

# SEPTIÈME CONGRÈS INTERNATIONAL DU CHAUFFAGE, DE LA VENTILATION ET DU CONDITIONNEMENT

SEPTEMBRE 1947

COMMUNICATION DE MM. A. T. PIKLES M. A.

et

N. S. BILLINGTON M. Sc.

*du Building Research Station,*

*Département of Scientific and Industrial Research.*

## Le Chauffage des Petits Logements

*Traduit de l'Anglais, par M. S. CRESPI, Ingénieur C. N. A. M.*

Vers le milieu de la dernière guerre, après les violents bombardements sur Londres et autres villes britanniques, on s'aperçut que les destructions étendues des maisons, pour tragiques qu'elles fussent, offraient une occasion de premier ordre pour le développement de la science de la construction, en fournissant à la population des foyers mieux construits, mieux conçus, mieux situés, plus confortables et plus plaisants. Les organismes professionnels et autres s'occupant du Bâtiment et des Travaux Publics ont exprimé le désir de collaborer avec le Ministère du Travail pour la réalisation d'un plan d'après-guerre.

Au cours des derniers mois de 1941, le Ministre en fonction a encouragé la formation de Commissions pour faire des enquêtes et des rapports sur les problèmes primordiaux qui intéressaient la construction en temps de paix.

Ces Commissions furent constituées par des personnalités désignées par le Gouvernement d'une part, et les organismes professionnels, associations de recherches ou syndicats, d'autre part, de sorte que les rapports émanassent d'experts étroitement en contact avec les problèmes à étudier.

C'est en Juillet 1942 que le Building Research Board du Department of Scientific and Industrial Research constitua la Commission de Chauffage et Ventilation (Reconstruction) pour préparer un rapport dans cette spécialité.

La Commission avait le programme suivant :

1° Réunir la documentation scientifique et pratique existante en Angleterre et à l'étranger sur le Chauffage et la Ventilation des Bâtiments.

2° Donner des conseils pratiques pour la construction après-guerre, eu égard à la fois à l'économie et au rendement pour l'usager, et à l'utilisation rationnelle des ressources en combustibles nationaux.

3° Proposer des recherches futures en s'inspirant de 1° et 2°.



Le but de son travail est exposé dans l'introduction du rapport (1). L'étude du chauffage domestique (y compris le service d'eau chaude et la cuisine) est complexe, car les facteurs multiples dont on doit tenir compte pour choisir un mode de chauffage, comportent les différents besoins et préférences de chaque famille, la diversité des appareils et installations rationnels et le prix de revient des différents combustibles suivant les localités. Ces facteurs touchent de près le chef de famille. En outre, il faut tenir compte du point de vue collectif, par opposition à l'individuel, pour l'utilisation la plus sage des ressources charbonnières de la nation.

Il n'y a pas de réponse unique à la question : « Quel est le meilleur mode de chauffage domestique? », d'autant plus que, dans l'état actuel, tout dépend des circonstances locales. Il ne faut pas oublier que l'orientation imprévisible influence inévitablement les tendances pratiques, de sorte que les dispositions prises devront être suffisamment souples pour s'adapter à ce développement.

Plutôt que de rechercher des solutions déterminées, nous avons cru que le meilleur service que nous puissions rendre était de jeter des bases générales à partir desquelles chaque cas particulier puisse être résolu par la discussion des divers facteurs variables. Dans cet esprit, nous avons procédé, après une introduction générale, primo à l'établissement des conditions moyennes désirables pour le chauffage et la ventilation, et l'approvisionnement minimum pour le service eau chaude et la cuisine; secundo à la détermination de la quantité de chaleur théorique nécessaire dans une maison moyenne pour satisfaire ce confort de base, et comment elle dépend du mode de construction de la maison, de l'équipement d'eau chaude, etc., et enfin tertio, à la discussion des différents facteurs influençant le mode de chauffage. Nous avons également discuté la ventilation des logements et les conditions spéciales de la maison rurale.

D'autre part, certaines autres matières connexes au sujet principal ont été étudiées, telles que le nettoyage des vêtements, les techniques étrangères, l'extension des appareils, leur installation et leur emploi, les essais des appareils et l'utilisation et la distribution du combustible.

Le fond du rapport fut fourni par le résultat d'une enquête sur le chauffage des logements. Cette enquête fut menée durant la guerre par le Ministère de l'Information. Quelques 5.000 ménagères répondirent à un questionnaire détaillé par l'exposé de leurs habitudes, leurs goûts, leurs aversions et leurs espoirs. Cette enquête démontra que la dépense annuelle en combustible pour le chauffage, l'eau chaude, la cuisine et l'éclairage était d'environ £ 4.15. 3 par tête, soit environ £ 17 par famille (ceci est très voisin d'une estimation récente du Ministère du Travail, indiquant que la dépense moyenne par foyer est de Sh 6,5 par semaine dans les centres urbains). Ces chiffres correspondent aux dernières années de la décade écoulée : depuis lors, le prix du charbon a augmenté.

Cette enquête démontre de plus que, dans la plupart des cas, une seule pièce était chauffée, et ce pendant 12 à 14 heures par jour. Dans très peu de cas seulement la cuisine ou les chambres étaient également chauffées (ces dernières pièces, rarement plus de 2 heures par jour).

Généralement, le charbon seul était utilisé pour le chauffage des pièces, bien que parfois d'autres combustibles servaient au chauffage des chambres.

Environ la moitié des ménagères questionnées désirent avoir le chauffage central sous une forme quelconque avec un service d'eau

(1) Heating and Ventilating of Dwellings (Post-War Building Studies, n° 19). His Majesty's Stationary Office, London 1945.



chaude permanent bien qu'un grand nombre aimeraient autant le de cheminée pour la pièce commune.

L'eau chaude courante existe dans un quart des maisons; dans un tiers l'eau doit être chauffée sur le feu ou la cuisinière. Il y eut de nombreuses demandes pour un service d'eau chaude permanent et la plupart des ménagères sont favorables à un bouilleur ou fourneau chauffé au combustible solide. Il est à noter que l'on prendrait plus de bains, s'il était meilleur marché ou plus facile d'avoir de l'eau chaude.

La majorité des ménagères utilisent plus d'un combustible pour la cuisine, particulièrement en hiver. Charbon et gaz sont les plus employés bien que de nombreuses ménagères préféreraient la cuisine électrique.

La cuisinière avec four à feu vif est l'appareil le plus utilisé pour brûler les combustibles solides.

Les statistiques montrent que la quantité totale de charbon consommé en Grande-Bretagne pour le chauffage domestique, le service eau chaude et la cuisine s'élève à 63 millions de tonnes par an (1) (y compris la consommation pour la production du gaz et de l'électricité à usage domestique). Le total de 1,5 tonne par an et par habitant est sensiblement plus élevé qu'en Allemagne avant la guerre et à peine inférieur à celui des U.S.A. Le fait qu'une tonne et demie est consommée en Grande-Bretagne, et que le chauffage obtenu est médiocre, signifie que le rendement moyen du chauffage domestique dans ce pays est mauvais (probablement bien inférieur à 25 %, bien qu'il soit difficile de donner des chiffres précis, car il n'est pas possible de délimiter les quantités consommées pour la cuisine et pour l'eau chaude, par rapport à celles consommées pour le chauffage des locaux).

Le niveau atteint habituellement pour le chauffage et le service eau chaude est probablement généralement tombé en-dessous du chiffre actuellement considéré comme désirable. Un accroissement de la consommation de combustible, pour atteindre un niveau plus élevé, aggraverait la comparaison entre la Grande-Bretagne et les pays étrangers et, ni le particulier, ni la nation ne peuvent se le permettre. L'une des fonctions de cette Commission fut d'étudier les moyens par lesquels de meilleurs résultats peuvent être obtenus, avec une dépense de combustible au plus égale à celle d'avant-guerre. En conséquence, des prescriptions furent données en ce qui concerne l'isolation thermique des logements et on insista sur l'importance de l'utilisation d'appareils à haut rendement.

#### LES BESOINS DE BASE POUR LE CHAUFFAGE, LA VENTILATION ET LE SERVICE EAU CHAUDE

Il est intéressant de donner en détail les principales conclusions de la Commission sur les besoins de base d'une famille (dans ce qui suit, tout se rapporte à une famille de deux adultes et deux enfants).

A) *Chauffage*. — L'une des plus importantes décisions prises par la Commission est le fait d'accepter comme base de mesure pour les conditions d'ambiance, la température résultante sèche (tenant compte du rayonnement, de la température de l'air et de sa vitesse). Cette décision fut prise, en dépit de la complexité de cette notion, à cause de la généralisation de l'emploi de la chaleur radiante sous une forme ou une autre, et parce que la mesure de la température de l'air seule est une indication insuffisante.

Il fut suggéré que, pendant l'occupation, la température résultante

(1) Note du traducteur : Il s'agit de tonne anglaise équivalent à 1.030 kilos.



sèche de la pièce commune soit de 62-66° F (bien qu'on se soit rendu compte que cette valeur ne convienne pas à tout le monde). A d'autres moments, pendant la journée, lorsque la ménagère est activement occupée, une température plus faible semble suffisante. La température de l'air ne doit pas tomber au-dessous de 55° F durant les périodes de travail sédentaire, et pour certains modes de chauffage une température plus élevée est nécessaire. La Commission estima qu'il était nécessaire que le gradient de température soit au maximum de 8° F entre le niveau du sol et celui du plafond pour une pièce ne dépassant pas 12 pieds de haut. Une vitesse de l'air de 20-40 ft/min. est considérée comme désirable pour éviter la sensation d'étouffement. Des vitesses d'air de 75 ft/min. telles qu'on les rencontre parfois dans des pièces chauffées par feu de cheminée sont condamnées comme préjudiciables. On nota qu'il est désirable d'avoir une température radiante moyenne de 3° F supérieure à la température de l'air; et il fut jugé contre-indiqué de soumettre la tête à un trop grand rayonnement, bien qu'on ne puisse pas en préciser la valeur.

Il fut également considéré comme nécessaire (ou tout au moins très désirable) de chauffer les appartements aussi bien la nuit que le jour, pour éviter des condensations sur les murs, les meubles et le linge. Ce chauffage général a l'avantage supplémentaire d'éviter à la ménagère de faire une partie de son ouvrage dans des pièces froides; et ces pièces pourront être chauffées plus rapidement en cas de besoin, ce qui agrandit l'espace habitable. Une température de 45-50° F est jugée suffisante pour la nuit, alors qu'il faut 50-55° F pendant le jour.

Les opinions sont très partagées sur le chauffage des chambres; mais la Commission conclut que s'il y a un chauffage de fond, un supplément n'est pas indispensable.

Les conclusions de la Commission sont reproduites dans l'extrait suivant :

« En raison de la grande diversité des goûts et habitudes de chacun, « n'est pas possible de fixer d'une façon trop stricte la température « désirable dans les différentes pièces. Il est seulement conseillé de « prendre les dispositions nécessaires pour que les occupants puissent « atteindre l'ambiance proposée, s'ils le désirent ».

Les valeurs conseillées des températures résultantes sèches, des températures de l'air et de l'humidité sont rassemblées dans le tableau 1

### TABLEAU I

#### AMBIANCES CONSEILLÉES POUR LES PIÈCES D'UNE MAISON

Toute la maison doit être maintenue à une température d'au moins 45 à 50° F.

#### PIÈCE COMMUNE

Température résultante sèche pendant l'occupation ..	62-66° F
En conséquence, pour un chauffage par une source radiante à haute température :	
Température de l'air (niveau de la tête) .....	58-62° F
Température moyenne des surfaces .....	58-62° F
Chaleur rayonnée en une direction . . . . .	40 B. Th. U par sq. Ft/hr
Autre mode de chauffage :	
Température de l'air . . . . .	63-67° F



Température radiante moyenne . . . . .	66-70° F
Différence de la température de l'air entre le niveau du sol et de la tête . . . . .	0-5° F
Humidité relative (conditions normales) . . . . .	30-65 %

*Nota.* — Pas de rayonnement important sur la tête.

CHAMBRE A COUCHER

Température résultante sèche (pendant le jour et les périodes d'habillage et déshabillage) . . . . .	50-55° F
Humidité relative (conditions normales) . . . . .	30-65 %

CUISINE

Température résultante sèche pendant le jour . . . . .	envir. 60° F
Humidité relative . . . . .	inf. à 70 %

VESTIBULE, COULOIRS, W.-C., ETC.

Température résultante sèche pendant le jour . . . . .	50-55° F
Humidité relative (conditions normales) . . . . .	30-65 %

Ces conditions signifient que le chauffage de toute la maison est désirable dans une certaine mesure (« chauffage de fond »), et qu'un supplément de chauffage, probablement par une source radiante, sera utilisé pour porter la pièce au niveau de la température de confort (« chauffage d'appoint »). Il semble que les Anglais ne désirent pas un chauffage central complet — et il n'est sans doute pas nécessaire pour le climat anglais —. Cela semble prouver qu'il est plutôt onéreux.

B) *Ventilation.* — Les besoins de la ventilation sont basés sur les travaux de M. YAGLOV en Amérique, qui donnent les quantités nécessaires pour maintenir les odeurs du corps, inférieures à une concentration nuisible. Ces bases ont été choisies après qu'il fut démontré que les concentrations en CO<sup>2</sup> et O<sup>2</sup> ne sont pas des critères suffisants, et que la concentration des germes ne peut pas être réduite par un taux praticable de ventilation.

En conséquence, il est conseillé un taux de ventilation de 600 cu. ft/hr par occupant pour les salles communes et les chambres à coucher. Un renouvellement d'air de 1.000 cu. ft./hr est recommandé pour une petite cuisine. On pense que des quantités plus faibles peuvent suffire, si les conditions générales d'hygiène étaient améliorées, par exemple en encourageant une plus grande fréquence des bains.

Les moyens actuels de ventilation des logements sont traités brièvement dans le rapport. Pendant un grand nombre de mois de l'année, l'ouverture des fenêtres procure une admission d'air satisfaisante, mais un certain nombre d'autres moyens peuvent être nécessaires pour permettre l'entrée d'air sans provoquer des courants d'air. Des pièces sans cheminée sont généralement considérées comme mal ventilées, et les cheminées sont conseillées comme un moyen d'assurer un taux de ventilation convenable (la présence de cheminées est essentielle pour laisser aux occupants le libre choix de leur mode de chauffage).

C) *Service eau chaude.* — En ce qui concerne le service eau chaude, il est difficile de préjuger aussi bien des besoins d'un foyer que de l'usage qui en sera fait si une installation d'eau chaude existe. Lorsqu'on prévoit une telle installation, il faut éviter les extrêmes. Mais une fourniture convenable est considérée comme essentielle pour encourager à un état décent de propreté de la maison et des personnes. (Il est à noter qu'un grand nombre de ménagères demandent l'eau chaude courante, en témoignant plus d'intérêt pour celle-ci que pour le chauffage central). La Commission recommande en conclusion qu'une installation puisse fournir par semaine 250 gallons d'eau chaude à 140° F, et que dans les buanderies existe la possibilité de faire bouillir 7 gallons d'eau.

la quantité d'eau ci-dessus est considérée comme suffisante pour 7 bains par semaine, 10 lavages par jour dans une cuvette, pour la toilette normale, 10 gallons par semaine pour les besoins du ménage et 50 gallons par semaine pour la lessive. (Les lavoirs municipaux ne sont pas populaires en Angleterre).

FACTEURS D'INFLUENCES DES BESOINS TOTAUX  
DU CHAUFFAGE D'UNE HABITATION

Les différents facteurs influençant les pertes de chaleur d'un bâtiment sont discutés plus loin en détail. Le plus important est évidemment la structure de la construction, mais il vaut la peine de mentionner les effets de l'orientation et de la ventilation. DUFFON a trouvé qu'une pièce exposée au Nord demande 17 % de plus de chaleur pendant toute la saison de chauffage, que la même pièce exposée au Sud, et il est recommandé d'exposer les pièces communes au Sud. La perte de chaleur par ventilation est illustrée par le tableau II ci-après basé sur un travail expérimental effectué en 1939 au Building Research Station.

TABEAU II

INFLUENCE DE LA VENTILATION SUR LES BESOINS DE CHALEUR  
D'UNE PIÈCE COMMUNE  
CHAUFFÉE SUIVANT LES DIFFÉRENTS MODES DE CHAUFFAGE

Mode de chauffage avec cheminée et conduit de fumée normal (9 in. × 9 in. monté en briques)	Taux de renouvellement d'air		Quantité de chaleur nécessaire par heure pour réchauffer l'air de ventilation (en B. Th. U. par ° F)
	Cu. ft./hr	Renouvellements d'air à l'heure	
Feu de charbon . . .	7.000	4,5	133
Gaz . . .	4.800	3,1	91
Radiateur électrique posé sur lâtre sous le conduit de fumée	4.200	2,7	80
Radiateur à eau chaude	3.100	2,0	59
Ventilation réduite à 600 Cu.ft./hr. par personne telle qu'elle est préconisée .	2.400	1,6	46

Le gaspillage de chaleur par la ventilation due aux méthodes de chauffage ordinaires apparaît clairement.

Le rapport donne quelques calculs sur les pertes de chaleur totales annuelles d'une petite maison pour différents modes de construction. La maison couvre une surface de 768 sq. ft. et contient une salle commune, une cuisine, 3 chambres, office, salle de bains et W.-C. L'import-



tance d'un bon isolement est donnée par les valeurs du tableau

TABLEAU III

PERTES DE CHALEUR TOTALE (EN MILLIONS DE B. Th. U. PAR AN)  
D'UNE MAISON-TYPE A TERRASSE,  
ET D'APPARTEMENTS DANS LE SUD DE L'ANGLETERRE

	Chauffage de fond	Chauffage d'appoint	Total
Maison faiblement isolée	9,42	15,38	24,80
Maison moyennement isolée	6,19	12,66	18,85
Maison avec isolement préconisé (1)	4,94	11,32	16,26
Appartement à l'étage intermédiaire	4,66	8,38	13,04
Appartement au rez-de-chaussée	6,84	10,19	17,03
Appartement à l'étage supérieur, le toit faiblement isolé	10,82	13,52	24,34
Appartement à l'étage supérieur avec le toit bien isolé.	6,84	10,19	17,03

La première ligne du tableau correspond en gros à une maison d'avant-guerre avec des murs de 9 in. en briques pleines, avec plancher ventilé sur solives, toit de tuiles au-dessus d'un plafond en plâtre. Quelques maisons d'avant-guerre étaient meilleures, avec des murs de 11 in. en briques creuses, et peut-être un revêtement de feutre sous le toit de tuiles.

Il est reconnu qu'en pratique les pièces doivent avoir de préférence un chauffage intermittent et non permanent pour obtenir les conditions de confort de la façon suivante : préchauffage pendant un temps limité avec, au besoin, un apport de chaleur supplémentaire.

Dans une maison normale en briques, les murs enduits de plâtre, il faut avec un apport de 2, 3 fois le « permanent » probablement 1 h. 1/2 à 2 h. de préchauffage, bien qu'en revêtant les murs d'un matériau isolant de faible capacité calorifique, le temps de préchauffage peut être sensiblement réduit. Quelques valeurs sont données dans le tableau IV

TABLEAU IV

INFLUENCE D'UN REVÊTEMENT DE FAIBLE CAPACITÉ CALORIFIQUE

Période d'occupation journalières (heures)	Apport total de chaleur nécessaire (en pourcentage par rapport à la quantité de chaleur nécessaire pour le chauffage permanent)	
	Pièce sans revêtement	Pièce avec revêtement
2	25 35	12 — 35
5	35 45	25 35
10	60 — 75	50 — 65
15	75 — 90	65 — 80

(1) Voir plus loin.



Les valeurs ci-dessus se rapportent au cas où la pièce est initialement froide. La période de préchauffage est plus courte s'il y a surchauffage de fond, et l'intérêt des revêtements isolants à faible capacité calorifique est proportionnellement moindre.

L'isolement et la conception de l'installation d'eau chaude sont longuement discutés. Les détails du calcul présentent un certain intérêt.

Le cas I représente une installation compacte avec des tuyaux d'amenée et de retour courts.

Le cas II est une installation moins compacte avec des tuyaux d'amenée et de retour longs. Dans chaque cas, le calcul a été fait pour une installation non isolée, et une installation où le réservoir et les tuyaux de circulation (tuyaux de retour exclus) sont isolés par 1 1/4 in. de magnésie.

### TABLEAU V

INFLUENCE DE LA CONCEPTION ET DE L'ISOLEMENT  
SUR LES BESOINS DE CHALEUR D'UNE INSTALLATION D'EAU CHAUDE  
AVEC CHAUDIÈRE  
POUR COMBUSTIBLE SOLIDE

	Chaleur nécessaire pour chaudières à combustibles solides (en B.Th.U. par semaine)	
	Cas I	Cas II
Pertes de chaleur d'un réservoir de 40 gal. revêtu d'un meuble . . . . .	{ 340.000 { (95.000)	{ 340.000 { (95.000)
Pertes de chaleur des tuyaux d'amenée et de retour . . . . .	{ 200.000 { (44.000)	{ 770.000 { (170.000)
Pertes de chaleur de l'eau séjournant dans les tuyaux d'écoulement . . . . .	{ 22.000 { (22.000)	{ 22.000 { (22.000)
Chaleur nécessaire pour le chauffage de l'eau utilisée . . . . .	{ 225.000 { (225.000)	{ 225.000 { (225.000)
Apport de chaleur total nécessaire (en B. Th. U.) non isolé. . . . .	787.000	1.357.000
Apport de chaleur total nécessaire (en B. Th. U.) isolé . . . . .	(386.000)	(512.000)

*Nota.* — Les chiffres supérieurs sont pour une installation d'eau chaude non isolée.

Les chiffres entre parenthèse sont pour une installation d'eau chaude isolée par 1 1/4 in. de magnésie.

Les calculs précédents conduisent à conseiller un réservoir de 40 gallons au lieu de 20 ou 25 gallons normal dans une maison d'avant-guerre. Il est également évident qu'en isolant l'installation, il devient possible avec une chaudière du plus petit modèle, d'alimenter un radiateur ou un sèche-linge, sans brûler plus que la quantité correspondant au taux de combustion minimum. Dans une autre alternative, il devient évidemment possible de réétudier les chaudières pour une puissance plus faible et une consommation correspondante plus faible. (Il est peut-être nécessaire de préciser que les plus petites chaudières domestiques ont une chambre de combustion de 0,5 cu. ft. et leur puissance est de : 6.000 B. Th. U. à l'heure, leur consommation minimum étant de 3/4 lb. de coke à l'heure. Même conduit avec soin, un feu continu fournira





à l'eau une quantité de chaleur en excès par rapport aux besoins, et il est démontré qu'en ralentissant l'allure de combustion et en diminuant la surface de grille, on peut réduire la consommation de combustible à 1/4 lb. par heure, tout en maintenant le feu allumé).

La quantité de chaleur totale nécessaire pour le chauffage des pièces, l'eau chaude et la cuisine est évaluée à 35 — 53 millions de B. Th. U. par an.

#### ISOLATION DES LOGEMENTS.

Nous arrivons maintenant à la question importante de savoir dans quelle mesure il faut isoler une maison. La Commission évalue la dépense annuelle moyenne pour le chauffage des pièces à £ 10 (extrait de l'enquête du Ministère de l'Information citée plus haut) et le prix annuel de la chaleur qui en découle est de 8 sh. 4 d. par million de B. Th. U. Les économies annuelles obtenues par l'isolement par sq. ft. de mur, plancher ou toit, sont évaluées plus loin, et cette somme est capitalisée en accord avec le Crédit Immobilier Anglais. En conclusion, il semble qu'une dépense de 1 sh. à 1 sh. 6 d. par sq. ft. d'isolation peut se justifier, si les déperditions en sont réduites de moitié. En conséquence, la Commission conseille, pour les constructions d'après-guerre, certains maxima pour les déperditions calorifiques U données ci-dessous.

##### Murs extérieures.

a) Mur quelconque de la maison	U inf. à 0,20 B. Th. U/sq. ft/hr/°F
b) Mur de la pièce commune . . . .	U inf. à 0,15 B. Th. U/sq. ft/hr/°F
Plancher du rez-de-chaussée . . . .	U inf. à 0,15 B. Th. U/sq. ft/hr/°F
Toit et plafond de l'étage supérieur.	U inf. à 0,20 B. Th. U/sq. ft/hr/°F

On sait qu'avec certains appareils de chauffe, on ne peut pas facilement contrôler la production de chaleur; dans ces cas, des déperditions légèrement plus élevées sont admises, bien que les économies théoriques dues à l'isolation ne peuvent alors pas être aisément atteintes. Il faut noter que ces degrés d'isolement sont supérieurs à ceux indiqués par le Ministère de la Santé et du Travail dans le « Housing Manual », 1944, servant de guide aux autorités locales. Les valeurs supérieures de 0,30 B. Th. U/sq. ft./hr/°F ont été adoptées eu égard à la pénurie de main-d'œuvre et de matériaux, avec la réserve qu'un meilleur isolement est préférable s'il peut être obtenu à peu de frais. Des règles officielles plus récentes ont tendance à s'approcher davantage des chiffres préconisés par la Commission.

Beaucoup de projets qui ont été, et sont encore, mis en avant pour des maisons temporaires pré-fabriquées, comportent toutefois des constructions dont les déperditions sont comprises entre celles préconisées par la Commission et celles données par le « Housing Manual ».

Le résultat des travaux de la Commission est qu'il y a maintenant en Angleterre un intérêt accru pour le matériel d'isolement thermique. The British Standards Institution est en train de préparer les normes du matériel d'isolation pour tous usages depuis l'adduction d'eau froide jusqu'aux appareils atteignant des températures 1.000° F. Les normes déjà publiées comportent des enveloppes prêtes à l'usage et du matériel pré-fabriqué rigide ou souple pour l'isolement des installations d'eau chaude et de chauffage central.

Dans la discussion sur l'isolement thermique, la Commission parle de la faible valeur de la capacité calorifique des revêtements isolants, mais l'influence de la capacité calorifique d'un mur, d'un toit ou d'une construction dans son ensemble n'est pas envisagée. Des expériences récentes ont montré que ce point mérite des recherches. Ainsi, des plaintes ont été formulées au sujet de maisons provisoires froides en



dépît du degré d'isolement élevé, et aussi au sujet des condensations qui ont été de sérieuses causes de gêne.

Premièrement, ces maisons sont plus légères que les constructions traditionnelles en briques; deuxièmement, les poêles à feu continu dont les maisons étaient équipées n'étaient pas convenablement utilisés. La troisième raison était l'usage de toits légers en métal ou autre matériau imperméable à la vapeur d'eau. Le manque d'accumulation de chaleur dans les nouvelles maisons, et le prix et les difficultés actuelles pour obtenir suffisamment de combustible pour garder les poêles allumés en permanence, provoquent un refroidissement sensible des maisons pendant la nuit, d'où la sensation de froid le matin, et peut-être les condensations sur les murs et le toit. La facilité avec laquelle l'humidité se dépose sur la face intérieure des toits est due dans certains cas à la légèreté des toits qui sont susceptibles de se refroidir pendant les nuits claires bien en-dessous de la température de l'air extérieur. Des traitements aux peintures hydrofuges ou la ventilation du toit ne donne pas entièrement satisfaction, et l'introduction sous une forme ou une autre de barrières à la vapeur dans certains genres de constructions est maintenant considéré comme essentiel.

Des recherches sur la capacité calorifique des maisons et le problème de la condensation sont actuellement activement poursuivies, aussi bien au laboratoire qu'à grande échelle.

#### LE RENDEMENT DU CHAUFFAGE

Le rendement des différentes installations de chauffage a été étudié par la Commission, bien que les données manquaient sur les pertes en service normal. Outre le rendement des installations transformant le combustible ou l'énergie en chaleur, on a établi les rendements de la production de combustibles secondaires tels que le gaz et le coke, et de la production de l'électricité. En combinant le rendement de l'installation avec celui de la production, on obtient un chiffre global appelé « rendement économique du charbon » qui donne le rendement de la transformation du charbon brut en chaleur utilisable pour le chauffage des locaux. Les installations qui, sur ces bases, demandent le moins de charbon national sont les poêles à combustible solide et le chauffage central. Après, viennent les installations au gaz, puis les feux de cheminée aux combustibles solides et le chauffage électrique. Cette classification peut être influencée par la durée d'utilisation de l'installation. La classification ci-dessus correspond au chauffage continu. Pour le chauffage intermittent d'une période courte, les installations au combustible solide peuvent être inappropriées, et pour une période d'intermittence longue, le gaz peut être plus économique. Ces chiffres ne tiennent cependant pas compte de tous les facteurs d'influence. Il est important de noter, qu'en dépit du mauvais « rendement économique du charbon » du chauffage électrique, celui-ci ne doit pas être rejeté, parce que les qualités de charbon brûlées dans les centrales sont mauvaises et impropres à tout autre usage.

Il est évident cependant qu'une grande économie peut être faite, aussi bien de combustibles nationaux, que d'argent, pour le chef de famille, si le feu de cheminée est remplacé par un poêle, et ceci n'impliquerait pas un si grand changement dans les habitudes. Nous pensons qu'un tel changement est acceptable pour la majorité, et éviterait une rupture des industries du charbon, du gaz et de l'électricité.

La consommation moyenne probable de combustible et la dépense correspondante ont été calculées pour 8 combinaisons d'installations convenables pour le chauffage d'une petite maison. Le premier souci



dans la présentation de ces calculs était de montrer au lecteur du rapport comment il faut faire les évaluations, dans le but de comparer des systèmes de chauffage. Il n'a pas été l'intention de donner des réponses toutes prêtes pour des problèmes particuliers, dont un grand nombre de facteurs sont variables.

Le premier point important était de normaliser les conditions de température dans la maison. Ceci a déjà été fait dans le chapitre du calcul de déperditions, mais il est utile de transcrire ici les températures actuellement adoptées.

## TABLEAU VI

### CONDITIONS DE TEMPÉRATURES ADOPTÉES

#### *Salle commune :*

Chauffage de fond à 50° F — chauffage d'appoint 65° F pour un total de 9 heures 1/2 par jour (divisé en 3 périodes : matin, midi, soir), et 55° F pendant 6 heures, en deux périodes.

#### *Chambre à coucher :*

Chauffage de fond 50° F — chauffage d'appoint 55° F pendant deux heures par jour (divisé en deux périodes, matin et soir).

#### *Vestibule :*

Chauffage de fond 50° F; pendant le jour 55° F

#### *Cuisine :*

Chauffage de fond 50° F — Chauffage d'appoint 60° F — 12 heures par jour.

#### *Salle de bains :*

Chauffage de fond 50° F

Pour le chauffage de l'eau, on a adopté l'utilisation minimum de 250 gallons par semaine à 140° F. On a pris les besoins normaux pour la cuisine pour une famille de quatre personnes, basés sur l'expérience de différentes activités.

Il n'est pas possible de citer dans une courte communication des résultats du calcul de la consommation de combustible, sans que le texte devienne équivoque. Cependant, si l'on considère les prix d'avant-guerre pour les combustibles et l'énergie, la dépense dépassera généralement les 6 sh. 5 d. par semaine dépensés avant la guerre, mais la maison sera beaucoup mieux chauffée. Pour ceux pour qui l'économie est primordiale, la dépense peut être réduite en abaissant le degré de chauffage. Les évaluations mettent le fait important en lumière, que le prix du combustible est la seule grande dépense, et que l'on dépensera l'argent à bon escient en prévoyant une installation à bon rendement. Le chauffage central a été trouvé aussi économique que les autres modes de chauffage modernes, et il demande moins de travail que d'autres systèmes étudiés. Il est indiqué d'économiser 15 à 20 % du combustible en isolant le logement au degré conseillé plus haut.

## L'ÉTUDE DES INSTALLATIONS

Un chapitre est consacré à l'étude, l'installation et le fonctionnement des appareils de chauffage. Les études les plus importantes sont celles des appareils brûlant les combustibles solides. Les usagers demandent

des appareils restant longtemps allumés sans surveillance, pour éviter un réallumage quotidien, des perfectionnements du décendrage, un contrôle exact de la quantité d'air primaire pour assurer un réglage rapide et un minimum de taux de combustion faible. Les appareils

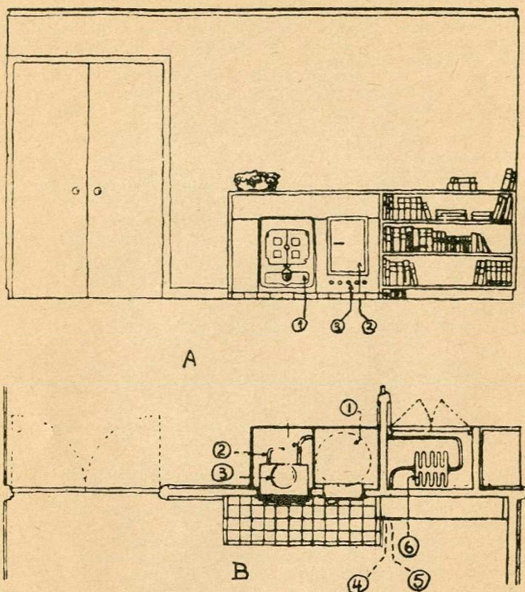


FIG. 4. — Maison type I. E.

A) Élévation côté pièce commune.

1. — Calorifère à feu ouvert avec bouilleur arrière.
2. — Coffre à combustible.
3. — Trous d'air.

B) Plan en coupe à travers l'appareil de chauffage.

1. — Cylindre supérieur.
2. — Départ primaire.
3. — Conduit de fumée.
4. — Prise de gaz.
5. — Prise de courant.
6. — Petit radiateur du séchoir.

doivent être capables de consommer aussi bien du charbon que du coke avec un bon rendement. Certains systèmes de chauffage de l'air, au moyen de convecteurs, ou en utilisant les chaleurs perdues des fumées, conduisent à un meilleur rendement, et des conditions meilleures dans les locaux. La ventilation excessive entraînée par un feu de cheminée peut être réduite par l'utilisation d'un conduit d'air frais communiquant avec l'air extérieur et débouchant près du foyer.

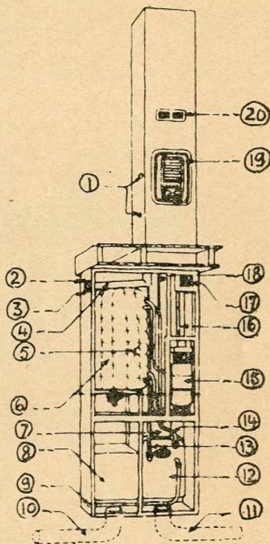
Plusieurs appareils combinant ces différentes conditions sont maintenant à l'étude. Tout essai pour conserver le feu de cheminée est favorisé par le peuple anglais, mais des dispositifs sont généralement prévus pour fermer le devant, de sorte que l'appareil fonctionne comme un poêle fermé.

Le modèle d'appareil du Ministère du Travail est le type de l'étude actuellement faite. Suivant le type de maison, l'appareil à combustible solide peut être un poêle ou une cheminée, un appareil « dos à

Fig. 2. — Appareil de chauffage complet.

Vue intérieure au rez-de-chaussée (côté cuisine)

1. — Prise du serpentin de l'armoire à linge.
2. — Prise secondaire pour la salle de bain et la cuisine.
3. — Prise primaire pour l'armoire à linge et le sèche-linge.
4. — Ouverture d'air chaud pour le sèche-linge.
5. — Corps de chauffe immergé (facultatif).
6. — Ballon d'eau chaude de 30 gallons calorifugé.
7. — Boîte de fumée en fonte.
8. — Coffre à combustible.
9. — Retour du sèche-linge et du sèche-linge.
10. — Conduit d'air frais pour la combustion.
11. — Conduit d'air frais au convecteur.
12. — Poêle avec bouilleur arrière.
13. — Retour primaire.
14. — Départ primaire.
15. — Radiateur à gaz (facultatif).
16. — Conduit de fumée de radiateur à gaz rejoignant l'extracteur d'air de la cuisine.
17. — Extracteur d'air de la cuisine.
18. — Conduit de gaz pour le radiateur de la chambre à coucher.
19. — Radiateur à gaz de la chambre.
20. — Air chaud pour les chambres.



dos » (comprenant un poêle ou feu dans la pièce commune avec une cuisinière dans la cuisine-salle à manger), un appareil étant poêle et cuisinière dans la pièce commune installée en cuisine, ou encore un foyer à deux-pièces permettant de faire la cuisine d'un côté. L'aspect d'un « poêle ouvert » est donné fig. 1 et 2. Dans tous les cas, un bouilleur arrière est compris dans l'appareil de chauffage.

Un réservoir cylindrique, à eau chaude, isolé, de 30 gallons, est chauffé par ce bouilleur. Un brûleur à gaz ou une résistance électrique chauffante sont également prévus pour les moments où l'appareil de chauffage au combustible solide n'est pas en marche. Des branchements d'eau chaude sont prévus pour les usages suivants : des robinets d'eau chaude pour le bain, l'évier et cuvettes de cabinet de toilette, un sèche-linge dans la salle de bains, un serpentin dans l'armoire à



linge et, au besoin, un radiateur ou serpentín dans un séchoir adjacént à l'appareil. Un conduit ouvert pour l'évacuation du séchoir est compris dans l'appareil, et le branchement du conduit est fait de façon que l'on puisse envoyer l'air chaud du séchoir dans la cuisine ou au besoin dans la pièce utile.

Deux conduits d'air frais sont amenés de l'extérieur de la maison sous le plancher jusque dans le boítier. L'un des conduits donne l'air au foyer, permettant ainsi la combustion sans provoquer des courants d'air dans la pièce; l'autre approvisionne l'intérieur du boítier en air. Cet air est distribué aux deux chambres à coucher du premier étage, après s'être chauffée au contact de la boîte de fumée en fonte. Une rampe à gaz est montée sur l'une des faces de l'appareil au niveau du premier étage et un conduit de gaz est compris dans l'appareil.

Des essais préliminaires de cet appareil ont été très satisfaisants, donnant un rendement global d'environ 70 % dans les conditions d'utilisation normales.

La Commission a compris que des essais et une normalisation correcte des appareils étaient nécessaires pour que les installateurs puissent avoir confiance d'obtenir ce qu'ils désirent. La British Standards Institution a en effet commencé la normalisation des dimensions et caractéristiques des appareils de chauffage aux combustibles solides. Il manque cependant toujours les possibilités de faire des essais suffisants, bien que la Fuel Research Station du Department of Scientific and Industrial Research ait entrepris ces travaux depuis deux ans.

#### POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Une longue annexe est consacrée à la discussion des problèmes de la pollution de l'air en rapport avec le chauffage domestique. Les conséquences bien connues de la pollution sont passées en revue, et autant que possible chiffrées : la perte de production, l'augmentation du rachitisme et des maladies des voies respiratoires, la perte des rayons ultra-violets et de la lumière, la diminution de la visibilité, la dégradation des immeubles, les nettoyages et lessives supplémentaires. Le coût des effets les plus sensibles de la pollution atmosphérique est évalué annuellement à £ 26 millions, mais ce chiffre ne comporte que le nettoyage et le renouvellement des peintures, la dégradation des immeubles, les lessives et les pertes par suies imbrûlées. Le coût global peut s'élever finalement à 45 millions de livres par an.

La pollution (fumée, anhydride sulfuré et cendres) produite par tonne de charbon a été calculée, et le poids total de la pollution émise annuellement en a été déduite. La combustion du charbon, du coke et du gaz qui en résulte, produit annuellement 2,5 millions de tonnes de fumées, 0,5 million de tonnes de cendres et 5 millions de tonnes de SO<sup>2</sup>. La fumée est produite pour parties égales par l'industrie et le chauffage domestique, mais l'industrie est responsable de la plus grande quantité de cendre et de SO<sup>2</sup>.

Connaissant la dépense de chaque mode de chauffage et le coût de la pollution, on peut facilement calculer la contribution de chacun au coût total de la pollution.

Il en résulte ce qui suit :

Feu de charbon domestique . . . . .	8 sh. 1 d. par t. de charbon.
Feu d'antracite . . . . .	1 sh. 2 d. par t. d'antracite.
Gaz . . . . .	5 d. pour 100 therms.
Coke . . . . .	2 sh. 8 1/2 d. par t. de coke.
Électricité . . . . .	1 sh. 7 d. par 1.000 KW/h.

La possibilité de réduire la pollution semble rester la substitution

de combustibles sans fumée, tel que le coke, au charbon bitumineux, une plus large utilisation des appareils à haut rendement et l'utilisation d'appareils permettant une combustion fumivore.

#### LES RECHERCHES D'APRÈS-GUERRE EN CHAUFFAGE ET VENTILATION

Le but du rapport de la Commission est de formuler les principales conditions minima que doivent remplir les appareils fournis pour le chauffage des logements, et de montrer comment la consommation globale de combustible peut être diminuée par l'isolement et l'utilisation d'appareils plus efficaces. Certains ne sont pas d'accord avec les résultats obtenus par la Commission, mais il n'y a pas de doute que ces travaux ont eu une grande influence sur la construction et le chauffage des immeubles en Grande-Bretagne.

La publication du rapport a également servi à définir les lignes de recherches à introduire dans le programme des recherches d'après-



FIG. 3

guerre. L'un des aspects du programme est la série bien définie d'essais à grande échelle conseillée par la Commission et actuellement entreprise en Grande-Bretagne, en envisageant ultérieurement l'étude de détail des différents facteurs, pour combler les lacunes de notre connaissance. Deux de ces essais à grande échelle sont suffisamment avancés pour être décrits ici : le premier, en cours depuis bientôt deux ans, est effectué sur un groupe de huit maisons (fig. 3) à la Building Research Station, et représente une tentative pour déterminer les économies de combustible obtenues par différents degrés d'isolation thermique. La seconde expérience est une étude de détail des différentes combinaisons de moyens de chauffage permettant de réaliser les conditions préconisées par la Commission. Elle est réalisée sur un groupe de vingt maisons situées à Abbots Langley, à environ trois miles de la Building Research Station. Le travail expérimental n'a pas encore commencé sur ces maisons, puisqu'elles sont seulement terminées, mais, même à ce stade, elles sont une des plus vastes démonstrations d'études de chauffage qui ait jamais été réalisée en un seul emplacement.

Un compte rendu sur les essais d'isolation a déjà été publié relatant



les résultats obtenus la première année (1). Les maisons sont de petits logements caractéristiques, comprenant trois chambres à coucher, une pièce commune, vestibule et cuisine. La construction est telle, qu'elle réalise les quatre degrés d'isolement reproduits dans le tableau VII ci-après.

TABLEAU VII

TRANSMISSION CALORIFIQUE EN B. TH. U. PAR SQ. FT. PAR HEURE PAR °F

	A	B	C	D
Murs extérieurs . . . . .	0,30	0,25	0,20	0,15
Murs extérieurs de la pièce commune . . . . .	0,30	0,20	0,15	0,10
Fenêtres . . . . .	1,0	1,0	1,0	0,5
Fenêtres de la pièce commune . . . . .	1,0	1,0	0,5	0,5
Plancher du rez-de-chaussée . . . . .	0,35	0,20	0,15	0,10
Toit et plafond de l'étage supérieur . . . . .	0,56	0,30	0,20	0,15

Le degré A représente la maison d'avant-guerre ordinaire et le degré C le niveau conseillé par la Commission.

Le chauffage de fond de ces maisons est assuré par des panneaux chauffant au plafond dans la pièce commune et le vestibule; ces panneaux servent en même temps de plancher chauffant pour les deux chambres à coucher principales. Dans quatre de ces maisons, un chauffage d'appoint est prévu dans la pièce commune au moyen d'un radiateur électrique, tandis que dans la pièce commune de deux autres maisons, le chauffage est assuré par l'installation de chauffage central seule.

Pendant l'hiver 1945-1946 les maisons ne furent pas occupées par des locataires, mais les conditions thermiques étaient celles préconisées par la Commission et elles étaient maintenues par le personnel du laboratoire et par l'utilisation d'appareils de contrôle automatique. Ainsi, le radiateur électrique de la pièce commune était allumé au moyen d'une horloge de 7 heures à 8 heures 30, de 12 heures à 13 heures 30 et de 16 heures à 22 heures 30. Pendant ces périodes, la température résultante sèche était maintenue à 65° F au moyen d'un « eupathéostat » commandant un interrupteur sur le circuit du radiateur électrique.

On simulait une consommation normale d'eau chaude en soutirant 250 gallons d'eau à 140° F par semaine. Des dispositions analogues étaient prises pour simuler les conditions correspondantes à la cuisson des repas, en allumant par intervalle la cuisinière électrique chaque jour.

Les résultats les plus importants obtenus pendant la première année sont ceux exprimant la consommation d'anthracite et d'électricité en fonction de l'isolement. Le tableau VIII donne les chiffres obtenus pour la période du 1<sup>er</sup> Octobre 1945 au 31 Mars 1946.

(1) DUTTON A. F. « Heat Conservation in Small Houses » Journal of the Royal Institut of British Architects, Janvier 1947.



TABLEAU VIII

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE DANS DES MAISONS EXPÉRIMENTALES

Degré d'isolement	Consommation de combustible ou d'énergie		
	Anthracite pour chauffage de fond et chauffage d'eau chaude (cwt)	Électricité pour chauffage d'appoint de la pièce commune (KWh)	Anthracite pour le chauffage total et le chauffage d'eau chaude (cwt)
A	56,8	1607	64,7
B	49,6	1924	
C	42,6	1754	49,4
D	32,4	1822	

On voit qu'un isolement supérieur entraîne de sérieuses économies de combustibles. Des calculs plus détaillés montrent que ces résultats sont en accord avec les calculs de déperditions des types de constructions utilisées. Il apparaît également que la consommation d'électricité pour le chauffage d'appoint est indépendante du degré d'isolement, et la comparaison entre la consommation d'électricité avec la consommation supplémentaire d'anthracite pour le chauffage complet est possible. Dans le cas des maisons étudiées, il apparaît comme plus économique d'assurer le chauffage complet de la pièce commune, plutôt que de faire un chauffage de fond avec un chauffage d'appoint durant les heures d'occupation.

Lorsqu'on examine les résultats de cette expérience, il ne faut pas perdre de vue ces conditions particulières. Pendant la période d'essai les maisons n'étaient pas habitées, de sorte que dans une certaine mesure l'utilisation des résultats dépend d'hypothèses faites sur les préférences, habitudes et activités des locataires. Un second point est que l'installation de chauffage central avait le rendement élevé de 80 %. La relation entre la quantité additionnelle d'anthracite nécessaire pour le chauffage total et la consommation d'électricité pour le chauffage d'appoint dépend directement du rendement de l'installation et, dans le cas de rendement plus faible, l'usage de l'électricité pour le chauffage d'appoint peut être plus économique.

Le dernier travail réalisé dans ces maisons concerne l'influence de l'occupation par des locataires. Chaque maison est maintenant occupée et des dispositions ont dû être prises pour réaliser les mesures et les enregistrements des conditions thermiques, précédemment contrôlées, mais qui dépendent maintenant du choix des locataires. Les températures des maisons sont mesurées par des thermomètres à résistance reliés, par un câble à plusieurs brins, à un enregistreur central. Une fourniture journalière d'anthracite est faite aux locataires et des compteurs séparés mesurent la consommation d'électricité pour le chauffage, la lumière et la cuisine. Un autre progrès est l'emploi d'un nouveau compteur d'eau chaude pour mesurer les calories contenues dans l'eau chaude consommée dans les maisons. De cette façon, on espère obtenir des renseignements détaillés sur les conditions thermiques que les habitants maintiennent effectivement dans leurs maisons et en même temps de rapporter ces chiffres à ceux de la consommation de combustible et d'électricité, et celui du degré d'isolement de la maison.



Cette expérience représente le principal stade suivant du programme de recherche à grande échelle pour établir la relation entre l'isolation et la consommation de combustible.

Dans la seconde expérience effectuée sur vingt maisons à Abbots Langley, les maisons ont toutes environ le même degré d'isolement, et le facteur variable est le type d'appareil de chauffage installé. Les maisons sont dix paires de petits logements contigus, chacun ayant trois chambres à coucher. Les combinaisons d'appareils de chauffage installés correspondent aux conseils de la Commission, avec quelques appareils d'avant-guerre comme comparaison. Et, bien qu'il ne soit pas possible de donner dans ce rapport une description détaillée de toutes les installations, la grande diversité de ce qui a été installé est indiquée par les descriptions suivantes correspondant aux trois premières maisons.

Dans la première maison, la pièce commune est chauffée au moyen d'un foyer fermé brûlant du combustible solide. L'air chaud de ce foyer sert au chauffage de fond des trois chambres à coucher dont le chauffage d'appoint est assuré par des radiateurs électriques. L'eau chaude est fournie par un chauffe-eau à la cuisine et un panneau chauffant est branché sur ce chauffe-eau pour le chauffage du vestibule.

Dans la prochaine maison, la pièce commune est chauffée de la même façon et le chauffage de fond des chambres à coucher est également assuré par l'air chaud, tandis que le chauffage d'appoint est obtenu par des radiateurs à gaz. L'eau chaude est fournie par un chauffe-eau à accumulation à gaz à la cuisine, le vestibule étant chauffé par un appareil à gaz à convection sans conduit d'évacuation.

Dans la troisième maison, la pièce commune est chauffée par un appareil à gaz à convection à haut rendement et les chambres à coucher par des radiateurs à gaz. Un chauffe-eau à la cuisine fournit l'eau chaude et le vestibule est chauffé comme dans le cas précédent.

La même technique expérimentale est proposée pour ces maisons que, pour l'expérience sur l'isolation. Les expériences seraient d'abord effectuées par des méthodes de laboratoire sur les maisons inoccupées, les conditions étant maintenues par un contrôle serré. Plus tard, lorsque les maisons seront occupées, la technique des mesures sera changée et sera rendue possible en créant une centrale d'enregistrement à laquelle toutes les maisons seront reliés par un câble électrique à brins multiples.

Les expériences sur l'isolation et les appareils de chauffage que nous avons décrites ne sont qu'une partie du programme de recherches du chauffage des logements, mais leur description montre à quel genre d'essais à grande échelle on se livre actuellement en Grande-Bretagne. Le stimulant de ces recherches est le besoin de connaître le meilleur rendement pour l'utilisation du charbon et le problème scientifique consiste essentiellement à transformer le charbon en chaleur avec le meilleur rendement et de conserver ensuite cette chaleur en isolant les matériaux.

En même temps, on espère que les recherches soigneuses de la Commission sur les usages existants, et le programme de recherches précitées de l'usage que font les locataires de leurs appareils, donneront l'assurance que le rendement plus élevé désiré sera obtenu conformément aux goûts et habitudes et même aux traditions du peuple anglais.

Le travail exposé ci-dessus a été exécuté comme étant une partie du programme du Building Research Board, et cette communication est publiée avec l'autorisation du Directeur du Building Research.



ANNEXE

CONVERSION DES MESURES ANGLAISES EN MESURES FRANÇAISES

1 ft. . . . .	0,305 mètre.	
1 ft. <sup>2</sup> . . . . .	0,093 m <sup>2</sup> .	
1 ft. <sup>3</sup> . . . . .	0,028 m <sup>3</sup> .	
1 ft./min. . . . .	18,3 m/heure	0,51 cm/sec.
1 ft. <sup>3</sup> /hr. . . . .	0,0028 m <sup>3</sup> /heure.	
1 lb. . . . .	0,454 kilos.	
1 cwt. . . . .	100 lb. . . . .	45,4 kilos.
1 ton . . . . .	1.030 kilos.	
1 gallon . . . . .	4,55 litres.	
1 B. Th. U. . . . .	0,252 kilo cal.	
1 therm . . . . .	100.000 B. Th. U. . . . .	25.200 kilo cal.
1 B. Th. U/ft <sup>2</sup> /hr. . . . .	2,71 kilo cal./m <sup>2</sup> /heure.	
1 B. Th. U/ft <sup>2</sup> /hr.°F. . . . .	4,88 kilo cal./m <sup>2</sup> /heure °C.	
	50° F . . . . .	10 °C
	60° F . . . . .	15,5 °C
	65° F . . . . .	18 °C
	140° F . . . . .	60 °C



ULTIMHEAT®  
VIRTUAL MUSEUM