Consommation d'énergie primaire du chauffage électrique des logements

Autor(en): **Duquenne, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **70 (1979)**

Heft 22

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-905444

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Consommation d'énergie primaire du chauffage électrique des logements

Par P. Duquenne, Sociétés Réunies d'Energie du Bassin de l'Escaut (EBES), Anvers

Am UNIPEDE/UIE-Kolloquium von Bordeaux hat es sich gezeigt, dass die Behörden der meisten Länder der elektrischen Widerstandsheizung ablehnend gegenüberstehen. Die Arbeitsgruppe für elektrische Raumheizung und Klimatisierung führt diese Haltung auf die Unkenntnis der tatsächlichen Vorteile der elektrischen Heizung zurück und erachtet eine Aufklärung mit Schwerpunkt auf dem Hauptproblem des Primärenergieverbrauchs der elektrischen Widerstandsheizung als notwendig. Die Heizung mit Wärmepumpen, die nur wenig umstritten ist, wird im vorliegenden Beitrag nicht behandelt. Hingegen betreffen die nachstehenden Darlegungen sowohl die Speicherhaltung als auch die Direktheizung.

Im Hinblick auf die voneinander abweichenden Verhältnisse bei den Energieressourcen und beim Klima in den verschiedenen Mitgliedländern der UNIPEDE wurde der Bericht relativ allgemein gehalten. Deshalb enthält er nur wenige Berechnungen, und die Daten können den örtlichen Verhältnissen entsprechend angepasst werden.

Le Colloque UNIPEDE/UIE de Bordeaux a fait ressortir que dans la plupart des pays l'attitude des autorités gouvernementales est hostile au chauffage électrique par résistance [1].

Le Groupe de travail du chauffage électrique et de la climatisation des locaux a pris connaissance de cette attitude, estime qu'elle résulte d'une ignorance des qualités réelles du chauffage électrique et pense nécessaire une mise au point, centrée pour l'essentiel sur le problème essentiel de la consommation d'énergie primaire du chauffage électrique par résistances. Le chauffage par pompes à chaleur donnant lieu à peu de contestations n'est pas abordé dans la présente étude. Par contre, les éléments produits ci-dessous concernent (à très peu près) aussi bien le chauffage à accumulation que le chauffage direct.

Eu égard aux situations divergentes qui existent entre les divers pays membres de l'UNIPEDE en matière de ressources énergétiques et de climat, cette étude se veut aussi générale que possible. De ce fait peu de calculs y sont introduits et les données pourront en être adaptées à chaque situation locale.

1. Consommation d'énergie primaire du chauffage électrique

Le rendement moyen de production et de transport de l'énergie électrique dans les pays à faible production hydraulique, et donc sur la base de la production thermique classique, peut être décomposé comme suit [2]:

Rendement des centrales: 37 %.
Rendement des réseaux HT: 98 %.
Rendement des réseaux BT: 91 %.
De là un rendement global de 33 %.

Ces chiffres ne sont pas contestés. Ils font ressortir que l'électricité subit la quasi totalité de ses pertes à un seul stade de son cycle: la centrale [3].

Les autres énergies subissent des pertes qui sont du même ordre de grandeur mais se produisent tout au long de leur cycle de production et de consommation; de ce fait elles sont moins apparentes.

2. Consommation d'énergie primaire des chauffages non électriques

Paradoxalement c'est la connaissance du rendement des installations traditionnelles de chauffage central qui est la plus incertaine malgré le taux de diffusion élevé de ces installations.

Les chiffres sont rares. Le rendement global a souvent été surestimé: d'aucuns prennent comme rendement global le rendement d'une chaudière neuve essayée à pleine charge en laboratoire.

Or de nombreux autres facteurs jouent dans la décomposition de ce rendement:

- le transport des combustibles vers l'utilisateur,
- la production de la chaleur par combustion,
- la distribution de chaleur au moyen du vecteur d'eau (ou vapeur),
- le réglage de la température: local par local ou global,
- l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des auxiliaires.

2.1 Le transport des combustibles vers l'utilisateur

Alors que les centrales électriques reçoivent leurs combustibles par voie ferrée ou fluviale ou encore par pine-line, rarement par la route, alors que le gaz naturel et le chauffage urbain sont distribués par des réseaux souterrains, l'approvisionnement des immeubles en fuel domestique se fait par camions qui consomment de l'énergie, exigent un personnel nombreux, encombrent la voie publique, stationnant souvent en double file au moment du déchargement.

On peut estimer à 2 % les pertes en quantité et à 2 % supplémentaires les dépenses d'énergie nécessaires pour transporter le combustible vers les centrales.

En fuel oil domestique les chiffres sont peu connus. Il résulte de statistiques que les pertes en quantité sont de l'ordre de 3 %. Il n'y a pas de chiffres en ce qui concerne les dépenses d'énergie de pompage, de stockage et de déstockage et des camions de transport. Le chiffre de 3 % utilisé dans certains tableaux est une estimation optimiste.

Quant aux réseaux de gaz naturel on estime généralement les pertes à 5 à 10 %. Mais il s'agit là de chiffres globaux favorablement influencés par la clientèle industrielle grosse consommatrice et situé sur les réseaux de Grand Transport. Comme il s'agit ici de chauffage domestique alimenté par des réseaux étendus, on peut estimer que les pertes atteignent souvent 15 % et parfois 25 % (réseaux à tuyaux en fonte).

Enfin les pertes dans les réseaux de chauffage urbain peuvent atteindre 25 % en moyenne annuelle, du fait surtout du très mauvais rendement en été.

2.2 Rendement thermique de la combustion

Le rendement thermique de la combustion est le rapport entre la quantité de chaleur fournie par la chaudière sous forme d'eau chaude et la quantité de chaleur contenue dans les combustibles livrés à la chaudière.

La production de chaleur par combustion est sujette à un ensemble de pertes:

– au générateur de chaleur, par convection et rayonnement,

– à la chaudière, chaleurs sensibles et latentes des produits de combustion,

– au foyer, imbrûlés.

Mesuré en laboratoire dans des conditions de tirage optimal et en régime continu à pleine puissance le rendement normal est de l'ordre de 85 à 88 % (en pouvoir calorifique supérieur).

Mais une installation de chauffage ne fonctionne qu'exceptionnellement à pleine charge.

Pour faire face aux besoins instantanés d'eau chaude sanitaire, il faut parfois surdimensionner la chaudière [3].

Exemple: pour le remplissage en 10 minutes d'une baignoire de 160 litres, il faut disposer de 33 600 kcal/h. Dans une maison unifamiliale il est de pratique courante d'installer une chaudière de 40 000 kcal/h alors que pour couvrir les déperditions du bâtiment une chaudière de 20 000 kcal/h est suffisante (Laborelec 8.5105/031274) [3].

Le nombre de jours où se produisent les conditions minimales de température est extrêmement faible.

Exemple: Belgique; Uccle; Température minimum: – 10 °C.
Nombre de jours par an: 1,9 [2].

L'usager souhaite pouvoir procéder à la mise à température rapide.

Lors du calcul de l'installation on prévoit donc des majorations de la puissance chaudière et lors de la sélection de l'appareil dans la gamme des puissances nominales on choisit le plus souvent un modèle de capacité supérieure aux besoins.

Il en résulte que la chaudière fonctionne de façon intermittente avec des pertes continues non négligeables, ce qui entraîne que le rendement moyen annuel d'une chaudière bien entretenue en service normal est en général voisin de 75 %.

2.3 Rendement de la distribution de chaleur

Le rendement de distribution est le rapport entre la quantité de chaleur fournie aux locaux à chauffer et la quantité de chaleur livrée par la chaudière.

Le transport de la chaleur dans les conduites d'eau chaude entraîne des pertes. Si elles se manifestent dans les caves, les couloirs et autres pièces inoccupées, elles amputent le rendement d'une quantité qui dépend de la longueur des conduites et de la qualité de leur calorifuge. Ces pertes peuvent atteindre 5 % [5].

2.4 Rendement de la régulation et de l'équilibrage

Ce rendement est le rapport entre la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir les locaux à la température voulue et la quantité de chaleur fournie à ces locaux.

Ce rendement tient compte d'éventuelles surchauffes.

En effet l'installation ne débite pas à chaque moment et partout la chaleur réellement requise. Dans les systèmes traditionnels, l'énergie calorifique émise dans les logements dépasse sensiblement les besoins réels de chauffage parce que:

– la régulation est le plus généralement globale, et réglée de façon à obtenir une température suffisante dans le local le plus difficile à chauffer: de là l'existence d'une surchauffe dans les autres locaux, souvent corrigée par l'ouverture des fenêtres,

– cette régulation globale ne permet pas l'utilisation pièce par pièce des apports de chaleur gratuits (soleil, éclairage, cuisine, occupants),

– les radiateurs à eau chaude présentent une forte inertie thermique qui s'oppose à une régulation fine,

– en chauffage collectif, la facturation est souvent globale, ce qui incite au gaspillage. Des études faites à ce propos démontrent que ce gaspillage atteint le chiffre effarant de 50 % quand l'eau chaude est fournie globalement.

Dans certaines études, le rendement de régulation est estimé à 80 % pour le chauffage central collectif [6].

Note

Il est certain que les pertes de régulation seraient plus faibles s'il était fait usage de vannes thermostatiques de qualité et de comptages individuels, solutions encore peu fréquentes, eu égard à leur coût.

Le recours à des isolations thermiques renforcées implique pour éviter des surchauffes une régulation fine pièce par pièce, réagissant instantanément au dégagement des chaleurs gratuites dont le rôle devient prédominant lorsque les déperditions sont faibles. Il en découle qu'il faut réaliser dans ce cas des dégagements de chaleur à faible inertie totalement décentralisés, ce qui est l'apanage du chauffage électrique.

2.5 Consommation électrique des auxiliaires

Le brûleur et la pompe de circulation consomment de l'énergie électrique. Cette consommation peut atteindre plusieurs centaines de kWh par an dans des chaudières domestiques [4].

3. Rendement global moyen

La seule base de comparaison valable est le rendement global pratique de l'utilisation des divers modes de chauffage.

Il est donné par le rapport

$$R_G = \frac{\text{énergie utile au chauffage}}{\text{énergie consommée}}$$

Soit

R_C le rendement de combustion de la chaudière que certains décomposent en

R_F qui tient compte des pertes aux fumées, latentes et sensibles, et

R_K qui tient compte des pertes de la chaudière par radiation et par convection,

$R_C = R_F \times R_K$

R_T le rendement de transfert calorifique,

R_R le rendement de régulation,

R_G le rendement global:

$R_G = R_C \times R_T \times R_R$

Ce rendement global peut être relevé, dans de très nombreuses études (curieusement peu connues) qui cependant négligent le plus souvent l'énergie utilisée pour la transport des combustibles et la consommation des auxiliaires.

4. Aperçu de mesures effectuées dans le cadre des études du rendement global des installations de chauffage

Ce sont les Américains qui, les premiers, ont mesuré les rendements moyens pratiques d'installations, en comparent des installations à même destination et fonctionnant dans des conditions comparables, les unes à combustible, les autres

chauffées par résistances à l'électricité, avec régulation local par local. Dans le second cas, on peut raisonnablement accepter un rendement pratique de 100 %: 860 kcal utiles par kWh. On mesure les kWh et le combustible consommé.

Des installations à combustible ont été transformées en installations électriques et conduites comme précédemment. La mesure des consommations d'énergie à l'entrée indiquait les rendements respectifs.

Paul H. Rickert a publié aux Etats-Unis, en 1964, un tableau qui indique un éventail des rendements globaux. Selon la puissance de la chaudière, ses conditions d'entretien, son surdimensionnement par rapport aux déperditions calorifiques calculées et le système de distribution et de régulation de chaleur, le rendement moyen global sur une saison de chauffe varie de 30 à 45 % [7].

– H. Yopp, W.J. Novak, C. Hershey, H. Foster ont publié des résultats de mesures comparatives dans des résidences, grands magasins, supermarchés, écoles. Les rendements pratiques moyens des installations à combustibles vont de 36 à 41 %: la valeur de 40 % est représentative de ces mesures [8, 9, 10, 11, 12].

– Les New York Testing Laboratories ont mesuré le rendement d'un groupe de chaudières au mazout prises au hasard dans un grand ensemble de maisons individuelles à Long Island. Le rendement moyen des chaudières seules est de 56,21 %.

– L. Mahoney, membre du National Economic Research Association des U.S.A., a fait mention devant la «Public Service Commission» de l'Etat de New York d'une comparaison d'un ensemble de 63 maisons tout-électrique avec un autre ensemble comportant 61 maisons dont le chauffage des locaux et de l'eau est confié au mazout. Les maisons chauffées au mazout requièrent en moyenne 2,72 fois plus d'énergie à l'entrée que les autres. Le rendement des installations au mazout est de 47,8 %.

– Les mesures effectuées sur des appartements identiques par l'Atomic Energy Commission ont permis de conclure que les appartements chauffés à l'électricité consomment 70,6 % moins d'énergie chez l'utilisateur que les installations au mazout.

– L'Institut Norvégien de Recherche du Bâtiment a comparé les consommations réelles de plusieurs milliers de logements chauffés soit au mazout, soit à l'électricité. Le rapport des consommations calorifiques à l'entrée dépasse 2/1.

– Le Bureau de Recherches pour l'Economie de l'Energie, organisme universitaire à Munich, a publié en septembre 1972 une étude fouillée établissant à 51,5 % le rendement d'installations récentes de chauffage au mazout dotées d'une double régulation (températures extérieure et ambiente).

– Au Colloque UNIPEDE de Göteborg (1972), L. Shepherd a fait état de mesures indépendantes faites en Grande-Bretagne indiquant un rendement moyen de l'ordre de 50 % pour les installations à combustible.

– Dans son rapport n° 127 à la Conférence Mondiale de l'Energie, M. Bjerkeseth fait état d'une comparaison de la consommation du chauffage de 493 maisons chauffés à l'électricité avec 1587 maisons chauffées au mazout à Oslo. Cette comparaison conduit à un rendement de 38 % pour les installations de chauffage central au mazout.

– Des mesures comparatives effectuées par l'Institut de Recherches pour l'Economie d'Energie à Karlsruhe ont conduit à un rendement moyen de 45 % pour les installations de chauffage central à combustibles fossiles.

– Dans un rapport publié dans le Nuclear Energy Digest, n° 3/74, L. Dunning a analysé l'influence des différentes pertes calorifiques qui se produisent en régime pratique dans 72 installations de chauffage central au mazout, sur le rendement global annuel. L'auteur arrive à un rendement se situant dans des limites de 37 à 50 %.

– Une série de mesures effectuées dans des cités situées en Suisse, Autriche et République d'Allemagne Fédérale et rassemblées par M. Moditz [6] a permis de fixer des consommations spécifiques de chauffage par m² de surface habitable:

chauffage central au mazout	236 à 270 kWh/m²
chauffage électrique	103 à 123 kWh/m²

Il en ressort un rendement relatif du chauffage central au mazout de 43 à 48 %.

– Des mesures de consommations ont été effectuées par la société Masser dans des logements dotés d'une bonne isolation thermique et chauffés à l'électricité. Il s'agit de:

446 maisons unifamiliales 4 façades,
114 maisons unifamiliales 2 ou 3 façades,
402 appartements.

Ces mesures exprimées en kWh/100 m² × an donnent en moyenne les résultats suivants:

	Consommation globale	Consommation chauffage
Maisons indépendantes	11 560	9 003
Maisons groupées	10 060	7 042
Appartements	10 050	6 533

La Société Masser, tenant compte d'un rendement thermique de 35 % pour la production et le transport des kWh consommés, calcule que la consommation d'énergie primaire en Gcal/m² × an pour le chauffage s'élève a:

Maisons indépendantes	0,221 Gcal/m² × an
Maisons groupées	0,173 Gcal/m² × an
Appartements	0,160 Gcal/m² × an

Si l'on compare les rendements ci-dessus concernant les appartements avec l'étude faite par l'Institut National Belge du Logement et publiée au début de 1970 concernant 1303 appartements équipés d'un chauffage central au fuel, qui cite une consommation moyenne d'énergie primaire de 0,315 Gcal/m² × an, l'on constate que cette dernière représente le double de la consommation du chauffage électrique.

– Des mesures ont été effectuées par les sociétés de l'Union des Exploitations Electriques en Belgique (UEEB) dans 1283 logements sociaux tout-électrique dotés d'un système de chauffage direct et dans 743 logements sociaux équipés d'un système de chauffage mixte. La consommation spécifique moyenne est de:

64 kWh/m² × an pour le chauffage direct,
89 kWh/m² × an pour le chauffage mixte.

Compte tenu d'un rendement de production et de transport de l'énergie électrique de 33 %, la consommation spécifique en énergie primaire de ces logements est de:

0,167 Gcal/m² × an pour le chauffage direct,
0,232 Gcal/m² × an pour le chauffage mixte.

La consommation spécifique en énergie primaire du chauffage électrique reste inférieure de 30 à 50 % à la consommation de 0,315 Gcal/m² × an mesurée par l'Institut National du Logement dans des appartements équipés d'un chauffage central au mazout [2].

– Une enquête de consommation de gaz naturel faite par la Figaz (Fédération de l'Industrie Gazière, Belgique) [13] constate que les économies d'énergie (gaz) réalisées en chauffage individuel par comparaison au chauffage collectif sont de l'ordre de 40 % et atteignent plus de 50 % si l'on tient compte de l'eau chaude sanitaire. L'enquête portait sur plus de 2000 appartements à Anvers [19] et plus de 700 à Liège.

– Une enquête due au Gaz de France [14] et portant sur des appartements de la région parisienne conclut que le rapport entre les consommations usages collectifs sur usages individuels est 1,51.

– Laborelec a publié en Belgique un manuel d'Electrothermie d'où l'on peut extraire les considérations suivantes: «Pour une surface moyenne chauffée de 120 m², choisie par J. Uyttenbroek [21] et M. Lebegge [22] comme exemple type, la consommation spécifique est d'environ 40 litres de fuel-oil par mètre et par an.

La consommation des habitations chauffées par chauffage électrique direct est de 84 kWh par mètre carré et par an.

La consommation d'énergie primaire correspondante calculée à 2500 kcal/kWh et 8600 kcal par litre de fuel, est de 24,4 litres de fuel par mètre carré et par an.

Du parallèle entre d'une part les habitations chauffées par combustible fossile, jusqu'à présent mal isolées et, d'autre part, des habitations chauffées à l'électricité, pourvues d'une bonne isolation, il résulte une importante économie d'énergie primaire en faveur du chauffage électrique».

5. Comparaison de la consommation d'énergie primaire à isolation thermique identique

Les chiffres précédents font apparaître, à égalité du degré d'isolation thermique des bâtiments, des rendements en énergie primaire de:

– 32 % en chauffage électrique. Le rendement des centrales et réseaux étant de 33 % et le rendement de conversion électricité-chaleur utile pouvant être pris à 98 % grâce à une excellente régulation de température local par local;

– 50 % environ pour un chauffage central traditionnel.

A isolation thermique identique, et en admettant que toute l'électricité est fabriquée à partir de combustibles fossiles, la surconsommation du chauffage électrique serait de 56 %.

6. Influence de l'isolation thermique

Le lien étroit qui existe entre chauffage électrique et isolation thermique n'est pas toujours bien compris. Pourquoi, partout où le chauffage électrique s'est développé, a-t-il été associé à une bonne qualité thermique des bâtiments? Pourquoi le même souci a-t-il été si rare dans le passé pour les autres modes de chauffage (sauf bien entendu dans les pays nordiques)?

C'est parce que, à une époque où la thermie électrique était sensiblement plus chère que les autres, il est apparu évident que le coût d'une isolation thermique permettant d'économiser N thermies de déperditions était largement rentabilisé lorsqu'il s'agissait de thermies électriques, ne l'était pas ou peu dans les autres cas. On peut ainsi calculer une «isolation optimale» conduisant, pour l'usager, au minimum de dépenses (investissements et exploitation); cette isolation optimale était, avant 1973, beaucoup plus exigeante pour l'électricité; elle l'est

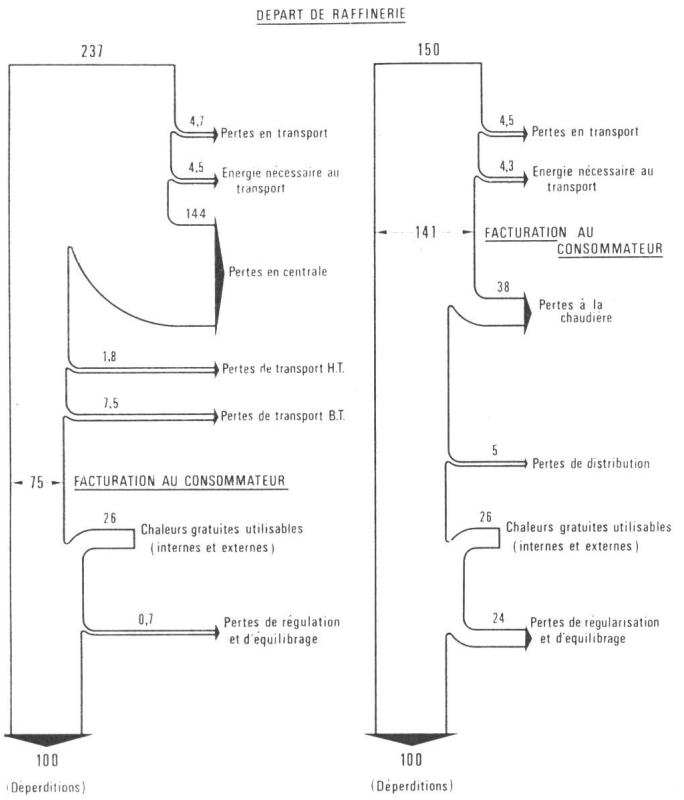

Fig. 1
Filière électricité sans isolation thermique

Fig. 2
Filière fuel-oil domestique sans isolation thermique

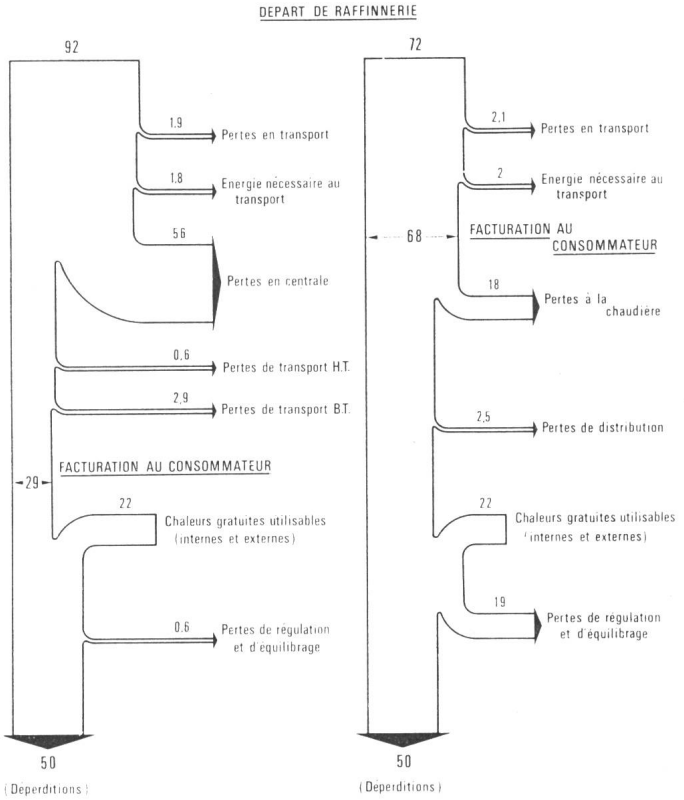

Fig. 3
Filière électricité avec isolation thermique

Fig. 4
Filière fuel-oil domestique avec isolation thermique

restée, dans la plupart des pays, quoique dans une moindre mesure. Les comparaisons entre énergies doivent bien se faire «toutes choses égales par ailleurs»; mais cela ne veut pas dire «à isolation thermique identique», mais «à isolation thermique optimale dans chaque cas».

Il est donc normal de munir les immeubles chauffés à l'électricité d'une isolation thermique renforcée. Dans certains pays cette surisolation est règlementaire, dans d'autres toute liberté est laissée aux constructeurs.

Dans les pays où aucune règle n'est imposée pour le chauffage classique on peut dire que les déperditions calorifiques des immeubles chauffés à l'électricité sont de l'ordre de la moitié de celles de la construction traditionnelle.

Dès lors au lieu de consommer 1,58 fois la quantité d'énergie primaire du chauffage classique, la consommation du chauffage électrique n'est que de 0,61 fois celle-ci. Dans ce cas un logement chauffé à l'électricité est source de 38 % d'économie et il n'est pas question de gaspillage (voir figures 1 à 4).

Lorsque des règles d'isolation sont imposées, elles sont en général plus sévères pour le chauffage électrique que pour le chauffage classique. Si les chiffres précités ne sont pas intégralement maintenus, il n'en reste pas moins que l'isolation plus poussée entraîne toujours une meilleure utilisation des chaleurs gratuites.

Le niveau croissant de l'isolation et l'usage croissant de l'électricité sont à l'avantage du chauffage électrique. On peut même faire remarquer que la maison de l'avenir aura besoin de si peu d'énergie de chauffage que des réseaux de chauffage urbain seront difficilement rentabilisés [1 et 15].

7. Investissements en réseau

D'aucuns pourraient affirmer que le chauffage électrique exige d'importants investissements en réseaux.

Il faut distinguer deux cas:

– ou bien il s'agit de nouvelles constructions réalisées systématiquement en tout électrique. Le réseau de distribution sera certes plus coûteux, mais on fera l'économie de la pose d'un réseau de distribution de gaz,

– ou bien il s'agit du raccordement d'immeubles tout-électrique dispersés dans un réseau existant. Dans de nombreux cas le réseau ne devra pas être renforcé. Le raccordement des applications isolées du chauffage à accumulation est un cas défavorable.

Tableau I

	Déperditions	Consommation d'énergie primaire	
		Filière élect. (résistances)	Filière fuel-oil domestique
	%	%	%
Logement non isolé	100	237	150
Logement bien isolé	50	92	72

8. Résumé

Le présent chapitre est résumé et représenté par les quatre figures ci-après qui détaillent les filières depuis la raffinerie de pétrole (en supposant que pour l'électricité la production provienne exclusivement de centrales thermiques au fuel lourd) jusqu'au local à chauffer.

Les fig. 1 et 2 décrivent les filières parcourues pour le chauffage de logements sans isolation thermique.

Les fig. 3 et 4 sont relatives à des logements dotés d'une isolation thermique diminuant ses déperditions de 50 %.

Les consommations d'énergie primaire comparées aux déperditions sont indiquées sur le tableau I.

Bibliographie

[1] Colloque UNIPEDE/UIE de Bordeaux, Octobre 1977:
Rapports nationaux.
Rapport de synthèse des rapports nationaux, par *Ph. Duquenne* (Belgique).

[2] Union des Exploitations Electriques en Belgique: «Le Chauffage Electrique des locaux et la Consommation d'Energie Primaire.»

[3] *Laborelec* (Belgique), «Le Chauffage Mixte Fuel + Electricité», Réf. 8.5101, décembre 1974.

[4] *H.E. Olyff*, «Les Consommations d'énergie en chauffage et les possibilités d'économies», Chaleurs et Climats, n° 465, septembre 1974.

[5] Laborelec (Belgique), «Comparaison entre les différentes sources d'énergie pour le chauffage domestique», Réf. 8.5320, décembre 1974.

[6] *H. Moditz:* Der Primärenergieeinsatz für elektrische Raumheizung, ÖZE 28(1975)3.

[7] *Paul H. Rickert*, «The true facts about Flame Heating Systems Efficiency», Electric Heating Journal, 63–64.

[8] *W.J. Novak*, «Heating Value; Electricity and Combustible fuels», Electric Construction and Maintenance, April 57.

[9] *H. Foster* et *H. Yopp*, Study for Winn-Dixie Stores, Overall Annual Space Heating Efficiency, 1960.

[10] *Harry T. Yopp*, «Comparating Cost Data», Electric Heat and Air Conditioning, May/June 61.

[11] *Harry T. Yopp*, «Determination of the Over-all Efficiency of Fossil Fuel Heating Systems relative to Electric Resistance Heating Systems», 1962.

[12] *Clayton Hershey*, «Old and new values in space heating». ASHRAE Journal, Oct. 63.

[13] Figaz (Belgique), «Le Chauffage au Gaz Naturel», Réf. Fig. 77/1961, Avril 1977.

[14] *Gaz de France*, «Enquête menée dans la région parisienne sur les consommations de gaz pour le chauffage», non daté.

[15] Colloque UNIPEDE/UIE de Bordeaux, octobre 1977, *S. Falck-Jörgensen* (Norvège), «Valeurs spécifiques concernant le chauffage électrique direct des habitations».

[16] Colloque CFE de Versailles 1977, *J. Dubois et H. Bouchenot*, «Le Chauffage Electrique des Locaux et son Coût pour la Collectivité».

[17] Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité en Belgique: Rapports annuels; Statistique provisoire 1977.

[18] Journal de l'Equipement Electrique et Electronique, «A propos du Chauffage Electrique Intégré», n° 416, 21.12.77.

[19] Symposium de l'Union Internationale des Industries Gazières (U.I.I.G.), Paris 1976, Roger Blieck, «Individuele centrale verwarming op gas bespaart energie».

[20] Laborelec (Belgique), «Manual d'électrothermie», Tome II, p. 8 et 11.

[21] *J. Uyttenbroeck*, «Consommation d'énergie pour le chauffage des bâtiments», Chaleur et Climats, n° 471, mars 1975.

[22] *M. Lebegge*, «Consommation d'énergie de chauffage des logements et prévision d'économie de celle-ci en 1985», Symposium CIB W67 London Watford 6.–8.4.76.

[23] *Bernd Stoy*, Wunsch-Energie Sonne, Energie Verlag GmbH, D-6900 Heidelberg.

[24] *Alfred Böbel*, Elektro-Heizung-Wohin?, Strompraxis, 6/77.

[25] *Hans Peter Blumenthal, Lothar Stelzer*, Heizen mit Strom, eine Sünde?, Strompraxis, 1/78.

[26] *W. Kälin*, Wieviel Primärenergie benötigt die elektrische Raumheizung?, Elektrizitätsverwertung, 52(1977)5.

[27] *Hans Peter Blumenthal*, Heizen mit Strom eine rationelle Alternative, Elektrodienst 20 (1978) – Heft 1.

[28] *Helmut Schaefer, Reinhard Sitzler*, Auswertung und vergleichende Untersuchung zur Diskussion um die Wirkungsgrade von brennstoffgefeuerten Gas- und Ölheizungen sowie von vergleichbaren allelektrisch versorgten Objekten in den USA, Forschungsstelle für Energiewirtschaft an der Universität Karlsruhe, März 1968.