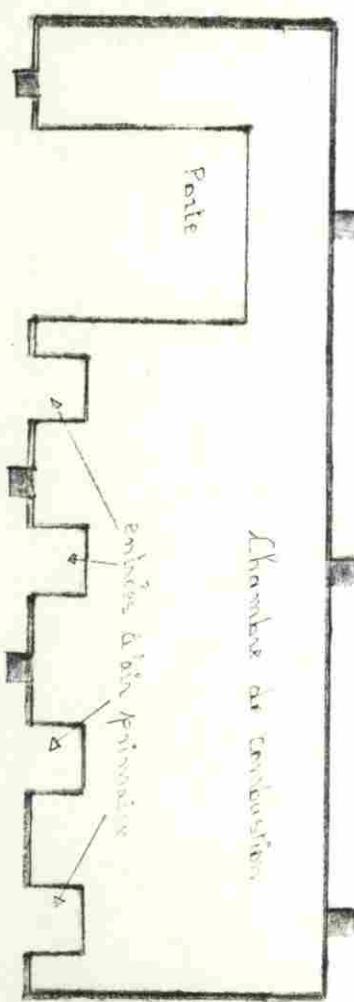
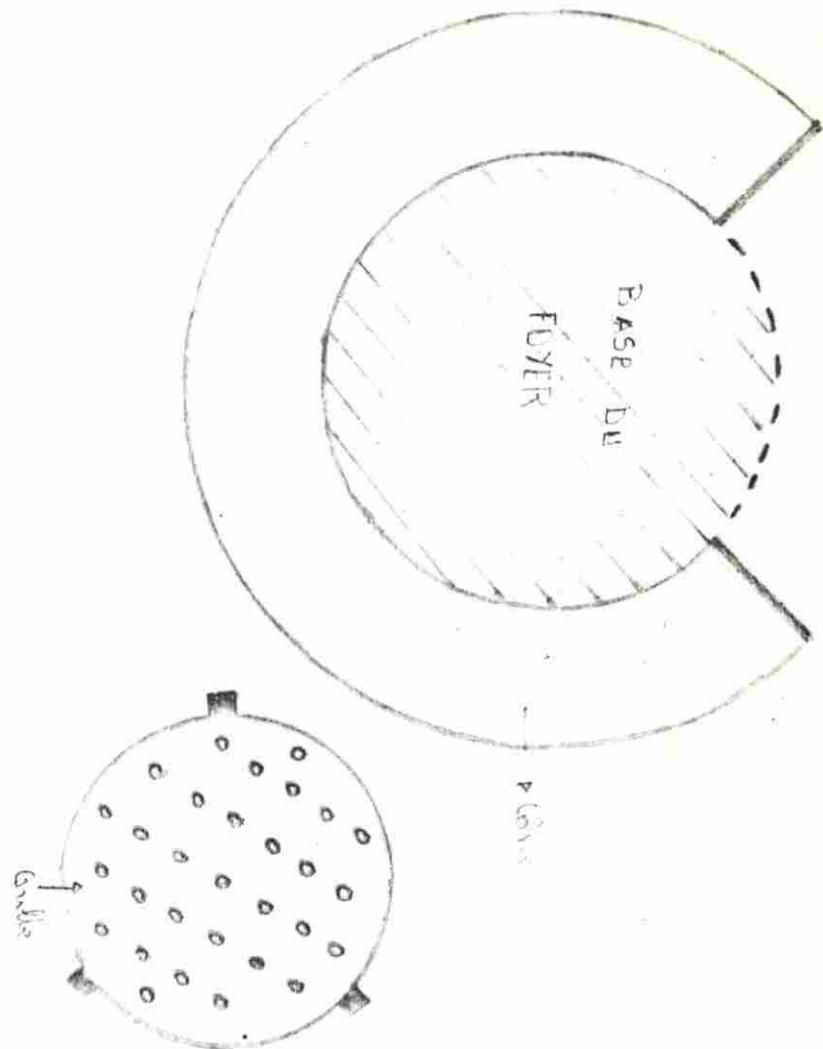
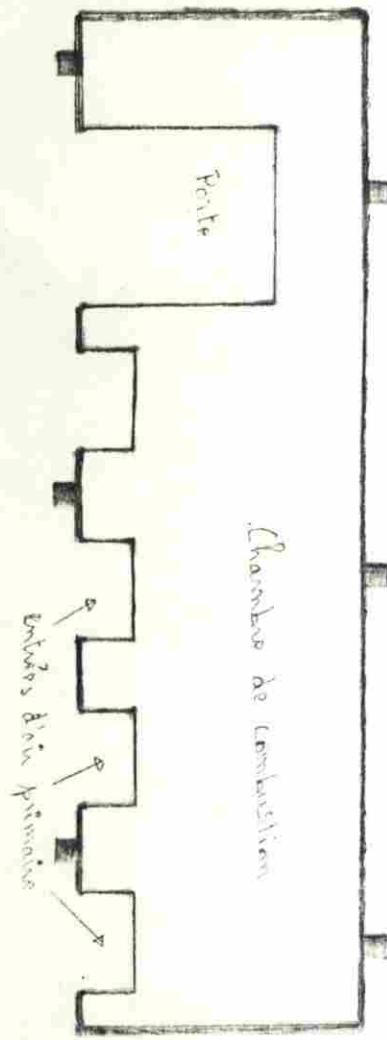
Gabard des éléments
Gondolins du SNSÉ

échelle : 1/4,3

- 17 -

Gabard des éléments
Gondolins du SNSÉ

échelle : 1/4,3



CHAPITRE IV / MÉTHODOLOGIE DES TESTS DE LABORATOIRE

4.1 - Test d'ébullition de l'eau

La présente méthodologie de test de performance des foyers domestiques à bois ou à charbon de bois a été élaborée lors du séminaire régional CHLESS qui a eu lieu du 23 au 29 juin 1986 à Mansakonko (Gambie). Cette norme d'essai est l'aboutissement de la réflexion et des travaux des centres de recherches schéliens sur les propositions précédentes de standardisation de ces tests : Louvain (Belgique) en mars 1982, Marseille (France) en mai 1982, Arlington (USA) en décembre 1982, Ouagadougou (Burkina Faso) en 1984 et Bamako (Mali) en 1985.

Elle a pour finalité l'uniformisation des conditions d'essai, de la procédure et l'expression des résultats. Le test d'ébullition d'eau est une simulation simple et rapide des étapes habituellement suivies pour la cuisson des repas (4). Ce test comprend deux phases :

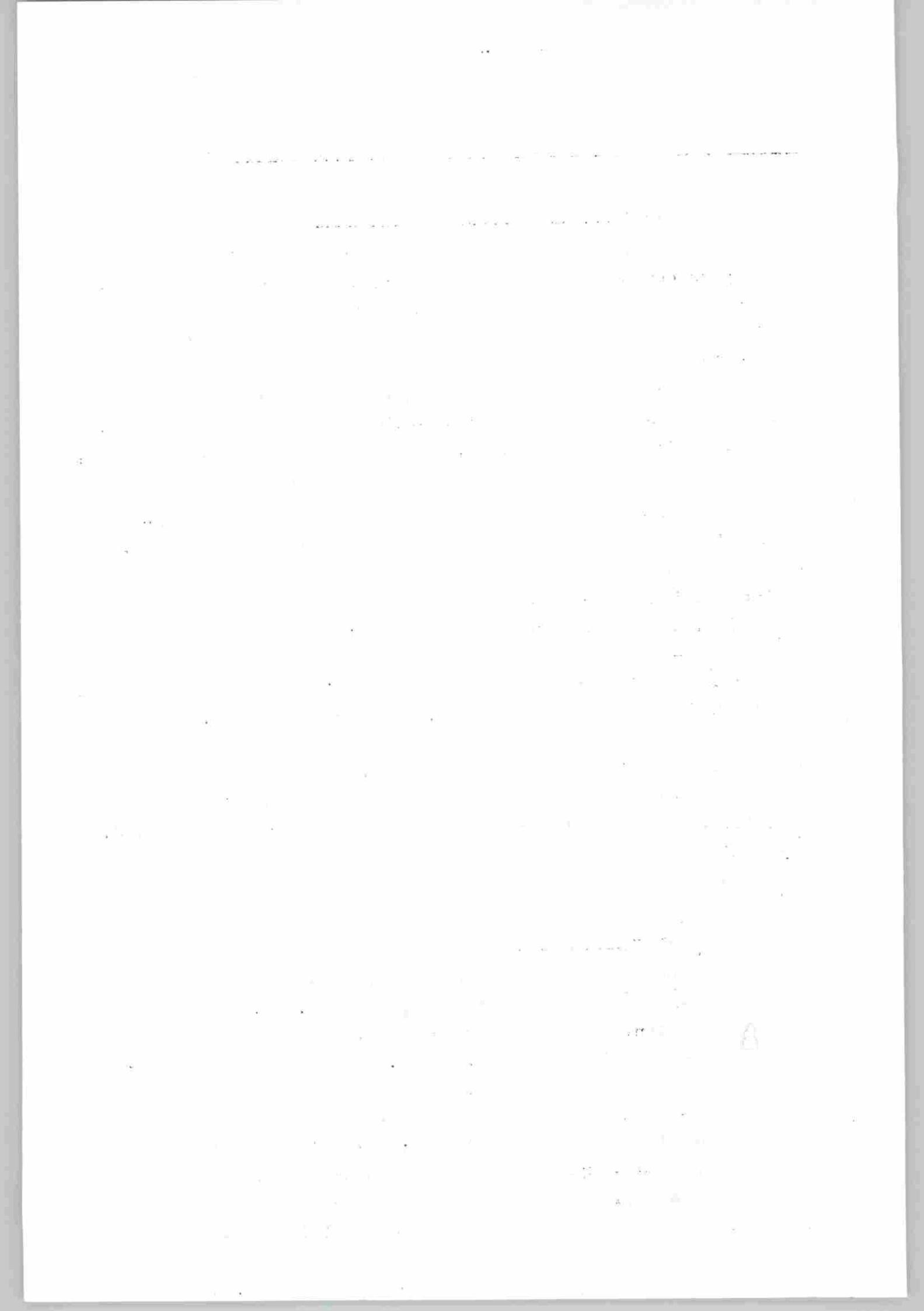
- une phase haute puissance durant laquelle on porte à ébullition une certaine quantité d'eau le plus rapidement possible. Au début de cette phase, on charge le foyer, au maximum, en bois pour obtenir un feu nourri. On essayera de maintenir une puissance de feu optimale.

- une phase basse puissance de mijotage durant laquelle cette quantité d'eau est maintenue entre 95° et 100°C. On utilisera le minimum de bois possible. Cette phase de mijotage devrait durer 30 minutes.

4.2 - Equipement

Comme matériel nous disposons de :

- un ensemble foyer - marmite (n°2,3,4,5) de forme sphérique en fonte avec un couvercle percé ;
- du bois d'eucalyptus sp., espèce courante provenant de la plantation de Wayen.
- une balance de marque SARTORIUS d'une capacité de 16 kg et d'une sensibilité de 1g ; puis d'une balance de marque Mettler-FEHD d'une capacité de 24 kg, et d'une sensibilité de 0,1 g quand le poids de la charge est inférieur à 6 kg ; 1 g quand il est supérieur ou égal à 6 kg .



- des thermomètres à mercure qui se fixent à travers le couvercle à environ 1 cm du fond de la marmite.
- un thermomètre à mercure pour lire la température ambiante ;
- un chronomètre ou une montre indiquant les minutes. Comme moyen humain, nous avons été épaulés par le personnel foyers améliorés de l'IEE et une contractuelle pour la réalisation des différents tests.

4.3 - Méthodologie de test

Les procédures d'essais standardisées devraient fournir toutes les données nécessaires pour établir et comparer de manière objective les caractéristiques techniques des foyers et en particulier, leurs rendements respectifs. La procédure fut la suivante :

- noter les conditions météorologiques : température ambiante, intensité du vent (fort, moyen, faible).
- nettoyer l'emplacement du foyer et la marmite qui sera utilisée.
- peser une quantité de bois T_0 jugée largement suffisante pour toute la durée du test.
- peser la marmite d'eau complète (couvercle + thermomètre) vide, M_V .
- remplir la marmite d'eau aux 2/3 de sa capacité ce qui représente les besoins moyens d'une famille. Remettre le couvercle et le thermomètre.
- peser la marmite complète contenant l'eau et noter M_o .
- charger le foyer de façon optimale pour avoir un feu vif et une bonne combustion, noter le nombre de morceaux de bois utilisé.
- allumer le feu avec une petite quantité de pétrole
- relever la température initiale T_0 de l'eau
- lorsque le combustible utilisé pour l'allumage est totalement consumé et que la combustion du bois lui-même a débuté, poser la marmite et commencer le minutage.
- relever la température de l'eau toute les cinq minutes.

- conduire le feu de manière à parvenir à l'ébullition le plus rapidement possible. Noter toute manipulation et réaction du feu.
- au moment où l'eau se met à bouillir, noter le T.E.
- peser et noter séparément le bois restant B1 et le charbon récupéré C1.
- peser la marmite complète M1 après ébullition.
- reposer la marmite et réactiver le feu en utilisant le bois B1 seulement.
- conduire le feu en utilisant le minimum de bois pour maintenir la température de l'eau entre 95° et 100°C et en évitant un excès d'ébullition.
- à la fin de cette phase, peser le bois restant B2 et le charbon récupéré C2.
- peser la marmite complète M2 après la deuxième phase.

4.4 - Expression des résultats

Pour rendre compte du comportement et de la performance du foyer, on exprimera les résultats suivants :

- T.E : temps d'ébullition : temps nécessaire pour parvenir à ébullition (mn)
- T.E.S : temps d'ébullition spécifique : temps nécessaire pour amener 1 litre d'eau de 0 à 100°C (mn/l).
- P.C.U.1 : pourcentage de chaleur utilisée à la première phase : c'est le rapport de l'énergie récupérée par le contenu de la marmite à l'énergie produite pendant la combustion à la première phase (ébullition) en %.
- C.S.1 : consommation spécifique 1^e phase : c'est la quantité de combustible nécessaire pour amener un litre d'eau de 0 à 100°C (kg/l).
- P.1 : puissance 1^e phase : elle correspond à la quantité d'énergie produite pendant la première phase par unité de temps ($\frac{kw}{h}$).
- C.S.2 : consommation spécifique 2^e phase : quantité de combustible nécessaire pour évaporer un litre d'eau pendant la 2^e phase (kg/l).

- P.S : puissance 1^e phase : quantité d'énergie produite pendant la 1^e phase par unité de temps (kw).

- P.C.T.T : pourcentage de chaleur utilisée total : c'est le rendement thermique. Il est égal au rapport de l'énergie récupérée par le contenu de la marmite à l'énergie produite par la combustion pendant la totalité de l'essai (%).

- B.S.T : bois sec consommé total : équivalent du bois sec consommé pendant la totalité de l'essai (kg).

F : flexibilité : c'est le rapport de la puissance première phase à la puissance deuxième phase.

- M.E.V : masse d'eau évaporée sur la totalité de l'essai (kg).

4.5 - Calculs

Pour l'expression des résultats, nous avons utilisé des coefficients/^{de} correction pour inclure l'influence connue des paramètres non standards.

• température initiale de l'eau ramenée à 0°C

$$\frac{100 - T_0}{100}$$

• humidité du bois utilisé (X) calculée / à partir de l'humidité relative de l'air (H.R) suivant la formule :

$$X = 0,2 \cdot H.R$$

HR étant l'humidité relative de l'air du mois dans lequel les tests ont été menés. Elle intervient dans l'expression de l'équivalent de bois sec consommé.

$$BS = B (1 - 0,2HR) - 1,5 C$$

1- calculs préliminaires: toutes les pesées se font en kg.

$$BS_1 = (B_0 - B_1) (1 - 0,2HR) - 1,5 C_1$$

$$BS_2 = (B_1 - B_2) (1 - 0,2HR) - 1,5 C_2$$

2- calculs sur la phase haute puissance

$$T.E.S = \frac{T.E}{M_1 - M_V} \times \frac{100}{100 - T_0} \quad (\text{mm/l})$$

$$P.C.U.1 = \frac{4,18(M_o - M_v) (100 - T_o) + 3260 (M_o - M_1)}{BS_1 \times 19000} \times 100 (\%)$$

$$P_1 = \frac{BS_1 \times 19000}{T_o \times 1000} \text{ (kW)}$$

$$C.S_1 = \frac{BS_1 \times 100}{(M_1 - M_v) \cdot (100 - T_o)} \text{ (kg/l)}$$

3- calculs sur la phase basse puissance

$$C.S_2 = \frac{B.S_2}{M_1 - M_2} \text{ (kg/l)}$$

$$P_2 = \frac{BS_2 \times 19000}{1800} \text{ (kW)}$$

4- calculs sur la durée totale de l'essai

$$B.S.T = B.S.1 + B.S.2 \text{ (kg)}$$

$$P.C.U.T = \frac{4,18 (M_o - M_v) (100 - T_o) + 3260 (M_o - M_2) \times 100 (\%)}{B.S.T \times 19000}$$

$$M.E.V = M_o - M_2 \text{ (l)}$$

$$F = P_1 / P_2$$

4.6 - Difficultés rencontrées

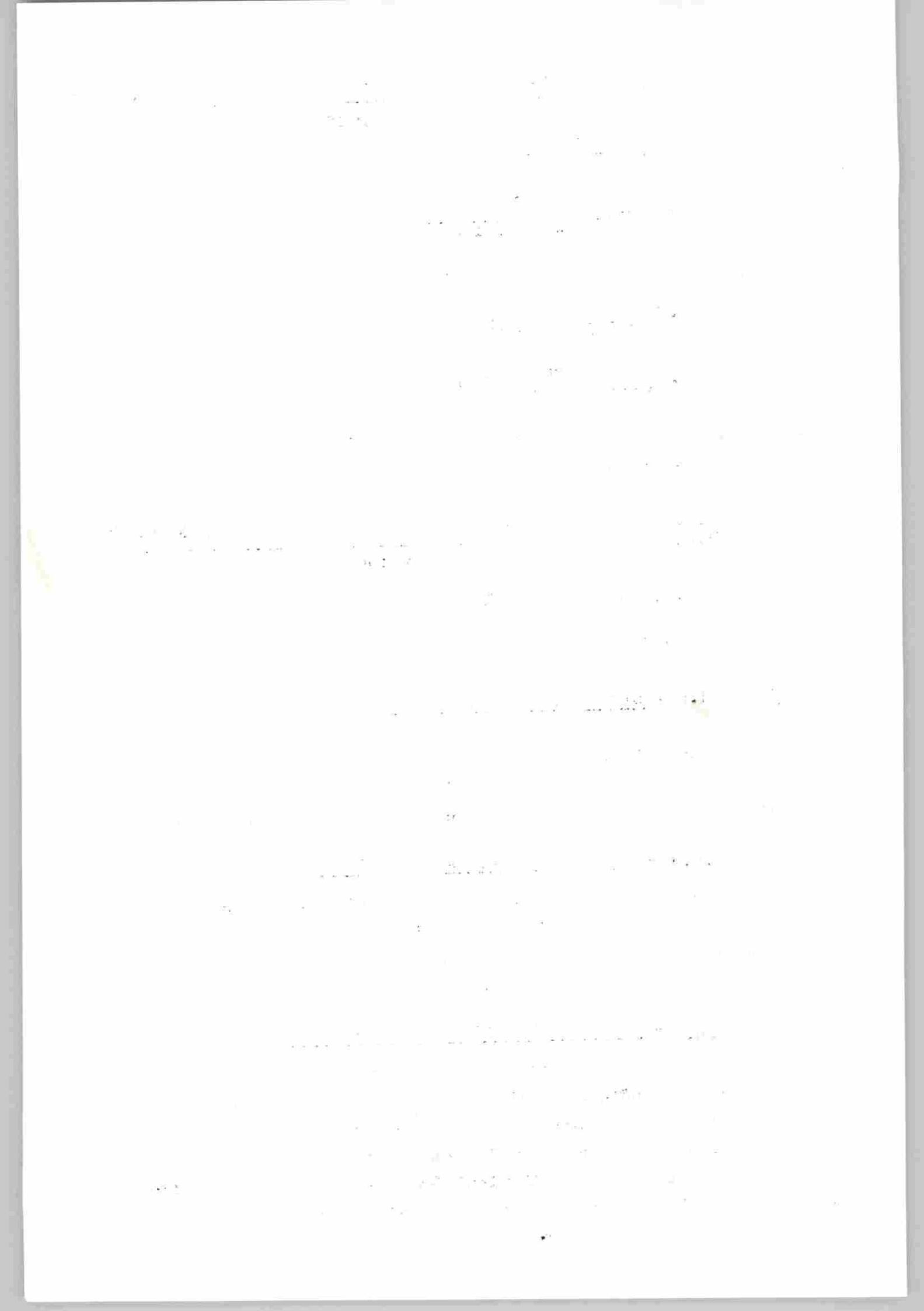
Les difficultés que nous avons rencontrées au cours de l'étude sont essentiellement liées aux balances utilisées. Celles liées aux opérateurs ont eu rapidement une solution.

4.6.1 - Difficultés liées au matériel

De nombreuses pannes d'électricité ont joué négativement sur le bon déroulement de l'étude. Les balances utilisées fonctionnaient à l'échelle. Nous avons été obligés de reprendre un nombre considérable de tests.

4.6.2 - Difficultés liées aux opérateurs

Le personnel foyer amélioré de l'IRE étant aller en congé en fin août, l'institut de recherche a fait appel aux services d'une animatrice contractuelle qui avait déjà effectué plusieurs tests pour nous épauler dans l'exécution des tests. Nous avons rencontrés des difficultés dans la conduite du feu et dans le remplissage des fiches. Pour cela nous avons été amenés à reprendre certains tests.



CHAPITRE V / RESULTATS

Pour les mensurations, nous disposons de fiches de test d'ébullition d'eau dont un exemplaire est ci-joint. Les résultats des calculs ont été ensuite regroupés dans des tableaux récapitulatifs des résultats qui sont classés dans l'annexe n°2 par type de marmite. Les tableau n°2.1 et n°2.2 nous donne un résumé des moyennes des différents calculs. Les intervalles de confiance ont été calculés au niveau de probabilité 95 %.

.../

1990-91 1991-92 1992-93
\$1000 \$1000 \$1000

TEST D'EBULLITION D'EAU

TEST N° DATE

OPERATEUR :

TYPE DE FOYER : TEMPERATURE ALIMENTE

DEBUT DU TEST : HEURE : MINUTES

POIDS DE LA MARmites VIDE + COUVERCLE ET THERMOMETRE.....kg

POIDS DE LA MARmite + EAU + COUVERCLE ET THERMOMETRE.....kg

POIDS DU BOIS :kg

NOMBRE DE PIECES INTRODUITES DANS LE FOYER :

BRINDILLES D'ALLUMAGE : (kg)

<u>TEMPS EN MINUTE</u>	<u>TEMPERATURE DE L'EAU</u>	<u>REMARQUES</u>
0.....		
5.....		
10.....		
15.....		
20.....		
25.....		
30.....		
35.....		

POIDS DU BOIS RESTANT :kg

POIDS DE LA MARmite + EAU + COUVERCLE ET THERMOMETRE :kg

POIDS DU CHARBON RECUPERE : kg

<u>MESURAGE</u>	<u>TEMPERATURE DE L'EAU</u>	<u>REMARQUES</u>
0		
5.....		
10.....		
15.....		
20.....		
25.....		
30.....		
POIDS DU BOIS RESTANT.....kg		
POIDS DE LA MARmite + EAU + COUVERCLE ET THERMOMETRE :kg		
POIDS DU CHARBON RECUPERE :kg		

1. *Introduction*
2. *Methodology*
3. *Results*
4. *Conclusion*

Tableau n° 3.0.1 : moyennes des différents calculs sur période n° 3 et t_2

NOM DU SITE n°	1 ^o PHASE				2 ^o PHASE			TOTALITE DE L'ESSAI				
	P <small>U</small> C <small>U</small> R	\overline{P}	\overline{P}_{ES}	\overline{PCU}_1	\overline{P}_1	\overline{CS}_1	\overline{CS}_2	\overline{P}_2	\overline{EST}	\overline{FCUT}	\overline{IDV}	\overline{P}
3.0.PT	15,6	4,616	16,957	9,654	0,139	1,305	2,352	0,726	14,762	0,527	4,322	
SAB I	10,4	5,164	20,866	7,577	0,112	1,413	1,855	0,578	17,183	0,165	4,07	
SAB II	19	5,354	22,643	6,195	0,101	1,033	1,633	0,547	19,384	0,181	3,853	
SAB III	18,5	5,55	21,793	6,183	0,107	1,564	1,587	0,532	17,877	0,141	3,931	
SAB IV	24	6,792	28,302	3,956	0,084	0,953	0,659	0,36	25,247	0,137	4,528	
SAB V	26,5	6,352	31,43	3,858	0,074	0,727	0,916	0,356	27,951	0,168	4,91	
SAB VI	29,4	5,313	31,632	5,055	0,076	0,57	1,496	0,669	22,304	0,209	3,748	
SAB VII	21,6	4,239	18,604	9,923	0,131	1,021	2,5	0,904	17,088	0,353	3,957	
SAB VIII	22	4,417	21,956	7,611	0,105	1,47	2,127	0,757	18,231	0,185	3,655	
SAB IX	21	4,235	24,004	7,336	0,097	1,099	1,555	0,555	21,197	0,202	4,759	
SAB X	22,2	4,445	22,684	7,314	0,101	1,572	1,738	0,576	19,102	0,155	4,229	
SAB XI	7,4	5,533	31,507	4,329	0,073	0,822	1,224	0,453	27,722	0,2	3,724	
SAB XII	6,5	4,603	33,976	4,959	0,069	0,927	1,101	0,449	29,862	0,209	4,939	
O.M	19,5	3,81	30,12	6,821	0,081	0,569	1,656	0,595	27,484	0,409	3,659	

Tableau n°2.2 : Moyennes des différents calculs sur marmite n°5 et n°6

MARMITE N°	PROTOTYP	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE				TOTALITE DE L'ESSAI		
		<u>T.T.</u>	<u>M.3.S.</u>	<u>F.C.U.</u>	<u>T.1</u>	<u>G.S.1</u>	<u>C.S.2</u>	<u>T.2</u>	<u>S.S.2</u>	<u>F.C.U.T</u>	<u>M.B.V</u>	<u>T</u>
3.0.2.2												
SLAB I	42,5	4,009	23,837	7,565	0,094	1,335	1,828	0,777	20,498	0,155	4,292	
SLAB II	42,5	4,352	25,511	6,314	0,085	1,197	1,639	0,717	23,072	0,179	3,753	
SLAB III	42,5	4,542	25,310	6,302	0,09	1,405	1,753	0,756	21,735	0,17	3,714	
SLAB IV	42,5	4,468	35,71	4,704	0,066	0,502	1,059	0,525	32,659	0,249	4,654	
SLAB V	34,2	4,919	38,227	4,049	0,05	0,545	1,157	0,499	34,6	0,256	3,498	
O.M												
3.0.2.3	42,2	7,219	14,84	6,345	0,16	1,30	1,985	0,567	13,309	0,195	4,350	
SLAB I	42	6,498	21,387	4,569	0,113	1,15	1,599	0,392	17,136	0,158	2,931	
SLAB II	42,0	7,309	21,1	5,071	0,157	1,484	1,582	0,398	16,935	0,158	3,347	
SLAB III	42	7,162	16,923	5,47	0,125	1,583	1,287	0,395	15,567	0,105	4,222	
SLAB IV	42,5	6,306	29,312	3,038	0,084	0,841	0,913	0,264	25,084	0,157	3,520	
SLAB V	42	7,937	25,737	3,554	0,080	1,19	0,9	0,275	21,591	0,103	4,079	
O.M	42	5,617	25,107	5,455	0,095	0,604	1,627	0,22	22,305	0,234	3,944	

Nous ferons une comparaison par type de marmite puis une comparaison par type de foyer. Enfin nous analyserons les groupes de foyers issus de la comparaison par type de foyer qui nous permettra de dégager le multimarmite le plus adapté. Par adaptation, nous entendons de façon globale puissance calorifique, économie de combustible et commodité d'utilisation lors du test d'ébullition.

CHAPITRE VI / COMPARAISON ET ANALYSE.

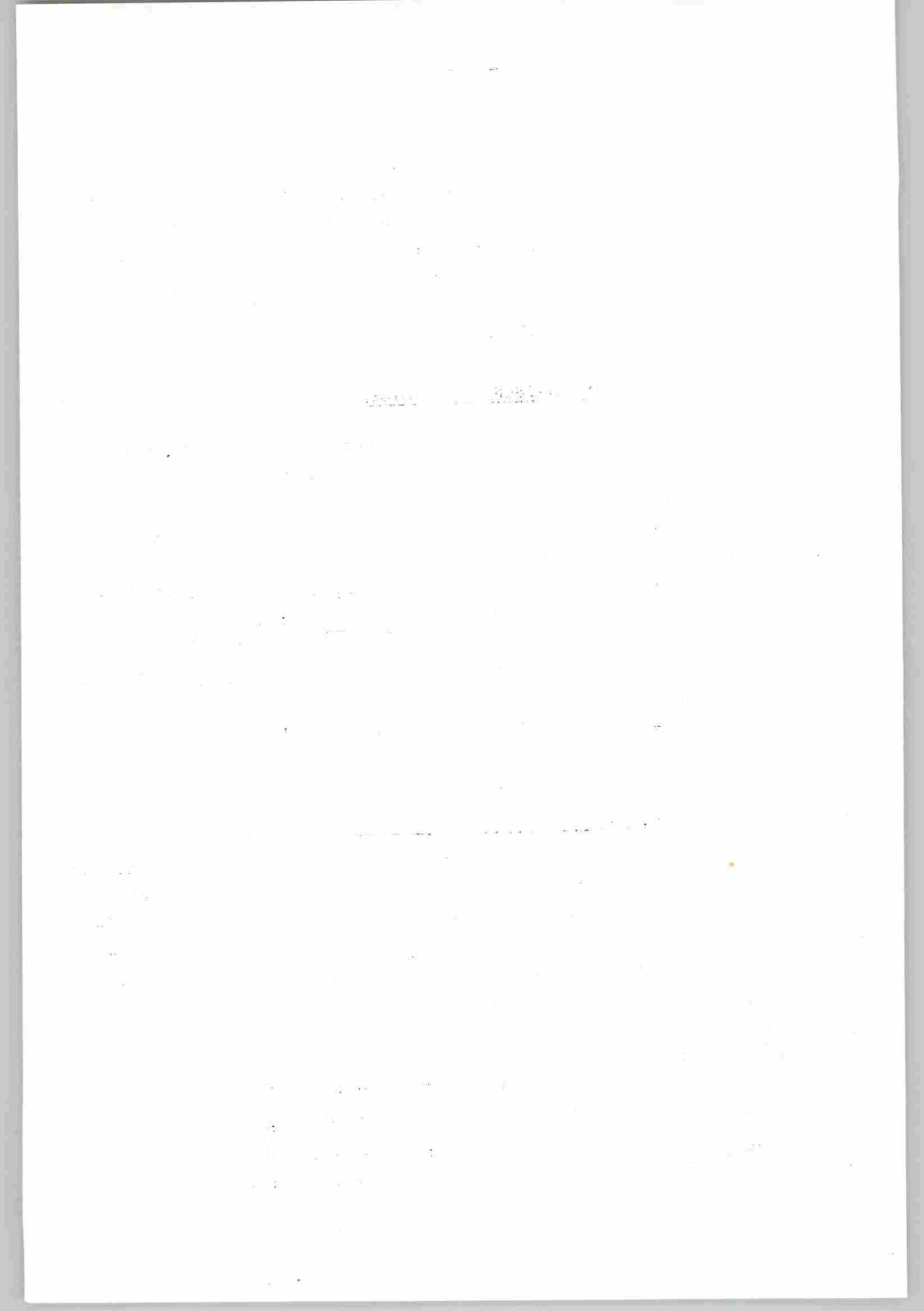
L'élément de comparaison utilisé a été le P.C.U.T. Nous avons choisi cet élément et non un autre pour les raisons suivantes :

- nous nous intéressons à toute l'étape du test et non à une phase donnée.
- sur toute la durée du test, seul le P.C.U.T renferme de nombreuses informations notamment : la quantité d'eau évaporée sur toute la durée de l'essai, la quantité de bois sec totale consommée et qu'il tient compte de la température initiale de l'eau.
- nous travaillons dans le sens d'une économie de combustible et d'une utilisation maximale de l'énergie produite par la combustion du bois.

6.1 - Comparaison par type de marmite

Nous effectuerons d'abord une comparaison globale par type de marmite grâce à la méthode de l'analyse de variance et le test de F. Puis nous procèderons à une comparaison individuelle par type de foyers après s'être assuré de l'homogénéité des variances. Pour cette dernière, nous utiliserons le test de TUKEY-HARTLEY. Dans le souci de faciliter l'écriture nous remplacerons le nom des différents foyers par les chiffres suivants :

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| - trois pierres traditionnel : 1 | - SAB ₂ : 4 |
| - ouaga métallique : 2 | - SAB ₃ : 5 |
| - SAB ₁ : 3 | - SAB ₄ : 6 |
| | - SAB ₅ : 7 |



6.1.1 - marmite n°3

	X_i					n_i	\bar{X}_i	$\sum X_i^2$
1	15,025	14,126	13,58	14,530	16,44	73,82	14,763	1094
2	23,778	28,510	26,219	27,648	33,358	141,521	26,304	4052
3	17,2	18,449	16,484	15,334	16,448	65,915	17,183	1483
4	18,673	20,501	19,172	19,366	19,207	96,921	19,384	1380
5	19,027	17,135	17,42	18,47	17,273	89,385	17,877	1600
6	29,256	22,602	21,875	25,046	27,457	126,236	25,247	3226
7	31,606	30,203	27,303	25,834	24,783	139,759	27,951	3939

$$T = 753,547$$

$$17274 = \sum X_i^2$$

X_i = P.C.U.T du test n°i

T_i = $\sum X_i$

\bar{X}_i = moyenne des P.C.U.T des i tests d'un même foyer

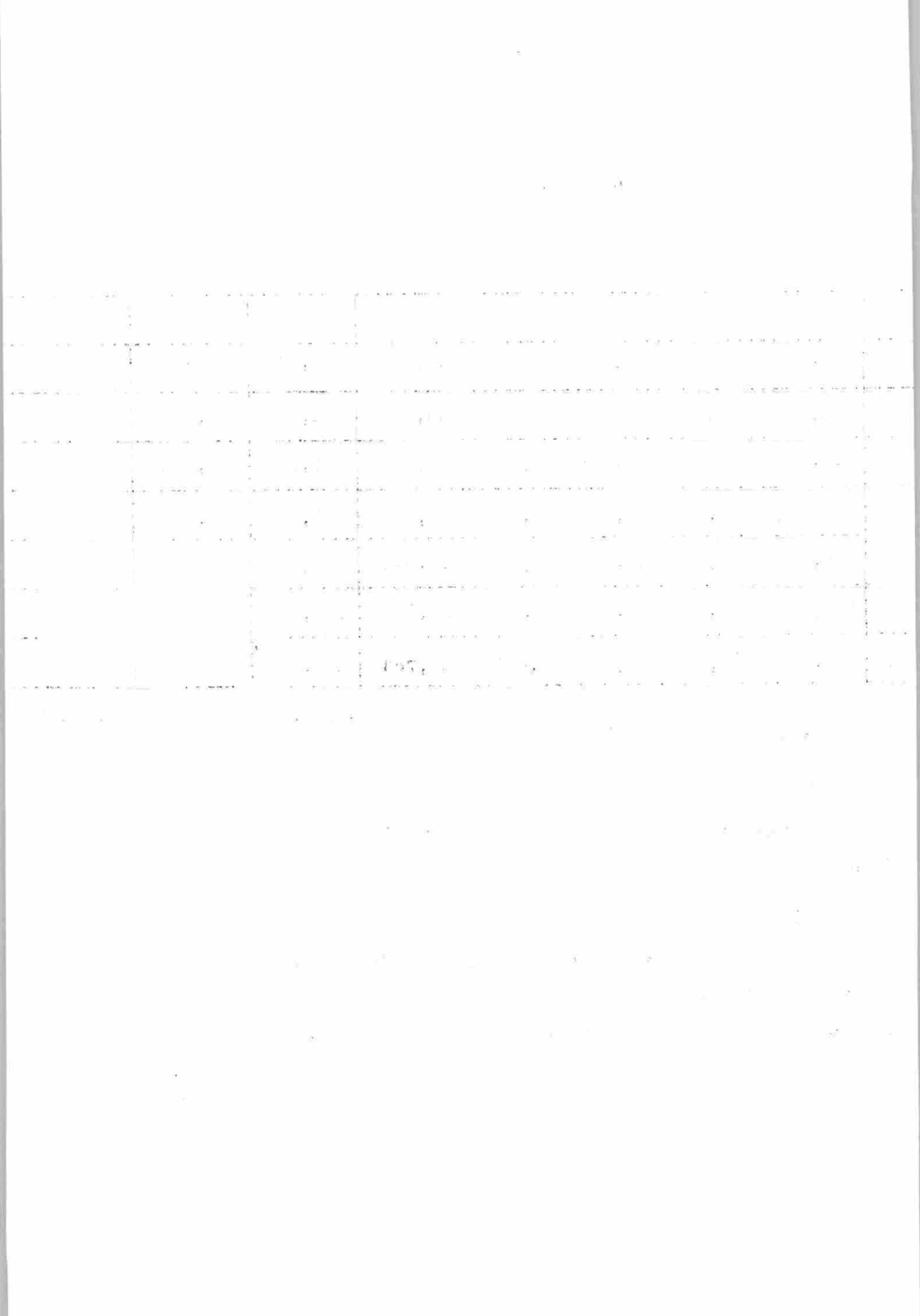
$T = \sum T_i$

$X^2 = \sum X_i^2$

$$T^2/n = 16223,802 \quad \sum T_i^2/n_i = 17141,792$$

n = effectif total des tests effectués

n_i = nombre de test sur lequel \bar{X}_i a été calculée.



Variation	S.C.B	ddl	variance
Totale	1050,198	34	
entre les foyers	917,99	6	152,998
intérieure d'une famille	132,208	28	4,741

$$F = 32,407$$

$$F_{0,95} = 2,44$$

$$F_{0,99} = 3,53$$

$$S_{\bar{x}} = 0,821$$

Tableau n°3 : analyse de variance

Les valeurs de F , $F_{0,95}$, $F_{0,99}$ nous permettent de conclure qu'il y a une différence globale hautement significative entre les E.C.U.T moyens des foyers.

* test d'homogénéité des variances

$$S_1^2 = 1,125 \quad S_4^2 = 0,456 \quad S_7^2 = 8,328$$

$$S_2^2 = 41,621 \quad S_5^2 = 0,685 \quad H = 25,484$$

$$S_3^2 = 1,811 \quad S_6^2 = 9,834 \quad H_{0,95} = 33,6$$

Puisque $H < H_{0,95}$, nous pouvons admettre que les variances sont homogènes.

Diagonale n°	K	$t_{0,95}$ (z ; V=28)	Terme de comparaison $t_{0,95} \times 0,821$
1	7	4,48	3,678
2	6	4,32	3,546
3	5	4,12	3,382
4	4	3,83	3,159
5	3	3,50	2,873
6	2	2,897	2,378

Tableau n°4 : calculs des termes de comparaison

\bar{x}_i	$\bar{x}_i - \bar{x}_1$	$\bar{x}_i - \bar{x}_3$	$\bar{x}_i - \bar{x}_5$	$\bar{x}_i - \bar{x}_6$	$\bar{x}_i - \bar{x}_7$	$\bar{x}_i - \bar{x}_8$
\bar{x}_2 26,364	13,544 (3,378)	11,181 (3,546)	10,437 (3,382)	0,92 (3,169)	3,057 (2,873)	0,353 (2,378)
\bar{x}_7 27,951	13,189 (3,566)	10,768 (3,364)	10,074 (3,169)	2,567 (2,873)	2,704 (2,378)	
\bar{x}_6 25,247	10,465 (3,382)	8,064 (3,169)	7,37 (2,873)	5,863 (2,378)		
\bar{x}_4 29,384	4,622 (3,169)	2,201 (2,873)	1,507 (2,378)			
\bar{x}_5 27,877	3,115 (2,873)	0,694 (2,378)				
\bar{x}_3 27,183	2,421 (2,378)					
\bar{x}_1 14,762						

Tableau n°5 : comparaison des moyennes de P.C.U.T

2,4,1

La case (2,378) nous indique que \bar{x}_1 n'est homogène avec aucune autre moyenne

La case 2,201

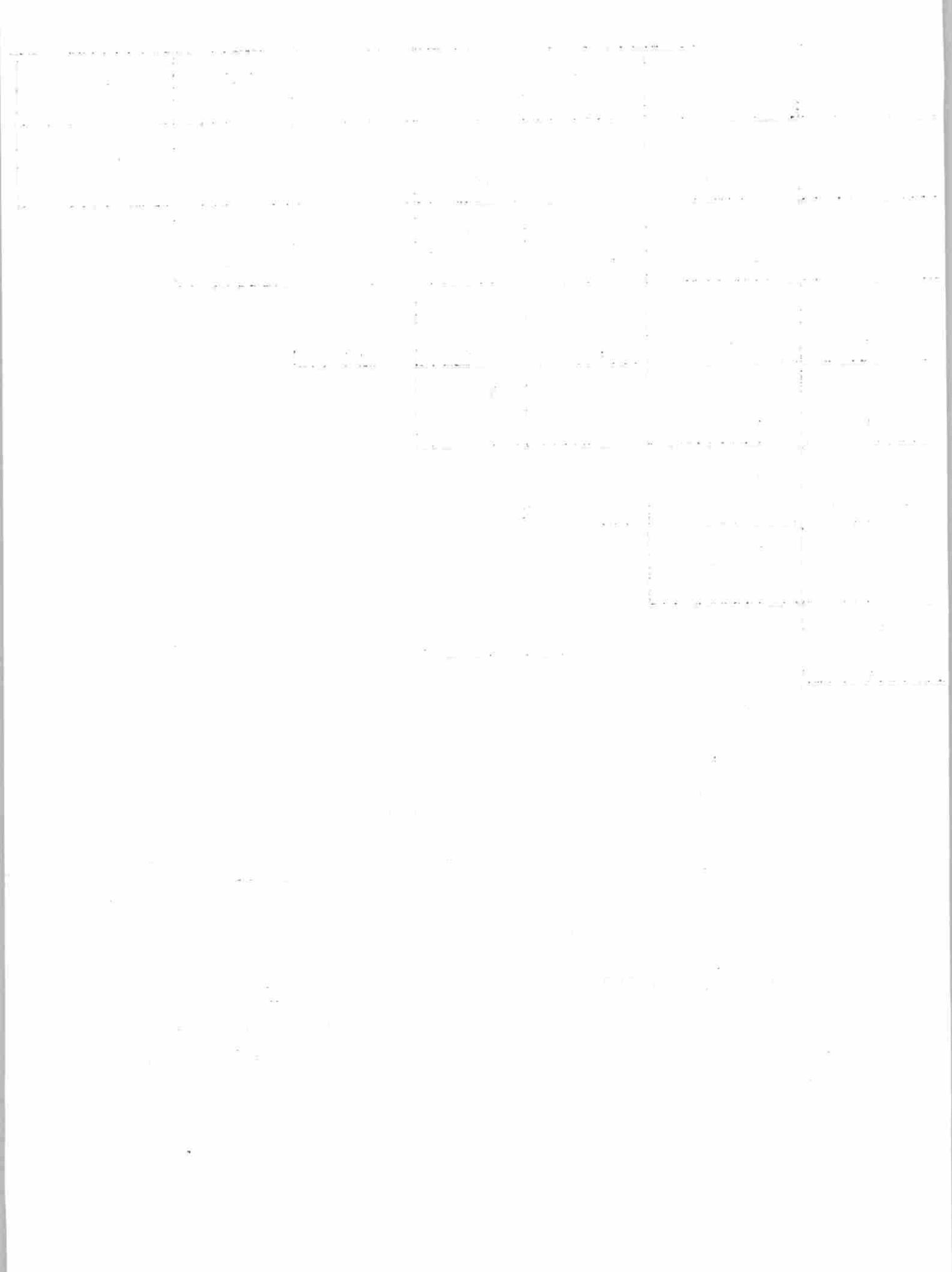
(2,873) nous indique que l'on a : $\bar{x}_3 \bar{x}_5 \bar{x}_4$

La deuxième ligne du tableau nous indique que \bar{x}_6 n'est homogène avec aucune autre moyenne.

La case 0,353
(2,378)

nous indique que l'on a : $\bar{x}_7 \bar{x}_2$

Le test F nous avait permis de montrer qu'il y avait une différence globale hautement significative entre les P.C.U.T moyens des foyers.



Celui de TUKEY-HARTLEY nous permet de classer par ordre croissant les moyennes de P.C.U.T des différents foyers, pour la marmite n°3), de la façon suivante :

$$\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_3 \bar{x}_7 \bar{x}_6$$

Nous pouvons dire de ce fait que pour la marmite n°3 :

- le rendement thermique du foyer 3 pierres traditionnel est faible ;
- les rendements thermiques du SAB₁, SAB₂, SAB₃ sont équivalents entre eux et supérieurs à celui du trois pierres traditionnel ;
- le rendement thermique du SAB₄ est bon et supérieur au rendement des foyers précédents ;
- les rendements thermiques du SAB₅ et Ouaga métallique sont équivalents entre eux et meilleurs à tous les autres testés pour la même marmite.

3.1.2 - Marmite n°4

Pour les marmites suivantes, et pour une meilleure présentation du document, nous ne ferons figurer que les résultats des différentes étapes. Nous prions au lecteur de se référer à l'annexe n°3 pour le détail des opérations.

Le tableau d'analyse de variance et le test de F pour la marmite n°4 nous ont donné les résultats suivants :

$$F = 72,677 \quad F_{0,95} = 2,44 \quad F_{0,99} = 3,53 \quad S_F = 0,520$$

On peut conclure en l'existence d'une différence globale hautement significative entre les P.C.U.T moyens des foyers. Le test d'homogénéité des variances de HARTLEY nous a conduit au résultat suivant :

$$H = 7,174 \quad H_{0,95} = 33,6$$

Puisque $H < H_{0,95}$, nous pouvons admettre l'homogénéité des variances au niveau de probabilité 95 %.

Les comparaisons individuelles des P.C.U.T moyens pour la marmite n°4 nous ont permis de présenter la situation suivante :

\bar{x}_1 \bar{x}_3 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_7 \bar{x}_6 \bar{x}_7

que l'on peut interpréter de la façon suivante :

- les rendements thermiques du foyer 3 pierres traditionnel et SAB₁ sont équivalents entre eux ;
- les rendements thermiques moyens du SAB₁ et SAB₃ sont équivalents entre eux et le SAB₃ est meilleur au 3 pierres traditionnel ;
- le rendement thermique moyen du SAB₂ est supérieur à ceux des précédents foyers ;
- les rendements thermiques moyens du Ouaga-métallique et du SAB₄ sont équivalents entre eux et supérieurs à ceux des précédents foyers ;
- le rendement thermique moyen du SAB₅ est le meilleur de tous.

6.1.3 - Marmite n°5

L'analyse de variance et le test de F nous donne :

$$F = 67,802 \quad F_{0,95} = 2,87 \quad F_{0,99} = 4,43 \quad S_7 = 0,8$$

De cette analyse nous pouvons conclure qu'il y a une différence globale hautement significative entre les P.C.U.T moyens des foyers.

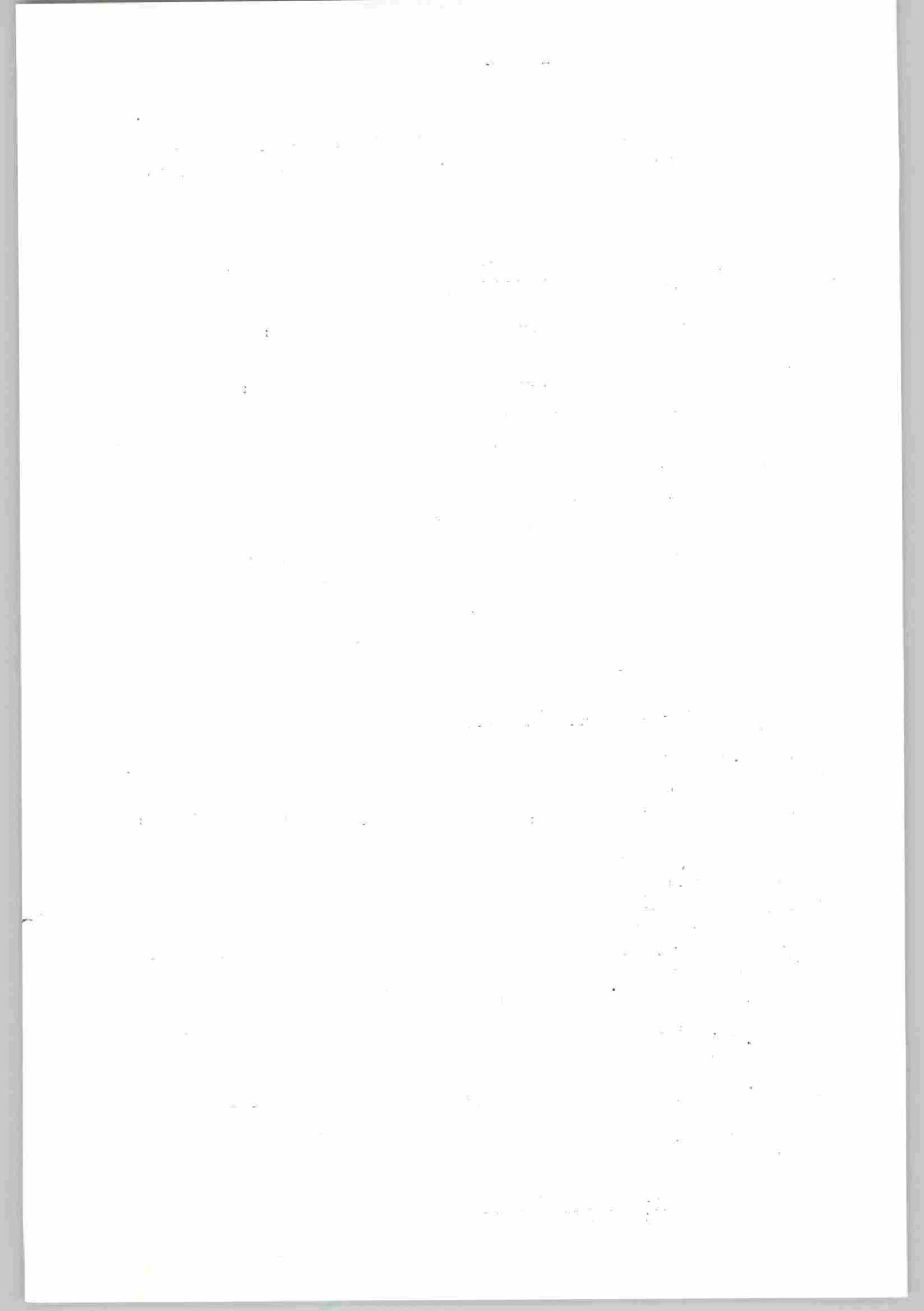
Le test d'homogénéité des variances nous donne :

$$H = 19,452 \quad H_{0,95} = 25,2$$

$H < H_{0,95}$, l'homogénéité des variances est vérifiée au niveau de probabilité 95 %.

Les comparaisons individuelles des P.C.U.T moyens pour la marmite n°5 nous donnent par ordre croissant la situation suivante :

\bar{x}_3 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_6 \bar{x}_7



6.1.4 - Marmite n°2

Le tableau d'analyse de variance et le test F nous donne :

$$F = 11,677 \quad F_{0,95} = 2,44 \quad F_{0,99} = 3,53$$

On a une différence globale hautement significative entre les P.C.U.T moyens des foyers. Le test d'homogénéité des variantes a eu pour résultat :

$$H = 45,094 \quad H_{0,95} = 33,6$$

$H > H_{0,95}$ ce qui signifie que le test d'homogénéité des variances au niveau de probabilité 95 % a conclu à une non homogénéité entre les variances. Nous avons cherché à savoir le pourquoi de cet état de fait. Comme nous l'avions souligné plus haut, il y avait des sources possibles d'erreurs dues aux opérateurs. Nous nous sommes alors penchés sur les tests d'ébullition des deux derniers foyers et avons constaté que la variance, qui par définition est une variation moyenne d'un ensemble d'observations, du foyer n°6 était supérieure à la moyenne des P.C.U.T du même foyer. Nous avons alors écarté les deux valeurs qui à notre avis s'écartaient trop de la moyenne et qui avaient des données aberrantes. Nous avons ensuite refait deux autres tests pour procéder à une substitution. Ces tests sont les tests n°6 et n°7 qui dans le tableau récapitulatif des résultats en annexe n°1 sont entre parenthèses. S_6^2 résultant de cette procédure prend alors la valeur : 7,628.

Nous avons alors $H' = 14,377$

$H' < H_{0,95}$; l'hypothèse de l'homogénéité des variances est satisfaite. A l'issue du test de TUKEY-HARTLEY, la situation des P.C.U.T moyens se présente par ordre croissant de la manière suivante :

\bar{x}_1 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_3 \bar{x}_7 \bar{x}_2 \bar{x}_6

5.2 - Comparaison par type de foyer et analyse des groupes de foyer

6.4.1 - Comparaison par type de foyer

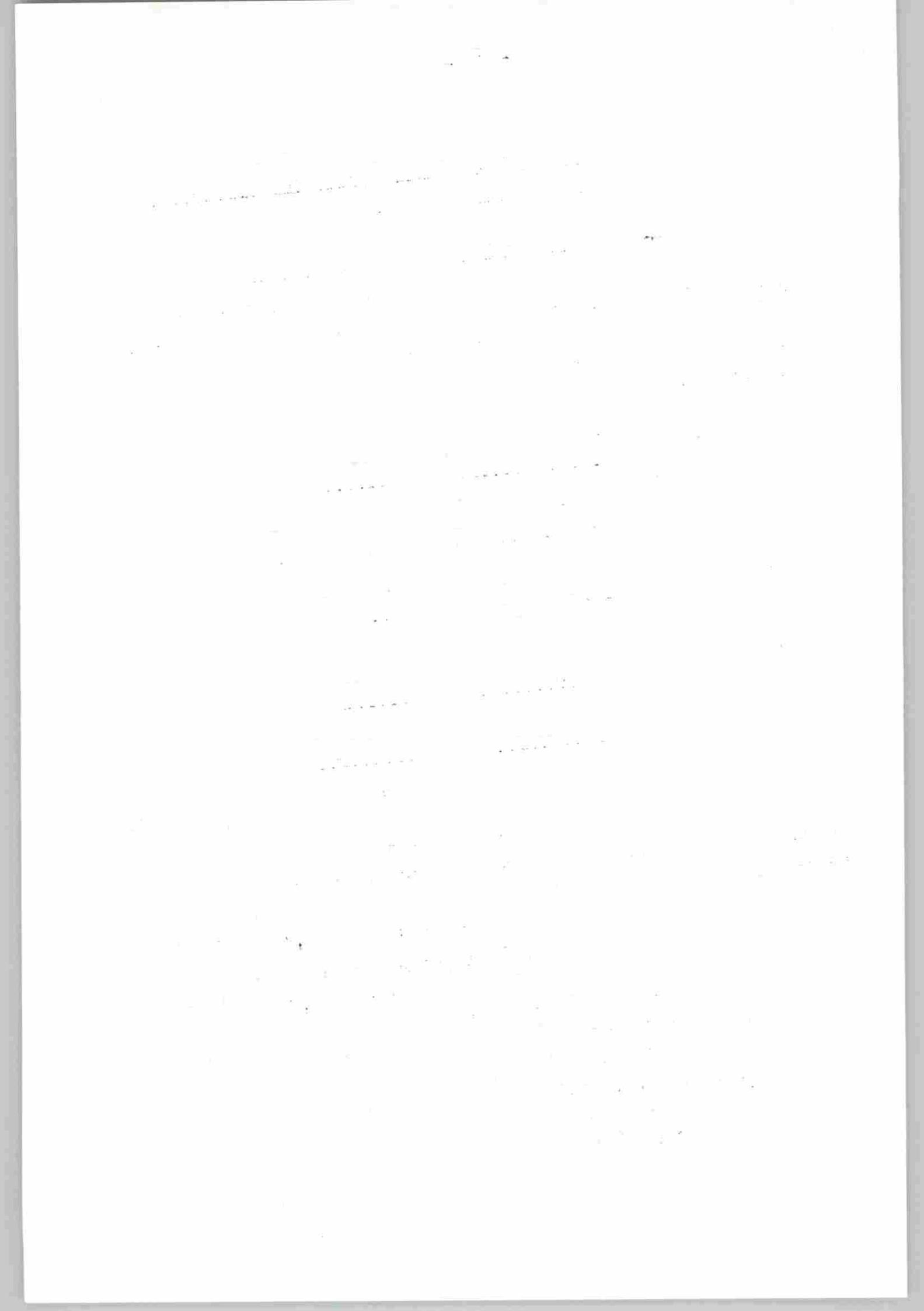
Après la comparaison par type de marmite, nous en arrivons à une comparaison par type de foyer pour dégager le ou les foyers les plus performants. Pour ce faire nous utiliserons les résultats issus de la comparaison par type de marmite.

Marmite n°2	<u>\bar{x}_1</u> <u>\bar{x}_3</u> <u>\bar{x}_4</u> <u>\bar{x}_3</u>	<u>\bar{x}_7</u> <u>\bar{x}_2</u> <u>\bar{x}_6</u>
marmite n°3	<u>\bar{x}_4</u> <u>\bar{x}_3</u> <u>\bar{x}_5</u> <u>\bar{x}_4</u>	<u>\bar{x}_6</u> <u>\bar{x}_7</u> <u>\bar{x}_2</u>
marmite n°4	<u>\bar{x}_1</u> <u>\bar{x}_3</u> <u>\bar{x}_5</u> <u>\bar{x}_4</u>	<u>\bar{x}_2</u> <u>\bar{x}_5</u> <u>\bar{x}_7</u>
marmite n°5	<u>\bar{x}_3</u> <u>\bar{x}_5</u> <u>\bar{x}_4</u>	<u>\bar{x}_5</u> <u>\bar{x}_7</u>
	<hr/>	<hr/>
	Groupe 1	Groupe 2

Au vu de ces différentes suites, nous avons procédé au classement des différents foyers (sur la base des moyennes de P.C.U.T) en deux groupes :

* le premier groupe comprend : le SAB₁, SAB₂, SAB₃
et ayant comme foyer témoin le trois pierres traditionnel :

* le deuxième groupe composé du : SAB_4 , SAB_5 et ayant comme foyer témoin le Ouaga métallique. Comme le Ouaga métallique, le deuxième groupe renferme les foyers ayant un bon rendement thermique. En effet, pour des valeurs moyennes de P_1 et P_2 , les F.C.U.T moyens du SAB_4 et SAB_5 prennent les valeurs contenues dans le tableau n°6 quand la taille de la marmite croît.



\bar{F}_1 max.	\bar{F}_2 min.	F.C.U.T min.	F.C.U.T max.	
$4,784 \pm 1,061$	$0,910 \pm 0,341$	$25,247 \pm 3,893$	$32,659 \pm 3,928$	SAB ₄
$4,959 \pm 1,196$	$1,121 \pm 0,353$	$21,691 \pm 0,996$	$34,6 \pm 3,14$	SAB ₅
$6,821 \pm 0,95$	$1,491 \pm 0,502$	$18,306 \pm 2,551$	$28,364 \pm 4,232$	O.M*

tableau n°6 : éléments d'encadrement du rendement thermique des foyers du groupe 2

O.M* : Ouaga métallique

Quand on se réfère à la figure n°IV, nous nous rendons compte qu'avec le Ouaga métallique on arrive plus vite à ébullition. Il est suivi du SAB₅ puis du SAB₄.

Concernant la consommation spécifique qui est aussi un élément important la figure n°V nous amène à constater que : les consommations spécifiques à l'ébullition (\bar{CS}_1) moyennes du Ouaga métallique, SAB₄ et SAB₅ sont sensiblement équivalentes;

- les consommations spécifiques moyennes (\bar{CS}_2) au mijotage du Ouaga métallique sont basses par rapport à celles du SAB₅ et SAB₄. Les \bar{CS}_2 du SAB₄ et SAB₅ sont alternativement inférieures ou supérieures l'une à l'autre selon la taille de la marmite ; leurs variations sont importantes pour les marmites n°2 et n°3, et faibles pour les marmites n°4 et n°5.

... /

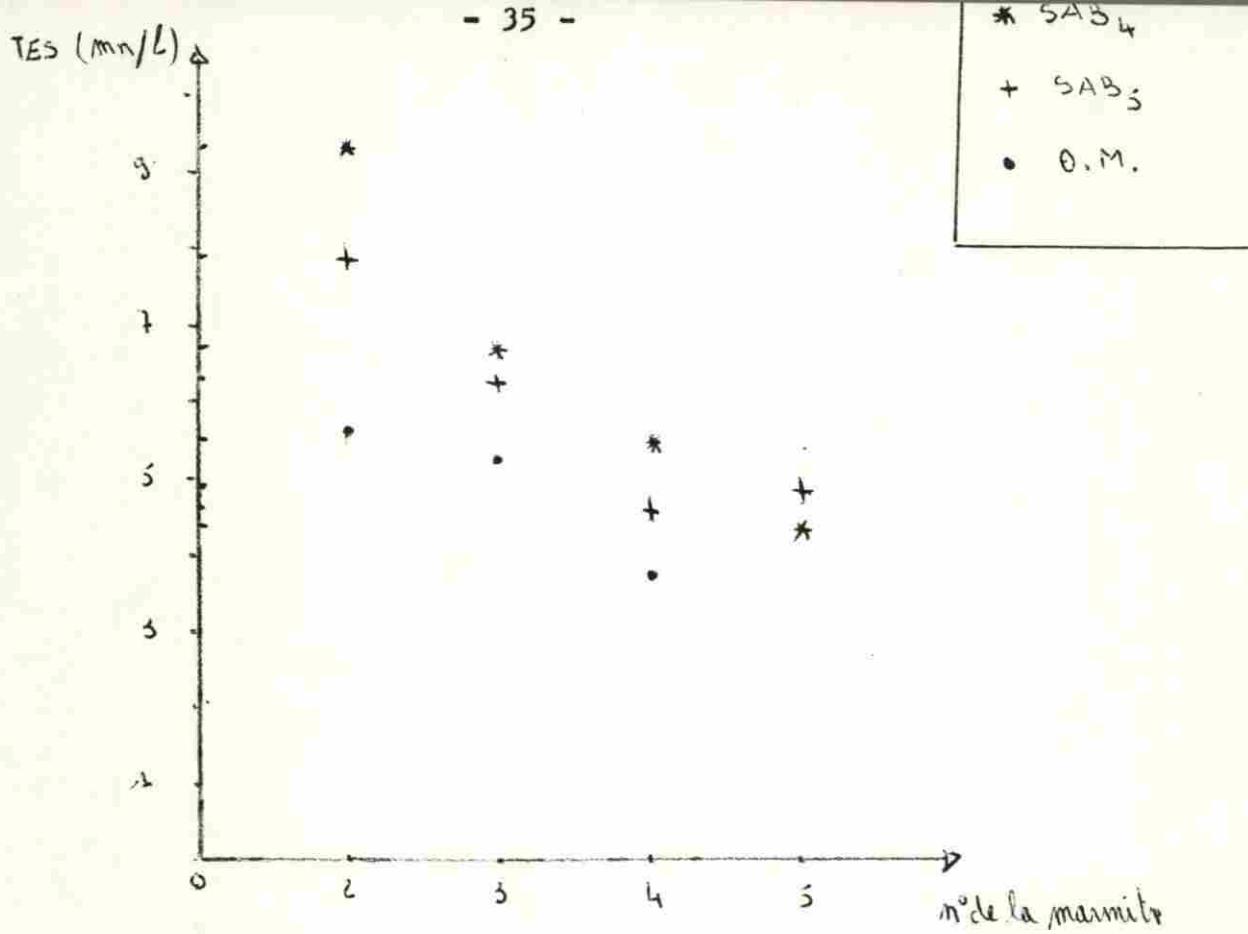


fig. n° IV : Temps d'ébullition spécifique
en fonction du n° de la marmite

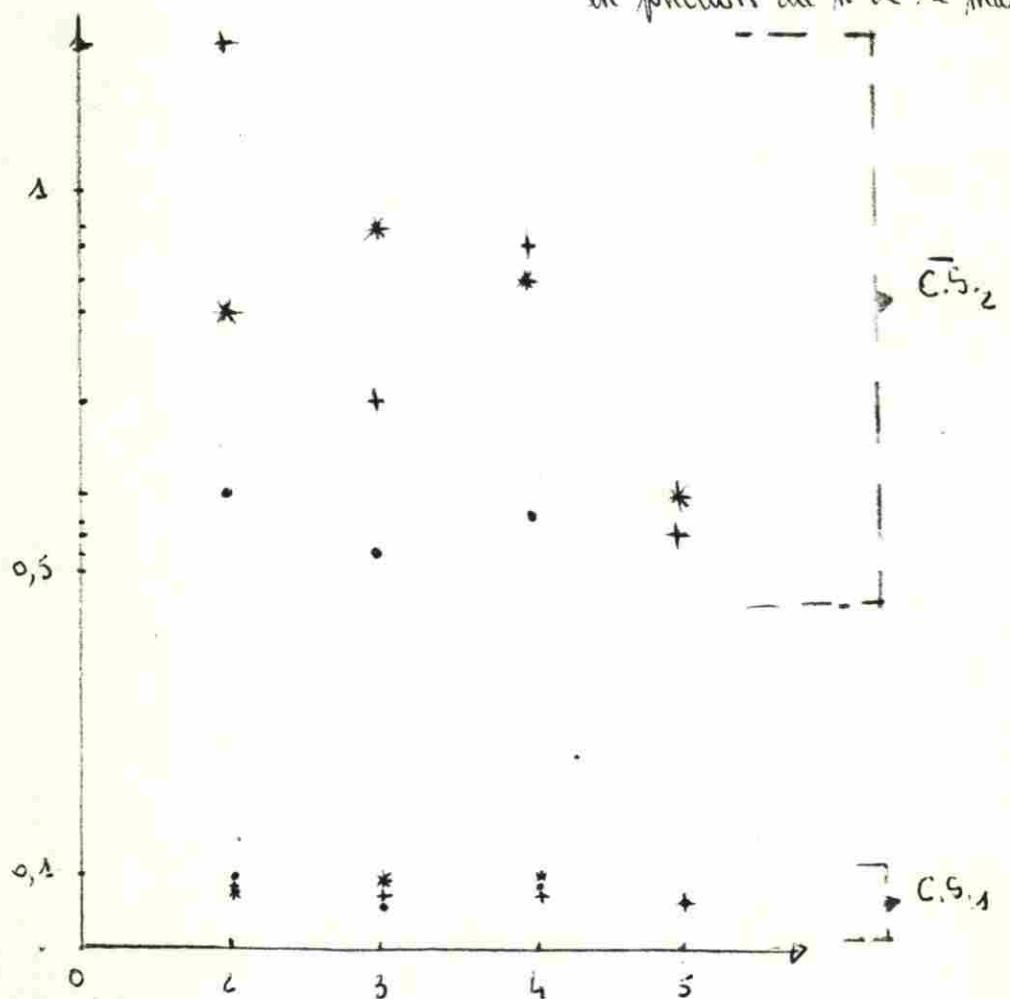


fig. n° V : consommation spécifique en fonction
du n° de la marmite

6.2.2 - Analyse des groupes de foyer

6.2.2.1 - Analyse des éléments du premier groupe

Les éléments du premier groupe, tout comme le foyer trois pierres traditionnel, s'avèrent avoir un rendement thermique médiocre. Cela s'explique par le fait que :

- la chambre de combustion très large et sa hauteur importante entraînent un refroidissement des gaz-chauds avant qu'ils n'atteignent la marmite ;

- une porte très grande, à notre avis se traduisant par des pertes excessives de chaleur par radiation vers l'ambiance ;

- un gap important qui fait que les gaz chauds issus de la combustion ne lèchent pas suffisamment les pourtours de la marmite avant d'être évacués vers l'extérieur ;

- on a une insuffisance d'entrées d'air primaire pour améliorer la combustion du charbon et assurer un mélange intime des gaz produits avec l'air comburant. Cela se traduit par une production importante de fumée noire, signe de combustion incomplète ;

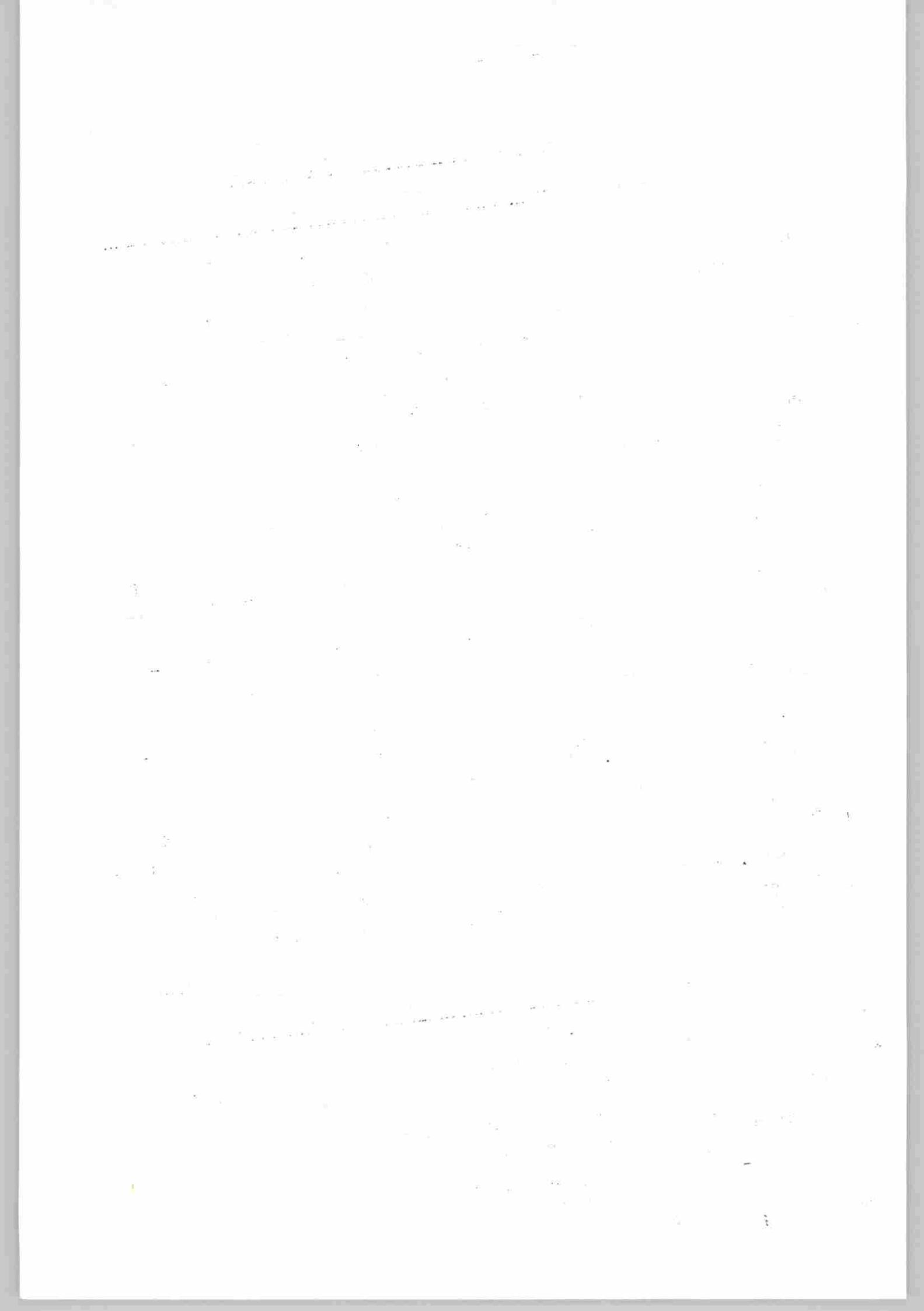
- la surface des parois de ces foyers étant importante, le rayonnement de chaleur des parois vers l'extérieur n'est pas à négliger ;

- l'angle du cône avec l'horizontal étant souvent grand (cas du SAB₁) ou petit (cas du SAB₂ et SAB₃) faisait de telle sorte que le tirage était important, entraînant des parties de charges, ou médiocre de telle sorte que l'appel d'air dans la chambre de combustion ne suffisait pas à entretenir une bonne combustion.

6.2.2.2 - Analyse des éléments du second groupe

Dans ce groupe, l'élément de référence est le Ouaga métallique. Nous pouvons dire que le SAB₄ qui se voulait être une copie du MT_{4a} (26), et le SAB₅ ont un rendement thermique satisfaisant. Contrairement aux foyers multimarmites du premier groupe, ici nous avons :

- une chambre de combustion réduite ainsi que sa hauteur assurant ainsi un transfert énergétique meilleur par rayonnement ;



- une porte dont les dimensions sont petites mais suffisantes pour un agencement optimal du combustible et limitant les pertes par radiation du feu vers l'extérieur ;
- un gap réduit qui a pour conséquence un bon échange calorifique par convection entre les gaz chauds et la marmite avant leur évacuation dans l'atmosphère ;
- des entrées d'air primaire suffisantes améliorant la combustion du charbon et des gaz d'où une diminution de la fumée noire ;
- un angle optimal (26) assurant un tirage satisfaisant.

D'autre part, nous avons obtenu des rendements allant croissants avec la taille de la marmite. Cela est contraire aux résultats obtenus par F.W. SULILATU (19). Il avait pour les mêmes tailles de marmite obtenu des rendements thermiques croissants pour les marmites n°2 et n°3 puis décroissants pour les marmites n°4 et n°5. Cela pourrait s'expliquer par les différences existant entre les dimensions des foyers testés de part et d'autre.

the first time, the author has been able to find a single specimen of *Leptostylus* which is not associated with a species of *Leptostylus*. This specimen was collected from a small stream in the northern part of the state of Oregon. It was found in a shallow pool of water, where it was associated with a number of other species of freshwater bivalves. The shell of this specimen is elongated and slightly curved, with a pointed apex. The surface of the shell is smooth and shiny, with a few small, irregular depressions or pits scattered across its surface. The shell is light-colored, possibly tan or beige, with darker, mottled patterns near the apex and base. The interior of the shell is white and appears to be relatively thin-walled. The specimen is relatively small, with a maximum length of approximately 15 mm. The shell is oriented vertically, with the apex pointing upwards. The specimen is well-preserved, showing all of its original features clearly. The author is grateful to Dr. John C. Abbott, Curator of the Malacological Collection at the University of Oregon, for his assistance in identifying this specimen.

CONCLUSION

Parmi les résultats acquis au cours de cette étude, il se dégage deux tendances positives. Tendances se traduisant par le fait que deux des foyers testés ont chacun un rendement thermique avoisinant celui du Ouaga métallique. Ce dernier est pour l'instant le foyer amélioré métallique, portatif et léger, à bois le plus performant et le plus diffusé.

En faisant le rapport entre le rendement thermique des foyers multimarmites les plus performants et celui : du trois pierres traditionnel, du Ouaga métallique, nous avons abouti au fait que :

- le SAB₄ utilise 1,8 fois plus l'énergie produite par rapport au foyer trois pierres traditionnel et 0,97 fois plus par rapport au Ouaga métallique ;

- le SAB₅ utilise 1,9 fois mieux l'énergie produite par rapport au foyer trois pierres traditionnel et 1,3 fois plus quand il s'agit du Ouaga métallique.

Il nous a été donné de constater que bien que le rendement thermique des deux foyers ci-dessus cités soit voisin de celui du Ouaga métallique, le temps d'ébullition des multimarmites reste encore supérieur à celui du Ouaga métallique. Nous avons également constaté lors des tests, que les marmites n'étaient pas stables sur les foyers.

Les objectifs premiers que l'on s'était fixés étant atteints, nous souhaiterions que cette étude soit poursuivie. Nos propositions de recherches futures sur le foyer multimarmite à bois concernent :

- une optimisation de certains éléments constitutifs (grille et entrées d'air primaire) parce qu'il nous arrivait souvent de soulever le bois en combustion pour que le feu s'allume bien.

- une phase de tests de cuisine contrôlés pour vérifier les résultats obtenus lors des tests d'ébullition d'eau. Pour ces tests, il est nécessaire d'utiliser des aliments ne nécessitant pas un malaxage important (riz, haricot, pois de terre, fonio). Pour les mets nécessitant un malaxage

the first time, the author has been able to show that the α -helix is the primary structure of the protein. The results of this work are presented in the following paper.

important (t6), il faudrait utiliser des barres pour stabiliser la marmite.

- des enquêtes de consommation auprès de quelques ménages pour s'assurer si une économie de bois en découle ; voir le degré d'acceptabilité du nouveau prototype de foyer amélioré, et par la même occasion répertorier les différents mets préparés le plus fréquemment sur le foyer. Cela dans le but de déterminer la cible de vulgarisation (zone rurale, semi-urbaine, urbaine).

- une préparation de la population par le biais de la sensibilisation (utiliser l'audio-visuelle où cela est possible) à accepter le nouveau prototype.

- simultanément à la précédente phase, une organisation des artisans tôleiers pour faciliter leur approvisionnement en matière première ^{et} là, avoir une production intensive pour minimiser le coût de production. Ce dernier se répercutant sur le prix de vente au consommateur, cette action contribuerait à lever un certain nombre de goulets d'étranglement dans l'étape de la vulgarisation des foyers.

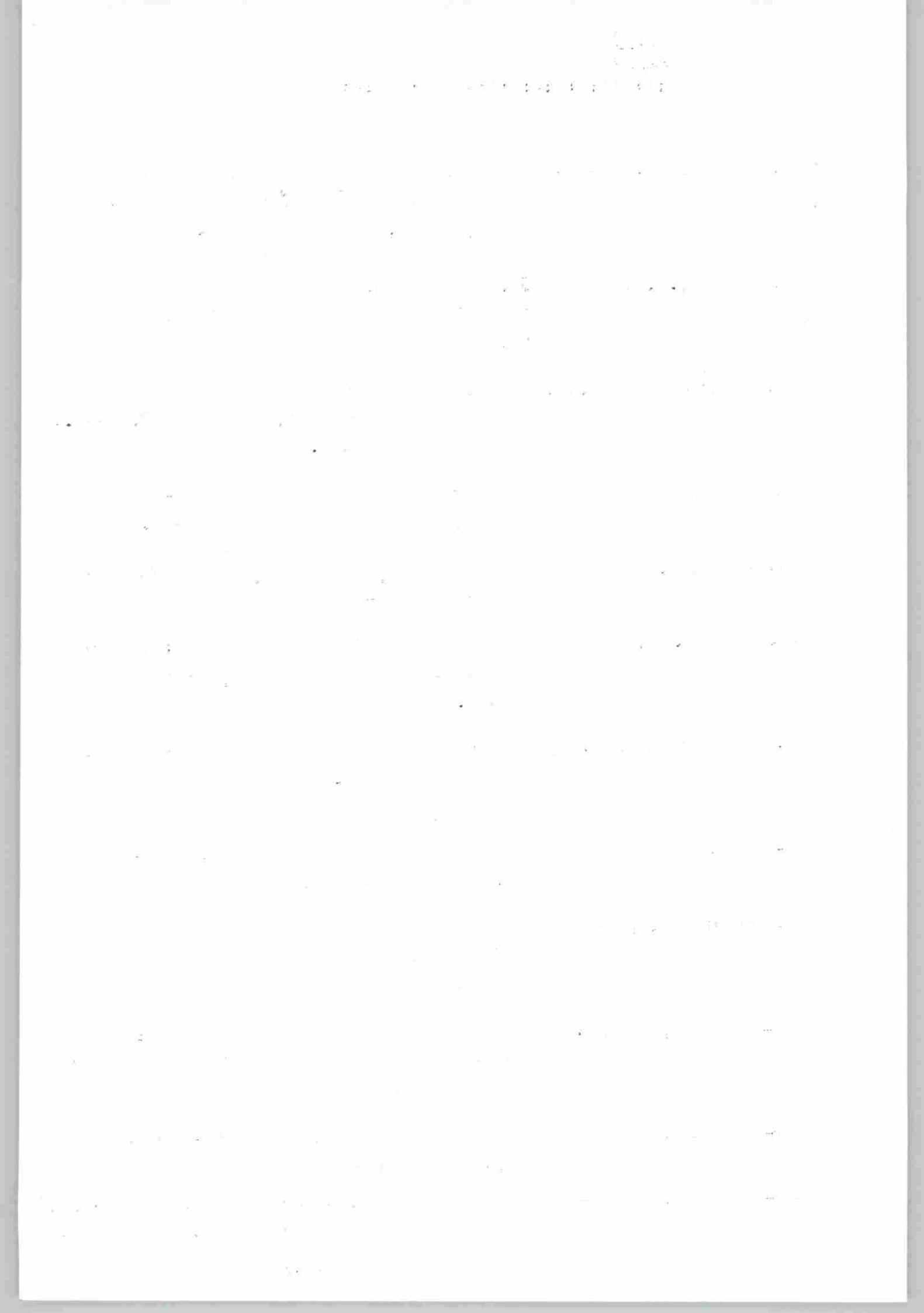
Enfin, cette étude menée au sein de l'IEE nous a permis d'appréhender un certain nombre d'aspects sur les foyers améliorés ; aspects qui nous échappaient au départ. Nous invitons tous les énergéticiens et tous les utilisateurs du "bois énergie" à œuvrer de concert pour la sauvegarde de notre patrimoine forestier.

B

BIBLIOGRAPHIE

:-----:-----:-----:-----:-----:

- 1 - BAILLY, M., 1971 - Thermodynamique technique 2.a production et transfert de la chaleur, écoulement. Bordas, Paris, Montréal, 464 p.
- 2 - B.L.A.C.T, C.F.E.C.T.I., GRET, SGAR, 1984 - Maîtrise de l'énergie dans les pays sahéliens, CATD n°4. GRET, 139 p.
- 3 - BOULET-GERCOURT, B., 1982.- Statistiques pour l'ingénieur forestier. ISP, Ouagadougou, 73 p., annexes 9 p.
- 4 - CILSS, 1986 - "Réunion des chercheurs" Lanzarote 23-29/6/86 (R.S.R, CILSS/France). CILSS/PRFA, 79 p.
- 5 - De BAKER, M., 1982 - La consommation de bois de feu. FAO, F.O DP/UN/78/004-R.T_A
- 6 - DEGLISE, M., Les conversions thermoénergétiques du bois ; XVIII-CA-3 (Fl) 007285. (copie) Vita, Université de Nancy I ; 42 p.
- 7 - De LEPELEIRE, G. et al. 1984 - Guide technique des fourneaux à bois. EDISUD-Bois de feu ; France, 375 p.
- 8 - ENDA, 1985. Energie populaire dans le tiers-monde, n°20-21-22 vol.V,4 et Vol.VI, 1-2. Dakar, 405 p.
- 9 - FRISCH, J.R, 1980 - L'évolution des consommations d'énergie dans le monde, une retrospective 1960 - 1976. EDF, Paris.
- 10 - JACQUET,F. 1981. "Les PMA et l'énergie" p.97 - 106 in : Quelle coopération pour quel développement ? éd. économique, I.P.R.I
- 11 - JOREZ,J.P 1987 - Rapport de mission au Niger 15-17 avril 1987. PRFA/CILSS, 16 p. et annexes.
- 12 - JOREZ,J.P 1987 - Compte rendu de mission au Niger (10-13/2/87) PRFA/CILSS, 12 p. annexes 13 p. biblio. 1p.



- 13 - KREITH, F. 1967 - Transmission de la chaleur et thermodynamique. Masson et C^{ie} éditeurs, 654 p.
- 14 - KREITH, F. et BLACK, W.B., 1980 - Basic Heat Transfer. Harper/Row Publishers, New-York, 556 p.
- 15 - LABETHER, 1985 - Mesures thermiques : température et flux. Masson, Paris, 164 p.
- 16 - LOHMIER, G. 1984 - L'acceptabilité sociale des foyers améliorés au Burkina Faso (Haute-Volta). GTZ, Berlin, 111 p. et annexes 27 p.
- 17 - MICUTA, J. 1984 - Des fourneaux modernes pour tous. EDISUD-Bois de feu, France, 135 p.
- 18 - PRASAD, K.K. et VERHAERT, F. 1983 - Wood Heat for Cooking. Indian Academy of Sciences, India, 255 p.
- 19 - SULLIATU, J. F. 1987 - The Performance of a Multipot Stove. TNO Postbus 342, 7300 AE Apeldoorn, 143/R.25/GVL, 27 p.
- 20 - TERRIBLE, M.P.B., 1974 - Essai d'évaluation de la végétation ligneuse. Atlas de Haute-Volta, CVRS - SFEPH, 69 p.
- 21 - YAMEOGO, G. et Coll./ 1983 - Etat de développement technique des foyers améliorés en Haute-Volta (rapport n°1). FNFA/IEE, Ouagadougou, 26 p. et annexes.
- 22 - YAMEOGO, G. 1983 - Evaluation des différents prototypes de foyers améliorés existants en Haute-Volta. Mémoire de fin d'étude, ISP, Ouagadougou, 133 p.
- 23 - YAMEOGO, G. et Coll. 1983 : Amélioration, conception et tests de quelques foyers améliorés (4-6-83). Rapport n°2, FNFA/IEE, Ouagadougou, 54 p. et annexes.

- 24 - YAMBOGO, G. et Coll. 1986 - Les foyers améliorés métalliques : performance, système de formulation et de commercialisation (R.D.I. n°4). IIE, Ouagadougou, 40 p.
- 25 - YEMBAINGA, F., YAMBOGO, G. et JORTEL J.P. 1987 - Fertilisation de la土 au point du foyer céréalier et de ses techniques de fabrication. Rapport intermédiaire, pages 1 à 12.
- 26 - ZAFFRAN, M. 1987 - Le foyer amélioré multimarmitte, état d'avancement des travaux en France et en Afrique. A.R.F, GRETS/Energies renouvelables, 66 p.

17-2 N N E X E

III

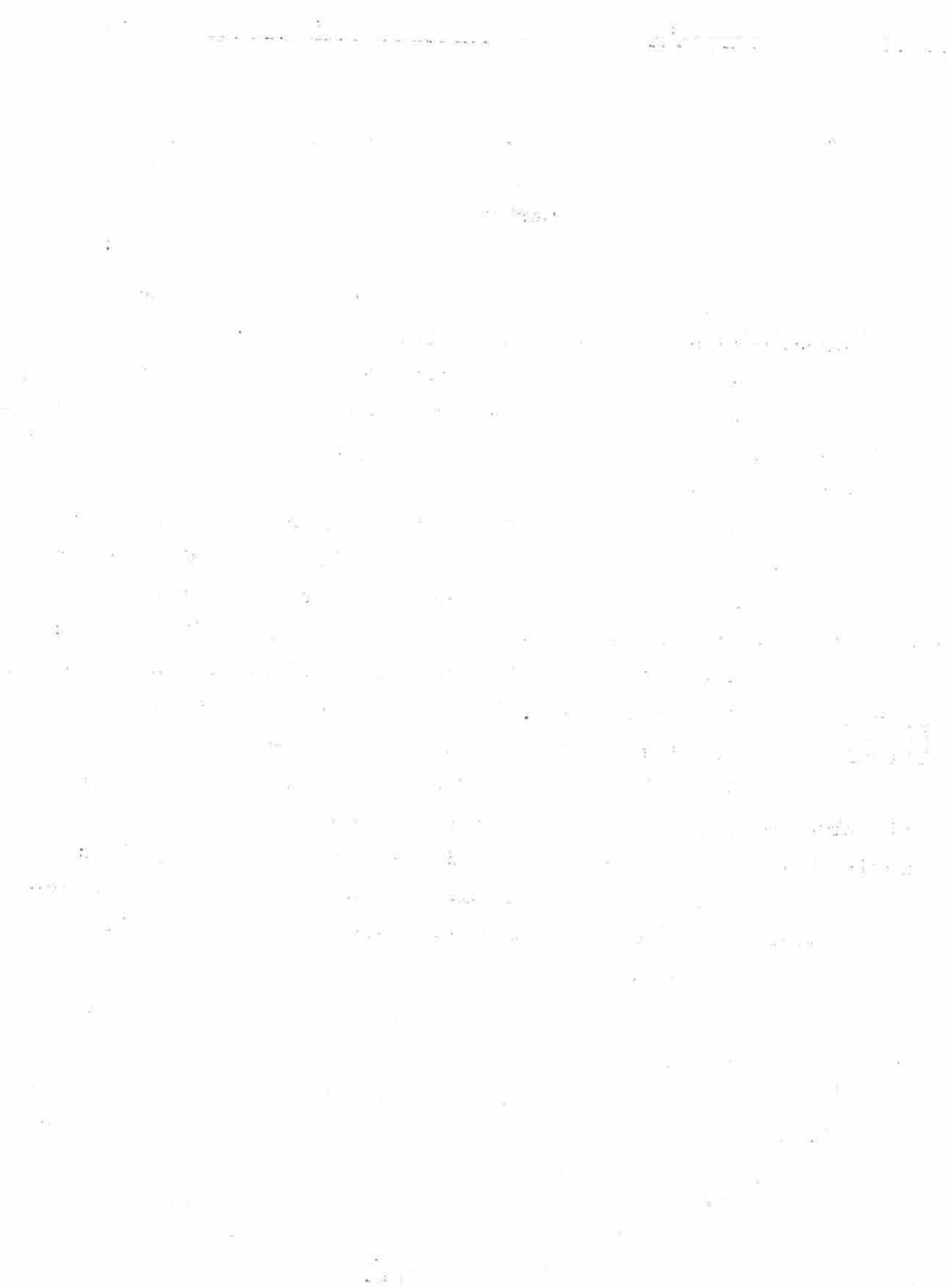
PRÉSENTATION DE L'INSTITUT BURKINABÈ DE L'ÉNERGIE (IBE)

L'Institut Burkinabè de l'Energie (IBE) créé par arrêté conjoint n°39/ESRS/ET/TPTU/DR/EP/TF/CNERT/IVE du 4/10/1982 sous le nom d'Institut Voltaïque de l'Energie est un institut spécialisé du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique. Il a pour attribution de :

- assurer la collecte et l'analyse des données et l'inventaire des potentialités énergétiques ;
- proposer la planification énergétique du pays ;
- étudier et proposer toute mesure visant à garantir l'indépendance énergétique et la sauvegarde de l'environnement au Burkina Faso ;
- coordonner les activités liées aux problèmes énergétiques dans le cadre des plans nationaux de développement ;
- entreprendre la recherche et l'innovation scientifique et technologique dans le domaine de l'énergie ;
- servir de référence scientifique et technologique pour le test des prototypes, le diagnostic énergétique, l'évaluation et l'étude de faisabilité des projets énergétiques ;
- oeuvrer à la diffusion des technologies par l'information, la formation, l'assistance technique, la fabrication de matériel et le suivi du matériel installé ;
- étudier les problèmes techniques, socio-économiques posés par l'introduction de nouvelles technologies dans le domaine de l'énergie.

Depuis un certain temps, l'IBE a entrepris des travaux de recherche sur le biogaz qui est actuellement au stade de pré vulgarisation, l'énergie solaire (chauffe-eau, séchoir...), le test et l'amélioration des différents prototypes de foyers existant, au Burkina Faso.

C'est brièvement la présentation des objectifs et les attributions de l'institut dans lequel nous avons effectués notre stage de fin de cycle.



II → N N E X E II

77/77 A R M I T E N° II
:-----:

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : 3. PT
MARITE n°2

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	12/11/86	29	13	6,249	15,81	8,501	0,137	1,649	1,688	0,509	13,108	0,167	5,036
2	12/11/86	28	13	6,077	14,646	8,477	0,163	1,047	2,565	0,501	15,681	0,261	3,304
3	25/11/86	27	18	8,591	9,131	12,262	0,333	1,635	1,984	0,885	8,736	0,245	6,180
4	25/11/86	25	13	5,826	16,450	7,770	0,143	1,563	2,639	0,569	12,566	0,185	2,944
5	1/10/87	28	19	8,852	18,167	4,566	0,127	1,010	1,055	0,374	16,458	0,118	4,327
Moyenne		15,2	7,119	14,84	8,315	0,180	1,380	1,986	0,567	13,309	0,195	4,358	
Ecart type		3,033	1,473	3,436	2,738	0,086	0,323	0,655	0,191	3,043	0,058	1,312	
Intervalle de confiance		3,765	1,828	4,265	3,399	0,106	0,400	0,813	0,237	3,777	0,072	1,628	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₁
MARITE n°2

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	15/07/87	28	23	10,785	22,528	3,18	0,108	1,055	1,203	0,345	18,808	0,146	2,643
2	16/07/87	28	17	7,909	18,535	4,955	0,124	1,252	1,414	0,4	15,507	0,122	3,504
3	17/07/87	30	19	9,074	26,706	3,297	0,084	0,963	1,382	0,308	20,599	0,145	2,385
4	23/07/87	29	12	5,733	20,092	6,966	0,126	0,993	1,646	0,42	17,076	0,209	4,232
5	24/07/87	29	19	8,989	18,575	4,45	0,126	1,537	2,353	0,49	13,641	0,168	1,891
Moyenne		18	8,498	21,287	4,569	0,113	1,16	1,599	0,392	17,126	0,158	2,931	
Ecart type		4	1,857	3,437	1,537	0,018	0,238	0,449	0,07	2,723	0,032	0,933	
Intervalle de confiance		4,965	2,305	4,266	1,908	0,022	0,295	0,557	0,086	3,80	0,039	1,158	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₂
MARMITE n°2

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/1)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/1)	CS ₂ (kg/1)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (1)	F
1	27/7/87	28	17	7,931	18,752	4,992	0,125	0,964	1,71	0,43	16,334	0,191	2,919
2	31/7/87	26	14	6,398	19,269	6,333	0,127	1,109	1,498	0,422	16,393	0,171	4,227
3	31/7/87	28	15	7,062	25,46	4,433	0,098	3,474	2,163	0,415	14,574	0,109	2,049
4	3/8/87	27	13	5,994	22,35	5,626	0,325	0,661	1,277	0,352	20,851	0,212	4,405
5	3/8/87	27	20	9,162	19,669	3,974	0,114	1,212	1,266	0,371	16,481	0,109	3,139
Moyenne		15,8	7,309	21,1	5,071	0,157	1,484	1,582	0,398	16,926	0,158	3,347	
Ecart type		2,774	1,268	2,805	0,937	0,094	1,131	0,372	0,034	2,332	0,047	0,975	
Intervalle de confiance		3,443	1,574	3,482	1,163	0,116	1,404	0,461	0,042	2,895	0,058	1,21	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₃
MARMITE n°2

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/1)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/1)	CS ₂ (kg/1)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (1)	F
1	31/7/87	26	15	6,827	19,599	5,657	0,121	2,145	1,403	0,401	14,938	0,093	4,032
2	31/7/87	28	17	6,974	21,333	3,911	0,106	1,000	1,034	0,328	18,513	0,111	3,782
3	31/7/87	27	12	5,518	18,563	7,204	0,125	1,682	1,509	0,416	14,612	0,106	4,774
4	3/8/87	26	17	7,729	15,857	6,128	0,149	1,878	1,467	0,468	13,028	0,102	4,177
5	30/9/87	28	19	8,894	19,267	4,450	0,124	1,212	1,023	0,364	16,747	0,113	4,349
Moyenne		16	7,188	18,923	5,470	0,125	1,583	1,287	0,395	15,567	0,105	4,222	
Ecart type		2,645	1,241	1,994	1,317	0,015	0,471	0,239	0,053	2,111	0,007	0,371	
Intervalle de confiance		3,283	1,540	2,475	1,635	0,018	0,584	0,296	0,065	2,620	0,008	0,460	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

 FOYER : SAB₄
 MARITE n°2

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mm)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	3/9/87	28	19	8,891	34,217	2,5	0,070	0,660	1,087	0,253	27,621	0,188	2,299
(6) 2	(6/10/87) 7/9/87	(29) 23	(20) 17	(9,497) 7,576	(33,054) 35,911	(2,438) 3,166	(0,073) 0,075	(0,661) 0,463	(0,865) 0,401	(0,236) 0,208	(27,819) 34,039	(0,158) 0,168	(2,818) 7,895
3	9/9/87	30	14	6,736	24,819	4,546	0,096	0,558	1,150	0,310	23,574	0,226	3,953
(7) 4	(6/10/87) 11/9/87	(29) 27	(29) 17	(13,822) 7,791	(24,628) 24,140	(2,314) 3,818	(0,101) 0,093	(0,862) 1,227	(0,992) 1,023	(0,306) 0,302	(21,299) 19,498	(0,154) 0,09	(2,332) 3,732
5	22/9/87	29	16	7,587	29,839	3,344	0,080	1,468	0,496	0,216	25,108	0,062	6,741
Moyenne		(19,6) 16,6	(9,306) 7,716	(29,311) 29,785	(3,028) 3,474	(0,084) 0,082	(0,841) 0,875	(0,918) 0,831	(0,264) 0,257	(25,084) 25,968	(0,157) 0,146	(3,628) 4,924	
Ecart type		(5,770) 1,816	(2,746) 0,771	(4,485) 5,331	(0,940) 0,762	(0,013) 0,011	(0,367) 0,444	(0,259) 0,354	(0,042) 0,047	(2,762) 5,389	(0,060) 0,068	(1,864) 2,312	
Intervalle de confiance		(7,163) 2,254	(3,409) 0,957	(5,567) 6,618	(1,166) 0,945	(0,016) 0,013	(0,455) 0,551	(0,321) 0,439	(0,052) 0,058	(3,428) 6,690	(0,074) 0,084	(2,314) 2,870	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

 FOYER : SAB₅
 MARITE n°2

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mm)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	9/9/87	28	15	7,074	23,103	4,940	0,110	0,886	0,907	0,320	20,500	0,152	5,446
2	10/9/87	29	15	7,089	30,207	3,441	0,077	1,720	0,907	0,249	22,163	0,070	3,793
3	10/9/87	29	22	10,373	26,024	2,677	0,087	0,833	0,950	0,276	22,192	0,121	2,817
4	10/9/87	27	15	6,923	26,659	4,116	0,090	1,154	1,023	0,292	21,225	0,116	4,023
5	11/9/87	27	18	8,230	27,645	3,096	0,080	1,360	0,717	0,244	22,378	0,054	4,317
Moyenne		17	7,937	26,727	3,654	0,088	1,190	0,900	0,276	21,691	0,102	4,079	
Ecart type		3,082	1,458	2,578	0,891	0,012	0,364	0,113	0,031	0,803	0,039	0,949	
Intervalle de confiance		3,826	1,810	3,200	1,106	0,014	0,451	0,140	0,038	0,996	0,048	1,178	

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS

Ouaga
FOYER : métallique

1 ^e PHASE				2 ^e PHASE				TOTALITE DE L'ESSAI					
n° test	Date	T ₀ (°C)	T _E (mm)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	4/12/86	26	11	5,002	23,714	6,333	0,1	0,022	1,309	0,344	21,355	0,207	4,838
2	5/12/86	24	14	6,209	29,078	4,207	0,082	0,584	1,14	0,294	25,881	0,218	3,69
3	16/12/86	24	12	5,513	27,99	6,254	0,109	0,86	1,816	0,409	22,035	0,336	3,444
4	17/12/86	24	13	5,744	23,561	5,464	0,099	0,819	1,193	0,337	20,531	0,16	4,58
5	18/12/86	22	13	5,619	26,694	5,067	0,09	0,736	1,678	0,367	22,129	0,25	3,02
Moyenne			12,6	5,617	26,207	5,465	0,096	0,604	1,427	0,35	22,386	0,234	3,914
Ecart type		1,140	0,434	2,493	0,882	0,010	0,342	0,302	0,042	2,055	0,065	0,769	
Intervalle de confiance		1,415	0,538	3,094	1,094	0,012	0,424	0,374	0,052	2,551	0,080	0,954	

77) 77) ARMITE № III
-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : 3.PT
MARMITE n°3

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	11/11/86	28	18	5,058	17,76	8,515	0,136	1,314	2,343	0,706	15,026	0,226	3,634
2	12/11/86	28	18	5,046	17,002	8,761	0,14	1,295	3,061	0,788	14,126	0,27	2,862
3	14/11/86	27	15	4,147	15,891	11,379	0,149	1,407	2,407	0,767	13,68	0,207	4,727
4	14/11/86	27	17	4,723	16,574	9,947	0,148	1,678	1,541	0,68	14,538	0,156	6,455
5	18/11/86	27	15	4,11	17,559	9,669	0,126	0,835	2,459	0,691	16,44	0,28	3,932
Moyenne		16,6	4,616	16,957	9,654	0,139	1,305	2,362	0,726	14,762	0,227	4,322	
Ecart type		1,516	0,465	0,757	1,135	0,009	0,304	0,541	0,048	1,061	0,050	1,366	
Intervalle de confiance		1,882	0,577	0,939	1,409	0,011	0,377	0,671	0,059	1,317	0,062	1,695	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₁
MARMITE n°3

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	21/7/87	29	20	5,668	22,346	5,795	0,103	1,546	2,09	0,564	17,2	0,159	2,772
2	22/7/87	28	23	6,428	22,523	5,066	0,102	1,568	1,456	0,506	18,449	0,119	3,479
3	23/7/87	28	19	5,339	23,653	6,066	0,102	1,491	1,889	6,543	18,484	0,178	3,211
4	24/7/87	30	11	3,159	16,897	13,645	0,136	0,975	2,491	0,71	15,334	0,268	5,477
5	27/7/87	27	19	5,229	18,914	7,316	0,12	1,488	1,351	0,567	16,448	0,109	5,415
Moyenne		18,4	5,164	20,866	7,577	0,112	1,413	1,855	0,578	17,183	0,166	4,07	
Ecart type		4,449	1,215	2,840	3,487	0,015	0,247	0,467	0,077	1,346	0,063	1,280	
Intervalle de confiance		5,523	1,508	3,525	4,328	0,018	0,306	0,579	0,095	1,671	0,078	1,589	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₂
MARITE n°3

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	28/7/87	29	16	4,528	21,703	7,382	0,105	1,032	1,667	0,531	18,673	0,177	4,428
2	29/7/87	29	23	6,550	25,042	4,653	0,096	1,236	1,488	0,479	20,501	0,169	3,127
3	30/7/87	29	16	4,520	22,314	7,085	0,101	0,883	2,079	0,555	19,172	0,238	3,407
4	31/7/87	28	20	5,555	22,309	5,620	0,098	0,920	1,710	0,517	19,368	0,176	3,286
5	30/9/87	28	20	5,602	21,699	6,143	0,108	1,094	1,224	0,504	19,207	0,148	5,018
Moyenne		19	5,351	22,613	6,196	0,101	1,033	1,633	0,517	19,384	0,181	3,853	
Ecart type		3	0,852	1,391	1,129	0,004	0,141	0,313	0,028	0,676	0,033	0,826	
Intervalle de confiance		3,724	1,057	1,726	1,401	0,004	0,175	0,443	0,039	0,957	0,046	1,170	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₃
MARITE n°3

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	28/7/87	29	21	6,001	22,336	5,850	0,110	1,081	1,688	0,548	19,027	0,220	3,465
2	28/7/87	30	19	5,453	21,608	6,150	0,105	1,577	1,815	0,541	17,135	0,132	3,388
3	29/7/87	28	19	5,304	21,016	6,516	0,109	1,549	1,488	0,532	17,480	0,116	4,379
4	30/7/87	29	18	5,120	22,440	6,579	0,106	1,527	1,467	0,513	18,470	0,140	4,484
5	31/7/87	28	21	5,873	21,565	5,820	0,107	2,187	1,477	0,526	17,273	0,098	3,940
Moyenne		19,600	5,550	21,793	6,183	0,107	1,584	1,587	0,532	17,877	0,141	3,931	
Ecart type		1,341	0,375	0,592	0,357	0,002	0,394	0,156	0,013	0,828	0,046	0,504	
Intervalle de confiance		1,664	0,465	0,734	0,443	0,002	0,489	0,193	0,016	1,027	0,057	0,625	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₄
MARMITE n°3

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	2/9/87	29	24	6,817	33,238	3,298	0,071	0,694	0,865	0,332	29,256	0,160	3,812
2	4/9/87	29	25	7,070	23,952	4,256	0,095	0,660	1,045	0,435	22,602	0,170	4,072
3	8/9/87	29	24	6,823	22,586	4,881	0,105	0,640	0,844	0,450	21,875	0,171	5,783
4	10/9/87	28	21	5,898	30,405	4,252	0,079	1,301	1,002	0,377	25,046	0,128	4,243
5	10/9/87	29	26	7,354	31,731	3,093	0,071	1,473	0,591	0,310	27,457	0,059	5,233
Moyenne			24	6,792	28,382	3,956	0,084	0,953	0,869	0,380	25,247	0,137	4,628
Ecart type			1,870	0,546	4,798	0,743	0,015	0,400	0,177	0,061	3,136	0,047	0,840
Intervalle de confiance			2,321	0,677	5,956	0,922	0,018	0,496	0,219	0,075	3,893	0,058	1,042

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₅
MARMITE n°3

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	2/9/87	28	21	5,908	35,289	3,709	0,069	0,561	0,918	0,333	31,606	0,219	4,040
2	3/9/87	27	28	7,702	35,637	2,623	0,063	0,741	0,939	0,321	30,203	0,140	2,793
3	9/9/87	31	21	6,137	31,068	3,920	0,075	0,741	0,907	0,346	27,333	0,157	4,321
4	9/9/87	27	24	6,647	29,298	3,905	0,081	1,044	0,749	0,367	25,834	0,122	5,213
5	14/9/87	29	19	5,366	25,859	5,133	0,086	0,549	1,118	0,414	24,783	0,206	4,591
Moyenne			22,6	6,352	31,430	3,858	0,074	0,727	0,926	0,356	27,951	0,168	4,191
Ecart type			3,507	0,883	4,132	0,891	0,009	0,200	0,131	0,036	2,886	0,042	0,894
Intervalle de confiance			4,353	1,096	5,129	1,106	0,011	0,248	0,162	0,044	3,582	0,052	1,109

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

Ouaga
FOYER : métallique
MARCHE n°3

n° test	Date	1° PHASE				2° PHASE				TOTALITE DE L'ESSAI			
		T ₀ (°C)	TE (mn)	TES (mn/1)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	C _S ₁ (kg/1)	C _S ₂ (kg/1)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	4/12/86	25	20	5,394	26,775	5,273	0,09	0,728	1,414	0,467	23,778	0,24	3,729
2	5/12/86	25	16	4,309	31,434	5,561	0,076	0,532	1,404	0,414	28,518	0,299	3,961
3	9/12/86	25	15	4,049	31,452	6,017	0,077	0,497	2,280	0,501	28,219	0,495	2,639
4	16/12/86	26	15	4,08	31,097	5,784	0,075	0,573	1,446	0,411	27,648	0,271	4
5	2/10/87	28	31	8,733	37,404	2,390	0,065	0,523	0,939	0,323	33,358	0,24	2,545
Moyenne		19,4	5,313	31,632	5,005	0,076	0,570	1,496	0,423	28,304	0,309	3,748	
Ecart type		6,804	1,989	3,783	1,487	0,008	0,092	0,485	0,067	3,409	0,106	0,722	
Intervalle de confiance		8,446	2,469	4,696	1,846	0,009	0,114	0,602	0,083	4,232	0,131	0,896	

77) 77 ARMITE N° IV

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : 3.PT
MARITE n°4

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	12/11/86	28	20	4,052	18,552	10,925	0,14	1,362	2,66	0,942	15,925	0,329	4,107
2	12/11/86	28	21	4,182	16,736	10,27	0,136	0,655	3,547	1,017	17,207	0,539	2,895
3	13/11/86	28	24	4,805	21,18	7,165	0,109	1,114	2,174	0,749	18,742	0,248	3,296
4	13/11/86	28	20	3,997	17,854	10,371	0,131	1,017	1,847	0,83	16,554	0,223	5,615
5	18/11/86	26	21	4,159	18,7	10,887	0,143	0,96	2,776	0,985	17,016	0,451	3,922
Moyenne			21,2	4,239	18,604	9,923	0,131	1,021	2,6	0,904	17,088	0,358	3,967
Ecart type			1,643	0,325	1,635	1,570	0,013	0,256	0,648	0,112	1,047	0,134	1,041
Intervalle de confiance			2,039	0,403	2,029	1,949	0,016	0,317	0,804	0,139	1,299	0,166	1,292

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₁
MARITE n°4

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI				
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	20/7/87	29	21	4,266	22,387	7,901	0,106	1,811	2,427	0,754	17,561	0,194	3,255
2	20/7/87	29	24	4,844	23,252	6,359	0,097	1,296	1,615	0,635	19,86	0,141	3,937
3	21/7/87	29	23	4,654	21,207	7,407	0,108	1,826	2,005	0,728	17,372	0,144	3,694
4	21/7/87	28	20	3,987	22,186	8,201	0,103	1,103	2,258	0,732	18,852	0,228	3,631
5	21/7/87	27	22	4,336	20,802	8,19	0,112	1,315	2,332	0,79	17,512	0,218	3,512
Moyenne			22	4,417	21,966	7,611	0,105	1,47	2,127	0,727	18,231	0,185	3,605
Ecart type			1,581	0,336	0,976	0,77	0,005	0,328	0,326	0,057	1,088	0,040	0,249
Intervalle de confiance			1,962	0,417	1,211	0,955	0,006	0,407	0,404	0,070	1,350	0,049	0,309

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₂
MARCHE n°4

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^o PHASE					2 ^o PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI			
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	28/7/87	29	22	4,455	24,196	6,822	0,095	0,829	1,688	0,634	21,711	0,238	4,041
2	28/7/87	28	21	4,197	24,724	7,132	0,094	0,833	1,477	0,613	22,337	0,219	4,828
3	29/7/87	28	19	3,800	23,414	8,366	0,100	1,258	1,488	0,643	20,351	0,168	5,622
4	30/7/87	29	21	4,272	23,794	7,509	0,101	0,856	1,762	0,665	21,307	0,272	4,261
5	31/7/87	29	22	4,451	23,894	6,865	0,096	1,720	1,361	0,606	20,280	0,114	5,044
Moyenne			21	4,235	24,004	7,338	0,097	1,099	1,555	0,632	21,197	0,202	4,759
Ecart type			1,224	0,267	0,489	0,636	0,003	0,391	0,164	0,023	0,884	0,062	0,631
Intervalle de confiance			1,519	0,331	0,607	0,789	0,003	0,485	0,203	0,028	1,097	0,076	0,783

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₂
MARCHE n°4

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^o PHASE					2 ^o PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI			
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	28/7/87	28	22	4,392	23,965	6,966	0,096	1,766	1,435	0,620	20,186	0,120	4,854
2	29/7/87	29	24	4,856	22,003	6,834	0,104	1,578	1,583	0,668	18,754	0,134	4,317
3	30/7/87	28	25	4,986	23,289	6,270	0,098	2,223	1,995	0,684	18,332	0,122	3,142
4	30/7/87	29	21	4,248	20,589	8,338	0,111	1,251	1,889	0,732	17,878	0,181	4,413
5	31/7/87	27	19	3,743	23,578	8,350	0,098	1,046	1,889	0,680	20,363	0,219	4,420
Moyenne			22,2	4,445	22,684	7,351	0,101	1,572	1,758	0,676	19,102	0,155	4,229
Ecart type			2,387	0,499	1,383	0,942	0,006	0,458	0,237	0,040	1,115	0,043	0,642
Intervalle de confiance			2,963	0,619	1,716	1,169	0,007	0,568	0,294	0,049	1,384	0,053	0,797

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₄
MARMITE n°4

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI			
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)
1	9/9/87	29	34	6,885	27,973	3,818	0,083	0,645	1,382	0,541	25,663	0,248
2	14/9/87	29	22	4,459	33,354	4,980	0,070	1,094	0,855	0,427	29,088	0,125
3	14/9/87	29	31	6,263	31,861	3,616	0,071	1,487	1,256	0,473	25,857	0,109
4	16/9/87	29	24	4,853	29,359	5,106	0,078	0,614	1,192	0,500	27,101	0,220
5	16/9/87	28	26	5,207	34,988	4,128	0,067	0,573	1,435	0,475	30,905	0,302
Moyenne		27,4	5,533	31,507	4,329	0,073	0,882	1,224	0,483	27,722	0,200	3,724
Ecart type		4,979	1,010	2,861	0,677	0,006	0,398	0,227	0,041	2,241	0,082	1,330
Intervalle de confiance		6,181	1,253	3,551	0,840	0,007	0,494	0,281	0,050	2,782	0,101	1,651

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₅
MARMITE n°4

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI			
			TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)
1	9/9/87	30	24	4,923	32,676	4,525	0,070	0,668	1,298	0,466	28,748	0,220
2	11/9/87	28	23	4,620	32,241	5,176	0,075	0,689	0,749	0,447	29,861	0,190
3	14/9/87	29	16	3,249	36,096	6,412	0,065	2,051	0,844	0,404	30,096	0,103
4	15/9/87	29	26	5,298	38,561	3,787	0,063	0,587	1,382	0,442	33,133	0,312
5	15/9/87	30	24	4,925	30,306	4,895	0,076	0,642	1,235	0,488	27,476	0,221
Moyenne		22,6	4,603	33,976	4,959	0,069	0,927	1,101	0,449	29,862	0,209	4,939
Ecart type		3,847	0,794	3,304	0,964	0,005	0,629	0,285	0,031	2,102	0,074	2,170
Intervalle de confiance		4,775	0,985	4,101	1,196	0,006	0,780	0,353	0,038	2,609	0,091	2,693

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

Ouaga
TOULON :
métallique
MARITE n°4

n° test	Date	1° PHASE				2° PHASE			TOTALITE DE L'ESSAI			
		T ₀ (°C)	TE (mn)	TES (mn/l.)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)
1	5/12/86	27	23	4,562	31,133	5,466	0,079	0,524	1,71	0,559	28,686	0,403
2	9/12/86	24	19	3,64	30,897	7,167	0,082	0,597	1,984	0,618	27,561	0,448
3	12/12/86	26	19	3,722	29,809	7,02	0,083	0,588	1,9	0,603	26,947	0,408
4	16/12/86	25	18	3,473	30,237	7,336	0,08	0,532	2,048	0,611	27,742	0,454
5	17/12/86	25	19	3,656	29,027	7,117	0,082	0,604	1,689	0,587	26,485	0,336
Moyenne		19,6	3,81	30,22	6,821	0,081	0,569	1,866	0,595	27,484	0,409	3,659
Ecart type		1,949	0,429	0,849	0,766	0,001	0,037	0,161	0,023	0,837	0,047	0,364
Intervalle de confiance		2,419	0,532	1,054	0,950	0,001	0,045	0,199	0,028	1,039	0,058	0,451

— / — / — A R M I T E N ° V
— : — : — : — : — : — : —

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₁
MARITE n°5

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE			TOTALITE DE L'ESSAI			
			TE (mm)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	16/7/87	29	29	4,559	24,303	6,54	0,094	1,384	1,71	0,761	20,958	0,159	3,824
2	17/7/87	29	29	4,562	22,214	7,185	0,103	1,138	1,562	0,806	20,053	0,177	4,599
3	17/7/87	30	24	3,82	23,734	7,877	0,095	1,18	2,628	0,846	19,715	0,237	2,997
4	20/7/87	28	25	3,867	25,03	7,346	0,089	1,67	1,657	0,737	20,86	0,094	4,433
5	20L7/87	29	21	3,241	23,907	8,881	0,092	1,304	1,583	0,739	20,906	0,117	5,61
Moyenne		25,6	4,009	23,837	7,565	0,094	1,335	1,828	0,777	20,498	0,156	4,292	
Ecart type		3,435	0,559	1,035	0,876	0,005	0,211	0,451	0,047	0,574	0,055	0,967	
Intervalle de confiance		4,264	0,693	1,284	1,087	0,006	0,261	0,559	0,058	0,712	0,068	1,200	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₂
MARITE n°5

n°test	Date	T ₀ (°C)	1 ^e PHASE				2 ^e PHASE			TOTALITE DE L'ESSAI			
			TE (mm)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	14/8/87	27	29	4,426	26,891	5,994	0,083	0,943	1,762	0,716	23,559	0,203	3,401
2	17/8/87	27	28	4,279	25,032	6,729	0,090	1,822	1,52	0,739	21,425	0,116	4,426
3	17/8/87	28	25	3,889	30,008	6,384	0,078	1,2	1,646	0,660	25,258	0,203	3,349
4	19/8/87	27	33	5,031	26,317	5,335	0,084	0,811	1,593	0,707	23,825	0,201	3,349
5	20/8/87	28	27	4,186	24,309	7,119	0,094	1,213	1,678	0,766	21,297	0,173	4,242
Moyenne		28,4	4,362	26,511	6,312	0,085	1,197	1,639	0,717	23,072	0,179	3,753	
Ecart type		2,966	0,422	2,204	0,686	0,006	0,388	0,090	0,039	1,691	0,037	0,534	
Intervalle de confiance		3,682	0,523	2,736	0,851	0,007	0,481	0,111	0,048	2,099	0,045	0,662	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₃
MARMITE n°5

n°test	Date	1 ^e PHASE						2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI			
		T ₀ (°C)	TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	18/8/87	27	28	4,270	23,967	6,921	0,093	1,468	1,720	0,775	20,630	0,129	4,023
2	18/8/87	27	31	4,735	25,078	6,047	0,090	1,225	2,237	0,804	21,025	0,206	2,703
3	19/8/87	28	33	5,121	27,149	5,248	0,084	1,506	1,287	0,669	23,638	0,131	4,077
4	21/8/87	27	28	4,298	26,208	6,627	0,089	1,806	1,773	0,754	21,835	0,169	3,737
5	21/8/87	27	28	4,288	24,192	7,068	0,095	1,024	1,752	0,791	21,551	0,218	4,034
Moyenne		29,6	4,542	25,318	6,382	0,090	1,405	1,753	0,758	21,735	0,170	3,714	
Ecart type		2,302	0,377	1,350	0,744	0,004	0,296	0,336	0,053	1,160	0,041	0,581	
Intervalle de confiance		2,857	0,468	1,675	0,923	0,004	0,367	0,417	0,065	1,440	0,050	0,721	

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

FOYER : SAB₄
MARMITE n°5

n°test	Date	1 ^e PHASE						2 ^e PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI			
		T ₀ (°C)	TE (mn)	TES (mn/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	CS ₁ (kg/l)	CS ₂ (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	16/9/87	23	30	4,608	31,194	5,225	0,076	0,651	1,045	0,594	29,039	0,235	5
2	17/9/87	29	24	3,791	33,787	5,884	0,070	0,634	0,844	0,526	31,497	0,211	6,971
3	18/9/87	29	33	5,196	37,775	3,742	0,061	0,528	1,161	0,500	34,396	0,264	3,223
4	18/9/87	29	26	4,108	37,266	4,932	0,063	0,502	1,108	0,510	34,468	0,296	4,451
5	22/9/87	29	30	4,741	38,532	4,137	0,061	0,696	1,14	0,500	33,896	0,243	3,628
Moyenne		28,6	4,488	35,710	4,784	0,066	0,602	1,059	0,526	32,659	0,249	4,654	
Ecart type		3,577	0,549	3,112	0,855	0,006	0,083	0,128	0,039	2,359	0,032	1,468	
Intervalle de confiance		4,440	0,681	3,863	1,061	0,007	0,103	0,158	0,048	2,928	0,039	1,822	

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS

FOYER : SAB 5
WAPITTE n°5

1° PHASE						2° PHASE		TOTALITE DE L'ESSAI					
n° test	Date	T ₀ (°C)	TE (mm)	TES (mm/l)	PCU ₁ (%)	P ₁ (kW)	C _{S1} (kg/l)	C _{S2} (kg/l)	P ₂ (kW)	BST (kg)	PCUT (%)	MEV (l)	F
1	15/9/87	30	30	4,783	35,426	4,275	0,064	0,531	1,319	0,530	32,345	0,276	3,241
2	17/9/87	29	34	5,344	35,940	3,827	0,064	0,454	1,045	0,510	34,048	0,278	3,662
3	17/9/87	28	23	3,574	40,854	5,052	0,057	0,502	1,108	0,472	37,032	0,271	4,559
4	17/9/87	30	37	5,923	43,078	2,935	0,054	0,575	1,213	0,458	37,455	0,277	2,419
5	30/9/87	28	32	4,975	35,840	4,156	0,065	0,668	1,150	0,529	32,120	0,230	3,613
Moyenne			31,2	4,919	38,227	4,049	0,060	0,546	1,167	0,499	34,600	0,266	3,498
Ecart type		5,263	0,868	3,507	0,767	0,004	0,081	0,104	0,033	2,530	0,020	0,773	
Intervalle de confiance		6,533	1,077	4,353	0,952	0,004	0,100	0,129	0,040	3,140	0,024	0,959	

172 N N E X E . ///

6.1.2 - Marmite n°4

	x_i					t_i	\bar{x}_i	$\sum x_i^2$
1	15,925	17,297	18,742	16,554	17,016	85,634	17,000	1464
2	22,586	27,561	26,947	27,742	26,485	137,411	27,454	3779
3	17,561	19,86	17,372	18,852	17,512	91,157	18,231	1566
4	21,711	22,537	20,351	21,307	20,28	105,986	21,197	2249
5	20,186	18,754	18,332	17,878	20,363	95,513	19,102	1829
6	25,663	29,088	25,857	27,101	30,905	138,614	27,722	3862
7	28,743	29,861	30,096	33,133	27,476	149,314	29,832	4476

$$T = 803,449$$

$$19325 = \sum x_i^2$$

$$T^2/n = 18445,722$$

$$\sum T_i^2/n_i = 19271,816$$

Variation	SCE	ddl	Variance
Totale	881,278	34	
Entre les foyers	828,094	6	138,015
Résiduelle	53,184	28	1,899

$$F = 72,677$$

$$F_{0,95} = 2,44$$

$$F_{0,99} = 3,53$$

$$S_x = 0,520$$

Tableau n°7 : analyse de variance

On peut conclure qu'il y a une différence hautement significative entre les 2 variances.

Test d'homogénéité des variances

$$S_1^2 = 1,096 \quad S_5^2 = 1,243 \quad H = 7,174$$

$$S_2^2 = 0,700 \quad S_6^2 = 5,022 \quad H_{0,95} = 33,6$$

$$S_3^2 = 1,182 \quad S_7^2 = 4,418$$

$$S_4^2 = 0,781$$

$H < H_{0,95}$ on peut admettre l'homogénéité des variances

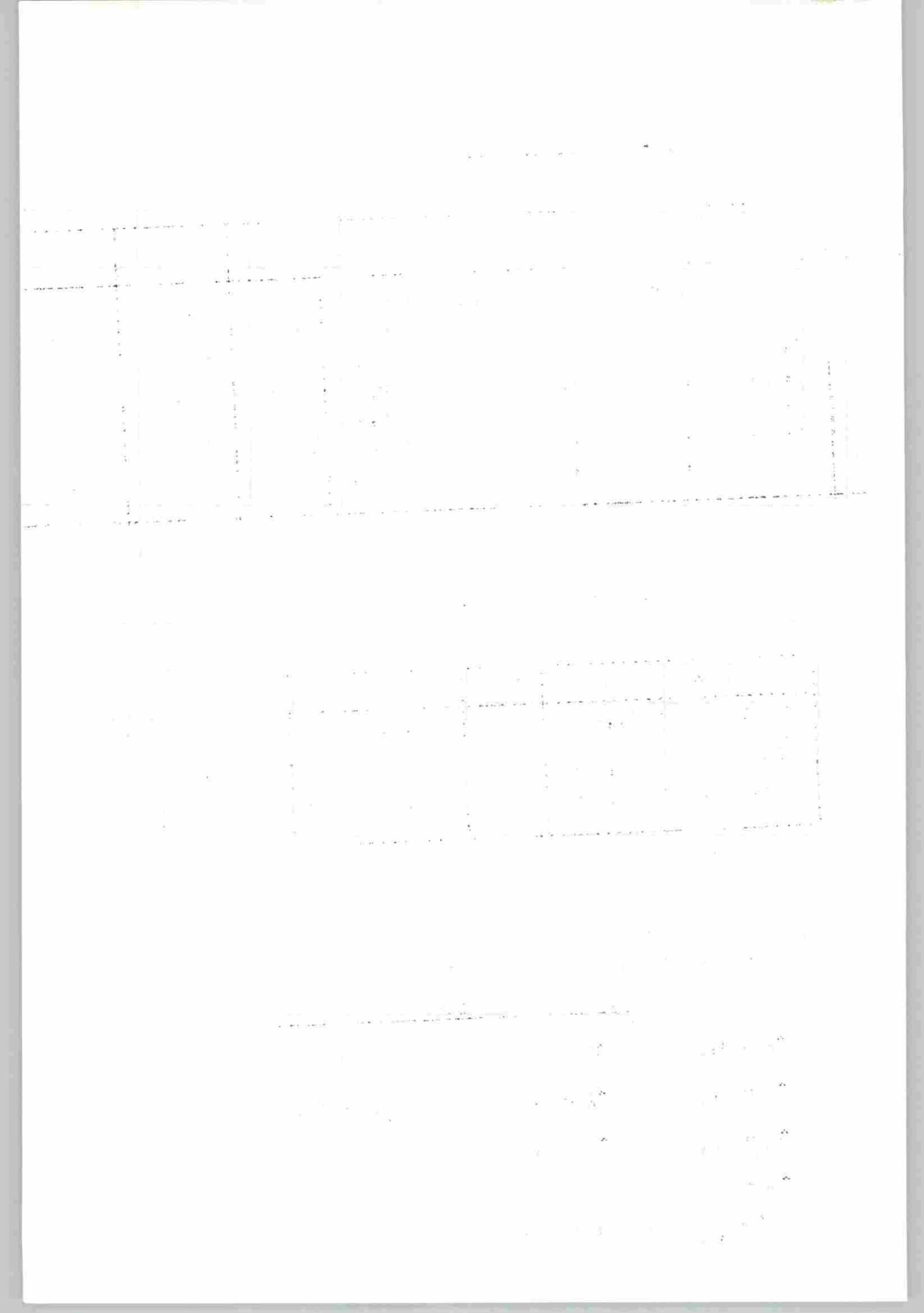


Tableau n°9 : calculs des termes de comparaison

Diagonale n°	K	$\alpha_{0,95}$ ($X, V=23$)	Terme de comparaison $\alpha_{0,95} \approx 0,5%$
1	7	4,48	2,329
2	6	4,32	2,246
3	5	4,12	2,142
4	4	3,86	2,007
5	3	3,50	1,82
6	2	2,897	1,506

Tableau n°10 : comparaison des moyennes

\bar{X}_i	$\bar{X}_i - \bar{X}_1$	$\bar{X}_i - \bar{X}_3$	$\bar{X}_i - \bar{X}_5$	$\bar{X}_i - \bar{X}_4$	$\bar{X}_i - \bar{X}_2$	$\bar{X}_i - \bar{X}_6$
\bar{X}_7	12,774 (2,329)	11,631 (2,246)	10,76 (2,142)	8,665 (2,007)	2,378 (1,82)	2,14 (1,506)
\bar{X}_6	10,634 (2,246)	9,491 (2,142)	8,62 (2,007)	6,525 (1,82)	0,238 (1,506)	
\bar{X}_2	10,396 (2,142)	9,253 (2,007)	8,382 (1,82)	6,287 (1,506)		
\bar{X}_4	4,109 (2,007)	2,966 (1,82)	2,095 (1,506)			
\bar{X}_5	2,014 (1,82)	0,871 (1,506)				
\bar{X}_3	1,143 (1,506)					
\bar{X}_1						

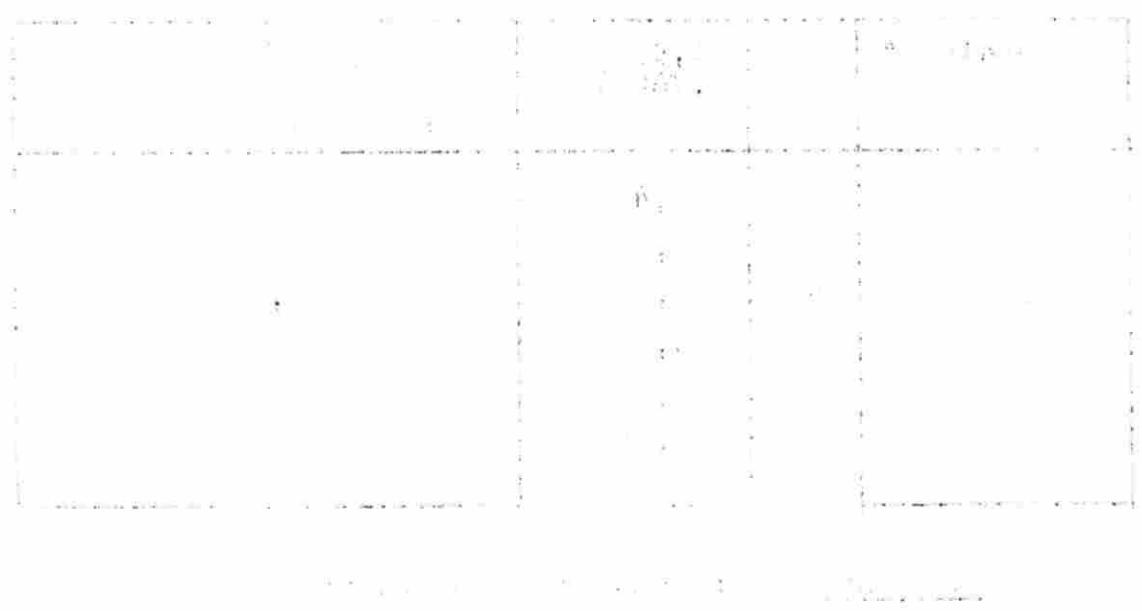


Fig. 1. Mean density of cotton bollworms (*Helicoverpa armigera*) on cotton plants with different numbers of predators.



Fig. 2. Mean density of cotton bollworms (*Helicoverpa armigera*) on cotton plants with different numbers of predators.

La case $\frac{1,143}{(1,506)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_2 \bar{x}_3}$

la case $\frac{0,871}{(1,506)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_3 \bar{x}_5}$

La 3ème ligne du tableau nous indique que \bar{x}_4 n'est homogène avec aucune autre moyenne

la case $\frac{0,238}{(1,506)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_2 \bar{x}_6}$

La première ligne du tableau nous indique que \bar{x}_7 n'est homogène avec aucune autre moyenne.

Les moyennes de P.C.U.T pour la marmite n°4 se présentent dans la situation suivante :

$\underline{\bar{x}_1 \bar{x}_3 \bar{x}_5 \bar{x}_4} \quad \underline{\bar{x}_2 \bar{x}_5} \quad \bar{x}_7$

6.1.3 - Marmite n°5

FOYER	x_i						T_i	\bar{x}_i	$\sum x_i^2$
3	20,958	20,053	19,715	20,86	20,906	102,492	20,498	2102	
4	23,559	21,425	25,256	23,825	21,297	115,364	23,072	2673	
5	20,63	21,025	23,638	21,835	21,551	108,679	21,735	2367	
6	29,039	31,497	34,468	34,396	33,896	163,296	32,659	5355	
7	32,345	34,048	37,032	37,455	32,12	173	34,600	6011	

$$T = 662,831$$

$$18508 = \sum x_i^2$$

$$T^2/n = 17.573,797 \quad \sum T_i^2/n_i = 18.443,834$$

... /

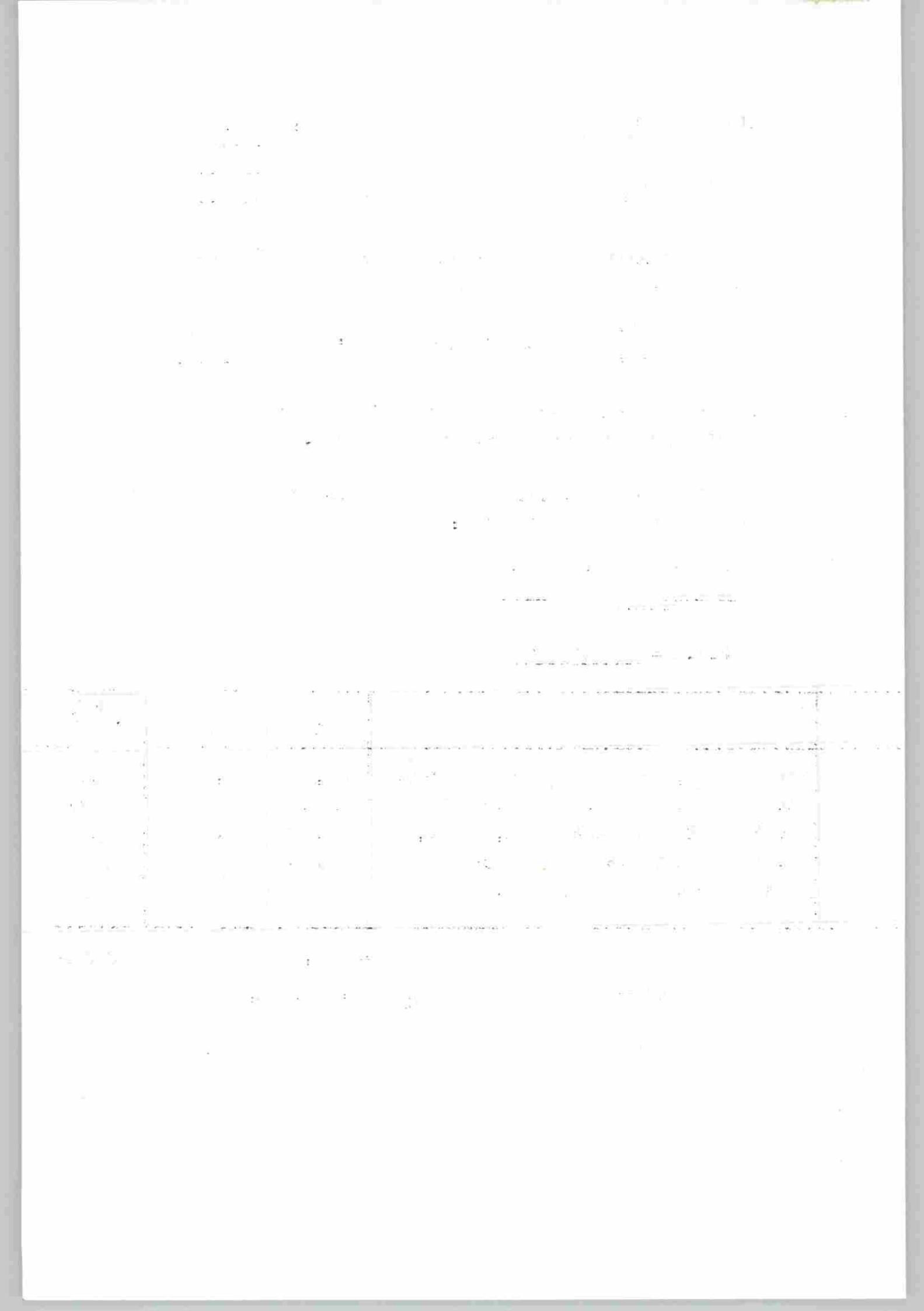


Tableau n°11 : analyse de variance

Variation	SCE	ddl	variance
Totale	934,103	24	
entre les foyers	870,034	4	217,509
résiduelle	64,166	20	3,208

$$F = 67,802$$

$$F_{0,95} = 2,87$$

$$F_{0,99} = 4,43$$

$$S_{\bar{x}} = 0,800$$

De cette analyse nous pouvons conclure qu'il y a une différence hautement significative entre les 2 variances (foyers et résiduelle).

Test d'homogénéité des variances

$$S_3^2 = 0,329 \quad S_6^2 = 5,564 \quad H = 6,4 / 0,329 = 19,452$$

$$S_4^2 = 2,859 \quad S_7^2 = 6,400 \quad H_{0,95} = 25,2$$

$$S_5^2 = 1,345$$

$H < H_{0,95}$ l'homogénéité des variances est vérifiée au niveau 95 % de probabilité.

Diagonale n°	K	$\alpha_{0,95}$ (K, V=20)	Terme de comparaison $\alpha_{0,95} \times S_{\bar{x}}$
1	5	4,43	3,384
2	4	3,96	3,168
3	3	3,58	2,864
4	2	2,95	2,36

Tableau n°12 : calculs des termes de comparaison

[View all posts by **John**](#) [View all posts in **Uncategorized**](#)

— 1 —

Tableau n°13 : comparaison des moyennes

\bar{x}_i	$\bar{x}_i - \bar{x}_3$	$\bar{x}_i - \bar{x}_5$	$\bar{x}_i - \bar{x}_6$	$\bar{x}_i - \bar{x}_7$
\bar{x}_7	14,192 (3,384)	12,865 (3,168)	11,523 (2,864)	1,941 (2,36)
\bar{x}_6	12,161 (3,168)	10,924 (2,864)	9,567 (2,36)	
\bar{x}_4	2,574 (2,864)	1,337 (2,36)		
\bar{x}_5	1,237 (2,36)			
\bar{x}_3				

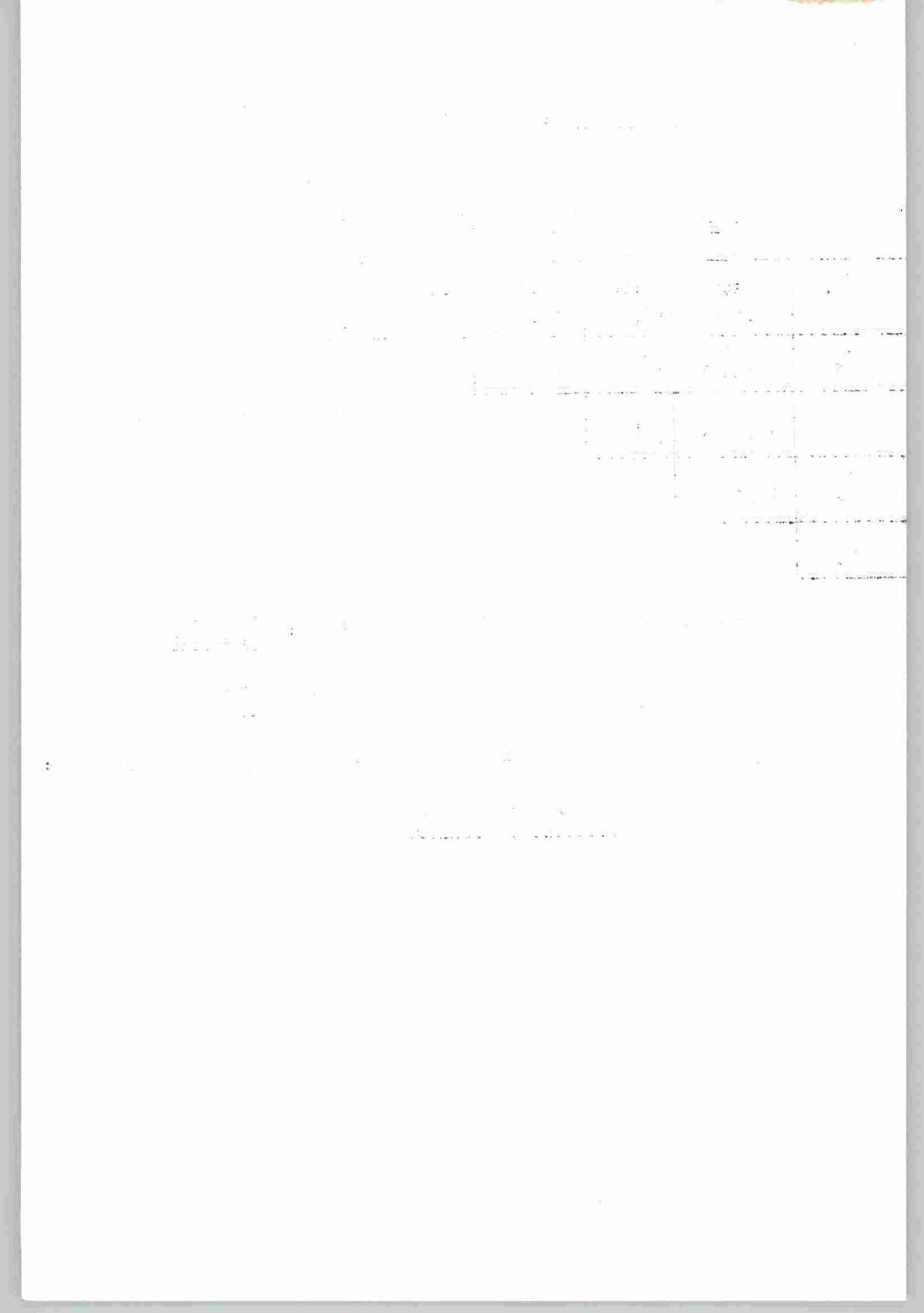
La case $\frac{2,574}{(2,864)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_3} \underline{\bar{x}_5} \underline{\bar{x}_4}$

La case $\frac{1,941}{(2,36)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_6} \underline{\bar{x}_7}$

Par ordre croissant, la situation des moyennes est la suivante :

\bar{x}_3 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_6 \bar{x}_7

... /



6.1.4 - Marmite n°2

FOYER		X_i			T_i	\bar{X}_i	$\sum X_i^2$
1	13,108	15,681	8,736	12,566	16,458	66,549	13,309
2	21,355	25,881	22,036	20,532	22,13	111,934	22,386
3	18,808	15,597	20,599	17,076	13,641	85,631	17,126
4	16,334	16,393	14,574	20,851	16,481	84,633	16,916
5	14,938	18,513	14,512	13,028	16,747	77,838	15,567
6	27,621	34,039	23,574	19,498	25,108	129,84	25,968
7	20,5	22,163	22,192	21,225	22,378	108,458	21,691

$$T = 664,883$$

$$13465 = T^2$$

$$T^2/n = 12630,554$$

$$\sum T_i^2/n_i = 13226,744$$

-Tableau n° 14 : analyse de variance

Variation	SCE	ddl	variance	F = 11,677
Total	834,446	34		
entre les foyers	596,19	6	99,365	$F_{0,95} = 2,44$
résiduelle	238,256	28	8,509	$F_{0,99} = 3,53$ $s_x = 1,102$

On a une différence globale entre les foyers hautement significative.

Test d'homogénéité des variances

$$s_1^2 = 9,259 \quad s_5^2 = 4,456 \quad H = 45,094$$

$$s_2^2 = 4,823 \quad s_6^2 = 29,041 \quad H_{0,95} = 33,6$$

$$s_3^2 = 7,414 \quad s_7^2 = 0,644$$

$$s_4^2 = 5,438$$

$$H > H_{0,95}$$

s_6^2 nouvelle est égale à 7,628

$$H' = 14,377 \quad H' < H_{0,95}$$

.../

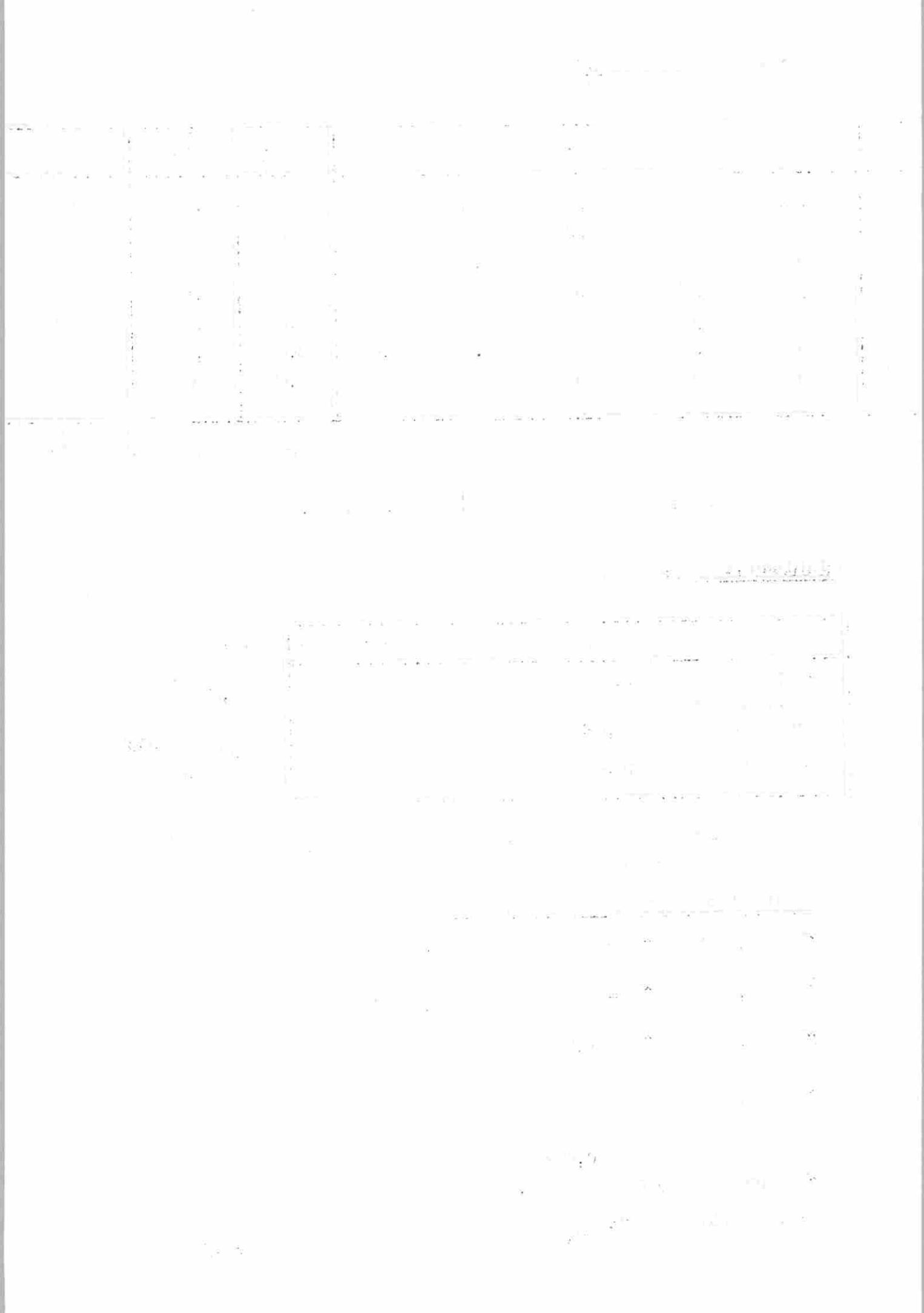
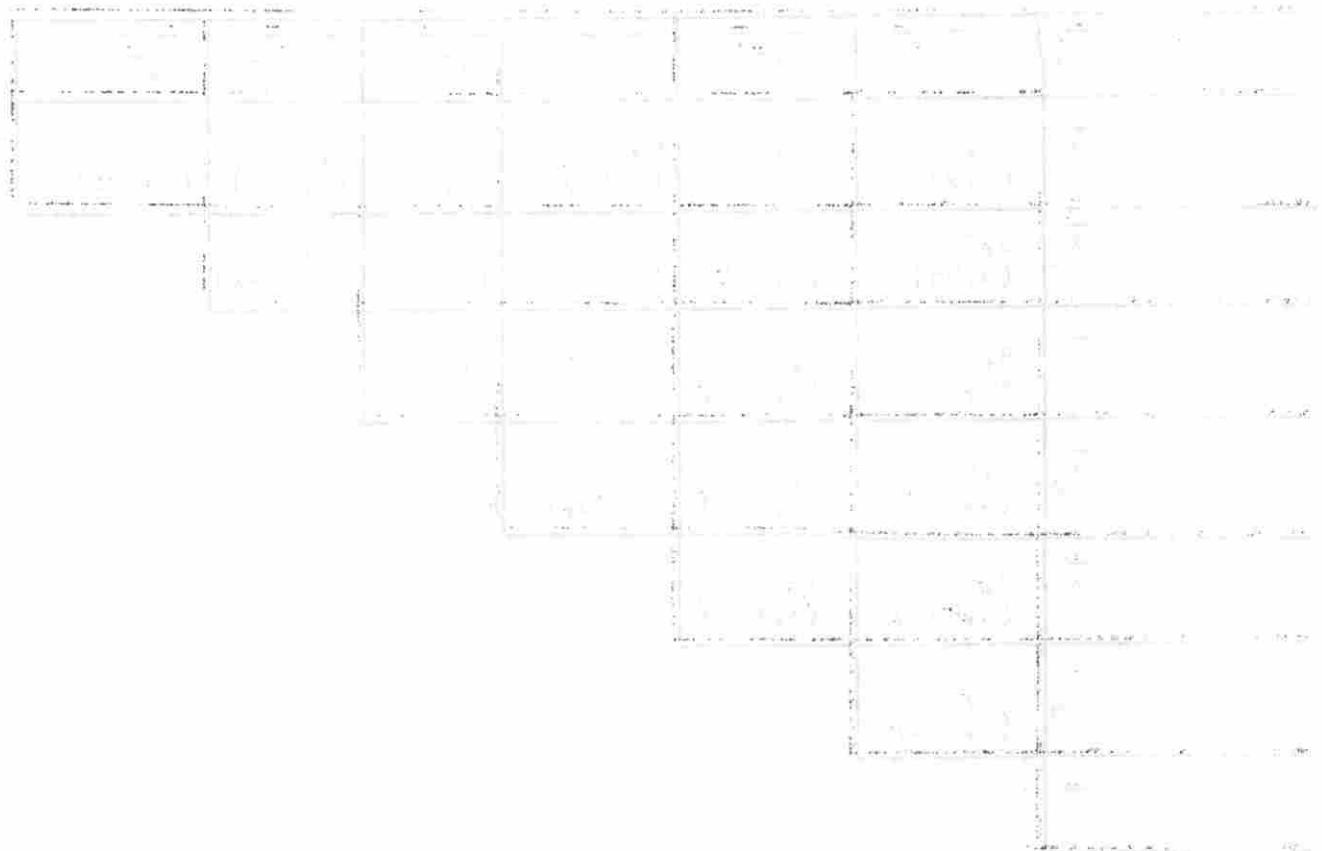
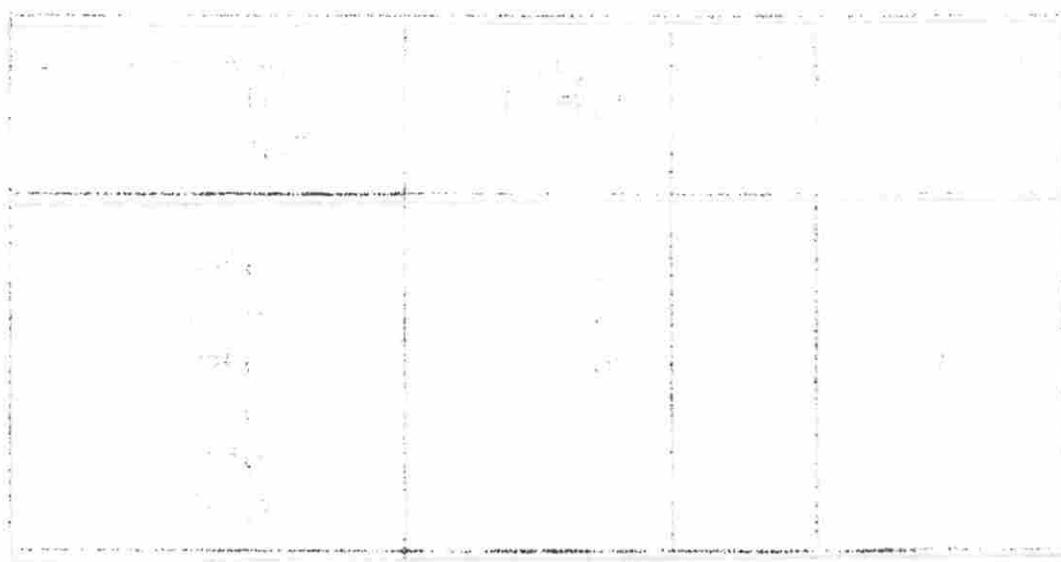


Tableau n°15 : calculs des termes de comparaison

Diagonale n°	K	$Q_{0,95}$ (K, V=28)	Terme de compa- raison $Q_{0,95} \times 1,102$
1	7	4,48	4,936
2	6	4,32	4,760
3	5	4,12	4,450
4	4	3,86	4,253
5	3	3,50	3,857
6	2	2,897	3,192

Tableau n°16 : comparaison des moyennes

\bar{x}_i	$\bar{x}_i - \bar{x}_1$	$\bar{x}_i - \bar{x}_5$	$\bar{x}_i - \bar{x}_4$	$\bar{x}_i - \bar{x}_3$	$\bar{x}_i - \bar{x}_7$	$\bar{x}_i - \bar{x}_2$
\bar{x}_6	12,659 (4,936)	10,401 (4,76)	9,042 (4,54)	8,842 (4,253)	4,277 (3,857)	3,582 (3,192)
\bar{x}_2	9,077 (4,76)	6,819 (4,54)	5,46 (4,253)	5,26 (3,857)	0,695 (3,192)	
\bar{x}_7	8,382 (4,54)	6,124 (4,253)	4,765 (3,857)	4,565 (3,192)		
\bar{x}_3	3,817 (4,253)	1,559 (3,857)	0,2 (3,192)			
\bar{x}_4	3,657 (3,857)	1,359 (3,192)				
\bar{x}_5	2,258 (3,192)					
\bar{x}_1						



La case $\frac{3,817}{(4,253)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_1 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_3}$

La case $\frac{0,695}{(3,192)}$ nous indique que l'on a : $\underline{\bar{x}_7 \bar{x}_2}$

La première ligne du tableau nous indique que \bar{x}_6 n'est homogène avec aucune autre moyenne.

La situation est donc la suivante :

$\underline{\bar{x}_1 \bar{x}_5 \bar{x}_4 \bar{x}_3} \quad \underline{\bar{x}_7 \bar{x}_2} \quad \bar{x}_6$