



ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE OUAGADOUGOU

## L'EQUIPEMENT RURAL

03 B.P. 7023 OUAGADOUGOU 03  
BURKINA FASO

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

## ANNEE 1995 - 1996

Présenté par :  
*KLADI Edouard*

ETUDE DE LA COMMERCIALISATION  
DU VENTIFRAICHEUR A OUAGADOUGOU  
(ASPECTS TECHNIQUES, FINANCIERS  
ET COMMERCIAUX)

E. I. E. R.	
Enregistré à l'Arrivée	
le 04 JUIL. 1996	s/N° 291/96

MENTION :

Professeur Responsable  
T. DJIAKO  
F. COUPEL

Bénin - Burkina - Cameroun - Centrafrique - Congo - Côte d'Ivoire - Gabon  
Guinée - Mali - Mauritanie - Niger - Sénégal - Tchad - Togo

# SOMMAIRE

DEDICACES	1
REMERCIEMENTS	2
RESUME	3
INTRODUCTION	4
<b>PREMIERE PARTIE</b>	<b>5</b>
Introduction	
<b>I Analyse des conditions climatiques et des systèmes de refroidissement utilisés</b>	
<b>I.1 Le confort thermique</b>	
I.1.1 Notion de confort thermique	5
I.1.2 Zone de confort	6
I.1.3 Conditions extérieures moyennes	7
I.1.4 Besoins en refroidissement d'air à Ouagadougou	8
I.1.5 Besoins théoriques	8
I.1.6 Brassage de l'air intérieur	10
I.1.7 La ventilation nocturne par l'air extérieur	11
I.1.8 Ventilation par de l'air extérieur humidifié	12
I.1.9 Positionnement du ventifraîcheur	13
<b>I.2 La climatisation</b>	
I.2.1 Définition de la climatisation	13
I.2.2 Différents types de climats	13
I.2.3 Les conditions extérieures de base	14
I.2.4 Les conditions intérieures de base	15
I.2.5 Les systèmes de refroidissement utilisés	15
I.2.6 Les équipements traditionnels de climatisation	15
I.2.6.1 Les ventilateurs	15
I.2.6.2 Les ventilo-humidificateurs	16
I.2.6.3 Les climatiseurs	16
<b>I.3 La ventilo-humidification</b>	
I.3.1 Notion de climat sec et de climat très sec	17
I.3.1.1 Climats secs	17
I.3.1.2 Limites des climats secs et des climats très secs	19
I.3.2 Nécessité d'humidifier l'air	22
I.3.3 Champs d'application de la ventilo-humidification	23

I.3.4 Limites de l'humidification de l'air	24
I.3.5 Limites d'utilisation de la ventilo-humidification	25

## **II Etude des performances du ventifraîcheur : Synthèse des études antérieures**

II.1 Description et Analyse des performances du premier prototype	27
II.2 Description et Analyse des performances du deuxième prototype	28
II.3 Description et Analyse des performances du troisième prototype	30

<b>Conclusion</b>	33
-------------------	----

## **DEUXIEME PARTIE**

### **III Etude de marché du ventifraîcheur**

III.1 Définition de la notion de marché	34
III.2 Analyse de la tendance du marché	35
Le marché global	35
L'environnement macro-économique: le Pays	36
L'influence de l'institutionnel	37
L'environnement micro-économique: le froid	37
Analyse des importations	37
principaux produits et provenance	38
III.3 Evaluation de la taille du marché	39
Nombre de clients potentiels	39
Les consommateurs : habitudes de logement et froid	39
Type d'habitation	41
Disponibilité en électricité et eau	41
Analyse du revenu des ménages	41
III.4 Etudes qualitatives	43
III.5 Evaluation de la demande	45
III.6 Analyse de la concurrence	48

<b>III.7 Les circuits de distribution</b>	<b>50</b>
III.7.1 Les entreprises	51
III.7.2 Les revendeurs	51
III.7.3 Les circuits parallèles	51
III.7.4 La réparation	51
<b>Conclusion sur l'étude de marché</b>	<b>52</b>
<b>IV Etude des coûts de production du ventifraîcheur à Ouaga</b>	
<b>IV.1 Coûts de production</b>	<b>53</b>
IV.1.1 Matériel de production	53
IV.1.2 Frais de personnel	54
IV.1.3 Consommation électrique	54
IV.1.4 Estimation et répartition des charges fixes	55
IV.1.5 Estimation de la main d'oeuvre et de l'énergie	55
IV.1.6 Calcul des charges variables	55
<b>IV.2 Calcul du seuil de rentabilité</b>	<b>58</b>
<b>IV.3 Stratégie commerciale</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>65</b>
<b>RECOMMANDATIONS</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>ANNEXES</b>	
- Diagramme de l'air humide (limites de confort)	
- carte bioclimatique	
- Courbes du métabolisme	
- Schémas des prototypes de ventifraîcheurs	
- Vue d'ensemble du ventifraîcheur	
- Courbes d'évolution de la température intérieure en fonction de la température extérieure et du degré hygrométrique (deuxième prototype)	
- Courbes d'évolution de la température intérieure en fonction de la température extérieure et du degré hygrométrique	
- Importations des climatiseurs	
- Carte des climats	
- Questionnaires d'enquête	

## **REMERCIEMENTS**

A l'issue du présent mémoire, nos remerciements vont tout particulièrement à l'endroit de nos encadreurs Messieurs Thomas DJIAKO et Fabrice COUPEL, pour l'encadrement que nous avons bénéficié et les précieux conseils qu'ils nous ont prodigués au cours de la période consacrée aux mémoires.

De même, nous remercions Monsieur Zakari BOURAIMA, Professeur à l'EIER ainsi que Messieurs Martin OUEDRAOGO et Abdoulaye OUEDRAOGO des Services Techniques, pour leur collaboration.

Nous n'allons pas oublier Messieurs Emile BINGBOURE, René D. Brice OUANDORAH, Gariba BEHON, Traoré MOUSSA, tous étudiants à l'Université de Ouagadougou, qui nous ont aidé à réaliser les enquêtes relatives à l'étude de marché du ventifraîcheur dans la ville de Ouagadougou.

## RESUME

En analysant les conditions climatiques à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso qui est un pays sahélien situé dans la zone à climat tropical sec, on constate que le problème de confort thermique se pose véritablement avec acuité.

Pendant la période de grande chaleur qui va de Février à Avril, le climat à Ouaga est difficilement supportable. Cette observation se vérifie aisément sur une carte bioclimatique.

L'étude des contraintes climatiques, analysée dans le contexte de la zone tropicale sèche, aide à définir les solutions permettant de revenir dans la zone de confort. Ces solutions qui s'appliquent en fonction des périodes sont : la climatisation, la ventilo-humidification et le brassage d'air.

Les enquêtes menées dans le volet étude de marché de ce mémoire nous ont permis de constater que par rapport au pouvoir d'achat, très peu de personnes ont accès au climatiseur. La plupart des gens se contentent de ce que leurs moyens leur permettent d'acquérir à savoir le ventilateur, quand bien même que cet appareil n'améliore pas la situation en période chaude.

En proposant à la population enquêtée un système de refroidissement moins performant qu'un climatiseur mais plus performant qu'un ventilateur, économique et d'un entretien facile, nous avons voulu présenter le ventifraîcheur comme une alternative pouvant permettre au plus grand nombre de se rapprocher des conditions de confort.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus montrent que le marché est restreint et une production en série du ventifraîcheur n'est pas envisageable actuellement. La production artisanale en version métallique comme en version bois n'est pas rentable avec du matériel neuf. Seule la version bois, associée avec des éléments de récupération est rentable ; ce qui permet un prix de vente de 185000 FCFA.

Cependant, il est nécessaire que cette production soit assurée dans le cadre d'une petite entreprise. Faire connaître le ventifraîcheur au public qui d'une manière générale l'ignore, est une condition importante pour la réussite de l'opération.

La perspective d'une production industrielle non seulement demande d'importants investissements, mais elle exige en amont l'assurance de disposer d'un marché plus vaste. Elle ne pourra s'envisager que si on élargit le marché à d'autres pays sahéliens, désertiques ou semi-désertiques comme le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Tchad et le Soudan.

## INTRODUCTION

Les conclusions des études menées à l'EIER à partir de l'année 1990 dans le domaine de la climatisation, affirment qu'en zone tropicale sèche, il est possible de parvenir à un certain niveau de confort thermique d'habitation sans utiliser de machines frigorifiques.

Ces conclusions, basées sur une analyse rigoureuse des conditions climatiques, permettent de mettre en évidence les possibilités d'utilisation de la ventilo-humidification (système de refroidissement par évaporation d'eau) comme procédé économique pouvant contribuer à atténuer l'inconfort.

A la lumière des connaissances théoriques et des essais sur le climeur turbo 1000 (appareil de refroidissement d'air par évaporation d'eau commercialisé en France), il est apparu nécessaire de réaliser sur place, avec des matériaux disponibles localement, un premier prototype de ventilo-humidificateur dénommé ventifraîcheur.

Au regard des résultats de l'expérimentation de ce premier prototype, et de l'analyse critique qui a suivi, des améliorations ont été apportées. Ces améliorations ont débouché sur la réalisation d'un deuxième prototype en 1992.

Toujours dans le souci d'améliorer les performances et l'esthétique des précédents modèles, un troisième prototype a été réalisé et expérimenté en 1994.

Actuellement, l'EIER souhaiterait rétrocéder le savoir-faire à un artisan local ou bien à une structure composée d'anciens élèves en vue de la production et de la commercialisation de cet appareil à Ouagadougou.

Mais avant d'y arriver un certain nombre d'interrogations devraient d'abord trouver des réponses : le marché existe-t-il? Quelle est sa taille? Quelles sont les contraintes liées à l'environnement socio-économique? Quelles sont les facilités qu'offre le cadre institutionnel et juridique en matière d'allègements fiscaux? Quelle production, à vendre à quel prix?

Après une présentation des données de base sur le confort thermique, la climatisation et la ventilo-humidification, la présente étude s'efforcera de répondre aux différentes interrogations ci-dessus à travers une étude de marché qui sera suivie du calcul des coûts de production du ventifraîcheur à Ouagadougou.

## **PREMIERE PARTIE**

**CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET DES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT UTILISES**

**CHAPITRE II : ANALYSE DES PERFORMANCES DU VENTIFRAICHEUR  
SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES**

## Introduction

Dans cette première partie, nous allons étudier le confort thermique d'une manière générale et particulièrement les besoins en refroidissement d'air à Ouagadougou.

Notre étude abordera ensuite la climatisation et la ventilo-humidification comme procédés d'appoint face au problème de confort thermique en zone tropicale sèche.

Enfin, nous examinerons les caractéristiques des différents prototypes de ventifraîcheurs ainsi que leurs performances.

## I ANALYSE DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET DES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT UTILISES

### I.1 LE CONFORT THERMIQUE

#### I.1.1 Notion de confort thermique

Le confort thermique est une notion complexe dépendant de nombreux paramètres.

Un individu est en situation de confort thermique lorsqu'il ne ressent de sensation ni de chaud ni de froid. Selon P. DEPECKER [4], le confort thermique peut être défini comme une sensation complexe produite par un système de facteurs physiques et physiologiques, conduisant l'individu à exprimer le bien-être de son état.

Le confort thermique d'un individu dans une certaine ambiance dépend principalement des paramètres suivants :

$\theta$  = température de l'air

$e$  = humidité relative de l'air

$v$  = vitesse relative air / sujet

$\theta_r$  = température radiante moyenne (= moyenne de la température des parois)

$M$  = métabolisme ( en W )

$R_v$  = résistance thermique du vêtement

## 1.1.2 Zone de confort

La définition de la zone de confort est très variable selon les auteurs (voir figure 1 en Annexe 1).

Le confort thermique est ressenti lorsque les mécanismes thermorégulateurs sensibles n'interviennent pas. Il y a équilibre thermique, autrement dit le tirage thermique de l'ambiance sur le corps, équivaut à la chaleur qu'il peut perdre ; le sujet est alors en situation de confort. A contrario, deux situations se présentent :

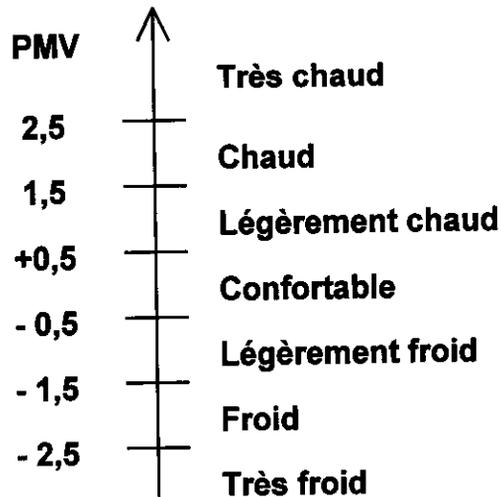
1°) si le tirage thermique de l'ambiance sur le corps est supérieur à la chaleur qu'il peut perdre, l'individu a froid, donc intervention du mécanisme thermorégulateur du frisson : il y a inconfort.

2°) si le tirage thermique de l'ambiance sur le corps est inférieur, le corps cherche à perdre de la chaleur que l'ambiance n'est pas prête à récupérer, donc intervention de la sudation pour rétablir l'équilibre.

En général la situation de confort est ressentie à des températures comprises entre 20 °C et 30 °C, pour des humidités relatives allant de 30 à 70 % et une vitesse de circulation d'air de l'ordre de 0,1 m / s. Notons qu'on est dans la zone de difficulté respiratoire en dessous de 20 % d'humidité relative et dans la zone d'étouffement au-dessus de 80 %.

Les travaux menés par le Pr. Fanger [4], permettent d'estimer la sensation thermique d'un individu de caractéristiques (  $M_{th}$ ,  $R_v$  ) dans une ambiance donnée (  $\theta$ ,  $\theta_r$ ,  $v$ ,  $e$  ). Cette sensation s'exprime par le **PMV** ( Predicted mean vote = vote moyen prévisible ).

$$PMV = f ( M_{th}, R_v, \theta, \theta_r, e, v )$$



**Fig.1** : Correspondance **PMV** / sensation thermique, d'après Fanger

### I.1.3 Conditions extérieures moyennes

Ces conditions ont été analysées pour une année type c'est-à-dire celle présentant les variations moyennes des données climatiques proches des variations observées sur une longue période.

Sur la base des relevés obtenus auprès des services de météorologie nationale du Burkina Faso pour la période 82-87, des analyses effectuées par Y. JANNOT lui ont permis de retenir l'année 1985 comme étant celle qui répond le mieux au principal critère, c'est-à-dire présentant des moyennes mensuelles de température et d'humidité (principaux paramètres) proches des moyennes obtenues sur la période 82-87 considérée.

Ces données sont consignées dans les **tableaux 1 à 3** de l'annexe 1.

A partir des données de ces tableaux, nous pouvons tracer les courbes des températures maximales sèches, des températures humides et des humidités relatives (voir figures 2 à 4 en Annexe 1).

Les figures 5 et 6 en Annexe 1 présentent respectivement les positionnements de jour et de nuit des contraintes climatiques à Ouagadougou, par rapport à la zone de confort. La figure 7 en Annexe présente les dispositions techniques à adopter pour revenir dans la zone de confort.

## **I.1.4 Besoins en refroidissement d'air à Ouagadougou**

### **I.1.4.1 Températures intérieures**

Les besoins en confort thermique dépendent aussi bien de l'architecture du bâtiment, que des matériaux utilisés dans la construction.

Dans la ville de Ouagadougou, l'habitat individuel tend à s'uniformiser; la plupart des maisons sont sans étage avec des murs en agglomérés de ciment creux, crépis à l'extérieur et à l'intérieur.

Le toit à faible pente est couvert de tôles en aluminium. Le faux plafond est réalisé avec du contre-plaqué de 4 mm d'épaisseur et la hauteur des pièces est d'environ 2,75 m.

Une étude réalisée à partir des relevés simultanés de températures à l'extérieur et à l'intérieur d'une maison représentative (habitation de type villa), a permis d'extrapoler les valeurs de la température intérieure à 15 h et à 21 h pour chaque mois de l'année.

### **I.1.5 Besoins théoriques**

L'estimation de ces besoins est faite à partir des conditions climatiques les plus rudes, enregistrées aux environs de 15 heures la journée et 21 heures la nuit.

Les hypothèses de calcul des valeurs de PMV se basent sur :

- les températures intérieures ;
- le cas d'un individu assis sur une chaise, ayant une activité de bureau et habillé en tenue d'été :  $M_{th} = 125 \text{ W}$  ;  $R_v = 0,078 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$
- régime d'équilibre dans la pièce (la température ambiante se confond à la température radiante  $\theta_i = \theta_R$  )
- valeur moyenne de l'humidité relative :  $e = 50 \%$  (n'a pas une influence notable sur le PMV)

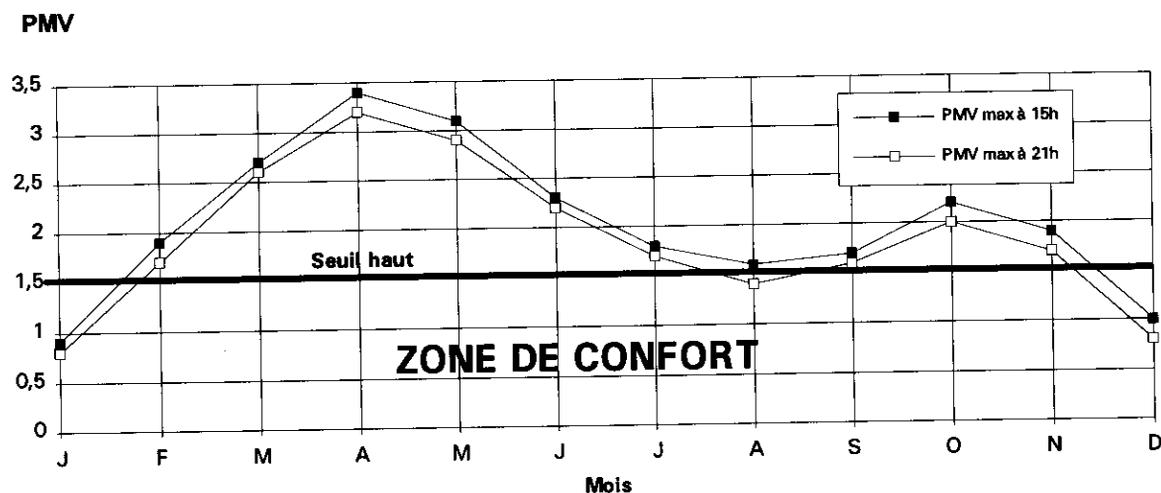
- vitesse de l'air :  $v = 0,1 \text{ m / s}$ .

L'individu considéré est un sujet standard de poids égal à 70 kg, de taille 1,70 m et de surface de corps égale à 1,8 m<sup>2</sup>.

Le tableau 1 ci-après donne la valeur du PMV calculé en fonction de la température intérieure.

**TABLEAU 1: Sensation thermique en fonction de la température intérieure dans un habitat à Ouagadougou**

Mois ☞		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	32,1	35,4	37,3	39,2	37,2	33,4	31,5	30,2	31,7	34,8	35,6	32,1
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	26,8	30,4	33,5	35,8	34,7	32,0	30,2	29,3	29,9	31,5	30,4	27,1
	PMV	0,9	1,9	2,7	3,4	3,1	2,3	1,8	1,6	1,7	2,2	1,9	1,0
21h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	23,9	27,4	30,7	32,9	32,5	29,8	27,6	26,5	26,9	28,1	26,7	23,7
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	26,3	29,9	33,0	35,3	34,2	31,5	29,7	28,8	29,4	31,0	29,9	26,6
	PMV	0,8	1,7	2,6	3,2	2,9	2,2	1,7	1,4	1,6	2,0	1,7	0,8



**Fig.2 :** Sensation thermique en fonction du mois sans système actif de refroidissement

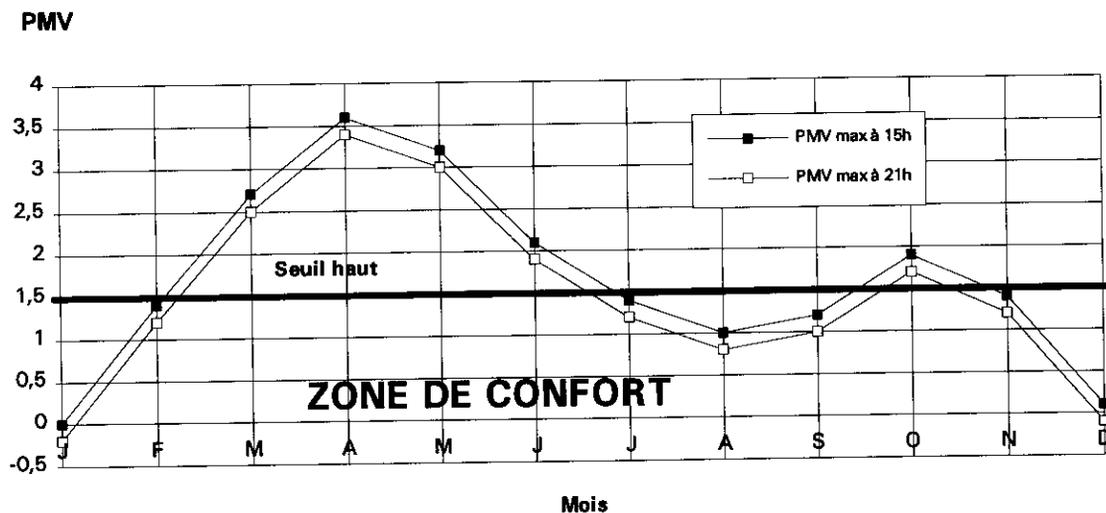
Les solutions économiques possibles préconisées par l'étude sont : le brassage de l'air intérieur, la ventilation nocturne par de l'air extérieur et la ventilo-humidification.

## I.1.6 Brassage de l'air intérieur

Lorsque la température ambiante est inférieure à la température cutanée, le brassage de l'air permet d'améliorer la sensation thermique en augmentant la vitesse de l'air autour de l'individu. Pour une vitesse de 1,5 m/s, on a les sensations thermiques suivantes :

**TABLEAU 2 : Sensation thermique par brassage d'air intérieur**

Mois ☽		F	M	A	M	J	J	A	S	O	D
15h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	35,4	37,3	39,2	37,2	33,4	31,5	30,2	31,7	34,8	32,1
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	30,4	33,5	35,8	34,7	32,0	30,2	29,3	29,9	31,5	27,1
	PMV	1,4	2,7	3,6	3,2	2,1	1,4	1,0	1,2	1,9	0,1
21h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	27,4	30,7	32,9	32,5	29,8	27,6	26,5	26,9	28,1	23,7
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	29,9	33,0	35,3	34,2	31,5	29,7	28,8	29,4	31,0	26,6
	PMV	1,2	2,5	3,4	3,0	1,9	1,2	0,8	1,0	1,7	-0,1



**Fig.3:** Sensation thermique par brassage d'air intérieur en fonction du mois

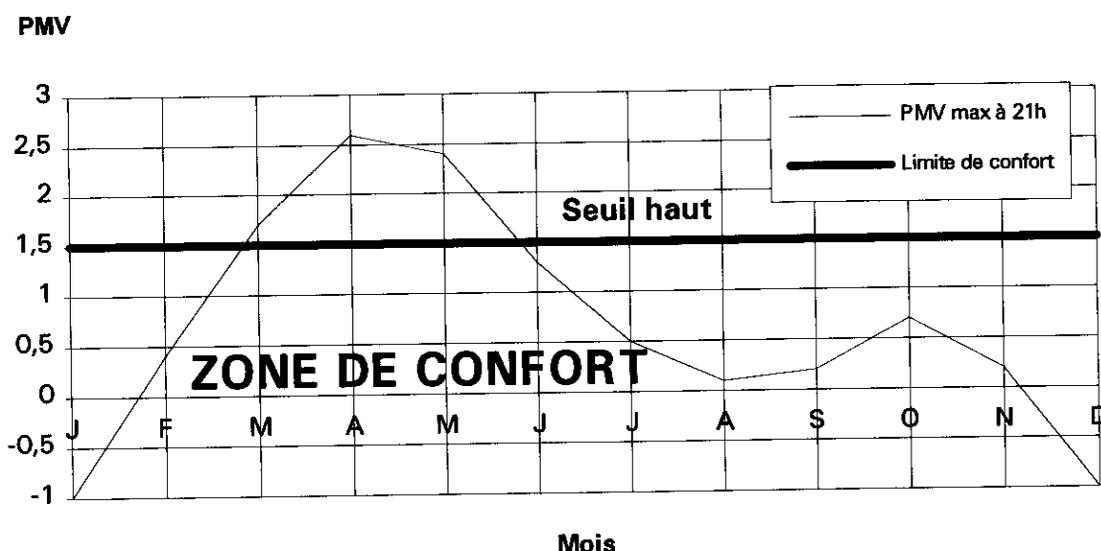
Il ressort que le brassage d'air conduit à une amélioration sensible du confort thermique dans la zone d'occupation pendant les mois de **Janvier, Février, Juillet, Août, Septembre et Décembre**.

### I.1.7 La ventilation nocturne par de l'air extérieur

L'amélioration du confort thermique peut être obtenue par la ventilation nocturne, lorsque à certaines périodes de la nuit, la température extérieure est inférieure à la température intérieure.

**TABLEAU 3 : Sensation thermique par ventilation nocturne**

Mois		M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
21h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	27,4	30,7	32,9	32,5	29,8	27,6	26,5	26,9	28,1	26,7	23,7
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	29,9	33,0	35,3	34,2	31,5	29,7	28,8	29,4	31,0	29,9	26,6
	PMV	0,4	1,7	2,6	2,4	1,3	0,5	0,1	0,2	0,7	0,2	-1,0



**Fig.4:** Sensation thermique par ventilation nocturne

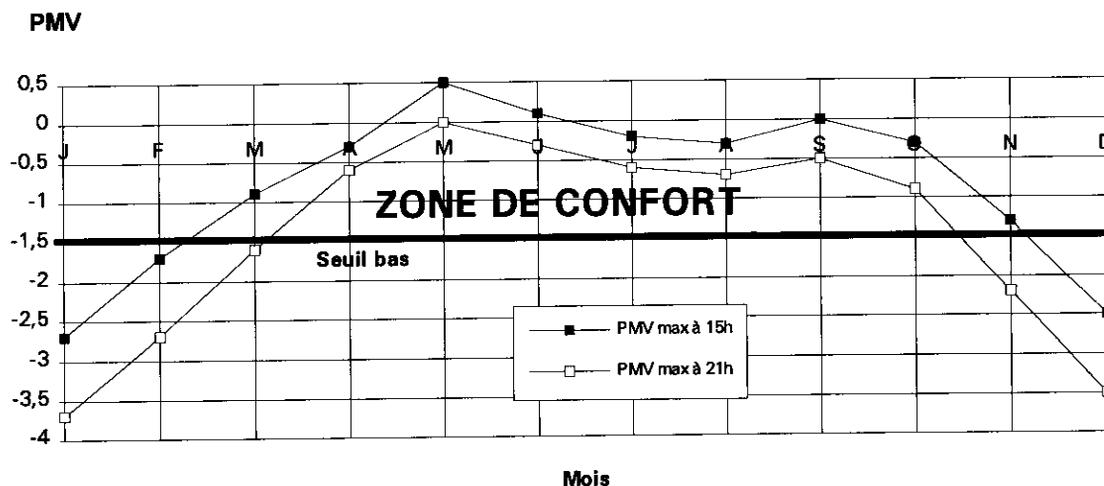
Toute l'année, la ventilation nocturne peut apporter un confort thermique acceptable (dans la zone d'occupation) pendant la nuit, à l'exception des mois de **Mars, Avril et Mai**.

## I.1.8 Ventilation par de l'air extérieur humidifié

Quand les conditions d'un climat sec sont réunies, le confort thermique peut être obtenu par ventilo-humidification. En considérant un rendement d'humidification de 80 %, l'air soufflé sort à une température à partir de laquelle on peut noter les sensations thermiques ci-après :

**TABLEAU 4 : Sensation thermique par ventilo-humidification**

Mois ☞		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	32,1	35,4	37,3	39,2	37,2	33,4	31,5	30,2	31,7	34,8	35,6	32,1
	$\theta_{he}(^{\circ}\text{C})$	14,9	16,6	18,5	21,2	23,8	24,0	24,0	24,1	24,4	22,3	18,4	15,4
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	26,8	30,4	33,5	35,8	34,7	32,0	30,2	29,3	29,9	31,5	30,4	27,1
	$\theta_s(^{\circ}\text{C})$	18,3	20,4	22,3	24,8	26,5	25,9	25,5	25,3	25,9	24,8	21,8	18,7
	PMV	-2,7	-1,7	-0,9	-0,3	0,5	0,1	-0,2	-0,3	0,0	-0,3	-1,3	-2,5
21h	$\theta_e(^{\circ}\text{C})$	23,9	27,4	30,7	32,9	32,5	29,8	27,6	26,5	26,9	28,1	26,7	23,7
	$\theta_{he}(^{\circ}\text{C})$	12,9	14,9	17,5	20,3	23,1	23,6	23,4	23,5	23,6	21,5	17,1	13,6
	$\theta_i(^{\circ}\text{C})$	26,3	29,9	33,0	35,3	34,2	31,5	29,7	28,8	29,4	31,0	29,9	26,6
	$\theta_s(^{\circ}\text{C})$	15,1	17,4	20,1	22,8	25,0	24,8	24,2	24,1	24,3	22,8	19,0	15,6
	PMV	-3,7	-3,7	-1,6	-0,6	0,0	-0,3	-0,6	-0,7	-0,5	-0,9	-2,2	-3,5



**Fig.5** : Sensation thermique par ventilo-humidification en fonction du mois

Théoriquement, le procédé de ventilo-humidification peut conduire à l'obtention du confort thermique (dans la zone de soufflage) toute l'année à Ouagadougou..

### **I.1.9 Positionnement du ventifraîcheur**

Il importe de souligner que les procédés de brassage d'air ou de ventilation nocturne évoqués plus haut ne sont que complémentaires parce qu'ils s'appliquent à des périodes données de l'année. Leur utilisation est nécessaire mais pas suffisante pour résoudre le problème de confort thermique.

En revanche, il a été démontré que par ventilo-humidification, on pouvait obtenir le confort thermique souhaité, toute l'année dans la zone de soufflage à Ouagadougou, selon les expériences réalisées à l'EIER .

Le ventifraîcheur qui se situe à entre un ventilateur simple et un climatiseur et dont les performances sont présentées au CH. II, est un moyen intéressant qui permet d'assurer le confort d'habitation. Outre ses performances, il présente des avantages certains comparativement à un climatiseur classique.

Le prix d'achat relativement abordable du ventilo-humidificateur EIER (Cf. CH. III) et son faible coût d'exploitation (faible consommation d'électricité et d'eau), sont autant d'avantages à tirer de cet appareil.

## **I.2 LA CLIMATISATION**

### **I.2.1 Définition de la climatisation**

Nous pouvons définir la climatisation comme étant l'ensemble des moyens qui permettent de maintenir l'atmosphère d'une enceinte à une pression, une température et à un degré d'humidité donné.

Pour le spécialiste, la climatisation désigne une technique de contrôle de la température (hiver comme été) et de la pureté de l'air [13].

### **I.2.2 Différents types de climats**

D'une manière générale, les climats sont classés en cinq grands types à savoir :

- le climat tropical
- le climat océanique
- le climat tempéré
- le climat nordique
- le climat désertique

Ces climats sont définis en fonction des valeurs maximales des températures sèche et humide, des amplitudes des variations diurnes et

annuelles des températures sèche et humide, des valeurs moyennes de ces températures.

Les valeurs caractéristiques de ces différents types de climats sont présentées dans le tableau 5 ci-après.

**TABLEAU 5 : Caractéristiques des principaux types de climats [1]**

Types de climat $\rho$	Température moyenne annuelle	Degré hygrométrique et teneur en humidité	Variations diurnes et annuelles de température
climat tropical	$\theta_m > 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$e_m > 50 \%$ $\omega > 15 \text{ g / kg as}$	faibles (rég.côtières et équatoriales)
climat océanique	$10 < \theta_m < 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$e_m > 60 \%$ $\omega > 10 \text{ g / kg as}$	$< 5 \text{ }^\circ\text{C}$
climat tempéré	$10 < \theta_m < 15 \text{ }^\circ\text{C}$	$30 \% < e_m < 50 \%$	5 à $10^\circ\text{C}$
climat nordique	$\theta_m < 10 \text{ }^\circ\text{C}$	$e_m < 50 \%$	grandes (10 à $20^\circ\text{C}$ )
climat désertique	$\theta_m > 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$e_m < 45 \%$	40 à $50 \text{ }^\circ\text{C}$

Source : G. PORCHER : Cours de Climatisation

### 1.2.3 Les conditions extérieures de base

L'étude des facteurs climatiques, chimiques et biologiques permet de fixer les conditions extérieures de base.

On entend par conditions extérieures de base, les valeurs extrêmes de température, d'humidité, du flux solaire et des concentrations en aérosols à considérer pour le calcul des installations de climatisation.

Les conditions extérieures de base varient avec l'altitude du lieu considéré ; c'est ainsi qu'en été, pour tenir compte de l'altitude, on diminue la température de base de 1 degré par 500 mètres.

## **1.2.4 Les conditions intérieures de base**

La détermination des conditions intérieures de base n'est pas aisée compte tenu de la diversité des activités humaines et la variété des locaux dans lesquels elles peuvent s'exercer.

Elles dépendent essentiellement du confort thermique (Cf. 1.1) qui lui-même dépend :

- des conditions physiologiques (température résultante du local, humidité de l'air, ventilation du local, vêture et activité de l'individu, etc.) ;
- des conditions psychologiques ;
- des conditions biologiques.

## **1.2.5 Les systèmes de refroidissement utilisés**

Les systèmes de refroidissement généralement utilisés en climatisation sont : la ventilation simple, le refroidissement par évaporation d'eau ou humidification simple, l'humidification avec prérefroidissement, la combinaison du refroidissement par évaporation et du refroidissement par machine frigorifique et le système actif de refroidissement par des machines frigorifiques.

## **1.2.6 Les équipements traditionnels de climatisation**

Les équipements traditionnels de climatisation peuvent être regroupés en trois grandes catégories :

- les ventilateurs ou brasseurs d'air ( ventilateurs sur pied, plafonniers et ventilateurs de bureau ;
- les ventilo-humidificateurs ou humidificateurs ;
- les climatiseurs.

### **1.2.6.1 Les ventilateurs**

Par définition, le ventilateur est un organe important dans une installation de climatisation car c'est lui qui assure l'écoulement continu de l'air.

La classification selon la forme de la trajectoire de l'air dans la roue permet de distinguer trois catégories :

- les ventilateurs centrifuges (pales radiales, inclinées sur le dos, inclinées vers l'avant, en forme de cuillères);
- les ventilateurs hélicoïdes;
- les ventilateurs hélico-centrifuges.

suivant l'utilisation et le type de raccordement, ces appareils peuvent être de nouveau classés en trois catégories :

- les ventilateurs à enveloppes : assurent la circulation de l'air dans un conduit ; ils sont aussi appelés ventilateurs à "volute" ou à "virole"
- les ventilateurs à paroi ou ventilateurs muraux;
- les ventilateurs brasseurs d'air : assurent le brassage de l'air dans la zone où ils sont placés.

Dans l'usage domestique, ce sont les brasseurs d'air (sur pied et plafonniers) qui sont les plus couramment utilisés.

### **1.2.6.2 Les ventilo-humidificateurs**

Le type de ventilateurs utilisés dans ces appareils sont en général les ventilateurs muraux. Ce sont les ventilateurs muraux qui assurent le refoulement de l'air préalablement humidifié à travers la cellule d'humidification, dans le local à refroidir.

### **1.2.6.3 Les climatiseurs**

Lorsque le degré hygrométrique est très élevé (supérieur à 70 %), le recours à des machines frigorifiques s'impose.

Ces machines sont composées essentiellement d'un compresseur, d'un condenseur, d'un détendeur et d'un évaporateur. Les puissances varient en fonction de la production frigorifique souhaitée.

Selon leur constitution, on distingue :

- les climatiseurs fenêtre ou climatiseurs individuels qui se montent dans une paroi (mur) de la pièce à refroidir ;
- les climatiseurs à éléments séparés (splits system) dont les condenseurs se placent à l'extérieur du bâtiment, alors que les évaporateurs sont à l'intérieur, en position murale, en plafonnier, ou en allège.
- les armoires de climatisation ;
- les centrales de climatisation.

Notons que ces équipements fonctionnent généralement à base de R22. Ce fluide frigorigène est un HCFC (hydrochlorofluorocarbone), facilement hydrolysable, donc beaucoup moins nocif pour la couche d'ozone.

### 1.3 LA VENTILO-HUMIDIFICATION

La ventilo-humidification peut être définie comme étant un procédé permettant d'humidifier l'air et d'abaisser la température d'un local pour rendre confortable l'ambiance du local. La ventilo-humidification s'effectue au moyen d'un appareil qui souffle l'air extérieur préalablement humidifié à l'intérieur de la pièce.

Mais il sied de souligner que le rendement d'humidification obtenu par ce procédé est d'autant plus élevé que l'air est sec. **La ventilo-humidification est donc plus adaptée aux climats secs et très secs.**

#### 1.3.1 Notion de climat sec et de climat très sec

##### 1.3.1.1 Climats secs

La notion de climat sec n'est pas absolue car les conditions climatiques à la surface de la terre varient continuellement.

En considérant les conditions de base d'été, on pourrait définir comme climat sec celui où le degré hygrométrique, correspondant à ces conditions, serait inférieur à une valeur arbitrairement choisie, par exemple 30 % ou 20 % [2].

La définition du climat sec ne dépend pas seulement des conditions climatiques mais aussi des conditions intérieures choisies.

Par rapport aux installations de conditionnement d'air, on pourrait définir un climat sec comme celui où il est nécessaire d'humidifier l'air en été ; c'est un climat pour lequel le rapport de mélange  $\omega_e$  (masse d'humidité en gramme divisée par la masse d'air sec en kg) correspondant aux conditions extérieures de base, est inférieure au rapport de mélange  $\omega_i$  correspondant aux conditions intérieures de base.

Les conditions extérieures et intérieures de base préconisées par le Co.S.T.I.C pour les zones sahéliennes et désertiques et pour un degré hygrométrique de 50% sont données dans le tableau 6 .

**TABLEAU 6 : Conditions intérieures de base en fonction des conditions extérieures de base [2]**

$\theta_e$ (°C)	29	32	35	38	41	44
$\theta_i$ (°C)	24	25,5	27	28	29	30

Source : M. ROUBINET : Le Refroidissement par évaporation.

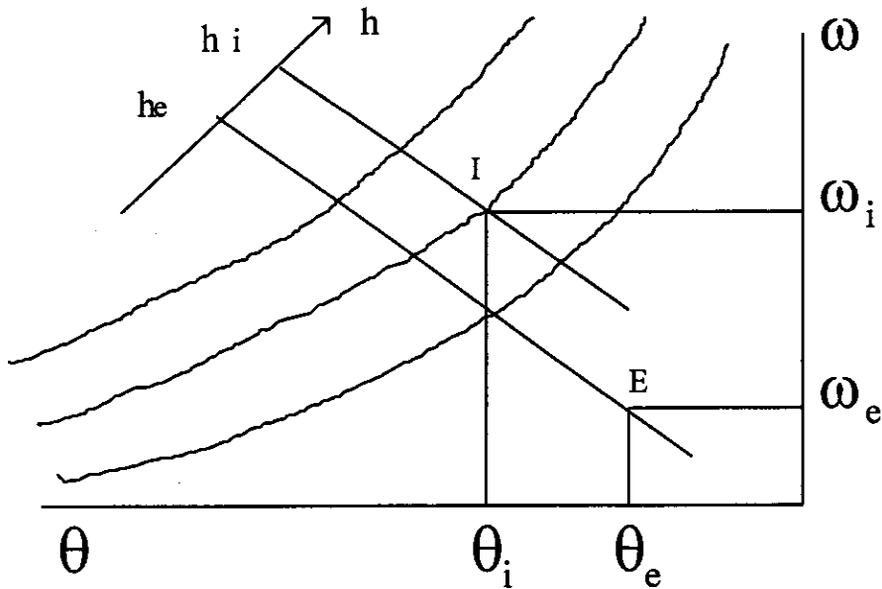
Actuellement, on accorde beaucoup moins d'importance qu'autrefois au degré hygrométrique en ce qui concerne les conditions de confort. On admet notamment que, pour des températures inférieures à 25 °C, il suffit que le degré hygrométrique soit compris entre 30 et 70 %.

Pour une valeur constante de l'indice de Belding et Hatch\*, on constate que plus le degré hygrométrique est élevé, plus l'enthalpie est forte. Avec :  $h_e$  = enthalpie de l'air extérieur ;  $h_i$  = enthalpie de l'air intérieur

Il résulte que l'apport de chaleur  $h_e - h_i$  par l'air extérieur est d'autant plus faible que le degré hygrométrique intérieur est plus élevé. La figure 1 illustre fort bien cet état de fait. En conséquence, on devrait choisir un degré hygrométrique intérieur aussi fort que possible.

Pour réserver une certaine marge de sécurité, on pourra, par exemple, admettre 65 % comme valeur du degré hygrométrique intérieur [2].

\* indice de Belding et Hatch = indice de contrainte thermique :  $I_{ct} = 100 \times \frac{Q_v}{Q_{max}}$



**Fig.6** : Points représentatifs de l'air extérieur et de l'air intérieur dans un Diagramme de l'air humide.

### 1.3.1.2 Limites des climats secs et des climats très secs

Par définition un climat est dit sec si :

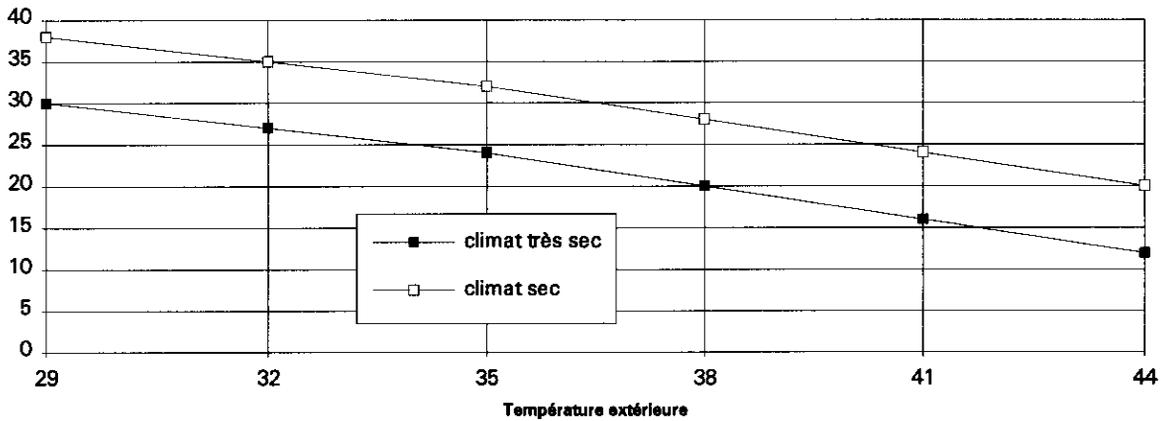
$$\omega_e < \omega_i \quad (1)$$

De cette relation se déduit la condition de la limite des climats secs qui est :

$$\omega_e = \omega_i \quad (2)$$

A partir des valeurs des températures extérieures, on peut déterminer le degré hygrométrique correspondant de sorte que nous ayons :  $\omega_e = \omega_i$ ; ce qui nous donne le graphique suivant :

Evolution de l'humidité relative selon la température extérieure



**Fig.7:** Limites des climats secs et très secs ( conditions intérieures Co.S.T.I.C., degré hygrométrique 50 %).

Ainsi, nous pouvons définir un climat très sec comme étant un climat dont les conditions extérieures sont telles que la ventilation n'est pas source d'apport de chaleur mais au contraire, contribue au rafraîchissement du local.

Par conséquent, non seulement la relation (1) se trouve vérifiée mais aussi nous avons :

$$h_e < h_i \quad (3)$$

La limite des climats très secs est alors définie par :  $h_e = h_i$  (4)

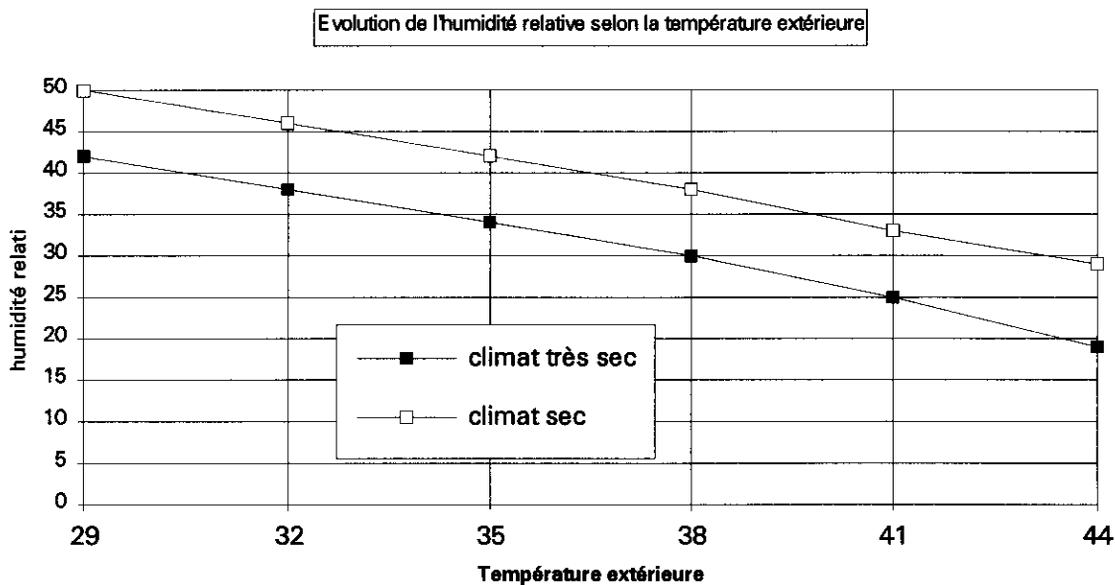
Il est à retenir de ces limites que la ventilation est source d'apport de chaleur si la relation (3) n'est pas vérifiée. On doit alors procéder à la correction des conditions intérieures de base pour un degré hygrométrique plus élevé (65 %) au lieu de 50 % ( Cf. Fig. 8).

Le tableau 7 donne les dispositions fondamentales à partir desquelles peuvent se calculer les nouvelles conditions intérieures de base.

**TABLEAU 7 : Conditions intérieures de base équivalentes pour différentes valeurs du degré hygrométrique [2].**

Température extérieure de base (°C)		29	32	35	38	41	44
conditions intérieures de base (degré hygrométrique 50 %)	Température (°C)	24	25,5	27	28	29	30
	Enthalpie (kJ/kg)	47,8	51,5	58,3	58,3	61,3	75
conditions équivalentes d'après l'indice de Belding et Hatch	Degré hygrométrique 70 %						
	Température (°C)	24	25,5	26,8	27,6	28,5	29,2
	Enthalpie (kJ/kg)	57,4	62,2	67,3	69,5	72,6	75
	Degré hygrométrique 30 %						
	Température (°C)	24	25,5	27,2	28,4	29,6	30,9
	Enthalpie (kJ/kg)	38,25	41	44,5	47	49,5	52,2
conditions équivalentes d'après la valeur du coefficient de Missenard	Degré hygrométrique 70 %						
	Température (°C)	23,4	24,9	26,2	26,8	27,6	28,6
	Enthalpie (kJ/kg)	55,5	60,2	64,5	67,1	69,5	73
	Degré hygrométrique 30 %						
	Température (°C)	24,6	26,4	28,2	29,4	30,6	31,8
	Enthalpie (kJ/kg)	39,1	42,7	46,5	49	51,7	54,5

Source : M. ROUBINET: Le Refroidissement par évaporation.



**Fig.8** : Limites des climats secs et très secs (degré hygrométrique intérieur 65 % , température Co.S.T.I.C., modifiée suivant indice de Belding et Hatch).

### I.3.2 Nécessité d'humidifier l'air

#### Intérêt pour la santé

En climat sec, il apparaît nécessaire d'humidifier l'air pour obtenir des conditions intérieures satisfaisantes aussi bien pour le confort que pour la santé.

Un air relativement sec tend à se saturer, c'est-à-dire qu'il absorbe de l'humidité de tous les objets environnants. Dans une pièce par exemple, les murs, le plancher, les meubles, les livres, les tapis, les plantes, les animaux et l'homme sont exposés à ce phénomène difficilement supportable.

Chez l'homme le phénomène se traduit par l'irritation du nez et du cou, l'assèchement de la peau, le dessèchement de la langue et de la gorge et par une sensation de soif intense.

Des difficultés de déglutition ou d'absorption des aliments peuvent survenir. Souvent, on n'y accorde pas d'importance. Cependant, si l'air environnant reste sec, cela peut occasionner des maux de tête, de la toux, des éternuements et des maladies infectieuses.

Les maladies comme la méningite qui sévissent en Afrique de l'ouest et particulièrement en zone sahéenne (Mali, Burkina, Niger, Nigeria ), ont aussi pour cause, un air sec inhalé, qui provoque l'irritation des muqueuses nasales. Cette irritation des muqueuses favorise la pénétration des méningocoques en suspension dans l'air chargé de poussière.

La médecine a reconnu depuis longtemps déjà que la thérapie par l'air humide, par l'air à forte humidité, exerce une influence favorable sur l'évolution des maladies respiratoires, comme par exemple la bronchite, la trachéite et l'asthme [3].

Nous voyons pourquoi l'humidification peut être nécessaire aussi bien en période hivernale qu'en période estivale. A ce propos le corps médical recommande les humidités relatives variant de 40 % à 50 % pour des températures comprises entre 19 et 24 °C.

### **1.3.3 Champs d'application de l'air humide**

L'humidification de l'air connaît des applications dans les domaines ci-après :

#### **⊗Habitat**

- Locaux d'habitation
- Jardins d'enfants et écoles
- Salles de scènes et de spectacles
- Salles d'ordinateurs
- Bureaux
- Casernes
- Ateliers
- locaux d'élevage

#### **⊗ Médecine**

- Hôpitaux ( maladies infectieuses, gynécologie )
- Cliniques

### I.3.4 Limites de l'humidification de l'air

Les possibilités d'humidification de l'air sont limitées. Le processus d'humidification s'effectue suivant une transformation isenthalpique; c'est une droite de température humide passant, sur le diagramme de l'air humide, par le point représentant l'air sec.

La valeur limite de la teneur en eau susceptible d'être obtenue dépend uniquement de la température humide ou, approximativement, de l'enthalpie de l'air.

Lorsque l'air se sature après humidification, sa température sèche se confond avec sa température humide. Mais, concrètement, le degré hygrométrique de l'air après humidification ne peut pas dépasser 95 % .

Dans tous les cas, la température de l'air soufflé est inférieure à la température humide de l'air aspiré :  $\theta_s < \theta_h$  . (5)

Pour réduire la puissance des machines frigorifiques, l'humidification de l'air est nécessaire en climat sec.

En climat très sec, la climatisation peut se limiter à une simple humidification sans recours à la machine frigorifique, et à aucun autre moyen de refroidissement. La ventilo-humidification, réalisée simplement au moyen d'un débit d'air extérieur suffisamment humidifié à travers la cellule humidificatrice, permet d'y parvenir.

La température de l'air soufflé est fonction de la température sèche et de la température humide ; elle est donnée par la relation :

$$\theta_s = \theta - k(\theta - \theta_h) = \theta(1 - k) + k.\theta_h \quad (6)$$

$k$  est le coefficient d'humidification

$$\text{Dans le cas idéal (difficile à obtenir) : } k = 1 \text{ et } \theta_s = \theta_h \quad (7)$$

Pour des conditions différentes, la variation de  $\theta_s$  en fonction des variations  $\Delta\theta$  et  $\Delta\theta_h$  des températures sèche et humide sera :

$$\Delta\theta_s = \Delta\theta(1 - k) + k.\Delta\theta_h \quad (8)$$

De la relation (6), on déduit l'écart entre la température sèche de l'air aspiré et la température sèche de l'air soufflé :

$$\theta - \theta_s = k(\theta - \theta_h) \quad (9)$$

Il apparaît que cet écart est d'autant plus important que l'air est sec.

### 1.3.5 Limites d'utilisation de la ventilo-humidification

En ventilo-humidification, la chaleur est évacuée par ventilation au moyen de l'air extérieur humidifié. L'enthalpie de l'air intérieur est supérieure à celle de l'atmosphère extérieur.

Pour obtenir les conditions de confort, il faut que l'enthalpie de l'air correspondant aux conditions de base soit inférieure à celle correspondant aux conditions de confort admises.

La différence d'enthalpie ne doit pas être trop faible parce que le débit d'air est inversement proportionnel à cette différence d'enthalpie. La valeur minimale admise de cette différence est de 1 kcal / kg ou 1,2 kcal / kg pour tenir compte des apports dus au ventilateur.

Conformément à cette limite, et en fixant par exemple le degré hygrométrique intérieur à 65 %, les températures intérieures en fonction des températures extérieures étant celles préconisées par le Co.S.T.I.C, le Tableau 8 donne les paramètres caractéristiques de l'air extérieur et de l'air intérieur qui traduisent la limite d'application de la ventilo-humidification.

Nous avons donc la relation suivante :

$h_i - h_e = 1,2 \text{ kcal / kg}$  ; ce qui permet de calculer  $h_e$  :

$$h_e = h_i - 1,2 \text{ kcal / kg} = h_i - 5,0 \text{ kJ / kg} \quad (10)$$

**TABLEAU 8 : Valeurs limites des paramètres caractéristiques de l'air extérieur pour l'application de la ventilo-humidification.**

$\theta$ (°C)	$\theta_e$	29	32	35	38	41	44
	$\theta_i$	24	25,5	27	28	29	30
$\theta_h$ (°C)	$\theta_{he}$	17,8	19,2	20,7	22,0	22,6	23,6
	$\theta_{hi}$	19,3	20,6	22,0	23,2	23,8	24,6
$\theta_r$ (°C)	$\theta_{re}$	11,2	12,1	13,4	14,3	13,8	14,2
	$\theta_{ri}$	17,0	18,4	19,8	21,1	21,7	22,6
e(%)	$e_e$	33,5	29,0	26,0	24,1	20,1	18,4
	$e_i$	65	65	65	65	65	65
$P_v$ (mmHg)	$P_{ve}$	10,06	10,34	10,96	11,97	11,72	12,56
	$P_{vi}$	14,54	15,9	17,37	18,42	19,50	20,68
$\omega$ (g/kg)	$\omega_e$	8,63	8,88	9,42	10,30	10,08	10,81
	$\omega_i$	12,55	13,38	15,06	15,99	16,97	18,00
h(kJ/kg)	$h_e$	50,6	54,35	59,79	63,55	66,69	70,87
	$h_i$	55,6	59,35	64,79	68,55	71,69	75,87
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_e$	1,13	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07
	$\rho_i$	1,14	1,14	1,13	1,13	1,12	1,12

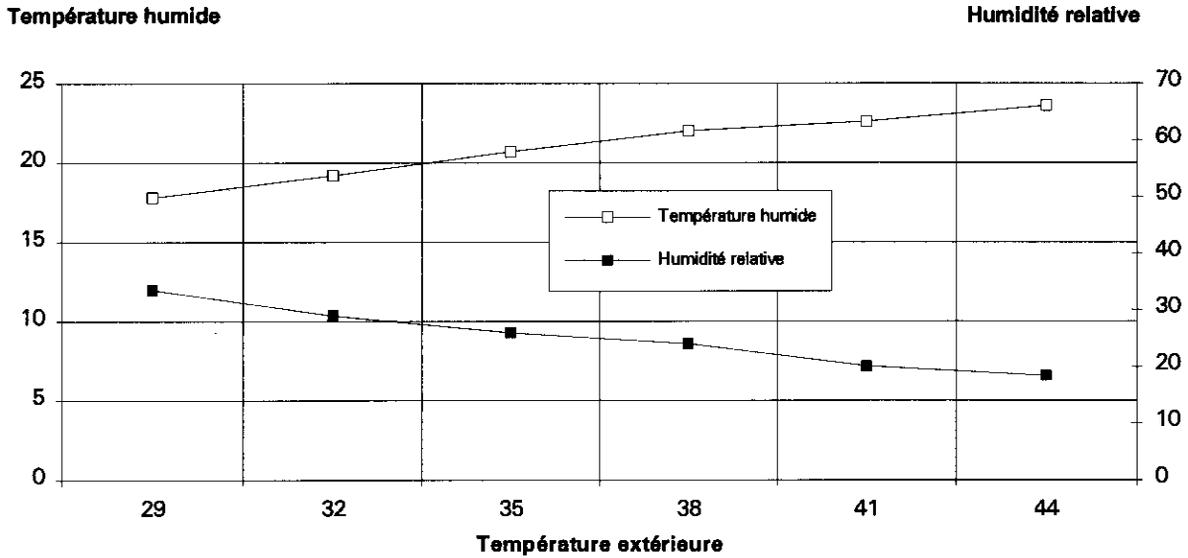
Nous avons calculé ces valeurs à partir de la pression atmosphérique absolue qui est de 735 mm Hg à Ouagadougou, soit environ 0,980 bar.

### Définition des paramètres

- $\theta_e$  : Température sèche de l'air extérieur
- $\theta_i$  : Température sèche de l'air intérieur
- $\theta_h$  : Température humide
- $\theta_r$  : Température de rosée
- e : Humidité relative
- $P_v$  : Pression de vapeur
- $\omega$  : Teneur en humidité ou rapport de mélange
- h : Enthalpie de l'air

Les indices e et i accompagnant ces paramètres, désignent l'extérieur et l'intérieur de l'enceinte considérée.

A partir des valeurs calculées, nous traçons la courbe donnant la température humide et celle donnant l'humidité relative sur la Fig.9 ci-dessous.



**Fig.9** : Limite d'utilisation de la ventilo-humidification

La limite d'application de la ventilo-humidification est comprise entre les courbes correspondant à la définition des climats très secs (Cf. I.3.1).

Pour tout point représentatif des conditions extérieures de base situé au-dessus de la courbe supérieure, un système de refroidissement par évaporation d'eau devient inefficace.

## II ETUDE DES PERFORMANCES DU VENTIFRAICHEUR SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES

### II.1 DESCRIPTION ET ANALYSE DES PERFORMANCES DU PREMIER PROTOTYPE

Le premier prototype de ventifraîcheur réalisé à l'EIER est constitué des éléments suivants :

- Une enveloppe ou bâti en contre plaqué de 10 mm, recouvert de trois couches de peinture ( protection contre les éventuelles projections d'eau ), assemblée par vissage ;

- Un réservoir d'eau réalisé à partir d'un bidon de 25 litres percé d'un trou rectangulaire dans la partie supérieure et placé au dessous de la surface humidificatrice pour la récupération de l'eau non évaporée. Le remplissage se fait à partir d'un orifice pratiqué dans la partie supérieure de la face avant du bidon. La consommation journalière d'eau est de 50 litres.

- Une pompe à eau immergée ( achetée en France ), dont la consommation électrique est de 10 W pour un débit de 300 l / h.

- Une surface humidificatrice constituée d'un cadre grillagé rempli de matériau synthétique importé plié en accordéon.

- Une rampe d'arrosage en matériau plastique perforé de trous avec une pointe préalablement chauffée.

- Un ventilateur axial disposant de trois s vitesses de rotation.

Les performances de ce premier ventifraîcheur sont présentées dans le tableau 9.

**TABLEAU 9 : Performances du Premier Prototype de Ventifraîcheur**

	Débit d'air $Q$ (m <sup>3</sup> /h)	Rendement $\eta$ (%)	Puissance P(W)
<b>Position 1</b>	469	61,4	48
<b>Position 2</b>	483	62,6	60
<b>Position 3</b>	597	63,7	72

On constate que le débit d'air de même que le rendement de ce premier prototype sont relativement faibles, mais acceptables pour un prototype devant être soumis à des améliorations. Notons que cet appareil a permis une baisse d'obtenir une différence de température entre l'extérieur et l'intérieur de 6 à 10°C; ce qui n'est à priori pas négligeable. Une vue de ce premier prototype est présentée en Annexe 1 (voir figures 12, 13, 14).

## **II.2 DESCRIPTION ET ANALYSE DES PERFORMANCES DU DEUXIEME PROTOTYPE**

Ce deuxième prototype de ventifraîcheur a été construit suivant le même schéma que le précédent, mais il a connu des améliorations. Il s'agit notamment de l'alimentation en eau qui, au lieu d'être manuelle, se fait par

branchement direct sur le réseau ; de plus , un redimensionnement de l'appareil a été réalisé. Il est constitué des éléments suivants :

- un bâti en contre-plaqué de 10 mm d'épaisseur, recouvert de peinture grise, assemblé au moyen de vis et de pointes. Les dimensions sont : largeur 664 mm; hauteur 616 mm; profondeur 463 mm;
- un réservoir d'eau d'une capacité de 8 litres en tôles galvanisée, résistant mieux aux actions corrosives de l'eau. Les dimensions du bac sont : 600 mm x 170 mm x 150 mm ;
- une pompe à eau, immergée : puissance de 4 W et un débit de 200 l / h ;
- une surface humidificatrice constituée d'un cadre grillagé rempli de copeaux de bois, de dimensions : 600 mm x 400 mm x 75 mm ;
- une rampe d'arrosage en tube PVC perforé de petits trous ;
- un ventilateur centrifuge à double aspiration, constitué d'un moteur monophasé de 120 W de puissance moyenne muni de trois vitesses de rotation ;
- une grille de diffusion d'air à double déflexion, dont les dimensions sont 100 mm x 610 mm.

Les avantages du deuxième prototype de ventifraîcheur par rapport au premier peuvent se résumer par :

- la facilité d'usage et l'alimentation directe par le réseau d'eau ;
- la facilité de vidange du bac par simple ouverture de la vidange;
- la possibilité d'utilisation comme un simple ventilateur.

Les essais ont donné les performances ci-après :

**TABLEAU 10 : Performances du Deuxième Prototype de Ventifraîcheur**

	Débit d'air $Q$ (m <sup>3</sup> /h)	Rendement $\eta$ (%)	Puissance P(W)
<b>Position 1</b>	535	83	90
<b>Position 2</b>	776	82	120
<b>Position 3</b>	909	81	140

Nous voyons que ce deuxième prototype présente une nette amélioration aussi bien sur le débit d'air que sur le rendement. Cependant ce rendement est aussi obtenu à partir d'une puissance plus grande.

L'appareil a permis d'observer une différence de température entre l'extérieur et l'intérieur de 9 à 17 °C (voir figures 16, 17, et 18 en Annexe 1), respectivement pour des humidités relatives supérieures à 55 % et inférieures à 35 %.

L'examen de ces performances nous permet de constater que plus on augmente le débit d'air, plus la puissance augmente. Seulement l'accroissement du débit d'air n'entraîne pas une augmentation du rendement mais plutôt une baisse.

D'une manière générale, ce deuxième prototype a donné satisfaction eu égard aux avis émis par des utilisateurs lors d'une enquête menée en 1993. Mais il n'en demeure pas moins qu'il a accusé quelques défaillances techniques. Les problèmes constatés sont de trois ordres :

- problèmes électriques (bobine parfois grillée, blocage de la pompe) ;
- problèmes mécaniques (projection de gouttelettes d'eau) ;
- problèmes de fonctionnement (fuites d'eau dans le mur).

La figure 15 en Annexe 1 présente une vue de ce second prototype.

## **II. 3 DESCRIPTION ET ANALYSE DES PERFORMANCES DU TROISIEME PROTOTYPE**

### **Ossature et enveloppe**

Pour une durée de vie plus longue, l'ossature de ce troisième prototype a été réalisée avec des cornières légères de 20, des fers plats de 20 et de 30, assemblés par soudure (voir figure 21 en Annexe 1). L'enveloppe est en tôle noire de 8/10 fixée à l'ossature par des vis ou des rivets (voir figure 19, Annexe 1). La protection contre la corrosion est assurée par une couche de peinture antirouille. Une couche d'isolation en laine de verre dans la surface interne permet de limiter le flux de chaleur par conduction.

### **Bac à eau**

Il est réalisé avec de la tôle noire 12/10; une tôle moins épaisse serait difficile à souder. Le remplissage automatique se fait par le biais d'un robinet flotteur fixé au réservoir. L'appoint manuel se fait par un tuyau PVC de 30 mm de diamètre débouchant sur la partie supérieure de l'appareil. Un orifice fermé par un boulon de 20 est prévu au fond du bac pour la vidange. Un morceau de cuivre de 12/17 dans un emplacement judicieux, sert de trop-plein.

La figure 22 en Annexe 1 présente une vue du bac à eau.

## **Pompe à eau**

C'est une petite pompe immergée placée au fond du réservoir où elle est maintenue par ventouses fixées sur le socle. Sa consommation électrique est de 10 W, son débit est de 300 l / h et la hauteur de refoulement est de 85 cm.

## **Cellule humidificatrice**

La cellule d'humidification est constituée par un cadre grillagé construit avec des cornières légères de 20 rempli de copeaux de bois. Les copeaux ayant pour inconvénient d'engendrer des pertes de charge importantes, des matériaux synthétiques, malheureusement non disponibles localement, seraient plus indiqués.

## **Ensemble rampe d'arrosage**

Cet ensemble comprend :

- un support de rampe en forme de trapèze fait avec de la tôle 10/10 ;
- un tuyau PVC de 30 mm de diamètre, perforé et fermé aux extrémités par des bouchons ;
- un bloc de distribution d'eau en lame de tôle noire 10/10

## **Soufflante**

La soufflante est composée de deux ventilateurs centrifuges débitant chacun 800 m<sup>3</sup> / h.

## **Filtre à air**

C'est un filtre à poussière démontable monté sur un cadre en fer plat de 20.

## **Variateur de vitesse**

Un variateur de vitesse, de type VEAT 2,5 A importé de France, assure la variation du débit d'air. Ce variateur coûte 30.000 FCFA en France. Mais il y a lieu de souligner qu'un variateur de vitesses nettement moins cher a été monté et expérimenté avec succès à l'EIER.

## **Grille de soufflage**

La façade d'un petit climatiseur fenêtre avec une grille à double déflexion a été utilisée ; ce qui permet une plus large diffusion de l'air dans la pièce.

## Diffuseur de soufflage

Il est réalisé à partir de la tôle noire de 10/10 et de cornières légères de 20 pour la fixation de la soufflante (voir figure 20, Annexe 1).

L'expérimentation de ce troisième prototype s'est effectuée à une période où les conditions extérieures étaient défavorables ( humidités relatives élevées plus de 40 % à plus de 80 %). En dépit de ces conditions, l'appareil a donné des résultats impressionnants consignés dans le tableau 11.

**TABLEAU 11 : Performances du Troisième prototype de Ventifraîcheur**

	Débit d'air $Q$ (m <sup>3</sup> /h)	Rendement $\eta$ (%)	Puissance $P$ (W)
<b>Position min</b>	548	1,04	100
<b>Position max</b>	709	0,92	180

L'appareil a permis d'obtenir un abaissement de température de 16,5 °C à une humidité relative de 30 % (voir figures 25 à 27 en Annexe 1). Sachant qu'un système de refroidissement par évaporation d'eau est d'autant plus efficace que l'air est sec, cet appareil a donné des résultats satisfaisants.

## Coût de fonctionnement

Nous le déterminons à partir des prix du kilowattheure d'électricité et du mètre cube d'eau.

La puissance moyenne de l'appareil est 140 W et sa consommation mensuelle en eau est de 2 m<sup>3</sup> soit 5 l / h en tenant compte du nettoyage.

Soit  $X_1$ , le prix du kWh en FCFA  
 $X_2$ , le prix du m<sup>3</sup> d'eau en FCFA  
 $P_m$ , la puissance moyenne consommée  
 $Q_h$ , la consommation horaire d'eau  
 $C$ , le coût de fonctionnement mensuel à raison de 10 h par jour :

$$\text{La consommation horaire est : } C_h = \left[ X_1 \frac{P_m}{1000} + X_2 \frac{Q_h}{1000} \right]$$

Cette consommation ramenée au mois devient :  $C_M = 0,3 \left[ X_1 P_m + X_2 Q_h \right]$

Au Burkina Faso en 1996 :

$$X_1 = 130 \text{ FCFA} ; X_2 = 320 \text{ FCFA}$$

$$C = 0,3 \times ( 130 \times 140 + 5 \times 320 ) = 5 \text{ 940 FCFA}$$

## Conclusion

Il ressort de cette première partie que Ouagadougou, ville sur laquelle porte cette étude, est situé dans la zone à climat tropical sec.

D'après sa position sur la carte bioclimatique de l'habitat de GIVONI et HERNANDEZ, Ouagadougou est loin de la zone de confort pendant la journée sur toute l'année. La nuit par contre, on est presque dans la zone de confort pendant les mois de Novembre et Décembre et tout à fait dans la zone de confort au cours des mois de Janvier et Février. (voir figures 5 et 6 Annexe 1)

Les solutions préconisées pour revenir dans la zone de confort sont :

- Brassage d'air aux mois de Janvier, Février, Juillet, Septembre et Décembre ;
- Ventilation nocturne toute l'année sauf aux mois de Mars, Avril et Mai ;
- Air conditionné conventionnel ou climatisation en Mars, Avril et Mai
- Ventilohumidification possible toute l'année dans la zone de soufflage mais plus efficace de Février à début Mai. (voir figure 7 en Annexe 1)

En définitive, ce troisième prototype, construit et amélioré en fonction des insuffisances des précédents, est celui sur lequel l'EIER devrait se pencher. Cependant, il ne serait pas question d'abandonner le deuxième prototype qui a donné de bons résultats en dépit de quelques défaillances techniques qui peuvent être corrigées.

La production en série porterait alors sur les deux prototypes c'est-à-dire le troisième prototype (version métallique) et le deuxième prototype (version en bois), au cas où l'étude de marché s'avérerait concluante.

## **DEUXIEME PARTIE**

**CHAPITRE III : ETUDE DE MARCHÉ DU VENTIFRAICHEUR**

**CHAPITRE IV : COÛTS DE PRODUCTION DU VENTIFRAICHEUR A OUAGADOUGOU**

## **III ETUDE DE MARCHÉ DU VENTIFRAICHEUR**

### **III.1 DEFINITION DE LA NOTION DE MARCHÉ**

Le concept de marché peut être défini comme étant l'ensemble de personnes ou d'unités commerciales qui achètent ou peuvent être amenées à acheter un produit ou un service.

Le marché est une confrontation de l'offre et de la demande.

D'un côté nous avons l'offre, constituée par les produits ou les services, présentés par les producteurs, les vendeurs, les distributeurs ou les prestataires de services ; de l'autre nous avons la demande qui n'est autre que les besoins exprimés par les clients, les consommateurs, les particuliers, les entreprises, les organisations ou les prescripteurs.

L'objet de l'étude de marché est d'analyser la tendance c'est à dire l'évolution des ventes dans le secteur considéré, de déterminer sa taille à partir du nombre de clients potentiels, d'analyser la concurrence et d'adopter des stratégies pour conquérir ou arracher des parts de marché.

Il est bien évident qu'on ne peut s'assurer d'importantes parts de marché dans un environnement concurrentiel que si on connaît parfaitement les lois générales de l'offre et de la demande ; ce qui suppose la maîtrise des mécanismes de fonctionnement de ces lois.

#### **La démarche pour le ventifraîcheur**

L'approche que nous avons utilisée dans l'étude de ce marché est l'approche marketing qui répond aux exigences et aux réalités spécifiques de l'environnement du projet.

Cette approche consiste à aller vers les consommateurs, c'est-à-dire les clients potentiels identifiés à partir d'un échantillon représentatif, pour recueillir des informations se rapportant particulièrement à leurs besoins et leurs pouvoir d'achat, afin d'adapter l'offre (le produit) à une demande réaliste.

Naturellement dans une société de pénurie, on aurait adopté la démarche inverse parce que le client n'aurait pas le choix ; il subirait alors la loi des producteurs ou des vendeurs. Mais dans l'approche marketing, le client est roi.

## **III.2 ANALYSE DE LA TENDANCE DU MARCHE**

Avant d'aller vers les clients pour connaître leurs besoins et le budget qu'ils peuvent consacrer à l'amélioration du confort thermique dans leurs maisons, nous avons commencé par étudier la tendance du marché en ce qui concerne les équipements de climatisation.

L'étude a porté sur le marché global :

- environnement macro-économique (le pays)
- environnement micro-économique (le froid à Ouagadougou)

### **LE MARCHE GLOBAL**

#### **L'environnement macro-économique : le Pays**

Les prévisions du II<sup>e</sup> Plan Quinquennal de Développement Populaire fixent le taux de croissance du produit intérieur brut à 4 % par an pour la période de 1991 à 1995.

Pour la même période, un taux moyen de croissance de 3,7 % est prévu dans le secteur du commerce duquel relève la commercialisation des équipements de climatisation.

Les mesures prises par le II<sup>e</sup> Plan Quinquennal visent à créer un cadre juridique et institutionnel approprié en faveur de l'initiative privée. De même, il a été mis en place des mécanismes appropriés de surveillance et de réglementation afin d'assurer une concurrence loyale.

La population, estimée à 9,6 millions d'habitants en 1993, devrait atteindre 12 millions d'habitants en l'an 2000 pour l'ensemble du Burkina.

Sur le plan géographique, la zone d'étude concernée est la ville de Ouagadougou ( Province du Kadiogo ). L'étude s'étendra ensuite sur les autres localités du Burkina disposant de l'électricité et de l'eau courante.

D'après les données statistiques de 1991, la population urbaine de la Province du Kadiogo était de 634 479 habitants. Pour un taux général de croissance de 2,7 % l'an, cette population est estimée à 725 000 habitants en 1996 et à 806 000 habitants en l'an 2000. Ces données ne sont autres que celles de Ouagadougou, la seule grande ville de ladite province.

Les mouvements migratoires des populations sont relativement importants pour l'ensemble du pays. Les statistiques des années 1991 et 1992 estiment respectivement à 3239 et 7613, le nombre de personnes ayant obtenu un passeport à destination des pays d'Afrique, d'Amérique, d'Europe et d'Asie.

Le comportement sociologique de la population reste traditionaliste, mais les habitudes de consommation sont extraverties. Cependant, depuis la dévaluation de Janvier 1994, cette extraversion tend à prendre du recul pour consommer de plus en plus local, vu les difficultés de plus en plus croissantes pour acquérir les biens importés.

## **Influence de l'institutionnel**

Au plan réglementaire, l'environnement est régi par le Code des Investissements qui offre un certain nombre de facilités pour la promotion des investissements productifs visant l'exercice d'une activité de production, de conservation, de transformation d'une matière première ou de produits semi-finis en produits finis.

En fonction du type de régime d'investissement auquel on a souscrit (Cf. CH. I, Article 6 du code des investissements), les avantages liés à l'investissement sont décrits au CH. II du même document.

Pour ce qui concerne la fabrication en série du ventifraîcheur, des exonérations fiscales et douanières peuvent être obtenues sur les importations de matériels ou de pièces de rechange, ainsi qu'un allègement de l'impôt sur les bénéfices et bien d'autres avantages.

## L'environnement micro-économique : le froid à Ouagadougou

### Analyse des importations

Concernant les ventilateurs, les humidificateurs et les climatiseurs, nous n'avons pas obtenu l'information sur ces trois types d'équipements au niveau de l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), ainsi qu'à la Chambre de Commerce et de l'Industrie.

La Direction Générale des Douanes, qui a été notre dernier recours, n'a pu nous fournir que des statistiques sur l'importation des climatiseurs sur une période de trois ans (1993-1994-1995).

Toutefois, il a été constaté une affluence de produits sur le marché concernant les ventilateurs, et plutôt une rareté pour les humidificateurs.

Pour les climatiseurs, les données statistiques de la Direction Générale des Douanes chiffrent à :

- 2568, le nombre de climatiseurs importés en 1993
- 4400, le nombre de climatiseurs importés en 1994
- 3639, le nombre de climatiseurs importés en 1995

L'analyse montre qu'il y a une hausse sur les importations de climatiseurs de 1993 à 1994. Par contre, on observe une baisse de la quantité de climatiseurs importée en 1995.

Cette baisse pourrait s'expliquer par le fait que la dévaluation ayant entraîné une augmentation des prix, l'écoulement de la quantité totale importée en 1994 ne s'est pas réalisé.

Aussi, pour éviter de saturer le marché par une très grande augmentation de l'offre pouvant entraîner une diminution du prix, il a fallu importer moins.

Seulement, cette situation n'explique pas que le marché soit à la baisse car selon les enquêtes menées auprès des entreprises de commercialisation de ces appareils, il se dégage plutôt un sentiment de satisfaction.

En effet, sur une dizaine d'entreprises visitées, neuf sont satisfaites de la vente des climatiseurs.

## Les principaux produits et leur provenance

Pour les ventilateurs, le volume des ventes est plus important pour les ventilateurs sur pied. Par contre, il est moins important pour les plafonniers. Les principaux modèles vendus sont : Super de luxe, Crown, Président, Peinguin, National ... Ces appareils proviennent généralement d'Asie du Sud Est ( Corée, Chine et autres), d'Europe, des USA et du Japon (voir liste des pays en annexe II).

Les humidificateurs proviennent du Sud-Est asiatique; mais lors de nos enquêtes, nous avons constaté la rareté de ce produit sur le marché. Cette rareté pourrait s'expliquer de deux manières : soit que le produit est très apprécié et donc beaucoup acheté; au point où les stocks s'épuisent très vite avant la période de grande chaleur (Mars, Avril, Mai), soit que les importateurs les commandent de moins en moins par suite de l'insatisfaction des utilisateurs.

La gamme de climatiseurs sur le marché de Ouagadougou est très variée. Les modèles les plus vendus sur le marché sont les climatiseurs fenêtre et les split system. Les marques les plus rencontrées à Ouagadougou sont : SHARP (Japon), WESTPOINT (Corée), TECHNIBEL (France), GOLD STAR (Corée), AIR WELL (France), NATIONAL (Japon), YORK (Amérique)...

A partir de tous ces éléments d'enquêtes, nous pouvons affirmer que la tendance du marché, en ce qui concerne les équipements de climatisation est à la hausse ; ce qui signifie que le secteur se porte bien. Tous les indices poussent à admettre qu'un investissement dans ce secteur devrait pouvoir être rentable ; le marché est porteur, il ne reste qu' à déterminer sa taille et ses spécificités.

### III.3 EVALUATION DE LA TAILLE DU MARCHÉ

#### Nombre de clients potentiels

Pour évaluer la taille du marché qui se fait par la détermination du nombre de clients potentiels, nous avons classé nos clients potentiels en trois catégories à savoir : les **Particuliers**, les **Administrations** et les **Entreprises** ou structures privées.

Un certain nombre de critères, liés au produit à commercialiser (le ventifraîcheur), vont guider notre raisonnement. Ces critères se rapportent :

- 1°) au type d'habitation pouvant recevoir le ventifraîcheur
- 2°) à la disponibilité en électricité et en eau courante
- 3°) au niveau de revenu nécessaire pour l'acquérir.

#### Les consommateurs : habitudes de logement et froid

##### Type d'habitation

Le ventifraîcheur se dispose dans le mur, exactement comme on le fait pour un climatiseur fenêtre. La nature du mur devant recevoir cet appareil doit déjà faire l'objet d'une sélection. Les habitations construites en dur sont les plus appropriées pour l'installation de l'appareil.

Selon l'Institut National de la Statistique et de la Démographie dans son ouvrage intitulé " Analyse de l'Enquête sur l'Habitat Urbain au Burkina Faso ", enquête réalisée en 1990 dans les cinq (5) principales villes du Burkina (Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Koudougou, Ouahigouya et Banfora), il ressort pour les cinq villes que 18,6 % seulement d'habitations sont construites en dur, sur un échantillon de 5.068 concessions.

L'échantillon a été répartie proportionnellement entre les cinq villes. Un taux de sondage de 1/18 a été utilisé pour retenir les concessions à enquêter par tirage systématique.

**TABLEAU 12 : Taille de l'échantillon par ville**

Villes	Taille de l'échantillon
Ouagadougou	3343
Bobo-Dioulasso	1127
Koudougou	297
Ouahigouya	175
Banfora	126
<b>Total</b>	<b>5068</b>

La population totale enquêtée est de 36 490 personnes dont 19119 hommes et 17 371 femmes. Le nombre de personnes considéré à priori par ménage dans cette enquête est de 7,2.

**TABLEAU 13 : Répartition des ménages enquêtés par ville et selon le sexe du chef de ménage**

Ville	Masculin	Féminin	Ensemble
Ouagadougou	3676	308	3984
Bobo-Dioulasso	1239	113	1352
Koudougou	164	26	190
Ouahigouya	304	56	360
Banfora	208	35	243
<b>Total</b>	<b>5591</b>	<b>538</b>	<b>6129</b>

Sachant que 18,6 % des logements recensés pour les cinq principales villes sont construites en dur, le calcul nous donne un pourcentage de 12,3 % pour la ville de Ouagadougou sur 3343 concessions.

La population de Ouagadougou est estimée à 725000 habitants en 1996 et le nombre moyen de personnes par ménage est de 6 ; le nombre de concessions est de 120833, le nombre de concessions en dur est donc de 14862, soit environ 15000.

### III.3.1.1.2 Disponibilité en électricité et eau courante

Le ventifraîcheur utilisant l'électricité et l'eau pour son fonctionnement, nécessite la conjonction de ces deux éléments qui font partie des facteurs essentiels à son utilisation.

Selon les données statistiques obtenues auprès de la SONABEL (Société Nationale Burkinabé d'Electricité) et de l'ONEA (Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement), le nombre d'abonnés à l'électricité en basse tension est de 48765 alors que le nombre d'abonnés à l'eau est de 23887 tous consommateurs confondus.

Ces données montrent que 24878 abonnés ont l'électricité mais pas l'eau courante. Par déduction, nous constatons que 23887 abonnés seulement sont susceptibles de disposer à la fois de l'électricité et de l'eau courante.

Notons que ces 23.887 abonnés font partie des clients que nous appelons les particuliers ; nous ajouterons à ceux-ci les Administrations qui sont au nombre de 731 en basse tension et 339 en basse tension pour les Entreprises ou les structures privées. Le nombre total d'abonnés en électricité et en eau courante est finalement **24957**.

### Analyse du revenu des ménages

La détermination du seuil de revenu permettant d'envisager l'achat et l'exploitation du ventifraîcheur va se faire en examinant les résultats de l'enquête citée plus haut, par rapport au revenu des ménages.

Pour cela, nous allons faire recours à un certain nombre d'informations fournies par le document "Analyse de l'Enquête sur l'Habitat Urbain".

Le nombre moyen de personnes par ménage est de 6 à Ouagadougou. Le revenu moyen d'un chef de ménage de 6 personnes est de 50441 FCFA. Cependant en zone lotie avec eau courante et électricité, le revenu requis du chef de ménage est de **64677** FCFA.

Le tableau ci-après indique le niveau de revenu nécessaire pour acquérir certains équipements ménagers, selon l'enquête sur l'habitat.

**TABLEAU 14 : Revenu du chef de ménage selon quelques équipements ménagers**

<b>Equipements ménager</b>	<b>Revenu mensuel moyen</b>
réfrigérateur	93743
cuisinière	91974
télévision	85287
<b>ventilateurs</b>	<b>88592</b>
climatiseurs	147368

Sur la base des données du tableau 14, nous fixons à **90000 FCFA**, le seuil minimum pour prétendre acheter et exploiter un ventifraîcheur.

L'Annuaire statistique du Burkina Faso 1994 nous informe que 17.819 agents publics sont en poste à Ouagadougou. Nous avons vu aussi que le nombre d'abonnés basse tension disposant à la fois de l'électricité et de l'eau est de 24957. Nous déduisons que 7138 sont constitués par les agents privés, les Administrations et les entreprises.

Il sied de souligner que d'après les données tirées de l'Annuaire statistique cité ci-dessus, parmi les 17819 agents publics, 7945 agents ont un revenu égal ou supérieur à 90 000 FCFA.

En estimant le revenu du secteur privé assez substantiel et en considérant que les Administrations et les entreprises répondent sans ambiguïté à ce critère, nous admettons un total de 15083, comme nombre d'abonnés à l'électricité et l'eau.

Cependant nous avons vu plus haut que le nombre de concessions en dur, pouvant recevoir le ventifraîcheur était de 15000 ; ce qui signifie qu'en prenant en compte ce critère, le nombre de **clients potentiels** est de **15000** .

Pour récapituler, nous avons les résultats suivants :

- 15000 concessions en dur
- 7945 agents publics dont le revenu est supérieur à 90 000 FCFA
- 7138 agents privés dont le revenu est supérieur à 90 000 FCFA  
donc 15.000 clients potentiels

### III.4 ETUDES QUALITATIVES

Les études qualitatives ont pour but de mieux comprendre pourquoi le consommateur choisit-il d'acheter le produit ou le service. Il s'agit donc d'analyser le comportement des gens par rapport à l'acte d'achat c'est-à-dire regarder les besoins, les motivations, les freins...

Pour réaliser ce travail, notre méthodologie a consisté :

- 1°) à déterminer l'échantillon à enquêter
- 2°) à élaborer le questionnaire d'enquête
- 3°) à réaliser l'enquête
- 4°) à dépouiller les questionnaires
- 5°) à tirer les conclusions de l'enquête

L'échantillon a porté sur cent quatre vingt personnes de toutes les couches et catégories sociales, des agents du secteur public, à ceux du secteur privé, sans oublier les professions libérales et les ONG. Deux entreprises ou sociétés de commercialisation des équipements de froid ont été enquêtées mais ne font pas partie de l'échantillon.

L'échantillon a été répartie comme suit :

#### Structures :

- Structures administratives et Parapubliques
  - Ministères : 5
  - Offices : 2
- Professions libérales
  - Bureaux d'études : 1
  - Cabinet privé : 1
  - ONG : 1

#### Particuliers

Les quartiers suivants ont été ciblés :

- 1- Zone du bois + Zogona + Cité SOCOGIB Somgandé : 57
- 2- Samandin + Cité An II + Cissin : 45
- 3- Gounghin + Ouidi + Cité An III : 59
- 4- EIER : 9

Les enquêtes ont été réalisées avec l'aide de quatre enquêteurs burkinabé, étudiants de l'Université de Ouagadougou.

A l'issue de ces enquêtes, il ressort que 157 personnes sur un total de 180 utilisent au moins un ventilateur ; 9 personnes font usage d'un humidificateur ; 29 utilisent un climatiseur fenêtre ; 3 font usage d'un split system.

En ce qui concerne la satisfaction apportée par chaque appareil à son utilisateur, nous avons les résultats suivants :

**TABLEAU 15 : Nombre d'utilisateurs d'appareils satisfaits**

Appareils	Nombre Total	Nombre de satisfaits	Pourcentage
Ventilateur	157	55	35 %
Humidificateur	9	2	22 %
Climatiseur fenêtre	29	25	86,2 %
Split system	3	3	100 %

A partir de cette enquête, nous sommes arrivés aux évidences ci-après:

- du fait des revenus relativement faibles, très peu de gens ont accès au climatiseur fenêtre et encore moins au split system ;

- les humidificateurs utilisés bien que peu nombreux, ne résolvent pas le problème de confort thermique des usagers ;

- les ventilateurs dont l'acquisition requiert un revenu supérieur ou égal à 88000 FCFA, brassent de l'air chaud ; ce qui engendre surtout une surchauffe de l'air ambiant plutôt qu'un refroidissement en période chaude (Mars à Mai) ;

les problèmes rencontrés par les utilisateurs de ces appareils sont surtout des problèmes de pannes ;

- pour la plupart des personnes enquêtées, le prix passe avant toute autre considération.

### **III.4.1 Enquête auprès des utilisateurs de ces équipements**

De l'intention d'acquisition d'un autre système de refroidissement, plus économique, intermédiaire entre un climatiseur et un ventilateur, nous avons noté que :

19 personnes voudraient l'acquérir à moins de 50000 FCFA soit un pourcentage de 10,5 % ;

99 personnes sur 180 sont disposées à l'acheter à un prix compris entre 50 000 et 100 000 FCFA soit un pourcentage de 55 % ;

19 personnes sont favorables pour un montant variant de 100000 à 200 000 FCFA soit un pourcentage de 10,5 % ;

1 personne est disposée à l'acquérir pour un montant compris entre 200000 et 300000 FCFA soit un pourcentage de 0,5 %;

42 personnes disent non au produit soit 23,4 %.

### **III.5 EVALUATION DE LA DEMANDE**

L'évaluation de la demande va se baser sur le nombre moyen de concessions à Ouagadougou (120833 concessions), qui équivaut au nombre moyen de ménages. C'est à partir de ce nombre que nous avons déterminé le nombre de clients potentiels (14862 arrondi à 15000).

Nous savons d'emblée que le coût actuel de la vie ne permet pas de prétendre vendre le ventifraîcheur en-deçà de 100000 FCFA car le prix de revient pour la fabrication de cet appareil dépasse déjà ce montant.

En conséquence, le pourcentage que nous allons utiliser est celui des personnes favorables à acquérir l'appareil à un prix compris entre 100000 et 200000 FCFA, c'est-à-dire 10,5 %.

Nous allons appliquer les lois de probabilité pour passer de l'échantillon (180 personnes) à la population totale (120833 ménages).

Soit  $n = 180$ , le nombre de personnes enquêtées ;

soit  $q = 19$ , le nombre de personnes disposées à acheter l'appareil à un prix compris entre 100000 et 200000 FCFA ;

$p$  : la proportion (théorique) de personnes favorables au montant ci-dessus ;

- une estimation ponctuelle de  $p$  est  $\bar{P} = q / n$

$$\bar{P} = 19 / 180 = 10,5 \% = 0,105$$

Soit  $N$ , le nombre de personnes favorables (à estimer)

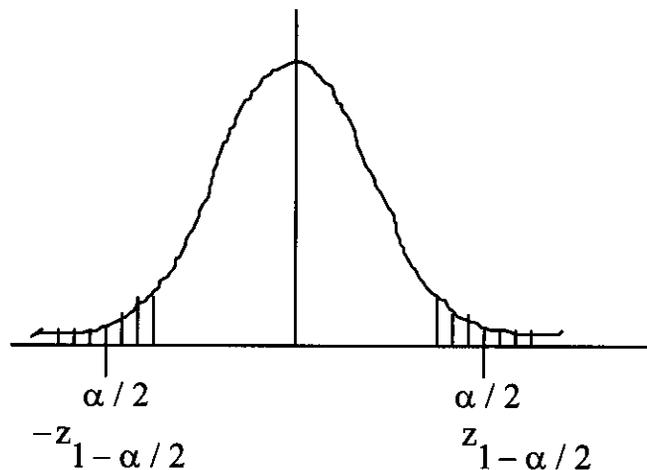
$N$  est estimé par  $\bar{N} = 0,105 \times 120833 = 12687$  personnes

Pour un intervalle de confiance de 95 %

$$1 - \alpha = 0,95$$

l'intervalle de confiance symétrique pour  $p$  est  $IC(p)$  ;

$$IC(p) = 0,105 \pm z_{(1-\frac{\alpha}{2})} \cdot \sqrt{\frac{0,105(1 - 0,105)}{180}}$$



$$1 - \alpha = 0,95$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\alpha / 2 = 0,025$$

$1 - \alpha = 0,975$  la table de la Loi Normale donne :  $z_{,975} = 1,96 \approx 2$

$$IC(p) = 0,105 \pm z_{\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)} \sqrt{\frac{0,105(1 - 0,105)}{180}}$$

$$IC(p) = 0,105 \pm 2 \times 0,023$$

$$IC(p) = 0,105 \pm 0,046$$

Une estimation IC de  $Np$  est :

$$IC(Np) = N ( 0,105 \pm 0,046 )$$

$$= 120833 \times 0,105 \pm 120833 \times 0,046$$

$$= 12687 \pm 5558$$

$$= [7129;18245]$$

Dans notre cas c'est la borne inférieure qui représente pour nous le nombre de personnes pouvant acheter le ventifraicheur ; c'est-à-dire 7129 clients que nous arrondissons par défaut à 7000 clients . .

### III.5.1 Estimation de la part de marché pour la future entreprise

Sur la quinzaine d'entreprises de commercialisation d'équipements de climatisation, recensées lors de nos enquêtes à Ouagadougou, quatre d'entre elles dominent le marché de la climatisation ; il s'agit de : CICA-BUKINA, PEYRISSAC, SO.I.F et CECA-B.

En dépit de l'apparente rareté actuelle des humidificateurs, il y a lieu de penser que chacune des quinze entreprises peut d'un moment à l'autre en importer. Cette donnée doit être prise en compte pour l'estimation des parts de marché.

Aux quinze entreprises lorsque nous ajoutons la future entreprise, nous avons un total de seize entreprise devant se répartir les parts de marché.

Nous estimons à 40 %, la part des quatre entreprises citées ci-dessus ; les 60 % restants sont partagés par douze entreprises y compris la future entreprise. La part qui revient à la future entreprise est donc de 5 % du marché.

Pour une entreprise débutante, la part de marché est 50 % de 5 %, soit :  $50 \% \times 5 \% = 2,5 \%$ .

Si le ventifraîcheur est vendu à 200000 FCFA, prix maximum auquel le produit pourrait être acheté, le chiffre d'affaire potentiel du marché global est de :

$$7000 \times 2,5 \% \times 200\ 000 = 35\ 000\ 000 \text{ FCFA}$$

Au regard de ce chiffre d'affaire, nous pouvons d'ores et déjà dire qu'on ne saurait envisager une production en série du ventifraîcheur parce qu'un tel projet nécessiterait des investissements importants qui risquent de ne pas être rentables. A titre d'exemple, nous indiquons que le prix d'une seule machine de pliage de tôles coûte 15 millions hors taxes. Cependant la production artisanale devrait être encouragée et améliorée.

## III.6 ANALYSE DE LA CONCURRENCE

### III.6.1 Les points forts et les points faibles

D'après les enquêtes que nous avons menées dans la ville de Ouagadougou, il ressort que le nombre d'entreprises ou de sociétés commercialisant les équipements de climatisation, n'est pas très important. Ouagadougou compte quelques grandes sociétés parmi lesquelles nous pouvons citer CICA-BURKINA, DIACFA, CECA-B, PEYRISSAC, SO.I.F, SEEE, auxquelles on peut ajouter certains établissements comme SONY, SO.FRA.F, Ets SIMPORE S. Paul, SANA VIDEO CLUB, Ets Z. ALI et FRERES ...

On dénombre environ une quinzaine d'entreprises qui vendent des appareils de climatisation. Cependant ce nombre quoique restreint est suffisant pour mettre en évidence l'existence de la concurrence en ce qui concerne les équipements de climatisation en général, les climatiseurs individuels et les splits system en particulier.

Chaque entreprise se spécialise en quelque sorte dans la vente d'une , de deux ou de trois marques d'appareils. Nous avons constaté par exemple que CICA-BURKINA commercialise les climatiseurs SHARP, WESTPOINT et TECHNIBEL, la maison SONY commercialise les climatiseurs de marque NATIONAL, SO.FRA.F commercialise les climatiseurs YORK, DIACFA commercialise les climatiseurs AIRWELL et GOLD STAR.

Les prix pratiqués diffèrent d'une entreprise à une autre. Mais la remarque la plus patente est que les équipements en provenance du Sud Est asiatique coûtent relativement moins chers que ceux provenant d'Occident.

A titre d'exemple, chez CICA-BURKINA :

- un split system WESTPOINT (Corée) SPG 24W 3 CV 220 V  
télécommandé coûte 1370000 FCFA TTC
- un split system TECHNIBEL (France) CSM 184C 1,7 CV 220 V  
télécommandé coûte 1660000 FCFA TTC

Cette disparité est aussi observée sur les climatiseurs fenêtre, de même que nous l'avons fait remarquer précédemment pour les ventilateurs.

Exemple :

- un climatiseur fenêtre GOLD STAR (Corée) 1,5 CV est vendu à  
530 000 FCFA TTC
- un climatiseur fenêtre ZENITH AIR ( France) 1,5 CV coûte  
650 000 FCFA TTC

Les ventilateurs de moins bonne qualité en provenance du Sud Est asiatique se vendent très bien. Leur prix de vente varie de 17500 à 22500 FCFA. Pour les autres marques, le prix varie de 25000 à 32000 FCFA.

Comme nous l'avons souligné plus haut, pour beaucoup de personnes, les critères de qualité ou de résistance qui déterminent la durée de vie d'un appareil sont tout à fait secondaires ; c'est le prix qui compte avant tout ; plus un équipement coûte moins cher, plus il se vend. En effet l'accessibilité à un produit se définit par rapport au pouvoir d'achat du client.

Le prix de vente des humidificateurs d'air varie de 25000 et 140000 FCFA selon la puissance. Leur acquisition exige déjà un certain niveau de revenu.

Les climatiseurs sont généralement achetés par les personnes d'un niveau social élevé, mais surtout par les structures publiques, parapubliques et privées, les O.N.G et les cabinets privées.

Les puissances les plus rencontrées sont : 1 CV, 1,5 CV, 2 CV, 2,5 CV, 3 CV, 3,5 CV. Les prix de vente TTC ( toutes taxes comprises ) varient de 550000 à 1930000 FCFA auxquels il faut ajouter les frais d'installation facturés sur devis.

Quant aux humidificateurs vendus à Ouagadougou, ils proviennent de l'Asie du Sud-Est et quelquefois du Nigeria. Ces appareils généralement importés sont soit des humidificateurs simples, soit des ventilo-humidificateurs avec un faible débit d'air.

Quoiqu'il en soit, il a été constaté que ces appareils ne permettent pas aux utilisateurs de résoudre le problème de confort thermique auquel ils sont confrontés. En effet leur utilisation a fait observer une augmentation de l'humidité relative sans un abaissement notable de température ; ce qui engendre une sensation de chaleur étouffante et un air très lourd à respirer.

En plus du fait que le problème de confort thermique ne soit pas résolu, d'autres problèmes se posent avec ces appareils ; il s'agit notamment du problème de pièces de rechange et celui du remplissage manuel d'eau qui sont probablement les causes d'abandon progressive de ces appareils.

Face aux insuffisances des humidificateurs importés, le ventifraîcheur pourrait gagner des parts de marché sous certaines conditions qui seront définies plus loin.

### **III.7 LES CIRCUITS DE DISTRIBUTION**

Les circuits de distribution comprennent : les entreprises et les revendeurs.

### **III.7.1 Les entreprises**

Les entreprises ou sociétés de commercialisation d'appareils de climatisation importent une large gamme d'appareils allant des ventilateurs aux splits system. Mais elles ne s'intéressent en général qu'à la commercialisation des climatiseurs fenêtrés et des splits. Très peu d'entreprises s'intéressent réellement aux humidificateurs.

La vente se fait de façon centralisée à Ouagadougou et dans les succursales des autres villes du Burkina Faso.

### **III.7.2 Les revendeurs**

Ils achètent en gros auprès des importateurs ou dans les circuits parallèles. Les revendeurs commercialisent surtout les ventilateurs dans toute leur gamme, des ventilateurs sur pied jusqu'aux plafonniers.

### **III.7.3 Les circuits parallèles**

D'une manière générale, c'est dans ces circuits que s'approvisionnent les revendeurs. Les produits proviennent souvent du Nigeria ou du Ghana sans être nécessairement fabriqués dans ces pays. Ces équipements rentrent au Burkina Faso par voie terrestre.

### **III.7.4 La réparation**

Au delà de la distribution se trouve la réparation. Très peu d'entreprises pratiquent un service après vente c'est-à-dire interviennent directement chez le client en cas de nécessité. La réparation est surtout assurée par des établissements spécialisés dans les travaux de dépannage du matériel de climatisation ; l'appareil en panne est alors déposé à l'établissement de son choix pour la réparation. On pourrait citer quelques noms comme FROID MODERNE, FASO FROID EXPRESS, FROIDELEC SERVICE...

## Conclusion sur l'étude de marché

L'étude de marché du ventifraîcheur à Ouagadougou et d'une manière générale sur l'ensemble du Burkina, nous a permis de déterminer l'existence de 15000 clients potentiels.

Cependant, les études qualitatives qui découlent de nos enquêtes montrent que très peu de gens (10,5 %), sont disposés à acheter ce produit pour un montant variant de 100 à 200 milles francs CFA. La demande est évaluée à 7000 clients.

La concurrence, très marquée dans le domaine de la climatisation, ne laisse pas beaucoup de place au ventifraîcheur qui ne disposerait que de 2,5 % de part de marché.

Nous pouvons donc affirmer que le marché est restreint et par conséquent, il serait très difficile d'envisager une production en série ou production industrielle de cet appareil dans les conditions actuelles.

La production artisanale est en fin de compte, la piste à explorer en fonction des conditions qui seront définies dans l'étude des coûts de production qui va suivre.

## IV ETUDE DES COÛTS DE PRODUCTION DU VENTIFRAICHEUR A OUAGADOUGOU

La demande et l'offre sont subordonnées au prix. En effet lorsqu'au prix courant, la demande excède l'offre, le prix a tendance à monter. Inversement, lorsque l'offre excède la demande, le prix a tendance à baisser.

Une hausse de prix a tendance, tôt ou tard, à restreindre la demande et à augmenter l'offre. En sens inverse, une baisse de prix a tendance tôt ou tard à augmenter la demande et à restreindre l'offre.

Le prix a tendance à s'établir à un niveau où l'offre est égale à la demande. Mais le prix n'est pas le seul facteur auquel sont subordonnées l'offre et la demande; ces dernières dépendent aussi d'autres facteurs.

La demande varie suivant les besoins, les goûts, les habitudes des gens et de leurs disponibilités financières.

L'offre dépend, entre autres choses, du coût de production dans le cas des produits.

## IV.1 COUTS DE PRODUCTION

Le coût de production fait intervenir l'ensemble des moyens mis en oeuvre pour fabriquer un produit. Ces moyens participant à l'élaboration du produit, vont de paire avec les charges auxquelles se rapporte directement le produit concerné.

Ces charges sont de deux natures : les charges fixes et les charges variables.

Les charges fixes se définissent comme étant les charges de structure; ce sont les charges incompressibles que sont : les frais de personnel, les impôts et taxes, les intérêts, la dotation aux amortissements, l'assurance, le téléphone...

Les charges variables sont celles qui peuvent changer d'un moment à l'autre. Ce sont les charges engendrées par : les matières et fournitures consommées, les transports et les services consommés.

L'étude de ces paramètres nous permettra de déterminer le coût de production ou prix de revient à partir duquel nous déterminerons le prix de vente.

Pour calculer le seuil de rentabilité, nous allons utiliser la méthode du Direct Costing qui est la plus complète et qui détermine toutes les charges directement affectées à un produit, qu'elles soient variables ou fixes.

### IV.1.1 Matériel de production

Le matériel en production artisanale est composé essentiellement de matériel de soudure. Nous donnons ci-après la liste de ce matériel, ainsi que les prix correspondants :

- Cisaille	800 000 FCFA
- Etou	90 000
- Table de travail	165 000
- Meule électrique	120 000
- Sillonne	100 000
- Poste de soudure	900 000
- Baguettes (1,5;2,5;3,0; 4,0)	30 000
- Ensemble	450 000
• mélange gazeux oxygène +	

- acétylène
- bec de soudure
- bec de coupure de tôle
- élément de soudure : brasure,  
baguette argentée, fer
- fil de masse
- pince à soudure
- masque à soudure

Total matériel	2 655 000 FCFA
----------------	----------------

#### IV.1.2 Frais de personnel

Avec une équipe de trois (3) soudeurs + un menuisier et à raison de 679 F/ h de travail de soudure et 500 F/h de travail de menuiserie, une production de 3 ventifraîcheurs par semaine est possible en version bois. Ce qui donne les frais annuels suivants :

$$3 \times 679 \text{ F/h} \times 8 \text{ h/j} \times 5 \text{ j/s} \times 4 \text{ s/mois} \times 12 \text{ mois} = 3\,910\,040$$

$$1 \times 500 \text{ F/h} \times 8 \text{ h/j} \times 5 \text{ j/s} \times 4 \text{ s/mois} \times 12 \text{ mois} = \underline{960\,000}$$

TOTAL	4 870 040 FCFA
-------	----------------

#### IV.1.3 Consommation électrique

Le poste de soudure fonctionne sur 220 V ou sur 380 V. A une utilisation moyenne de 60 %, nous avons :  $I = 90 \text{ A}$ ,  $U = 24 \text{ V}$  ; soit une puissance de 2,16 KW.

En prenant 3 jours de soudure par semaine à raison de 8 h par jour; nous avons la consommation électrique annuelle suivante :

$$2,16 \text{ KW} \times 8 \text{ h/j} \times 3 \text{ j/s} \times 4 \text{ s/mois} \times 12 \text{ mois} = 2488 \text{ kWh}$$

La SONABEL fixe la consommation aux heures de pointe à 130 F le kWh ; ce qui fait un montant annuel de 323440 FCFA.

#### IV.1.4 Estimation et répartition des charges fixes : Modèle métallique

- amortissement	531 000
- petit outillage à renouveler 10 % outillage	265 000
- frais de personnel	4 870 040
- électricité	323 000
- frais généraux	
• téléphone	60 000
• publicité	200 000
• documentation et fournitures de bureau	150 000
• duc publicitaire	150 000
• affiche	150 000
• déplacement	100 000
• assurance	<u>92 400</u>
<b>TOTAL</b>	<b>6 991 880 FCFA</b>

#### IV.1.5 Estimation de la main d'oeuvre et de l'énergie pour fabriquer ventifraîcheur

a) Main d'oeuvre :  $\frac{4870040}{12 \times 12} = 33820$  FCFA

b) Energie :  $\frac{323000}{12 \times 12} = 2246 \approx 2250$  FCFA

#### IV.1.6 Calcul des charges variables

Dans les tableaux qui vont suivre nous allons présenter le devis estimatif du ventifraîcheur pour les deux modèles : le modèle métallique et le modèle en bois.

## Devis estimatif du ventifraîcheur : Modèle métallique

N° D'ORDRE	DESIGNATION DES CONSTITUANTS	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
01	Tôle noire 8/10 (1 m x 2 m)	u	2	7500	15000
02	Tôle noire 10/10 (1 m x 2 m)	u	1	8500	8500
03	Tôle noire 12/10	u	1	8500	8500
04	Cornières de 20	u	3	2000	6000
05	Fer plat de 20	u	2	1750	3500
06	Fer plat de 30	u	1	2600	2600
07	Robinet flotteur 12/17	u	1	5000	5000
08	Tuyau PVC $\Phi$ 30	u	2	3000	6000
09	Tube transparent souple 8/14	u	1	600	600
10	Bouchon pour conduite PVC	u	3	1500	4500
11	Collier de fixation	u	2	1500	3000
12	Boulon 10/20	u	8	100	800
13	Boulon 4/30	u	10	50	500
14	Interrupteur double	u	1	3500	3500
15	Vis Parchet	u	70	30	2100
16	Vis à métaux	u	100	50	5000
17	Câble à 3 conducteurs	u	2	650	1300
18	Fiche mâle avec prise de terre	u	1	1250	1250
19	Fiche femelle	u	1	1030	1030
20	Grille à double déflexion 535x150 (façade de climatiseur)	u	1	15000	15000
21	Fusible aM	u		740	740
22	Peinture antirouille	kg	1	3000	3000
23	Peinture grise	kg	1	3000	3000
24	Mastic silicone	kg	1	6000	6000
25	Séparateur de gouttelettes 535 x 430	u	0.24	7000	7000
26	Pompe	u	1	15000	15000
27	Variateur de vitesse	u	1	15000	15000
28	Groupe ventilo-moteur	u	1	67000	67000
29	Isolant laine de verre	u	1	3000	3000
30	Rivets 4,8 x 12	u	50	60	3000

Matières premières	216 420
Main d'oeuvre directe	33 820
Energie	<u>2 250</u>

Prix de revient 252 490 FCFA

Notons que ce prix de revient est calculé par rapport à un variateur de vitesse expérimenté à l'EIER (2 fois moins cher que le variateur commandé en France). Malgré cela nous faisons remarquer que ce modèle dont le prix de revient excède 200000 FCFA, ne pourra pas se vendre parce qu'il coûte plus cher que ce que sont prêts à déboursier les clients potentiels.

### Devis estimatif du ventifraîcheur : Modèle en bois

N° D'ORDRE	DESIGNATION DES CONSTITUANTS	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
01	Contre plaqué de 20 mm	m <sup>2</sup>	1	8750	8750
02	Contre plaqué de 10 mm	m <sup>2</sup>	1,2	5500	5500
03	Grillage tamis 1,2 x 1,2	m <sup>2</sup>	1	6000	6000
04	Cornières de 20	u	2	2000	4000
05	Fer plat de 20	u	1	1750	1750
06	Peinture	kg	1	3000	3000
07	Dominos	u	6	1500	9000
08	Interrupteur	u	1	700	700
09	Fil souple	m	2	500	1000
10	Robinet flotteur 12/17	u	1	5000	5000
11	Tube clair $\Phi$ 8	u	1	600	600
12	Tôle galva 35/100	u	1	1000	1000
13	Charnières	u	4	700	2800
14	Boulon	u	13	500	6500
15	Manchon de 12	u	1	1000	1000
16	Plastique + couture	u	1	1000	1000
17	Coude en cuivre	u	1	800	800
18	Pompe	u	1	15000	15000
19	Rampe d'arrosage	u	1	600	600
20	Autocollant	u	1	500	500
21	Plaquette aimantée	u	2	720	1440
22	Grille de diffusion	u	1	7000	7000
23	Fiche mâle	u	1	500	500
24	Groupe ventilo-moteur	u	1	67000	67000

Matières premières	150 440
Main d'oeuvre	33 820
Energie	<u>2 250</u>
Prix de revient	186 510 FCFA

Ce modèle en bois avec matériaux neufs, vendu à 200000 FCFA, pourrait engendrer un bénéfice de 13490 FCFA par appareil produit; ce qui constitue une marge tout de même assez faible par rapport aux charges .

Pour rentabiliser l'opération, nous allons agir sur les charges fixes, quoique théoriquement incompressibles, en réduisant les frais généraux au strict minimum ; nous avons la répartition suivante :

- téléphone	40 000 FCFA
- publicité	100 000
- fournitures de bureau	50 000
- assurance	<u>70 000</u>
TOTAL	260 000 FCFA

## IV.2 CALCUL DU SEUIL DE RENTABILITE

Pour produire le modèle en bois commercialisable ci-dessus, la future entreprise devrait financer l'activité, soit sur fonds propres, soit en à partir d'un crédit bancaire. Le transport des matières premières sera assuré par les véhicules de l'EIER ; ce sera l'aide apportée par l'EIER à la petite entreprise.

L'étude financière présente les besoins suivants :

### Investissement

Matériel de production : 2 655 000 FCFA

### Charges

Amortissement	531 000
Frais de personnel	4 870 040
Frais généraux	260 000

Impôts et taxes	360 520
Electricité	<u>323 440</u>
<b>TOTAL</b>	<b>9 260 000 FCFA</b>

Avec un apport personnel de 3 260 000 FCFA soit environ 30 %, l'entreprise pourrait obtenir un crédit de 6 000 000 FCFA au taux de 13 %, remboursable en 5 ans.

### Plan de Financement

Besoins		Ressources	
Matériel de production	2 655 000	Apport personnel	3 260 000
B.F.R	6 605 000	Crédit bancaire	6 000 000
<b>TOTAL</b>	<u>9 260 000</u>	<b>TOTAL</b>	<u>9 260 000</u>

### Analyse de la cohérence

#### Compte de résultat prévisionnel

- Chiffre d'affaire (C.A) prévisionnel :

$$12 \text{ venti / mois} \times 200000 \text{ F} \times 12 \text{ mois} = 28\,800\,000 \text{ FCFA}$$

- Charges variables :

- achat de matières premières

$$12 \text{ venti / mois} \times 150440 \text{ F} \times 12 \text{ mois} = 21\,663\,360 \text{ FCFA}$$

- main d'oeuvre directe 4 870 040

- énergie 323 440

**TOTAL des charges variables** **26 856 840**

- Dotation aux amortissements 1ère année

Matériel de production :  $2\,655\,000 / 5 = 531\,000$  FCFA

- Intérêts d'emprunt

$6\,000\,000 \times 13\% = 780\,000$  FCFA

### Compte de résultat prévisionnel de la 1ère année

Charges		Produit	
<u>Total charges variables</u>	<u>26 856 840</u>	Chiffre d'Affaire	28 800 000
petit outillage à renouveler	265 000		
Frais généraux	260 000		
Impôts et taxes	360 520		
Intérêts financiers	780 000		
Dotations aux amortissements	531 000		
<u>Total charges fixes</u>	<u>2 196 520</u>		
<b>Perte</b>	<b>253 000</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>28 800 000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>28 800 000</b>

Marge sur coût variable :

$28\,800\,000 - 26\,856\,840 = 1\,943\,160$  FCFA

$$\% MCV = \frac{1943160}{28800000} \approx 7\%$$

Seuil de rentabilité :

$$\frac{2196520}{0,07} = 31378857 \text{ FCFA}$$

Le seuil de rentabilité (chiffre d'affaire minimum à partir duquel l'entreprise ne fait ni de pertes, ni de bénéfices), est supérieur au chiffre d'affaire prévisionnel, ça ne marche pas, l'entreprise perd de l'argent.

#### IV.2.1 Calcul avec utilisation d'éléments de récupération

##### Modèle en bois

L'utilisation d'éléments de récupération peut se faire à deux niveaux :

- au niveau des matériels de production : on peut envisager l'acquisition d'un matériel d'occasion que l'on pourrait acheter à moitié prix ou aux 2/3 de leur valeur réelle; ce qui permet de réduire l'investissement et partant les charges liés à l'amortissement du matériel ;
- au niveau de l'appareil en incorporant quelques matériaux d'occasion.

Dans ce qui suit, nous allons considérer que nous avons un matériel de production neuf et que le seul élément de récupération est le groupe ventilo-moteur.

Le prix d'achat du groupe ventilo-moteur d'occasion est : 35000 FCFA.

Le Total matières premières devient :  $150\ 440 - 67\ 000 + 35\ 000 = 118\ 440$

Ainsi, nous avons :

- Matières premières	118 440
- Main d'oeuvre directe	33 820
- Energie	<u>2 250</u>
Prix de revient	154 510 FCFA

##### Analyse de la cohérence

###### Compte de résultat prévisionnel

- Chiffre d'affaire (C.A) prévisionnel :

$12 \text{ venti / mois} \times 200\ 000 \text{ F} \times 12 \text{ mois} = 28\ 800\ 000 \text{ FCFA}$

- Charges variables :

- achat de matières premières

$12 \text{ venti / mois} \times 118\ 440 \text{ F} \times 12 \text{ mois} = 17\ 055\ 360 \text{ FCFA}$

- main d'oeuvre directe	4 870 040
- énergie	<u>323 440</u>
<b>TOTAL des charges variables</b>	<b>22 248 400 FCFA</b>

- Dotation aux amortissements 1ère année

Matériel de production :  $2\,655\,000 / 5 = 531\,000$  FCFA

- Intérêts d'emprunt

$6\,000\,000 \times 13\% = 780\,000$  FCFA

### Compte de résultat prévisionnel de la 1ère année

Charges		Produit	
<b>Total charges variables</b>	<b>22 248 400</b>	Chiffre d'Affaire	28 800 000
petit outillage à renouveler	265 000		
Frais généraux	260 000		
Impôts et taxes	360 520		
Intérêts financiers	780 000		
Dotation aux amortissements	531 000		
<b>Total charges fixes</b>	<b>2 196 520</b>		
<b>Bénéfice</b>	<b>4 355 080</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>28 800 000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>28 800 000</b>

Marge sur coût variable :

$28\,800\,000 - 22\,248\,400 = 6\,551\,600$  FCFA

$$\% MCV = \frac{6551600}{28800000} \approx 23\%$$

**Seuil de rentabilité :**

$$\frac{2196520}{0,23} = 9550090 \text{ FCFA}$$

**Remboursement d'emprunt**

Remboursement annuel : 6 000 000 / 5 = 1 200 000 FCFA  
 Capacité d'autofinancement : 4 355 080 + 531 000 = 4 886 080  
 CASH FLOW : 4 886 080 - 1 200 000 = 3 686 080 FCFA

Au vu de ce CASH FLOW, nous constatons que le projet devient plus intéressant parce qu'il génère des bénéfices importants. Aussi faut-il préciser que ce CASH FLOW est le maximum que l'on puisse espérer atteindre dans la vente du ventifraîcheur.

Admettons maintenant d'appliquer un prix de vente inférieur à 200000 FCFA, soit par exemple 175000 FCFA et examinons le compte de résultat prévisionnel.

Au prix de vente de 175000 FCFA, le compte de résultat devient :

**Compte de résultat prévisionnel de la 1ère année**

Charges		Produit	
<u>Total charges variables</u>	<u>22 248 400</u>	Chiffre d'Affaire	25 200 000
petit outillage à renouveler	265 000		
Frais généraux	260 000		
Impôts et taxes	360 520		
Intérêts financiers	780 000		
Dotations aux amortissements	531 000		
<u>Total charges fixes</u>	<u>2 196 520</u>		
<b>Bénéfice</b>	<b>755 080</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>25 200 000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>25 200 000</b>

Marge sur coût variable :

$$25\,200\,000 - 22\,248\,400 = 2\,951\,600 \text{ FCFA}$$

$$\% MCV = \frac{2951600}{25200000} \approx 12\%$$

Seuil de rentabilité :

$$\frac{2196520}{0,12} = 18304333 \approx 18304500 \text{ FCFA}$$

Remboursement d'emprunt

Remboursement annuel :  $6\,000\,000 / 5 = 1\,200\,000 \text{ FCFA}$

Capacité d'autofinancement :  $755\,080 + 531\,000 = 1\,286\,080$

CASH FLOW :  $1\,286\,080 - 1\,200\,000 = 86\,080 \text{ FCFA}$

La vente à 175000 FCFA donne le CASH FLOW minimum en dessous duquel le projet ne serait plus rentable. Le prix de vente théorique du ventifraîcheur serait donc de 187500 FCFA. Nous proposons un prix de vente de 185000 FCFA.

### IV.3 STRATEGIE COMMERCIALE

L'étroitesse du marché ne permet pas d'envisager au niveau du Burkina Faso, une production en série du ventifraîcheur. La production artisanale est la seule qui puisse en pareille circonstance être utilisée pour satisfaire la demande à Ouagadougou et dans les autres villes du Burkina.

Mais la réussite de l'opération est subordonnée à la prise en compte d'un certain nombre de facteurs sur lesquels l'entreprise devrait s'appuyer pour commercialiser le ventifraîcheur. Il s'agit :

1°) de faire connaître le produit auprès du grand public, qui de manière générale l'ignore. Ceci pourrait se faire à travers la publicité les médias ou presse écrite ;

2°) financer l'opération afin de disposer des matières premières en permanence.

## CONCLUSION

Le problème de confort thermique à Ouaga est préoccupant eu égard au désagrément engendré par la situation inconfortable due à la rigueur du climat à partir des mois de Février. La climatisation dans ces conditions est la solution idéale.

Cependant, la dévaluation du franc CFA ayant rendu l'accès aux équipements importés de plus en plus difficile, la plupart de gens se contentent d'utiliser le ventilateur qui est à la portée du plus grand nombre mais loin d'améliorer le confort thermique des usagers.

En cela le ventifraîcheur pourrait être, pour les populations en zone tropicale sèche, une alternative pouvant permettre une amélioration sensible du confort thermique dans leurs maisons.

Mais il convient de rappeler que les performances de cet appareil, données dans la première partie du présent mémoire, sont à relativiser parce que nous sommes persuadés que plusieurs paramètres peuvent influencer le rendement de cet appareil. Nous citerons notamment :

- les conditions extérieures (température, humidité relative) ;
- la nature du matériau du mur (l'appareil serait selon nous plus apte à créer un climat de confort dans une maison en briques de terre que dans une maison en agglomérés de ciment) ;
- les dimensions de la pièce à refroidir (plus la pièce sera grande, moins l'effet produit par le ventifraîcheur sera ressenti).

La situation actuelle du marché révèle de l'étroitesse de celui-ci d'après les résultats de l'étude que nous avons réalisée; ce qui ne permet pas une grande production de cet appareil pour le moment. L'extension du marché à d'autres pays nous semble être la solution qui justifierait la production industrielle.

La production artisanale avec des matériaux neufs n'est pas prometteuse aussi bien pour le modèle métallique que pour le modèle en bois.

En attendant l'ouverture sur un marché plus vaste, le ventifraîcheur pourrait être commercialisé à partir de la production artisanale associée avec des éléments de récupération. Mais la connaissance du produit par les usagers est un facteur déterminant pour la réussite de l'opération.

## RECOMMANDATIONS

A l'issue de la présente étude de marché, nous formulons les recommandations suivantes :

- 1°) faire connaître le produit auprès du public, à travers les médias, la publicité ou à partir des journées portes ouvertes ; ce qui permettrait à l'entreprise de gagner des parts de marché ;
- 2°) pas de production en série actuellement parce qu'on ne pourrait pas rentabiliser les investissements, à moins que le matériel requis à cet effet serve à fabriquer autre chose (mobilier métallique par exemple) ; ce qui est tout à fait possible mais qui nécessiterait au préalable une autre étude de marché ;
- 3°) Encourager et améliorer la production artisanale pour satisfaire la demande mais en associant des éléments de récupération ;
- 4°) Financer l'activité sous forme d'une PME ; ce qui permettrait de bénéficier des avantages du code des investissements ;
- 5°) la production en série nécessitant un marché plus grand, celui-ci pourrait s'étendre à d'autres pays à climat sahélien ou désertique comme : la Mauritanie, le Mali, le Niger, le Tchad et le Soudan ; ce qui exigerait une étude de marché dans chacun de ces pays.

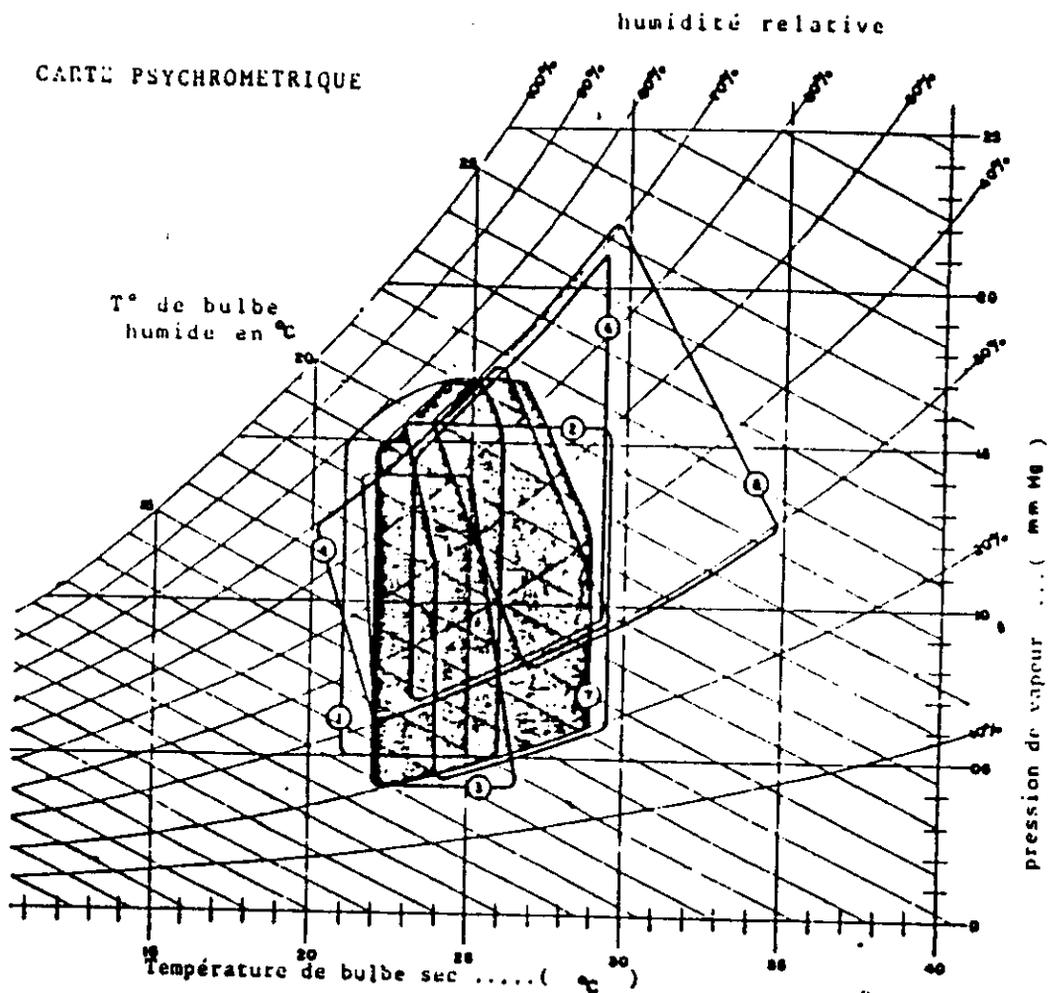
## BIBLIOGRAPHIE

- [1] - G. PORHER, *Cours de climatisation*, Les Editions parisiennes Chaud Froid Plomberie, 7<sup>e</sup> édition.
- [2] - M. ROUBINET, *Le refroidissement par évaporation*, Thermique et Aéraulique 01 Juillet-Septembre 1970
- [3] - Erich HENNE, *Humidification de l'air*, PYC-EDITION, 254, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15
- [4] - Patrick DEPEKER, *Qualité thermique des ambiances*, imprimerie F. PAILLART-80100, Abbeville
- [5] - André TALLA, *Besoins en confort thermique, solutions économiques possibles*, EIER, Recherche Ingénierie, Mars 1994
- [6] - TEMECHING K. François, *Etude des possibilités de climatisation par refroidissement d'eau à Ouagadougou*, Mémoire de fin d'études. EIER 1989 -1990
- [7] - D. FOKOUO KOUAM, *Conception, réalisation et test d'un ventilo-humidificateur*, EIER, Mémoire de fin d'études 1990 -1991
- [8] - André TALLA, *Réalisation, installation et expérimentation d'un prototype de ventifresher mural*, EIER, Recherche Ingénierie, Mai-Juin 1994
- [9] - KOKOU NOUDJO, *Etude des possibilités de développement du ventilo-humidificateur EIER*, Mémoire de fin d'études 1991 - 1992
- [10] - INSD, *Annuaire statistique du Burkina Faso 1994*, Ouagadougou, DSG Septembre 1995.
- [11] - Fabrice COUPEL, *Cours de Gestion d'entreprise*, EIER 1994
- [12] - Thomas DJIAKO et Yves JANNOT, *International Journal of Refrigeration*, 1994 Linacre House, Jordan Hills, OXFORD OX2 8 DP, U K.
- [13] - Revue CLIM . Chauffage - Confort N°1 Oct. 95

## ANNEXES

## **ANNEXE 1**

- **Eléments de l'étude théorique sur le confort thermique, la climatisation et la ventilo-humidification**
- **Schémas des prototypes de ventifraîcheurs réalisés à l'EIER.**



**Fig. 1 : Zones de confort proposées par :**

- ( 1 ) B. GIVONI    ( 2 ) V. OLGAY  
 ( 3 ) ASHRAE    ( 4 ) YAGLOU - DRINKER  
 ( 5 ) KOENIGSBERGER  
 ( 6 ) C.E. BROOKS    ( 7 ) E. GONZALEZ

AUTEURS	LIMITES DE T°	LIMITES D'HUMIDITE
1. B. GIVONI	21°C - 26°C	5-17 mm Hg
2. V. OLGAY	23.9°C - 29.5°C	20% - 75%
3. ASHRAE	22.2°C - 26.6°C	4 mm Hg
4. YAGLOU - DRINKER	18.8°C - 23.8°C	14 mm Hg
5. KOENIGSBERGER	22°C - 27°C	
	21.6°C - 25°C	14 mm Hg
4. YAGLOU - DRINKER	18.8°C - 23.8°C	30% - 70%
5. KOENIGSBERGER	22°C - 27°C	30% - 70%
6. C.E. BROOKS	23.3°C - 29.4°C	30% - 70%
7. E. GONZALES	22°C (limite inférieure)	27% - 75%
	29°C (lim. supérieure)	20% - 40%

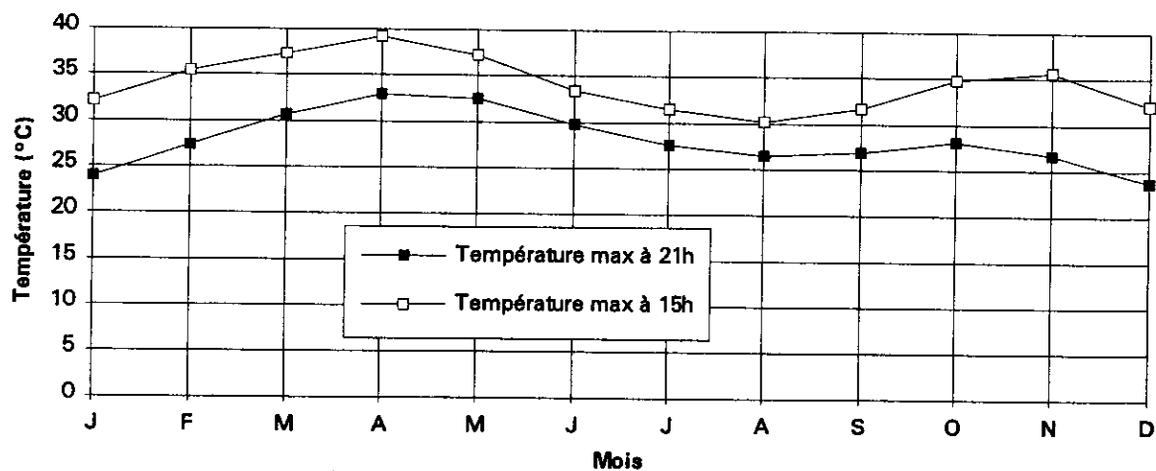
# ANNEXE 1

**TABLEAU 1 : Températures extérieures moyennes  $\theta_e$  (°C).**

Mois ↙ Heure ↘	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0 h	21,0	24,5	28,2	30,7	30,4	27,9	26,3	25,1	25,4	26,3	24,1	21,2
3 h	18,9	22,4	26,3	29,0	28,9	26,6	25,2	24,4	24,5	24,7	22,0	19,2
6 h	17,2	20,7	24,8	27,6	27,8	25,6	24,3	23,8	23,7	23,7	20,4	17,6
9 h	22,5	26,2	29,9	32,1	30,3	28,9	26,7	26,3	26,8	28,8	28,3	24,7
12 h	29,8	33,4	35,5	37,5	34,9	32,1	29,9	29,4	30,3	33,8	34,4	30,4
15 h	32,1	35,4	37,3	39,2	37,2	33,4	31,5	30,2	31,7	34,8	35,6	32,1
18 h	29,0	33,4	35,2	37,1	35,3	31,9	30,3	28,9	29,5	31,5	31,4	28,2
21 h	23,9	27,4	30,7	32,9	32,5	29,8	27,6	26,5	26,9	28,1	26,7	23,7

Moyenne annuelle à 15 h : 34,2

Moyenne annuelle à 21 h : 28,1



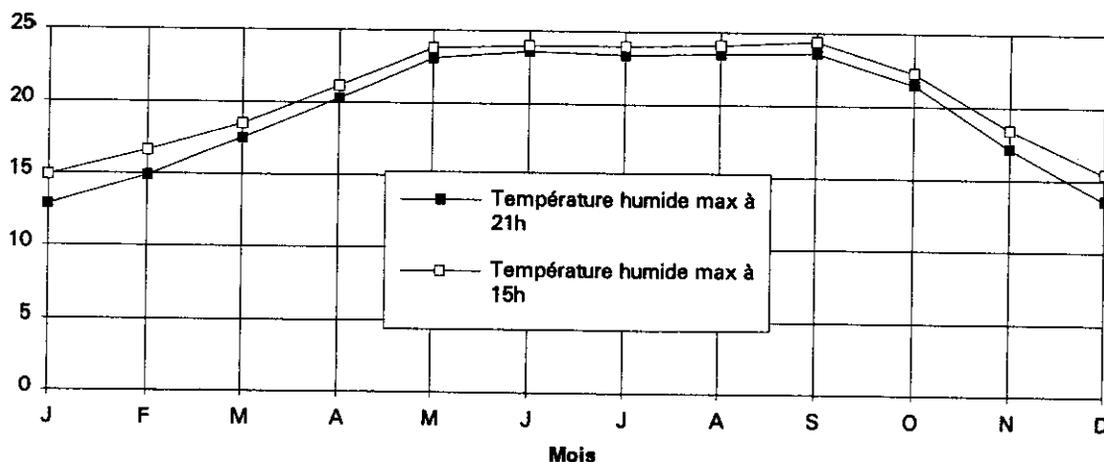
**Fig.2 : Moyennes mensuelles des températures maximales de l'année " type"**

# ANNEXE 1

**TABLEAU 2** Températures humides extérieures moyennes  $\theta_{he}$  (°C).

Mois $\theta$ Heure $\rho$	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0 h	11,7	13,7	16,5	19,7	22,9	23,3	23,9	23,3	23,2	21,3	16,5	12,4
3 h	10,7	12,7	15,8	19,6	22,7	22,8	22,8	22,9	22,6	20,9	15,7	13,3
6 h	9,9	12,6	15,3	19,6	22,8	22,6	22,3	22,6	22,3	20,8	15,3	10,7
9 h	11,0	12,7	16,2	21,0	23,5	23,3	23,0	23,2	23,2	22,3	16,7	12,4
12 h	13,8	15,6	18,8	21,6	24,1	24,0	23,8	24,0	24,0	22,9	18,1	14,5
15 h	14,9	16,6	18,5	21,2	23,8	24,0	24,0	24,1	24,4	22,3	18,4	15,4
18 h	14,5	16,5	18,2	20,6	23,1	23,7	23,9	24,1	23,9	22,0	18,3	15,0
21 h	12,9	14,9	17,5	20,3	23,1	23,6	23,4	23,5	23,6	21,5	17,1	13,6

Température humide



**Fig.3** : Moyennes mensuelles des températures humides extérieures de l'année "type"

# ANNEXE 1

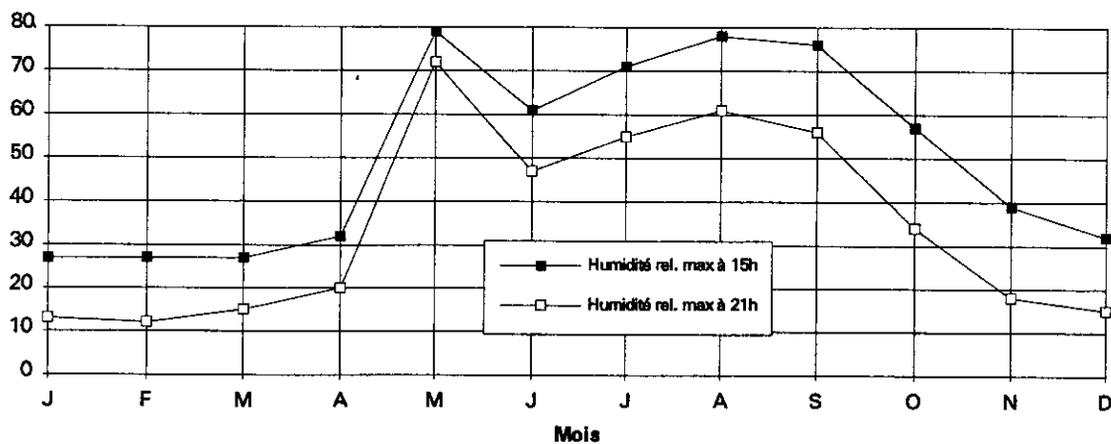
**TABLEAU 3 : Humidités relatives extérieures moyennes  $e_e$  (%)**

Mois $\rightarrow$ Heure $\uparrow$	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0 h	32	29	30	37	83	68	78	86	84	65	47	36
3 h	36	32	33	42	85	73	82	88	86	72	53	53
6 h	39	40	37	48	88	78	86	91	89	78	59	43
9 h	22	19	24	37	84	63	74	77	74	58	30	22
12 h	14	13	16	24	77	52	61	64	60	40	19	15
15 h	13	12	15	20	72	47	55	61	56	34	18	15
18 h	19	16	18	22	74	51	59	68	64	44	28	23
21 h	27	27	27	32	79	61	71	78	76	57	39	22

Moyenne annuelle à 15 h : 34,8

Moyenne annuelle à 21 h : 49,6

Humidité relative



**Fig.4 :** Moyennes mensuelles des humidités relatives de l'année "type"

Fig. 5 :

Carte bioclimatique de Ouagadougou le jour  
Format psychrométrique (1.3 met : 0.4 clo)

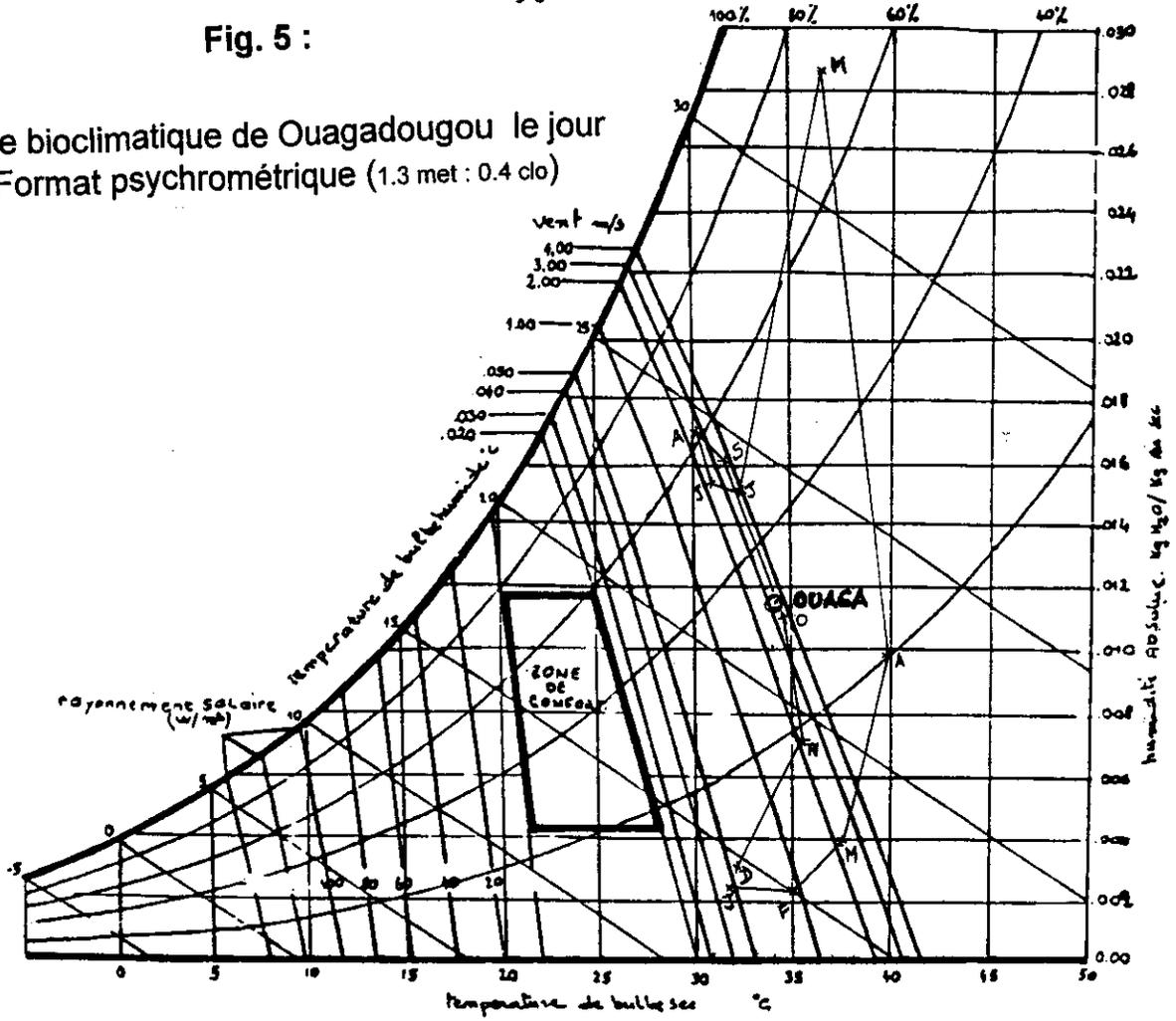
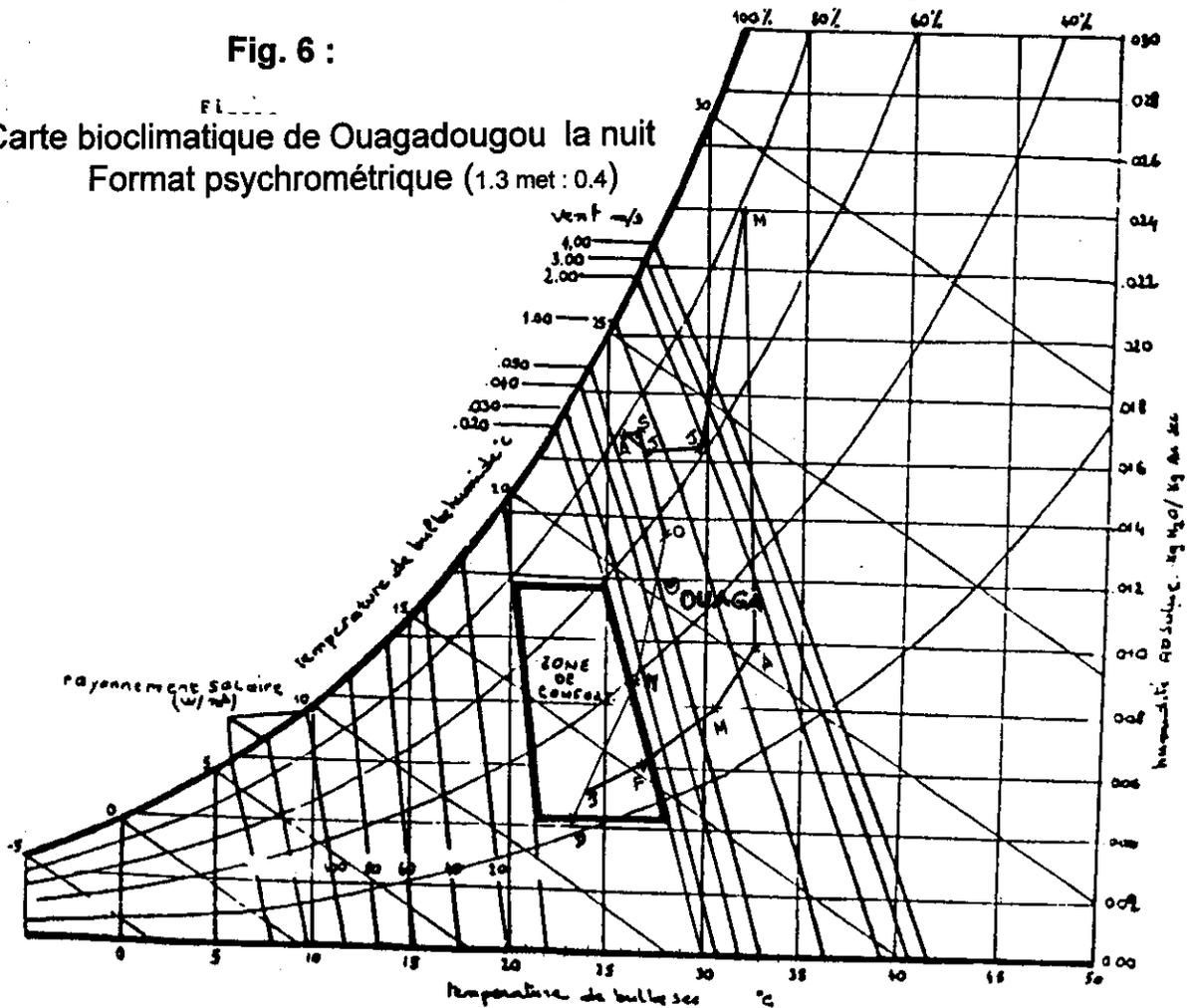
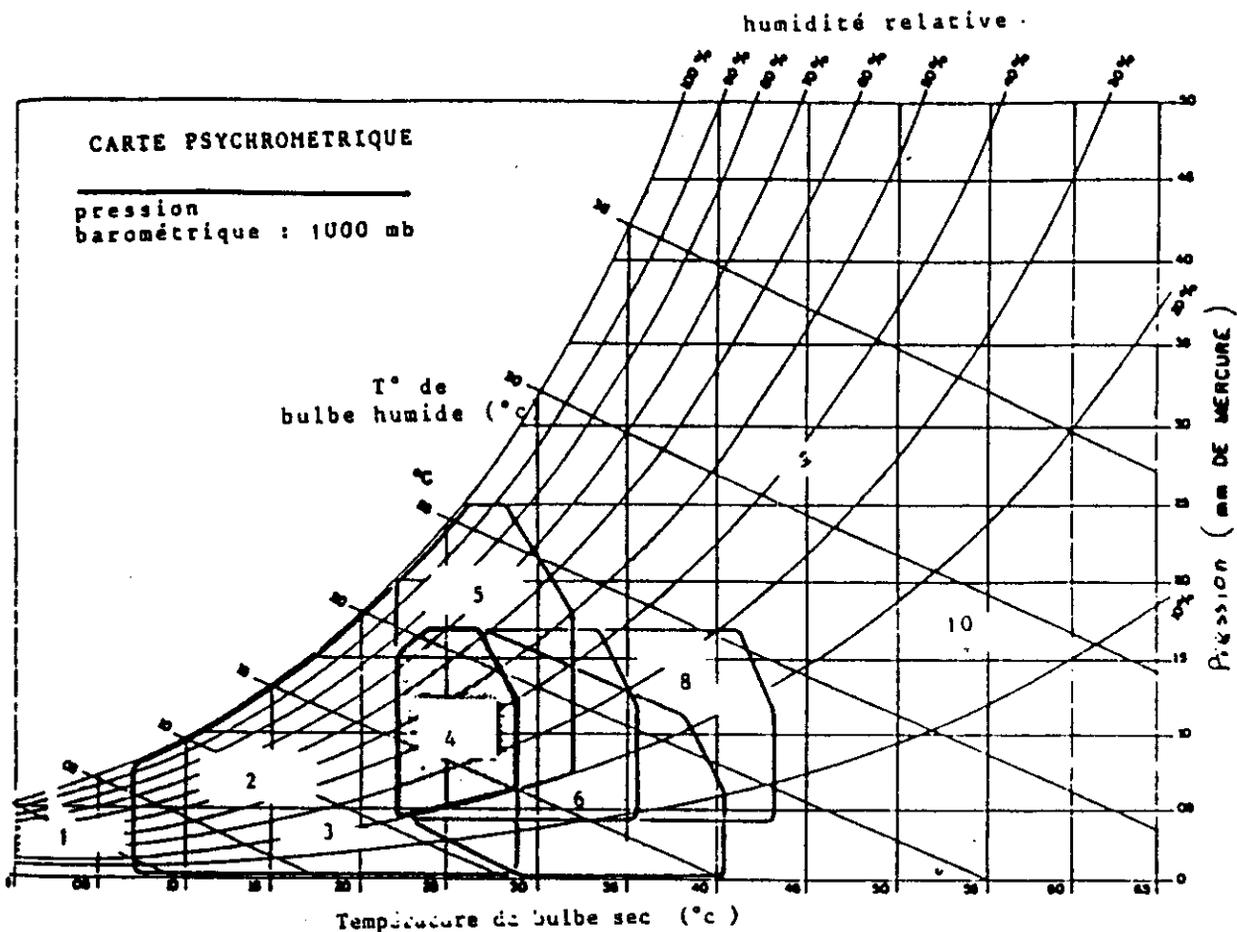


Fig. 6 :

Carte bioclimatique de Ouagadougou la nuit  
Format psychrométrique (1.3 met : 0.4)

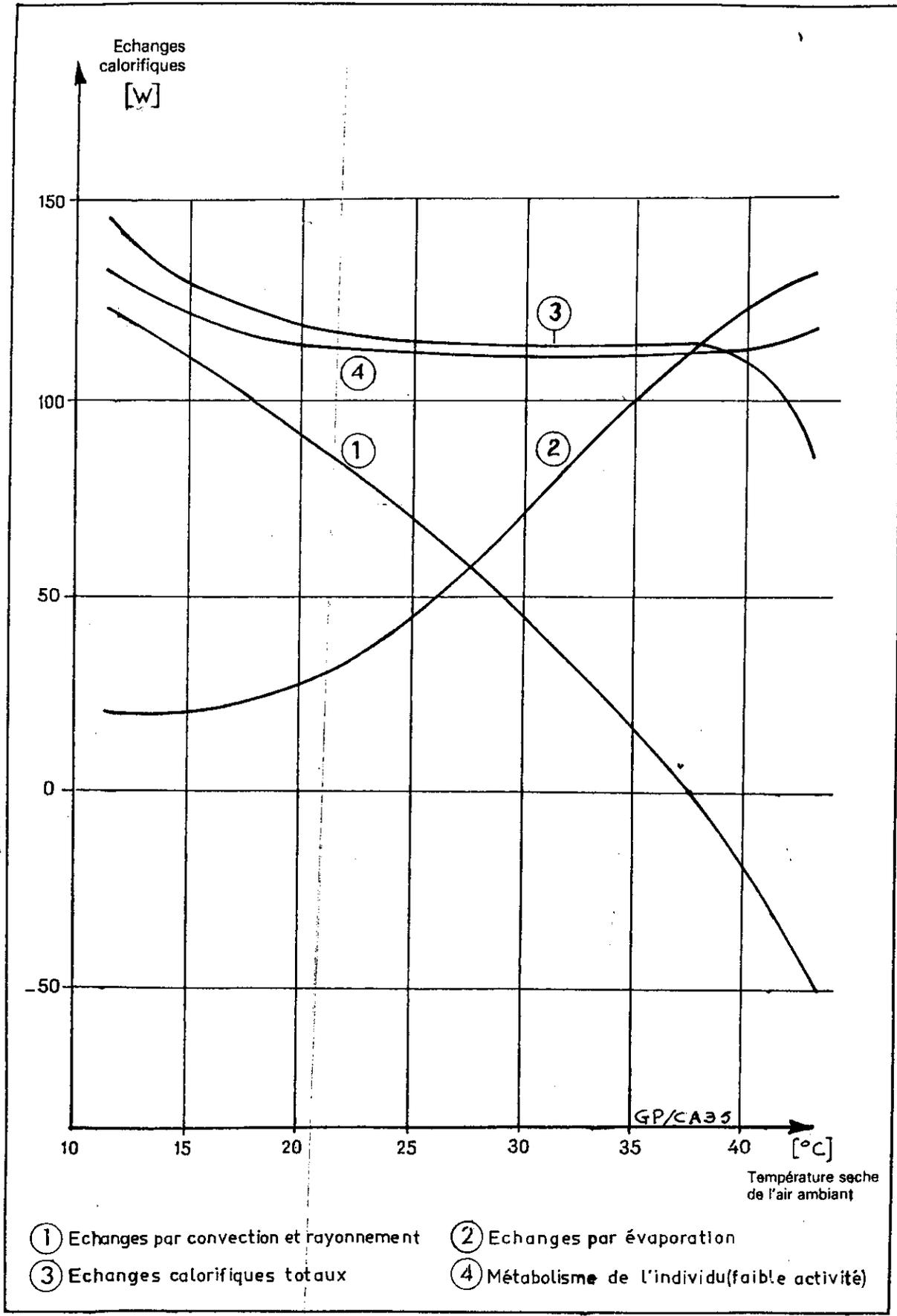




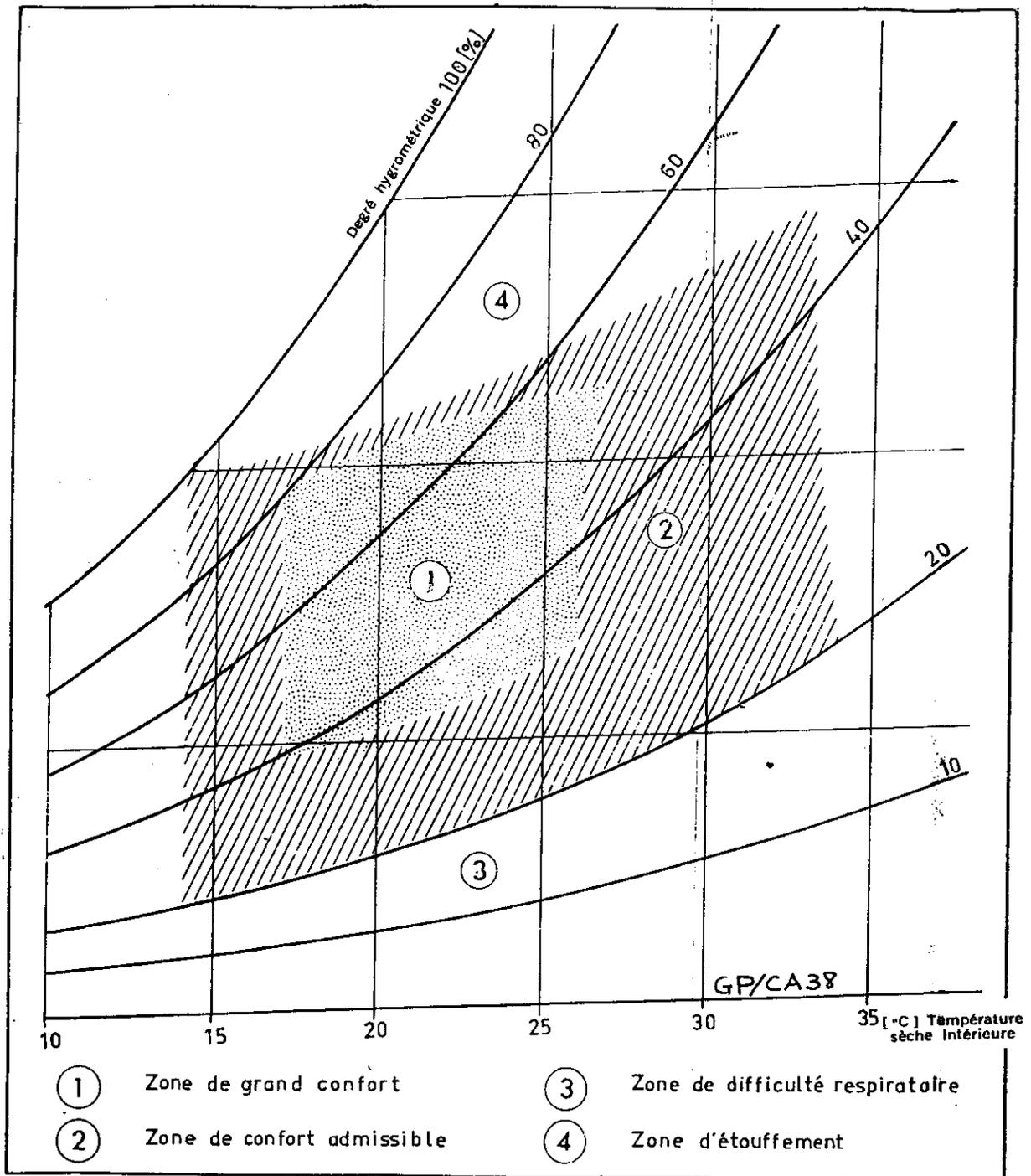
**Fig.7 : Carte bioclimatique de l'habitat  
d'après GIVONI et HERNANDEZ  
pression barométrique : 1000 mb**

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Chauffage conventionnel            | 2. Chauffage passif ou conventionnel       |
| 3. Humidification                     | 4. Zone de confort                         |
| 5. Ventilation naturelle ou mécanique | 6. Masse thermique                         |
| 7. Evaporation                        | 8. Masse thermique et ventilation nocturne |
| 9. Déshumidification conventionnelle  | 10. Air conditionné conventionnel          |

**Remarque :** Sur la figure 7 ci-dessus, Givoni et Hernandez proposent les solutions à adopter pour revenir dans la zone de confort. Comme les régions du Cameroun sont beaucoup plus concernées par le domaine de ventilation naturelle ou mécanique, nous utiliserons un autre diagramme plus complet précisant les vitesses d'air à respecter pour revenir dans la zone de confort.



**Fig. 8 :** Variation des échanges calorifiques du corps humain en fonction de la température sèche de l'air ambiant (degré hygrométrique de 45 % et sujet légèrement habillés).



**Fig.9 :** Limites de température et de l'humidité en climatisation de confort (vitesses de l'air ambiant comprises entre 0,1 et 0,25 m/s)

Activité	M (W)	Mth (W)	W (W)
Sommeil	75	75	0
Assis, au repos	105-110	105-110	0
Debout, relax	125-130	125-130	0
Marche (1,6 km/h) pente 5 %	250	230	20
Marche rapide (4,8 km/h) pente 5 %	420	375	45
Marche forcée (6,4 km/h) pente 5 %	640	580	60
Travail de laboratoire	170	170	0
Travail sur machine outil	290	260	30
Vente	210	200	10
Enseignement	170	170	0
Travail de pelletage	460	390	70
Creusement de tranchées	630	510	120
Activité dans la maison	180	180	0
Secrétariat	125	125	0
Gymnastique	360	330	30
Danse slow	125	125	0
Danse rock	460	460	0
Tennis	480	450	30
Squash	750	700	50
Basket ball	790	750	40
Assis, écriture	125	125	0
Debout, travail léger des bras	180	160	20

**TABLEAU 4 : Exemples de valeurs du métabolisme, avec sa décomposition élémentaire en métabolisme thermique et énergie mécanique (sujet standard : 70 kg, 1,70 m-surface de corps  $S_D = 1,8 \text{ m}^2$ )**

Masse volumique  
de l'air humide

[kg/m<sup>3</sup>]

$\rho$

Teneur en humidité

$r$   
[kg/kg as]

Température

$\theta$   
[°C]

Pression absolue  
de l'air humide

[bar]

1,40  
1,35  
1,30  
1,25  
1,20  
1,15  
1,10  
1,05  
1,00  
0,95  
0,90  
0,85  
0,80  
0,75  
0,70

GP/CA4

droite  
de transfert

-20  
-10  
0  
10  
20  
30  
40  
50  
60  
70  
0,800  
0,850  
0,900  
0,950  
1,000  
1,050

$\theta$  (air sec)

0,05  
0,10  
0,20  
0,30  
0,40

REPRODUCTION INTERDITE

Fig.10 : Masse volumique de l'air humide

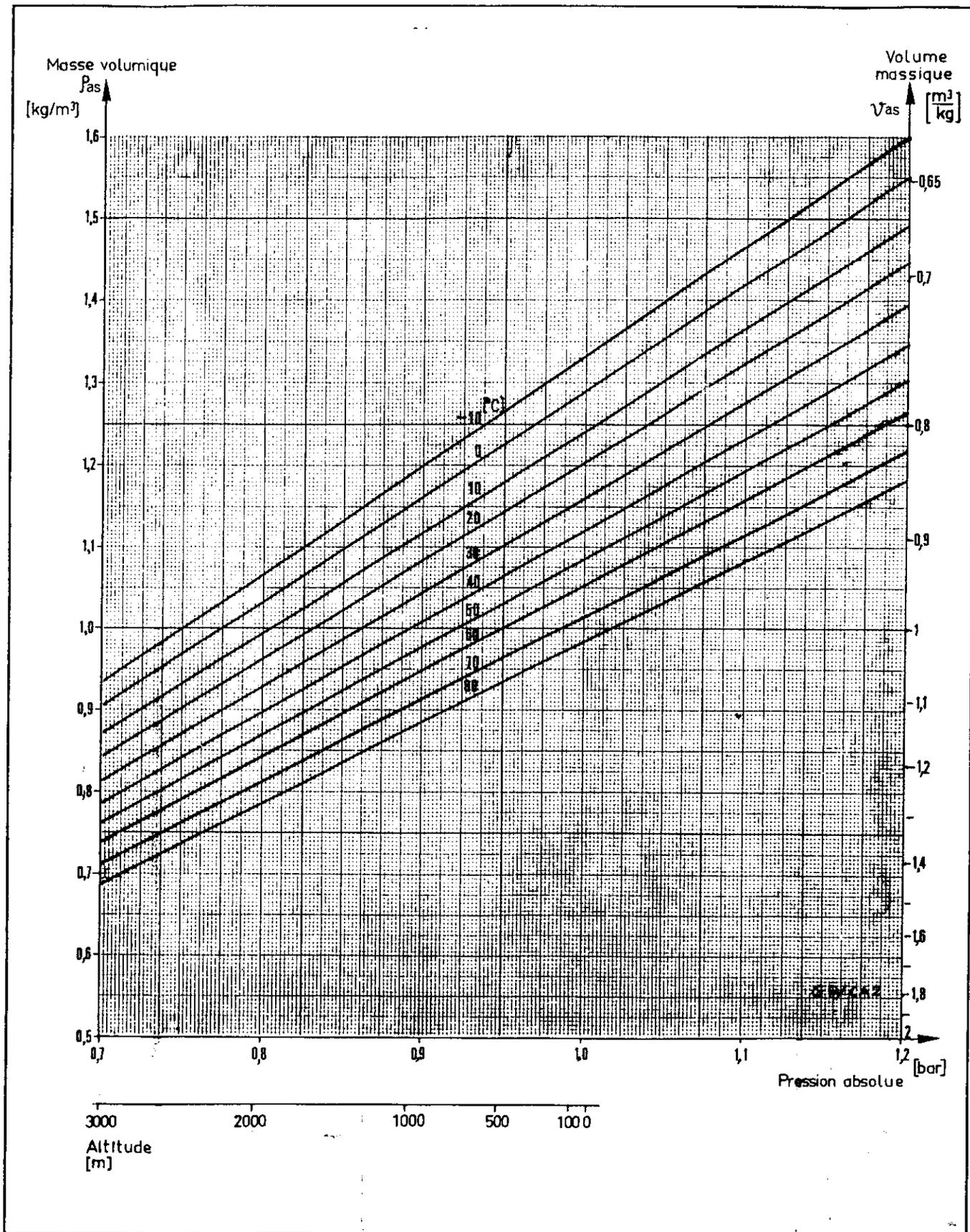


Fig.11 : Masse volumique et volume massique de l'air sec

TEMPERATURE [°C]	TENEUR EN HUMIDITE r grammes par kilogramme d'air sec [g/kgas]									
	Degré hygrométrique									
	10 [%]	20 [%]	30 [%]	40 [%]	50 [%]	60 [%]	70 [%]	80 [%]	90 [%]	100 [%]
0	0,38	0,75	1,13	1,50	1,88	2,26	2,64	3,01	3,39	3,77
1	0,40	0,81	1,23	1,62	2,02	2,43	2,83	3,24	3,65	4,06
2	0,44	0,87	1,30	1,74	2,17	2,61	3,04	3,48	3,92	4,36
3	0,46	0,93	1,45	1,86	2,33	2,80	3,27	3,74	4,21	4,68
4	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,01	3,51	4,02	4,52	5,03
5	0,54	1,07	1,61	2,15	2,69	3,23	3,77	4,31	4,85	5,40
6	0,57	1,15	1,73	2,30	2,88	3,46	4,04	4,62	5,20	5,79
7	0,62	1,23	1,85	2,47	3,09	3,71	4,33	4,96	5,58	6,21
8	0,66	1,32	1,98	2,64	3,31	3,97	4,64	5,31	5,98	6,65
9	0,70	1,41	2,12	2,83	3,54	4,25	4,97	5,68	6,40	7,12
10	0,75	1,51	2,27	3,03	3,79	4,55	5,32	6,08	6,85	7,62
11	0,81	1,62	2,42	3,24	4,05	4,87	5,69	6,51	7,33	8,16
12	0,86	1,72	2,59	3,46	4,33	5,20	6,08	6,96	7,84	8,72
13	0,92	1,84	2,77	3,70	4,63	5,56	6,50	7,44	8,38	9,32
14	0,98	1,97	2,96	3,95	4,94	5,94	6,94	7,94	8,95	9,96
15	1,05	2,10	3,15	4,21	5,27	6,34	7,41	8,48	9,56	10,6
16	1,12	2,24	3,36	4,49	5,63	6,76	7,91	9,05	10,2	11,4
17	1,19	2,39	3,59	4,79	6,00	7,21	8,43	9,66	10,9	12,1
18	1,27	2,54	3,82	5,10	6,40	7,70	8,99	10,3	11,6	12,9
19	1,35	2,71	4,07	5,44	6,82	8,19	9,58	11,0	12,4	13,8
20	1,44	2,88	4,33	5,79	7,26	8,73	10,2	11,7	13,2	14,7
21	1,56	3,07	4,58	6,17	7,72	9,29	10,9	12,4	14,0	15,6
22	1,66	3,26	4,90	6,57	8,22	9,88	11,6	13,2	14,8	16,6
23	1,77	3,47	5,21	6,97	8,74	10,5	12,3	14,1	15,9	17,7
24	1,89	3,68	5,54	7,45	9,20	11,2	13,1	15,0	16,9	18,9
25	2,01	3,91	5,89	8,00	9,87	11,9	13,9	15,9	18,0	20,1
26	2,13	4,15	6,25	8,36	10,5	12,5	14,8	16,9	19,1	21,3
27	2,27	4,41	6,63	8,88	11,1	13,4	15,7	18,0	20,3	22,7
28	2,41	4,67	7,04	9,42	11,8	14,2	16,7	19,1	21,6	24,1
29	2,56	4,96	7,46	9,99	12,5	15,1	17,7	20,3	22,9	25,6
30	2,61	5,25	7,91	10,6	13,3	16,0	18,8	21,5	24,3	27,2
31	2,77	5,56	8,38	11,2	14,1	17,0	19,9	22,9	25,8	28,8
32	2,93	5,89	8,88	11,9	14,9	18,0	21,1	24,3	27,4	30,6
33	3,10	6,24	9,40	12,6	15,8	19,1	22,4	25,7	29,1	
34	3,28	6,60	9,95	13,3	16,8	20,2	23,7	27,3	30,8	
35	3,47	6,98	10,5	14,1	17,7	21,4	25,1	28,9		
36	3,67	7,38	11,1	14,9	18,8	22,7	26,6	30,6		
37	3,88	7,80	11,8	15,8	19,9	24,0	28,2			
38	4,09	8,24	12,4	16,7	21,0	25,4	29,8			
39	4,32	8,70	13,1	17,7	22,2	26,9				
40	4,55	9,19	13,9	18,6	23,5	28,4				
41	4,81	9,70	14,7	19,7	24,8	30,0				
42	5,07	10,2	15,5	20,8	26,2					
43	5,35	10,8	16,3	22,0	27,7					
44	5,64	11,4	17,2	23,2	29,2					
45	5,94	12,0	18,2	24,5	30,9					
46	6,25	12,6	19,1	25,8						
47	6,58	13,3	20,2	27,2						
48	6,93	14,0	21,3	28,7						
49	7,29	14,7	22,4	30,2						
50	7,66	15,5	23,6							

**TABLEAU 6** : Valeurs de r en fonction de la température et du degré hygrométrique (pression atmosphérique normale 101325 Pa)

Annexe: programme 'évaluation de la sensation thermique'

```

10 PRINT "EVALUATION DE LA SENSATION THERMIQUE"
20 INPUT "METABOLISME: Mth (W) = "; MTH
30 INPUT "RESISTANCE VETEMENTS: Rv(m²°C,W) = "; RV
40 INPUT "TEMPERATURE AIR: T(°C) = "; T
50 INPUT "TEMPERATURE RADIANTE: Tr(°C) = "; TR
60 INPUT "VITESSE AIR v(m/s) = "; V
70 INPUT "HUMIDITE RELATIVE AIR cf(%) = "; EA
80 IF V < .1 THEN LET HCV = 3.4
90 IF V > .1 THEN LET HCV = 12.06*V .5
100 HRY = 5.75
110 TC = 35.7 - .0153*MTH
120 INPUT "POSITION (0 = assis; 1 = debout) :"; P
130 IF P = 1 THEN GOTO 190
140 INPUT "TYPE SIEGE (0 = chaise; 1 = fauteuil) :"; S
150 IF S = 0 THEN LET RV = *1.2
160 IF S = 1 THEN LET RV = RV*1.4
    
```

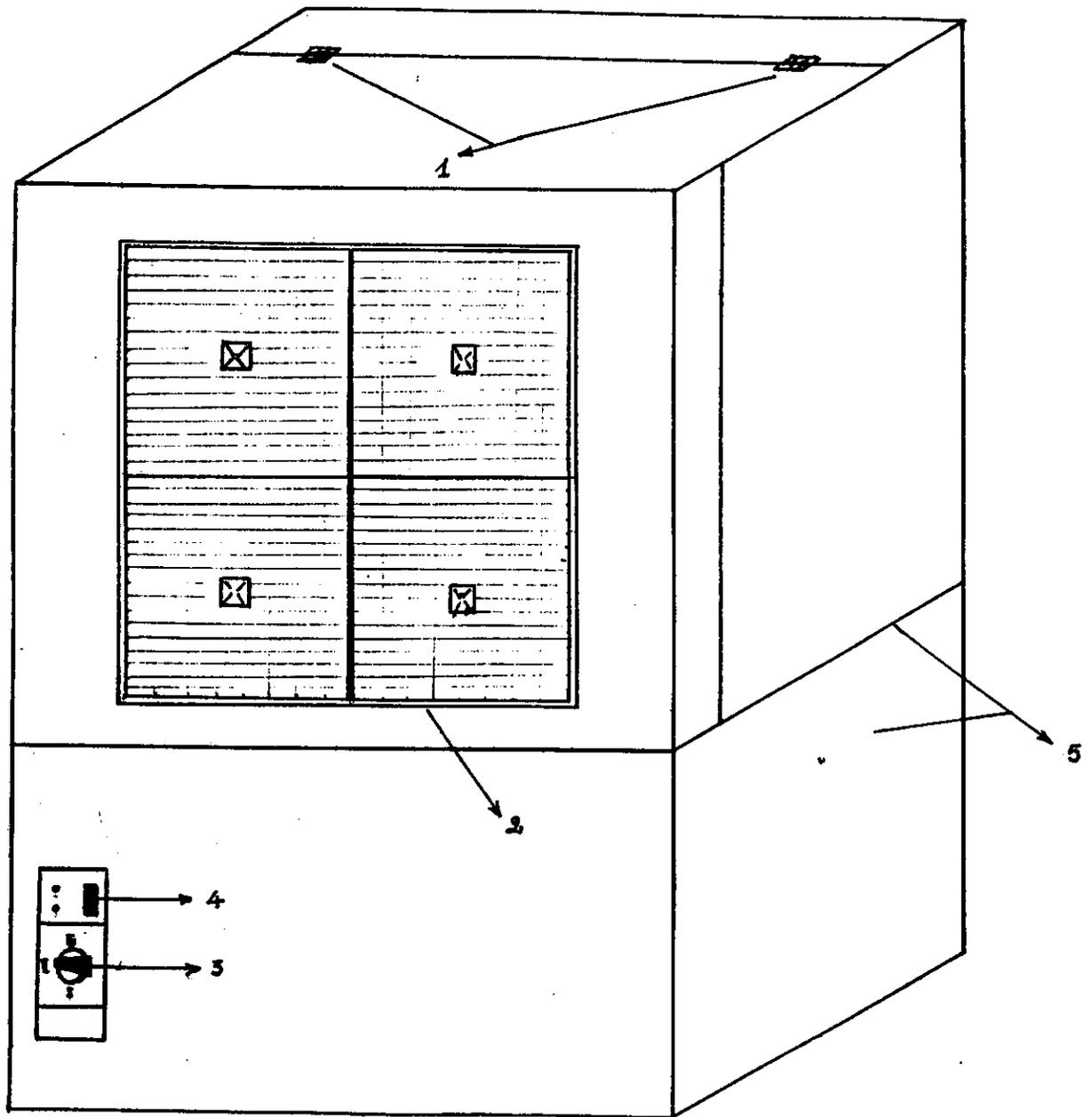
```

170 FP = .696
180 GOTO 200
190 FP = .725
200 ESD = .42*(MTH - 105):FV = 1 + .77*RV:A = 10.35*FP*FV
210 TV = (HCV*FV*T + HRY*FV*FP*TR +
    TC*RV):(HCV*FV + HRY*FV*FP + 1/RV)
220 IF V < .1 THEN LET HCV = 2.38*(TV - T) + .25
230 ECV = HCV*1.8*FV*(TV - T)
240 ERY = HRY*1.8*(TV - TR)*FP*FV
250 CO = -(1.022*MTH + 6.5)*.01*EA + .123*MTH + 32.5
260 C1 = .0038*EA - (1.1*MTH + 40)*.001
270 C2 = -.00041*EA
280 E = CO + C1*T + C2*T^2
290 ET = ECV + ERY + E + ESD
300 D = MTH - ET
310 PMV = 1.303*EXP(-.361*MTH/1.8) + .028)*D.1.8
320 PRINT "PMV = "; PMV
330 END
    
```

TABLEAU 7 : Programme d'évaluation de la sensation thermique

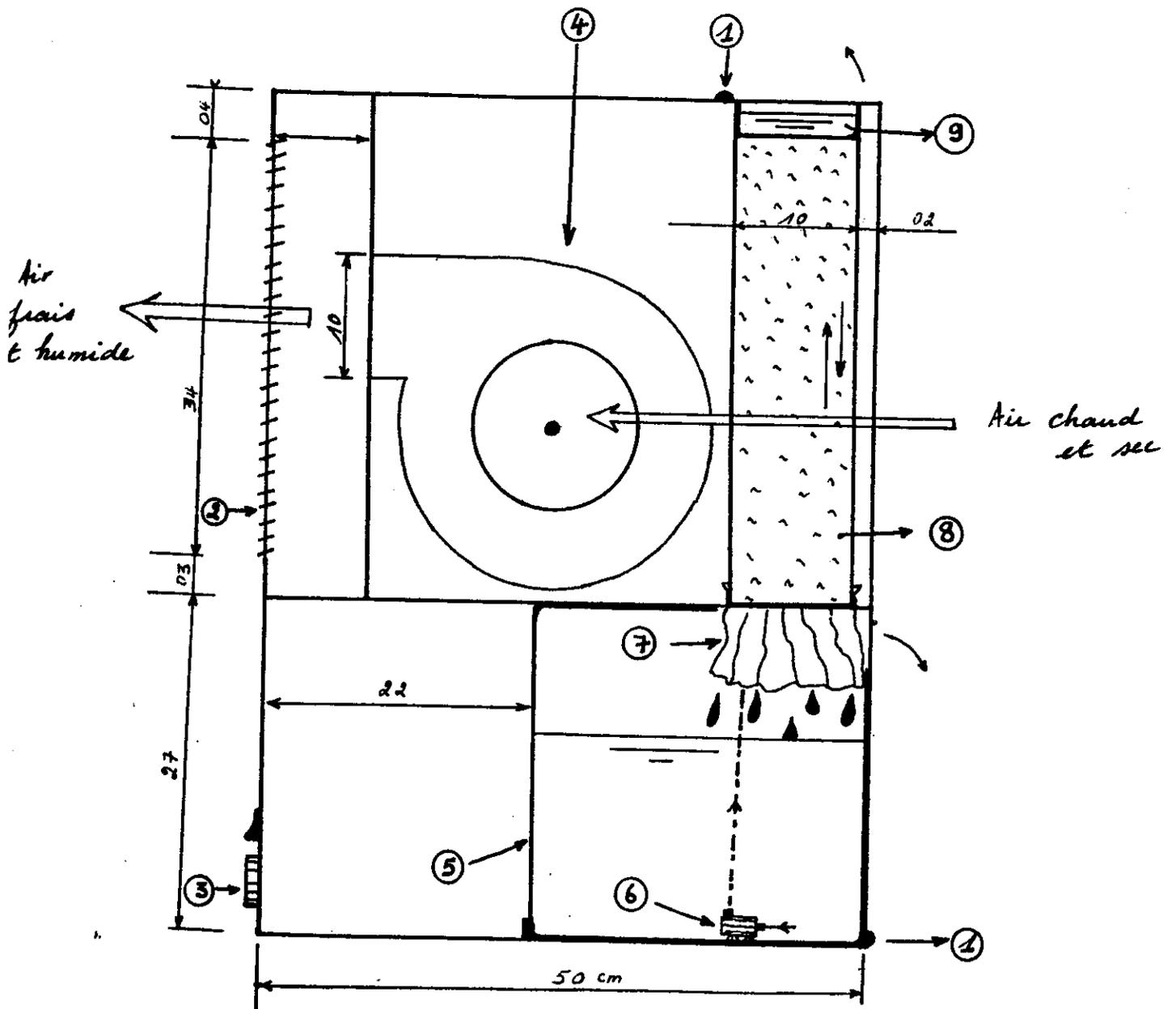
TEMPERATURE [°C]	PRESSION DE VAPEUR SATURANTE [Pa]	TEMPERATURE [°C]	PRESSION DE VAPEUR SATURANTE [Pa]
0	610,7	41	7 776,3
1	656,6	42	8 197,3
2	705,5	43	8 637,9
3	757,6	44	9 098,8
4	813,1	45	9 580,7
5	872,1	46	10 084
6	934,9	47	10 610
7	1 001,6	48	11 160
8	1 072,4	49	11 734
9	1 147,7	50	12 333
10	1 227,5	51	12 959
11	1 312,2	52	13 611
12	1 401,9	53	14 291
13	1 497,1	54	15 000
14	1 597,8	55	15 739
15	1 704,5	56	16 509
16	1 817,3	57	17 311
17	1 936,7	58	18 145
18	2 062,8	59	19 014
19	2 196,2	60	19 918
20	2 337,0	61	20 859
21	2 485,6	62	21 837
22	2 642,5	63	22 853
23	2 807,9	64	23 910
24	2 982,3	65	25 008
25	3 166,1	66	26 148
26	3 359,7	67	27 332
27	3 563,6	68	28 562
28	3 778,2	69	29 837
29	4 003,9	70	31 161
30	4 241,3	71	32 534
31	4 490,8	72	33 958
32	4 753,0	73	35 434
33	5 028,4	74	36 963
34	5 317,5	75	38 548
35	5 620,9	76	40 190
36	5 939,3	77	41 891
37	6 273,1	78	43 651
38	6 623,1	79	45 474
39	6 989,8	80	47 360
40	7 374,0		

TABLEAU 5 : Pression de vapeur saturante de l'eau pure en fonction de la température



- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1 - charnières        | 4 - interrupteur de commande de la pompe |
| 2 - orientateur d'air | 5 - bâti                                 |
| 3 - commutateur       |  |

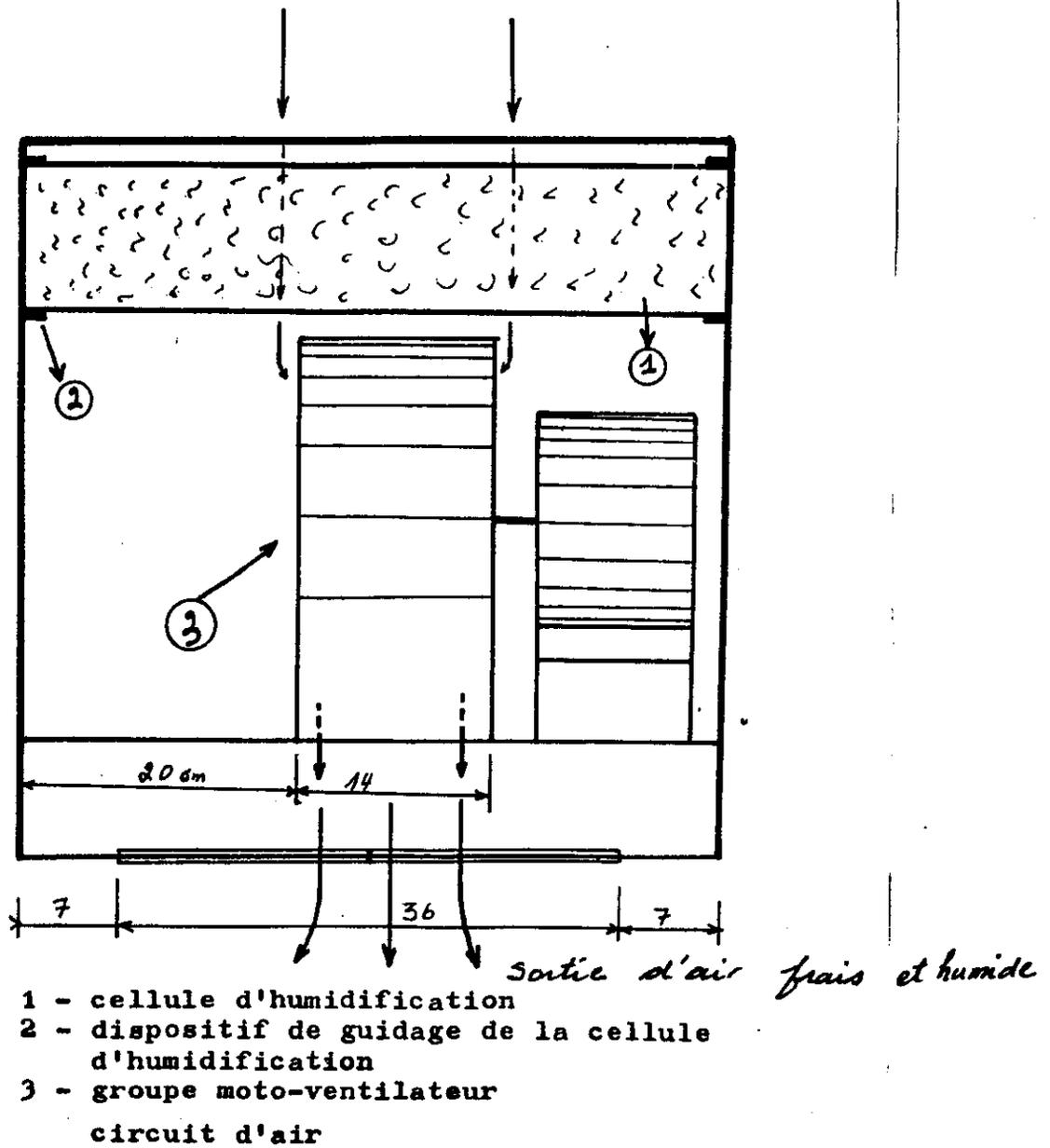
**Fig. 12 : VUE EN PERSPECTIVE**  
 (Premier prototype de ventifraîcheur)



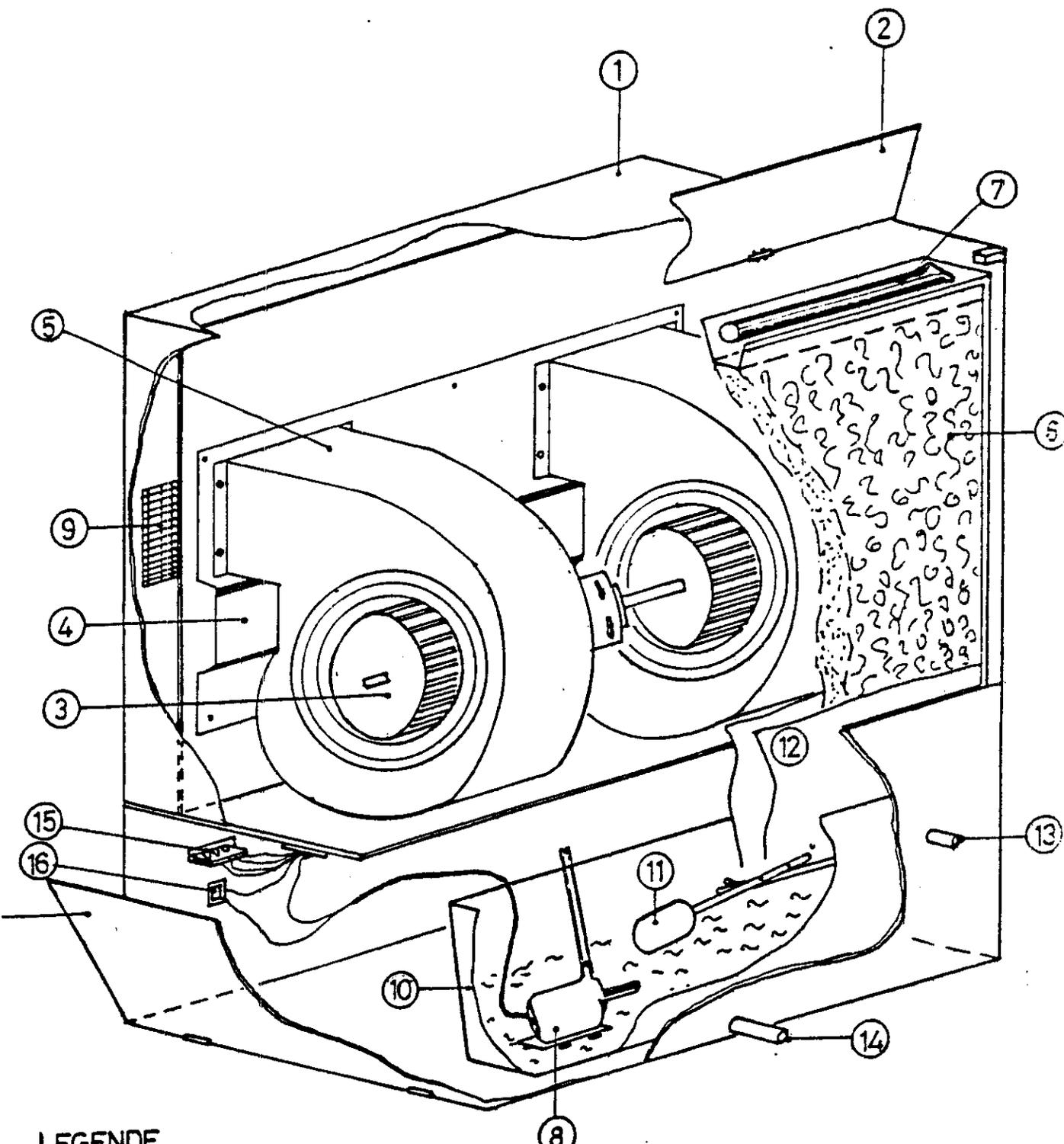
- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1 - charnières        | 4 - Groupe moto-ventilateur            |
| 2 - orientateur d'air | 5 - réservoir                          |
| 3 - commutateur       | 6 - pompe                              |
| ⇒ circuit de l'air    | 7 - plastique léger (guidage de l'eau) |
|                       | 8 - cellule d'humidification           |
|                       | 9 - rampe d'arrosage                   |

Fig. 13 : COUPE LONGITUDINALE

*Entrée d'air chaud et sec*



**Fig.14 : COUPE TRANSVERSALE**



**LEGENDE**

bâti  
 ouverture  
 groupe ventilo-moteur  
 support moteur  
 volute

- 6. cellule humidificatrice
- 7. rampe d'arrosage
- 8. pompe de relevage
- 9. grille de déflexion
- 10. bac à eau
- 11. robinet flotteur
- 12. plastique de guidage
- 13. arrivée d'eau
- 14. vidange
- 15. commutateur
- 16. interrupteur

**Fig.15 : PERSPECTIVE COUPE DU VENTIFRAICHEUR  
 (second prototype)**

**TABIEAU 8 : Production frigorifique brute en fonction de la température extérieure et du mois**

	J					F					M					A					M					J				
	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)
0h	21,0	1,16	13,6	3298	3838	24,5	1,14	15,9	376	4383	28,2	1,13	18,8	4080	4749	30,7	1,12	21,9	3786	4407	30,4	1,12	24,4	2582	3005	27,9	1,12	24,2	1592	1853
3h	18,9	1,17	12,3	2966	3453	22,4	1,15	14,6	344	4011	26,3	1,14	17,9	3679	4282	29,0	1,12	21,5	3227	3756	28,9	1,12	23,9	2151	2504	26,6	1,13	23,6	1302	1516
6h	17,2	1,17	11,4	2607	3034	20,7	1,16	14,2	289	3371	24,8	1,14	17,2	3328	3874	27,6	1,13	21,2	2778	3234	27,8	1,12	23,8	1721	2003	25,6	1,13	23,2	1042	1213
9h	22,5	1,15	13,3	4064	4730	26,2	1,14	15,4	473	5505	29,9	1,12	18,9	4733	5508	32,1	1,11	23,2	3795	4417	30,3	1,11	24,9	2303	2680	28,9	1,12	24,4	1936	2253
12h	29,8	1,12	17,0	5507	6410	33,4	1,11	19,2	605	7047	35,5	1,10	21,3	6000	6984	37,5	1,09	24,8	5318	6189	34,9	1,10	26,3	3634	4230	32,1	1,11	25,6	2772	3226
15h	32,1	1,12	18,3	5937	6911	35,4	1,10	20,4	633	7377	37,3	1,10	22,3	6339	7377	39,2	1,09	24,8	6030	7018	37,2	1,09	26,5	4480	5215	33,4	1,10	25,9	3169	3689
18h	29,0	1,13	17,4	5035	5861	33,4	1,11	19,9	575	6700	35,2	1,10	21,6	5747	6689	37,1	1,10	22,3	5578	6492	35,3	1,10	25,5	4141	4820	31,9	1,11	25,3	2814	3276
21h	23,9	1,15	15,1	3888	4525	27,4	1,13	17,4	434	5052	30,7	1,12	20,1	4561	5308	32,9	1,11	22,8	4307	5013	32,5	1,11	25,0	3198	3722	29,8	1,12	24,8	2151	2504

**TABIEAU 9 : Suite du TABIEAU 8**

	J					A					S					O					N					D				
	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)	$\theta_a$ (°C)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (°C)	$\phi_0$ (kcal/h)	$\phi_0$ (W)
0h	26,3	1,13	23,8	1085	1263	25,1	1,13	23,7	608	707	25,4	1,13	23,6	781	909	26,3	1,13	22,3	1736	2020	24,1	1,14	18,0	2671	3109	21,2	1,16	14,2	3119	363
3h	25,2	1,13	23,3	825	960	24,4	1,14	23,2	526	612	24,5	1,14	23,0	657	765	24,7	1,14	21,7	1314	1529	22,0	1,15	17,0	2209	2571	19,2	1,16	14,5	2094	243
6h	24,3	1,14	22,8	657	765	23,8	1,14	22,8	438	510	23,7	1,14	22,6	482	561	23,7	1,14	21,4	1007	1172	20,4	1,16	16,3	1827	2126	17,6	1,17	12,1	2472	287
9h	26,7	1,13	23,7	1302	1516	26,3	1,13	23,8	1085	1263	26,8	1,13	23,9	1259	1465	28,8	1,12	23,6	2237	2604	28,3	1,13	19,0	4037	4699	24,7	1,14	14,9	4292	499
12h	29,9	1,12	25,0	2108	2454	29,4	1,11	25,1	1834	2134	30,3	1,11	25,3	2132	2481	33,8	1,10	25,1	3676	4279	34,4	1,11	21,4	5543	6452	30,4	1,12	17,7	5464	636
15h	31,5	1,11	25,5	2558	2978	30,2	1,11	25,3	2089	2432	31,7	1,11	25,9	2473	2879	34,8	1,10	24,8	4226	4918	35,6	1,10	21,8	5831	6787	32,1	1,12	18,7	5765	671
18h	30,3	1,11	25,2	2175	2531	28,9	1,12	25,1	1635	1903	29,5	1,12	25,0	1936	2253	31,5	1,11	23,9	3241	3772	31,4	1,12	20,9	4518	5358	28,2	1,13	17,6	4601	535
21h	27,6	1,12	24,2	1463	1703	26,5	1,13	24,1	1042	1213	26,9	1,13	24,3	1129	1314	28,1	1,12	22,8	2280	2654	26,7	1,13	19,0	3343	3890	23,7	1,15	15,6	3578	416

## **ANNEXE 2**

**Quelques éléments statistiques relatifs à l'étude de marché  
au Burkina Faso**

**TABLEAU 10 : REPARTITION DE LA POPULATION RESIDENTE SELON LA PROVINCE, LE SEXE ET LE MILIEU DE RESIDENCE**

PROVINCE	1985						1991					
	URBAIN			RURAL			URBAIN			RURAL		
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total
BAM	0	0	0	75843	86732	162575	0	0	0	85632	87884	173516
BAZEGA	0	0	0	142098	161843	303941	0	0	0	167998	184106	352104
BOUGOURIBA	0	0	0	105462	115433	220895	0	0	0	118121	124865	242986
BOULGOU	11386	11945	23331	181850	197055	378905	8361	9166	17527	218463	229855	448318
BOULKIEMDE	25568	26358	51926	139876	173421	313297	28722	30116	58838	148516	186546	335062
COMOE	17711	17608	35319	102196	112452	214648	27757	32917	60674	116374	119035	235409
GANZOURGOU	0	0	0	91357	104295	195652	0	0	0	104267	119288	223555
GNAGNA	0	0	0	112092	117060	229152	0	0	0	134822	137381	272203
GOURMA	10644	10213	20857	135338	138040	273378	8636	9133	17769	162684	169883	332567
HOJET	116312	112356	228668	174424	178630	353054	133843	135083	268926	222649	233228	455877
KADIOGO	230123	211391	441514	8893	9419	18312	322125	312354	634479	9003	8895	17898
KENEDOUGOU	0	0	0	88596	71377	139973	6269	6701	12970	74292	74748	149040
KOSSI	0	0	0	166275	166685	332960	8981	8123	17104	186636	185620	372256
KOURITENGA	0	0	0	92930	105556	198486	0	0	0	110297	116803	227060
MOUHOUN	0	0	0	141674	147061	288735	8792	7013	15805	153036	160272	313310
NAHOURI	7042	7200	14242	44207	47060	91267	11313	11921	23234	46013	49897	95910
NAMENTENGA	0	0	0	96272	102618	198890	0	0	0	103883	110681	214564
OUBRITENGA	0	0	0	138969	165296	304265	0	0	0	156375	172307	328682
OULDALAN	0	0	0	52166	54028	106194	0	0	0	60823	62672	123495
PASSORE	8987	7168	14155	95933	113742	209675	7296	7292	14588	105102	112588	217690
PONI	5340	5317	10657	108432	116391	224823	4708	5162	9870	123031	125746	248777
SANGUIE	0	0	0	101697	115580	217277	11396	11460	22856	103300	107923	211223
SANMATENGA	12540	13274	25814	158696	183214	341910	16309	17979	34288	184954	185321	370275
SENO	5297	5659	10956	109381	108568	217949	5721	5252	10973	129018	129903	258919
SISSILI	0	0	0	119226	125693	244919	0	0	0	149514	148084	297598
SOUM	0	0	0	91318	95494	186812	0	0	0	108553	109419	217972
SOUROU	6268	6320	12588	125112	130408	255520	6077	6174	12251	151112	149992	301104
TAPOA	0	0	0	78245	80614	158859	0	0	0	93736	94049	187785
YATENGA	19413	19489	38902	226099	271577	497676	25979	29154	55133	241134	262051	503185
ZOUNDWEOGO	0	0	0	73949	81828	155777	0	0	0	80570	94596	175166
<b>BURKINA FASO</b>	<b>474631</b>	<b>454298</b>	<b>928929</b>	<b>3358606</b>	<b>3677170</b>	<b>7035776</b>	<b>642285</b>	<b>645000</b>	<b>1287285</b>	<b>3849881</b>	<b>4053638</b>	<b>7903506</b>

Sources : RGP 1985 ET Enquête Démographique 1991

**TABLEAU 11 : REPARTITION DES AGENTS PUBLICS PAR SEXE ET PAR PROVINCE**

Province	AU 31/12/93			AU 31/12/94		
	Masculin	Féminin	Total	Masculin	Féminin	Total
Bam	325	71	396	360	64	424
Bazèga	580	160	740	608	178	786
Bougouriba	594	77	671	640	85	725
Boulgou	1002	216	1218	1098	236	1334
Boulkiemdé	1155	381	1536	1225	406	1631
Comoé	940	234	1174	1011	236	1247
Ganzourgou	295	51	346	311	54	365
Gagna	274	20	294	274	23	297
Gourma	806	139	945	827	148	975
Houet	2682	917	3599	2808	963	3771
Kadiogo	10613	4478	15091	12616	5203	17819
Kénédougou	496	66	562	503	72	575
Kossi	555	58	613	590	67	657
Kouritenga	478	121	599	511	126	637
Mouhoun	963	163	1126	1020	176	1196
Nahouri	292	71	363	322	72	394
Namentenga	226	23	249	250	23	273
Ouhritenga	573	163	736	618	171	789
Oudalan	165	20	185	185	18	203
Passoré	432	102	534	470	112	582
Poni	697	81	778	714	88	802
Sanguié	433	64	497	469	70	539
Sanmatenga	755	124	879	780	139	919
Séno	451	53	504	463	42	505
Sissili	577	42	619	609	42	651
Soum	285	29	314	298	37	335
Sourou	612	90	702	650	96	746
Tapoa	326	38	364	327	43	370
Yatenga	1450	257	1707	1539	257	1796
Zounwéogo	324	40	364	335	45	380
<b>Total</b>	<b>29356</b>	<b>8349</b>	<b>37705</b>	<b>32431</b>	<b>9292</b>	<b>41723</b>

Source: CENATRIN

NB : Y compris les agents publics en stage et en détachement

**TABLEAU 12 : REPARTITION DES AGENTS PUBLICS PAR SEXE ET PAR GROUPE D'AGE QUINQUENNAL**

Groupe d'âge	Au 31/12/93			Au 31/12/94		
	Masculin	Féminin	Total	Masculin	Féminin	Total
15-19 ans	5	2	7	103	31	134
20-24	1183	208	1391	2129	512	2641
25-29	6849	2172	9021	7506	2192	9698
30-34	5124	2001	7125	5251	2118	7369
35-39	5695	1867	7562	5992	2027	8019
40-44	4160	1102	5262	4344	1240	5584
45-49	3463	643	4106	3760	722	4482
50-54	1328	181	1509	1581	256	1837
55 et +	445	27	472	619	42	661
Autres	1104	146	1250	1146	152	1298
<b>TOTAL</b>	<b>29356</b>	<b>8349</b>	<b>37705</b>	<b>32431</b>	<b>9292</b>	<b>41723</b>

Source: CENATRIN

N.B : Y compris les agents publics en stage et en détachement.

**TABLEAU 13 : REPARTITION DES AGENTS PUBLICS PAR SEXE ET PAR TRANCHE DE SALAIRE**

Tranche de salaire en F CFA	AU 31/12/93			Au 31/12/94		
	Masculin	Féminin	Total	Masculin	Féminin	Total
< 20 000	6	0	6	5	0	5
20 000 - 29 999	615	53	668	588	52	640
30 000 - 39 999	2182	803	2985	2147	791	2938
40 000 - 49 999	7552	1782	9334	9018	2190	11208
50 000 - 59 999	4677	1436	6113	5607	1632	7239
60 000 - 79 999	6101	2254	8355	6639	2569	9208
80 000 - 99 999	2907	845	3752	4011	1077	5088
100 000 - 119 999	2151	525	2676	1623	421	2044
120 000 - 139 999	1155	254	1409	820	195	1015
140 000 - 159 999	828	199	1027	777	167	944
160 000 et plus	1182	198	1380	1196	198	1394
<b>Total</b>	<b>29356</b>	<b>8349</b>	<b>37705</b>	<b>32431</b>	<b>9292</b>	<b>41723</b>

Source: CENATRIN

Y compris les agents publics en stage et en détachement

**TABLEAU 14 : PRODUCTION ET VENTE D'ELECTRICITE : ENSEMBLE DES EXPLOITATIONS DU BURKINA**

	Unités	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
PUISSANCE INSTALLEE	KW	58474	77385	77385	60000	68214	65244				
LONGUEUR DES RESEAUX	Km	1125	1191	1374	1479	1549	1741	1929	2408	2446,4	3239
- Basse tension	Km	714	772	871	1013	1048	1210	1304	1680	1328,1	2292
- Moyenne tension	Km	411	419	503	466	501	558	624	728	1118,3	947
PRODUCTION TOTALE	1000KW/H	123191	123306	130568	140684	152072	162639	184576	193228	180782,3	180782
Production livrée au réseau	*	118300	118567	125121	135129	146109	157094	178129	185770	174046,5	174047
VENTES TOTALES	1000KW/H	109029	108478	116465	123926	136533	148121	159991	169131	176824,6	185666
- Basse tension	*	47053	46946	49513	57453	60185	63846	77240	79624	88644,3	98384
* Usage domestique	*	39528	61532	35671	66473	45512	51943	57596	57041	63988,5	71675
. 1 ère tranche	*	14933	15164	15935	17370	17989	19681				
. 2 ème tranche	*	6920	6639	6842	7782	77468	7267	*52546	*53186		
. 3 ème tranche	*	9125	8965	7888	9456	15974	20817				
. tarif monome	*	5887	4680	3685	4401	4543	5103	5604	5890		
. administration	*	2663	2629	2590	3279	3802	4179	5050	4707		
* Eclairage public	*	2534	2952	3334	3912	4349	4475	4476	5082	5191,9	5524
* Force motrice	*	4991	5917	7285	5179	10325	7429	15169	16649	19463,9	21185
- Moyenne tension	*	61976	61532	66952	66473	76347	84275	82750	89507	88180,3	87282
ABONNES EN FIN DE PERIODE	Nb	34534	33218	37558	41559	46687	55267	55267	69767	78676	86497
- Basse tension	Nb	34201	32894	37196	41190	46302	54853	54853	69314	77807	86037
- Moyenne tension	Nb	333	324	362	369	385	414	414	453	869	460

Source : SONABEL

**TABLEAU 15 : PRODUCTION ET VENTE D'ELECTRICITE : EXPLOITATION DE OUAGADOUGOU**

DESIGNATION	Unités	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
PUISSANCE INSTALLEE	KW	39838	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LONGUEUR DES RESEAUX	Km	512	542	596	654	618	764	822	1091	955	1518
- Basse tension	Km	312	341	393	446	435	542	590	792	324	1148
- Moyenne tension	Km	200	201	203	208	183	221	232	299	...	370
PRODUCTION TOTALE	1000KW/H	74532	73373	77606	83327	89288	97738	103350	107756	112945	103642
Production livrée au réseau	*	71775	70808	77138	79553	85814	94800	100381	103652	108831	98065
VENTES TOTALES	1000KW/H	66534	64276	69807	71486	81175	86598	99882	103554	107333	117255
- Basse tension	*	32278	31929	32873	38085	38857	40451	52164	52768	57278	65846
* Usage domestique	*	28123	31929	26917	30728	28214	29860	39132	38906	42438	49022
. 1 ère tranche	*	10972	11288	11755	12933	12983	14040				
. 2 ème tranche	*	5177	5087	5153	5891	5654	4911	*35594	*34824	*33807	*37656
. 3 ème tranche	*	6785	6553	5824	6918	6477	4747				
. tarif monome	*	3382	2437	1798	2053	2089	2399	2723	2875	...	...
. administration	*	1807	1772	1643	2187	2357	2664	4437	4500	2903	4393
* Eclairage public	*	1321	1483	1339	2071	1996	2376	2223	2575	2817	3079
* Force motrice	*	2834	3309	4284	5098	6042	10081	9837	11086	12025	13545
- Moyenne tension	*	32278	32347	36933	33401	42859	46146	47718	50785	50054	51609
ABONNES EN FIN DE PERIODE	Nb	16183	16045	17837	19839	21740	27167	31002	34986	38988	43356
- Basse tension	Nb	15976	15338	17622	19619	21518	26927	30753	34714	38715	43083
- Moyenne tension	Nb	207	207	215	220	222	240	249	272	273	273

Source : SONABEL

\* = Tranche unique (1ère, 2ème et 3ème tranche)

**TABLEAU 16 : IMPORTATIONS DES CLIMATISEURS 1993**

Flux	Nomenclature	Pys orgne		Poids net	Qté	Val CAF
I	84.15.10.00.0	001	France	11 214	188	28 174 261
I	84.15.10.00.0	004	Allemagne	32	1	462 950
I	84.15.10.00.0	056	Russie	5 400	91	5 305 033
I	84.15.10.00.0	280	Togo	4 975	2	8 911 922
I	84.15.10.00.0	288	Nigeria	25	1	100 000
I	84.15.10.00.0	400	USA	4 136	79	11 566 447
I	84.15.10.00.0	680	Thaïlande	11 188	339	33 276 063
I	84.15.10.00.0	701	Malaisie	22 188	102	17 182 280
I	84.15.10.00.0	706	Singapor	60 181	7	10 935 845
I	84.15.10.00.0	720	Chine	5 904	1	8 831 922
I	84.15.10.00.0	724	Corée nord	2 854	41	4 877 941
I	84.15.10.00.0	728	Coré du sud	21 225	372	35 300 473
I	84.15.10.00.0	732	Japon	30 333	575	83 898 079
I	84.15.81.00.0	001	France	1 404	18	8 859 385
I	84.15.81.00.0	002	Belgique	4 440	2	17 479 936
I	84.15.81.00.0	636	Koweït	405	1	140 656
I	84.15.82.00.0	001	Frce	55 862	404	164 195 234
I	84.15.82.00.0	002	Belgique	422	1	1 678 127
I	84.15.82.00.0	005	Italie	2 017	18	3 978 581
I	84.15.82.00.0	056	Russie	1 000	1	41 664
I	84.15.82.00.0	288	Nigeria	30	1	50 000
I	84.15.82.00.0	400	USA	86	1	165 603
I	84.15.82.00.0	680	Thaïlande	14 050	153	35 394 845
I	84.15.82.00.0	728	Corée sud	9 155	128	22 659 653
I	84.15.82.00.0	732	Japon	145	1	537 627
I	84.15.83.00.0	001	France	15 248	38	58 666 860
I	84.15.83.00.0	006	Grde Brtgne	4	1	52 050
I	84.15.83.00.0	732	Japon	29	1	379 763
I	84.15.90.00.0	001	France	6 917	0	29 572 563
I	84.15.90.00.0	002	Belgique	60	0	656 567
I	84.15.90.00.0	004	Allemagne	993	0	4 704 905
I	84.15.90.00.0	005	Italie	171	0	519 961
I	84.15.90.00.0	008	Danemark	733	0	4 872 418
I	84.15.90.00.0	036	Suisse	106	0	2 900 206
I	84.15.90.00.0	400	USA	128	0	263 785
I	84.15.90.00.0	728	Corée sud	156	0	372 705
	Total			293 216	2 568	606 966 310

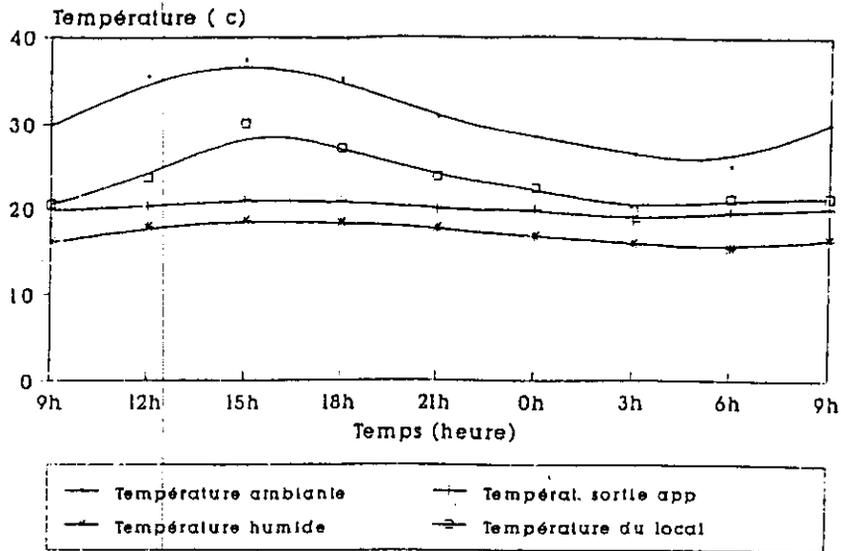
**TABLEAU 17 : IMPORTATIONS DES CLIMATISEURS 1994**

	Nomenclature	Pays orgne		Qte	Pods net	Val CAF
I	84.15.10.00.00	001	France	325	15 774	57 611 455
I	84.15.10.00.00	008	Danemark	6	569	1 181 331
I	84.15.10.00.00	036	Suisse	9	243	5 805 750
I	84.15.10.00.00	056	Russie	235	11 993	17 710 959
I	84.15.10.00.00	248	Sénégal	10	417	1 311 275
I	84.15.10.00.00	284	Bénin	1	100	85 000
I	84.15.10.00.00	288	Nigeria	12	713	1 189 780
I	84.15.10.00.00	400	USA	35	2 544	10 502 233
I	84.15.10.00.00	632	Arabie Sdite	90	14 300	26 425 397
I	84.15.10.00.00	680	Thaïlande	470	13 005	64 534 604
I	84.15.10.00.00	701	Malaisie	82	4 458	15 240 957
I	84.15.10.00.00	728	Corée sud	791	38 166	152 616 324
I	84.15.10.00.00	732	Japon	598	29 926	178 699 113
I	84.15.10.00.00	740	Hong kong	24	1 522	10 450 280
I	84.15.81.00.00	680	Thaïlande	129	11 920	71 818 721
I	84.15.81.00.00	732	Japon	1	229	2 064 797
I	84.15.81.00.00	736	Taiwan	11	688	3 751 221
I	84.15.82.00.00	001		787	69 095	376 985 501
I	84.15.82.00.00	002		1	20	728 343
I	84.15.82.00.00	004		22	263	538 287
I	84.15.82.00.00	005		10	460	3 293 936
I	84.15.82.00.00	006		1	26	143 478
I	84.15.82.00.00	272	CI	12	2 221	6 116 245
I	84.15.82.00.00	632	Arabie Sdite	1	24	25 000
I	84.15.82.00.00	680	Thaïlande	69	4 066	18 075 105
I	84.15.82.00.00	728	Corée sud	358	29 057	150 190 844
I	84.15.82.00.00	732	Japon	10	1 075	9 479 830
I	84.15.83.00.00	001		1	63	166 795
I	84.15.83.00.00	036		1	3	57 107
I	84.15.83.00.00	632	Arabie Sdite	2	20	40 000
I	84.15.83.00.00	636	Koweït	1	105	104 079
I	84.15.83.00.00	720	Chine	292	2 615	16 867 051
I	84.15.83.00.00	732		3	180	1 071 628
I	84.15.90.00.00	001			3 372	26 131 266
I	84.15.90.00.00	005			4	72 604
I	84.15.90.00.00	036			324	12 110 246
I	84.15.90.00.00	288	Nigeria		55	60 000
I	84.15.90.00.00	400	USA		15	1 171 325
I	84.15.90.00.00	680			3	248 853
I	84.15.90.00.00	720			39	60 777
I	84.15.90.00.00	728			167	1 034 769
I	84.15.90.00.00	732			60	752 271
	<b>Total</b>			<b>4 400</b>	<b>259 899</b>	<b>1 246 524 537</b>

**TABLEAU 18 : IMPORTATIONS DES CLIMATISEURS 1995**

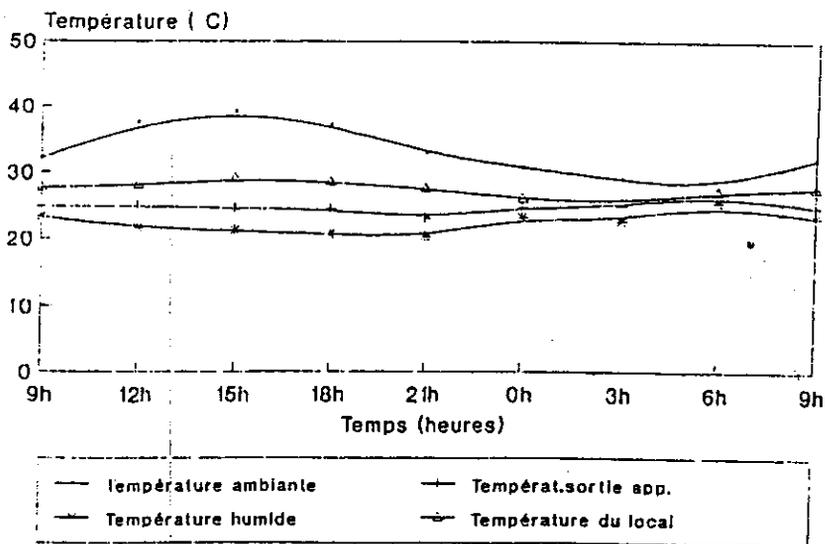
	Flux	Nomenclat	Pays origine		Poids net	Quantit	Val Dne
1		84.15.10.00	001	Frce	8 197	183	43 797 984
2		84.15.10.00	002	Belgique	254	15	561 277
3		84.15.10.00	003	Pays bas	1 210	11	14 140 240
4		84.15.10.00	004	Allemagne	197	5	697 390
5		84.15.10.00	005	Italie	9 866	29	21 781 559
6		84.15.10.00	036	Suisse	166	7	6 362 275
7		84.15.10.00	038	Autriche	47	1	109 375
8		84.15.10.00	272	CI	647	9	458 691
9		84.15.10.00	400	USA	1 553	68	2 772 795
10		84.15.10.00	632	Arabie Sdite	1 609	4	3 074 676
11		84.15.10.00	680	Thaïlande	13 645	342	69 713 398
12		84.15.10.00	701	Malaisie	4 644	108	20 866 603
13		84.15.10.00	720	Chine pop	310	8	391 390
14		84.15.10.00	728	Corée du sud	25 528	497	91 670 392
15		84.15.10.00	732	Japon	12 224	264	65 340 072
16		84.15.10.00	740	Hong kong	30	1	301 764
17		84.15.10.00	004	Allemagne	180	2	1 433 925
18		84.15.10.00	680	Thaïlande	4 526	84	25 952 912
19		84.15.10.00	001	Frce	68 223	951	417 447 216
20		84.15.10.00	002	Belgique	192	4	253 639
21		84.15.10.00	005	Italie	2 946	62	10 276 764
22		84.15.10.00	006		400	2	166 666
23		84.15.10.00	008	Danemark	480	2	7 565 838
24		84.15.10.00	288	Nigeria	55	1	80 000
25		84.15.10.00	400	USA	37	2	236 009
26		84.15.10.00	645	Dubaï	615	5	4 026 435
27		84.15.10.00	680	Thaïlande	11 348	210	54 531 936
28		84.15.10.00	720	Chine	47	13	60 000
29		84.15.10.00	728	Corée du sud	53 819	737	279 134 321
30		84.15.10.00	732	Japon	258	6	984 154
31		84.15.10.00	006	Grde Btgne	1 440	1	1 747 750
32		84.15.10.00	400	USA	134	3	778 484
33		84.15.10.00	732	Japon	55	2	65 000
34		84.15.10.00	001		9 914		76 737 720
35		84.15.10.00	011	Espagne	19		47 515
36		84.15.10.00	036		183		7 738 896
37		84.15.10.00	288		90		84 000
38		84.15.10.00	680		6		552 756
39		84.15.10.00	706		13 623		75 851 611
40		84.15.10.00	728		115		413 316
41		84.15.10.00	732		31		328 707
42		84.15.10.00	736		30		130 300
		<b>Total</b>			<b>248 893</b>	<b>3 639</b>	<b>1 308 665 751</b>

**Fig. 16 : Courbe Caractéristique de fonctionnement  
Mois de Mars**



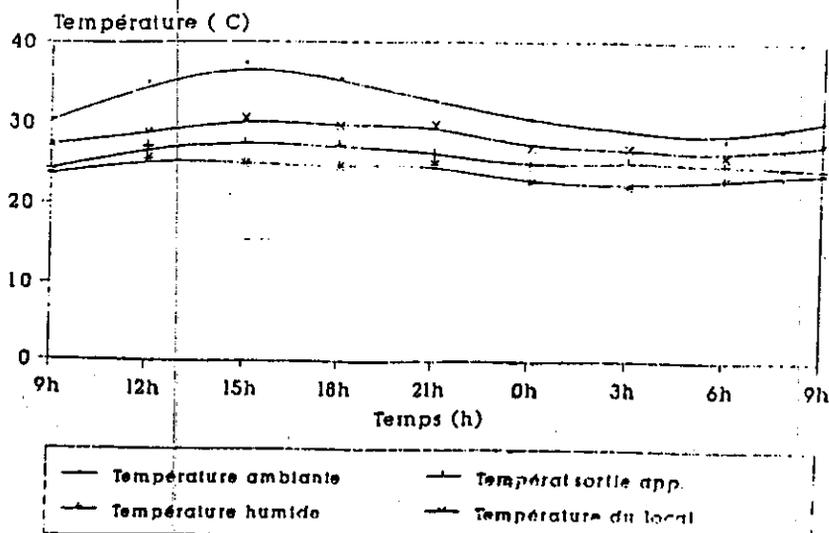
H.R. ext ( 35%

**Fig. 17 : Courbe Caractéristique de fonctionnement  
Mois d'Avril**



35% · H.R. ext. · 55%

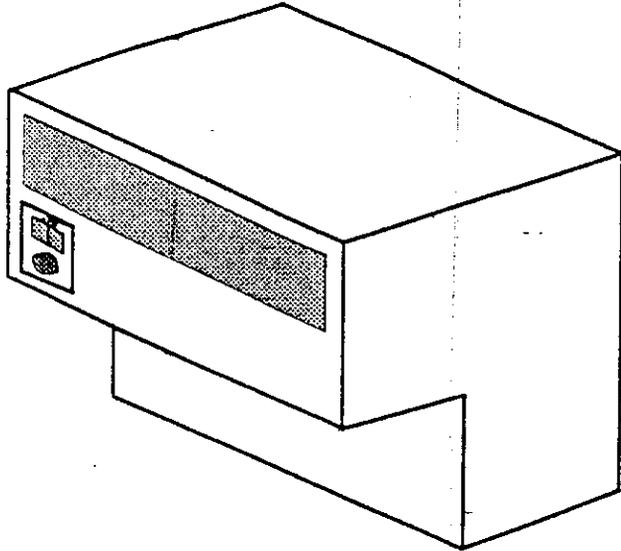
**Fig. 18 : Courbe Caractéristique de fonctionnement  
Mois de Mai**



H.R. ) 55%

### Ensemble en perspective

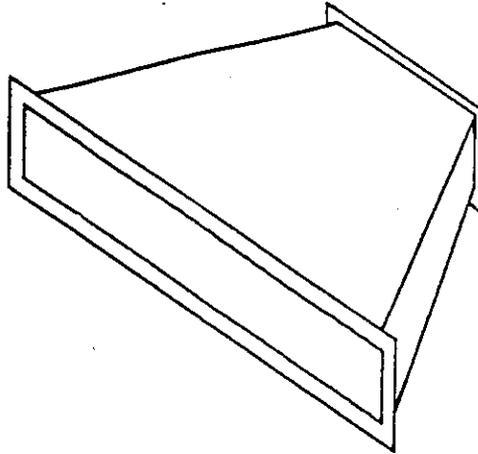
En perspective, l'appareil se présentera en façade principale comme un climatiseur fenêtre. La façade postérieure montre la section de passage de l'air et le bac à eau.



**Fig.19 : VUE EN PERSPECTIVE  
(Troisième prototype)**

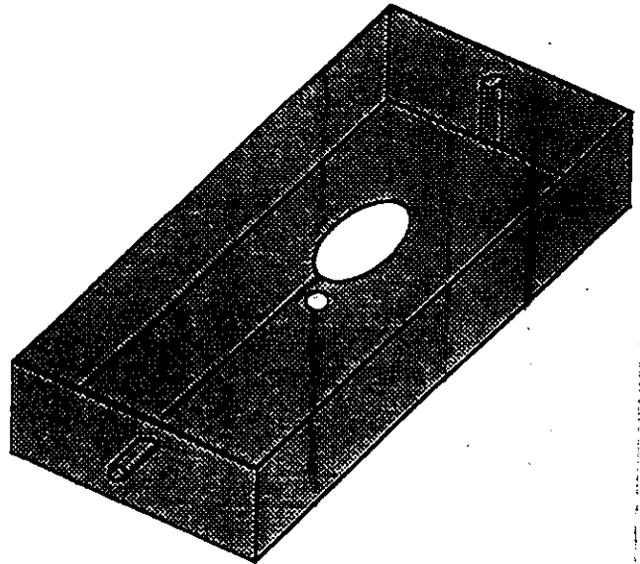
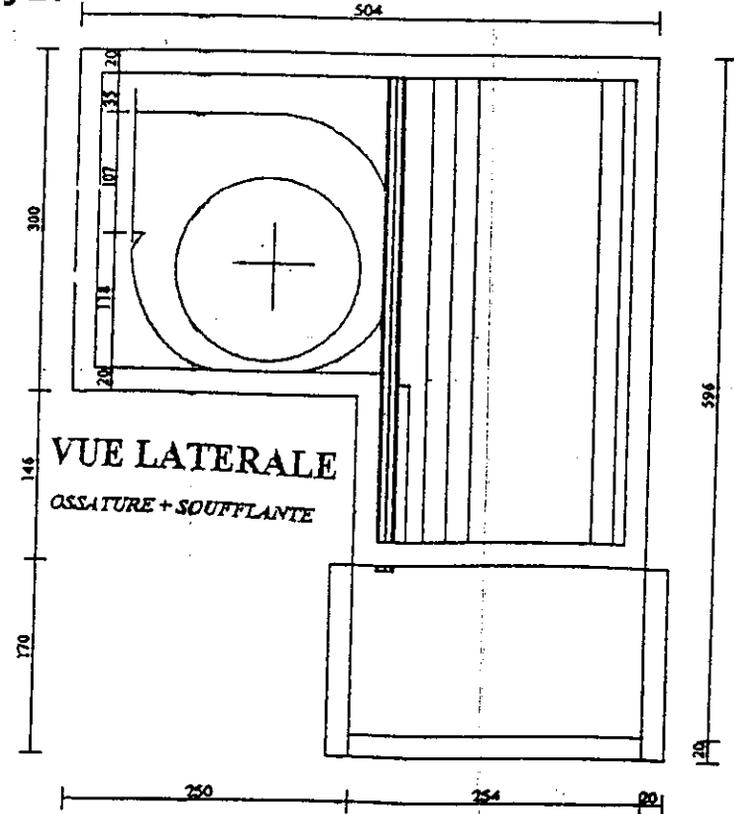
### Le diffuseur de soufflage

C'est l'élément qui permet d'adapter la section de refoulement du ventilateur à la section de grille de soufflage.



**Fig.20 : Diffuseur de soufflage**

**Fig.21:**



**Fig.22 : Bac à eau**

Fig. 23

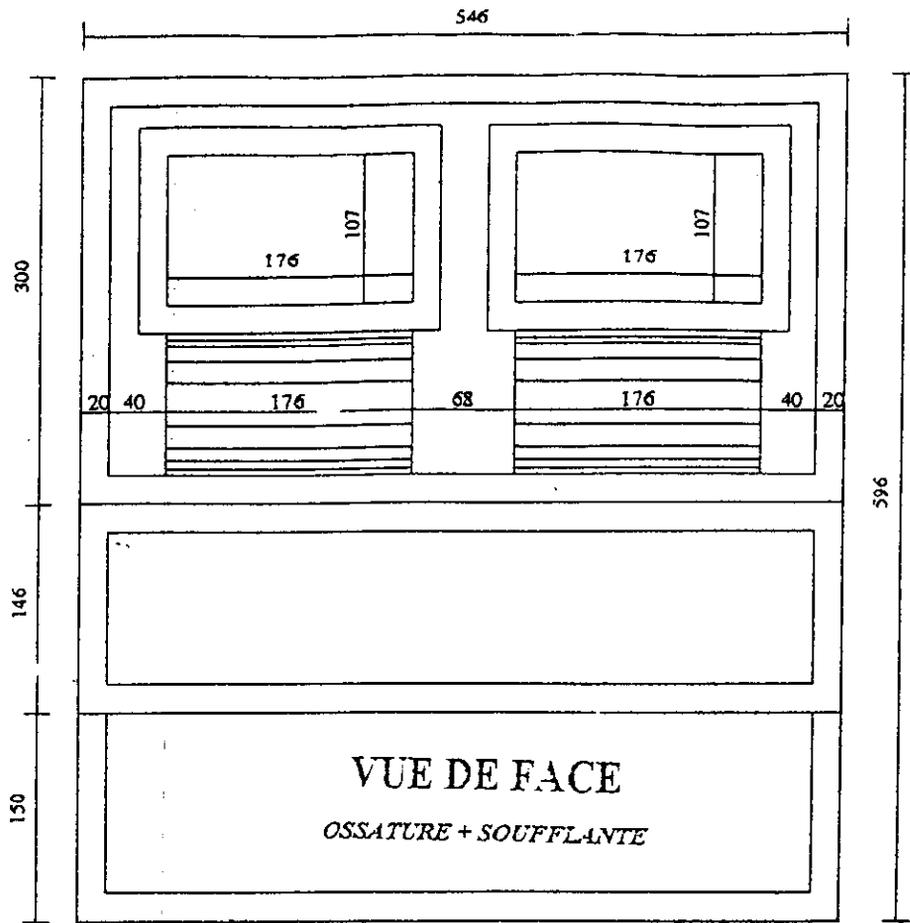
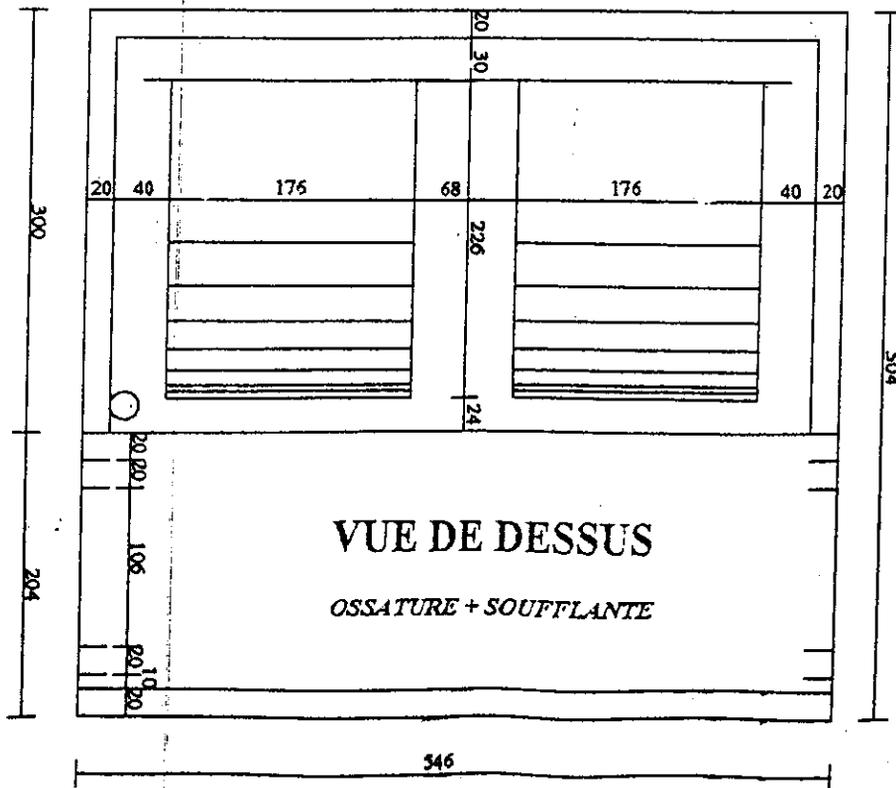
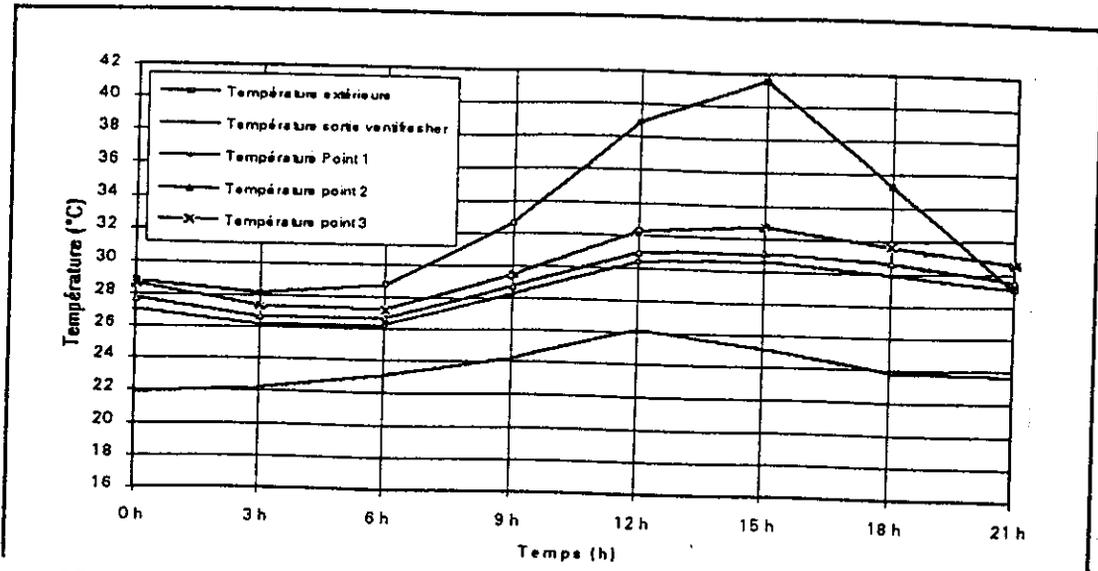
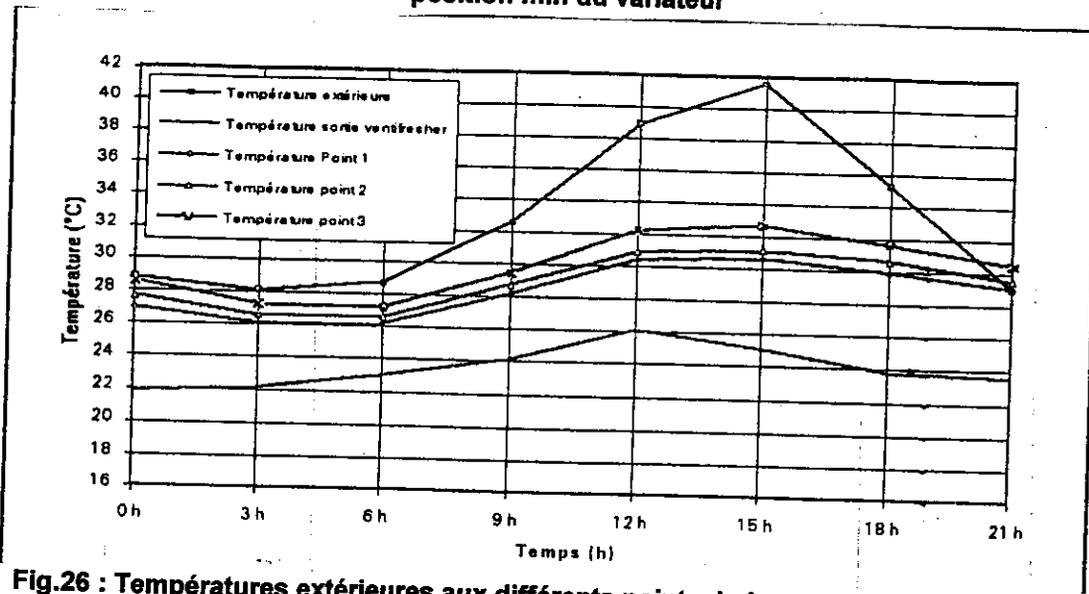


Fig. 24

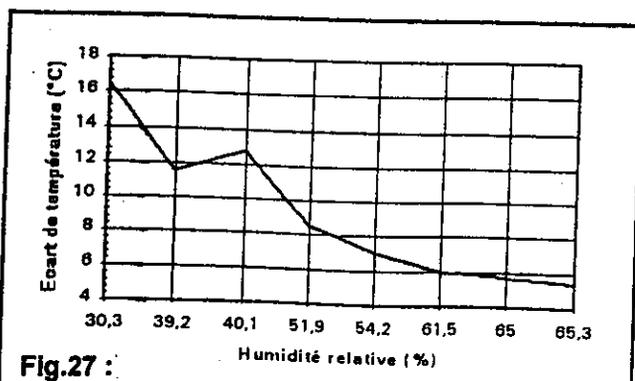




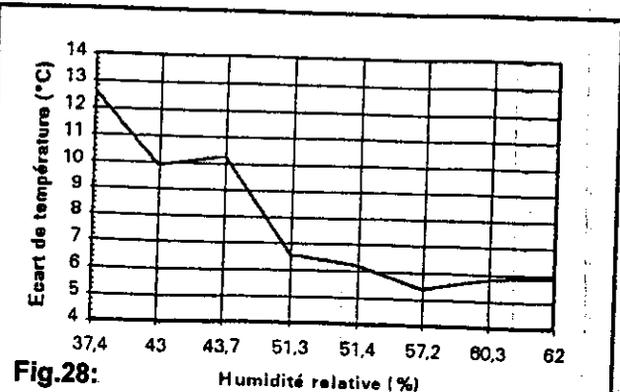
**Fig.25 : Températures extérieures aux différents points du local en fonction du temps : position min du variateur**



**Fig.26 : Températures extérieures aux différents points du local en fonction du temps : position max du variateur**



**Fig.27 : Ecart de température en fonction de l'humidité relative : position min du variateur**



**Fig.28: Ecart de température en fonction de l'humidité relative : position max du variateur**

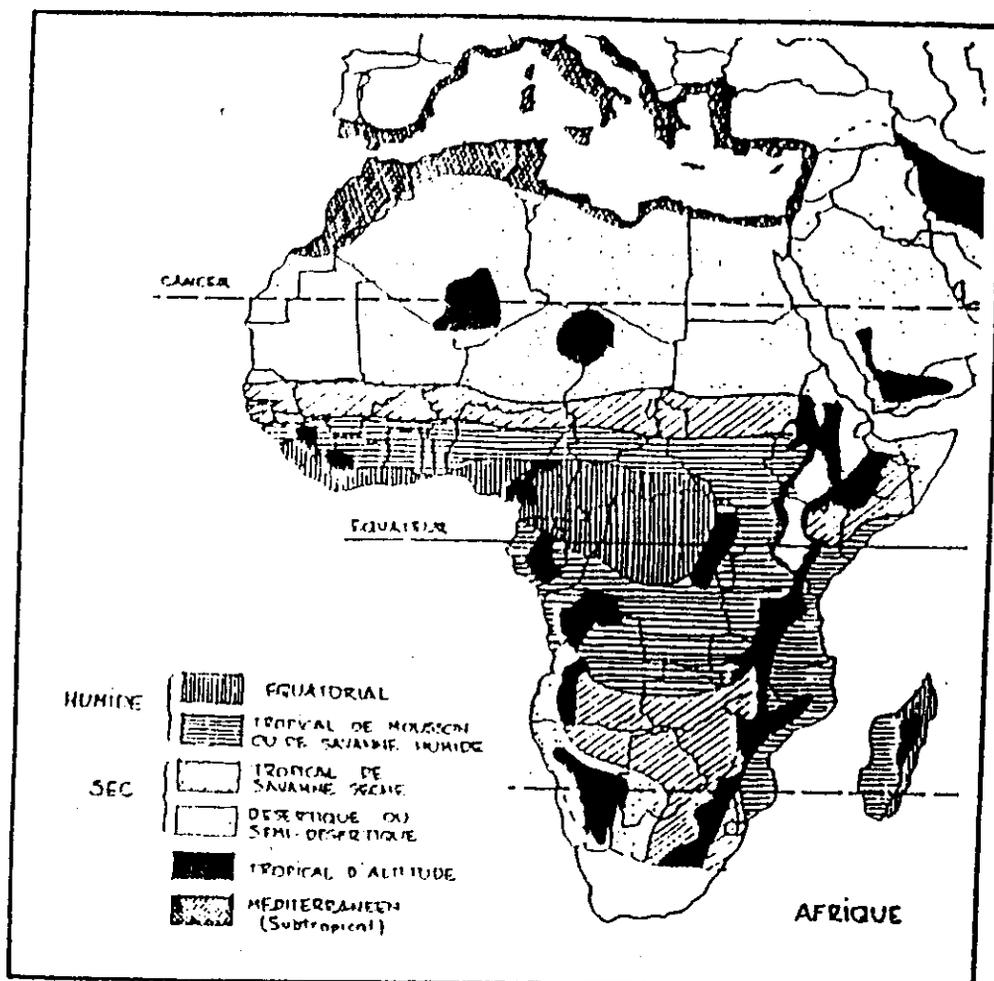
TABLEAU 19 : TARIFS DE VENTE D'ENERGIE ELECTRIQUE AU BURKINA FASO  
EN VIGUEUR A PARTIR DE LA FACTURATION DU MOIS D'AVRIL 1994

MT	BASSE TENSION													
	Monophasé 4 Fils					Monophasé 2 Fils								
	Force motrice Tarif horaire	Usage Domestique Part & Adm 1)	Force Motrice T. monome	Prime fixe par KW souscrit et par an : 24	Heures de pointe	Heures pleines	BRANCHEMENT DISJONC. (A)	AVANCE CONSUM.	FRAIS DE Pose	Liasses timbres	TOTAL	PRIME FIXE MENSUELLE	TARIFS Fts	Redevance
Particuliers & Administrat. 1)		10 15 20 25 30	38 700 58 050 77 400 96 750 116 100	40 588 59 938 79 288 98 638 117 988	7 370 11 054 14 739 18 424 22 109	86	317 317 317 531 531	5929	5929	5929	5929	5929	5929	5929
ABONNES INDUSTRIELS ET AUTRES		10 15 20 25 30	38 700 58 050 77 400 96 750 116 100	40 588 59 938 79 288 98 638 117 988	7 370 11 054 14 739 18 424 22 109	86	317 317 317 531 531	5929	5929	5929	5929	5929	5929	5929

OBSERVATIONS

- Redevances des abonnements
- Moyenne Tension et Basse Tension  
Tarif horaire
- Location : 4 658 F.CFA ) 5 929 F.CFA
- Entretien : 1 271 F.CFA )
- Avance sur consommation Moyenne Tension  
Puissance souscrite (PS) x 100 x 110 = A/C
- Avance sur consommation Basse Tension  
Tarif horaire  
Puissance souscrite (PS) x 30 x 130 = A/C
- Heures de pointe  
10H à 14H et de 16H à 19H
- Heures pleines  
De 0H à 10H  
De 14H à 16H et de 19H à 24H
- 1) L'Administration est dispensé du versement de l'avance sur consommation.

Eclairage Public - Tarif Unique : 120 F.CFA



**Fig.28 : Les climats d'Afrique, Extrait de Estienne et Godar :  
Marché potentiel de ventifraîcheurs**

## TABLEAU 20 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Date : 17-05-96  
Enquêteur : TRAORE MOUSSA

### I Identification de l'enquêté

1. Nom du quartier : Cite' An II  
2. Profession : informaticien Catégorie : cadre supérieure Nationalité : Burkinabé  
3. Nombre de personnes dans la famille : 5

### II Habitat

4. Etes-vous logé par votre employeur   
propriétaire   
Locataire
5. Si vous êtes locataire quel est le montant de votre loyer ? 30.000
6. Combien y a-t-il de chambres dans votre maison ? 3
7. Quel type de logement occupez-vous ?  
dur  semi-dur   
banco  paillotte  autre
8. Disposez-vous de l'eau courante ?  
Oui  Non
9. Disposez-vous de l'électricité ?  
Oui  Non

### III Budget du ménage

10. Pouvez-vous indiquer approximativement les montants de vos dépenses mensuelles ?

18. A combien estimez-vous les frais de fonctionnement mensuel de vos équipements de climatisation ( ventilateur, climatiseur ) ?

- 0 - 5.000 F
- 5.000 - 10.000
- 10.000 - 20.000
- 20.000 - 30.000
- 30.000 - 50.000
- + de 50.000

#### V Niveau de revenu

19. Avez-vous un revenu régulier ? Oui  Non

20. Ce revenu est-il

- moins de 50.000 FCFA / mois
- 50.000 - 100.000
- 100.000 - 200.000
- + de 200.000

#### VI Intention d'acquisition d'un autre système de refroidissement

21. Seriez-vous intéressé si l'on vous proposait un équipement moins performant qu'un climatiseur et plus performant qu'un ventilateur, ayant une très faible consommation électrique et un entretien facile ?

Oui  Non

22. Si oui à quel prix seriez-vous disposé à l'acheter ?

- 50.000 à 100.000
- 100.000 à 200.000
- 200.000 à 300.000
- 300.000 à 500.000
- + de 500.000

23. Quelles qualités pouvez-vous attendre d'un tel équipement ?

*rafraîchissement, ne pas braser de l'air chaud*

Nous vous remercions pour votre collaboration.

Priorités	Montant (en FCFA)
Nourriture	60 000
Logement	30 000
Vêtements	
Santé	15 000
Scolarité des enfants	320 000 (annuel)
Electricité	25 000
Eau	5 000
Confort	
Divers	
Téléphone	15 000

#### IV Appareils de climatisation utilisés

11. Quels appareils utilisez-vous pour améliorer le confort thermique dans votre maison ?

Appareils	Nombre	Puissance	Prix d'achat	Année de référence
Ventilateur	3			
Humidificateur	0			
Climatiseur individuel	0			
Split system	0			

12. A quelles périodes de l'année utilisez-vous ces appareils?

Appareils	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ventilateur		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Humidificateur												
Climatiseur individuel												
Split system												

13. Etes-vous satisfait de l'usage que vous en faites ?

Très satisfait ++

satisfait +

Insatisfait

0

Appareils	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ventilateur			0	0	0	0	0	0	0	0		
Humidificateur												
Climatiseur individuel												
Split system												

14. Quelles sont les heures d'utilisation : dans la journée ?  
dans la nuit ?

Heures d'utilisation	Appareils	Jour	Nuit
	Ventilateur	X	X
	Climatiseur		

15. Quels problèmes rencontrez-vous avec les appareils que vous utilisez actuellement ?

- pannes fréquentes (ventilateurs sur pied) / rotation
- inefficacité : brassage d'air chaud (création d'un four)

16. Où utilisez-vous ces appareils ?

Appareils	Chambre	Salon	Salle à manger	Cuisine	Bureau
Ventilateur	X	X	X		
Humidificateur					
Climatiseur individuel					
Split system					

17. Pouvez-vous donner par ordre d'importance, les raisons qui ont guidé le choix de vos équipement de climatisation ( prix, consommation, disponibilité, maintenance, durée de vie... ) ?

prix