

CENTRE UNIVERSITAIRE D'ÉTUDE  
DES PROBLÈMES DE L'



# INDICES ÉNERGÉTIQUES ET BÂTIMENTS

Actes de la Journée du CUEPE 1991

Olivier Guisan, Bernard Lachal, Willi Weber



UNIVERSITE DE GENEVE

SERIE DE PUBLICATIONS DU CUEPE N°47

**Actes de la Journée du CUEPE 1991**

# **INDICES ENERGETIQUES ET BATIMENTS**

**Edités par**

**Olivier Guisan, Bernard Lachal, Willi Weber**

**18 Octobre 1991**

**Réimpression Mai 1992**

Adresse: Centre Universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE)  
4, chemin de Conches, CH-1231 Conches-Genève.



## TABLE DES MATIERES

<b>Programme de la Journée</b>	v
<b>Remerciements, avertissement</b>	vii
<b>Introduction.</b>	1
O. Guisan, CUEPE et GAP, Université de Genève.	
<b>Indices énergétiques, chauffage et électricité - Développements.</b>	9
B. Wick, Ing. Büro Wick, Widen.	
<b>Indices d'énergie électrique.</b>	21
Ch. Weinmann, Weinmann-Energies SA, Echallens.	
 <b>Session 1 : Indices énergétiques et aspects techniques.</b>	
- <b>Indicateurs de consommation.</b>	37
R. Angioletti, Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, Sophia-Antipolis.	
- <b>Comparaisons internationales d'efficacité énergétique.</b>	
R. Angioletti, Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, Sophia-Antipolis.	
- <b>L'indice de dépense d'énergie de patinoires artificielles.</b>	61
C. Trachsel, Trachsel Ingénieurs-Conseils SA, St-Blaise.	
- <b>Indice électrique: un concept faux pour une utilisation correcte.</b>	67
J.-P. Genoud, Département de l'économie publique, délégué à l'énergie du Canton de Genève.	
- <b>Economie potentielles d'énergie électrique dans les bâtiments du tertiaire: méthode pour optimiser la consommation.</b>	71
I. Keller, Amstein + Walthert, Genève.	
- <b>Pour une "qualification" de l'indice en fonction du taux de ventilation.</b>	89
O. Barde, Bureau d'Ingénieur Barde, Carouge.	
 <b>Session 2 : Indices énergétiques et aspects normatifs.</b>	
- <b>L'indice de dépense d'énergie: peut-il être un outil de contrôle post-intervention ?</b>	93
C. Trachsel, Trachsel Ingénieurs-Conseils SA, St-Blaise.	
- <b>Maintenance et indice énergétique.</b>	99
J.-Y. Goumaz, Télégestion Energie SA, Genève.	
- <b>Quelques réflexions sur les indices énergétiques des bâtiments.</b>	105
O. Guisan, CUEPE et GAP, Université de Genève.	
- <b>Un indice de dépenses d'énergie dans la loi: quels choix ?</b>	113
E. Spierer, Département de l'économie publique.	
- <b>La certification énergétique des bâtiments - Une proposition de directive de la Commission des Communautés Européennes.</b>	119
F. Ghigny, Institut Wallon de développement économique et social et d'aménagement du territoire - chargé par la CEE de l'étude sur l' "Affichage de l'efficacité énergétique des bâtiments existants".	
 <b>Liste des participants</b>	127



## PROGRAMME DE LA JOURNEE

- 9 h            **Accueil, café**
- 9 h 30        **Introduction.**  
O. Guisan, CUEPE et GAP, Université de Genève.
- 9 h 45        **Indices énergétiques, chauffage et électricité -  
Développements.**  
B. Wick, Ing. Büro Wick, Widen.
- 10 h 15      **Indices d'énergie électrique.**  
Ch. Weinmann, Weinmann-Energies SA, Echallens.
- 10 h 45      **Questions et discussion**
- 11 h         **Café**
- 11 h 15      **Session 1 :**  
**Indices énergétiques et aspects techniques**
- 12 h 30      **Repas**
- 14 h 15      **Session 2 :**  
**Indices énergétiques et aspects normatifs**
- 15 h 30      **Café**
- 16h         **Table ronde - Discussion dirigée, interventions spontanées.**  
- O. Guisan, CUEPE et GAP, Université de Genève,  
- R. Angioletti, Agence Française pour la maîtrise de l'énergie,  
  Sophia-Antipolis,  
- J.-P. Genoud, Département de l'économie publique, délégué à  
  l'énergie du Canton de Genève,  
- F. Ghigny, Institut Wallon de développement économique et social et  
  d'aménagement du territoire - chargé par la CEE de l'étude sur l'  
  "Affichage de l'efficacité énergétique des bâtiments existants",  
- L. Vernet, Président de la Commission mixte de la Chambre  
  Genevoise Immobilière et de la Société des Régisseurs,  
- Ch. Weinman, Weinmann-Energies SA, Echallens  
- B. Wick, Ing. Büro Wick, Widen.
- 17 h         **Clôture de la journée et vin d'honneur**



## ***Remerciements***

Nous remercions vivement l'Office fédéral de l'énergie qui a accepté d'assumer une partie du financement de cette manifestation.

Nous remercions aussi les collègues du CUEPE,  
Jean-Luc Bertholet, Jean-Pierre Hurni et Franco Romerio,  
qui ont participé à l'organisation de la Journée.

## ***Avertissement***

Dans la mesure du possible, nous compléterons cette publication par une annexe contenant un compte-rendu de la table ronde.

Malheureusement, pour des raisons de temps, nous n'avons pas été à même de faire apparaître dans ces actes la contribution de M. Robert Angioletti sur les comparaisons internationales en matière d'efficacité énergétique.  
Elle sera publiée et distribuée séparément.



**Introduction à la journée du CUEPE (18 octobre 1991) sur:  
Indices Energétiques et bâtiments**

**Prof. O. Guisan - CUEPE - Université de Genève**

Les indices énergétiques correspondent à un concept simple a priori, ils recouvrent néanmoins un domaine complexe et difficile. Ils sont liés à des enjeux d'importance et il nous a semblé intéressant de choisir ce sujet comme objet de discussions pour cette journée du CUEPE.

Tout le monde sait évaluer la consommation d'un véhicule automobile en litres/100 km, en se basant sur le compteur kilométrique du véhicule et les compteurs volumiques des colonnes à essence. S'il fallait limiter cette consommation, les instruments déjà en place permettraient relativement facilement des opérations d'évaluation et de contrôle de consommations. Aux concepteurs et aux constructeurs de trouver les solutions techniques correspondantes. A noter que l'utilisateur (conducteur) a une influence non négligeable sur la consommation.

La situation n'est pas très différente en ce qui concerne les bâtiments. Les consommations d'énergie sont déjà comptabilisées (compteurs électriques et volumes de combustibles livrés). Les surfaces de bâtiments sont connues en général (plans) ou faciles à évaluer (absence de plans). D'où l'intérêt des indices énergétiques dans les bâtiments.

Quelques remarques préliminaires:

- la notion d'indice énergétique est certes utile pour la planification énergétique, l'élaboration de scénarios énergétiques, l'analyse et l'obtention de bilans et/ou de performances énergétiques dans les bâtiments, dans la conception énergétique de bâtiments, qu'il s'agisse de constructions neuves ou de la recherche d'économies d'énergie (retrofits) dans la rénovation, pour comparer des bâtiments et leurs consommations, etc...
- l'indice énergétique étant généralement considéré en valeur annuelle se réfère donc bien à une consommation d'énergie. C'est un outil pour la conception et l'analyse énergétique, au sens large de ces termes. Il faut garder présent à l'esprit et traiter parallèlement les aspects tels que le dimensionnement d'installations lié à la puissance instantanée maximum demandée ou les consommations de pointe d'un réseau énergétique. L'indice énergétique, comme son nom l'indique, concerne donc l'énergie et non la puissance.
- On peut distinguer trois domaines d'application des indices énergétiques: l'étude et l'analyse des aspects énergétiques des bâtiments, l'introduction de valeurs limites dans des normes, lois et/ou règlements (contraintes politiques), le contrôle des consommations et du non-dépassement des valeurs ou limites (la facilité relative de ces contrôles n'étant de loin pas un obstacle à l'introduction de valeurs limites). Ces trois domaines correspondent respectivement à un processus logique pour réduire la consommation d'énergie: il s'agit de comprendre et d'évaluer les limites du possible (analyse), de rejoindre progressivement ces limites (règlements) et de contrôler le bien-fondé de la démarche

suivie (contrôle), ce qui peut impliquer modifications et optimisations de cette démarche. Ces domaines, sont étroitement liés et non indépendants; par exemple, l'introduction de limites concerne les normes et règlements correspondants, mais aussi la conception énergétique et l'analyse énergétique des bâtiments qui permettent de remplir les conditions demandées.

L'enjeu lié aux indices énergétiques est la diminution de la consommation d'énergie et de ses conséquences (pollution, environnement, ...); je crois pouvoir affirmer que sur ce point tout le monde est d'accord, il y a consensus. Les indices énergétiques permettent-ils d'atteindre valablement le but poursuivi? Et comment? Ces questions essentielles ouvrent le champ en fait à toute une série d'autres questions dont, j'aimerais formuler ici celles qui me semblent les plus importantes.

### Questions générales

- . Les indices énergétiques constituent-ils un outil valable de politique énergétique? Plus particulièrement:
- . Faut-il des lois, des normes, des règlements, des recommandations? Comment et à quel niveau les introduire?
- . Quelles sont les expériences déjà réalisées dans ce domaine et les enseignements que l'on peut en tirer, à l'échelon de petites unités (industries, sociétés, bâtiments locatifs, ...), des communes, des cantons, de la Suisse, des pays ou groupes de pays étrangers?
- . Quels sont les aspects pratiques, juridiques, ...?
- . Quelles sont les difficultés (formulation, mise en pratique, responsabilité de l'ingénieur et autres partenaires, ...)?
- . Comment contrôler que les valeurs limites sont effectivement respectés? Au niveau de l'autorisation? Après la mise en service? Périodiquement?...
- . Le recours aux indices énergétiques permet-il de diminuer la consommation d'énergie?

### Définitions

- . La définition SIA 380/1, complétée par SIA 180/4 pour la surface de référence, est-elle satisfaisante? (cf. annexe 1)
- . Y a-t-il ou faut-il d'autres définitions? MJ/m<sup>3</sup>?
- . Faut-il préférer l'indice de dépense d'énergie à l'indice de demande d'énergie? (cf. annexe 2)
- . Est-il justifié de ne pas différencier (ou confondre) les divers agents énergétiques dans un indice de dépense d'énergie thermique? (cf. annexe 3)
- . Faut-il des indices séparés pour la chaleur et l'électricité? Avec quelles définitions?

## **Information complémentaire nécessaire à la compréhension et à l'utilisation d'indices énergétiques**

- . Quelle information? Est-elle nécessaire?
- . Faut-il différencier les indices par type de bâtiments et/ou d'utilisation de bâtiments? Quelle typologie de bâtiments?
- . Faut-il tenir compte des conditions climatiques ou météorologiques?  
Plus particulièrement:
  - . Température et degrés-jours? Lesquels? 20/20? 20/12? ...?
  - . Degrés-jours ou degrés-heures?
  - . Degrés-jours de "trop chaud" (ou degrés-heures) pour besoins de refroidissement et de climatisation?
  - . Rayonnement solaire?
  - . Corrélations rayonnement solaire-température?
  - . Vent, humidité, ...?
  - . Faut-il tenir compte du nombre d'habitants ou utilisateurs du bâtiment?  
Nombre d'habitants ou utilisateurs par m<sup>2</sup>?
  - . Quelle est l'influence des habitants ou utilisateurs?

## **Comparaison d'indices énergétiques**

- . Comment comparer des indices de bâtiments différents dans des conditions différentes?  
Plus particulièrement:
  - . Comment normaliser par rapport aux degrés-jours (et lesquels?), par rapport à l'ensoleillement, en tenant compte du nombre d'habitants ou utilisateurs?
  - . Quelles références climatiques adopter? SIA? Meteororm? ...?
  - . Comment prendre en considération la typologie des bâtiments et leurs diverses utilisations?

## **Evaluation des indices énergétiques**

- . Quelles méthodes et techniques utiliser?
- . A quel degré de précision raisonnable faut-il se limiter?
- . Quels sont les problèmes? Quels sont les cas difficiles?
- . Quels résultats avons-nous et devons-nous obtenir?  
Résultats ponctuels, statistiques, valeurs moyennes, records, cas-types, cas-limites, ...?

## **Relations entre indices énergétiques et méthodes d'analyse des bâtiments**

- . Indices et signature énergétique?
- . Indices et diagramme H-M?  
(les diagrammes H-M prennent en compte température et ensoleillement)
- . Indices et autres méthodes d'analyse?
- . Ces différentes approches sont-elles contradictoires, cohérentes, exclusives, complémentaires, ...?

Ces questions, et il y en a sûrement bien d'autres, étant posées, je souhaiterais que nous puissions, dans la table ronde qui clôturera cette journée, faire le point sur les réponses ou les éléments de réponse qui auront pu y être apportés au cours des présentations, sessions et discussions qui vont suivre.

# 1 TERMINOLOGIE

Le bilan énergétique du bâtiment représente le noyau de la présente recommandation. Les principaux éléments sont présentés à la figure 1 et brièvement expliqués ci-après.

On utilise en général les valeurs annuelles par m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique SRE conformément à la recommandation SIA 180/4. (Pour l'utilisation de facteurs de correction pour SRE se reporter au chiffre C 21.)

## 1 1 Demande d'énergie de chauffage

La **demande d'énergie de chauffage** [MJ/m<sup>2</sup> a] est la quantité de chaleur requise pour maintenir un bâtiment à la température souhaitée. Elle découle de la quantité de chaleur requise pour la transmission thermique et la circulation d'air, déduction faite des apports de chaleur. Les apports de chaleur sont dus au rayonnement solaire, à la chaleur dégagée par les personnes ainsi qu'à celle de la lumière, du travail mécanique et de l'énergie de production.

L'ampleur des apports de chaleur utilisables dépend notamment de la régulation utilisée. La récupération de chaleur dans les installations de ventilation et de climatisation est prise en compte comme une réduction de la quantité de chaleur requise pour la ventilation.

## 1 2 Indice de dépense d'énergie thermique

L'**indice de dépense d'énergie thermique** [MJ/m<sup>2</sup> a] indique l'énergie qui alimentera le bâtiment (p. ex. mazout, gaz, chauffage urbain, électricité). Il se compose de la demande d'énergie de chauffage, de la demande d'énergie nécessaire à la production d'eau chaude ainsi que les déperditions de chaleur subies à la production et à la distribution, accumulation comprise.

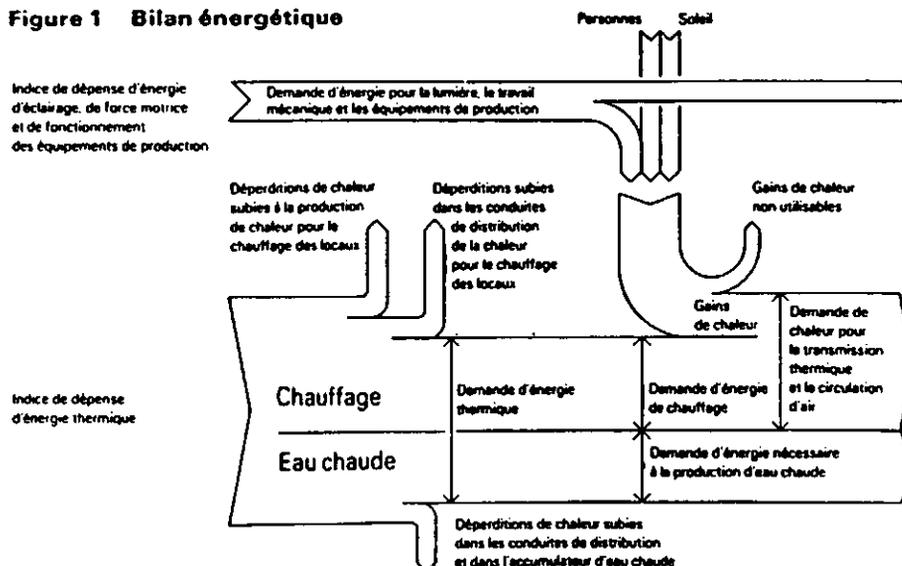
## 1 3 Fraction utile

La **fraction utile** est une valeur permettant de juger de la qualité de la production et de la distribution de la chaleur. Il s'agit du rapport entre la demande d'énergie thermique et l'indice de dépense d'énergie thermique. La demande d'énergie thermique se compose de la demande d'énergie de chauffage et de la demande d'énergie nécessaire à la production d'eau chaude.

## 1 4 Indice de dépense d'énergie sous forme d'éclairage, de force motrice et de fonctionnement des équipements de production

L'**indice de dépense d'énergie d'éclairage, de travail mécanique et de fonctionnement des équipements de production** [MJ/m<sup>2</sup> a] est déterminé en règle générale par la consommation d'électricité. Une éventuelle consommation d'électricité pour les besoins de chauffage est incluse dans l'indice de dépense d'énergie thermique.

Figure 1 Bilan énergétique



## ANNEXE 1. Extraits SIA 180/4.

### 2 3 Surface de référence (SR)

#### 2 31 Calcul de la surface de référence

La surface de référence SR correspond à la somme de toutes les surfaces de plancher – situées au-dessus ou au-dessous du sol – des locaux chauffés ou climatisés.

Il s'agit des surfaces brutes de plancher, c'est-à-dire mesurées par l'extérieur des murs conformément à la recommandation SIA 416.

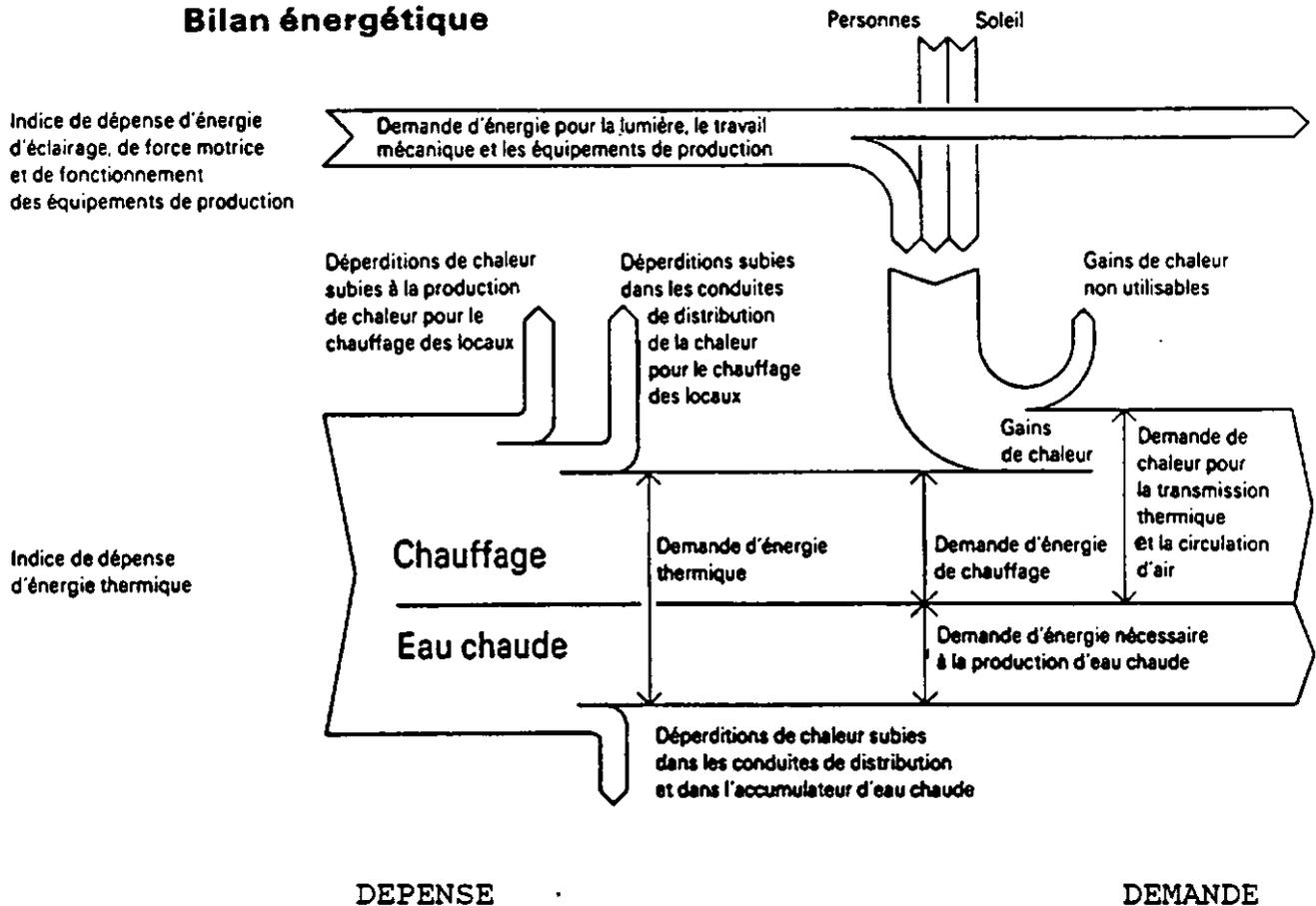
Concernant les immeubles affectés uniquement à l'habitation, la surface de référence SR correspond normalement à la surface brute de plancher, telle qu'elle est considérée dans le taux d'occupation du sol.

Dans le cas où seule la surface nette de plancher est connue, on peut obtenir une SR suffisamment exacte en majorant de 10 ou 15% la dite surface nette.

Facteur de correction pour température de consigne $t_c$	Affectation
1,2	<b>Locaux à température élevée:</b> Hôpitaux: groupes opératoires, salles de traitements et de soins, corps de bâtiment des lits Piscines couvertes, y compris locaux auxiliaires tels que vestiaires et douches
1,0	<b>Locaux à température normale:</b> Habitations, hôtels Bureaux y compris les archives, locaux d'informatique Locaux de vente (magasins, halls des guichets, etc.) Restauration (restaurants, cantines, cuisines, etc.) Enseignement (salles de classe, auditoriums, salles à fonctions multiples) Salles d'exposition, théâtres, cinémas, salles de concert Locaux de l'artisanat, fabriques (du type mécanique de précision)
0,8	<b>Locaux à température réduite:</b> Ateliers, fabriques (autres que mécanique de précision) Dépôts et locaux d'exploitation comportant des places de travail permanentes Salles de sport, salles à fonctions multiples, y compris leurs locaux auxiliaires tels que vestiaires et douches, etc.
0,5	<b>Locaux tempérés:</b> Dépôts, magasins, archives
0	<b>Locaux non chauffés:</b> Garages, entrepôts de véhicules, chaufferie et locaux de distribution des installations, buanderies, dépôts non chauffés, caves, greniers

ANNEXE 2. Indice dépense / indice demande.

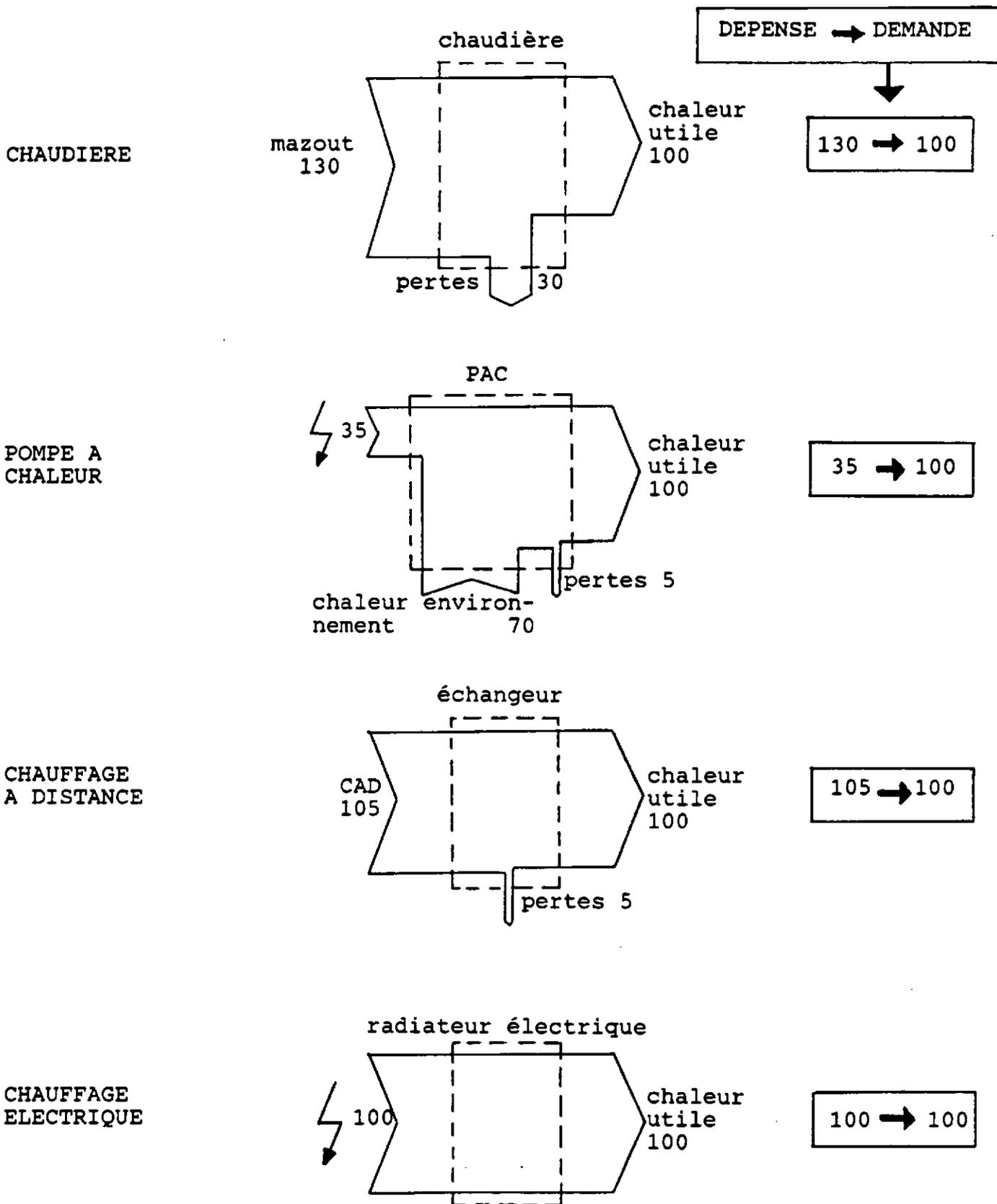
**Bilan énergétique**



ou encore (pour le chauffage):

$$\begin{aligned}
 & \text{DEMANDE de chaleur} \\
 & - \text{gains internes} \\
 & - \text{gains solaires} \\
 \hline
 & = \text{demande de chauffage} \\
 & + \text{pertes (chaudière et distribution)} \\
 \hline
 & = \text{DEPENSE d'énergie}
 \end{aligned}$$

ANNEXE 3. Influence des systèmes de production de chaleur  
(et combustibles associés) sur l'indice "dépense".



CONCLUSION: Indices de dépense très différents pour une même demande (mêmes bâtiment, pertes et besoins).



# 3ème Journée annuelle du CUEPE

18 octobre 1991

Genève

Indices énergétiques, chauffage et électricité

## Développements

---

Bruno Wick, dipl. Ing. ETH/SIA, Postfach 70, 8967 Widen

---

### 1. Einführung

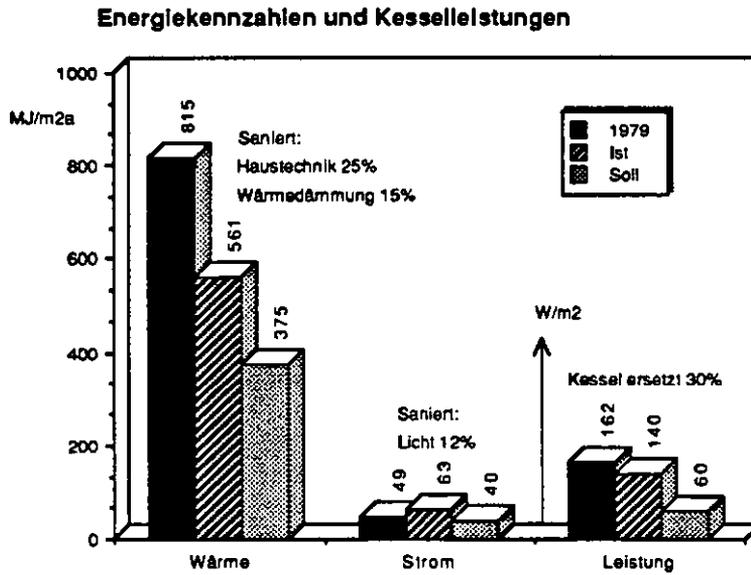
Seit Ende der 70er Jahre wurden in der Schweiz umfangreiche Erhebungen über den Energieverbrauch gemacht. Die Ergebnisse wurden zusammengefasst und publiziert in der SIA Dokumentation 024 *Energiekennzahlen* (vergriffen) und in der SAGES Publikation *Energiekennzahlen der häufigsten Gebäudetypen* (Stand Sommer 1983). Weitere Zahlen finden sich in der SIA Empfehlung 380/1 *Energie im Hochbau* (August 1988).

Die Schweiz war führend in dieser wichtigen Grundlagenarbeit. Trotz grosser Datenfülle ist kein Werk mehr über den aktuellen Stand der Erkenntnisse erschienen. Eine Aufarbeitung des verfügbaren Datenmaterials wäre dringend notwendig.

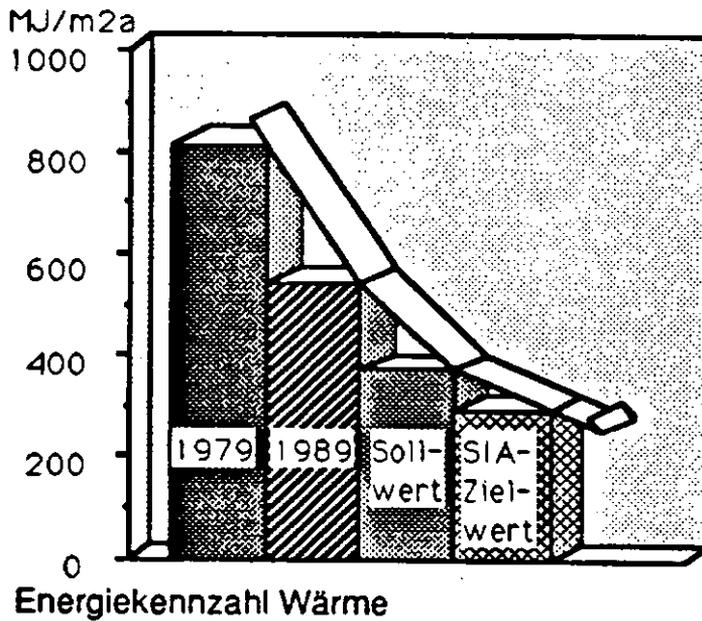
### 2. Zweiterhebungen und gepflegte Datenbanken

Nur sehr wenige Verbrauchserhebungen wurden nach einigen Jahren wiederholt. Im Rahmen des Forschungsobjektes Effens sind die Bestände der Schulen der Kantone Aargau und Basellandschaft ein zweites Mal ausgewertet worden.

**Bild 1 Vergleich der Auswertungen 1979 und 1989 der Schulbestände Aargau und Basellandschaft**



AG

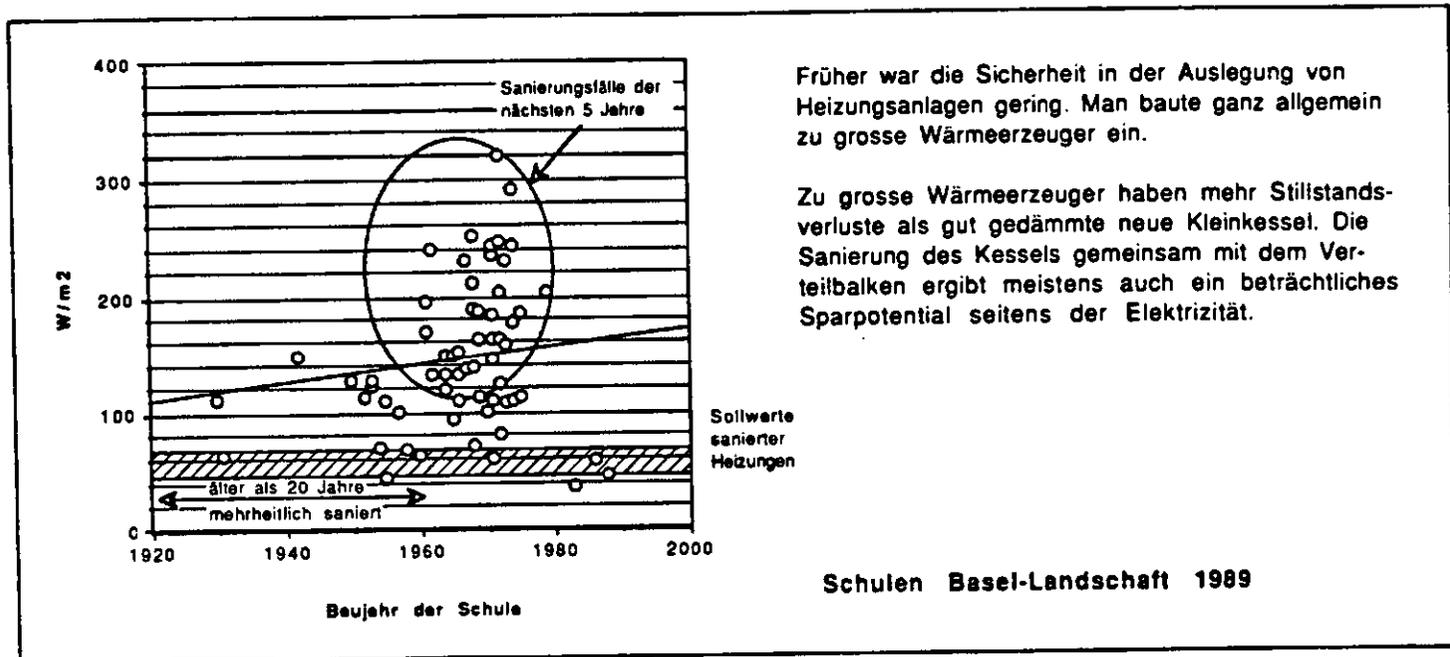


BL

Eine wesentliche Begründung für die Abnahme des Verbrauches ist die Sanierung alter Heizkessel. Diese wird in den nächsten Jahren noch erheblich beschleunigt.

**Bild 2 Die grosse Zahl der in den nächsten 5 Jahren anfallenden Kesselsanierungen**

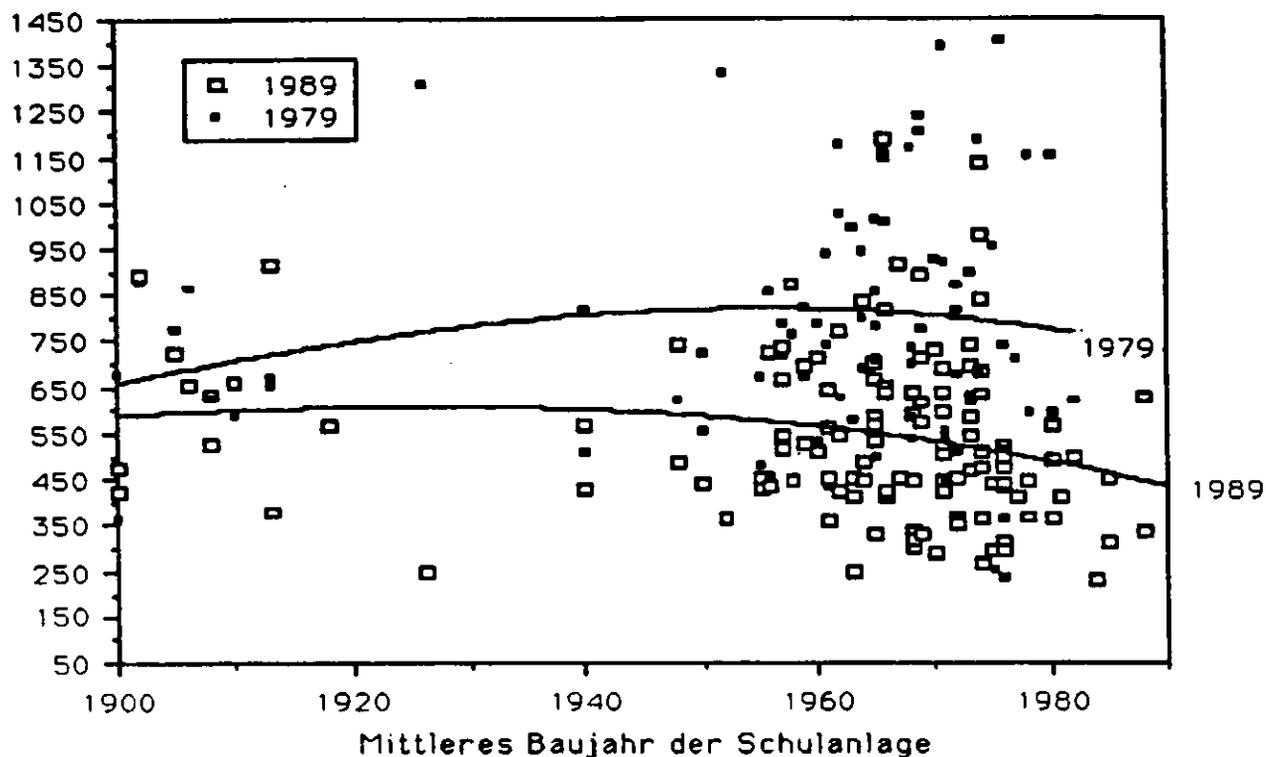
Spezifische Leistung der Heizkessel in Abhängigkeit des Baujahres



Pro  $m^2$  Energiebezugsfläche war die Einsparung an Wärme von 39%, resp. 33% in beiden Kantonen beachtlich. Weil aber gleichzeitig die Fläche pro Schüler von 13 auf  $20 m^2$  zugenommen hat, ist der Wärmeverbrauch pro Schüler konstant geblieben.

Die Einsparung von über 30% ist ein Mix zwischen teilrenovierten Altbauten und energetisch besseren Neubauten. Die schlechtesten Altbauten wurden fast alle saniert.

**Bild 3** Streubereich E-Wärme 1979 und 1989 der Schulen im Kanton Aargau mit der zugehörigen Mittelwertlinie

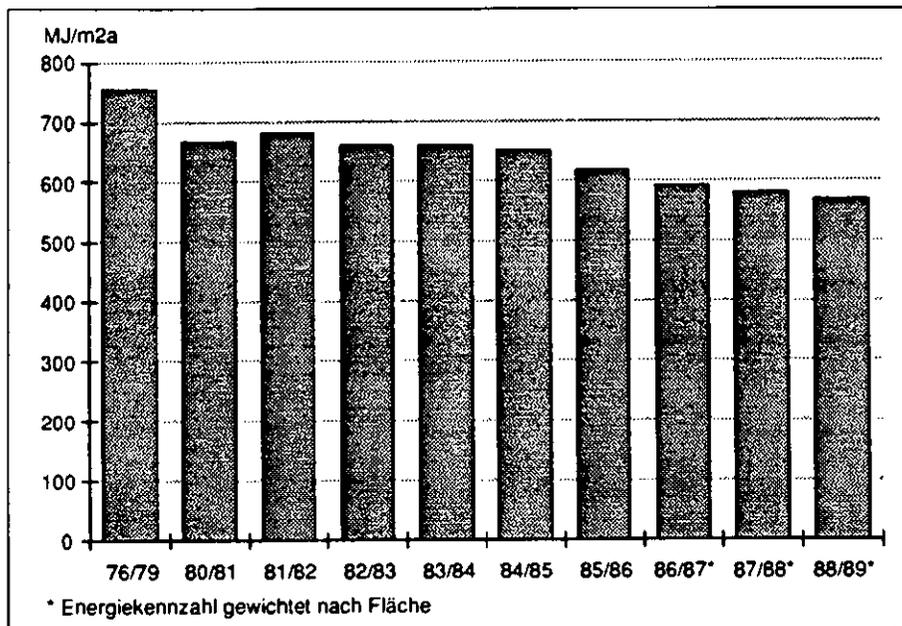


Den am besten öffentlich dokumentierte Sparerfolg stellt die INTRAG-Verbrauchsstatistik dar. Die INTRAG AG, Tochter der Schweizerischen Bankgesellschaft, verwaltet die zwei Immobilienfonds SIMA und SWISSREAL mit über 1'200 Objekten und insgesamt ca. 13'000 Wohnungen.

Die INTRAG führt nun seit 10 Jahren in vorbildlicher Weise Statistik über den Energieverbrauch des Immobilienbestandes (ohne Altbauten von dem 2. Weltkrieg und komplexe "Gemischt-Nutzungs-Gebäude"), welcher fast ausschliesslich aus Mehrfamilienhäusern besteht. Vereinzelt Gebäude haben eine gemischte Nutzung Wohnen/Dienstleistung.

Seit Beginn der Statistik im Jahre 1979 hat der Verbrauch kontinuierlich abgenommen. Die Haustechnik wird sorgfältig unterhalten und die Verbrauchsentwicklung ständig überprüft. Systematische Sanierungen an der Hülle hingegen wurden nicht vorgenommen. Nur fallweise wurden Dächer oder Fassaden energetisch verbessert, wenn gleichzeitig ein Unterhalt fällig war. Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnungen sind bisher nur unter Zwang (Kt. BL) eingeführt worden. Aus dem bisherigen Erfolg lassen sich wesentliche Erkenntnisse über mögliche Ziele der Verbrauchsreduktion im schweizerischen Mehrfamilienhausbestand herleiten.

**Bild 4** Verbrauchsentwicklung E-Wärme des Bestandes der INTRAG-Mehrfamilienhäuser über 10 Jahre

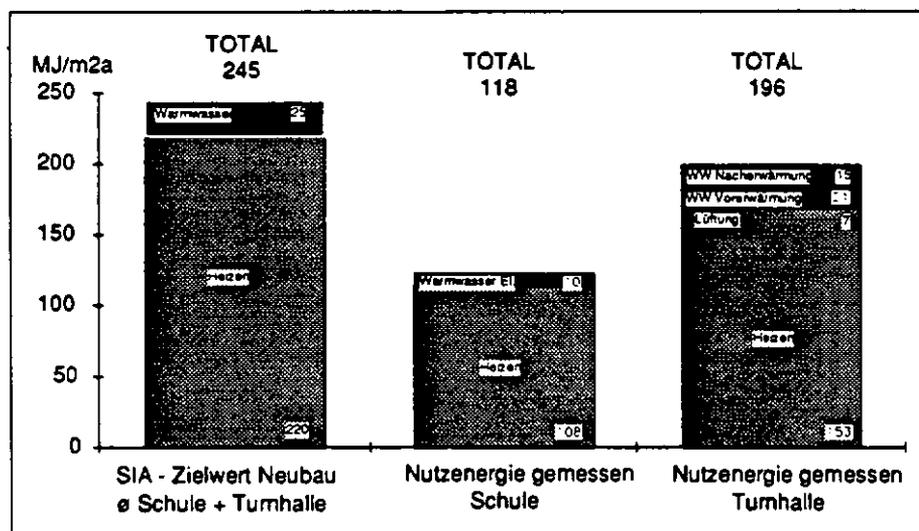


Die Graphik zeigt die Verbrauchsentwicklung. Der Bestand ist zwar nicht immer genau der gleiche, die Mutationen sind aber eher gering. Die Verbrauchswerte sind bezüglich Heizgradtagen normalisiert.

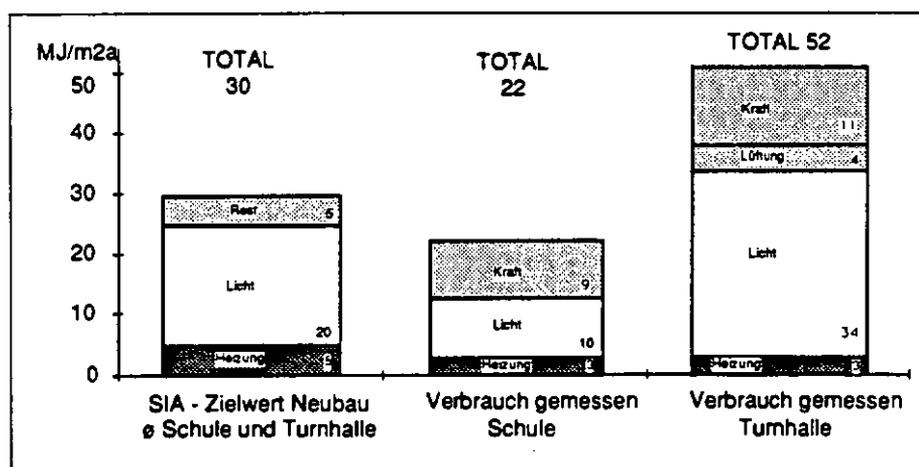
### 3. Verfeinerungen über Energiebilanzen

Dank regelmässiger Vorausberechnung des Energieverbrauches mittels Energiebilanzen, werden immer mehr Teilenergiekennzahlen genauer analysiert. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung sehr tiefer Energiekennzahlen.

**Bild 5** Nutzenergieverbrauch Wärme nach Schulen und Turnhallen aufgegliedert. Das Messprojekt Schule Rain Jona zeigt wiederum, wie schon dasjenige für die Schulanlage Gumpenwiesen, die grossen Unterschiede im Energieverbrauch zwischen Schulhaus und Turnhalle



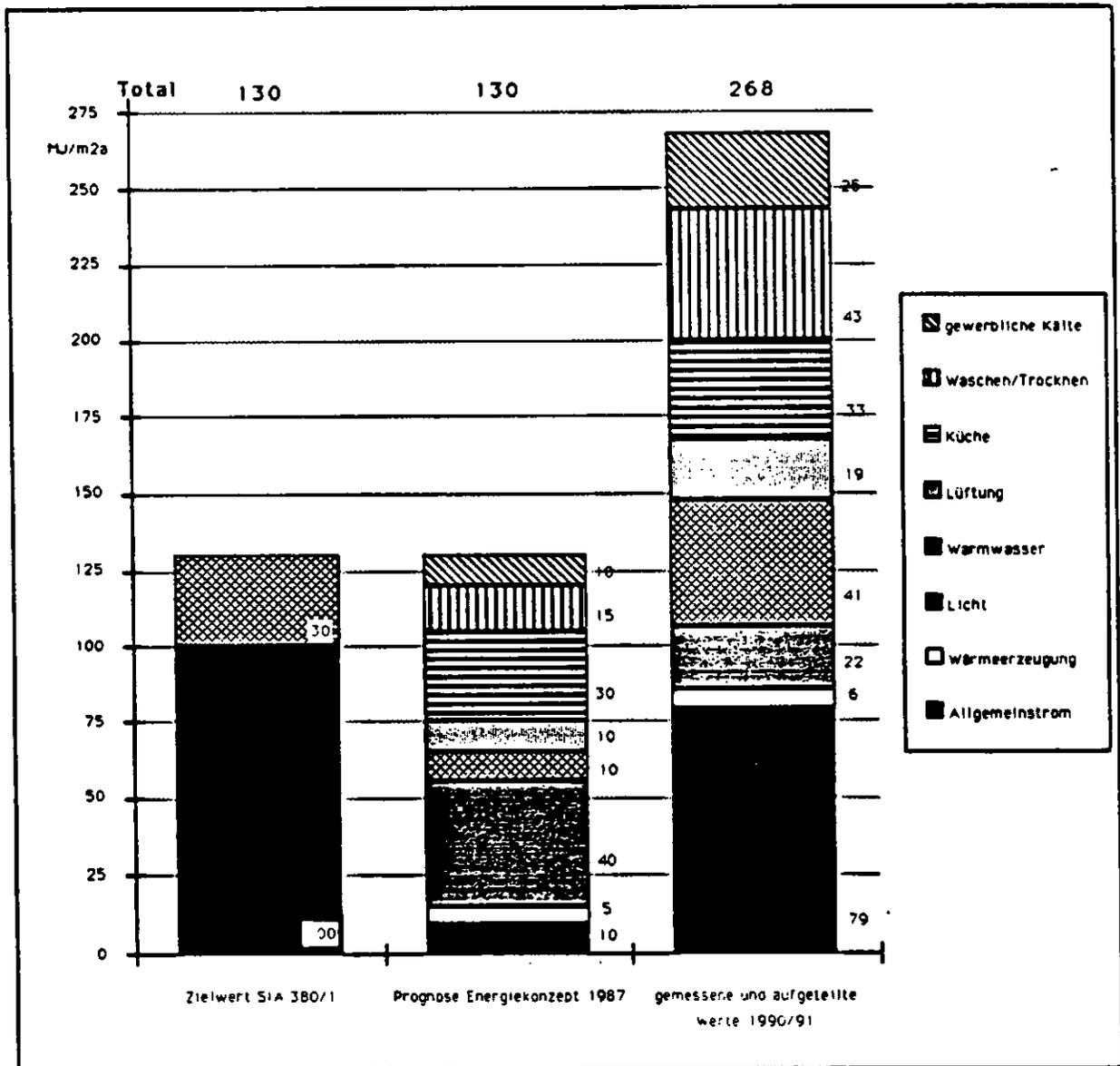
**Bild 6** Nutzenergieverbrauch Elektrizität nach Schulen und Turnhallen aufgegliedert. Die differenzierte Messung des Elektrizitätsverbrauchs ist eine Voraussetzung für Sparstrategien im Bereich Elektrizität.



## 4. Energiekennzahlen Elektrizität

Die wichtigsten Verbraucher wie Beleuchtung, Haustechnik, Büroarbeitsplatz usw., sind schon sehr gut im Griff. Über sehr verbrauchsintensive Nebennutzungen (Kochen, Waschen, EDV usw.) sind erst wenige Werte bekannt. Hotels, Spitäler, Altersheime und Sportanlagen sind ebenfalls noch unbekannte Größen im Elektrizitätsverbrauch.

**Bild 7** Verbrauchsanalyse in einem neuen Alters- und Pflegeheim. Über weitere Messungen soll der grosse Posten Allgemeinstrom noch detailliert untersucht werden.



## 5. Lücken und Mängel

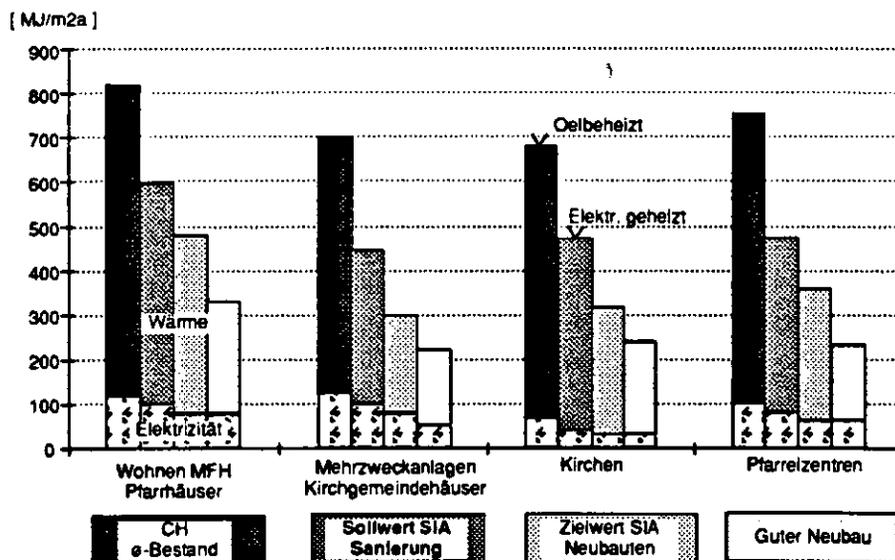
Ganz allgemein mangelhaft ist die Datenbasis noch für E-Elektrizität. Als Mangel ist es auch zu bezeichnen, dass Grossverbraucher wie PTT und SBB ihre Bestände nicht nach der Energiekennzahl -Methode analysieren. Die sehr gute Statistik des AFB wird leider nicht mehr gepflegt. Weitere Lücken sind die Verbräuche für Warmwasser, Kälteerzeugung, richtig ausgelegte EDV-Zentralen usw.

Mängel, d.h. unrichtige Zahlen sind auch noch in Normenwerken wie in SIA 380/1 enthalten. Der Grenzwert sollte gänzlich entfallen, weil sogar der Zielwert zu leicht erreicht wird.

Lücken können heute geschlossen werden durch Einzelanalysen und Messprojekte an typischen Neubauten. Die Energiekennzahl E-EL für alle Verwaltungsbauten eines Kantons und deren Analyse ergibt, verbunden mit einem einzigen Energiekonzept mit Messprojekt, sehr gute Grundlagen über den Splitt Arbeitsplatz-Instrumente, Zentrale Recheneinheiten und Haustechnik, Warmwasser usw.

**Bild 8** *Energiekennzahlen von Nutzungen, über die sehr wenig statistisches Material vorliegt.*

Entwicklung der Energiekennzahlen Wohnen / Mehrzweckbauten / Kirchen / Pfarreizentren



Als Grundlage für die Angaben in Bild 8 dienten beispielsweise folgende Erhebungen:

- Energieverbrauch in reformierten Kirchen im Kanton St. Gallen
- UNIKATZ Energieverbräuche Uni Zürich
- Effens Energieverbrauch in Turnhallen und Mehrzweckhallen (in Arbeit)
- Feinanalyse und Sanierung diverser Kirchen und Kirchengemeindehäuser

## 6. Entwicklung bei Neubauten und Altbauten

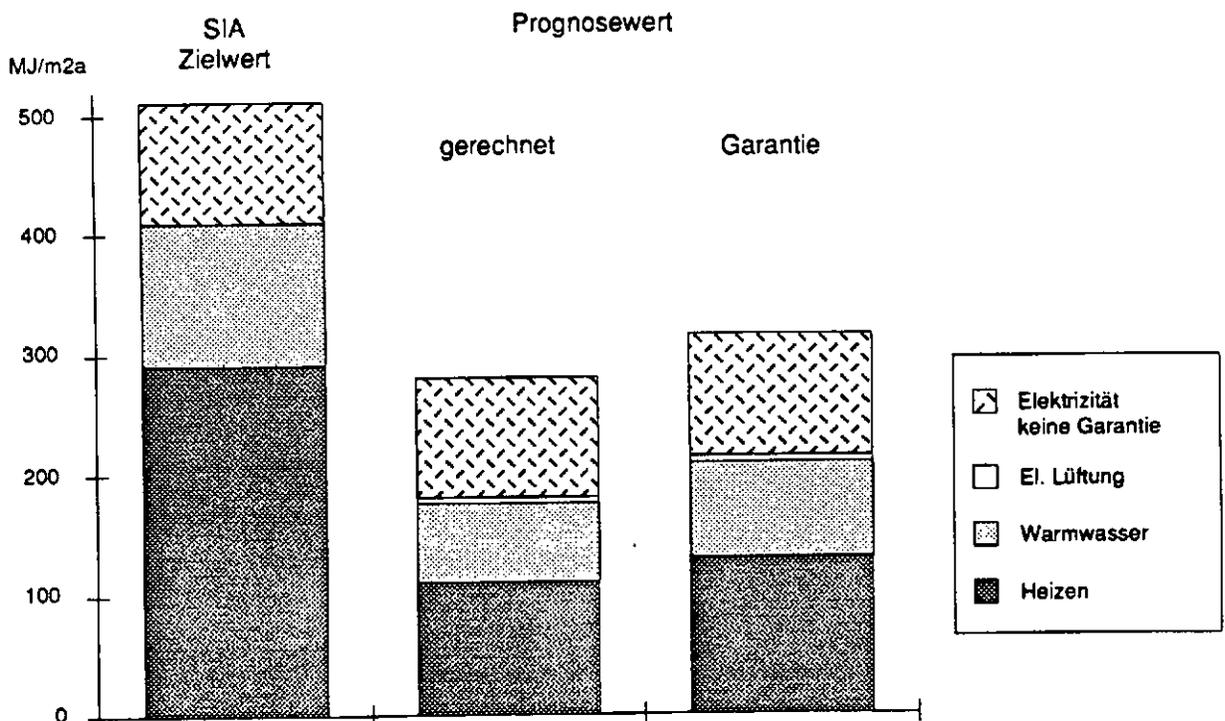
Man erreicht heute bei Neubauten tiefere Energiekennzahlen als man je zu hoffen wagte. Wichtig ist das gute Zusammenspiel von Hülle, Lüftung und Regulierung. Gefragt ist integrale Planung zur Zeit des Vorprojektes (Energiekonzept) und nicht erst als Leitungscoordination bei der Ausführung.

Wenn heute Mehrfamilienhäuser, Schulen, Bürobauten usw. gebaut werden mit tiefen Energiekennzahlen, von  $100 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ , zuzüglich Warmwasser ( $80 \text{ MJ/m}^2\text{a}$  für Wohnen,  $5 \text{ MJ/m}^2\text{a}$  für Arbeiten), so werden Hoffnungen für eine sehr energiearme Zukunft im Bauwesen geweckt. Aber auch bei Sanierungen werden, wiederum bei sorgfältiger Abstimmung der einzelnen Massnahmen sehr tiefe Energiekennzahlen Heizen erzielt.

Beim Elektrizitätsverbrauch braucht es mehr Disziplin von wesentlich mehr Partnern um tiefe Werte zu erzielen. Viele Einzelkomponenten, z.B. Wasch- und Trocknungseinrichtungen, Kälteanlagen, Telefonnetze usw. sind energetisch noch völlig unakzeptabel.

Tiefe Energiekennzahlen dürfen heute mit gutem Gewissen als Garantiewerk hinterlegt werden. Der Erfolg kann aber nie mit einer gut gedämmten Hülle allein garantiert werden.

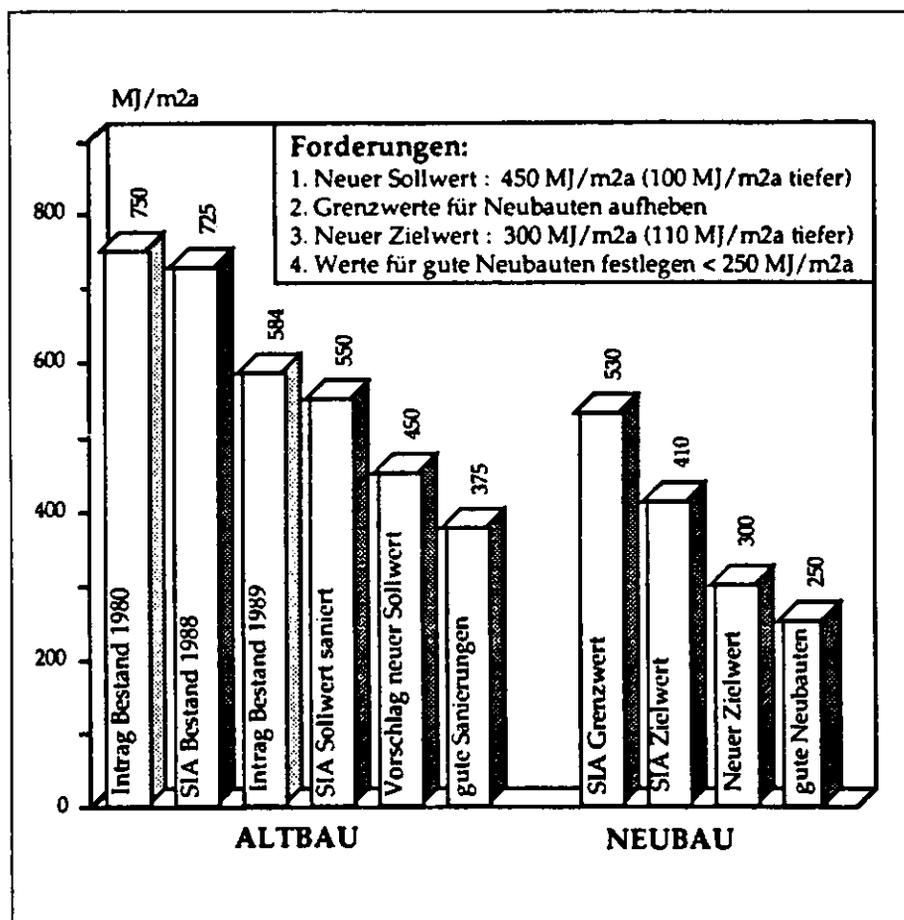
**Bild 9** Garantiewerte für Neubau Mehrfamilienhaus. Diese Werte werden von den Planern zugesichert.



Wichtig wäre, wenn ausserhalb der SIA-Empfehlung 180/1, ein neues Büchlein *Energiekennzahlen* auf Bundesebene entstehen würde. Die Sollwerte der Altbauten in SIA 180/1 sind allgemein zu hoch, der Grenzwert wird nie gebraucht und bringt nur Verwirrung. Der Zielwert ist jetzt ein theoretischer Wert, den alle Projekte in der Praxis leicht unterschreiten.

Das Attribut "guter Neubau" erhalten jedoch nur Bauten, die mindestens 20% unter diesem neuen Zielwert liegen. Die SIA Zielwerte in 180/1 sind leider nur bei der Standardnutzung gerechnete Werte, die mit den praktisch erreichbaren Werten nicht übereinstimmen. Mit den Zielwerten wird oft die Wärmeerzeugung optimiert. Wenn der gerechnete Verbrauch zu hoch ist, kommt die Optimierung der Wärmeerzeugung falsch heraus (Fehlinvestitionen).

**Bild 10** Mögliche, neue Energiekennzahlen für Mehrfamilienhäuser mit Kombikesseln



#### **Literatur**

- [1] *B. Wick*, «Energiekennzahlen der häufigsten Gebäudetypen», SAGES, im Auftrag des BEW, Widen, Sept. 1983
- [2] *K. Meier* und *B. Wick*, «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen», SIA-Dokumentation Nr. 024, Zürich, Juni 1988 (vergriffen)
- [3] *B. Wick et al.*, «Nachfrage Elektrizität Dienstleistungssektor», BEW EGES Dokument Nr. 11, EDMZ Bern 1988
- [4] *E. Baumann*, «Förderung von Energiesparmassnahmen», «Groberhebung kirchliche Gebäude», Evang. Kirche St. Gallen, Mai 1989 (vergriffen)
- [5] «Effiziente Energienutzung in Schulen»: Tagungsband Tagung im Rahmen des Forschungsprojektes EFFENS des BEW, EMPA-KWH, 8600 Dübendorf, Mai 1990
- [6] *C.U. Brunner et al.*, «Grobanalyse Energie UNIKATZ», ATAL Zürich, Juni 1990
- [7] «Energieplanungsbericht 1990», ATAL Zürich, November 1990
- [8] *B. Wick, G. Meienhofer*, «Energetische Messungen Schulhaus Rain Jona», Amt für Umweltschutz St. Gallen, Januar 1991

**B. Wick**  
*Energiekennzahlen im Schweizer Ingenieur und Architekt Zürich, Heft 38/91*

**B. Wick, G. Meienhofer**  
*Messbericht Energie Altersheim Bühl Jona*

Widen, Oktober 1991 BW/bb



# **INDICES D'ENERGIE ELECTRIQUE**

**Ch. Weinmann, dr. physicien SIA-ASIC  
WEINMANN-ENERGIES SA, CH-1040 Echallens**

## **Résumé**

La consommation d'électricité dans les bâtiments est décomposée en fonction des prestations fournies par les équipements électriques et les catégories d'utilisation. Elle peut être représentée par une matrice dont chaque élément est un indice d'énergie électrique associé d'une part à une prestation comme l'éclairage, le renouvellement d'air, le conditionnement des locaux ou la production d'un service ou d'un bien à la place de travail et d'autre part à une catégorie d'utilisation, bureau, surface de vente, salle de classe ou surface de circulation.

Les résultats des mesures effectuées montrent que pour chaque prestation et catégorie d'utilisation, la consommation spécifique d'électricité peut varier dans une proportion de 1 à 4. Nous analysons quelques raisons de ces grandes différences et présentons les premières propositions de valeurs-limites et de meilleures valeurs définies dans le cadre du projet de recommandation SIA 380/4.

## 1. MATRICE DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE

Contrairement à la simplicité des recommandations SIA 180/4 et SIA 380/1 qui introduisent un seul indice de dépense d'énergie pour caractériser le chauffage et la production d'eau chaude dans les bâtiments, l'analyse de la consommation d'électricité passe par l'introduction d'une matrice de plusieurs grandeurs caractéristiques.

Chaque terme de la matrice représente une consommation d'énergie spécifique à une prestation, éclairage, renouvellement d'air, conditionnement, associée à une catégorie d'utilisation, bureau, surface de vente, salle de classe ou surface de circulation par exemple. Pour davantage de finesse, il est également souhaitable de définir plusieurs classes ou plusieurs niveaux de prestation par catégorie.

La consommation spécifique d'énergie s'exprime en kWh/m<sup>2</sup>a. Elle se décompose en produit d'une puissance moyenne  $P_m$  et d'une durée d'utilisation  $h_a$ .

La puissance moyenne peut elle-même s'exprimer en produit d'une puissance maximale  $P_{max}$  par un facteur d'exploitation.

$$E = P_m \cdot h_a = P_{max} \cdot f_b \cdot h_a$$

La puissance maximale est la puissance mesurée lorsque l'installation fonctionne à plein régime. Le facteur  $f_b$  traduit l'efficacité des commandes et régulations qui permettent d'adapter le niveau de puissance en fonction des besoins.

La figure 1 présente la matrice de la consommation d'électricité.

**A** est la surface de l'unité d'exploitation concernée par la prestation examinée

**DT** représente les diverses techniques centralisées du bâtiment : services auxiliaires en chaufferie, circulateurs, ascenseurs, central téléphonique, pertes de transformateurs

**RN** signifie renouvellement d'air et concerne le transport d'air jusqu'au volume nécessaire par personne

**CO** est le conditionnement des locaux. Cette prestation inclut le transport d'air pour le renouvellement et le recyclage d'air, le froid, l'humidification et la déshumidification

**LU** concerne l'éclairage intérieur et extérieur, y compris l'éclairage décoratif

**EI** concerne les équipements individuels, PC, fax, machines à café, appareils qui sont répartis sur toute la surface et branchés sur les prises électriques

**SC** signifie services centralisés, centre de calcul, cuisine d'entreprise, atelier d'héliographie.

Les indices caractéristiques des consommations d'énergie électrique sont les puissances moyennes, exprimées en W/m<sup>2</sup>. Les puissances moyennes sont en effet indépendantes de la durée d'occupation des locaux et peuvent donc être comparées entre elles.

PUISSANCES MOYENNES $P_m$ [W/m <sup>2</sup> ]										Communauté d'ing. EEB WEINMANN-ENERGES & Elektrowatt Ing. Untern. AG										
Objet :										SIA 380/4										
Lieu :																				
Date :																				
PRESTATION UNITE D'EXPLOITATION	A [m <sup>2</sup> ]	h <sub>0</sub> [h/a]	Installations techniques												Equipements de production					
			DT.			RN			CO			LU			EI	SC				
			VP	MV	VL	CI.	VP	MV	VL	CI.	VP	MV	VL	CI.	VP	MV	VL	VP	VP	
<u>Surfaces principales:</u>			/			1				1				1					/	
BUREAUX						2			2			2			2					
						3			3			3			3					
						S			S			S			S					
SURFACE DE VENTE			/			1				1				1					/	
						2			2			2			2					
						3			3			3			3					
						S			S			S			S					
SALLE DE COURS			/																/	
CHAMBRES (Hotels, home...)																				
<u>SURFACES SPECIALES:</u>			/																/	
SALLE DE CONFERENCE																				
AULA																				
RESTAURANT																				
<u>Surfaces annexes:</u>			/																/	
CIRCULATION																				
DEPOTS, ARCHIVES																				
TOTAL POUR SRE			/			/			/			/								
PARKING			/			/			/			/								
			/			/			/			/								
TOTAL POUR SBP			/			/			/			/								

Figure 1 : matrice de la consommation d'électricité

## 2. RESULTATS DE MESURE

Nous présentons quelques résultats de mesure concernant le renouvellement d'air, le conditionnement des locaux et l'éclairage.

### 2.1 Renouvellement d'air

Les classes de prestation pour le renouvellement d'air des bureaux sont définies ainsi :

Classe	Critère, $\Delta p$	Remarques, exemples
1	0 à 300 Pa	Appareils dans les locaux, extraction, ventilation, garage
2	300 à 900 Pa	Perte de chauffage faible: elle comprend filtre, batterie de chauffage et récupérateur. Ajouter 150 Pa par batterie de froid et de postchauffage dans les installations de climatisation.
3	900 à 1'400 Pa	Perte de charge moyenne (même remarque)
S	au-dessus de 1'400 Pa	Perte de charge élevée (même remarque)

La figure 2 présente des résultats concernant les puissances moyennes mesurées pour le renouvellement d'air dans des bureaux de classe 3. Les valeurs observées diffèrent d'un facteur 1 à 4. Nous énumérons ci-dessous quelques raisons.

1. Il est très fréquent que des installations fonctionnent 3000 heures par année alors que les locaux concernés ne sont occupés que 2500 heures, parfois même moins de 1000 heures par année (restaurant d'entreprise, salle de conférence). Il arrive aussi que la ventilation d'un bureau fonctionne 8760 heures par année parce qu'elle dessert également le standard téléphonique.
2. Les pertes de charges sont trop élevées lorsque les gaines sont de faible section et de grande longueur.

- Des installations qui disposent d'une régulation de la vitesse de rotation des moteurs de ventilateurs à fréquence variable ont souvent des rendements plus faibles que des moteurs de même dimension à vitesse fixe.

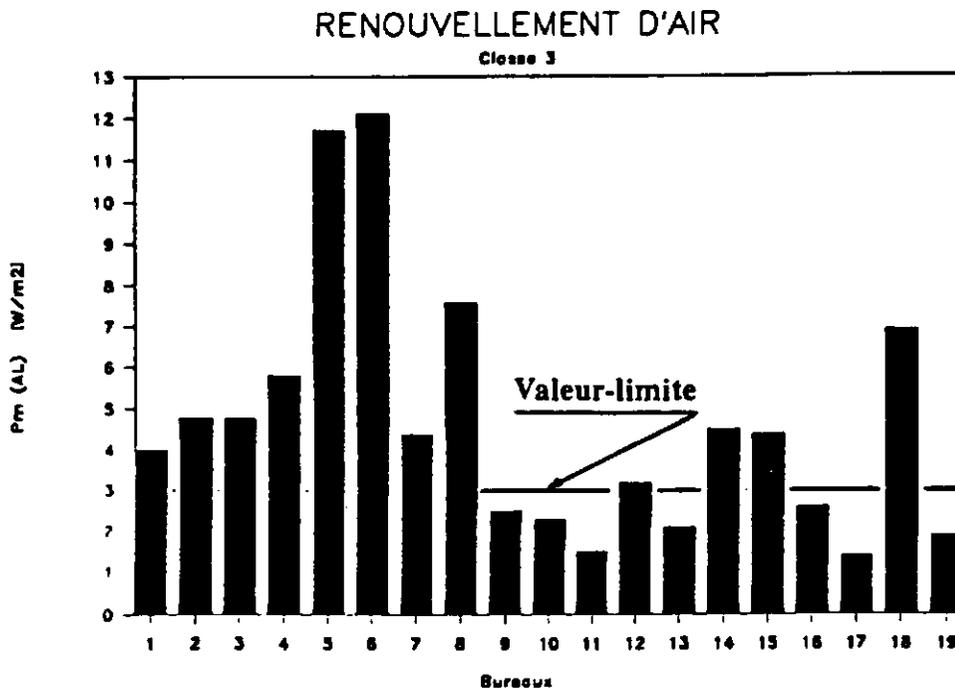


Figure 2: exemple de consommations mesurées pour le renouvellement d'air de classe 3. Les valeurs diffèrent d'un facteur 1 à 4 et mettent ainsi en évidence un large potentiel d'économies pour la plupart des installations.

- Tous les moteurs mesurés étaient surdimensionnés en moyenne d'un facteur 1,5. Il est certain qu'une optimisation des moteurs permet une diminution de la consommation.
- Certaines installations sont équipées d'une régulation de pression par clapet (Dralldrosselregelung). Les bons rendements obtenus par ces installations sont parfois trompeurs. C'est le cas lorsque ce clapet diminue le débit en créant une perte de charge artificiellement élevée. Les moteurs étant surdimensionnés, il s'ensuit que la consommation globale d'électricité est élevée.
- Nous avons examiné des installations équipées d'une régulation par embrayage électromagnétique situé entre le moteur et le ventilateur. Les rendements obtenus sont faibles car le moteur tourne toujours à charge constante, l'énergie superflue étant dissipée par l'embrayage.

## 2.2 Conditionnement des locaux

Pour interpréter les consommations d'énergie pour la climatisation de locaux, il est indispensable de déterminer des classes de prestation. Celles-ci sont définies selon les apports de chaleur à évacuer. Selon le projet SIA 380/4, nous avons :

### 1. Bureaux

Classe	Apports éq. ind. $P_{ei}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Apports totaux $P_{ap}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Remarques
1	00 - 5	00 - 20	Charges faibles P. ex. 1 écran par place de travail et 1 imprimante pour 3 places de travail
2	5 - 15	20 - 30	Charges moyennes
3	15 - 35	30 - 50	Charges élevées
S	> 35	> 50	Très haut degré de technicité Charges spéciales

### 2. Surfaces de vente

Classe	Apports totaux $P_{ap}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Remarques
1	00 - 20	Charges faibles Magasins simples
2	20 - 30	Charges moyennes P. ex. 4 m <sup>2</sup> par personne, soit environ 17 W/m <sup>2</sup> et l'éclairage normal et de décoration
3	30 - 60	Charges élevées P. ex. 2,5 m <sup>2</sup> par personne, soit 30 W/m <sup>2</sup> et éclairage intense
S	> 60	Charges spéciales

Les résultats obtenus pour les bureaux de classe 2 et des surfaces de vente de classe 3 sont illustrés aux figures 3 et 4. Là de nouveau, les différences vont du simple au quadruple pour les installations considérées comme modernes. Les raisons sont très diverses.

1. Les consommations d'électricité pour le transport et la circulation de l'air sont en général plus élevées que celles observées pour la production de froid. Pour des bureaux, nous avons souvent observé des puissances moyennes de 6 à 10 W/m<sup>2</sup> pour le transport de l'air et de l'ordre de 2 à 4 W/m<sup>2</sup> pour la production de froid et l'humidification. Le transport de froid par l'air est beaucoup plus vorace en énergie que le transport par circuit hydraulique.
2. Dans le cadre de la production de froid, l'énergie électrique pour le ventilateur de la tour de refroidissement et des pompes de circulation des fluides caloporteurs et du circuit d'eau refroidi est du même ordre de grandeur et parfois même plus élevée que la consommation du compresseur de froid.
3. Les besoins pour l'humidification peuvent être importants. Mais ils devraient être très réduits en été. Ce n'est cependant pas le cas, car un refroidissement avec de l'eau glacée provoque une condensation exagérée et l'air ainsi desséché doit être réhumidifié. Pour cette raison, l'eau pour les batteries de froid ne devrait pas avoir moins de 12°C.
4. Pour ce qui concerne le transport d'air, les mêmes remarques que celles du renouvellement d'air sont applicables. Elles sont relatives aux débits d'air, aux pertes de charge et aux rendements des moteurs-ventilateurs.

## CONDITIONNEMENT DES LOCAUX

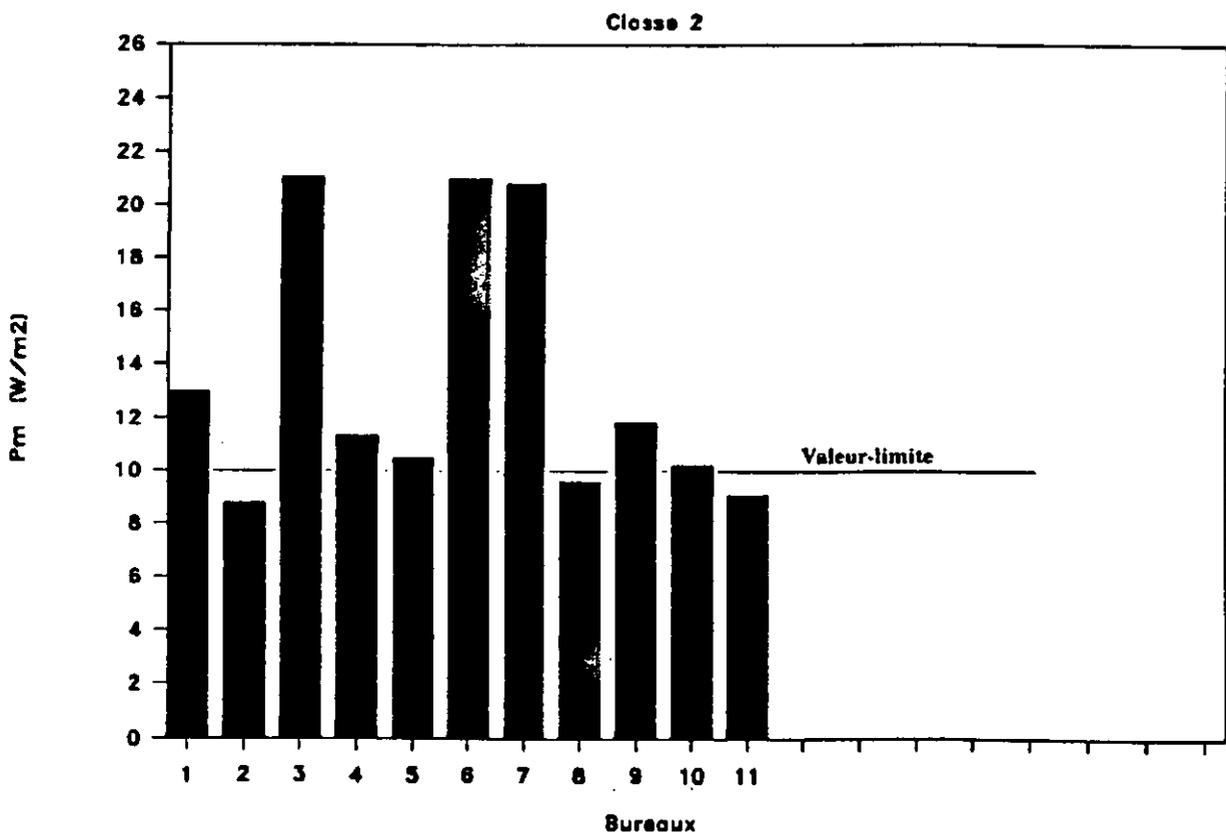


Figure 3: puissances moyennes mesurées pour le conditionnement de bureaux avec charges thermiques de classe 2

## CONDITIONNEMENT DES LOCAUX

Classe 3

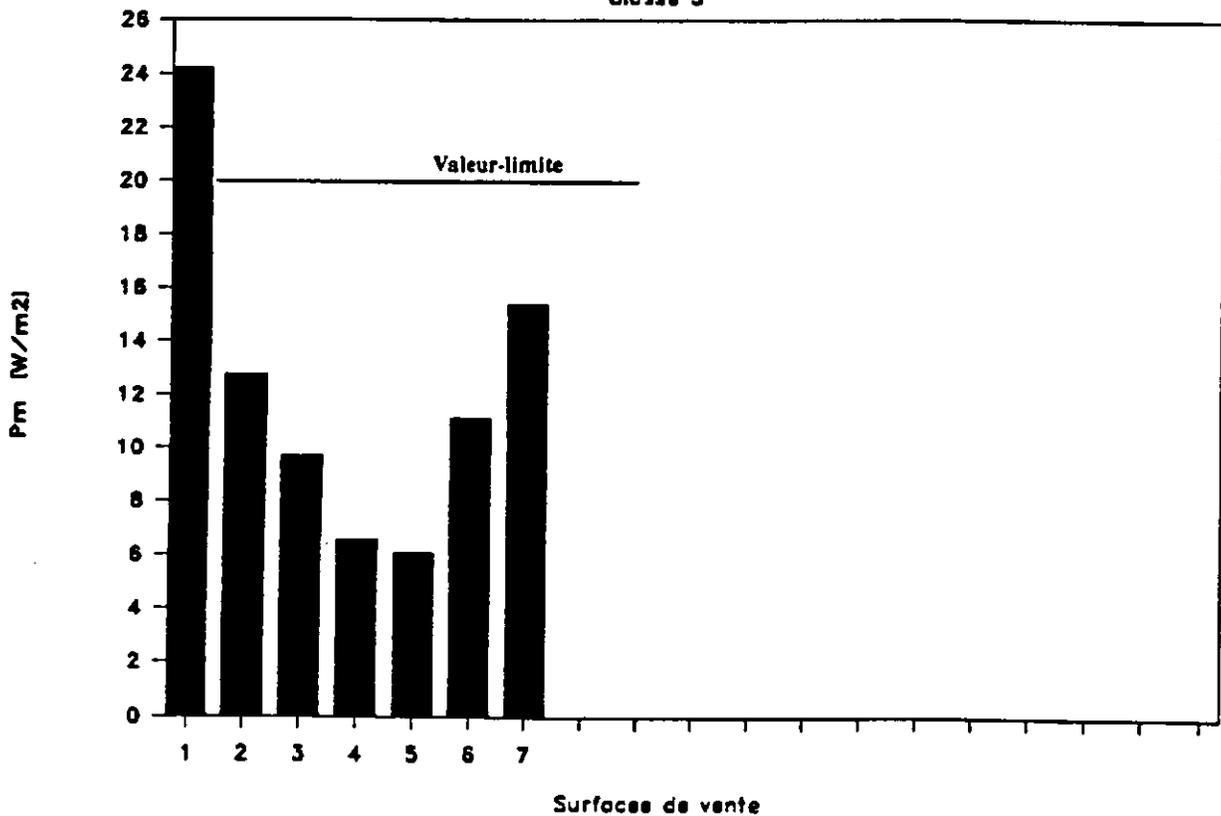


Figure 4 : puissances moyennes mesurées pour le conditionnement de surface de vente avec charges thermiques de classe 3

### 2.3 Eclairage

Pour l'éclairage, il est également nécessaire de définir des classes de prestation. Les tableaux ci-dessous donnent des exemples pour la lumière dans les bureaux et les surfaces de vente.

#### 1. Bureaux

Classe	Profondeur des locaux	Remarques
1	< 5 m	local très clair avec fenêtres
2	5 - 12 m	local clair avec fenêtre
3	borgne	sans lumière du jour
S		besoins spéciaux

## 2. Surface de vente

Classe	Besoins	Intensité	Remarques
1	faibles	300 Lx	éclairage général
2	moyens	500 Lx	éclairage général
3	élevés	700 Lx	éclairage général et de décoration
S	très élevés		bijouterie, mode

Les résultats mesurés dans des bureaux sont représentés aux figures 5 et 6. On constate là aussi des différences dans le rapport 1 à 4. Les raisons sont multiples.

1. Les puissances maximales mesurées sont parfois nettement supérieures aux puissances nominales, ballasts et transformateur comptés.  
Les mesures des consommations des bulbes fluorescents ont montré que suivant l'âge, les puissances varient entre 1,1 à 1,3 fois la valeur nominale tenant compte de la puissance des ballasts.
2. Les puissances installées sont très variables d'un cas à l'autre. Elles sont influencées par le choix et le nombre de luminaires ainsi que les besoins de décoration. L'efficacité des sources lumineuses ne devrait pas être inférieure à 80 lm/Watt.
3. La consommation est largement influencée par le facteur d'exploitation. Nos observations ont montré que lorsque l'enclenchement est manuel et les locaux occupés par plus de 3 personnes, l'éclairage reste en général entièrement enclenché durant toute la journée.
4. Les observations et enregistrements concernant l'éclairage dans une banque ont montré que les luminaires sont enclenchés systématiquement de 7h à 17h, même en été, et de 18h30 à 20h, le soir pour le nettoyage. Cela se traduit par un facteur d'exploitation supérieur à un.
5. Pour des bureaux de 1 à 2 personnes, la durée d'occupation influence notablement la consommation, car on éteint plus souvent en quittant le local.
6. Les systèmes permettant un réglage en fonction de la lumière du jour permettent de réduire sensiblement le facteur d'exploitation.
7. Pour tous les systèmes, la durée d'occupation de locaux particuliers comme les salles de classe, les restaurants ou cafétérias d'entreprise, les dépôts et autres locaux techniques peuvent différer de beaucoup par rapport aux valeurs standards. Les critères essentiels sont à ce moment là à décomposer en puissance installée et en durée réelle d'utilisation.

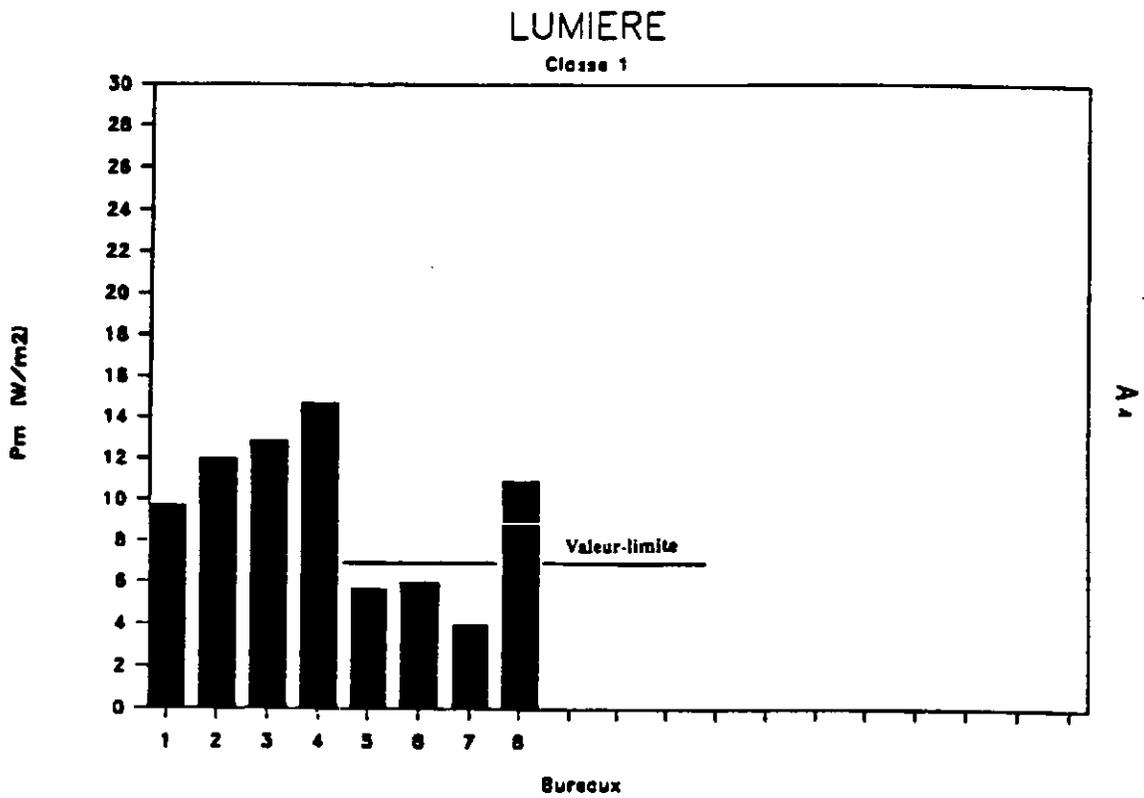


Figure 5 : puissances moyennes sur l'éclairage de bureaux de classe 1, c'est-à-dire de moins de 5 m de profondeur

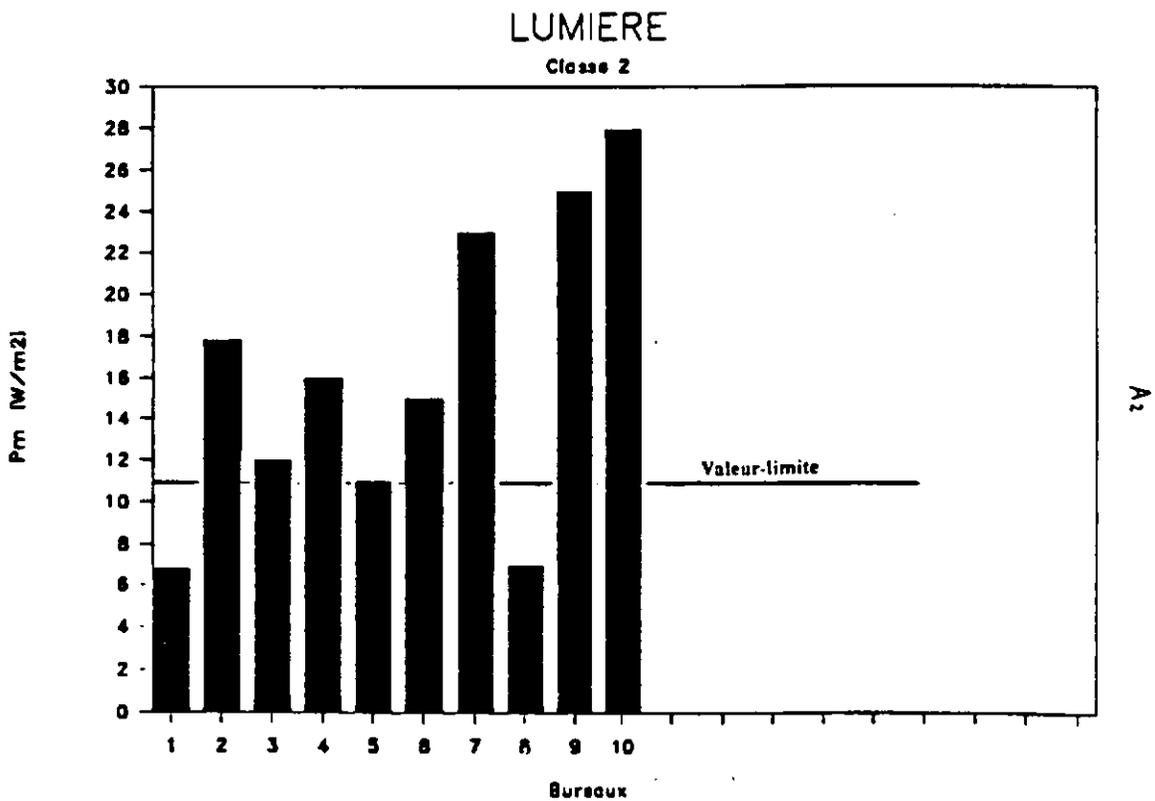


Figure 6: puissances moyennes sur l'éclairage de bureaux de classe 2, c'est-à-dire de plus de 5 m de profondeur

8. Nous n'avons pas mesuré de cas avec un éclairage d'ambiance assez faible et un éclairage ponctuel des places de travail.
9. Pour l'éclairage, il est essentiel de définir le cahier des charges pour juger de la consommation. A cet égard, définir un éclairement de 300 ou 500 Lux ne suffit plus. Le travail sur ordinateur nécessite des prescriptions tenant compte d'un éclairage sur des faces verticales et des problèmes de contraste et d'éblouissement. Le cas échéant, il pourra s'avérer judicieux d'introduire des classes de prestation aussi pour les autres unités d'exploitation.

### **3. VALEURS-LIMITES ET MEILLEURES VALEURS**

Les résultats de mesures permettent d'esquisser un ensemble de valeurs-limites et de meilleures valeurs. Les valeurs-limites sont telles qu'environ 1/3 des installations mesurées les satisfont déjà. Les meilleures valeurs ont été calculées et devraient correspondre à des valeurs théoriquement atteignables avec les meilleurs équipements et systèmes existants sur le marché sans considération de coût et de rentabilité.

La figure 7 montre un premier ensemble provisoire de valeurs. Celles-ci ne sont pas officielles et doivent être confirmées. Leur but est de permettre des comparaisons sur une large échelle. Notre souhait est que tous les spécialistes effectuant des analyses énergétiques évaluent les consommations spécifiques d'électricité en termes de puissance moyenne rapportée à la surface concernée par la prestation examinée et contribuent ainsi à enrichir les banques de données.

### **4. INDICE DE DEFENSE D'ENERGIE ELECTRIQUE**

La consommation d'électricité dans un bâtiment est la résultante de toutes les consommations partielles. Elle peut être exprimée en kWh/a, dont on peut déduire l'indice global  $E_{el}$  exprimé en MJ/m<sup>2</sup>a, où la surface de référence est la surface brute de plancher sans parking, mais avec les locaux techniques.

Cette réduction à un indice rend l'interprétation plus délicate, mais a le grand avantage d'être simple. Cette simplicité implique que l'on ne compare ensuite entre eux que les indices associés à des bâtiments ayant le même genre d'utilisation. Il est ainsi possible de déceler ceux d'entre eux où une analyse plus approfondie se justifie.

PUISSANCES MOYENNES $P_m$ [W/m <sup>2</sup> ]														
Objet :										SIA 380/4				
Lieu :														
Date :														
PRESTATION UNITE D'EXPLOITATION	A [m <sup>2</sup> ]	h <sub>0</sub> [h/a]	Installations techniques							Equipements de production				
			DT	RN		CO		LU		EI	SC			
				Cl.	MV	VL	Cl.	MV	VL	Cl.	MV	VL	VP	VP
<u>Surfaces principales:</u> BUREAUX			/	1 2 3 S	0,3 0,5 0,5	1,0 3,0 3,0	1 2 3 S	0,5 3,0 5,0	2,5 10 15	1 2 3 S	3,0 6,0 10,0	7 11 15		/
SURFACE DE VENTE			/	1 2 3 S	0,3 0,5 0,5	1,0 3,0 3,0	1 2 3 S	0,5 3,0 6,0	2,5 10 20	1 2 3 S	7,0 15,0 25,0	10 20 35		/
SALLE DE COURS			/		1,5	9,0					5,0	10		/
CHAMBRES (Hôtels, home...)			/		0,3	1,8					3,0	5		/
<u>SURFACES SPECIALES</u> SALLE DE CONFERENCE			/		1,5	9,0		2,0	10,5		10	18		/
AULA			/		1,0	6,0		5	15		15	20		/
RESTAURANT			/		1,5	9,0		5	15		10	20		/
<u>Surfaces annexes:</u> CIRCULATION			/								3,0	5		/
DEPOTS, ARCHIVES			/		0,5	9,0					5,0	10		/
TOTAL POUR SRE			/											/
PARKING			/		0,6	3,6					1,0	2,0		/
TOTAL POUR SSP			/											/

Figure 7: valeurs-limites et meilleures valeurs provisoirement proposées dans le projet de recommandation SIA 380/4

## **5. CONCLUSIONS**

La décomposition de la consommation d'électricité en une matrice d'éléments partiels permet une analyse très fine des besoins par prestation et catégorie d'utilisation. Les mesures effectuées montrent qu'il existe en général un grand potentiel d'économie.

Nous avons présenté un certain nombre de causes pouvant expliquer ce grand écart entre les consommations spécifiques observées. Une prise de conscience et la création durable d'un véritable savoir-faire en matière d'utilisation rationnelle de l'électricité permettra de mieux maîtriser la croissance de la consommation. C'est la tâche du programme d'impulsion RAVEL qui prépare des journées d'information et des cours dans la plupart des domaines importants de la consommation d'électricité.

Mais il ne faut pas oublier que si les ingénieurs et les architectes pourront parvenir à diminuer la consommation d'électricité par catégorie de prestation, le volume des prestations demandées, lui, croît sans cesse. L'enjeu du programme Energie 2000 est précisément de parvenir à couvrir d'ici l'an 2000 l'augmentation annuelle du volume des prestations demandées par une diminution équivalente des besoins spécifiques pour les satisfaire.

## 6. REFERENCES

1. Brunner C.U., E.A. Müller, Elektrosparstudien PRESANZ, Zürich 1988
2. Lenzlinger M., Elektrosparstudien an Gebäuden der Stadt Zürich, 58 PRESANZ-Feinanalysen, Zürich, seit 1988
3. Gasser S., E. Füglistner et.al., ARGE Amstein + Walthert/INTEP, Sparpotentiale beim Stromverbrauch in 10 ausgewählten arttypischen Dienstleistungsbetrieben, BEW-Studie, Bern, Oktober 1990
4. Weinmann Ch., M. Kiss, Forschungs- und Grundlagenarbeiten SIA 380/4, "Elektrische Energie im Hochbau", rapport final, février 1991
5. Bush E., S. Gasser, et.al., Elektrische Energienanalysen, Methoden zur Senkung der Elektrizitätsverbrauchs von Dienstleistungsbetrieben, Tagung VOBE, 20. März 1990
6. Energiesparen im Elektrobereich, Informationstagung, Amt für Bundesbauten, Bern 24. Oktober 1990
7. Gugerli H., R. Sigg et.al., Energieverbrauch neuartiger Lüftungstechnischer Anlage, ATAL, August 1990
8. Brunner C.U., B. Brechbühl et.al., Grobanalyse UNIKATZ, Verbrauch von Elektrizität, Wärme und Wasser der Universitätsgebäude des Kantons Zürich, Zürich, 6. Juni 1990
9. RAVEL, Impulsprogramm "Rationelle Verwendung von Elektrizität", Programmleitung R. Walthert, Amstein + Walthert, Zürich
10. Weinmann Ch., Elektrische Energie im Hochbau, Schweizer Ingenieur und Architekt Nr 13, 29. März 1990
11. Weinmann Ch., L'énergie électrique dans les bâtiments, Mesures pilotes dans deux immeubles administratifs, Ingénieurs et architectes suisses No 5, 21 février 1990
12. Pauli H., R. Ruch, U. Sterkele, Energiesparstudie Verkaufszentren, COOP Schweiz, Liestal 19. Oktober 1990.
13. Kiss M. et al., Berichte und Mitteilungen über Handelsbetrieben, Mitteilungen 1991.

## **Session 1**

# **Indices énergétiques et aspects techniques**



# **Indicateurs de consommation**

**R. Angioletti, Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie,  
Sophia-Antipolis**

On dispose aujourd'hui d'un grand nombre de résultats d'opérations ou d'enquêtes sur la maîtrise de l'énergie réalisées sur différents types de bâtiments et d'installations.

Ces informations sur les performances des équipements ou les améliorations dont ils ont fait l'objet sont en général présentées sous la forme de bilans avant/après, peu structurés pour permettre des comparaisons des bâtiments entre eux.

Les indicateurs de consommation souvent appelés "ratios" sont les informations caractéristiques qui peuvent être issues de chaque opération et dont l'intérêt majeur est de permettre un regroupement statistique par famille homogène de bâtiment ou par filière, autorisant aussi l'analyse des moyennes, écarts types et dispersions des résultats obtenus.

Cette intervention vise à présenter quelques exemples de résultats issus de bases de données d'indicateurs de consommation et à en proposer un usage plus large à caractère informatif.

## INDICATEURS DE CONSOMMATION HABITAT ET TERTIAIRE

R.ANGIOLETTI

*AFME, Service Habitat et Tertiaire*

On dispose, à l'heure actuelle, d'un grand nombre d'informations sur les opérations de maîtrise de l'énergie concernant des bâtiments neufs ou existants, sous la forme de campagnes de mesures ou d'enquêtes de consommation.

Ces informations sont, en général, insuffisamment structurées pour permettre une exploitation statistique de résultats représentatifs pour une même famille de bâtiments.

Inversement, une banque de données regroupant des indicateurs spécifiques de consommation et de dépenses de différents bâtiments ou systèmes, réunis selon une typologie adéquate, faciliterait grandement les analyses d'efficacité énergétique et l'évaluation des gisements d'économies d'énergie.

Cette approche permettrait, en outre, au travers de la diffusion généralisée de ces informations de sensibiliser les maîtres d'ouvrages et les usagers à l'analyse de l'efficacité énergétique de leur patrimoine par les comparaisons qu'ils seraient à même de réaliser avec des bâtiments similaires.

De plus, la comparaison des bâtiments entre eux peut devenir un facteur déclenchant pour des études connexes lorsque les dérives constatées sur un bâtiment dépassent trop fortement les valeurs moyennes habituellement rencontrées sur les mêmes équipements.

Enfin, sur une longue période et pour un même bâtiment, la connaissance de l'évolution dans le temps d'un indicateur spécifique permet de retracer l'historique des performances et d'évaluer l'impact et l'efficacité des améliorations dont il a fait l'objet.

### QUELS INDICATEURS ?

Deux types d'informations sont, en général, nécessaires aux décideurs en matière de choix énergétiques :

- l'indication de l'efficacité énergétique, représentée par la consommation unitaire d'énergie rapportée à une unité spécifique : mètre carré, mètre cube, salarié, élève, lit ...
- l'indication de l'efficacité financière, cette dernière information étant plus complexe à élaborer dans la mesure où elle doit intégrer des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation variables dans le temps. Le coût global est l'une des réponses possibles à ce problème.

Nous en resterons, dans cet exposé, au stade de la présentation des indicateurs de consommation et de dépenses énergétiques d'exploitation.

## QUELQUES REGLES MINIMALES POUR L'UTILISATION DES INDICATEURS

La manipulation et l'interprétation des indicateurs de consommation peuvent s'avérer dangereuses si l'on ne prend garde à vérifier la concordance des hypothèses de calcul avec le champ d'application de l'indicateur.

On se doit de recommander une certaine prudence dans l'utilisation des chiffres et, en particulier, le respect des règles minimales suivantes :

- le champ de validité de l'indicateur doit recouvrir un ensemble de bâtiments ou d'installations homogènes, de taille suffisante pour être statistiquement représentatif,
- inversement, le niveau d'analyse de chaque famille d'équipement doit être suffisamment fin et précis pour que les comparaisons d'efficacité énergétique soient significatives.

Dans tous les cas, l'analyse des résultats sera d'autant plus aisée que les hypothèses et les méthodes de calcul des indicateurs seront explicitées et, le cas échéant, complétées des informations sur les dispersions des résultats et sur leur intervalle de confiance.

On trouvera ci-dessous un exemple de présentation possible des résultats.

### Indicateurs de consommation — branche COMMERCE consommation totale, tous usages

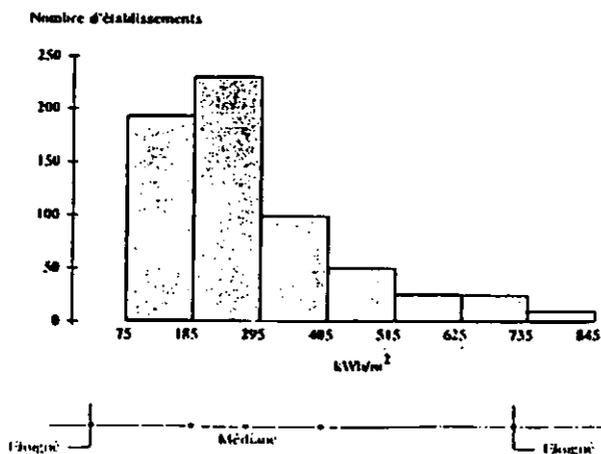
SOURCE : CEREN

Echantillon (nbre d'établissements) :	626
Surface moyenne chauffée :	7290 m <sup>2</sup>
Période:	
- d'occupation (base 18°C)	du lundi au vendredi de 7h à 19h
- d'inoccupation (base 15°C)	nuits + week-end
Saison de chauffe :	01-10 au 15-05
Degrés jours annuels:	
- normaux	2084
- réels (1986)	2074

Consommation totale tous usages	climat normal kWh/m <sup>2</sup> an	climat réel kWh/m <sup>2</sup> an
Consommation moyenne	306	304
Écart - type	161	158
Intervalle inter-quartile	211	209

NB: Les consommations d'électricité ne sont pas corrigées des degrés jours

Consommation totale tous usages, en kWh par m<sup>2</sup>, à climat normal

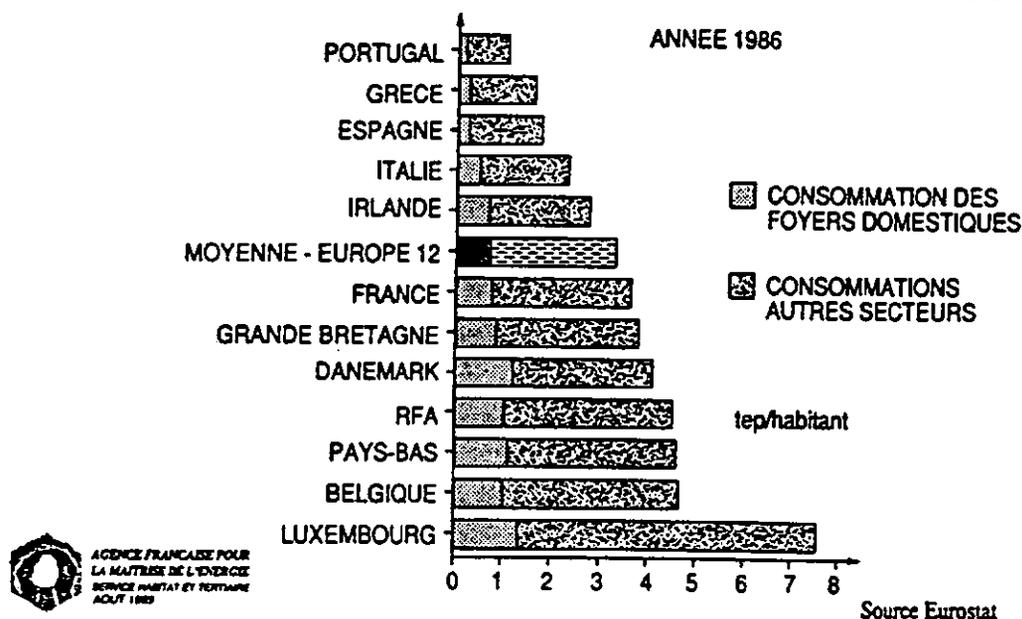


## INDICATEURS DE CONSOMMATION

Les indicateurs de consommation apportent des informations utiles à plusieurs titres. Elles sont illustrées par les exemples ci-dessous.

1- Les indicateurs permettent des comparaisons internationales de l'efficacité énergétique.

### EUROPE DES 12 CONSOMMATIONS D'ENERGIE DES FOYERS DOMESTIQUES



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

Ainsi, la consommation annuelle d'énergie primaire des foyers domestiques (1) par habitant s'élève, en moyenne, à 0,90 tep sur l'ensemble des 12 pays de la Communauté Economique Européenne.

La FRANCE se situe légèrement au dessus de la moyenne avec 0,95 tep/habitant, devant la GRANDE BRETAGNE (1,08), la BELGIQUE et la RFA (1,30), les PAYS-BAS (1,40) et le DANEMARK (1,51).

On notera cependant que la hiérarchie est proportionnelle à la progression de la rigueur climatique, cette dernière ayant un impact déterminant sur les consommations de chauffage qui représentent encore la majeure partie des consommations d'énergie des foyers domestiques.

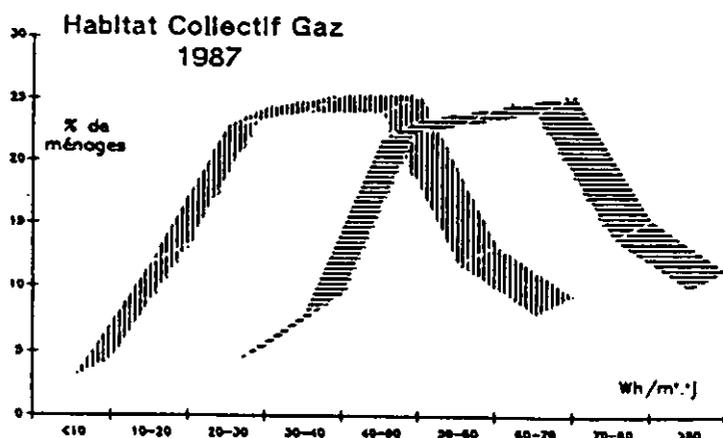
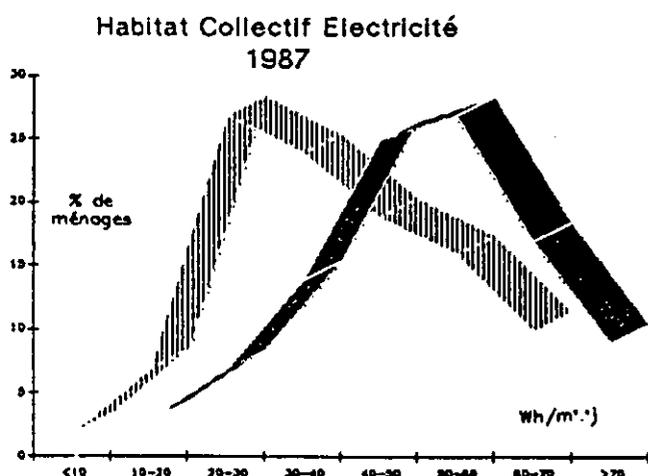
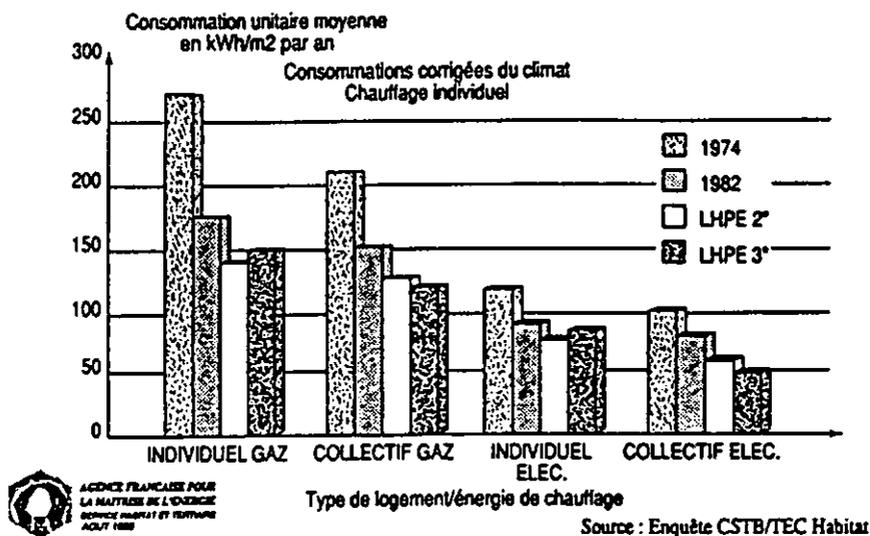
(1) Consommation des ménages, de la petite industrie, de l'artisanat, du commerce, de l'administration et des services, de l'agriculture et de la pêche. Faute de meilleurs relevés statistiques il s'agit ici d'un poste de consommations très hétérogène qui donne cependant un ordre de grandeur suffisant. En général, les résultats sont obtenus par solde des quantités livrées sur le marché desquelles sont déduites les consommations des secteurs industrie et transports.

## 2- Les indicateurs montrent l'évolution des performances énergétiques des patrimoines

La mise en place de trois réglementations thermiques successives pour l'habitat neuf a permis de réduire sensiblement les consommations de chauffage et d'eau chaude sanitaire des logements neufs.

1974	Coefficient G	Dépensités du bâti
1982	Coefficient B	Dépensités + apports gratuits
1989	Coefficient C	Consommations globales (HPE 2*)

### CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET D'ECS DES LOGEMENTS SELON LA DATE DE CONSTRUCTION



▨ Nouvelles Normes IC Electricité

■ Habitat Ancien IC Electricité

SOURCE : CEREN

▨ Chauffage Nouvelle Norme IC Gaz

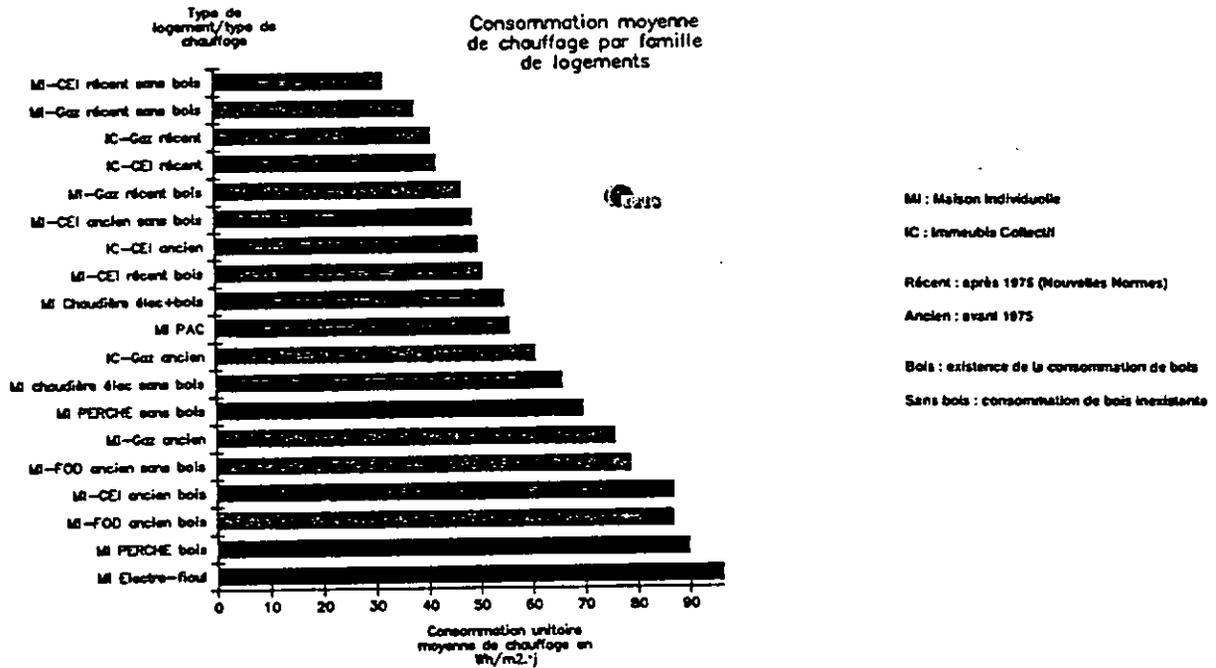
■ Chauffage Ancien Habitat IC Gaz

Dispersion des consommations de chauffage des logements  
Anciens : construits avant 1975 - Récents : Construits après 1975

3- Les consommations unitaires de chauffage et d'eau chaude varient selon de nombreux critères :

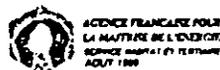
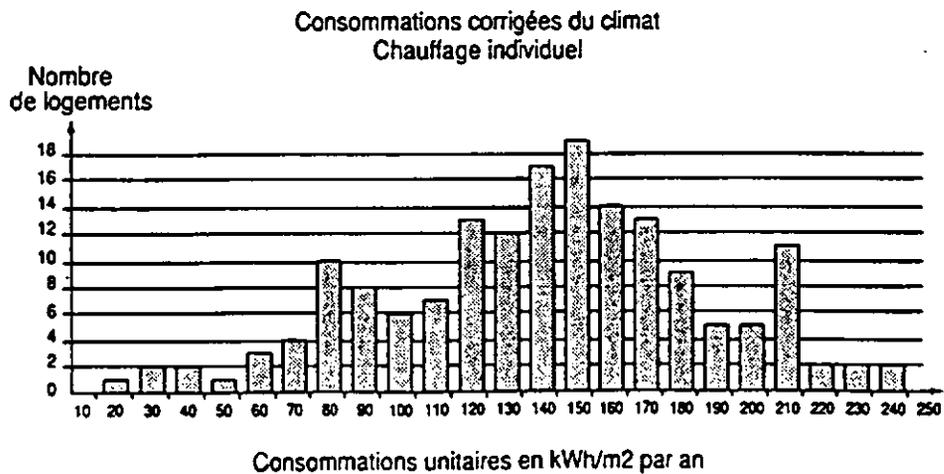
- le type de logement : maison individuelle ou appartement,
- la taille du logement : nombre de pièces, surface,
- le rendement du système énergétique utilisé,
- le comportement des usagers : modes d'occupation et de gestion du logement,
- la rigueur climatique du site.

Un indicateur de consommation exprimé en Wh/m<sup>2</sup>.°j permet de neutraliser, en partie, les effets de taille et de rigueur climatique.



Cependant, sur l'exemple ci-dessous, une fois les corrections de typologie, de taille et de climat effectuées, on constate encore une grande dispersion des consommations unitaires, sans doute significative d'une grande diversité des comportements des usagers.

CONSOMMATIONS DES LOGEMENTS COLLECTIFS HPE 2\* GAZ



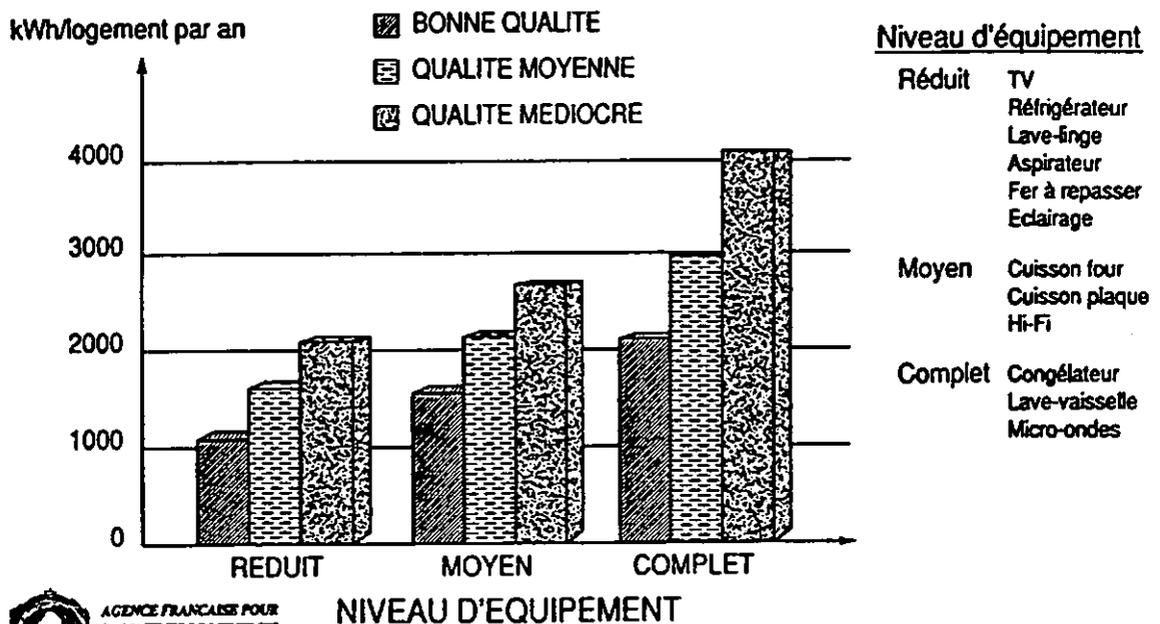
Source : Enquête CSTB/TEC Habitat

4- Les consommations unitaires et leurs évolutions probables peuvent permettre d'établir des projections de consommation à long terme, parallèlement à l'évolution des parcs d'équipements.

Ici, dans le cas de l'électro-ménager, pour un même niveau d'équipement, la qualité énergétique des appareils détermine des écarts de consommation pouvant aller du simple au double.

Le taux d'équipement des ménages en appareils de qualité énergétique bonne ou mauvaise sera déterminant de la consommation à long terme de cet usage.

## CONSOMMATION MOYENNE EN ELECTRO-MENAGER SELON LE NIVEAU ET LA QUALITE DES EQUIPEMENTS



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
ADJUT 1988

Source : AFME - Enquête distribution

## INDICATEURS DE DEPENSES

L'approche en matière de dépenses d'exploitation est identique.

Elle reste cependant incomplète dans la mesure où l'on n'intègre pas l'investissement initial et les variables macro-économiques telles que la dérive des prix des énergies ou le taux d'actualisation.

L'essentiel des informations présentées ci-dessous proviennent de l'enquête AFME-SOFRES réalisée en 1988 sur un échantillon de 10 000 ménages.

Ne sont pris en compte ici que les ménages qui ont déclarés s'être reporté à leur factures pour répondre au questionnaire postal, soit au total 6687 foyers.

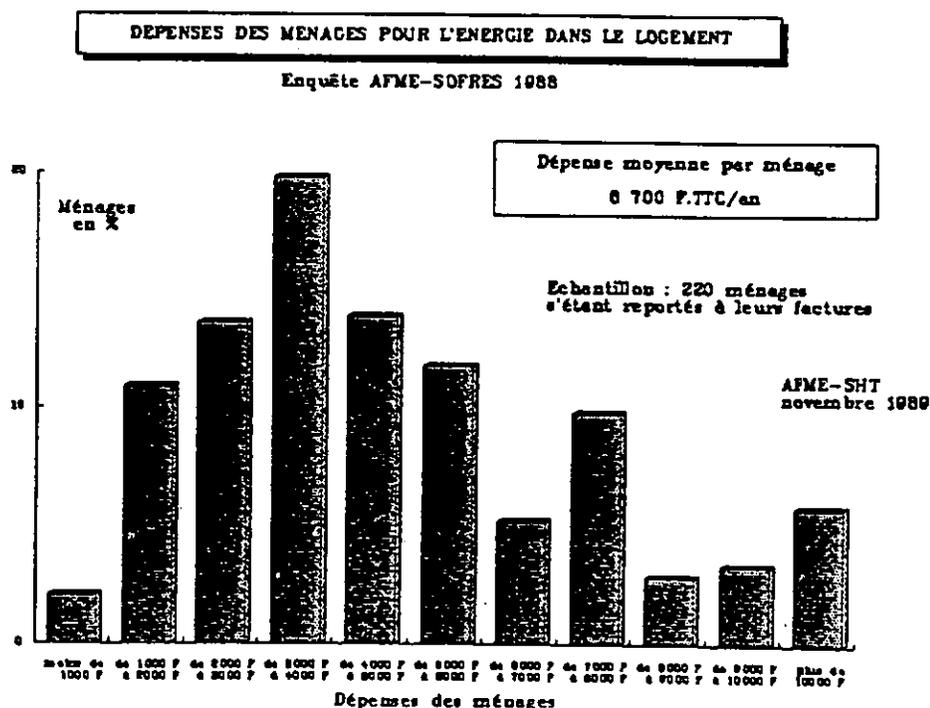
### 1- Dépenses moyennes des ménages pour l'énergie dans le logement

La dépense moyenne d'énergie par ménage pour le logement s'est établie, en 1988, à 6 700 F.TTC.

On constate cependant une forte dispersion des résultats autour de cette moyenne et l'écart type se chiffre à 5 000 F/an.

25 % des ménages dépensent moins de 3 000 F/an pour l'énergie dans leur logement, alors qu'ils sont encore plus de 10 % à dépenser plus de 9 000F/an.

La grande majorité des ménages (45 %) dépense cependant entre 3 000 et 6 000 F/an.



2- La dépense moyenne d'énergie des ménages varie peu selon le type de logement et le type de système de chauffage

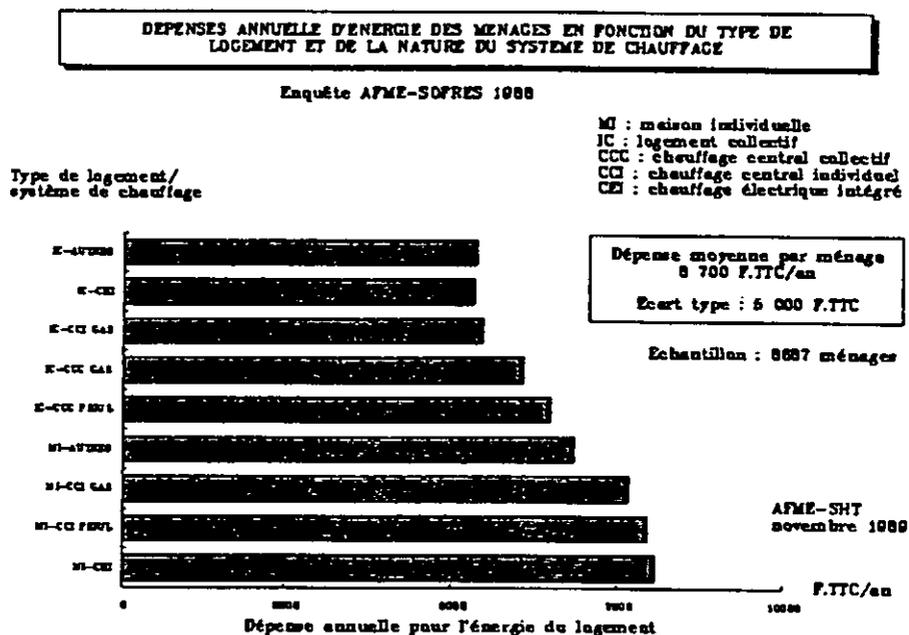
En maisons individuelles, la dépense moyenne s'échelonne entre 6 800 et 8 000 F/an, moyenne à 7 490 F/an, alors qu'en logements collectifs elle s'établit dans une fourchette de 5 300 à 6 400 F/an, moyenne à 5 680 F/an.

L'écart entre logements collectifs et maisons individuelles s'établit, en moyenne, à 30 % environ.

Pour un même type de logement, l'écart entre systèmes est au maximum de l'ordre de 20 %.

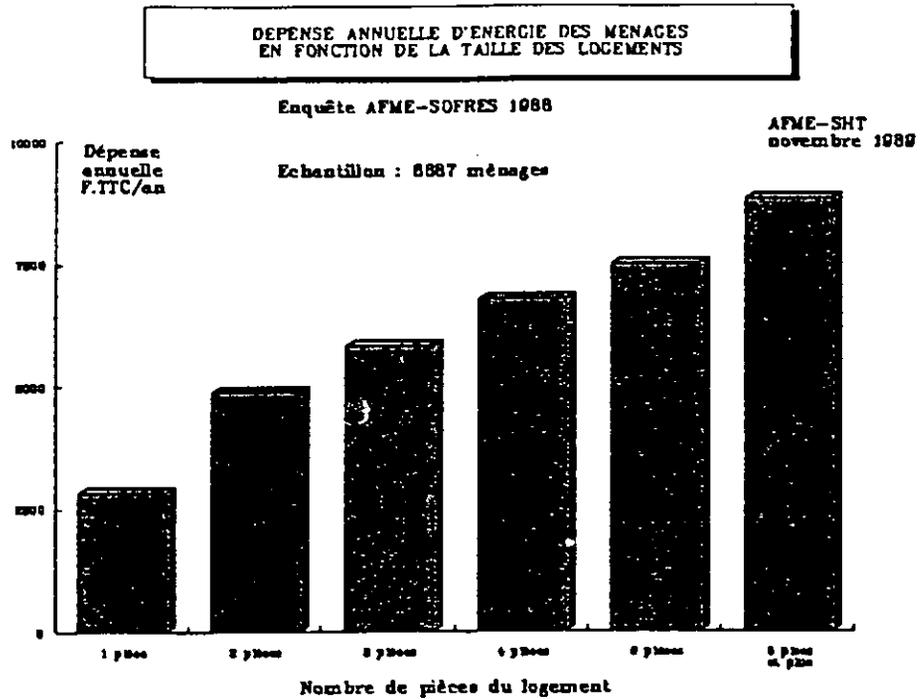
Les ménages équipés en chauffages centraux dépensent légèrement plus que les autres, le CEI étant le système pour lequel la dépense est la plus élevée en maison individuelle, suivi de près par les chauffages centraux individuels au gaz et au fioul. Inversement, dans le cas des logements collectifs, le CEI se classe en tête avec une dépense déclarée par les ménages inférieure à celle liée à l'utilisation du chauffage central individuel au gaz et surtout des chauffages centraux collectifs au gaz et au fioul.

On raisonne cependant ici sur le montant des dépenses d'énergie des ménages tous usages confondus, sans tenir compte du niveau de confort atteint.

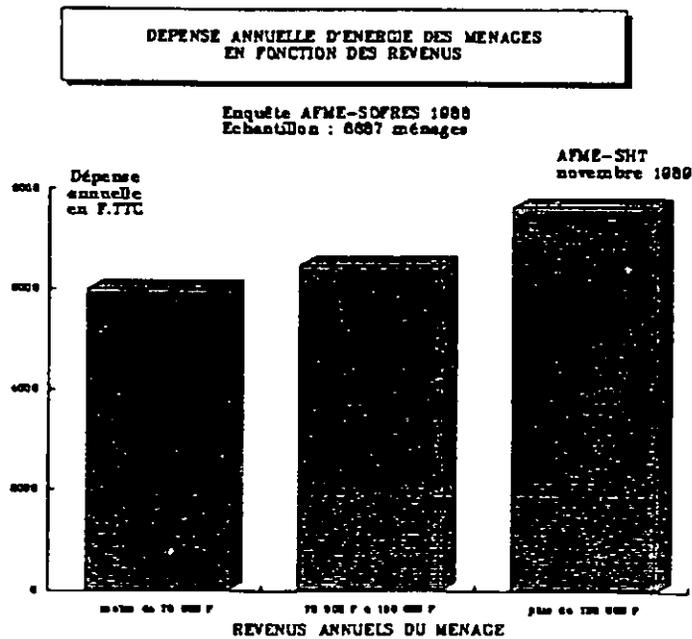


3- La taille des logements semble être un critère déterminant de la dépense énergétique

Si la dépense par pièce diminue fortement avec la taille des logements, 2 500 F/pièce pour un 2 pièces et 1 500 F/pièce pour un cinq pièces, il n'en reste pas moins que la dépense totale du foyer est d'autant plus élevée que le nombre de pièces est important.



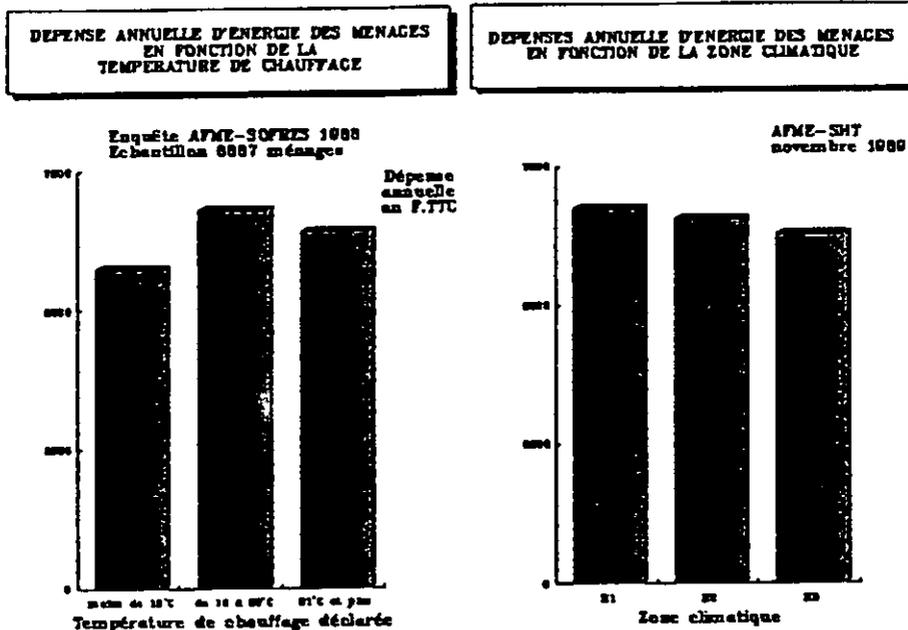
4- De même, la dépense annuelle pour l'énergie varie sensiblement avec le niveau du revenu annuel du ménage



5- Par contre, température de chauffage et zone climatique ne présentent pas une dépendance très significative avec les dépenses d'énergie

La dépense moyenne annuelle varie peu en fonction de la température déclarée de chauffage des logements : de 5 770 F/an à 18°C ou moins à 6 450 F/an à 21°C ou plus.

De même, la rigueur climatique qui varie dans un rapport de 1 à 2 entre les zones H1 et H3 ne fait pas ressortir d'écart très significatif dans les dépenses moyennes des ménages : 6 800 F/an en moyenne sur H1 pour 6 310 F/an en moyenne sur H3.



## CONCLUSIONS

Comme on aura pu le voir sur les quelques exemples ci-dessus, les indicateurs de consommations et de dépenses énergétiques peuvent être considérés comme des éléments de tableaux de bord de suivi de l'efficacité énergétique et financière des bâtiments ou des systèmes.

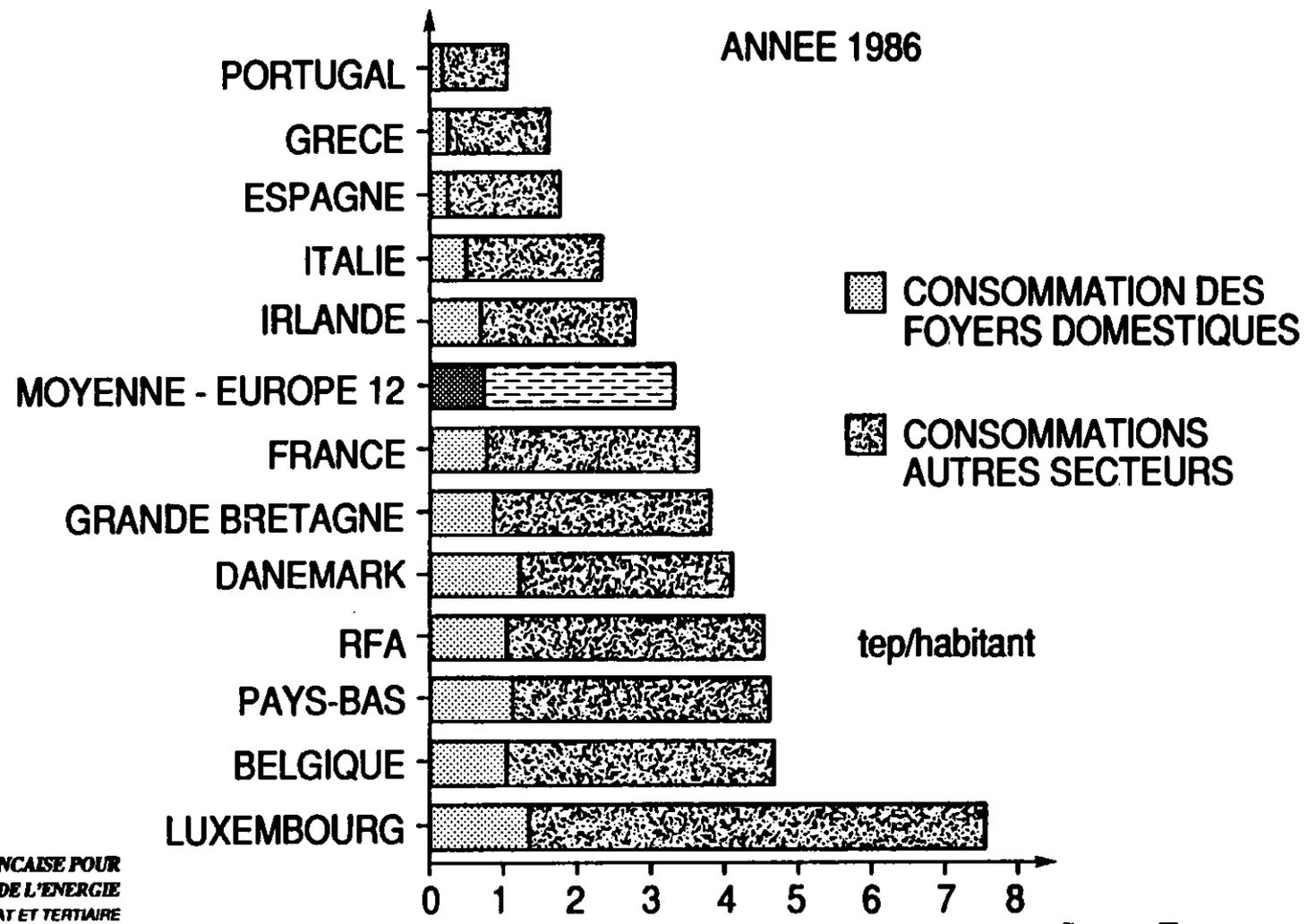
Les informations qu'ils délivrent sont des outils de décision à part entière qui peuvent être utilisés de manière généralisée par les usagers.

Il reste cependant nécessaire de définir une structure d'information précise de manière à éviter les utilisations abusives ou non conformes des chiffres présentés, une interprétation erronée étant, si l'on n'y prend garde, toujours possible.

En ce sens, l'AFME se propose de promouvoir le développement d'une banque de données d'indicateurs accessible à tous, en concertation avec l'ensemble des interlocuteurs concernés.

# EUROPE DES 12

## CONSOMMATIONS D'ENERGIE DES FOYERS DOMESTIQUES



48

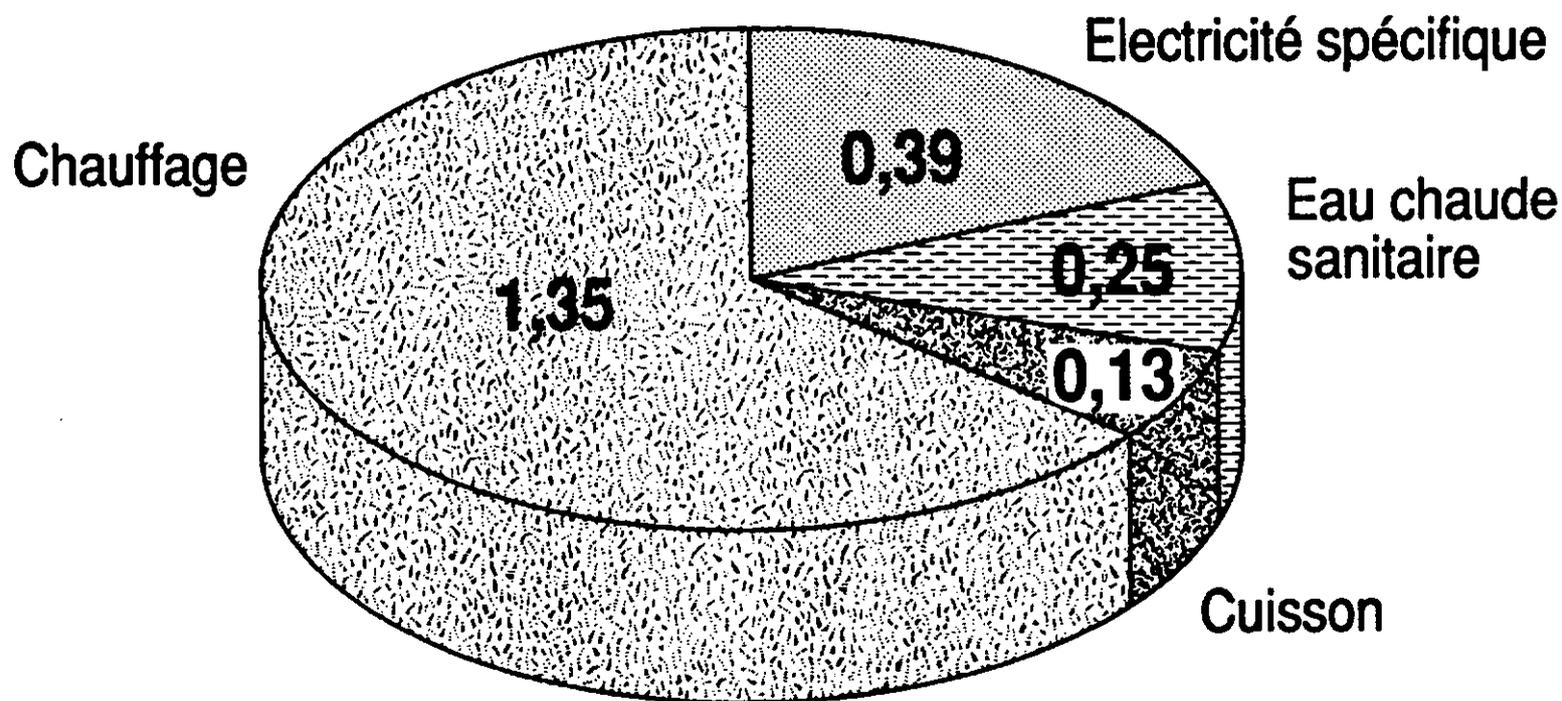


AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOUT 1989

Source Eurostat 1

# CONSOMMATIONS MOYENNES D'ENERGIE PAR LOGEMENT ET PAR USAGE

ANNEE 1987 - CLIMAT NORMAL (hors bois énergie)  
TOTAL 2,1 tep/logement



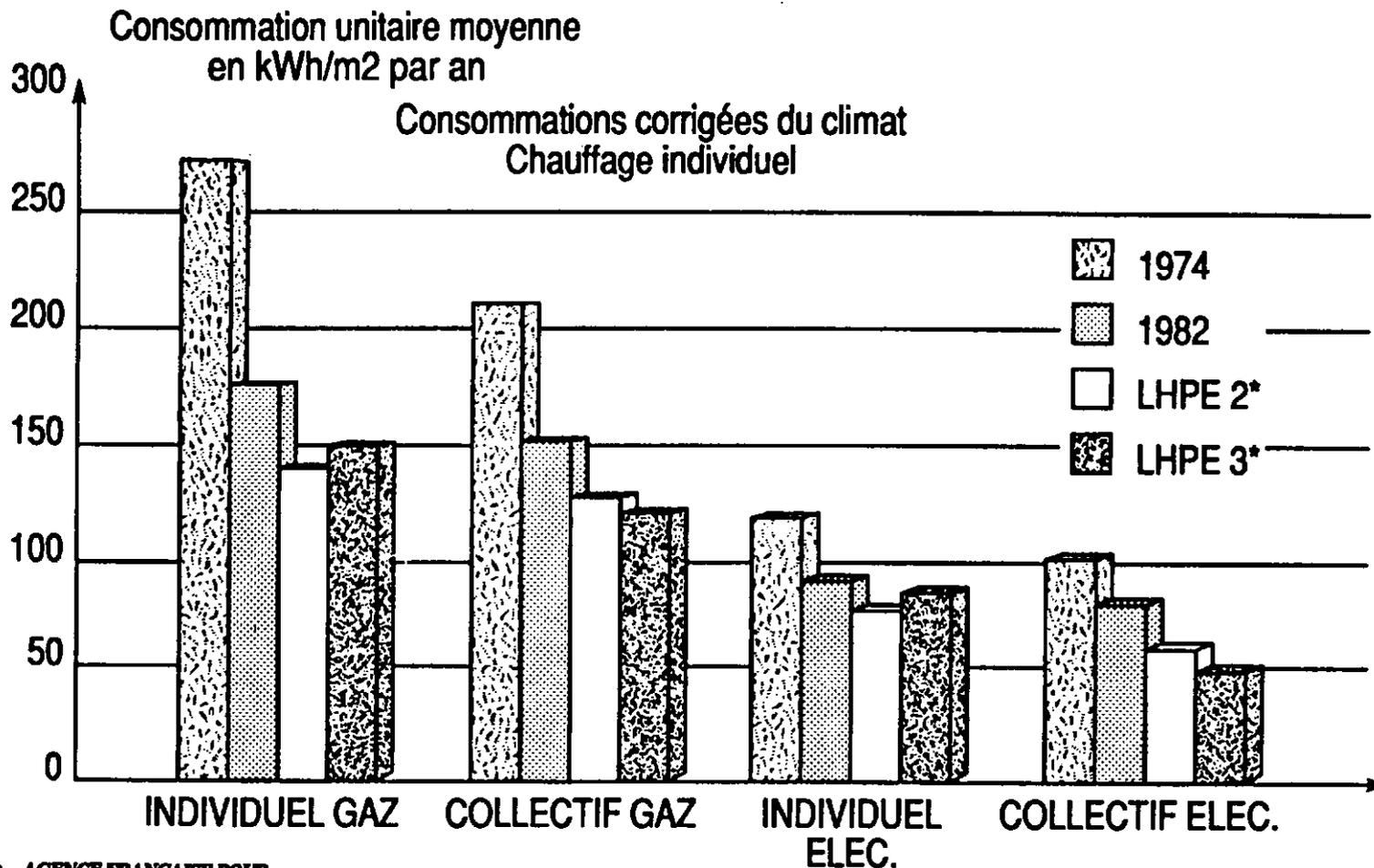
49



AGENCE FRANCAISE POUR  
LA MAITRISE DE L'ENERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

Source CEREN 3

# CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET D'ECS DES LOGEMENTS SELON LA DATE DE CONSTRUCTION



50



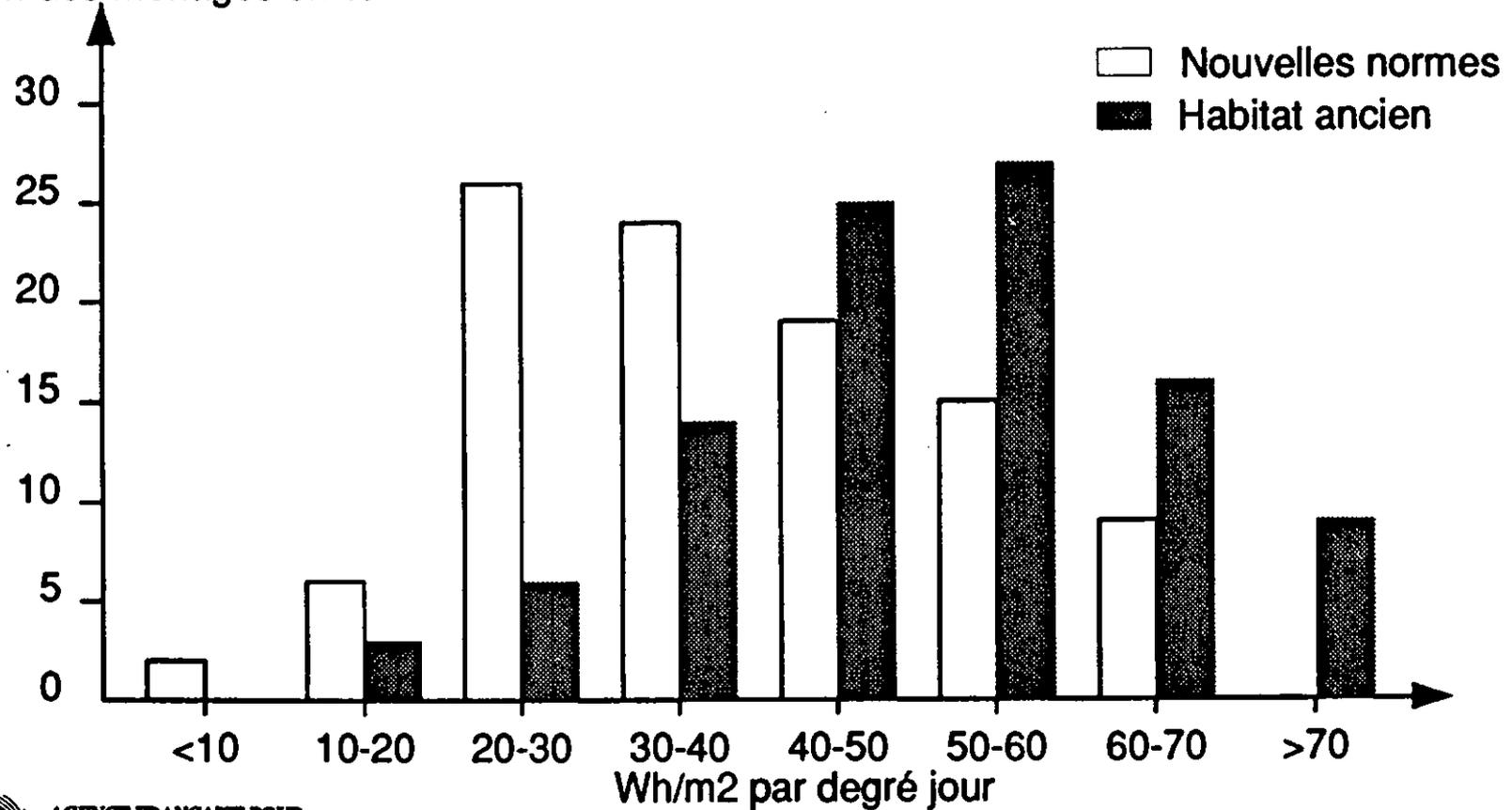
AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

Type de logement/énergie de chauffage

Source : Enquête CSTB/TEC Habitat 2

# HISTOGRAMMES DES CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE EN HABITAT COLLECTIF ELECTRIQUE EN 1987

Répartition des ménages en %



51

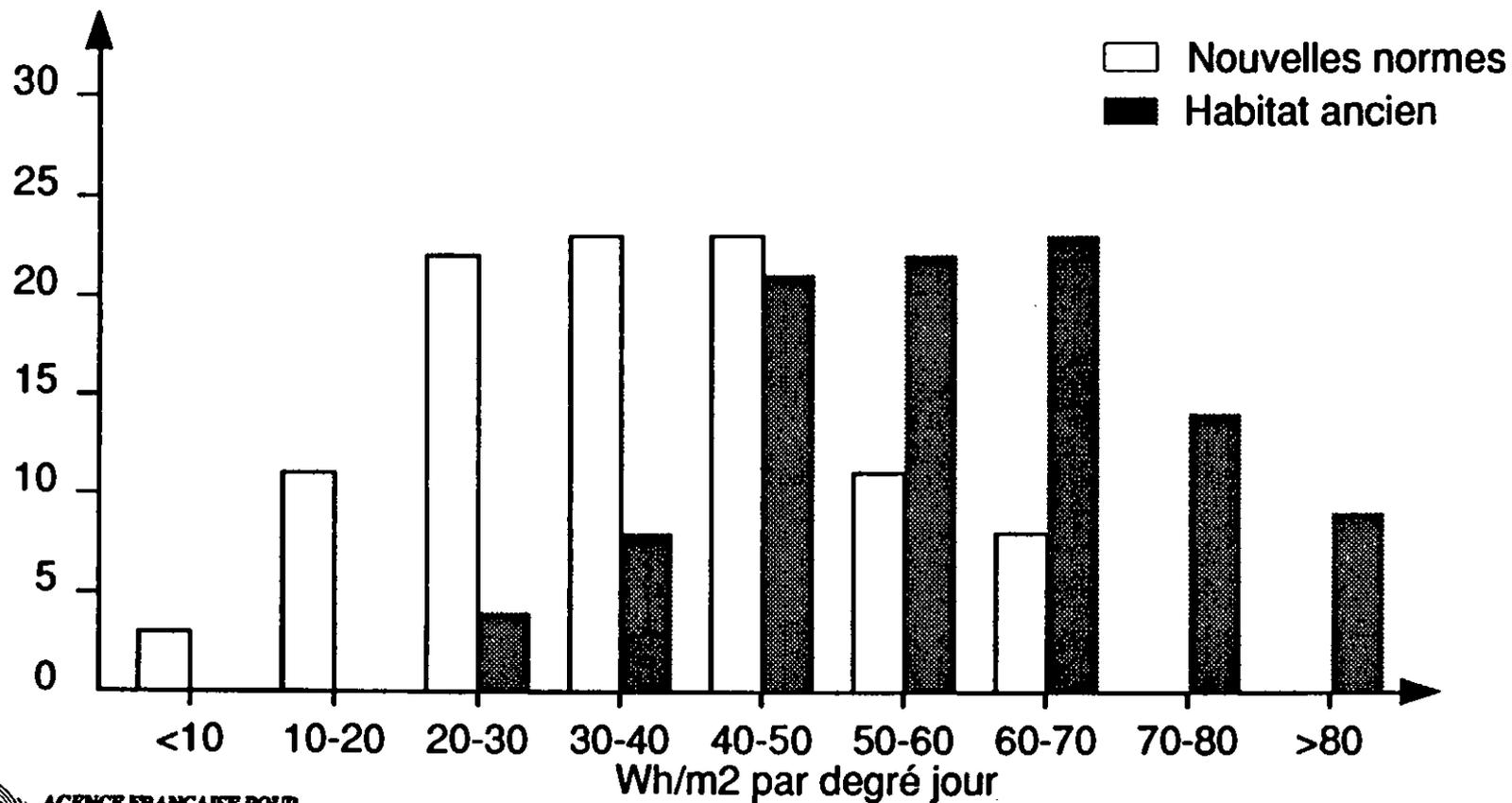


AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
NOVEMBRE 1989

Source : CEREN

# HISTOGRAMMES DES CONSOMMATEURS DE CHAUFFAGE EN HABITAT COLLECTIF GAZ EN 1987

Répartition des ménages en %



52



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
NOVEMBRE 1989

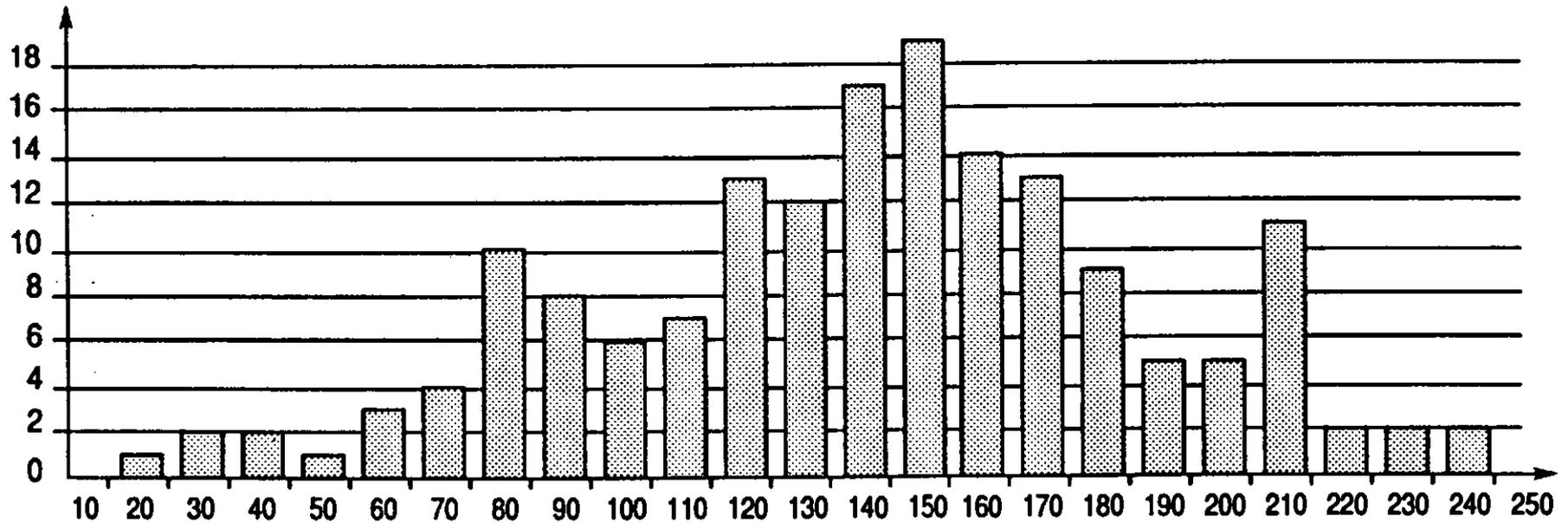
Source : CEREN

# CONSOMMATIONS DES LOGEMENTS COLLECTIFS HPE 2\* GAZ

Consommations corrigées du climat  
Chauffage individuel

Nombre  
de logements

53



Consommations unitaires en kWh/m<sup>2</sup> par an

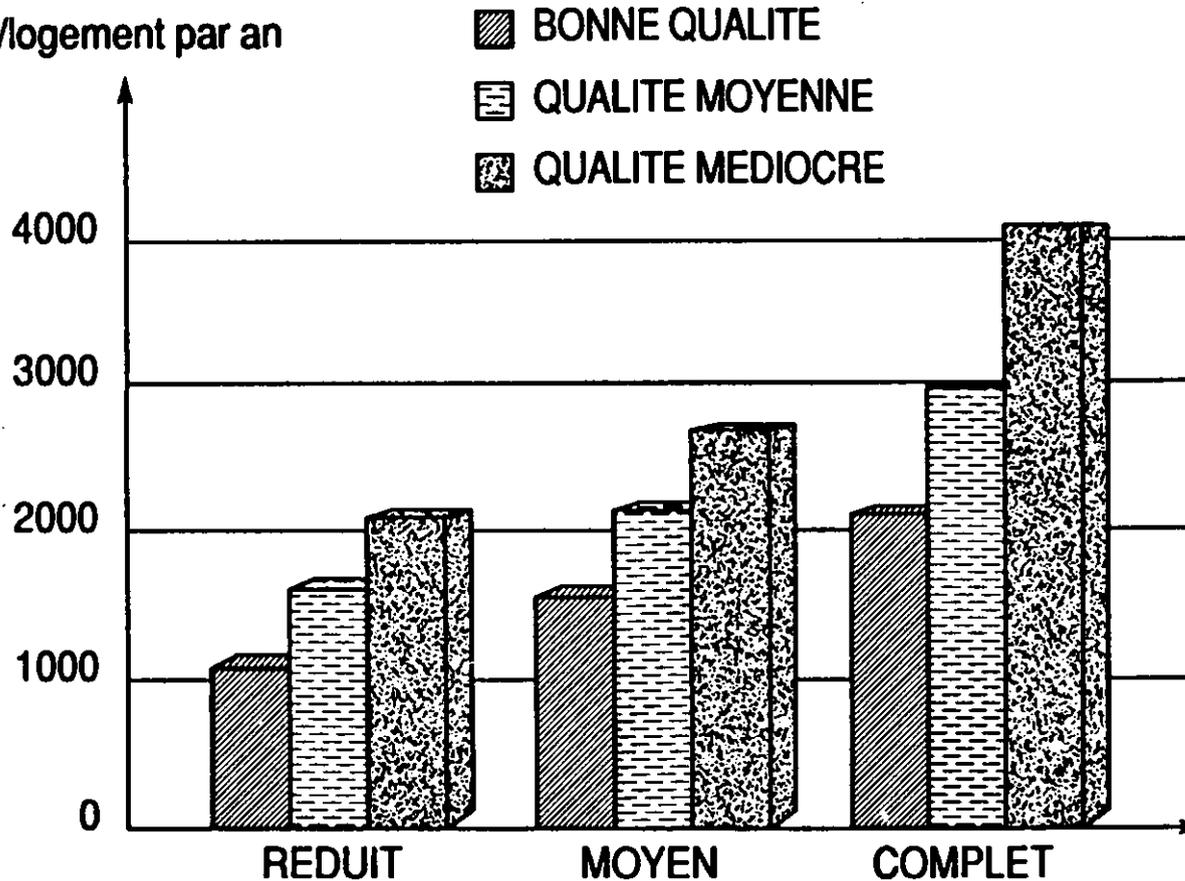


AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

Source : Enquête CSTB/TEC Habitat 4

# CONSOMMATION MOYENNE EN ELECTRO-MENAGER SELON LE NIVEAU ET LA QUALITE DES EQUIPEMENTS

kWh/logement par an



Niveau d'équipement

Réduit

TV  
Réfrigérateur  
Lave-linge  
Aspirateur  
Fer à repasser  
Eclairage

Moyen

Cuisson four  
Cuisson plaque  
Hi-Fi

Complet

Congélateur  
Lave-vaisselle  
Micro-ondes

54



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

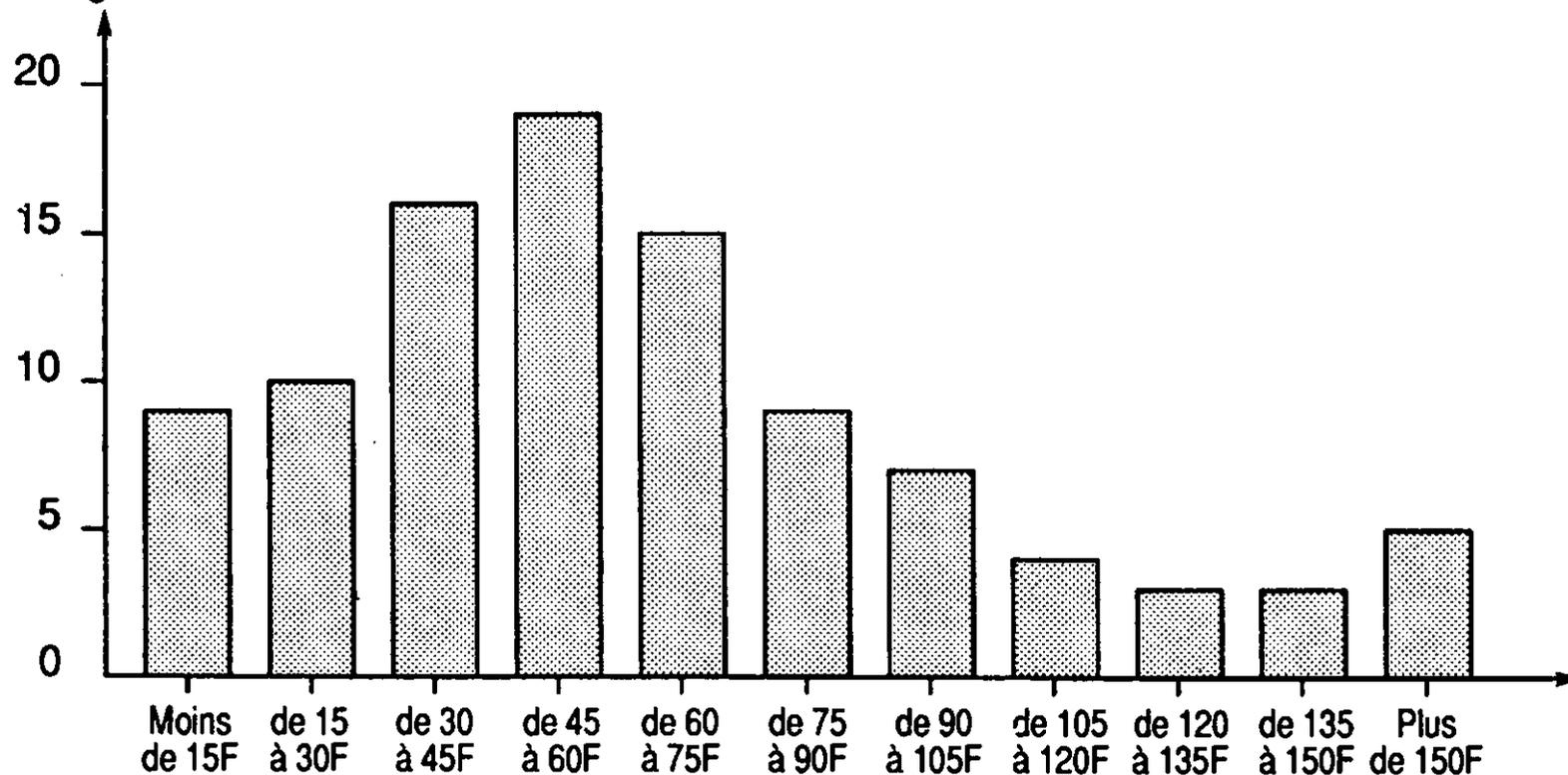
NIVEAU D'EQUIPEMENT

Source : AFME - Enquête distribution 5

# DEPENSES MOYENNES DES MENAGES EQUIPES EN CHAUFFAGE CENTRAL COLLECTIF

(usages chauffage et eau chaude sanitaire)

Répartition des  
ménages en %



55

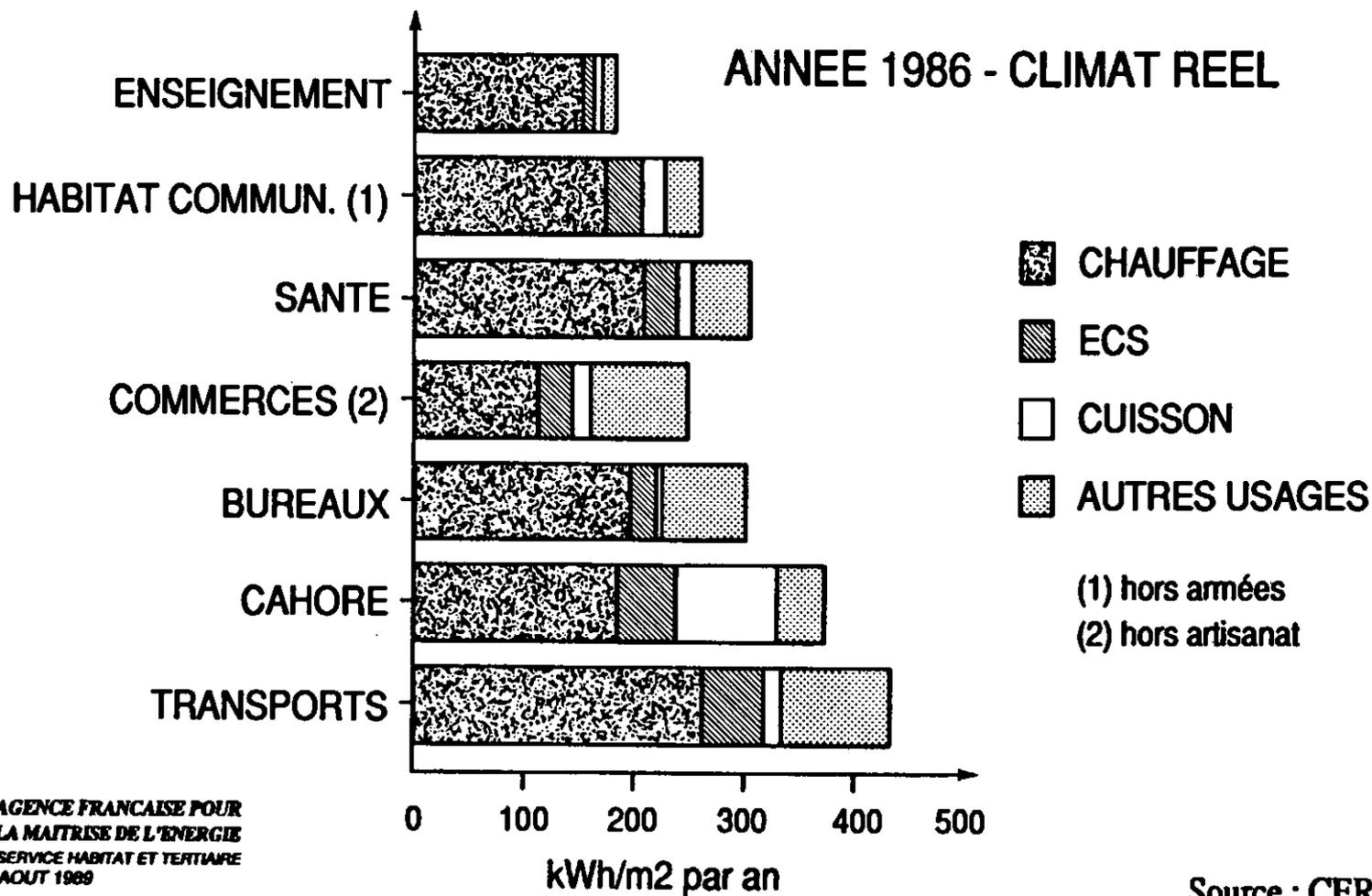


AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
OCTOBRE 1989

Dépenses annuelles par ménage en francs TTC par mètre carré

Source : Enquête AFME-SOFRES 1988

# SECTEUR TERTIAIRE CONSOMMATION UNITAIRE MOYENNE PAR USAGE ET PAR BRANCHE



56



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

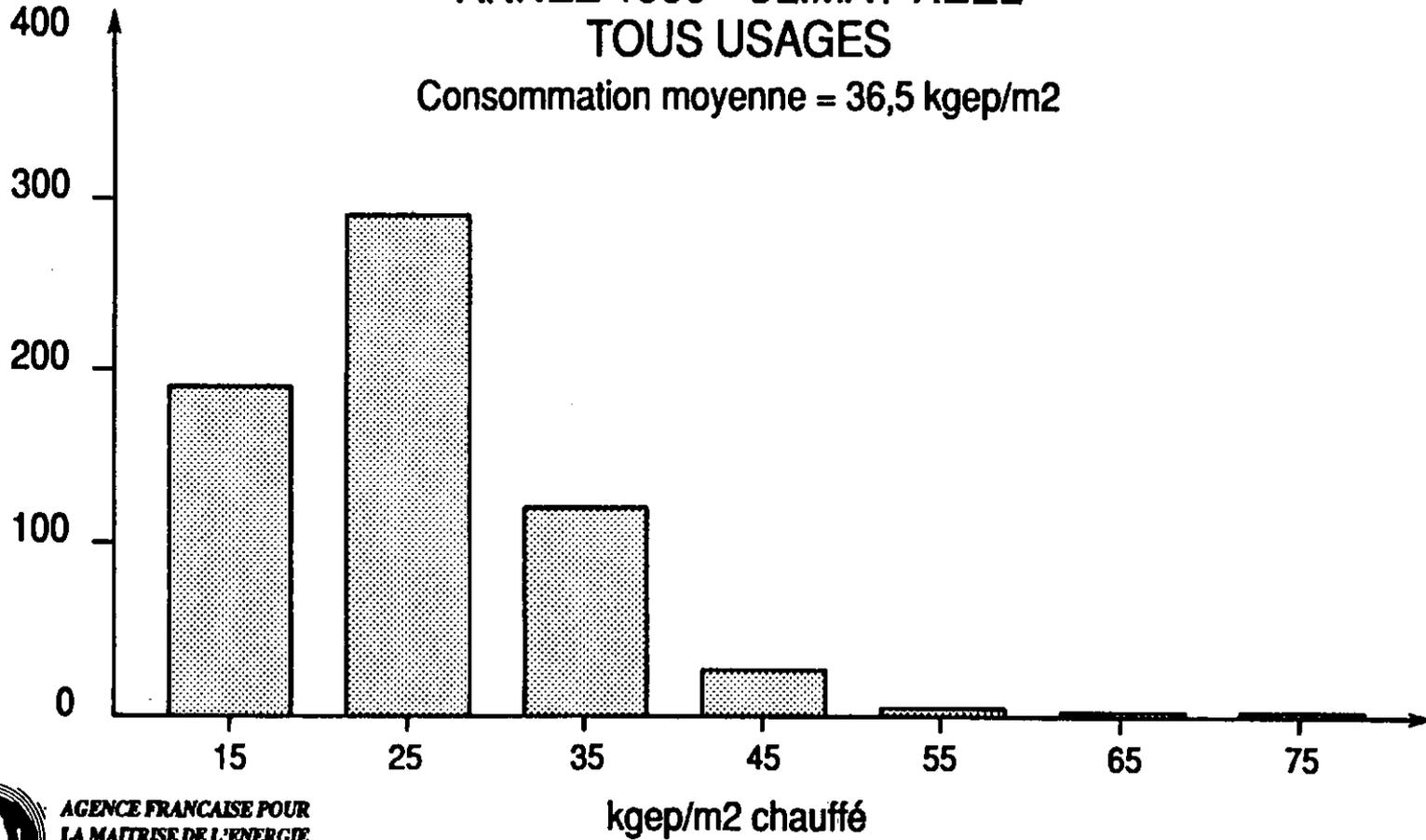
Source : CEREN 6

# SANTE, ACTION SOCIALE DISPERSION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

Nbre d'établissements

ANNEE 1986 - CLIMAT REEL  
TOUS USAGES

Consommation moyenne = 36,5 kgep/m<sup>2</sup>



57



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

Source : CEREN 8

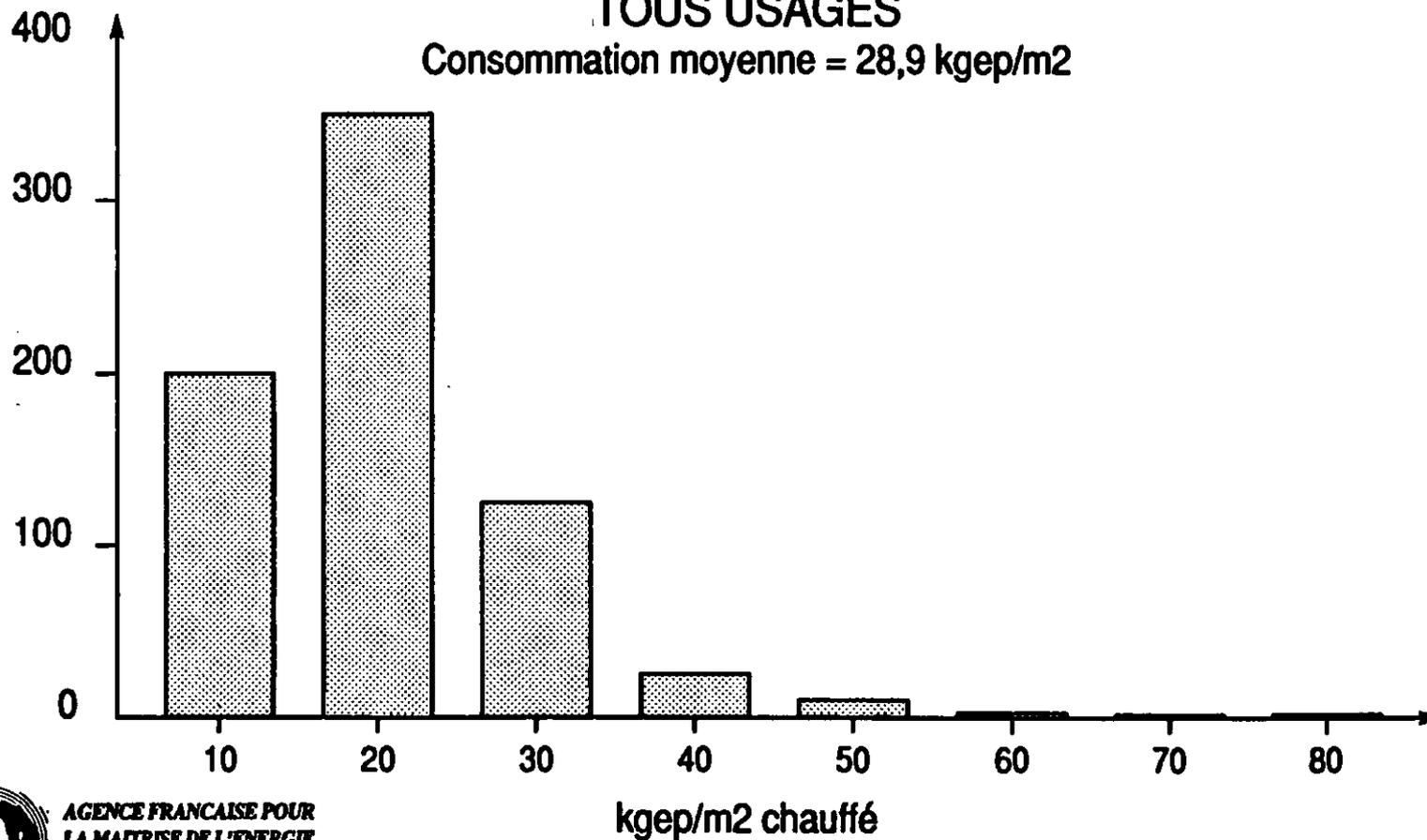
# BUREAUX, ADMINISTRATIONS DISPERSION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

ANNEE 1986 - CLIMAT REEL

TOUS USAGES

Consommation moyenne = 28,9 kgep/m<sup>2</sup>

Nbre d'établissements



58



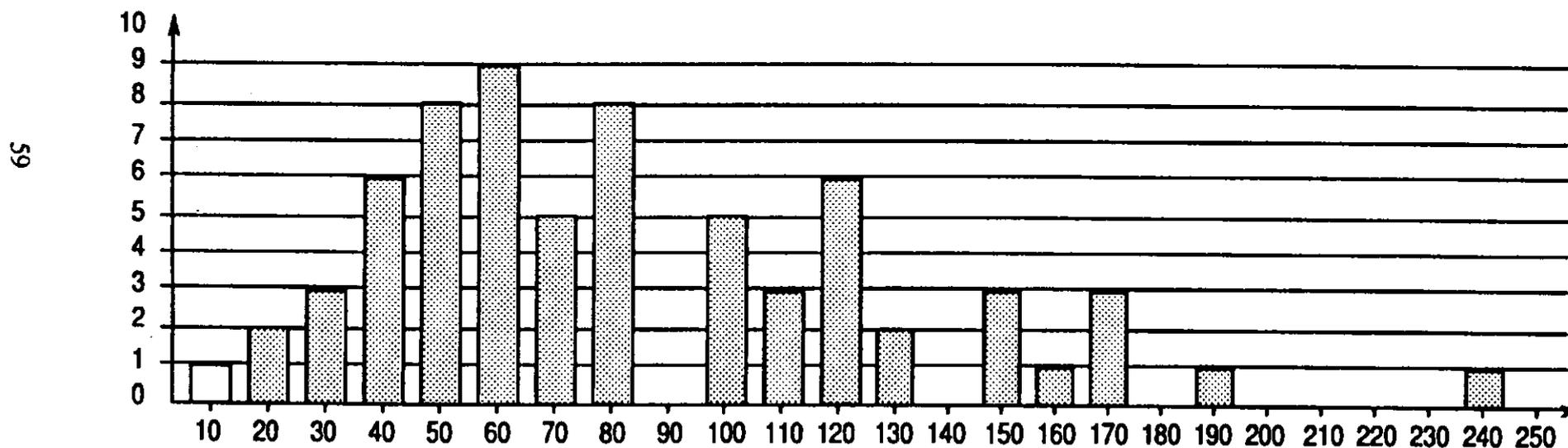
AGENCE FRANCAISE POUR  
LA MAITRISE DE L'ENERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOUT 1989

Source : CEREN 7

# HISTOGRAMMES DE CONSOMMATIONS ECLAIRAGE PUBLIC EN LANGUEDOC-ROUSSILLON

Nombre  
de communes

Consommations moyennes : 78,6 kWh/habitant  
509,0 kWh/lampe



Consommation par habitant en kWh/habitant par an



AGENCE FRANÇAISE POUR  
LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
SERVICE HABITAT ET TERTIAIRE  
AOÛT 1989

Source : AFME-DR Languedoc-Roussillon 9



# L'INDICE DE DEPENSE D'ENERGIE DE PATINOIRES ARTIFICIELLES

**Christian Trachsel**  
Trachsel Ingénieurs-Conseils SA  
rue de la Châtellenie 23

2072 St-Blaise

tél. (038) 33'10'40

## Résumé

Il existe en Suisse un peu plus de 100 patinoires artificielles, chacune d'elles présentant des caractéristiques particulières telles que la taille, la localisation géographique ou la durée de la saison d'exploitation. Chaque installation devient pratiquement un objet unique.

Malgré la complexité de l'analyse des consommations d'énergie de telles installations, il est possible de définir un indice de dépense d'énergie qui permet la comparaison de toutes les patinoires artificielles entre-elles.

## 1. Introduction

Les exploitants de patinoires artificielles suisses ne disposent à ce jour d'aucune méthode leur permettant de comparer entre-eux les performances énergétiques globales de leurs installations respectives.

Pour remédier à ce manque évident, le NEFF (Nationaler Energie Forschungs Fonds) a financé une recherche qui nous a permis de mettre au point une méthode de calcul d'un indice de dépense d'énergie propre aux patinoires artificielles. L'exemple traité dans cette présentation constitue un résumé des résultats obtenus dans le cadre de ce projet de recherche.

## 2. Situation actuelle

Il existe aujourd'hui en Suisse un peu plus de 100 patinoires artificielles en activité, chacune d'elles présentant des caractéristiques propres, au niveau constructif ou au niveau de l'exploitation, qui en font des objets pratiquement uniques.

Porter un jugement global sur les qualités énergétiques de telles installations est délicat pour les principales raisons suivantes :

- o La taille d'une patinoire, soit sa surface de glace, peut varier très sensiblement d'une installation à l'autre : on constate que les surfaces de glace sont comprises entre 1'800 et 5'000 m<sup>2</sup> environ.
- o Les conditions météorologiques caractérisant la localisation géographique de chaque patinoire sont très variées. On peut grossièrement différencier l'ensemble des patinoires artificielles suisses en deux catégories en fonction de leur situation géographique :
  - les patinoires de plaine, situées sur le plateau suisse, sont localisées à une altitude de 500 mètres environ,
  - les patinoires de stations, situées dans le jura, les préalpes ou les alpes, se trouvent généralement à une altitude de 1'000 mètres ou plus.
- o La durée de la saison d'exploitation présente de grandes différences d'une patinoire à l'autre : le maintien de la glace peut varier de 5 à plus de 10 mois par année selon l'installation. La demande locale peut être influencée par le tourisme, par une équipe de hockey évoluant dans un championnat national de ligue supérieure, . . .

Malgré la complexité de l'analyse des consommations d'énergie de patinoires artificielles, nous allons montrer, en nous appuyant sur notre expérience dans le domaine du chauffage, comment calculer un indice de dépense d'énergie de telles installations, et ceci en tenant compte de l'importance de la surface de glace, de la localisation géographique ainsi que de la durée de la saison d'exploitation.

## 3. Signature Énergétique d'une patinoire artificielle

Les exploitants de patinoires artificielles procèdent, dans la majorité des cas, à des relevés réguliers de paramètres d'exploitation de leurs installations techniques, et ceci à une fréquence allant de 2 fois par jour à une fois par semaine, en fonction de l'importance de l'installation.

Dans les documents que nous avons eu l'occasion d'analyser, nous avons porté la priorité sur la consommation d'électricité. En les mettant en regard de données météorologiques détaillées fournies par l'ISM (Institut Suisse de Météorologie), nous avons testé le principe de la Signature Energétique sur huit patinoires artificielles différentes. Dans chaque cas traité, nous en avons conclu que la puissance électrique moyenne demandée est linéairement dépendante de la température moyenne extérieure.

Pour illustrer cette propriété remarquable, nous montrons dans la figure 1 les résultats obtenus dans le cas d'une patinoire particulière :

Puissance [ kW ]

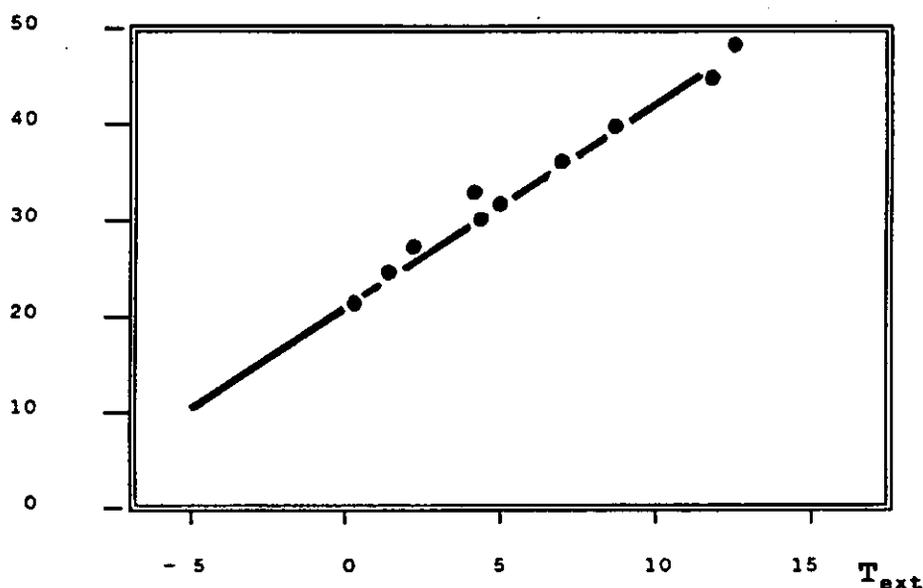


Figure 1 :

Signature Energétique d'une patinoire artificielle située dans le jura à une altitude de 900 mètres. Les résultats présentés montrent le comportement de cette installation au cours de la saison 1989-1990 sur la base de relevés hebdomadaires. On en déduit la Signature Energétique suivante :

$$P \text{ [ kW ]} = 2.12 T_{\text{ext}} + 21.0$$

La figure 1 valide le principe de la Signature Energétique : les points répartis sur le graphique sont caractérisés par une faible dispersion autour de la droite, ce qui démontre la qualité du modèle mathématique retenu.

Un résultat important pouvant être déduit de la Signature Energétique est la détermination de la consommation d'électricité de cette patinoire sur l'ensemble de la saison d'exploitation. Pour ce faire, il est nécessaire de connaître les conditions climatiques caractérisant cette période : dans le cas particulier, la patinoire a été ouverte entre le 23 septembre 1989 et le 17 mars 1990, ce qui représente une durée totale de 175 jours, période durant laquelle la température extérieure moyenne a été de 4.2 °C.

La connaissance de la Signature Energétique nous permet de calculer la puissance moyenne demandée sur l'ensemble de la saison d'exploitation, soit pour une température extérieure de 4.2 °C. On trouve alors, dans ces conditions,  $P_{moyenne} = 29.9 \text{ kW}$

Cette puissance moyenne soutirée pendant 175 jours nous permet d'estimer la consommation  $CONS_{estimée} = 125'600 \text{ kWh/saison}$  (la consommation réelle au cours de la saison 1989-1990 se monte à 123'400 kWh/saison).

La patinoire qui a été prise en exemple ici ne présente pas les caractéristiques constructives et d'exploitation représentatives de la majorité des patinoires artificielles suisses :

- o Sa surface de glace n'est que de 1'800 m<sup>2</sup>, contre 3'600 dans la majorité des installations.
- o Sa situation géographique est privilégiée au niveau de l'exploitation, le climat étant sensiblement plus "froid" qu'en plaine, d'où une consommation d'énergie réduite.
- o La durée d'exploitation est courte comparativement aux patinoires urbaines ou de stations qui sont quant-à-elles en exploitation au moins entre le 15 août et le 31 mars.

Voyons alors comment tenir compte de ces différents facteurs pour déterminer un indice de dépense d'énergie "normalisé".

#### 4. Indice de dépense d'énergie de patinoires artificielles

Comme nous l'avons vu ci-dessus, la connaissance de la Signature Energétique d'une patinoire artificielle nous permet de calculer sa consommation pour toute condition climatique particulière !

Afin d'éliminer l'influence de la localisation géographique de l'installation étudiée ainsi que de la durée de son exploitation par année, il suffit de définir des conditions "standards" pour toutes les patinoires :

- \* localisation : plateau suisse, altitude 400 m.
- \* début de la saison : 15 août
- \* fin de la saison : 31 mars
- \* durée de la saison : 228 jours
- \*  $T_{ext}$  moyenne : 7.0 °C

Dans le cas de la patinoire présentée ici, on peut calculer la puissance moyenne "standard"  $P_{stand.}$  ainsi que la consommation au cours de la saison correspondante  $CONS_{stand.}$  :

$$P_{stand} = 35.8 \text{ kW}$$

$$CONS_{stand} = 196'120 \text{ kWh / saison}$$

Finalement, il suffit de diviser cette dernière valeur par la surface de la glace et remplacer la durée de la saison d'exploitation par une valeur exprimée en heures pour obtenir une grandeur  $E_{patin.}$ , l'indice de dépense d'énergie d'une patinoire artificielle :

$$E_{patin.} = 19.9 \text{ W / m}^2$$

Le tableau ci-dessous résume la démarche que nous avons appliquée pour déterminer l'indice de dépense d'énergie d'une patinoire artificielle.

	C o n d i t i o n s	
	réelles	"Standards"
Début exploitation	23 sept.	15 août
Fin exploitation	17 mars	31 mars
Durée exploitation	175 j	228 j
$T_{ext}$ moyenne	4.2 C	7.0 C
Consommation/saison	123'400 kWh	196'120 kWh
Puissance moyenne	29.9 kW	35.8 kW
Indice $E_{patin.}$	16.3 W / m2	19.9 W / m2

Tableau 1 :

Comparaison entre la situation réelle de la patinoire et la situation "standard", cette dernière permettant d'estimer ses performances globales dans une situation géographique, avec une durée d'exploitation et des conditions climatiques "standards" !

## 5. Conclusion

La production de froid dans les patinoires artificielles est un domaine relativement peu connu : il existe en Suisse un peu plus de 100 installations de ce genre. Faisons alors une comparaison avec le domaine du chauffage des bâtiments, domaine dans lequel on dispose d'énormément de données statistiques au niveau de la consommation spécifique.

La recommandation SIA 380/1 (L'énergie dans le bâtiment) donne, pour l'indice de dépense d'énergie de chauffage dans les immeubles à appartements, la valeur limite  $E_{\text{chauf}} = 300 \text{ MJ} / \text{m}^2 \text{ a}$

Signalons ici un problème d'unité : une grandeur exprimée en  $\text{MJ} / \text{m}^2 \text{ a}$  représente en fait une consommation d'énergie ( MJ ) divisée par un temps ( a ), ce qui en réalité représente une puissance, le tout étant rapporté au  $\text{m}^2$  chauffé !

Si l'on remplace la durée a, qui représente en fait la durée de la saison de chauffage, par une valeur exprimée en seconde (l'unité officielle du temps), on trouve :

$$\begin{aligned} E_{\text{chauf}} &= 300 \text{ MJ} / \text{m}^2 \text{ a} \\ &= 16.5 \text{ W} / \text{m}^2 \end{aligned}$$

On rappellera que l'indice de dépense d'énergie calculé pour une patinoire artificielle particulière vaut :

$$E_{\text{patin.}} = 19.9 \text{ W} / \text{m}^2$$

On en déduit que la production de froid dans une patinoire artificielle demande approximativement la même quantité d'énergie comparativement au chauffage d'appartements !

## **INDICE ELECTRIQUE: UN CONCEPT FAUX POUR UNE UTILISATION CORRECTE**

**Jean-Pascal GENOUD**  
délégué à l'énergie du canton de Genève

### **1 Résumé**

La volonté politique de disposer, en matière de consommation d'électricité, d'un outil comparable à l'indice thermique a conduit l'OCEN à proposer l'étude d'un indice portant sur les consommations communes dans le secteur immobilier, susceptible de pouvoir être cumulé à l'indice chaleur. Cette étude se heurte à plusieurs difficultés liées à la méconnaissance générale de la consommation d'électricité dans le domaine du bâtiment et à celle du parc immobilier lui-même. L'étude se déroule en trois phases principales: la recherche typologique, les mesures et la modélisation des résultats. Elle doit aboutir dans un délai de 2 ans.

### **2 Préambule: organisation de l'administration cantonale**

Le délégué à l'énergie a pour mission de soutenir et conseiller les acteurs politiques (Conseil d'Etat et Grand Conseil) dans leurs décisions en matière d'énergie.

L'office cantonal de l'énergie (OCEN) est une administration dont la fonction est d'assurer l'application des divers textes légaux et réglementaires en relations avec l'énergie.

Ces deux tâches, séparées sur le plan formel, sont en fait assumées par un seul et même groupe de collaborateurs de l'administration sous la direction de M. Jean-Pascal GENOUD.

D'une façon générale la mission de cette entité est définie dans l'article 160C de la Constitution genevoise, article adopté par le peuple en décembre 1986.

### **3 Objectifs**

S'il est aujourd'hui possible de porter une appréciation qualitative sur un immeuble au vu de sa consommation d'énergie destinée au chauffage, grâce à l'indice énergétique thermique, nous ne disposons en revanche pas encore "d'outils" permettant une approche similaire portant sur la consommation d'électricité dans le secteur immobilier.

Une définition similaire à celle de l'indice thermique (cf pt 4.1: Hypothèse) est fautive dans la mesure où l'indice est une valeur relative à une prestation ou à un représentant valable de cette prestation. Or la surface de plancher chauffé n'est pas représentative des prestations, multiple et souvent indépendantes, offerte par l'électricité dans un bâtiment.

La volonté politique de disposer, en matière de consommation d'électricité, d'un outil comparable à l'indice thermique a donc conduit l'OCEN à proposer l'étude d'un indice portant sur les consommations communes dans le secteur immobilier, susceptible de pouvoir être cumulé à l'indice chaleur.

L'étude a pour but de procurer une connaissance aussi précise que possible :

- a) de la nature des consommateurs destinés à assurer des prestations à la totalité des usagers de l'immeuble (communs d'immeuble);
- b) la puissance et le taux de charge de l'ensemble des consommateurs;
- c) les facteurs de simultanéité;

et de dresser un inventaire des cas particuliers non identifiables par un modèle d'application.

Cette étude est activement soutenue par l'Office fédéral de l'énergie qui participe à raison de 50 % à son financement.

## 4 Méthodologie

### 4.1 Hypothèse

L'ensemble de l'étude est fondée sur l'hypothèse que la définition, pour le secteur immobilier, d'un indice de consommation d'électricité est: **"la somme des consommations électriques annuelles des installations techniques dont les prestations sont communes aux utilisateurs de l'immeuble, pondérée par la surface de plancher chauffé de celui-ci"**.

### 4.2 Démarche

La démarche à conduire pour aboutir comporte 3 phases principales.

#### 1. Recherche typologique et indices globaux

Le parc immobilier genevois vu sur le plan des consommations des communs n'est pas connu. Dès lors, une analyse typologique des immeubles genevois doit être conduite et aboutir à la définition de classes et des indices globaux correspondants.

#### 2. Mesures in situ

Pour pouvoir, dans chaque classe de l'échantillon, désagréger par nature des consommateurs et quantifier les consommations spécifiques, il est nécessaire de procéder à une importante campagne de mesures au sein de l'échantillon de bâtiments retenu.

### **3 Modélisation et indices détaillés**

Sur la base des analyses des mesures obtenues en (2) et des analyses conduites en (1), l'étude devra mettre en évidence une typologie détaillée des consommations au sein des bâtiments.

Une modélisation pourrait permettre d'établir une prédiction de l'indice électrique pour un bâtiment donné.

Les résultats sont attendus dans un délai de 2 ans dès le début des travaux.

Si nécessaire, la démarche pourra être modifiée en fonction d'expériences acquises en cours d'expérience.

### **5 Conclusion**

L'étude engagée par l'OCEN doit combler un vide de connaissances dans le domaine de la consommation électrique des équipements collectifs du secteur immobilier et ses résultats permettront vraisemblablement de mieux apprécier la consommation d'électricité d'un bâtiment.





**Economies potentielles d' énergie électrique dans  
les bâtiments du tertiaire :  
méthode pour optimaliser la consommation**

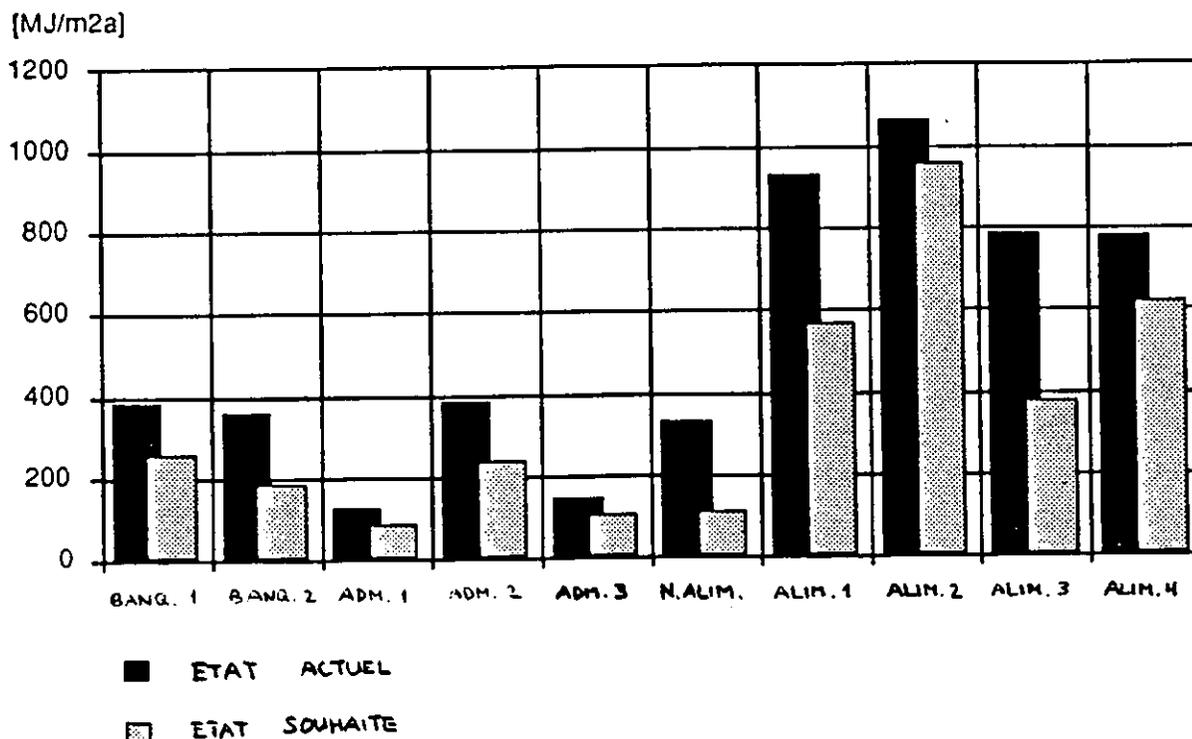
I. Keller,  
Amstein + Walthert, Ingénieurs-conseils en électricité SA,  
Genève

1.        **RESUME**
  
2.        **INTRODUCTION**
  - 2.1       **GENERALITES**
  - 2.2       **PROJET DE RECHERCHE**
  
3.        **METHODE UTILISEE**
  - 3.1       **EVALUATION DU BATIMENT**
  - 3.2       **ANALYSE SOMMAIRE**
  - 3.3       **ANALYSE DETAILLE : DEFINITION DE L'ETAT ACTUEL**
    - 3.3.1     Mesures dans la distribution principale
    - 3.3.2     Relevé des consommateurs électriques
    - 3.3.3     Matrice du bilan d'énergie électrique
    - 3.3.4     Mesures pour transformation
    - 3.3.5     Coût
  
4.        **RESULTATS DES ANALYSES DETAILLES**
  - 4.1       **CARACTERISTIQUES BATIMENT**
  - 4.2       **INDICES DE DEPENSE D'ENERGIE**
  - 4.3       **MATRICES DE BILANS D'ENERGIE**
  
5.        **CONCLUSIONS**

## 1. RESUME

Une méthode permettant d'optimiser la consommation d'énergie électrique a été testée, pratiquement, sur dix objets du tertiaire.

Les analyses détaillées effectuées à cet effet ont démontré un potentiel d'économies d'énergie électrique important (de l'ordre de 30 % à 50 %), selon le graphique ci-dessous.



Les points suivants nous paraissent particulièrement importants :

- La méthode utilisée a fait ses preuves en pratique. Elle est donc applicable pour d'autres analyses similaires.
- Les économies d'énergie électrique théoriquement possibles sont plus importantes que les économies effectivement réalisables du point de vue économique.
- Les mesures d'économie d'énergie ont été proposées avec prise en compte du confort initial. D'une manière générale, une économie d'énergie est une optimisation de l'utilisation de cette énergie souvent liée à une augmentation de la qualité du climat de travail.

- Les analyses effectuées ont montré que les charges internes (éclairage, appareils) sont pratiquement toujours surestimées par les ingénieurs CVC pour le dimensionnement de leurs installations.

## 2. INTRODUCTION

### 2.1 GENERALITES

Diverses études confirment que d'importantes économies d'énergie électriques sont réalisables dans les bâtiments actuels. Les avis diffèrent fortement quant à la quantification de ces économies hypothétiques. Le manque de connaissances et d'intérêt dans ce domaine est à la base de l'application restreinte de mesures d'économies concrètes et efficaces. C'est en essayant de combler ces lacunes que nous espérons pouvoir contribuer à une utilisation plus rationnelle de l'énergie électrique.

L'accroissement de nos connaissances dans ce domaine s'appuie sur des théories appliquées et vérifiées sur des objets concrets pour lesquels il est indispensable d'effectuer une analyse détaillée de l'énergie électrique consommée.

### 2.2 PROJET DE RECHERCHE

Notre projet a été divisé en deux phases :

#### Phase 1 :

- Enregistrement de l'état actuel des installations électriques basé sur des mesures réelles.
- Etablissement de listes de mesures à prendre pour réaliser des économies d'énergie à court, moyen et long terme.
- Etablissement d'un bilan énergétique comparant valeurs actuelles et valeurs souhaitées.
- Recommandations de transformations économiques intéressantes pour l'utilisateur.

### Phase 2 :

- Réalisation des transformations par l'utilisateur.
- Contrôle pratique des économies d'énergie théoriques après transformation.
- Contrôle pratique des coûts de transformation annoncés.
- Définition de consommations spécifiques permettant de comparer divers objets.
- Etablissement de directives servant de base à de futurs projets afin d'optimiser l'utilisation de l'énergie électrique.

## 3. METHODE UTILISEE

L'utilisation de l'énergie électrique a été la motivation directrice à l'établissement de la procédure énoncée ci-après. Il va de soi que la consommation d'énergie d'un bâtiment est fonction de son enveloppe, de l'installation de chauffage et des installations électriques.

### 3.1 EVOLUTION DU BATIMENT

Acceptation de l'utilisateur d'utiliser toutes ou partie des améliorations proposées.

Dispersion dans toute la Suisse des objets retenus.

Le présent projet s'est basé sur :

- 2 bâtiments administratifs (installations techniques simples)
- 3 bâtiments administratifs (installations techniques plus complexes)
- 2 magasins alimentaires indépendants
- 2 magasins alimentaires dans grandes surfaces commerciales
- 1 magasin vestimentaire.

### 3.2 ANALYSE SOMMAIRE

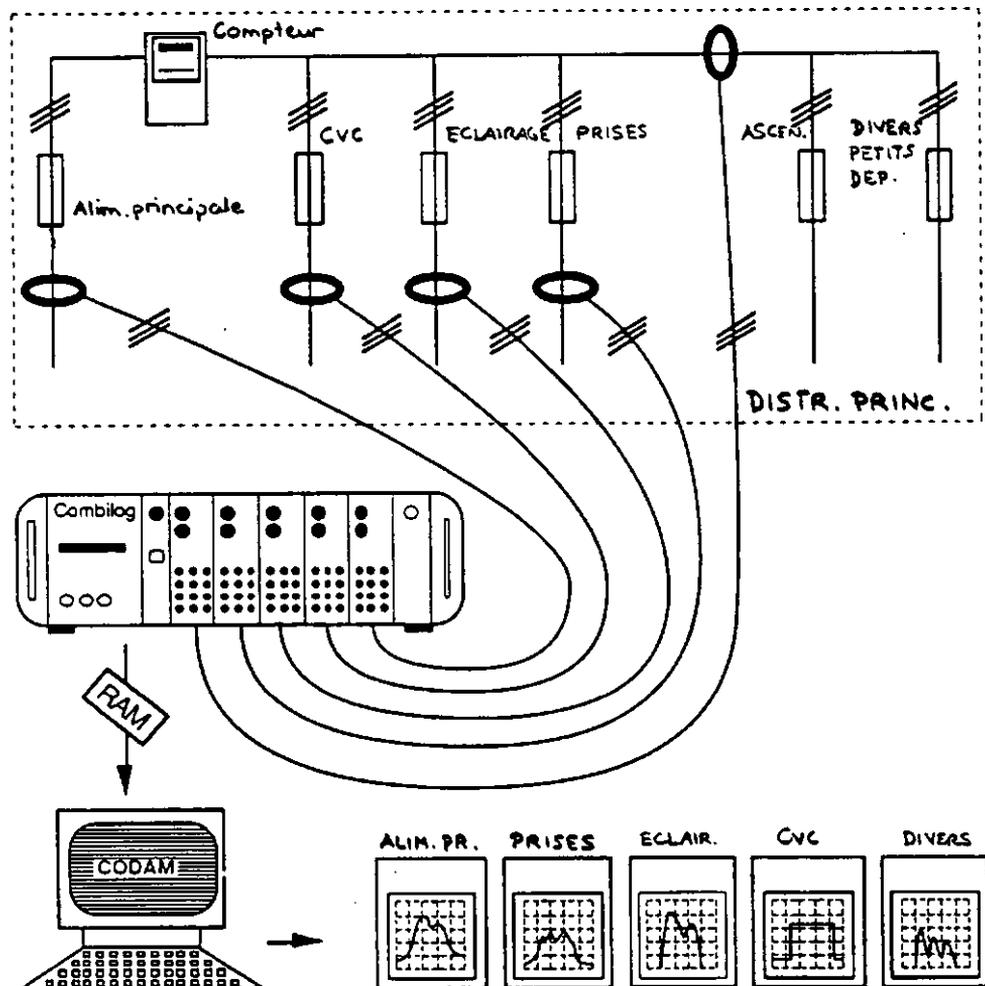
Récolte de documents de base concernant l'objet à analyser (plans d'architectes, schéma de distribution principale électrique, schémas de principe CVCS, factures d'électricité, caractéristiques du bâtiment, etc.).

Evaluation globale des installations et définition de la faisabilité d'une analyse détaillée.

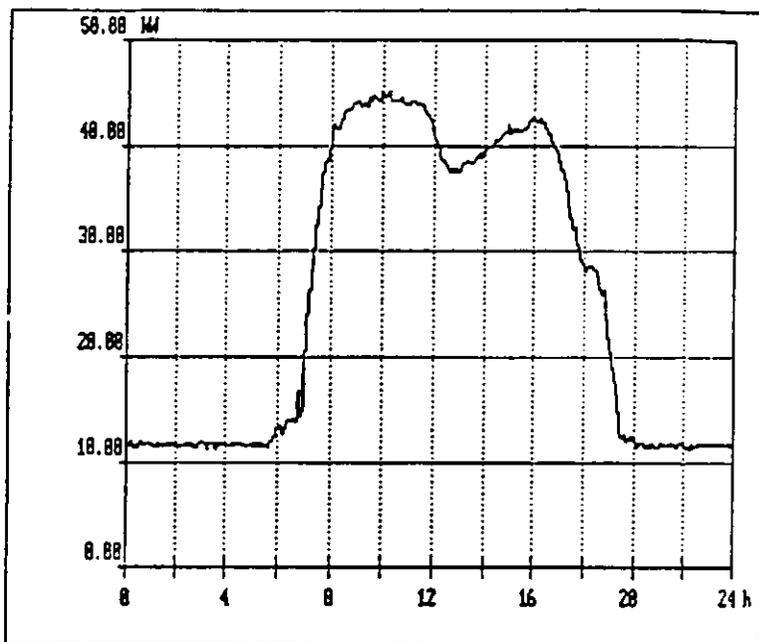
### 3.3 ANALYSE DETAILLEE : DEFINITION DE L'ETAT ACTUEL

#### 3.3.1 Mesures dans la distribution principale

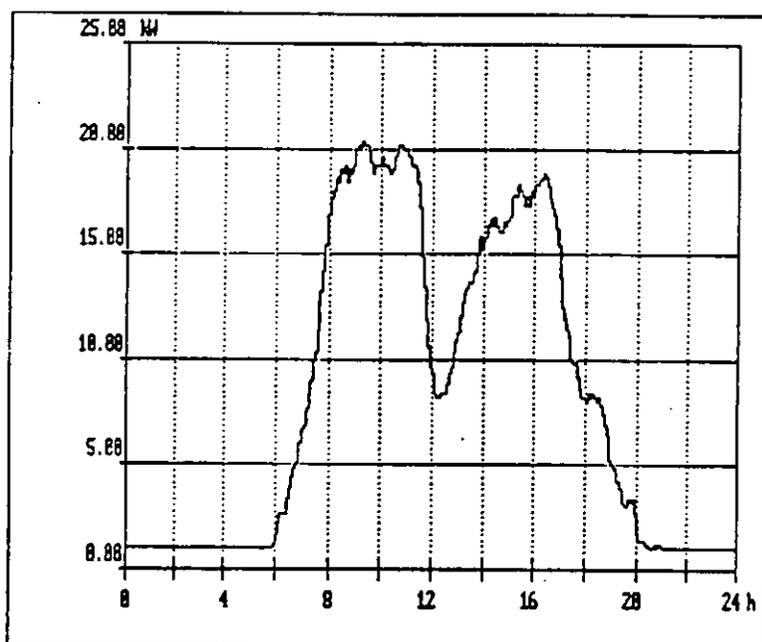
Mesures de puissances actives et réactives sur 5 à 10 départs importants de cette distribution afin de définir la répartition structurée de la consommation globale. Deux périodes de mesure à deux semaines chacune (été et hiver) permettent de déterminer une consommation annuelle précise.



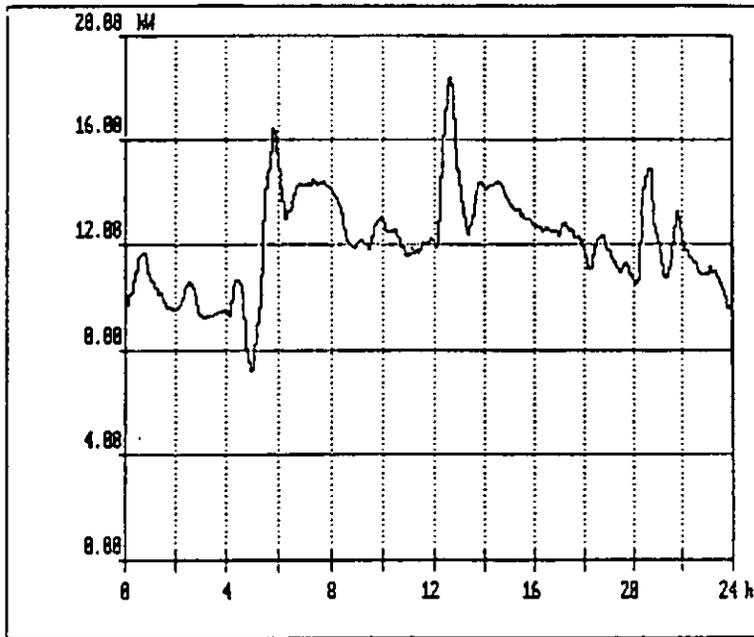
## EXEMPLES DE MESURES



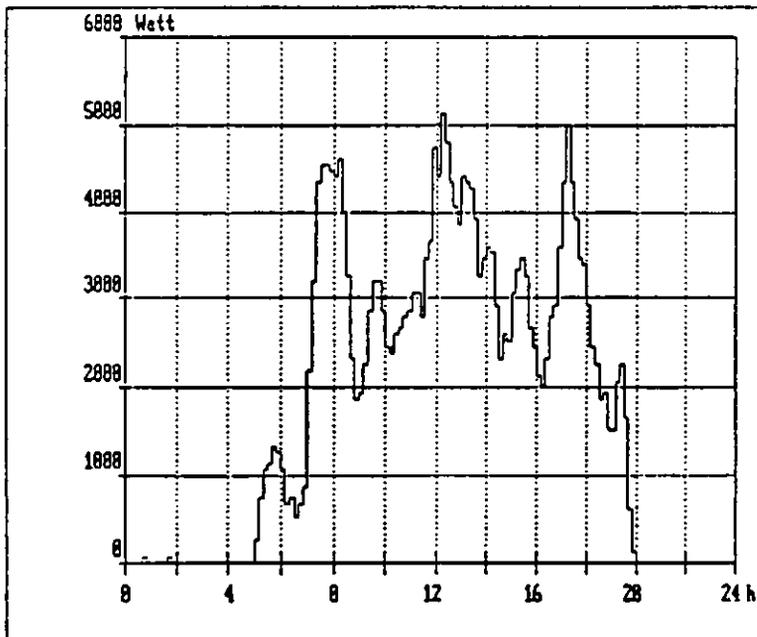
Evolution journalière de la puissance dans un bâtiment administratif à haute technicité.



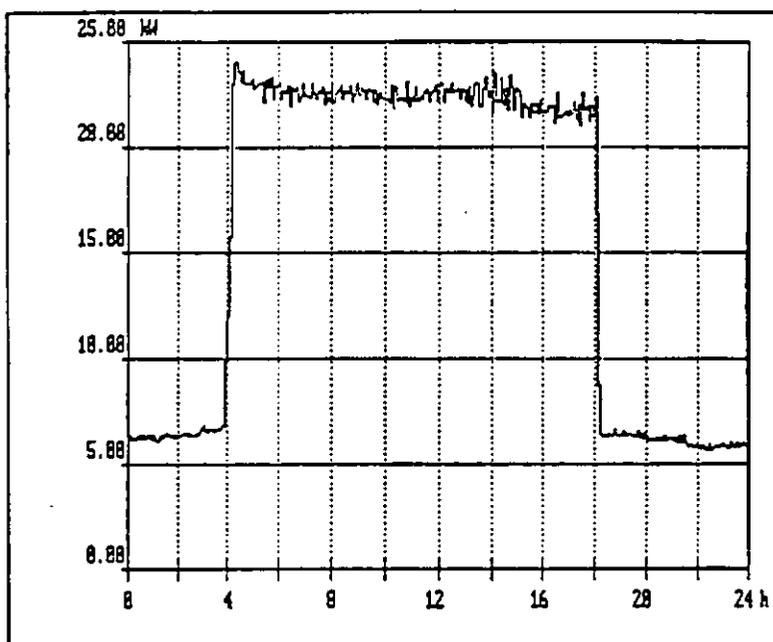
Evolution journalière de la puissance dans un bâtiment administratif à faible technicité.



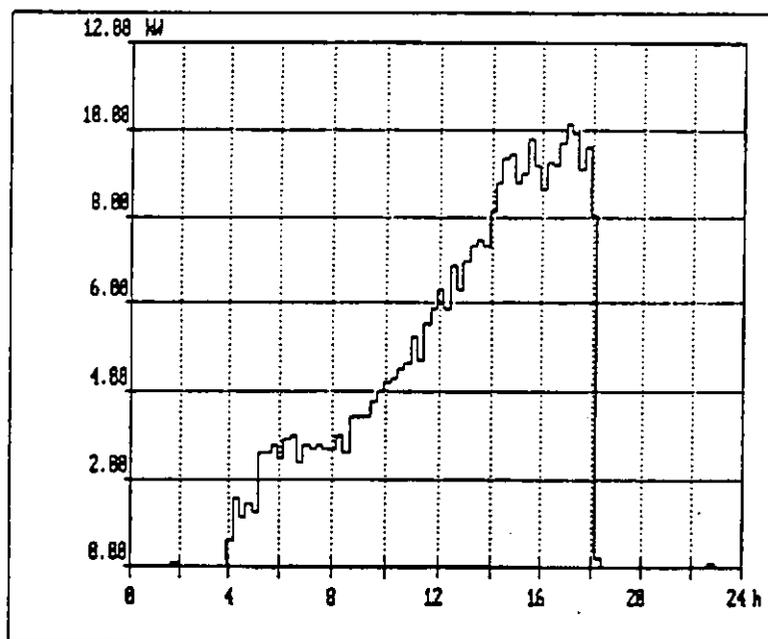
Evolution journalière de la puissance électrique d'une installation de froid commercial.



Evolution journalière de la puissance de deux ascenseurs.



Evolution journalière de la puissance d'une centrale de ventilation et d'une chaufferie dans un bâtiment administratif.



Evolution journalière de la puissance électrique d'un compresseur froid dans un bâtiment administratif.

### 3.3.2 Relevé des consommateurs électriques

Relevé précis et détaillé de chaque consommateur électrique du bâtiment avec sa puissance mesurée et son nombre d'heures de fonctionnement annuel défini.

Etablissement de listes de consommateurs selon "groupes d'utilisateurs" et "zones d'utilisation".

#### Groupes d'utilisateurs :

##### Charges internes

- Eclairage
- Appareils enfichables
- Installations centrales
- Traction + Divers

##### CVCS

- Batterie de chauffage
- Chauffage statique
- Ventilateurs
- Humidification de l'air
- Froid
- Sanitaire

#### Zones d'utilisation :

- Travail
- Vente
- Circulation
- Production
- Divers

### 3.3.3 Matrice du bilan d'énergie électrique

Chaque intersection zone/charge dans l'exemple cité ci-après représente la consommation d'énergie électrique annuelle en GJ/m<sup>2</sup> du point considéré. Ces valeurs, rapportées aux surfaces indiquées, serviront de base de comparaison entre divers objets. Il s'est en effet avéré que l'indice de dépense d'énergie global d'un bâtiment était une référence valable pour comparer des bâtiments du point de vue thermique alors que pour des comparaisons d'énergies électriques, il était insuffisant.

### 3.3.4 Mesures pour transformations

L'analyse des mesures numériques conduit à la proposition d'une série de modifications de plus ou moins grande importance dans le but d'optimiser la consommation électrique.

### 3.3.5 Coût

Le coût d'une analyse détaillée, telle que décrite ci-devant, est proportionnel à la dimension et à la complexité des installations de l'objet concerné.

Pour un bâtiment avec une consommation annuelle d'énergie électrique se situant entre Fr. 20'000.-- et Fr. 200'000.--, le coût d'une analyse détaillée s'élève à environ 50 % du montant correspondant à cette consommation annuelle.

### 3.4 TRANSFORMATIONS

Etablissement puis exécution d'un projet de transformation avec l'utilisateur. Surveillance des travaux par le conseiller en énergie.

### 3.5 CONTROLE APRES TRANSFORMATION

Etablissement d'une nouvelle série de mesures, éventuellement relevées de compteurs.

Evolution de l'exactitude des recommandations théoriques d'économies.

#### 4. RESULTATS DES ANALYSES DETAILLEES

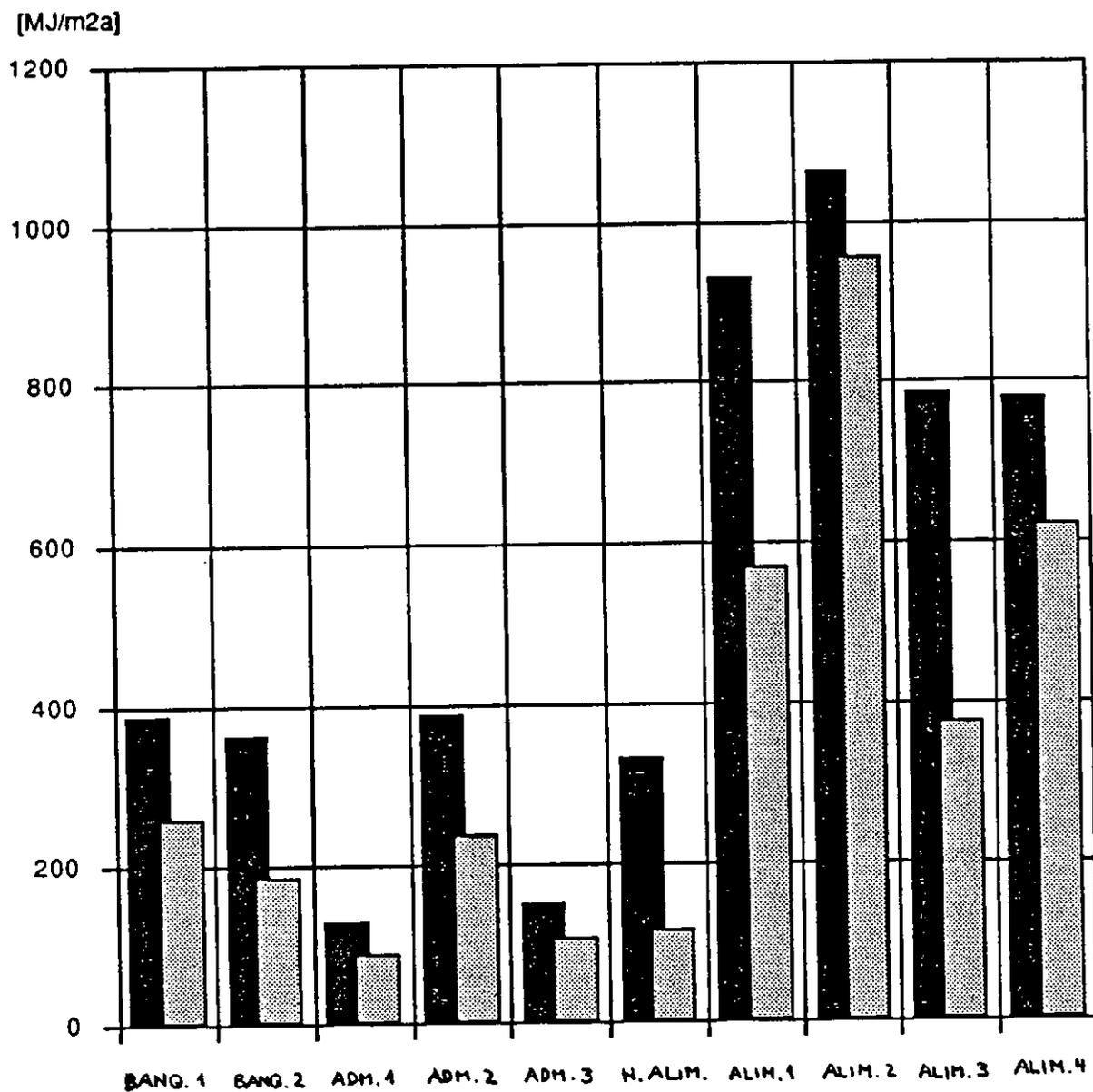
##### 4.1 CARACTERISTIQUES BATIMENTS

BATIMENT	ANNEE DE CONSTRUCTION	SBP [m2]	SRE [m2]	EMPLOYES	ETAT ACTUEL [MJ/m2]	ETAT SONDAIRE [MJ/m2]
BANQUE 1	1978	4'936	4'821	123	386	261
BANQUE 2	1971	3'264	2'654	80	362	185
ADMIN. 1	1920	7'879	7'175	180	125	85
ADMIN. 2	1970	38'352	18'676	580	386	237
ADMIN. 3	1968	7'315	6'013	110	150	104
NON-ALIM.	1873	5'194	4'590	66	329	154
ALIM. 1	1976	3'206	2'945	60	934	566
ALIM. 2	1986	2'251	2'090	82	1'065	939
ALIM. 3	1965	1'186	1'159	15	794	380
ALIM. 4	1974	5'472	5'152	70	780	621

SBP : Surface brute de plancher

SRE : Surface de référence énergétique

## INDICE DE DEPENSE D'ENERGIE "ELECTRICITE TOTALE"

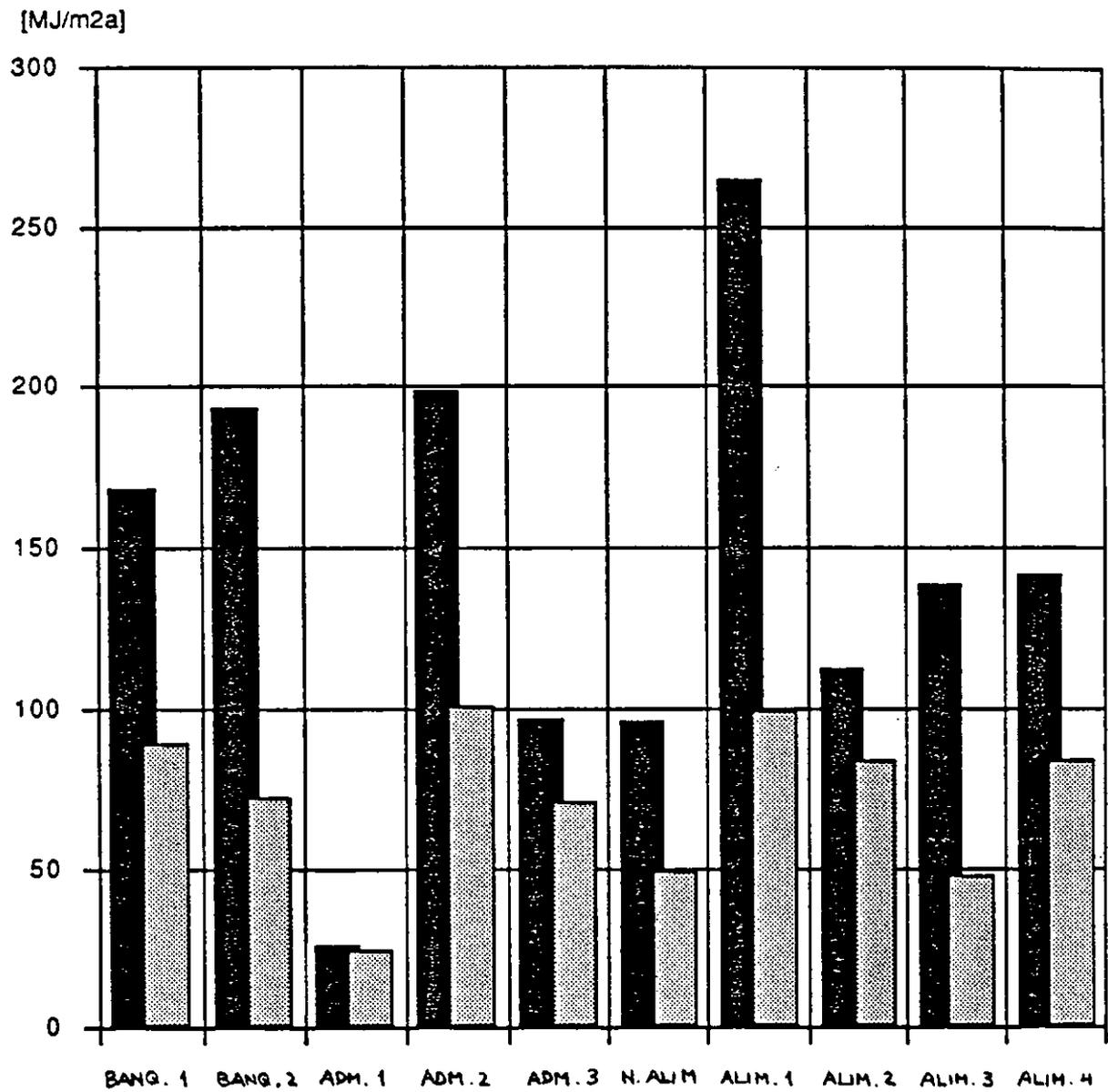


Noir = Etat actuel

Gris = Etat souhaité après transformation

# INDICE DE DEPENSE D'ENERGIE ELECTRIQUE

"INSTALLATION CVCS + TRACTION"

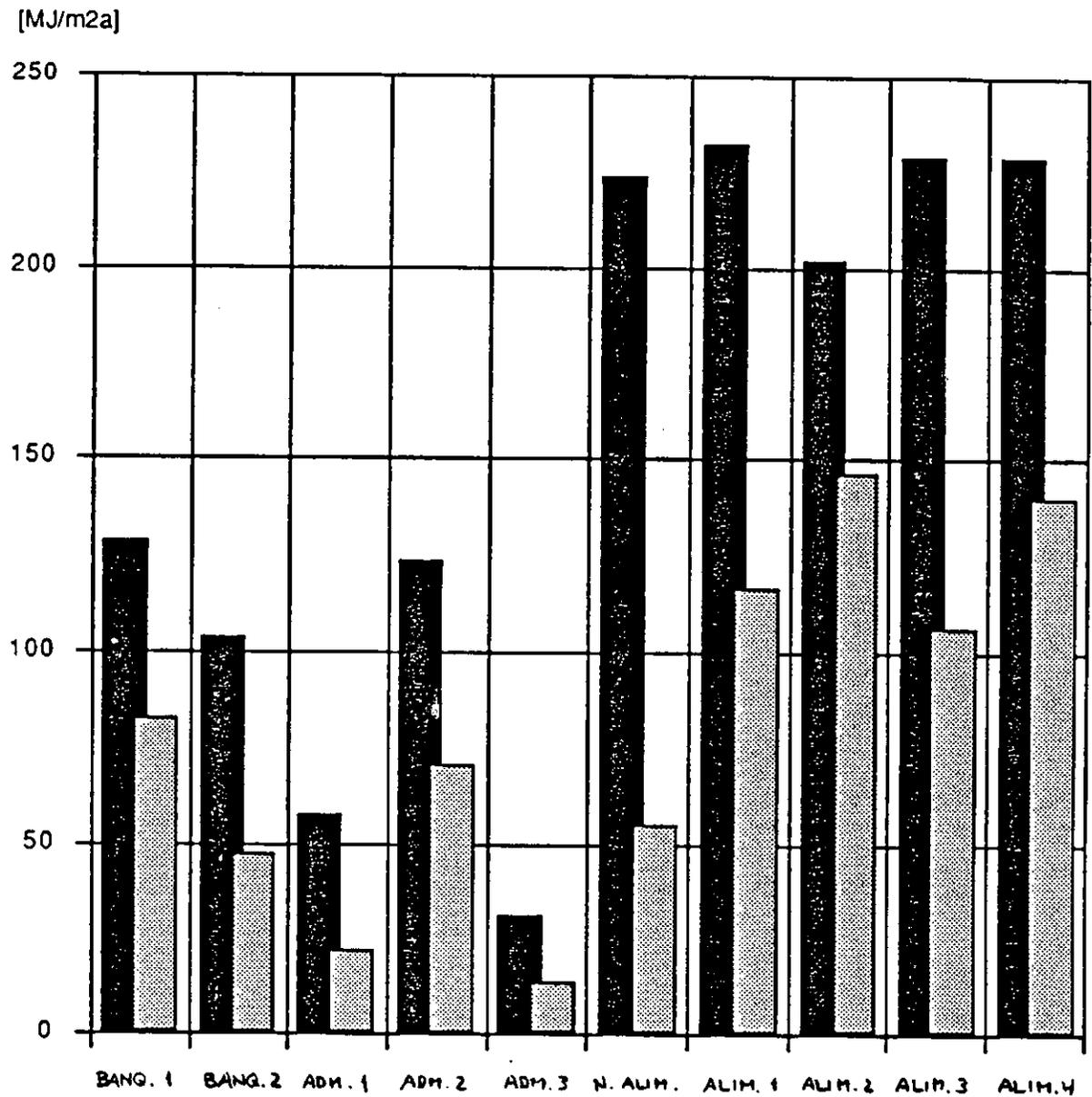


Noir = Etat actuel

Gris = Etat souhaité après transformation

# INDICE DE DEPENSE D'ENERGIE ELECTRIQUE

## "ECLAIRAGE"

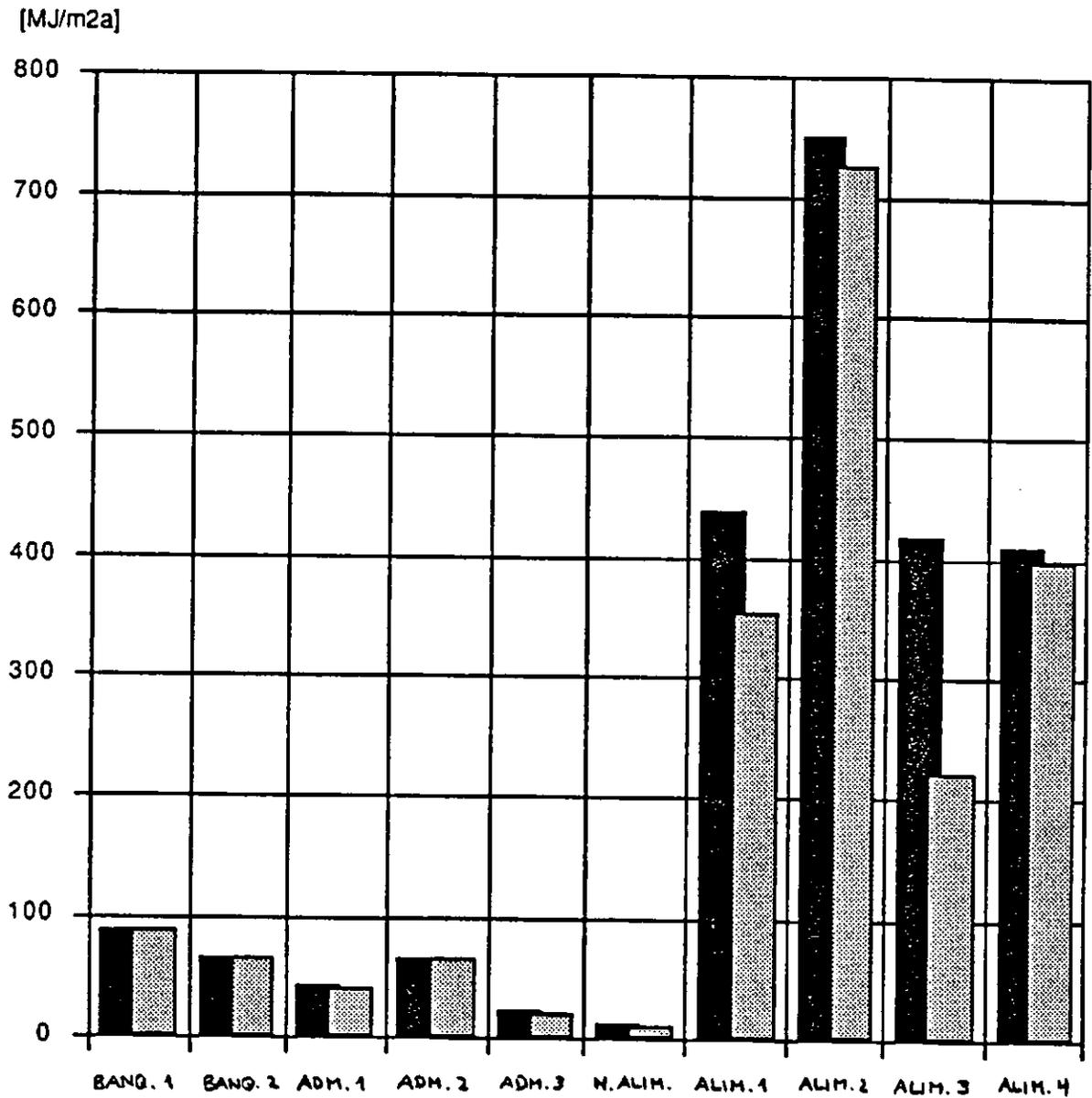


Noir = Etat actuel

Gris = Etat souhaité après transformation

# INDICE DE DEPENSE D'ENERGIE ELECTRIQUE

## "APPAREILS + PRODUCTION"



Noir = Etat actuel

Gris = Etat souhaité après transformation

## 5. CONCLUSIONS

Nos différentes analyses ont démontré un potentiel d'économies d'énergie électrique important de l'ordre de 30 % à 50 %. Les utilisateurs sont, d'une manière générale, surpris par l'importance des économies envisageables mais également réticents face à des solutions nouvelles permettant de les concrétiser.

Auteur : M. Ivan KELLER  
Ingénieur ETS  
c/o AMSTEIN + WALTHERT S.A.  
24, rue du Cendrier  
1201 GENEVE

Genève, le 3 septembre 1991



# Pour une "qualification" de l' indice en fonction du taux de ventilation

O. Barde, Bureau d'ingénieur Barde, Carouge

## Résumé

On peut observer, depuis des années, que la majorité de nos bâtiments ne sont plus suffisamment ventilés. L'économie d'énergie est une chose, mais la santé de notre population devrait avoir la priorité. Proposition est donc faite de compléter l'indice de consommation d'énergie d'indications sur les conditions de ventilation.

## Introduction

Les 15 dernières années ont permis à tous les praticiens de la construction de constater une spectaculaire diminution des conditions de ventilation de nos immeubles. Le perfectionnement des mesures d'étanchéité à l'air, les fenêtres à double, voir triple bourrelet, les exigences réglementaires de limitation du coefficient "a" de perméabilité, et bien entendu les exigences phoniques, expliquent bien la chose. Il est encore souvent fait allusion à la quasi-légendaire indication du : "kurz und kräftig lüften"...dont l'insuffisance n'est toujours pas reconnue. La conséquence est, que dans la grande majorité de nos constructions, le renouvellement d'air est totalement insuffisant.

## Conséquences d'une ventilation insuffisante.

La conséquence la plus visible et la plus fréquente d'un taux de renouvellement d'air insuffisant est la moisissure, suite aux condensations. Dans certains cas, ces dégâts peuvent être spectaculaires. La liaison avec le manque de renouvellement d'air est évidente. La preuve la plus représentative est fournie par le cas des vieux immeubles, ayant bien "fonctionné" pendant des années et que l'on trouve affectés de moisissures après le changement des vitrages!

Les conséquences au point de vue hygiène et salubrité peuvent être très importantes: pollution de l'air par divers agents, par exemple le formaldéhyde, les odeurs, le radon etc.

## Normes et recommandations de la SIA.

La Norme 180 d'"Isolation Thermique" ne mentionne pratiquement que les mesures visant à réduire le renouvellement d'air. Il est cependant fait allusion à des " conduits d'air réglés par l'utilisateur"...

### Fixation d'un taux de renouvellement d'air.

Les opinions varient à ce point de vue, mais d'une façon générale un taux de renouvellement de 0,5 à 0,6 volume à l'heure ( $m^3/m^3.h$  soit donc  $h^{-1}$ ) est reconnu. En France, le coefficient G se rapporte à un renouvellement horaire du volume total, soit donc environ  $0,7 h^{-1}$ . La chose doit se faire en permanence, 24 heures sur 24.

### Implication énergétique.

Un taux de renouvellement de  $0,6 h^{-1}$  correspond à un indice de

140 (MJ/m<sup>2</sup>.an)

Dans bien des cas, il est donc certain que les "bons" indices de certaines constructions impliquent un renouvellement d'air insuffisant.

### Proposition:

Toute indication d'un Indice de consommation d'énergie de chauffage doit être complétée d'une qualification du taux de renouvellement d'air.

Annexe.

Autres Recommandations de la SIA

La Recommandation SIA 180/1 " Isolation thermique " ne mentionne pas le renouvellement d'air.

La Recommandation SIA 384/2 "Puissance thermique" parle d'un débit minimum de  $0,3 h^{-1}$ , soit la moitié du débit jugé nécessaire.

La Recommandation SIA 380/1 "Energie dans le bâtiment" dit qu'il faut fermer les gaines d'air avec des clapets étanches, que l'aération doit, si possible être naturelle et limitée aux heures de pointe... Elle confirme cependant le taux de  $0,6 h^{-1}$ !!

La Recommandation SIA V 382 "Ventilation" est encore à l'état de projet. Voir traduction sommaire O. Barde. La ventilation naturelle n'est pas prise en compte.

Genève. le 11 septembre 1991 O.B.

## **Session 2**

# **Indices énergétiques et aspects normatifs**



# L'INDICE DE DEPENSE D'ENERGIE : PEUT-IL ETRE UN OUTIL DE CONTROLE POST-INTERVENTION ?

**Christian Trachsel**  
Trachsel Ingénieurs-Conseils  
rue de la Châtellenie 23

2072 St-Blaise

tél. (038) 33'10'40

## Résumé

La recommandation SIA 180/4 donne, dans le domaine d'application de l'indice de dépense d'énergie, le contrôle d'efficacité suite à des améliorations thermiques apportées à un bâtiment.

Cette méthode nous semble être particulièrement dangereuse à utiliser puisque les résultats ainsi déterminés sont influencés d'une manière considérable par l'année de la réalisation de l'assainissement.

Sur la base d'un exemple particulier, mais réel, nous montrons que l'isolation d'une façade réalisée en 1987 conduit à des économies de 950 litres de mazout par année, alors que si cette même intervention est pratiquée en 1990, on en déduit des économies de 1'990 litres de mazout par an !

## 1. Introduction

L'indice de dépense d'énergie est, comme indiqué dans la recommandation SIA 180/4, un moyen simple et rapide de porter un jugement sur un bâtiment au niveau de sa consommation d'énergie. De plus, cette méthode présente l'énorme avantage de pouvoir être aisément utilisée aussi bien par les professionnels de la construction que par les non-professionnels, ce qui explique son succès considérable.

Regardons maintenant, toujours selon la recommandation SIA 180/4, les domaines d'application de cette méthode qui sont au nombre de trois :

- o Première analyse d'un bâtiment existant au niveau de sa consommation d'énergie.
- o Contrôle périodique de la quantité d'énergie consommée dans un bâtiment permettant, entre-autre, de quantifier les résultats obtenus à la suite d'opérations d'amélioration thermique.
- o Appréciation sommaire d'un bâtiment projeté au niveau de sa consommation d'énergie.

Nous n'insisterons pas sur la première application proposée ni sur la troisième, toutes deux nous paraissant "raisonnables".

Par contre, nous doutons très fortement que l'indice de dépense d'énergie puisse servir de manière satisfaisante au contrôle post-intervention dans le cas où des améliorations thermiques ont été apportées à un immeuble au niveau de son enveloppe ou de son installation technique.

Pour illustrer cet aspect particulier de l'utilisation courante qui est faite aujourd'hui de l'indice de dépense d'énergie, nous présentons le cas réel d'un bâtiment locatif de 14 appartements dont la façade NORD a été isolée thermiquement au cours de l'été 1987. Pour chiffrer l'efficacité de cet assainissement, nous utiliserons la méthode de l'indice de dépense d'énergie et, à titre de comparaison, la méthode de la Signature Energétique.

## 2. Indice de dépense d'énergie : contrôle post-intervention

La quantification de l'efficacité d'améliorations thermiques apportées à un bâtiment déterminée à l'aide de la méthode de l'indice de dépense d'énergie nécessite la connaissance d'un nombre limité de paramètres dans la situation AVANT amélioration et dans la situation APRES amélioration.

Il s'agit principalement des grandeurs suivantes : consommation annuelle d'énergie, nombre de degrés-jours pendant la période considérée, surface de plancher à laquelle se réfère la consommation d'énergie et le nombre moyen de degrés-jours déterminé sur la base de données météo d'un grand nombre d'années.

Dans l'exemple particulier que nous traitons ici, le tableau n° 1 présente ces grandeurs pour la situation AVANT amélioration alors que la situation APRES amélioration est présentée dans le tableau n° 2.

$B_{\text{chauf}}(86-87)$	=	17'630 l
$H_u$	=	35.87 MJ/l
$SR(86-87)$	=	1'125 m <sup>2</sup>
$DJ(86-87)$	=	3'690 DJ
$DJ_{\text{moyen}}$	=	3'487 DJ

Tableau 1 :

Données relatives à la situation **AVANT** amélioration, soit au cours de la saison de chauffage 1986-1987, avec :

- $B_{\text{chauf}}(86-87)$  : Consommation annuelle de mazout.  
 $H_u$  : Pouvoir calorifique inférieur du mazout.  
 $SR(86-87)$  : Surface de plancher.  
 $DJ(86-87)$  : Nombre de degrés-jours de la saison 86-87.  
 $DJ_{\text{moyen}}$  : Nombre de degrés-jours moyen au cours des 10 dernières années.

$B_{\text{chauf}}(87-88)$	=	14'930 l
$H_u$	=	35.87 MJ/l
$SR(87-88)$	=	1'125 m <sup>2</sup>
$DJ(87-88)$	=	3'314 DJ
$DJ_{\text{moyen}}$	=	3'487 DJ

Tableau 2 :

Données relatives à la situation **APRES** amélioration, soit au cours de la saison de chauffage 1987-1988, avec :

- $B_{\text{chauf}}(87-88)$  : Consommation annuelle de mazout.  
 $H_u$  : Pouvoir calorifique inférieur du mazout.  
 $SR(87-88)$  : Surface de plancher.  
 $DJ(87-88)$  : Nombre de degrés-jours de la saison 87-88.  
 $DJ_{\text{moyen}}$  : Nombre de degrés-jours moyen au cours des 10 dernières années.

Le tableau 1 de la page précédente nous permet de calculer l'indice de dépense d'énergie du bâtiment dans la situation AVANT amélioration en tenant compte des conditions climatiques particulières de la saison de chauffage 1986-1987.

$$E_{\text{chauf}}(\text{AVANT}) = \frac{B_{\text{chauf}}(86-87) \times H_u}{\text{SR}(86-87)} \times \frac{DJ_{\text{moyen}}}{DJ(86-87)}$$

---


$$E_{\text{chauf}}(\text{AVANT}) = 531 \text{ MJ / m}^2 \text{ an}$$

Le tableau 2 de la page précédente nous permet de calculer l'indice de dépense d'énergie du bâtiment dans la situation APRES amélioration en tenant compte des conditions climatiques particulières de la saison de chauffage 1987-1988.

$$E_{\text{chauf}}(\text{APRES}) = \frac{B_{\text{chauf}}(87-88) \times H_u}{\text{SR}(87-88)} \times \frac{DJ_{\text{moyen}}}{DJ(87-88)}$$

---


$$E_{\text{chauf}}(\text{APRES}) = 501 \text{ MJ / m}^2 \text{ an}$$

On en déduit alors que l'isolation de la façade NORD a permis de réduire l'indice de dépense d'énergie d'une valeur initiale de 531 MJ / m<sup>2</sup> an à 501 MJ / m<sup>2</sup> an, ce qui se traduit par une diminution de la consommation annuelle d'énergie de l'ordre de 950 litres de mazout par an, soit une économie légèrement inférieure à 6 %

### 3. Signature Energétique : contrôle post-intervention

La Signature Energétique est un modèle mathématique simple qui consiste à caractériser le comportement global d'un bâtiment au niveau de sa consommation d'énergie de chauffage.

Les moyens à mettre en oeuvre pour obtenir la Signature Energétique d'un immeuble consistent à procéder à des relevés de consommation d'énergie à intervalles réguliers (généralement la semaine) et de les mettre en regard des conditions météorologiques correspondantes à la période de relevé de consommation.

Dans le cas du bâtiment étant l'objet de cette étude, la Signature Energétique a été mesurée en continu à partir de l'automne 1986 et jusqu'au printemps 1988. De cette manière, nous connaissons de manière détaillée le comportement du bâtiment AVANT et APRES la pose de l'isolation en façade NORD. La figure 1 présentée ci-dessous montre les résultats ainsi obtenus :

Puissance [ kW ]

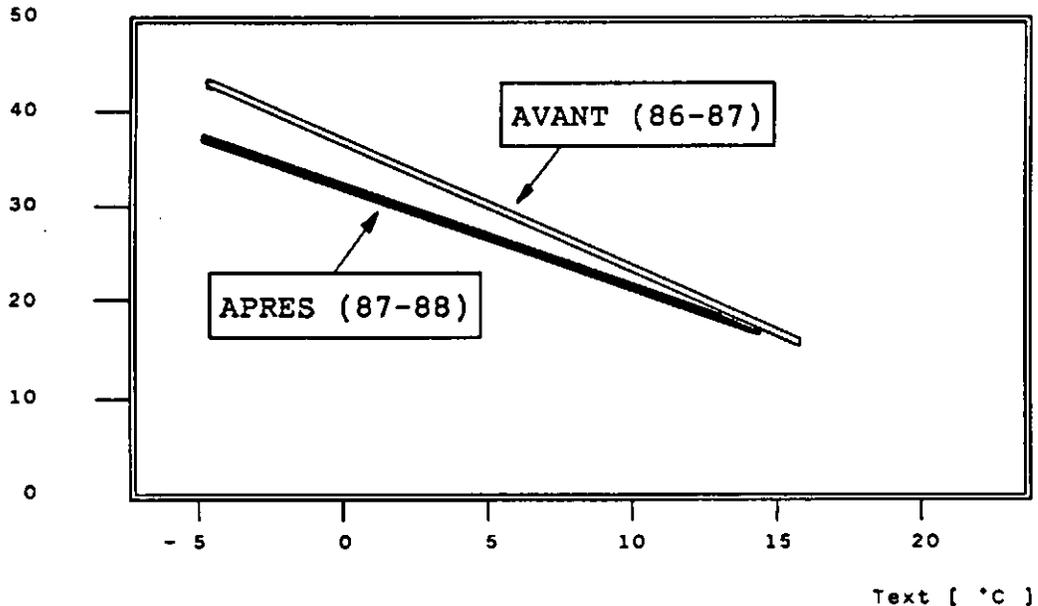


Figure 1 :

Signatures Energétiques moyennes hebdomadaires AVANT et APRES la pose de l'isolation en façade NORD. Les expressions analytiques des Signatures Energétiques sont :

$$\text{AVANT : } P \text{ [ kW ]} = - 1.36 T_{\text{ext}} + 36.5$$

$$\text{APRES : } P \text{ [ kW ]} = - 1.11 T_{\text{ext}} + 32.2$$

L'interprétation de ces résultats permet, entre-autre, de déterminer la consommation annuelle d'énergie du bâtiment, tant AVANT que APRES l'assainissement, dans des conditions climatiques particulières : par exemple au cours d'une saison de chauffage "moyenne" caractérisée par un total de 3'490 DJ (ce qui correspond à une température extérieure moyenne de 6.1 °C pendant 251 jours pour la localisation géographique du bâtiment considéré).

Dans ces conditions, la méthode de la Signature Energétique montre que la consommation moyenne annuelle d'énergie de chauffage de ce bâtiment passe de 16'970 à 15'330 litres de mazout par an, ce qui correspond à une économie moyenne de 1'640 litres par an, soit 9.7 % d'économie. Ce résultat est absolument indépendant des conditions climatiques caractéristiques de la saison de chauffage précédent et suivant directement l'assainissement !

En calculant une consommation spécifique au m<sup>2</sup> chauffé, on en déduit que l'indice de dépense d'énergie du bâtiment considéré passe de 541 à 489 MJ / m<sup>2</sup> an.

#### 4. Comparaison des deux méthodes

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la connaissance des Signatures Energétiques AVANT et APRES amélioration nous permet de calculer la consommation annuelle d'énergie du bâtiment pour, par exemple, ces 10 dernières saisons de chauffage, pour lesquelles nous connaissons les caractéristiques météorologiques détaillées (DJ, température moyenne et durée). Nous pouvons alors calculer, année après année, les économies réalisées d'après la méthode de l'indice de dépense d'énergie : le tableau 3 montre les résultats obtenus.

		Consom. [ litre ]		
Année	DJ	Avant	Après	Economie
81-82	3'367	16'030	14'420	-----
82-83	3'254	15'660	14'120	1'470
83-84	3'763	18'190	16'410	1'570
84-85	3'630	17'240	15'500	1'960
85-86	3'663	17'320	15'570	1'740
86-87	3'690	17'630	15'880	1'490
87-88	3'314	16'450	14'930	950
88-89	3'350	16'900	15'380	1'300
89-90	3'261	16'500	15'030	1'530
90-91	3'577	17'710	16'060	1'990
MOY.	3'487	16'960	15'330	1'560

Tableau 3 :

Estimation de la consommation d'énergie au cours des 10 dernières saisons de chauffage dans les situations AVANT et APRES assainissement et calculation des économies réalisées selon la méthode de l'indice de dépense d'énergie.

Contrairement à la Signature Energétique, on voit que l'indice de dépense d'énergie donne des résultats qui sont considérablement influencés par l'année de réalisation de l'assainissement. On voit ainsi que si l'isolation de la façade est réalisée en été 1987, on chiffre l'économie annuelle à 950 litres de mazout contre 1990 litres si elle est entreprise en été 1990 alors que la réalité se situe à 1'640 litres par an !

#### 5. Conclusion

La méthode de calcul présentée dans la recommandation 180/4 qui prend en compte les variations climatiques annuelles repose essentiellement sur l'hypothèse que la consommation d'énergie de chauffage d'un bâtiment est directement proportionnelle aux degrés-jours. Or on peut montrer que cette propriété n'est pas exacte ce qui rend cette méthode de calcul complètement aléatoire.

# **MAINTENANCE ET INDICE ENERGETIQUE :**

*Un potentiel de plus de 20% d'amélioration de l'indice énergétique existe dans les chaufferies*

**Jean-Yves Goumaz**  
**Télégestion Energie SA**

## **Résumé**

Le parc genevois des chaufferies est âgé, surdimensionné et relativement mal entretenu. Cet état de fait perdure en raison de l'absence de motivation de la part des propriétaires, exploitants et régies, ainsi que d'une législation restrictive du compte chauffage. Toutefois l'analyse de l'évolution de l'indice énergétique d'un parc de plus de 500 immeubles nous permet d'affirmer que les améliorations en chaufferie peuvent contribuer à une diminution de plus de 20% de l'indice énergétique.

## **Maintenance de chaufferies : les motivations sont faibles**

A l'exception des contraintes législatives telles que la loi sur la protection de l'air ou l'introduction du décompte individuel des frais de chauffage, le système actuel ne dispose pas de mesures encourageant financièrement les améliorations de chaufferies. De ce fait, les motivations sont faibles pour toutes les parties intéressées.

### *La réglementation du compte chauffage ne favorise pas les investissements*

La législation en matière de baux ne permet pas au propriétaire de récupérer directement une partie de ses investissements. Elle freine par conséquent sa motivation à effectuer des transformations. Certes, tout travail de rénovation ou d'amélioration peut être répercuté dans le loyer mais dans la situation actuelle, cette possibilité est peu probable. Certains travaux extrêmement rentables sont ainsi négligés par manque d'intérêt direct des propriétaires.

### *Un parc âgé et surdimensionné*

Le manque d'intérêt général, accompagné certainement d'un manque d'information, font que peu de propriétaires, copropriétaires ou régies se soucient de gérer correctement leurs installations de production de chaleur. Le parc de chaufferies que nous gérons, représentatif du parc immobilier genevois, a plus de 18 ans. Il est surdimensionné d'un facteur 2, en moyenne.

Chaque année ces résultats sont présentés à nos clients sous forme d'histogrammes de consommations accompagnés des justificatifs nécessaires (Fig. 2).

### ***La limite des 750 MJ/m<sup>2</sup>-an***

L'obligation récente du décompte individuel des frais de chauffage au niveau fédéral ainsi que la notion d'indice limite prévue dans le futur règlement d'application cantonal sensibilisent progressivement les milieux concernés.

Une régie de la place nous a mandaté pour une étude des indices énergétiques de son parc d'immeubles afin de prendre les mesures nécessaires pour éviter l'écueil des 750 MJ/m<sup>2</sup>-an; d'autres clients nous ont mandaté pour des audits ponctuels.

C'est peut-être le début d'un regain d'intérêt pour les chaufferies et cela est souhaitable, car il y a un grand potentiel d'amélioration.

### **De nombreuses actions sont possibles en chaufferie pour améliorer l'indice énergétique**

Le suivi des performances de l'indice énergétique des immeubles depuis de nombreuses années nous permet de souligner un certain nombre de tendances. Même si ces dernières ne sont pas toujours soutenues par des analyses statistiques rigoureuses, il n'en reste pas moins que l'importance du parc surveillé nous permet de tirer quelques conclusions.

#### ***Il ne faut pas négliger une bonne maintenance***

Une bonne surveillance, manuelle ou automatique, et un bon entretien sont autant de moyens d'action sur l'indice. Les installations deviennent de plus en plus perfectionnées (régulateurs numériques, brûleurs bi-combustible modulants, etc...) et l'exploitation d'une chaufferie n'est plus l'affaire d'un réglage saisonnier. A cela il faut ajouter que certains organes se dégradent et doivent faire l'objet d'un contrôle permanent ; 37% de nos installations ne sont pas dans les normes à un instant donné et ceci malgré des contrôles et réglages réguliers.

Un suivi régulier par un personnel compétent peut diminuer sensiblement la valeur de l'indice énergétique.

Les résultats du parc de TGE montrent, toutes actions confondues, une diminution de l'indice énergétique moyen de 13% depuis la prise en charge des installations.

#### ***Des actions ponctuelles***

Chaque chaufferie nécessite une étude approfondie, mais nous constatons fréquemment que des organes vétustes ou défectueux influencent grandement la valeur de l'indice. Un mauvais fonctionnement du réduit de nuit peut coûter jusqu'à 18% de consommation en plus, un brûleur bien réglé peut économiser de 5 à 15% , etc...C'est le rôle de l'exploitant de souligner toutes ces améliorations potentielles qui, en terme de rentabilité globale, sont fortement recommandées.

### ***L'exploitant n'est pas stimulé par des intéressements***

Cette démotivation générale crée un marché très concurrentiel pour l'exploitant, marché où le seul critère de choix est le prix de la prestation de maintenance.

Dans ce contexte il n'est pas surprenant de constater que le parc genevois des chaufferies est mal entretenu.

Il existe toutefois au moins deux moyens pour motiver l'exploitant; le *contrat de garantie totale* et le *contrat avec intéressement à la consommation*.

- Le premier, largement répandu en France, donne à l'exploitant l'entière responsabilité de la chaufferie pour une longue période et pour un montant forfaitaire; c'est un contrat de confiance, mais c'est aussi une assurance tous risques et la certitude que l'exploitant cherchera à minimiser ses frais d'exploitation par un entretien préventif adéquat.
- Le second type de contrat est celui avec intéressement; dans ce cas l'exploitant s'engage à délivrer un confort adéquat et ceci pour une quantité forfaitaire d'énergie. Mise à part les corrections tenant compte du prix de l'énergie et des variations saisonnières des degrés-jours, tout écart de consommation par rapport au forfait sera partiellement à charge ou au profit de l'exploitant.

Un intéressement financier de l'exploitant à la performance des installations permettrait d'améliorer sensiblement l'état général du parc des chaufferies.

### **Depuis de nombreuses années, TGE a utilisé l'indice énergétique comme critère de performance**

Pour diverses raisons, Télégestion Energie (TGE) s'est intéressée aux indices énergétiques de ses immeubles en télésurveillance et a développé une base de données de plus de 500 installations.

#### ***Par motivation commerciale***

Les premières raisons d'un intérêt à l'indice énergétique ont été commerciales; il était souhaitable lors de l'introduction de la télésurveillance de montrer les avantages d'un tel système vis-à-vis des économies d'énergie. L'utilisation de l'indice nous a permis de comparer les résultats TGE aux antécédents existants. Mais très vite le suivi de l'indice énergétique est devenu un outil de travail.

#### ***Une jauge pour la mesure des performances***

Si la télésurveillance en elle-même ne garantit pas les économies d'énergie, c'est toutefois un moyen utile pour y parvenir.

Le développement d'un logiciel pour le suivi de la consommation ("*Graphec*"; Fig. 1) nous a permis, depuis plusieurs années, de surveiller hebdomadairement le comportement de chacune de nos installations et de réagir ainsi rapidement à toute anomalie.

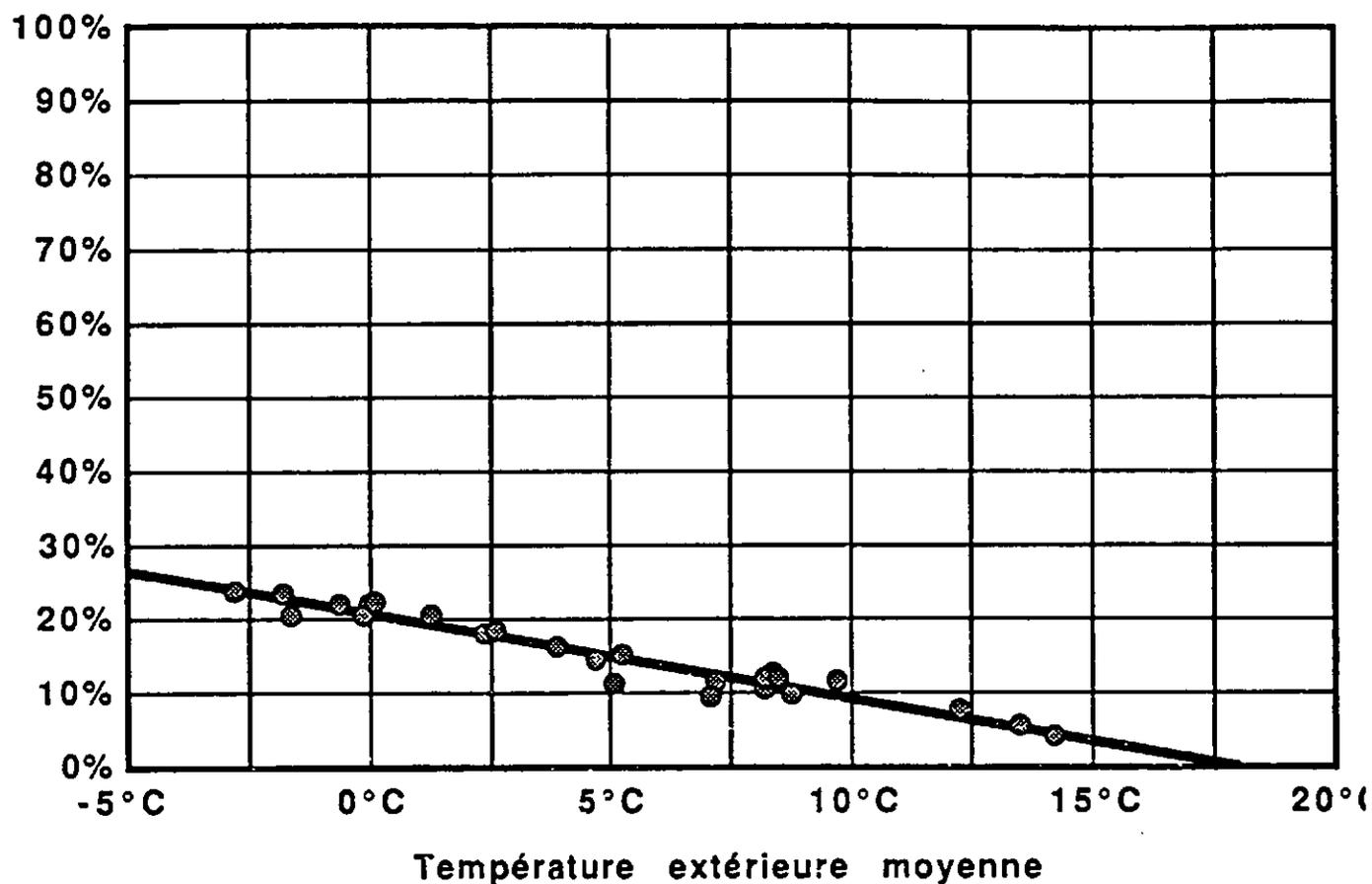
Ce contrôle permanent de l'indice énergétique nous permet également d'évaluer la performance de notre personnel de maintenance. Année après année, nous attribuons des objectifs et analysons les résultats.

### ***Les rénovations de chaufferies***

Les transformations de chaufferies (production de chaleur et d'eau chaude) ont dans la majorité des cas un impact majeur sur l'indice énergétique de l'immeuble. En effet, en ramenant l'installation à un dimensionnement correct et en remplaçant du matériel vétuste et souvent mal isolé par des équipements performants, l'indice énergétique peut diminuer de 20 à 30 %.

Dans le parc TGE analysé, environ 1 installation sur 10 a été transformée depuis que nous en avons repris la maintenance (en moyenne 6 ans). Dans cette catégorie, l'économie moyenne réalisée depuis les antécédents avant TGE est de 24%.

### Taux de charge net pour le chauffage, régime d'hiver



### Taux de charge pour l'eau chaude, régime d'été

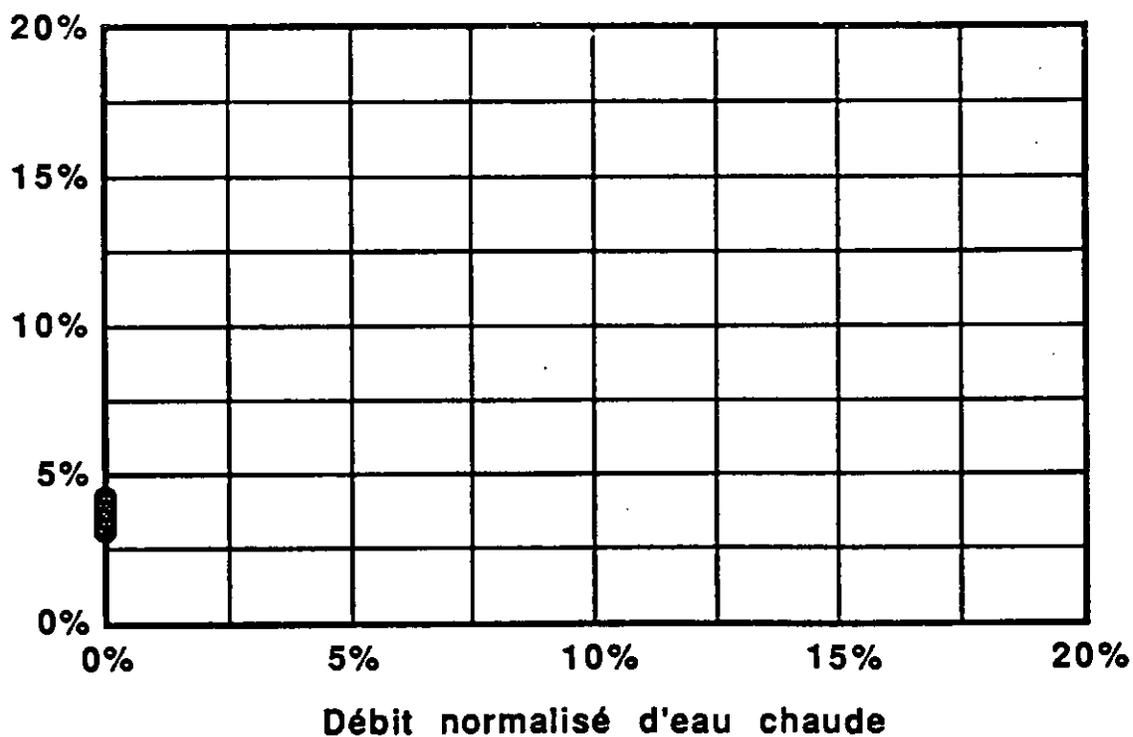


Figure 1 - "Graphec" - suivi hebdomadaire de la consommation.

## Données générales de l'immeuble

Période de décompte chauffage : du 1er mai au 30 avril  
 Surface chauffée : 35000 m<sup>2</sup>  
 Part constante : 0.29  
 Année de construction : 1970

### Consommation moyenne avant TGE

Année	Consommation litres	Degrés-jours	Indice énergétique en MJ/m <sup>2</sup> -an		Total
			Chauffage	Eau chaude+Pertes	
81/87	812503	2913	543	273	816

### Consommation moyenne depuis TGE

Année	Consommation litres	Degrés-jours	Indice énergétique en MJ/m <sup>2</sup> -an		Total
			Chauffage	Eau chaude+Pertes	
87/90	630707	2589	472	212	684

### Consommation du dernier exercice avec TGE

Année	Consommation litres	Degrés-jours	Indice énergétique en MJ/m <sup>2</sup> -an		Total
			Chauffage	Eau chaude+Pertes	
90/91	644336	2606	509	190	699

**Economie par rapport aux antécédents** 14.4 %  
**ce qui représente** 115063 litres corrigés

Indice énergétique  
en MJ/m<sup>2</sup>-an

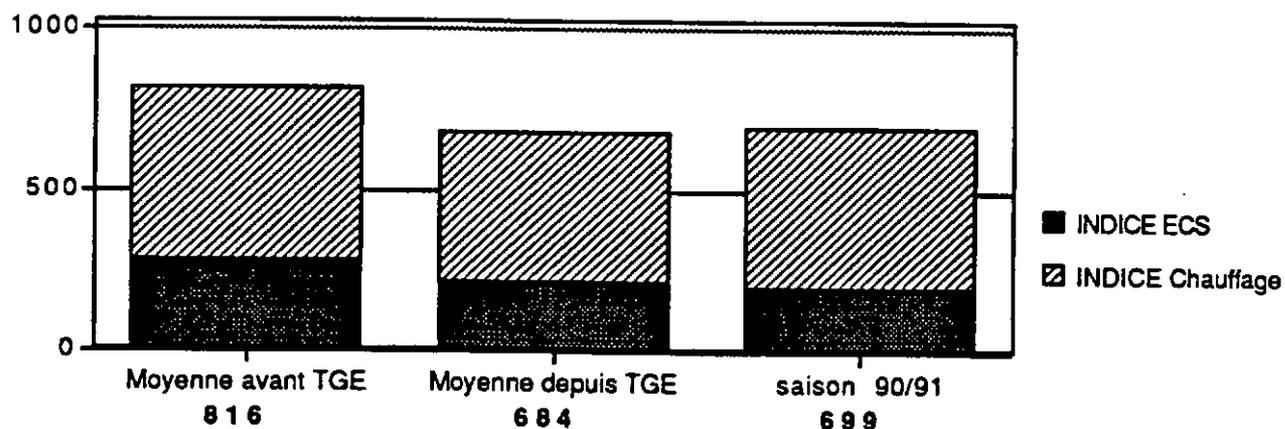


Figure 2 - Histogramme de consommation.

# QUELQUES REFLEXIONS SUR LES INDICES ENERGETIQUES DES BATIMENTS

Prof. O. Guisan, CUEPE, Université de Genève

## Résumé

Les indices de dépense d'énergie des bâtiments (thermique et électrique) constituent un outil simple, puissant et intéressant dans trois domaines d'applications: la réglementation, le contrôle et l'analyse de la consommation d'énergie. On peut ventiler et différencier les indices suivant la source d'énergie, le type de locaux et/ou bâtiments et les prestations fournies. Divers aspects de ces indices sont discutés.

## Introduction

Les réflexions qui vont être présentées sont personnelles; elles s'appuient largement sur les travaux de B. Wick<sup>1</sup> et de Ch. Weinmann<sup>2</sup>. Elles se réfèrent également à l'Introduction à cette journée du CUEPE.

## Idée générale

Un bâtiment est constitué de locaux dans lesquels diverses prestations sont assurées grâce à des agents énergétiques extérieurs desservant le bâtiment. Ces énergies sont comptabilisées au niveau dépense d'énergie. Il est donc naturel de considérer des indices de dépense d'énergie (mesurables et contrôlables), indices globaux au niveau du bâtiment. Il s'agit d'une première ventilation de la consommation d'énergie suivant les agents énergétiques servant le bâtiment. Ces indices peuvent encore être ventilés (tout au moins conceptuellement) suivant les locaux et suivant les prestations fournies dans chaque local. Nous avons ainsi des indices différenciés suivant les locaux, ils peuvent aussi être différenciés suivant les types de bâtiments. On a donc des indices globaux de dépense ventilés et différenciés suivant les types de locaux et de bâtiments et suivant les prestations.

Dans le domaine du contrôle (de la consommation d'énergie) les indices globaux de dépense sont suffisants. Dans le domaine des règlements (visant à limiter la consommation), il s'agit de construire des indices globaux de référence par sommation d'indices partiels de référence suivant les types de locaux et de bâtiments et suivant les prestations les caractérisant; ces indices globaux peuvent différer de cas en cas, mais reposent sur une base d'indices partiels reconnue comme référence ou norme. (Pour se donner une idée, cf. tables des réf. [1] et [2]). Dans le domaine de l'analyse (de l'énergétique des bâtiments), il s'agit de cerner aussi bien que possible les indices partiels de dépense d'énergie de façon à établir (ou modifier) des références de base raisonnables.

Précisons maintenant plus en détail certains aspects de cette démarche.

---

<sup>1</sup> B. Wick. "Que savons-nous aujourd'hui de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments?" Utilisation rationnelle de l'électricité. OFQC 1988, 9-18.

<sup>2</sup> Ch. Weinmann, M. Kiss. Energie électrique dans le bâtiment. Energieforschung im Hochbau, 5-6 sept. 1990, 39-46.

## Locaux et bâtiments

Dans toute ventilation ou différenciation, il faut se limiter de façon à ne pas compliquer excessivement la situation.

Un immeuble peut être divisé en trois types de surface:

- les surfaces principales (SP): pièces d'habitation dans maisons individuelles, appartements dans immeubles locatifs, bureaux et salles dans immeubles administratifs et écoles,...
- les surfaces spéciales (SS): restaurants, cafétéria, centre calculs, locaux techniques, locaux de production, locaux hospitaliers,...
- les surfaces annexes (SA): locaux communs, couloirs et escaliers dans immeubles collectifs, dépôts, garages, caves, greniers,...

## Prestations

Les diverses prestations liées à l'énergie dans un bâtiment peuvent être décomposées comme suit:

- chauffage (CH)
- eau chaude sanitaire (ECS)
- distribution CH et ECS (DI)
- divers (AS): ascenseurs,...
- renouvellement d'air (RN): ventilateurs,...
- conditionnement d'air ou climatisation (CO): refroidissement, (dés)humidification
- lumière (LU)
- équipements (EQ): électroménager, frigos, TV, machines bureau,...
- services spéciaux (SS): ateliers, centre calculs, cuisines, centres de production,... (à traiter cas par cas).

## Agents énergétiques

Les bâtiments sont essentiellement alimentés en énergie par:

- les combustibles (COMB) : pétrole, gaz, charbon, bois,...
- l'électricité (EL)
- le chauffage à distance (CAD)
- énergies indigènes (IND): solaire, vent, ... A considérer séparément.

Les combustibles sont comptabilisés en volume. Il s'agit donc de définir clairement quel pouvoir calorifique appliquer.

1[MJ / m<sup>2</sup> . an] d'un combustible n'est pas équivalent à 1[MJ / m<sup>2</sup> . an] électrique. Il est nécessaire d'établir une équivalence, par exemple: 1[MJ / m<sup>2</sup> . an] électrique = 3[MJ / m<sup>2</sup> an] combustibles. Ainsi un immeuble chauffé par pompe à chaleur avec un indice de 100[MJ / m<sup>2</sup> . an] électrique serait équivalent au même immeuble chauffé au mazout avec un indice de 300[MJ / m<sup>2</sup> . an] combustible. D'où la nécessité de séparer les indices énergétiques électriques et combustibles.

## Prestations et agents énergétiques

Les prestations sont assurées par des agents énergétiques, conformément au tableau suivant:

Agents énergétiques	Prestations									
	CH	ECS	DI	AS	RN	CO	LU	EQ	SS	
Combustibles	x	x				(x)				x
Electricité	x	x	x	x	x	x	x	x		x
CAD	x	x								x

x fréquent

(x) peu fréquent

indice de dépense d'énergie

Il est souhaitable, au niveau des compteurs ou tout au moins au niveau des branchements (pour faciliter l'analyse), de pouvoir séparer certaines prestations dans le cadre des indices globaux de dépense par agent énergétique, comme indiqué par les rectangles dans le tableau précédent. Plus particulièrement, l'électricité servant au chauffage et à l'eau chaude sanitaire est séparée de celle desservant les autres équipements, les services spéciaux étant traités à part.

## Demande et dépense

Les prestations sont fournies au niveau de la demande; les indices énergétiques sont définis au niveau de la dépense. Cette apparente incohérence n'est pas grave. Les différences entre demande et dépense sont liées aux pertes et gains, il suffit de le savoir et d'en tenir compte. Plus précisément:

- pour le chauffage à distance, les pertes aux échangeurs sont relativement faibles
- pour l'électricité les pertes de distribution sont quasi-négligeables
- pour les combustibles, il s'agit là essentiellement du chauffage et de l'eau chaude sanitaire (SS traités à part), les pertes (chaudière et distribution) de même que les gains (internes et solaires) sont significativement non négligeables, voire même importants et doivent être pris en compte.

## Surface de référence

Par rapport à la réalité, on peut considérer une surface réduite dans le cas du chauffage (combustible ou CAD), pour tenir compte de locaux non ou partiellement chauffés (SIA 180/4). Pour l'indice dépense d'électricité, il n'y a pas de raison de réduire les surfaces en cause; le plus simple est de considérer la surface globale de référence d'après SIA 180/4 (sans réduction). Il n'est pas gênant a priori de considérer, pour un même bâtiment, une surface de chauffage différente de la surface globale liée aux prestations électriques.

## Normalisation des indices

Les indices de dépense d'énergie sont liés aux conditions météorologiques, essentiellement en ce qui concerne le chauffage. On peut aussi se poser la question faut-il rapporter la dépense d'énergie à une surface, plutôt qu'au nombre d'habitants (ou utilisateurs de cette surface)?

Concernant les diverses prestations envisagées, on peut dresser le tableau suivant:

	Prestations (ss à part)							
	CH	ECS	DI	AS	RN	CO	LU	EQ
relation/météo	x		(x)		(x)	x		
lié aux m <sup>2</sup>	x		x		x	x	x	
lié aux habitants		x		x	(x)	(x)	x	x

x directement lié

(x) moins lié

Pour comparaisons, lorsqu'on a affaire avec des conditions climatiques différentes ou lorsqu'on désire se ramener à des conditions météo de référence (ou l'inverse), il est possible de normaliser l'indice de dépense d'énergie lié au chauffage par des degrés-jours. Lorsque la part des gains internes et/ou solaires est importante, cette normalisation est moins correcte; on peut s'en satisfaire ou recourir à une normalisation plus précise prenant en compte ces gains ainsi que l'ensoleillement. Ces points sont développés plus en détails dans l'Annexe 1.

Des considérations analogues concernant les indices liés à d'éventuels besoins de climatisation sont explicitées dans l'Annexe 2.

Comme on le voit dans le tableau précédent, certaines prestations se réfèrent clairement aux surfaces en cause, d'autres au nombre d'habitants (ou utilisateurs) concernés. Si les indices de dépense d'énergie sont rapportés à une ou des surfaces de référence, il faudrait néanmoins tenir compte du nombre d'habitants. On pourrait, par exemple, attribuer aux surfaces, locaux ou bâtiments considérés un nombre d'habitants en guise de référence; si le nombre réel d'habitants diffère significativement de celui de la référence, qui a permis de construire les indices partiels de dépense d'énergie de référence, on pourrait alors normaliser ces indices partiels par le nombre réel d'habitants, voire même avec des pondérations (facteur <1) lorsque la relation entre prestation et nombre d'habitants n'est que partielle.

## Gains internes et chauffage

Les prestations DI, AS, RN, LU, EQ, SS contribuent aux gains internes, réduisant ainsi la demande d'énergie de chauffage.

Dans le domaine des règlements et valeurs-limites d'indices (de même que dans le domaine de l'analyse où il faut faire la part des choses), le ou les indices de dépense d'énergie de chauffage doivent être diminués des indices partiels liés aux prestations sources de gains internes, en totalité ou en partie suivant que ces prestations contribuent en totalité ou en partie au chauffage (il y a là aussi une pondération à définir et adopter). (Remarquons que combiner des indices de chauffage et

des indices électriques, même s'il ne se rapportent pas à la même surface, n'est pas forcément une incohérence).

Par contre il est difficilement justifiable d'augmenter les indices liés aux éventuels besoins de climatisation pour tenir compte des gains internes (c.f. Annexe 2).

### **Energies indigènes**

Les énergies indigènes (solaire thermique et/ou électrique, vent) contribuent à diminuer la part des énergies extérieures. A l'heure actuelle il est difficile d'imposer un recours aux énergies indigènes; dans les domaines des règlements et des contrôles, il semble logique de s'en tenir aujourd'hui à des indices "normaux" (sans énergies indigènes) en admettant des compensations possibles entre économies d'énergie et énergies indigènes (ou encore, il peut être équivalent de bien isoler ou de recourir à des gains solaires passifs équivalents). Dans le domaine de l'analyse, il est certes intéressant de connaître la part des énergies indigènes; le recours aux indices énergétiques peut s'appliquer sans autres dans ce contexte. S'il fallait un jour imposer des indices concernant les énergies indigènes, la méthodologie discutée ici permettrait de le faire sans problèmes.

On peut invoquer aussi, parmi les énergies indigènes, la chaleur de l'environnement exploitée par les pompes à chaleur. Cette chaleur, étant déjà "payée" par la pompe à chaleur qui consomme de l'énergie à haut contenu d'exergie, ne doit pas être prise en compte dans les indices de dépense d'énergie.

### **Précision**

Quelle précision est-elle nécessaire pour caractériser les indices de dépense d'énergie dans les bâtiments?

Compte tenu de nombreuses incertitudes et approximations, il semble raisonnable de se limiter à une précision de d'ordre de:

± 10 MJ/m<sup>2</sup> an pour l'indice global de dépense d'énergie électricité  
± 20 MJ/m<sup>2</sup> an pour les indices globaux de dépense d'énergie combustibles et CAD

(ce qui implique une meilleure précision au niveau des indices partiels suivant les prestations). Rappel = une puissance continue de 1 W correspond à 30 MJ/an.

### **Conclusion**

Les réflexions qui précèdent montrent que les indices de dépense d'énergie dans les bâtiments constituent un remarquable et séduisant outil de travail pour le législateur, le contrôleur comme pour le chercheur. Cet outil, comme un dénominateur commun, peut même favoriser la discussion et la compréhension entre ces diverses parties.

Son utilisation est relativement simple. Il implique des tables de référence d'indices partiels ou différenciés dont on a déjà de bonnes idées mais dont l'évaluation peut être encore constamment améliorée ou révisée (au gré des connaissances acquises ou des améliorations technologiques) de façon à disposer de bases raisonnables pour une mise en pratique harmonieuse. Quelques additions et pondérations suffisent à combiner des indices partiels pour travailler au niveau d'indices globaux de dépense.

Rien n'empêche d'appliquer généralement et immédiatement une telle méthode de façon simplifiée ou compliquée, cela dépend des buts poursuivis et de la volonté de les atteindre.

## Annexe 1

### Normalisation par rapport aux conditions météorologiques

Soit un bâtiment ayant une consommation annuelle  $Q_d$ , au niveau dépense, pour une demande d'énergie de chauffage  $Q_c$ , les conditions météo étant caractérisées par des degrés-jours de chauffage (DJ) et un ensoleillement H (durant la période de chauffage et pour l'orientation adéquate). Que serait cette consommation ( $Q_d'$ ) pour des conditions différentes (DJ' et H')?

$$\text{On a: (1): } \eta Q_d = Q_c = K \cdot DJ - Q_i - \text{Seff} \cdot H \quad \text{en [J]}$$

$\eta$  = rendement (chaudière + distribution)

$K$  = facteur de pertes du bâtiment [W / °K]

$\text{Seff}$  = surface effective ramenée à la façade sud [m<sup>2</sup>]

$H$  = ensoleillement en façade sud pour les jours de chauffage [J/m<sup>2</sup>]

$Q_i$  = gains internes [J]

pour la cohérence des unités DJ est exprimée en degrés-secondes (1 jour = 24 · 3600s).

$$\text{de même: } \eta Q_d' = Q_c' = k \cdot DJ' - Q_i - \text{Seff} \cdot H' \quad (Q_i = Q_i)$$

Moyennant quelques calculs simples on obtient:

$$(2) \quad \frac{\Delta Q_d}{Q_d} = \frac{K \cdot DJ}{Q_c} \cdot \frac{\Delta DJ}{DJ} - \frac{\text{Seff} \cdot H}{Q_c} \cdot \frac{\Delta H}{H} \quad (\Delta X = X' - X)$$

Si les gains internes et solaires sont négligeables ( $Q_i = 0$   $\text{Seff} = 0$   $K \cdot DJ = Q_c$ ) on peut normaliser la dépense d'énergie par les degrés-jours:

$$\frac{\Delta Q_d}{Q_d} = \frac{\Delta DJ}{DJ} \quad \text{ou} \quad \frac{Q_d'}{Q_d} = \frac{DJ'}{DJ}$$

Si tel n'est pas le cas on peut normaliser avec l'équ. (2), où les coefficients  $K \cdot DJ/Q_c$  et  $\text{Seff} \cdot H/Q_c$  représentent le rapport, respectivement, des pertes du bâtiment et des gains solaires à l'énergie de chauffage. Prenons un exemple en chiffres et unités arbitraires:

$Q_c = 100$ ,  $K \cdot DJ = 180$ ,  $Q_i = 50$ ,  $\text{Seff} \cdot H = 30$  (gains internes et solaires importants).

Si, par ailleurs  $\Delta DJ/DJ = +10\%$  et  $\Delta H/H = +5\%$  on trouve  $\Delta Q_d/Q_d = +16.5\%$ , ce qui est significativement différent de +10%. Normaliser simplement par les degrés-jours reviendrait à sous-estimer de 6.5% l'effet sur la demande de chauffage, ce serait significatif mais non dramatique.

Remarquons encore que DJ et H, dans ce contexte, correspond à une période de chauffage définie par les jours où  $Q_c > 0$  (ou  $K \cdot DJ > Q_i + \text{Seff} \cdot H$ ) et non les jours où la température extérieure

est inférieure à une référence arbitraire comme 12° C. Il est probable que les rapports (seuls importants ici) DJ'/DJ et H'/H dépendent peu de la définition utilisée, mais cela reste à vérifier.

En conclusion, lorsque les gains internes et solaires sont relativement faibles, normaliser un indice de dépense d'énergie de chauffage aux degrés-jours est une procédure simple avec une erreur raisonnablement acceptable. Lorsque les gains internes et/ou solaires sont relativement élevés, la même procédure conduit à des erreurs plus significatives mais pas forcément dramatiques, ou alors il faut recourir à la normalisation liée à l'équ. (2).

## **Annexe 2**

### **Degrés-jours pour besoins de climatisation**

En reprenant les mêmes notations qu'en annexe 1, on peut inverser l'équ. (1) pour la demande d'énergie de froid ( $Q_f$ )

$$(1') \quad Q_f = K \cdot DJ_f + Q_i + \text{Seff} \cdot H_f \quad (Q_f = - Q_c, \text{ "DJ}_f = - DJ\text{")}$$

où les degrés-jours pour refroidissement sont des degrés-jours de "trop chaud" par rapport à une référence à définir (ASHRAE, USA: 18.2° C) et où  $H_f$  est lié à la période de climatisation.

Remarquons que sous nos climats les températures moyennes mensuelles (même en été) excèdent exceptionnellement 20° C et que les températures moyennes journalières dépassent rarement 25° C.

L'équ. (1') montre donc bien que par une conception et une gestion énergétiques faisant appel à l'inertie thermique des bâtiments, au refroidissement nocturne et à un contrôle efficace des gains internes et solaires, les besoins de climatisation de la plupart des surfaces de bâtiments nécessaires à notre société (logements, administratifs, ...) sont difficilement justifiables.

Pour des cas spéciaux et relativement rares (certaines salles d'hôpital, laboratoires ou dépôts spéciaux,...), on peut définir des degrés-jours de climatisation et établir des références ou limites pour les indices de dépense d'énergie correspondants. Par analogie avec l'annexe 1 on peut aussi normaliser les indices de dépense pour la climatisation aux conditions météo ( $DJ_f$ ).



## UN INDICE DE DEPENSE D'ÉNERGIE DANS LA LOI : QUELS CHOIX ?

**Emile SPIERER**  
adjoint du délégué à l'énergie du canton de Genève

### 1 Résumé

L'indice de dépense d'énergie est un outil d'évaluation dont l'expression est plus simple que l'interprétation, ce qui peut conduire facilement à des abus d'utilisation. L'utilisation légale et le caractère partiellement arbitraire de la fixation de limites ont conduit l'OCEN à entreprendre une large démarche de consultation sur le mode de calcul de l'indice à retenir sur le plan cantonal et à fixer des limites à son utilisation.

### 2 Préambule: organisation de l'administration cantonale

Le délégué à l'énergie a pour mission de soutenir et conseiller les acteurs politiques (Conseil d'Etat et Grand Conseil) dans leurs décisions en matière d'énergie.

L'office cantonal de l'énergie (OCEN) est une administration dont la fonction est d'assurer l'application des divers textes légaux et réglementaires en relation avec l'énergie.

Ces deux tâches, séparées sur le plan formel, sont en fait assumées par un seul et même groupe de collaborateurs de l'administration sous la direction de M. Jean-Pascal GENOUD.

D'une façon générale, la mission de cette entité est définie dans l'article 160C de la Constitution genevoise, article adopté par le peuple en décembre 1986.

### 3 Objectifs

L'article 160C de la Constitution genevoise prévoit "*l'établissement de normes spécifiques de consommation d'énergie*" et "*la mise en place d'exigences et d'encouragements garantissant de basses consommations spécifiques*". L'indice de dépense d'énergie est un outil d'évaluation qui répond en première approche à ces exigences.

L'OCEN a entrepris des études visant à qualifier l'indice dans le cadre d'une utilisation légale et à uniformiser son calcul sur le plan cantonal.

#### **4 Etat de la situation**

Une analyse sommaire de la statistique genevoise montre que la production de chaleur (chauffage et eau chaude) dans le secteur immobilier contribue pour la plus grande part au bilan énergétique genevois (50 %), l'énergie pour le chauffage formant à elle seule environ le tiers du tout. L'utilisation plus rationnelle et économe de l'énergie dans le secteur immobilier constitue donc une priorité logique dans le programme de politique énergétique. La définition d'un outil de mesure pour l'évaluation de la consommation d'énergie d'un bâtiment est donc essentielle et c'est à l'indice de dépense d'énergie E, défini notamment dans la recommandation SIA 180/4, de remplir ce rôle. Utilisé à bon escient, l'indice est un outil aussi simple qu'efficace.

Il est évident que les bâtiments dont l'indice est élevé forment le plus grand gisement d'économie d'énergie et le législateur souhaite prendre des mesures plus contraignantes à leur égard. Il devient nécessaire de préciser quels sont les bâtiments concernés et c'est à l'indice qu'incomberait ce rôle. Historiquement, c'est lors de l'étude sur le décompte individuel des frais de chauffage (DIFC) que l'indice est apparu pour la première fois au législateur comme paramètre déterminant de l'efficacité énergétique d'une mesure.

Or l'indice n'a pas été conçu pour assumer une tâche légale; sa définition laisse une certaine marge de manoeuvre aux utilisateurs et il se prête mal à une utilisation de ce type.

#### **4 Action de l'OCEN**

##### **4.1 Calcul de l'indice thermique**

La méthode de calcul de l'indice énergétique, telle qu'elle est définie dans la recommandation SIA 180/4, laisse subsister certaines imprécisions que chacun comble à sa manière. C'est dans le but de standardiser la démarche au plan cantonal que l'OCEN a procédé à une consultation. Destinée à durer, la version retenue devra permettre à l'indice de remplir au mieux sa fonction: comparer les qualités énergétiques des bâtiments. Elle devra également satisfaire aux contraintes d'harmonisation avec les autres cantons.

Bien que de seconde importance, les points suivants doivent être uniformisés :

- L'énergie contenue dans un agent énergétique doit-elle être mesurée selon le pouvoir calorifique supérieur ou inférieur ?

La R SIA 180/4 prévoit d'utiliser la valeur inférieure. Le calcul avec le pouvoir calorifique supérieur permettrait de tenir compte de toute l'énergie disponible.

- Théoriquement la correction climatique ne doit porter que sur la partie de l'indice chauffage ou, plus précisément, sur la part influencée par la température extérieure. Cette part peut être difficile à estimer, en particulier lorsque seul l'indice thermique est connu.

- Le type de degrés-jours utilisés pour la correction climatique n'est pas défini de façon univoque. Les degrés-jours 20/12 sont les plus utilisés. D'autres propositions, visant à mieux tenir compte des gains internes et solaires ou à mieux prendre en considération la température effective des locaux, ont été faites, par exemple : 18/12 ou 20/14. Les degrés-jours 20/20 et 18/18 sont également utilisés.
- Seuls les degrés-jours correspondant à la période où le bâtiment est chauffé doivent intervenir dans la correction climatique. Pour un bâtiment quelconque, faut-il utiliser les degrés-jours annuels totaux ou les degrés-jours d'une période de chauffage standard ?

## **4.2 Utilisation de l'indice dans la législation**

### **4.2.1 L'interprétation de l'indice énergétique**

L'indice énergétique est le rapport entre l'énergie consommée et un élément représentatif de la prestation utile correspondante. En Suisse, cette dernière est représentée par la surface brute de plancher chauffé, éventuellement multipliée par un facteur correctif permettant de tenir compte de la hauteur des locaux, de la température de consigne ou de la durée d'utilisation. Cette définition est simple mais la surface brute de plancher chauffé n'est pas parfaitement représentative de la prestation; l'indice ne doit, par conséquent, être utilisé qu'avec prudence.

### **4.2.2 L'indice, indicateur de l'efficacité économique**

L'indice énergétique peut parfois être vu comme un indicateur de l'efficacité économique d'une mesure d'économie d'énergie. Tel est le cas lorsqu'il existe une relation de proportionnalité entre l'économie (financière ou d'énergie) et l'indice initial, d'une part, et entre le coût de la mesure et la surface de plancher chauffé, d'autre part. L'indice énergétique est alors égal à un facteur près au rapport entre le bénéfice et le coût de l'opération.

Le décompte individuel des frais de chauffage fournit un exemple de cette situation. En effet, cette mesure permet d'économiser un certain pourcentage de la consommation (dans la réalité, la relation n'est pas linéaire) et son coût dépend essentiellement du nombre de radiateurs, nombre que l'on peut, en première approximation, supposer proportionnel à la surface de plancher chauffé. Dès lors, l'indice est un indicateur de l'efficacité économique de la mesure et son utilisation permet au législateur de satisfaire au principe de la proportionnalité.

#### **4.2.3 Isolation de l'enveloppe**

Le type de raisonnement développé en 4.2.2 n'est par contre pas valable dans le cas de mesures d'isolation de l'enveloppe. En effet, le coût est alors proportionnel à la surface de l'enveloppe qui ne varie pas comme la surface de plancher chauffé. Ceci limite donc la possibilité d'utiliser l'indice énergétique pour mettre en oeuvre le principe de proportionnalité.

#### **4.2.4 Recommandation SIA 380/1**

L'OCEN s'est appuyé sur la SIA 380/1 pour essayer d'atteindre l'objectif visé et a présenté une version conviviale de ce modèle de calcul : le préavis énergétique. En 1989, il a été décidé d'introduire le préavis énergétique à titre expérimental dans la procédure de requête en autorisation de construire.

Cette expérience met notamment en évidence le fait qu'il n'est pas possible de fixer une valeur limite de la consommation spécifique qui ne dépende que du type de bâtiment. En effet l'influence de la taille du bâtiment est telle que les valeurs limites fournies par la recommandation sont trop sévères pour un petit bâtiment alors qu'elles sont très facilement atteignables par une grande construction.

L'indice ne peut constituer un outil de vérification de la conformité d'un bâtiment à la R 380/1. L'incertitude sur les valeurs statistiques admises pour l'utilisation est telle qu'il ne peut être question de comparer la réalité au modèle théorique au niveau de valeurs limites légales.

#### **4.2.5 Lorsque la notion habituelle d'indice énergétique est insuffisante**

L'utilité de l'indice énergétique n'apparaît que lors de comparaisons. En général, dans un contexte législatif, l'indice serait comparé à une valeur limite. Lorsque la notion habituelle ne convient pas, deux voies peuvent être suivies :

- compliquer le calcul de l'indice, en tenant compte éventuellement de paramètres supplémentaires;
- conserver le calcul habituel de l'indice mais faire dépendre la valeur limite de paramètres supplémentaires. La notion d'indice perd alors son intérêt d'outil simple et il est souvent conceptuellement plus facile de comparer directement la consommation d'énergie avec une valeur limite variable.

## **5 Conclusion**

Le choix d'un mode de calcul de l'indice énergétique unifié sur le plan cantonal est arbitraire mais nécessaire. Il doit, de plus, répondre à une volonté d'harmonisation sur le plan national. Le modèle qui sera retenu aux plans législatif et réglementaire tiendra notamment compte de l'ensemble des questions et considérations discutées ici et des propositions des partenaires consultés.



La certification énergétique des bâtiments.

Une proposition de directive de la Commission des Communautés Européennes.

par Francis GHIGNY, responsable de projets  
à l'Institut Wallon, asbl  
chargé par la Commission d'une étude  
sur l'"Affichage de l'efficacité  
énergétique des bâtiments existants"

réf.

RESUME.

doss.

Alors que dans la majorité des Etats membres, des législations existent qui imposent des conditions minimales d'efficacité énergétique dans les bâtiments, rien n'empêche dans le parc existant d'utiliser des équipements obsolètes dans un bâtiment non isolé.

En 1990, la Commission des Communautés Européennes a chargé l'Institut Wallon d'une étude sur ce thème en vue d'aboutir à une proposition de directive.

Le principe de base peut se résumer comme suit: en cas de transaction immobilière, le propriétaire d'un bien immobilier doit préciser à l'acheteur (éventuellement au loueur) potentiel quel est le degré d'efficacité énergétique du bien en question. Cette information peut prendre la forme soit d'un certificat, soit d'un diagnostic thermique.

L'objectif consiste essentiellement à améliorer la transparence du marché de l'immobilier et à valoriser les efforts financiers consentis par le propriétaire/bailleur. Lorsque ces conditions sont remplies, la motivation des investisseurs potentiels est accrue et on peut s'attendre à une augmentation des investissements URE dans le bâtiment.

1. INTRODUCTION.

Dans la grande majorité des Etats membres des législations existent qui imposent des conditions minimales d'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs. C'est vrai depuis de nombreuses années en ce qui concerne les niveaux d'isolations et cela le devient également pour les systèmes de chauffage et de conditionnement.

Par contre, pour les bâtiments anciens, rien n'empêche d'utiliser des équipements obsolètes dans un bâtiment non isolé. Et pourtant la majorité du parc des bâtiments existants ont été construits à une période où n'existait aucune législation dans le domaine de l'efficacité énergétique, parfois à une période où la préoccupation énergétique des concepteurs était faible, et ces bâtiments constituent réellement un gisement d'économies d'énergie potentielles.

## 2. LES OBJECTIFS POURSUIVIS PAR LA PROPOSITION DE DIRECTIVE.

### 1. Les objectifs essentiels poursuivis par la certification énergétique sont les suivants:

#### 1.1. Améliorer la transparence du marché immobilier.

Il s'agit d'aider le "consommateur à judicieusement faire le choix de son logement en prenant en compte notamment les caractéristiques énergétiques, et permettre au propriétaire de faire valoir la qualité thermique de son bâtiment.

#### 1.2. Favoriser et mieux orienter les investissements URE.

Actuellement, il existe des situations où des investissements rentables (mais non visibles) ne sont pas réalisés notamment dans les cas suivants:

- les pouvoirs publics ignorant les économies qu'ils pourraient réaliser dans les bâtiments (logements, bureaux,...) dont ils sont propriétaires;
- un propriétaire occupant qui ne sait s'il occupera encore suffisamment longtemps son logement pour récupérer lui-même les économies induites par ces travaux;
- un propriétaire qui met son bien en location n'a pas la possibilité d'amortir son investissement.

La certification énergétique permettra de donner une plus-value au bien qui bénéficie d'une amélioration; cette plus-value permettra de justifier, aux yeux du propriétaire, la décision d'investir car elle pourra se matérialiser lors de la vente ou lors d'une nouvelle mise en location.

L'examen des différents paramètres du bâtiment contenus dans la certification énergétique orientera favorablement le propriétaire vers le type d'investissement à étudier en priorité notamment lors d'une nouvelle occupation du bien. Des simulations pourront être opérées pour voir l'incidence d'une mesure sur les paramètres significatifs du bâtiment.

De même, lors du remplacement d'un équipement de chauffage ou de refroidissement, la connaissance des besoins thermiques permettra un dimensionnement plus précis de ces équipements.

### 2. Les objectifs induits par la certification sont les suivants.

#### 2.1. Une diminution de la consommation d'énergie.

La prise en compte de l'efficacité énergétique du bâtiment, lors de l'achat ou de la location et le développement (quantitatif et qualitatif) des investissements URE, entraîneront une économie d'énergie annuelle qui a été estimée à 2 Mtep en l'an 2010.

## 2.2. Une diminution de la pollution atmosphérique.

La pollution, liée à l'utilisation des combustibles, diminuera quantitativement en même temps que ceux-ci. De plus, l'impact de la certification sur le remplacement volontaire d'anciens appareils de combustion par de nouveaux devront répondre à des normes anti-pollution plus sévères, amplifiera le phénomène décrit ci-dessus.

## 2.3. Une relance de l'emploi dans le secteur de la rénovation à caractère énergétique.

L'augmentation des travaux URE aura une répercussion sur l'emploi dans ce secteur, et entraînera le développement de nouvelles technologies plus propres et plus adaptées.

## 3. Utilisation complémentaire de la certification énergétique.

3.1. Possibilité de créer des outils de traitement de données, basées sur les données stockées sur la certification, en vue d'étudier la rentabilité des améliorations proposées.

3.2. L'outil mis en place (document caractéristique du logement) offre aux autorités locales, nationale et communautaires une multitude d'actions possibles dans le cadre d'une politique énergétique, en vue de développer un outil statistique ou de mener des actions spécifiques orientées vers certains types de bâtiments.

## 4. Quand faut-il produire la certification?

En vue de respecter les objectifs décrits ci-avant, il est opportun de réaliser la certification:

- à la vente du bâtiment
- lors d'une nouvelle mise en location.

En effet, la transparence du marché n'a de sens que lorsqu'il y a transaction immobilière ou mise en location.

De plus, c'est également à ces moments là que généralement des travaux d'amélioration ou de transformation sont entrepris. Et il convient de réaliser ces travaux avec une information suffisante sur l'état thermique du bâtiment et sur les améliorations possibles.

### 3. LA PROPOSITION DE DIRECTIVE.

Suite aux contacts que nous avons pu avoir avec les délégations des différents Etats membres, nous avons constaté avec plaisir que la majorité des personnes contactées insistaient pour que des mesures efficaces soient prises dans le domaine des bâtiments existants, même si des réticences étaient formulées vis à vis:

- de l'aspect obligatoire de la procédure,
- du coût de l'opération (surtout pour les Etats)
- de la centralisation de l'information.

D'autre part, comme les bâtiments ne sont pas des biens susceptibles de franchir les frontières, contrairement à certains composants (chaudières, fenêtres, isolation,...) il n'apparaît pas nécessaire de standardiser les procédures entre les différents Etats membres.

Par contre, le principe que chaque Etat fournisse "un effort équivalent" en vue de réduire les consommations énergétiques et les nuisances associées, doit être respecté.

C'est pourquoi la démarche proposée laisserait le choix aux différents Etats parmi des formules différentes mais dont le résultat escompté serait équivalent.

#### 3.1. La certification énergétique peut prendre deux formes:

- le CERTIFICAT, qui fournit des informations sur l'état du bâtiment, ces informations étant comparées à des valeurs de référence accessibles;
- le DIAGNOSTIC, qui fournit en plus une analyse détaillée des améliorations thermiques du bâtiment sous les aspects coût et rentabilité.

Les Etats membres choisissent la ou les formes qu'ils veulent appliquer.

La connaissance des consommations des trois dernière années est un renseignement complémentaire intéressant.

#### 3.2. Les Etats membres créent les conditions favorables pour que la certification énergétique soit réalisée:

- pour les bâtiments publics: une organisation est mise sur pied, chargée de la réalisation du diagnostic énergétique des bâtiments et de sa tenue à jour. Il s'agira de réaliser annuellement le diagnostic de minimum 5% du parc immobilier.
- pour les bâtiments privés: les Etats membres optent pour une des trois mesures suivantes:
  - \* une certification obligatoire (pour la vente d'abord, pour la location ensuite),
  - \* une certification facultative accompagnée d'une incitation financière significative (+ de 50% du coût de la certification),

- \* toute autre mesure entraînant la réalisation annuelle d'une certification pour minimum 5% du parc immobilier.

### 3.3. Le contenu de la certification énergétique.

La proposition de directive ne définissant que les principes généraux d'une procédure d'information, les Etats membres conservent une certaine latitude dans la mise en oeuvre des mesures nationales d'exécution. Celles-ci ne doivent en aucun cas constituer une rupture avec les programmes engagés.

33.1. La certification énergétique analysera les besoins d'énergie significatifs relatifs:

- au chauffage des locaux,
- au refroidissement des locaux,
- au chauffage de l'eau sanitaire.

33.2. Le document **représentant** la certification énergétique comportera trois parties:

- 1ère partie: les "**paramètres significatifs**". Ces paramètres devront être:

- \* peu nombreux,
- \* facilement compréhensibles par le particulier non initié,
- \* caractéristiques des qualités thermiques du bâtiment ou d'un aspect du bâtiment (enveloppe, système, coût d'utilisation),
- \* comparables à des paramètres de référence permettant une appréciation qualitative du bien proposé,
- \* comparables aux paramètres équivalents d'autres logements "concurrents".

Ces paramètres significatifs seront les éléments les plus représentatifs de la certification et serviront donc pour la comparaison entre bâtiments. Ces paramètres standards et opposables sont l'expression de la plus-value économique de biens énergétiquement performants.

-----  
(\* ) C.O.V.: Composé Organique Volatil.

- 2ème partie: les "résultats intermédiaires".

- \* Ces résultats intermédiaires peuvent être calculés à partir des mêmes données qui ont servi à la détermination des paramètres significatifs.
- \* Il s'agit de valeurs plus techniques, moins accessibles au public non initié, mais qui permettront aux professionnels de la construction, de prendre, dans la discipline qui est la leur, les résultats pertinents pour déterminer et calculer l'efficacité énergétique d'une intervention ponctuelle.
- \* Ces résultats pourront donner une information plus détaillée sur les points forts et les points faibles des différents aspects du bâtiment.
- \* Ces résultats intermédiaires pourront être différents d'un Etat à l'autre, en fonction des habitudes prises, et en fonction des réglementations et des normes existantes (ex.: niveau global d'isolation thermique K en Belgique, le coefficient de déperdition volumique G en France,...).

- 3ème partie: "les propositions d'amélioration thermique".

Sans entrer dans une analyse coût-bénéfice mais en établissant simplement une comparaison entre l'état du bâtiment et de ses composants, avec des valeurs de référence, le certificat énergétique identifie les points faibles du bâtiment et donc les améliorations les plus probablement intéressantes.

L'économie d'énergie engendrée et le dimensionnement des interventions sont établies dans le certificat énergétique.

Il est bien entendu possible de rechercher une information plus complète, incluant une analyse du coût, de la faisabilité et de la rentabilité de l'intervention.

Dans ce cas, la certification énergétique prend la forme d'un "DIAGNOSTIC ENERGETIQUE".

# **Liste des participants**



**ANCAY Camille**  
Etat du Valais  
Place St. Théodule  
1950 Sion

**ANTILLE Gabrielle**  
Lab. d'Economie Appliquée  
Université de Genève  
2, rue Dancet  
1211 Genève 4

**AUER Günter**  
27, rue de la Filature  
1227 Carouge

**BARDE Olivier**  
Bureau d'ingénieurs  
B.P. 251  
1227 Carouge

**BELAZ Charles**  
COLENCO AG  
Mellingerstr. 207  
5405 Baden

**BOREL Michel**  
Ingénieur-conseil EPF-SIA  
CP 330  
1290 Versoix

**CARLEVARO Fabrizio**  
CUEPE  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**de PREUX Jean**  
STOPGASPI SA  
31, av. Wendt  
1203 Genève

**ANGIOLETTI Robert**  
Ingénieur  
Service Habitat et Tertiaire  
Agence Française pour la Maîtrise  
de l'Energie  
500, rte des Lucioles  
F-06565 Valbonne Cedex

**ARNOLD Josef**  
Architecte UTS  
4A, ch. Bois-Caran  
1222 Vésenaz

**BALMER Christian**  
Société TELMECO SA  
18, ch. des Aulx  
1228 Plan-les-Ouates

**BAUER-LAGIER Monique**  
30, Genévière  
1213 Onex

**BENOIT Pierre**  
S I G  
12, rue du Stand  
1211 Genève

**BREMER Pierre**  
SEPE SA  
33, rue du Midi  
1800 Vevey

**CORNAZ Michel**  
CORNAZ & Fils, produits en béton  
1165 Allaman

**DUPUIS M.**  
Architecte  
55, Bvd. Carl-Vogt  
1205 Genève

**ERNST Roet**  
Architecte SIA  
43, Grand-Rue  
1315 La Sarraz

**FINK Willy**  
EGOKIEFER SA  
2, rue Carqueron  
1220 Les Avanchets

**GALLAY Clément**  
GALLAY & JUFER SA  
1, ch. de Plein-Vent  
1228 Plan-les-Ouates

**GAY Jean-Bernard**  
EPFL  
LESO  
1015 Lausanne

**GENOUD J.-P.**  
Délégué à l'énergie  
Département de l'économie publique  
14, rue de l'Hôtel-de-Ville  
1204 Genève

**GLAYBE Gérald**  
FACILITES COORDINATION SA  
18, rue Marziano  
1227 Les Acacias

**GUISAN Olivier**  
CUEPE - GAP  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**HERMET Gérard**  
R.E. MOSER SA  
2, rue des Grandes-Portes  
1213 Onex

**FALCONNIER Jacques**  
Etat de Vaud / DTPAI-SB  
10, place de la Riponne  
1014 Lausanne

**FRAGNIERE Emmanuel**  
Groupe de rech. opérationnelle  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**GARBELY Myriam**  
CUEPE  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**GENDRE Gérald**  
RG RIEDWEG & GENDRE SA  
1, Rue Richard-Wagner  
1202 Genève

**GHIGNY Francis**  
Responsable de projets  
Inst. Wallon de Développement  
Economique et Social et  
d'Aménagement du Territoire  
Boulevard Huart 10  
B-5000 Namur

**GOUMAZ Jean-Yves**  
TELEGESTION ENERGIE SA  
48 bis, rue de Carouge  
1211 Genève 4

**HALDI Pierre-André**  
LASEN - DGC  
EPFL  
1015 Lausanne

**HOGG Pierre**  
Dep. des transports et de l'énergie  
17, rue des Chanoines  
1700 Fribourg

**HUMBERT Mike**  
Ingénieur-conseil  
53, Cardinal-Journet  
1217 Meyrin

**KELLER Ivan**  
**AMSTEIN + WALTHERT**  
24, rue du Cendrier  
1201 Genève

**KREBS Georges**  
**KREBS-ENERGIES**  
7, ch. Deley  
C.P. 646  
1214 Vernier

**LACHAL Bernard**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**MATHEY Bernard**  
**MATHEY SA**  
2205 Montezillon

**MANINI Francesco**  
Architecte  
14, rue du Simplon  
1920 Martigny

**MERMOUD André**  
**GAP**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**MUTZNER Jürg**  
Union des Centrales Suisses  
d'Electricité  
Bahnhofplatz 3  
8023 Zurich

**HURNI Jean-Pierre**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

Pasteur **KENMOGNE J.-Blaise**  
Cercle Int'l. pour la Promotion  
et la Création (CIPCRE)  
B.P. 1256  
Bafoussam  
Rép. du Cameroun

**KRUMMENACHER Pierre**  
**INFOENERGIE COLOMBIER**  
2013 Colombier

**LANGLO Erik**  
**PERRETEY & MILLERET SA**  
21, rue J.-Grosselin  
1227 Carouge

**MAMANE Gabriel**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**MARTIGNONI Massimo**  
Dipartimento Ambiente TI  
6500 Bellinzona

**MORACHIOLI Paul**  
Ecole d'ingénieurs  
Labo Energétique  
4, rue de la Prairie  
1202 Genève

**NEF Jean-Paul**  
Ing. conseil  
46, av. Cardinal-Mermillod  
C.P. 244  
1227 Carouge

**NIEDERBERGER Josef**  
**FLUMROC SA**  
Case 94  
1024 Ecublens

**NONNI Marco**  
**RG RIEDWEG & GENDRE SA**  
1, rue Richard-Wagner  
1202 Genève

**PAIN Dominique**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**PENG Yi-Bin**  
**LASEN - DGC**  
EPFL  
1015 Lausanne

**PUTALLAZ Jean**  
Ingénieur-Conseils  
13, rue du Pré-de-la-Fontaine  
1217 Meyrin

**REZKI Mekki**  
129, rue de Genève  
1226 Thônex

**ROHN Alfred**  
**FLUMROC SA**  
case 94  
1024 Ecublens

**NESVADA Jan**  
La Neuchâteloise Assurances  
2, rue de Monruz  
2000 Neuchâtel

**NILSSON Mats-Ola**  
2, rue du Forum  
1260 Nyon

**PAHUD Daniel**  
**GAP -UNI Genève**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**PASCHE S.**  
**SIG**  
12, Rue du Stand  
1211 Genève

**PEROZZI A.**  
**SA CONRAD ZSCHOKKE**  
42, rue du 31-Décembre  
1211 Genève 6

**REY Michel**  
ETAT DE GENEVE / DTP  
POLICE DES CONSTRUCTIONS  
Service sécurité-salubrité  
20 bis, rue du Stand  
1204 Genève

**RIGHETTI François**  
Ing. conseils, INTERTECNIC SA  
59, av. Général-Guisan  
1900 Vevey

**ROMERIO Franco**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**ROSSELET Michel**  
**SULZER INFRA (SUISSE) SA**  
Succ. de Genève  
3, rue Gevray, C.P. 316  
1211 Genève 21

**RIEBEN Samuel**  
**RIGOT-RIEBEN Ing.-conseils**  
48, rte des Acacias  
1227 Carouge

**TINGUELY André**  
**CIE DE GERANCE IMMOBILIERE**  
11, rue Général-Dufour  
1204 Genève

**TORRE Gilbert**  
**SA CONRAD ZSCHOKKE**  
10, ch. Isaac-Anken  
1219 Aire

**TSCHOPP Jean-Marc**  
**D T P**  
Direction des bâtiments  
5, rue David-Dufour  
1211 Genève 8

**VILLE DE GENEVE**  
**SERVICE DE L'ENERGIE**  
19, ch. du Château-Bloc  
1219 Le Lignon

**WICK Bruno**  
Ingenbüro WICK  
Postfach 7  
8967 Widen

**WIEDMER Maurice**  
Ingénieur EPFL - SIA  
**ECOTECH**  
17, ch. des Terrasse  
1095 Lutry

**RICHARD Gil**  
**SERISA SA / TELEGESTION**  
1, ch. des Mûriers  
1170 Aubonne

**SCHAPIRA Alfred**  
**SA CONRAD ZSCHOKKE**  
42, rue du 31-Décembre  
1211 Genève 6

**TRACHSEL Christian**  
**TRACHSEL Ingénieurs-Conseils SA**  
23, rue de la Châtellenie  
2072 St. Blaise

**TRUSSEL Rolf**  
**WANCOR SA**  
9, ch. des 2-Communes  
1226 Thônex

**VERNET Léonard**  
**CHAMBRE GENEVOISE IMMOBILIERE**  
**ET SOCIETE DES REGISSEURS**  
C.P. 446  
1211 Genève 11

**WEBER Willi**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**WEINMANN Charles**  
**WEINMANN-ENERGIES SA**  
Ingénieurs-Conseils  
Route d'Yverdon 4  
1040 Echallens

**ZHOU Jianhua**  
**CUEPE**  
4, ch. de Conches  
1231 Conches

**ANNEXE I**

**AGENCE FRANCAISE POUR LA MAITRISE DE L'ENERGIE**

**EFFICACITE ENERGETIQUE DES LOGEMENTS**

**COMPARAISONS INTERNATIONALES**

**R.ANGIOLETTI**

**AFME, Service Habitat & Tertiaire  
500, Route des Lucioles - Sophia-Antipolis  
06565 VALBONNE Cedex  
Tél : 93.95.79.30**

**Octobre 1991**

**EFFICACITE ENERGETIQUE DES LOGEMENTS**  
**COMPARAISONS INTERNATIONALES**

**R.ANGIOLETTI**  
**AFME, Service Habitat & Tertiaire**

**Résumé**

*Le patrimoine de logements des pays européens, Suède incluse, compte près de 130 millions de résidences principales et a consommé 192 Mtep d'énergie finale en 1988.*

*Cette consommation est resté relativement stable depuis 1975, alors que la population, le parc de logement et le niveau de vie ont sensiblement progressé en Europe.*

*Ce résultat met en évidence les gains substantiels d'efficacité énergétique obtenus globalement sur le secteur résidentiel.*

*Les situations de chaque pays restent cependant contrastées.*

*Ce document présente les premiers résultats d'une étude de l'efficacité énergétique comparée des logements des différents pays européens.*

*Elle met en lumière les principales difficultés de ce type d'approche qui résident dans la constitution d'une base de données cohérentes et fiables et le développement d'une méthode de comparaison intégrant les déterminants les plus pertinents de la consommation d'énergie des logements.*

*Les premières analyses exploratoires soulignent ses larges possibilités d'utilisation pour l'évaluation des politiques de maîtrise de l'énergie appliquées au logement et son intérêt stratégique pour la définition d'actions futures adaptées à chaque pays européen.*

## EFFICACITE ENERGETIQUE DES LOGEMENTS

### COMPARAISONS INTERNATIONALES

R.ANGIOLETTI

AFME, Service Habitat & Tertiaire

#### **Pourquoi des comparaisons internationales de l'efficacité énergétique des logements ?**

Depuis le premier choc pétrolier de 1973, après de longues années de crise énergétique, de nombreux progrès ont été réalisés en matière d'efficacité énergétique, en FRANCE comme dans l'ensemble des pays européens.

Il est important de mesurer les résultats effectivement observés et l'on peut mettre en évidence les écarts entre l'état initial des patrimoines de chaque pays et leur efficacité finale réelle après 15 années d'actions en faveur de la maîtrise de l'énergie, de manière à évaluer le chemin parcouru.

Il ne suffit pas, en effet, de mesurer les progrès réalisés par les développements technologiques de nouveaux équipements tels que les gains de rendement des chaudières performantes ou l'amélioration des résistances thermiques des isolants. Il s'avère aussi nécessaire de mesurer, sur longue période, le degré de pénétration de ces techniques récentes sur les parcs de logements neufs, grâce aux diverses réglementations mises en oeuvre dans la plupart des pays européens, ou anciens par les programmes de travaux réalisés par les usagers.

L'évaluation de ces progrès, et des politiques énergétiques qui les ont permis, peut être en partie réalisée par l'étude des indicateurs d'efficacité énergétique s'appuyant sur des données de parcs et de consommations observées. Cette approche statistique globale intègre notamment, de manière implicite, l'évolution des comportements des utilisateurs et du degré d'amélioration du confort des logements.

Au plan international, de nombreuses contraintes doivent être, cependant, respectées en matière d'informations statistiques :

- l'existence de données chiffrées,
- leur représentativité,
- l'homogénéité des niveaux d'information disponibles pour chaque pays,
- la cohérence des nomenclatures et des typologies utilisées,
- la fiabilité des données et, le cas échéant leur recoupement entre plusieurs sources.

Il est, par ailleurs, impératif de pouvoir disposer d'une méthode de comparaison permettant d'analyser et d'interpréter les résultats.

Les situations rencontrées pour chaque pays sont, en effet, très sensiblement différentes, notamment entre les pays du nord et sud de la Communauté. De plus, en dehors des caractéristiques purement techniques des logements (rendements, degrés d'isolation thermique...), les déterminants de la consommation d'énergie sont nombreux : rigueur climatique, niveau de vie et prix des énergies, degré de confort et taux d'équipements du parc. Enfin, la taille des pays observés varie sensiblement et peut induire des effets de structure influant sur les consommations énergétiques.

Comme on peut le voir, la problématique des comparaisons internationales est relativement complexe.

Les premiers résultats présentés ci-dessous sont issus d'une première étude exploratoire réalisée par SRI International (1) à la demande de l'AFME.

---

(1) SRI International - 6 avenue Marceau 75008 PARIS - Tél : (1).40.70.00.04

## Un double objectif

Le premier objectif de cette étude a principalement consisté en un tour d'horizon général de l'information disponible sur le secteur résidentiel dans les douze pays de la Communauté Européenne auxquels a été rajoutée la SUEDE.

Le premier constat est que les informations disponibles sont très inégales d'un pays à l'autre et que ces différences proviennent pour l'essentiel de la diversité des missions des organismes en charge des études statistiques sur le logement et sur l'énergie.

La FRANCE fait partie des pays pour lesquels on dispose du plus grand nombre d'informations grâce à l'existence d'organismes centralisés institutionnels (INSEE) ou professionnels (CEREN). Dans d'autres pays, comme en RFA ou en Espagne, la décentralisation et la dispersion des sources d'information et des formes de présentation des données spécifiques au secteur résidentiel, rend délicate la construction de bilans globaux cohérents malgré une grande richesse d'informations. Pour certains pays du sud, aux conditions climatiques relativement clémentes, la nécessité de suivi du parc de logements et surtout de ses consommations d'énergie ne s'est pas faite sentir par le passé, ce qui entraîne une relative carence de l'information.

De ce fait, les premiers résultats présentés ici constituent seulement une première ébauche dans l'analyse et les comparaisons internationales. Elle nécessitera de nombreux approfondissements sur l'amélioration de la qualité et de la cohérence des données.

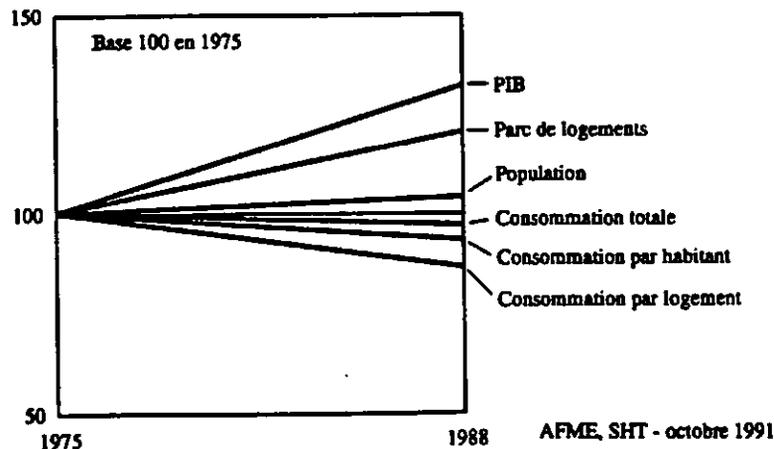
Le second objectif a été de développer une méthodologie permettant de réaliser la comparaison de l'efficacité énergétique des logements européens. Elle s'appuie à la fois sur le choix de déterminants pertinents de la consommation des logements et sur celui d'indicateurs chiffrés disponibles simultanément dans la plupart des pays traités.

### Premiers résultats : 130 millions de logements et une consommation de 2 230 TWh (192 Mtep (2)) en 1988

La population de l'Europe des 12 et de la Suède est passée de 317 à 331 millions d'habitants entre 1975 et 1988, alors que son PIB total progressait de 2 670 à 3 670 milliards d'écus (monnaie courante).

Dans le même temps, le parc de logement a augmenté de 107 à 129 millions de résidences principales, alors que la consommation totale d'énergie finale du secteur résidentiel a, par contre, légèrement baissé de 2 300 à 2 230 TWh (à climat réel).

EVOLUTIONS DU PARC ET DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE  
DES LOGEMENTS EUROPEENS - CLIMAT REEL - Source SRI International

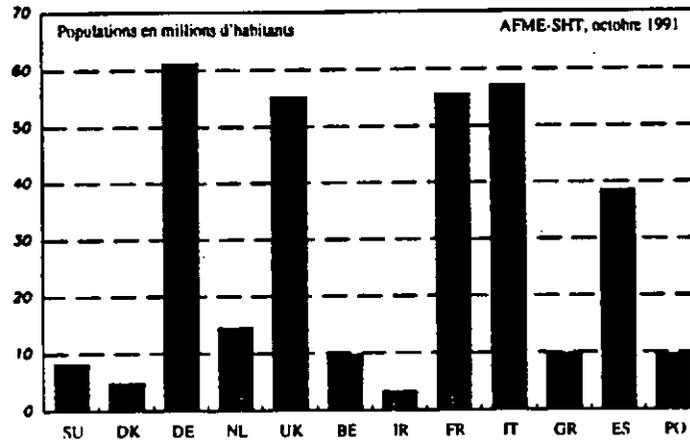


(2) Equivalences à la consommation : 1 tep = 11 600 kWh.

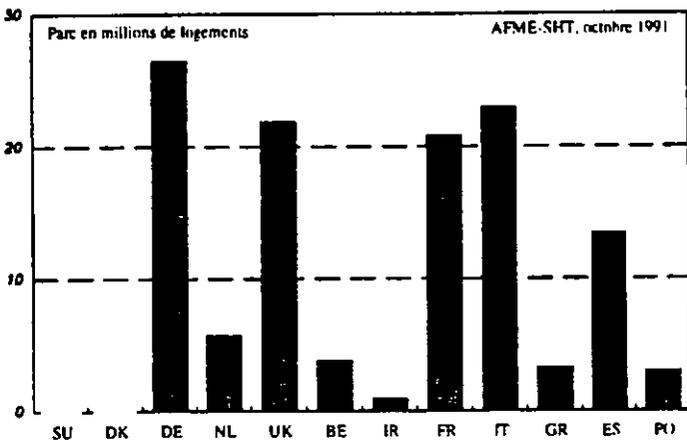
Ainsi, en première analyse, il apparaît que l'amélioration de l'efficacité énergétique moyenne observée sur près de 15 années a largement permis de compenser, au niveau global de l'Europe, les accroissements de consommation qui auraient dû être induits par la croissance des populations et des parcs.

Les situations rencontrés sont cependant très contrastées d'un pays à l'autre.

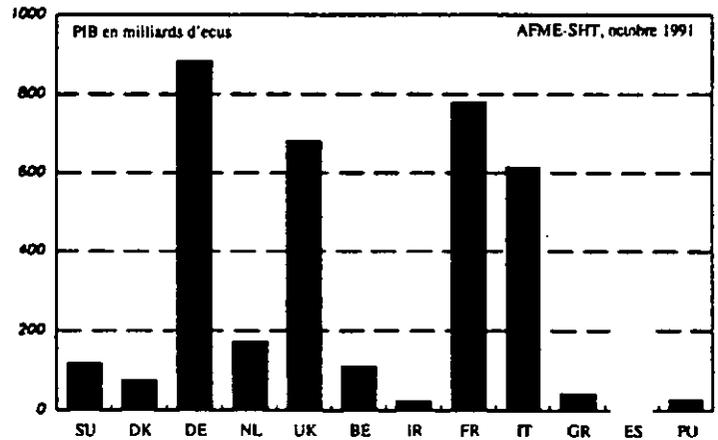
POPULATIONS DES PAYS EUROPEENS EN 1988  
Source SRI International



PARCS DE LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS EN 1988  
Source SRI International



PRODUIT INTERIEUR BRUT DES PAYS EUROPEENS EN 1988  
Source SRI International



Ainsi, en 1988, il existe un rapport de 1 à 10 entre la population, les parcs et les PIB des différents pays et la mesure des écarts liés à de telles différences de structures doit être analysé.

### Quels indicateurs d'efficacité énergétique ?

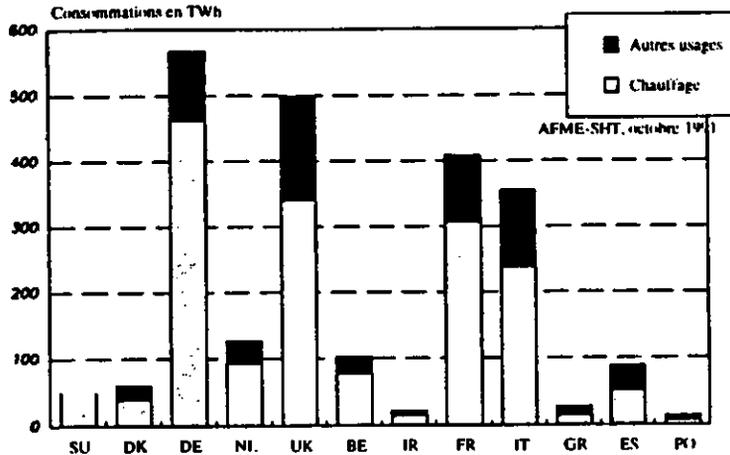
Inversement à d'autres comparaisons macro-économiques qui sont réalisées en énergie primaire (3), nous raisonnerons ici en énergie finale (équivalences à la consommation) plus représentative de la demande d'énergie des usagers du secteur résidentiel.

(3) En France notamment : 1 tep électrique = 4 500 kWh, 1 tep combustible = 11 600 kWh.

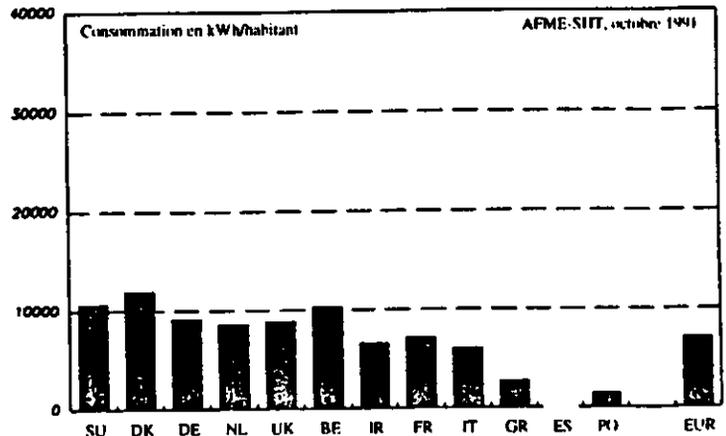
Quatre indicateurs de la consommation finale des logements ont pu être définis :

- la consommation totale du secteur résidentiel en TWh, qui est largement fonction de la taille du pays et de la structure de son parc de logement,
- la consommation moyenne par habitant, indicateur macro-économique permettant de mesurer l'efficacité énergétique en fonction de la population qui est l'un des déterminants les plus précisément connus pour l'ensemble des pays,

CONSOMMATIONS TOTALE D'ÉNERGIE FINALE DU SECTEUR RÉSIDENTIEL  
PAYS EUROPÉENS - ANNÉE 1988 - CLIMAT MOYEN  
Source SRI International

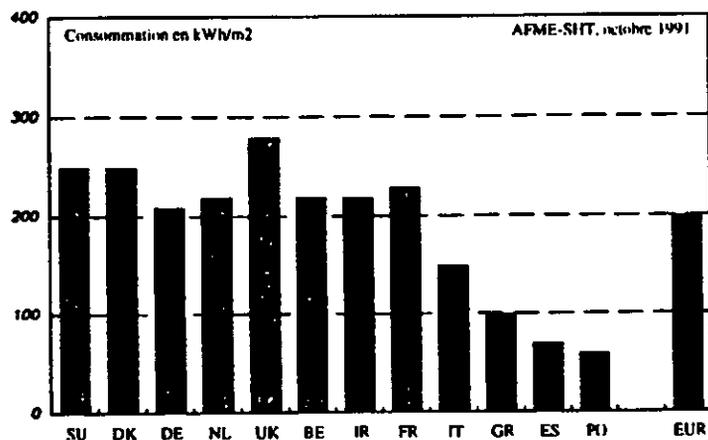


CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPÉENS  
ANNÉE 1988 RAMENÉES AU CLIMAT MOYEN SUR DIFFÉRENTES PÉRIODES  
DE PLUSIEURS ANNÉES - Source SRI International

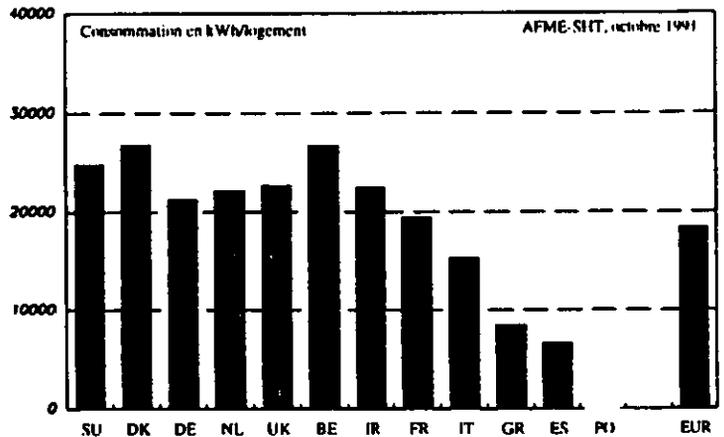


- la consommation unitaire moyenne par m<sup>2</sup> de logement chauffé. Cet indicateur qui serait le plus significatif car il tient compte de la taille des logements est malheureusement peu fiable car les surfaces moyennes chauffées sont mal connues.
- la consommation moyenne par logement qui semble être l'indicateur le plus pertinent de l'efficacité énergétique du secteur résidentiel.

CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPÉENS  
ANNÉE 1988 RAMENÉES AU CLIMAT MOYEN SUR DIFFÉRENTES PÉRIODES  
DE PLUSIEURS ANNÉES - Source SRI International



CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPÉENS  
ANNÉE 1988 RAMENÉES AU CLIMAT MOYEN SUR DIFFÉRENTES PÉRIODES  
DE PLUSIEURS ANNÉES - Source SRI International



La hiérarchie des consommations unitaires varie peu selon l'indicateur choisi (par habitant, par logement ou par m<sup>2</sup>), ce qui résulte sans doute de la relative homogénéité des tailles de ménages et des surfaces moyennes par logement de chaque pays.

A climat moyen (4), deux pays arrivent nettement en tête des consommations par logement, le Danemark (27 MWh/logt) et la Belgique (26,9 MWh/logt), suivis par la Suède (24,9 MWh/logt). Viennent ensuite 4 pays dont les consommations se situent au dessus de 20 MWh par logement : la Grande Bretagne (22,8 MWh/logt), l'Irlande (22,6 MWh/logt), les Pays-Bas (22,3 MWh/logt) et la RFA (21,4 MWh/logt).

La France se positionne sur un échelon intermédiaire avec 19,6 MWh par logement.

Les pays du sud à climat tempéré, présentent des consommations unitaires trois à quatre fois plus faibles comme en Grèce (8,6 MWh/logt), en Espagne (6,7 MWh/logt) ou au Portugal (5,2 MWh/logt). Seule l'Italie se situe à mi-chemin avec 15 400 kWh par logement.

## Les principaux déterminants de la consommation

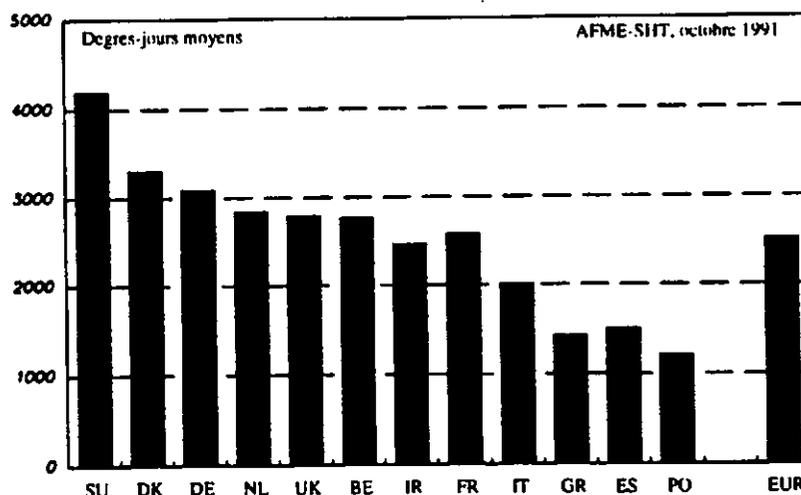
### Le climat

Quel que soit le pays, on observe que la consommation de l'usage chauffage est dans tous les cas la plus importante en valeur relative. Elle varie entre 60 % et 80 % de la consommation tous usages des logements.

Ce constat permet de mettre en évidence le poids déterminant des conditions climatiques, dont l'impact sur les consommations de chauffage est direct, dans l'évolution des consommations globales des logements. Un climat moyen sur différentes périodes de plusieurs années a été estimé pour chaque pays. Son calcul est fondé sur les données disponibles qui sont malheureusement relativement incomplètes. En particulier, les degrés-jours de chaque pays ne sont pas corrigés de la répartition géographique de la population et il n'est pas tenu compte ici de l'influence des vents dominants et de l'ensoleillement qui peuvent jouer un rôle déterminant dans certains pays. Les résultats sont donc des ordres de grandeur à manipuler avec prudence.

Il apparaît que les conditions climatiques sont très sensiblement différentes entre les pays. Il existe en effet un rapport de 1 à 4 entre les degrés-jours moyens du pays le plus froid (Suède : 4 208 K) et ceux du pays le plus tempéré (Portugal : 1 225 K).

DEGRES-JOURS MOYENS DES PAYS EUROPEENS  
CALCULES SUR DIFFERENTES PERIODES DE PLUSIEURS ANNEES  
Source SRI International



Comparer les performances des logements nécessite cependant de raisonner "à climat équivalent". Pour cela, les consommations de chauffage peuvent être ramenées à un niveau constant de besoin "climatique", 1 000 degrés-jours (1 kDj) par exemple.

(4) Climat moyen par pays défini sur différentes périodes de plusieurs années - Degrés-jours base 18 °C - Source Eurostat -.

La hiérarchie des consommations unitaires ainsi calculées, exprimées en MWh/logt.kDj, varie alors très sensiblement par rapport à celle constatée initialement sans correction climatique.

Les écarts entre pays se réduisent, par ailleurs, légèrement à un rapport 1 à 3 entre les extrêmes au lieu de 1 à 4 précédemment.

Quatre pays du nord présentent des niveaux de consommations unitaires comparables : Danemark, RFA, Pays-Bas et Grande-Bretagne, avec des consommations unitaires voisines, comprises entre 5,4 et 5,7 MWh/logt.kDj.

Seule la Suède affiche une consommation plus faible avec 3,9 MWh/logt.kDj, soit près de 30 % de consommation unitaire en moins par logement.

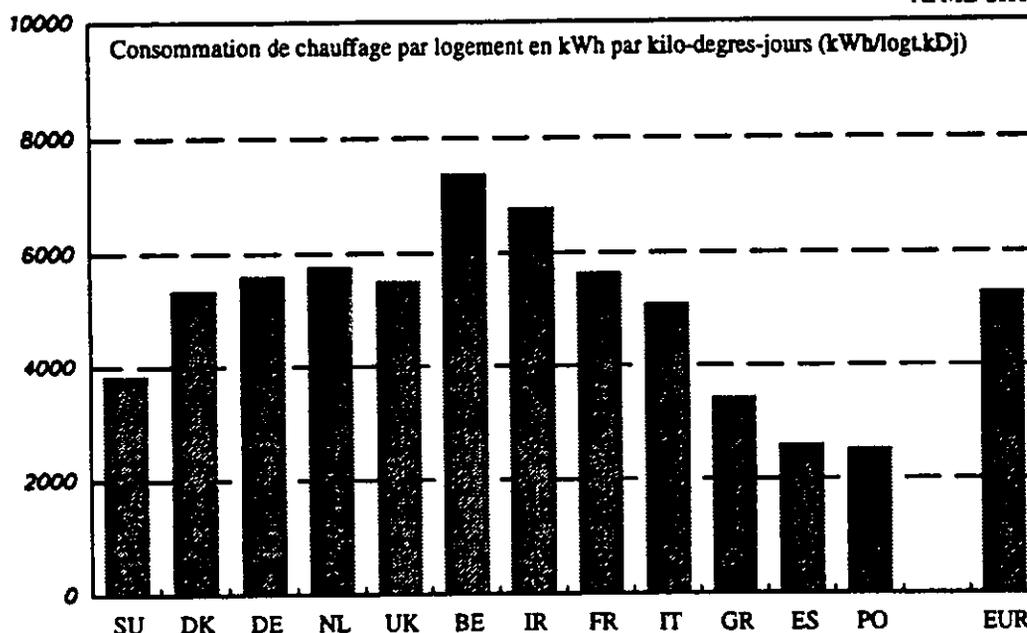
Deux pays font apparaître des consommations relativement élevées, la Belgique (7,4 MWh.logt.kDj) et l'Irlande (6,8 MWh/logt.kDj).

La France (5,7 MWh/logt.kDj) et l'Italie (5,1 MWh/logt.kDj), avec des climats sensiblement plus doux, ont des niveaux comparables à ceux de pays à climat plus rigoureux tels que la RFA (5,7 MWh/logt.kDj) ou les Pays-Bas (5,8 MWh/logt.kDj). Ces chiffres mettent en évidence leur bonne performance sur le plan de l'efficacité énergétique.

Les pays du sud, quant à eux, présentent des consommations unitaires 2 à 3 fois plus faibles : Grèce (3,5 MWh/logt.kDj), Espagne (2,6 MWh/logt.kDj) et Portugal (2,5 MWh/logt.kDj).

CONSOMMATIONS MOYENNES DE CHAUFFAGE DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 CALCULEE A CLIMAT EQUIVALENT - Source SRI International

AFME-SHT, octobre 1991



Ramenée au climat moyen européen, qui peut être estimé à 2 500 K (5), la moyenne européenne des consommations de chauffage s'établit à 5,3 MWh/logt.kDj.

(5) Le climat moyenne européen est calculé par pondération des degrés-jour moyens par le parc de logements pour chaque pays.

## Le niveau de vie

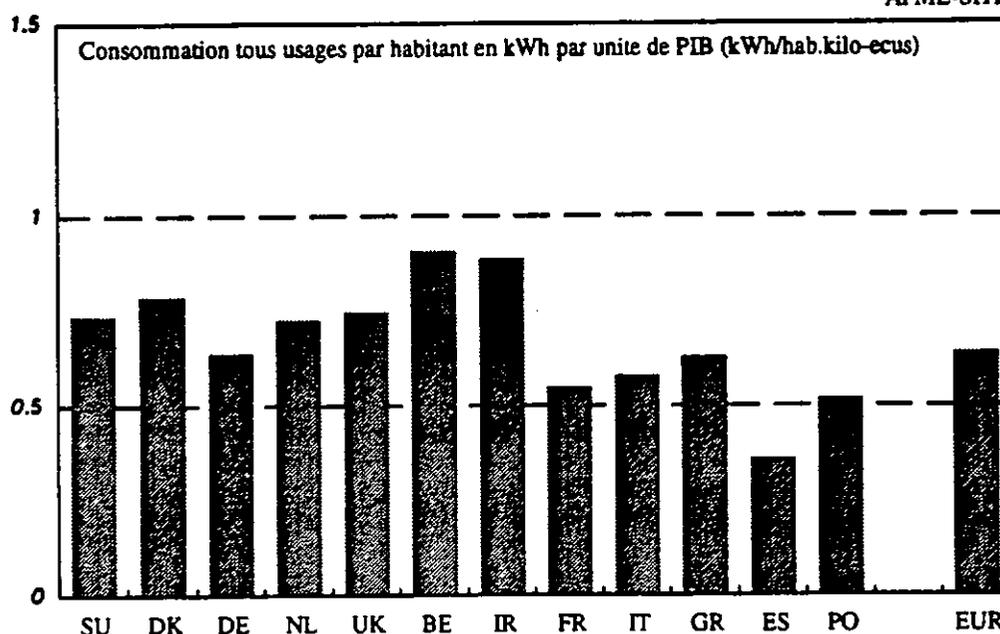
Toute consommation d'énergie correspond à une dépense qui affecte, de manière plus ou moins sensible, le budget des ménages.

Il semble donc intéressant d'analyser les consommations unitaires des logements, tous usages confondus, sous l'éclairage des écarts de niveau de vie.

L'indicateur choisi est, dans ce premier niveau d'analyse, le produit intérieur brut par habitant (PIB/hab - Source OCDE) compté en écus. Il s'avèrera par la suite sans doute nécessaire de raisonner à parité de pouvoir d'achat des ménages pour réellement mesurer l'impact des écarts de revenus et de PIB sur les consommations unitaires par logement.

### CONSOMMATIONS MOYENNES TOUS USAGES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS ANNEE 1988 RAMENEE A L'UNITE DE PIB PAR HABITANT - Source SRI International

AFME-SHT, octobre 1991



Là encore, la hiérarchie évolue et, malgré des écarts de 1 à 5 dans le PIB par habitant (Danemark : 15 381 écus/hab, Portugal : 3 157 écus/hab), les écarts de consommation unitaire tous usages sont réduits de moitié (rapport 1 à 2,5) après correction à PIB équivalent par habitant.

L'analyse des consommations unitaires par habitant, rapportées à l'unité de PIB fait apparaître à nouveau une consommation relativement élevée pour la Belgique (0,91 kWh/hab.kécus) et pour l'Irlande (0,89 kWh/hab.kécus).

La RFA présente la consommation unitaire la plus faible (0,64) parmi les pays nordiques qui se situent par ailleurs entre 0,73 et 0,79 kWh/hab.kécus.

La France, quant à elle, se positionne nettement sous la moyenne européenne, qui s'établit à 0,64 kWh/hab.kécus, avec 0,55 kWh/hab.kécus, loin devant les pays de PIB équivalent, et arrive devant la Grèce (0,63) et l'Italie (0,58).

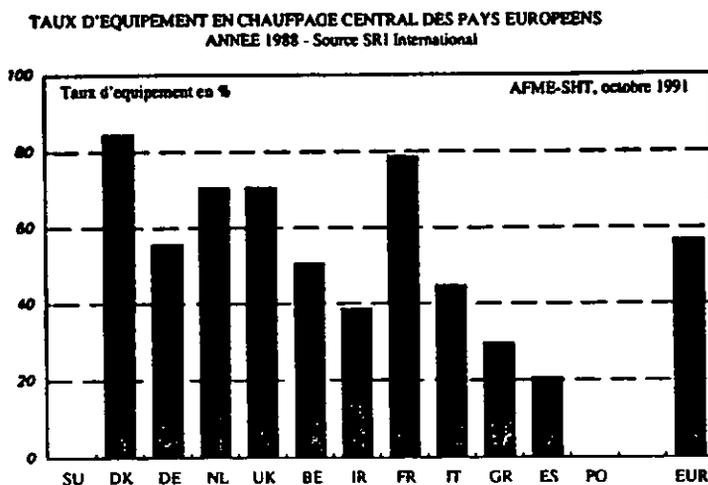
L'Espagne, sans doute du fait d'un PIB élevé par habitant, présente une consommation unitaire corrigée du niveau de vie plus faible que celle du Portugal ou de la Grèce.

## Le confort

Un bon indicateur du confort moyen des logements est donné par le taux d'équipement en systèmes de chauffage central.

Ce type d'équipement qui, contrairement aux appareils indépendants de chauffage, permet de chauffer à une température homogène toutes les pièces du logement, occasionne souvent une sur-consommation par rapport à des systèmes de chauffages indépendants du type poêles ou cuisinières.

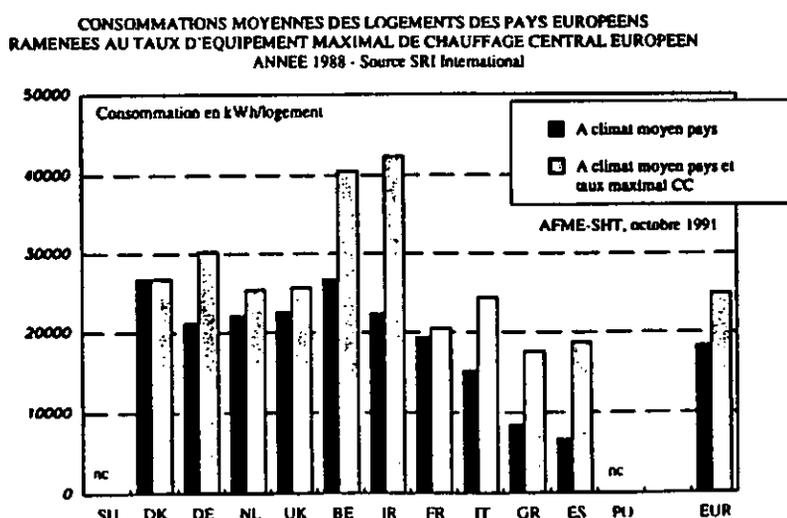
Le taux d'équipement en chauffage central varie fortement sur l'ensemble des pays européens et induit, semble-t-il, des situations très contrastées vis à vis du confort des logements.



Les valeurs des taux d'équipement indiqués ci-dessus devront cependant être validées. Ces chiffres restent donc à manipuler avec prudence.

Ils mettent en évidence un relatif potentiel de des-économies d'énergie qui pourrait être lié à un rattrapage du niveau de confort moyen par les pays sous-équipés en chauffage central. Ce taux est faible notamment dans le cas de la Belgique (0,51) et de l'Irlande (0,39), pays où l'efficacité énergétique des logements semble par ailleurs relativement médiocre.

L'installation généralisée de systèmes de chauffage central sans action d'amélioration de l'isolation thermique des logements serait alors susceptible d'entraîner une croissance non négligeable des consommations de chauffage. En effet, pondérer les consommations par logement de tous les pays européens sur le taux d'équipement maximal observé au Danemark (0,85) entraînerait une croissance de la consommation moyenne de plus de 30 %. L'enjeu est considérable.



Cette prédiction résulte bien sur de l'hypothèse forte selon laquelle un système de chauffage central est plus énergivore qu'un chauffage par appareil indépendant. Cela se vérifie, en France par exemple, mais reste à confirmer pour d'autres pays, les techniques de chauffage utilisées pouvant être sensiblement diversifiées.

L'Italie, la Grèce et l'Espagne comptent parmi les pays où le taux d'équipement en chauffage central est faible mais, dans ce cas, les consommations unitaires sont plus faibles et l'enjeu moindre.

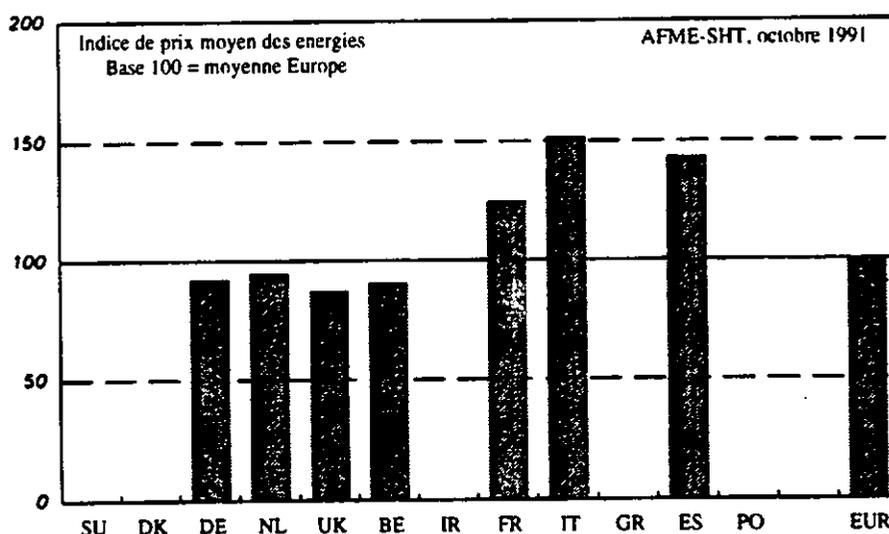
Par ailleurs, l'augmentation du confort ne passe pas forcément, pour ces pays à climat doux, par une croissance du taux d'équipement de chauffage central.

### Le prix des énergies

Parallèlement au niveau de vie, le prix moyen des énergie (6) est significatif du signal tarifaire donné par les pouvoirs publics et le marché. Selon le niveau de revenus et le pouvoir d'achat des ménages, il peut jouer un rôle déterminant dans leur consommation.

Par rapport à un indice moyen européen, on voit apparaître certains pays pour lesquels le prix des énergies est élevé et semble relativement dissuasif. C'est le cas de la France, de l'Italie et de l'Espagne. En cas de forte élasticité aux prix, un ajustement sur la moyenne européenne pourrait induire pour ces pays une croissance de la consommation par logement.

INDICE DE PRIX MOYENS DES ENERGIES RENDUES AU SECTEUR RESIDENTIEL  
PONDERES DES CONSOMMATIONS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 - Source SRI International



Inversement, certains pays nordiques se situent en dessous de la moyenne européenne. Il semble que dans leur cas il subsiste une marge de manoeuvre sur le levier d'action que constitue le prix des énergies.

Malheureusement, certains pays consommant de fortes proportions d'énergies dont le prix n'était pas connu n'ont pas pu être traités.

(6) Pour chaque énergie, le prix moyen est le rapport des facturations aux consommations du résidentiel. L'indice d'un pays est la pondération par sa structure de consommation par énergies. Prix source OCDE.

## CONCLUSIONS DE L'ETUDE

Réaliser des comparaisons internationales sur le domaine spécifique du secteur résidentiel est une tâche complexe et un objectif ambitieux.

Cette première étude exploratoire a cependant permis de mettre l'accent sur un certain nombre de résultats, à la fois quantitatifs et qualitatifs.

### - **Fiabilisation des données**

La difficulté rencontrée dans la recherche d'informations cohérentes laisse à penser que la création d'une base de données européennes fiables sur les parcs et les consommations d'énergie du secteur résidentiel est nécessaire.

L'intérêt d'une telle base réside principalement dans l'évaluation des politiques énergétiques comparées qu'elle permettrait de réaliser.

Elle serait, en outre, un outil essentiel dans la définition de stratégies d'actions futures de maîtrise de l'énergie adaptées aux caractéristiques de chaque pays.

La fiabilité réelle des données prises en compte dans cette étude fixe ses limites d'utilisation.

### - **Développement de la méthode de comparaison**

On peut envisager d'étudier l'impact d'autres déterminants des consommations unitaires : type de logement (maison individuelle ou appartement), énergie principale de chauffage... Ces caractéristiques sont autant de critères qui influencent les dispersions de consommation des logements.

Par ailleurs, l'analyse et la modélisation de l'élasticité des réponses aux variations combinées d'un ensemble cohérent de déterminants des consommations pourrait être un outil intéressant pour les prévisionnistes.

### - **Premiers résultats**

L'analyse comparative des consommations unitaires des logements des pays européens permet de tirer les enseignements suivants :

• **Les pays nordiques** aux climats les plus rigoureux, et qui sont par ailleurs les plus riches, ne sont pas ceux qui consomment le plus d'énergie dans leurs logements.

Ces derniers présentent des niveaux élevés d'efficacité énergétique et sans doute le comportement de leurs usagers est-il économe.

La Suède et la RFA sont les pays les plus performants, suivis de peu par le Danemark.

• **Les pays anglo-saxons** ont une consommation raisonnable qui semble s'expliquer en partie par le faible taux d'équipement de chauffage central.

Un rattrapage du niveau de confort du parc entraînerait sans doute une croissance sensible des consommations.

Cependant, la définition de besoins climatiques sur la seule base des degrés-jours est sans doute pénalisante sur ces pays relativement ventés par rapport à leurs voisins continentaux.

. **La Belgique est le pays le plus énergivore. La grande taille des logements belges (120 m<sup>2</sup> contre 94 m<sup>2</sup> en moyenne européenne) pourrait être l'explication principale de ce résultat.**

. **La France et l'Italie peuvent être regroupées au sein d'une famille intermédiaire dont les consommations sont relativement raisonnables selon les standards européens, malgré un niveau de confort qui semble en moyenne plus élevé.**

**Le prix moyen élevé des énergies rendues au secteur résidentiel n'est sans doute pas étranger à ce phénomène.**

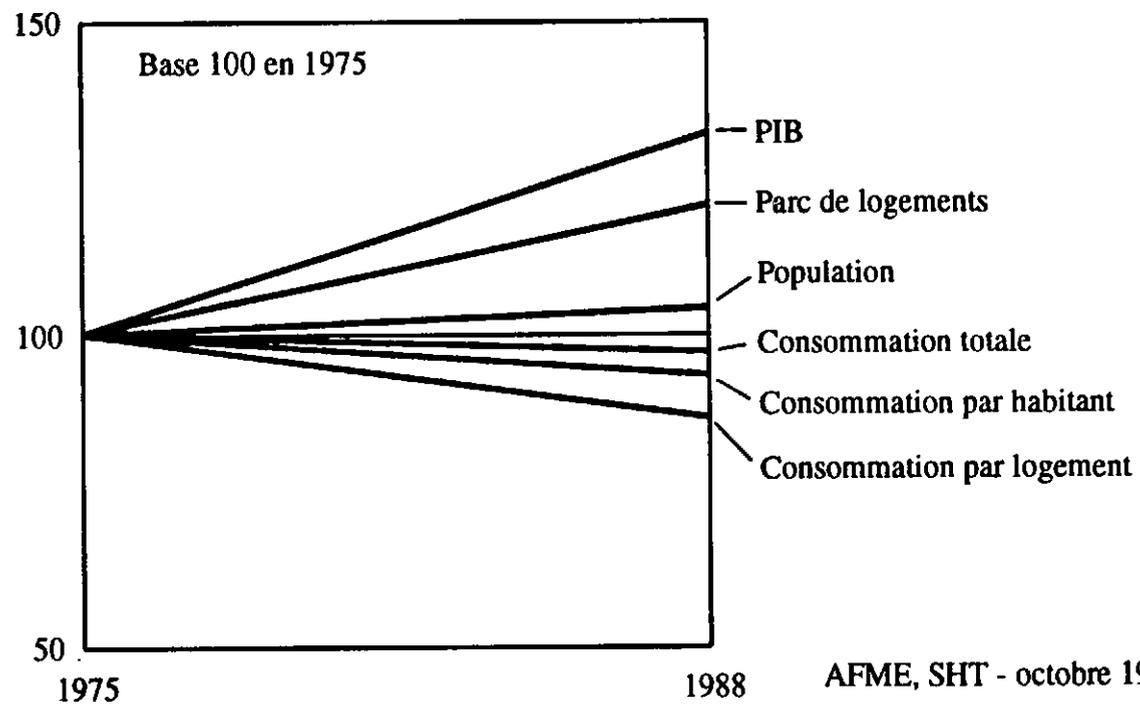
. **Les pays du sud de l'Europe, Espagne, Grèce et Portugal, qui bénéficient de conditions climatiques favorables, notamment en matière d'ensoleillement, ont des consommations relativement faibles.**

**Elles peuvent aussi s'expliquer en partie par un PIB et un taux d'équipement de chauffage central nettement inférieurs à ceux des autres pays.**

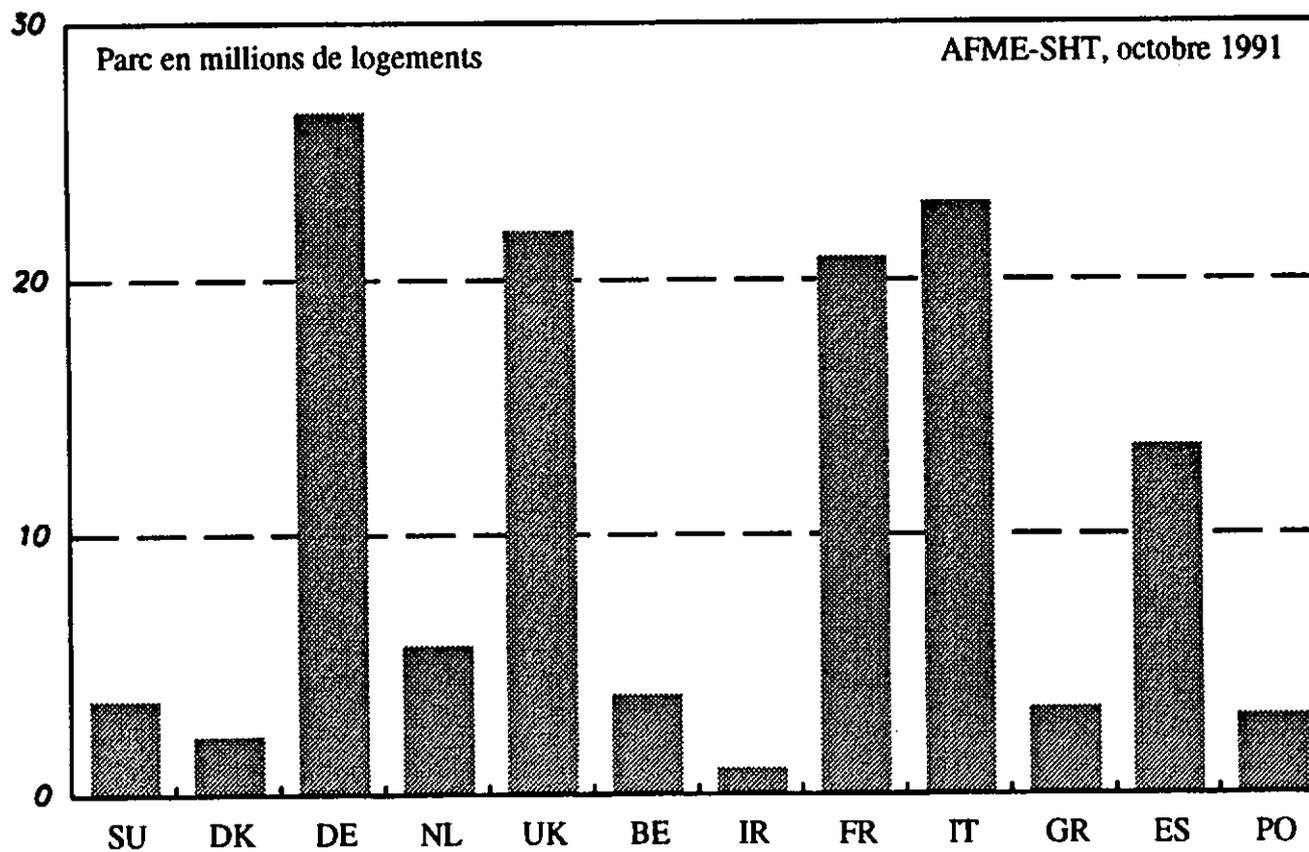
**La remontée inéluctable du niveau d'équipement de ces pays aux standards européens pourrait induire, si elle n'est pas accompagnée d'actions en faveur de l'efficacité énergétique, une croissance sensible des consommations.**

**Dans l'énoncé de ces conclusions, il convient de toujours garder présent à l'esprit la complexité des phénomènes analysés. Les résultats présentés ci-dessus ne doivent pas être considérés dans l'absolu mais bien pour les comparaisons relatives d'efficacité énergétique.**

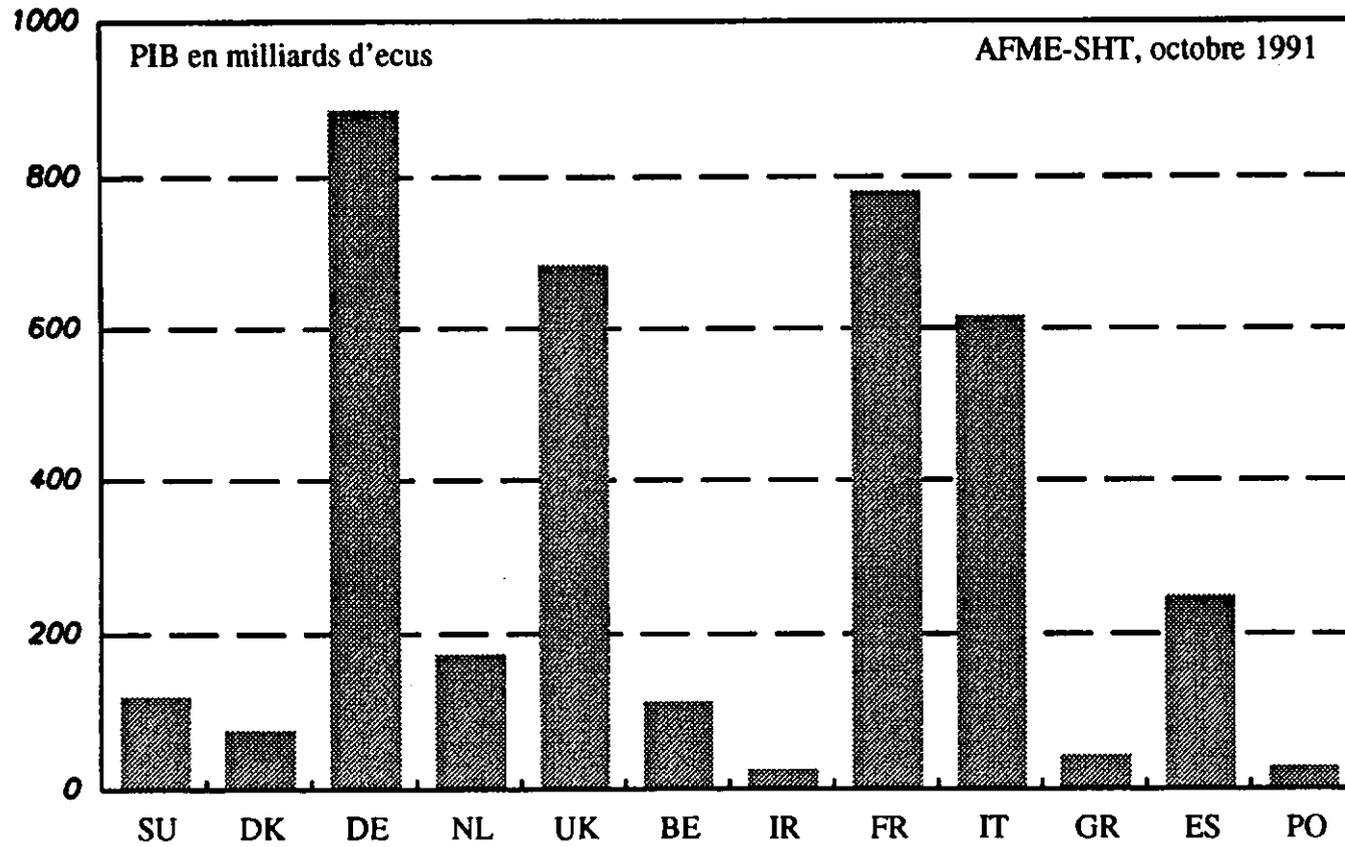
**EVOLUTIONS DU PARC ET DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE  
DES LOGEMENTS EUROPEENS - CLIMAT REEL - Source SRI International**



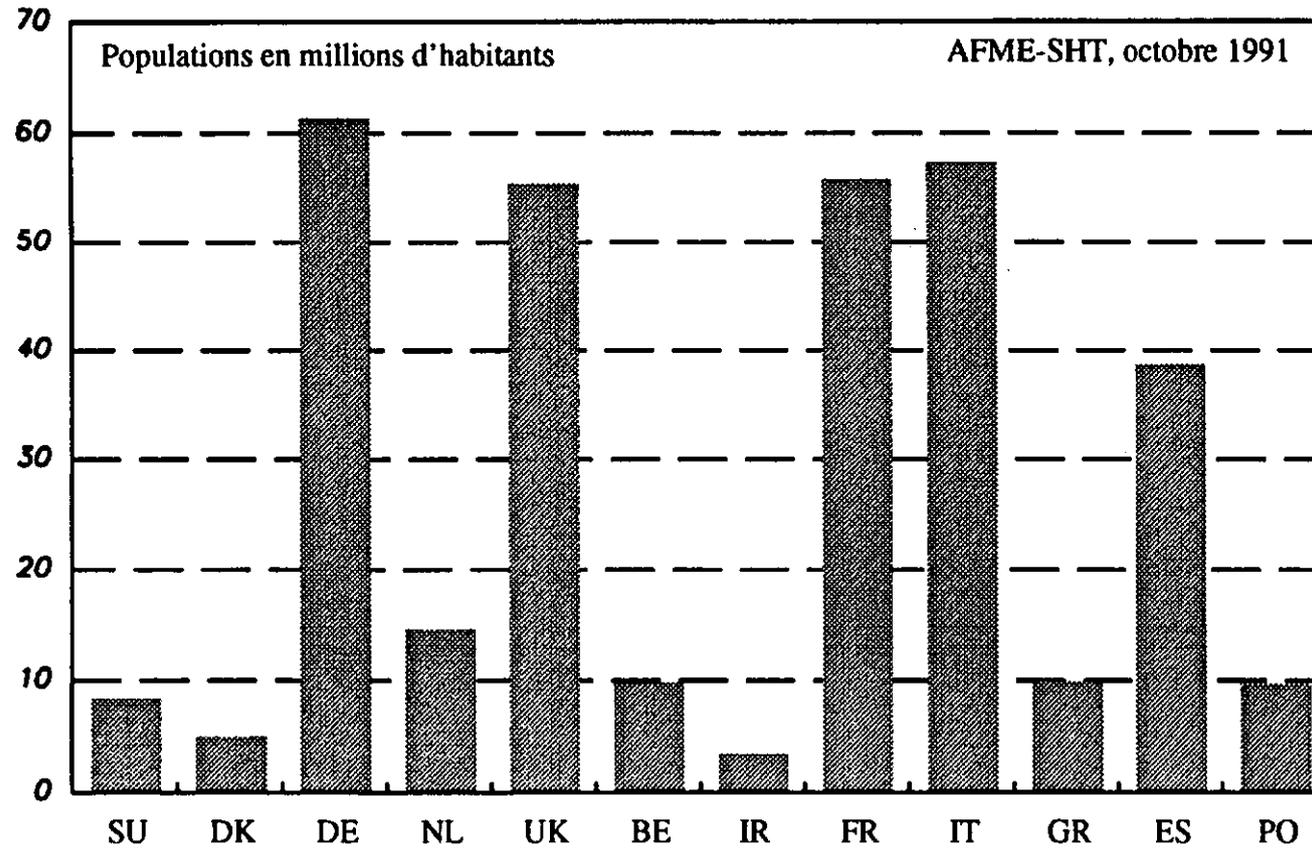
PARCS DE LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS EN 1988  
Source SRI International



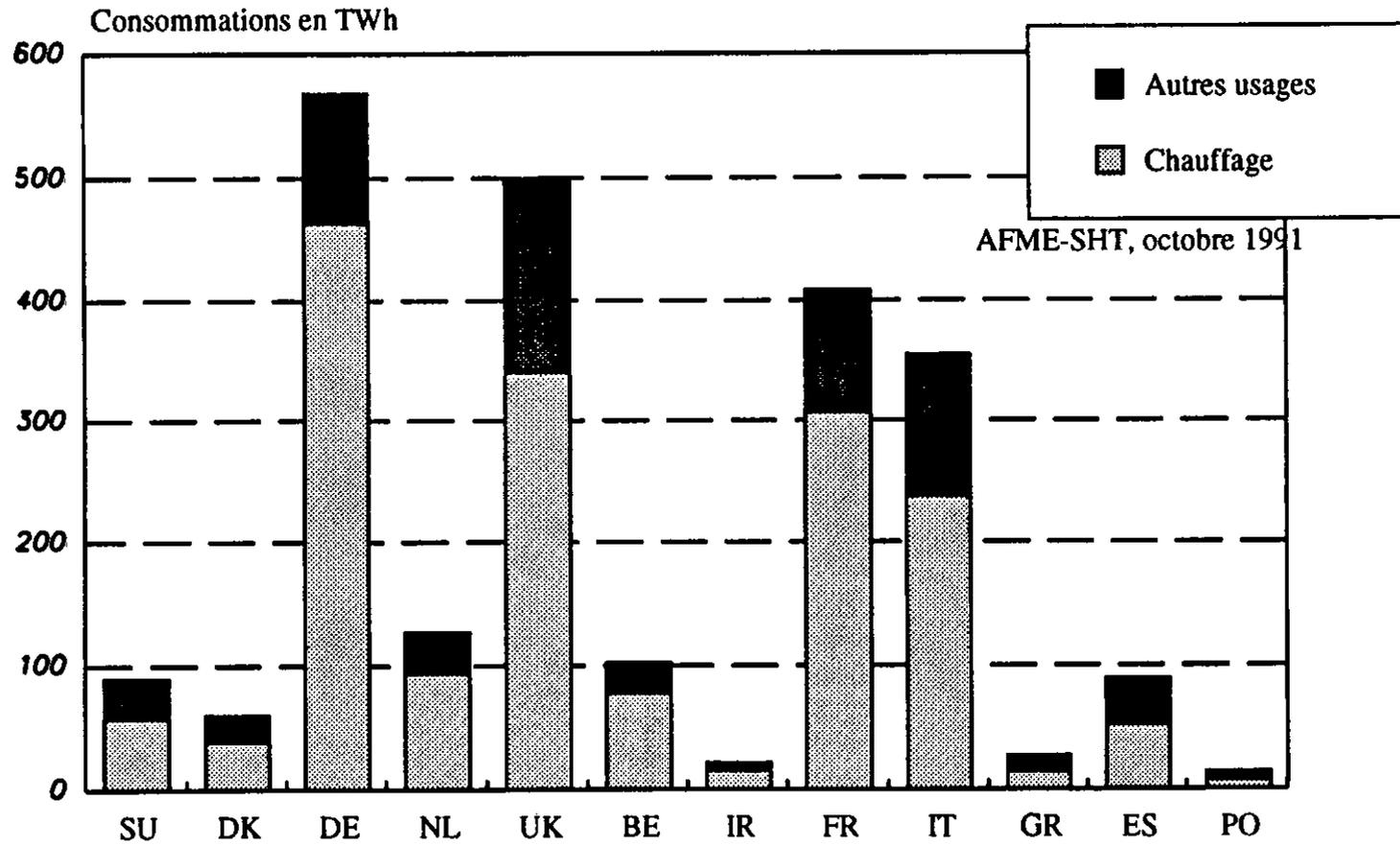
PRODUIT INTERIEUR BRUT DES PAYS EUROPEENS EN 1988  
Source SRI International



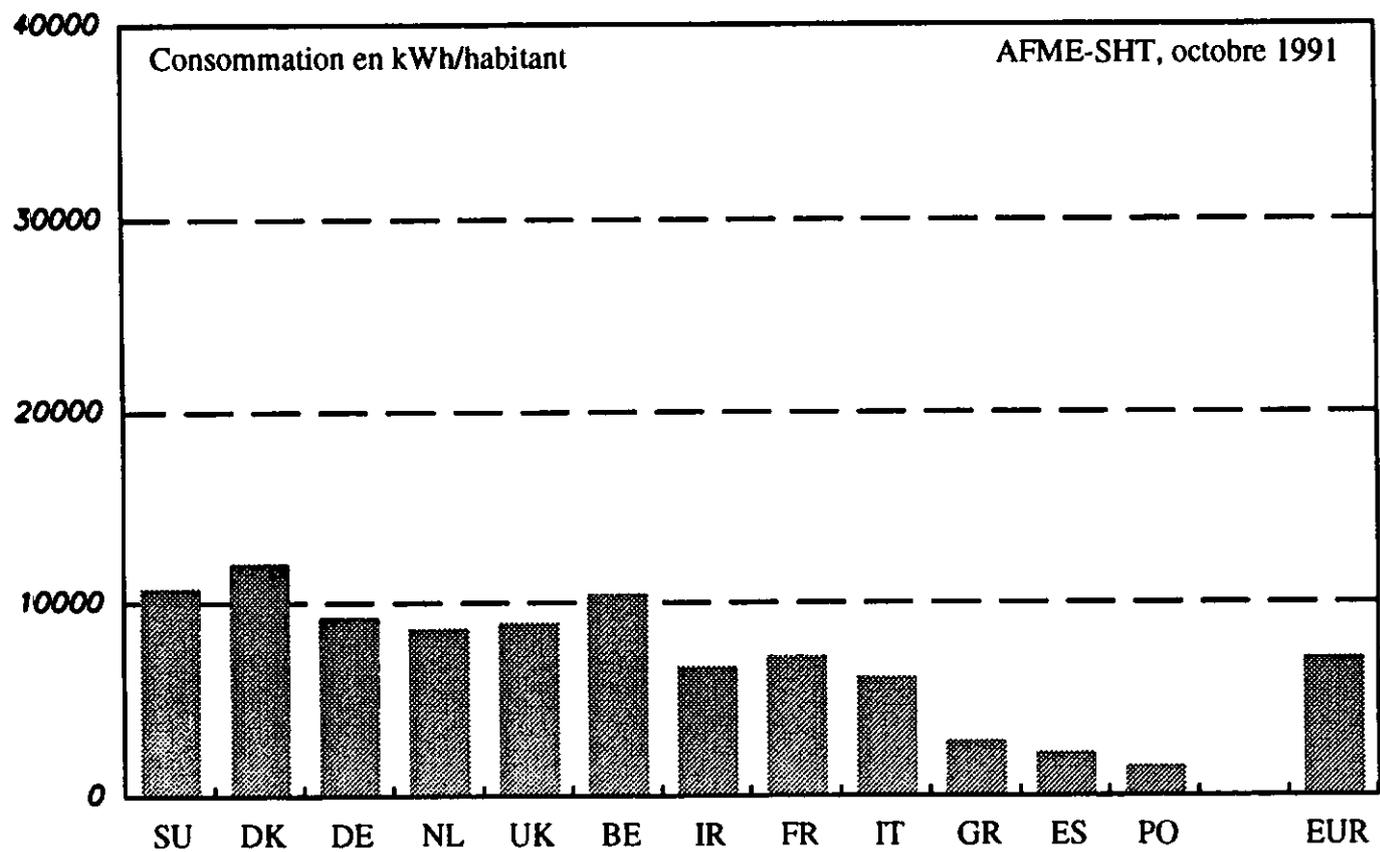
POPULATIONS DES PAYS EUROPEENS EN 1988  
Source SRI International



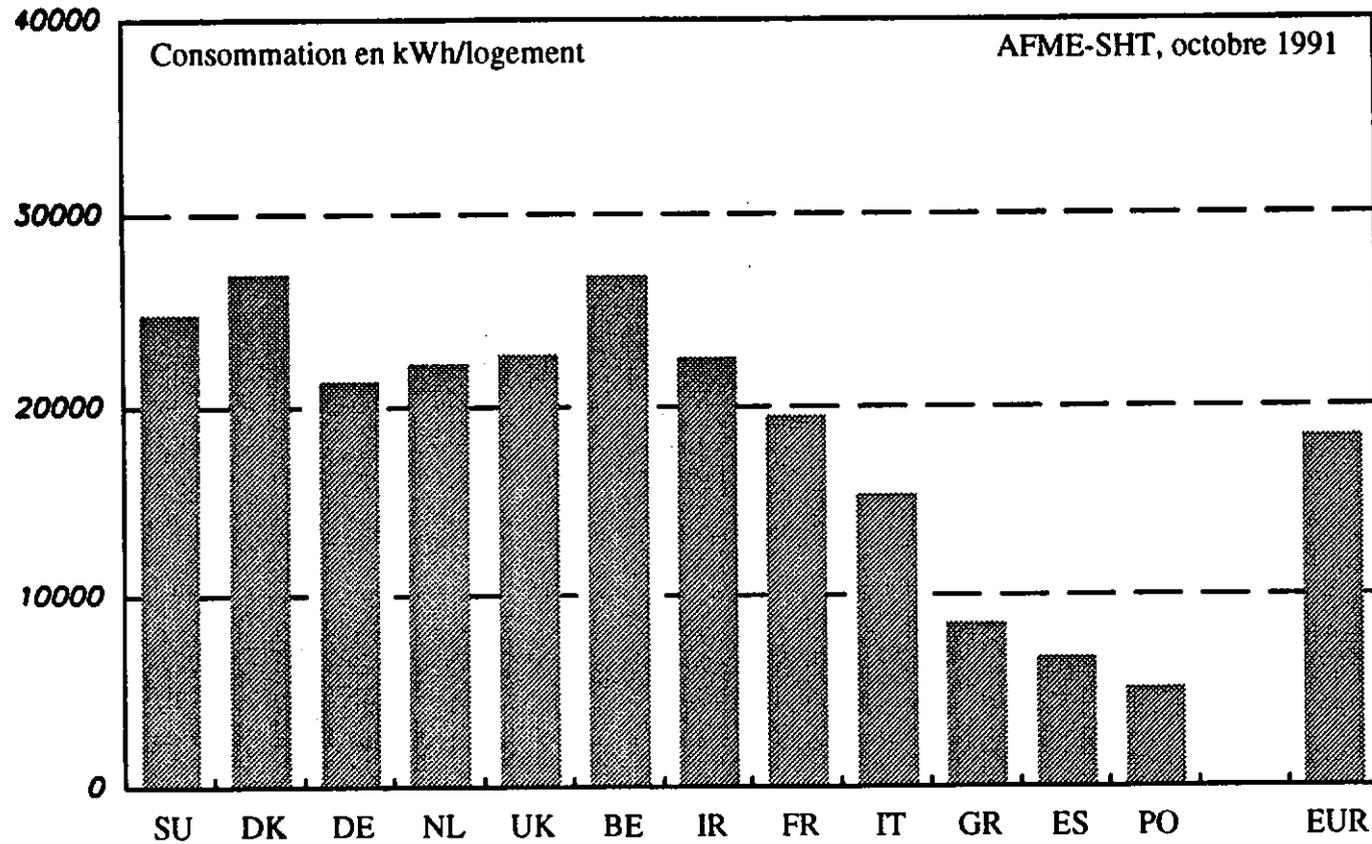
CONSOMMATIONS TOTALE D'ENERGIE FINALE DU SECTEUR RESIDENTIEL  
PAYS EUROPEENS - ANNEE 1988 - CLIMAT MOYEN  
Source SRI International



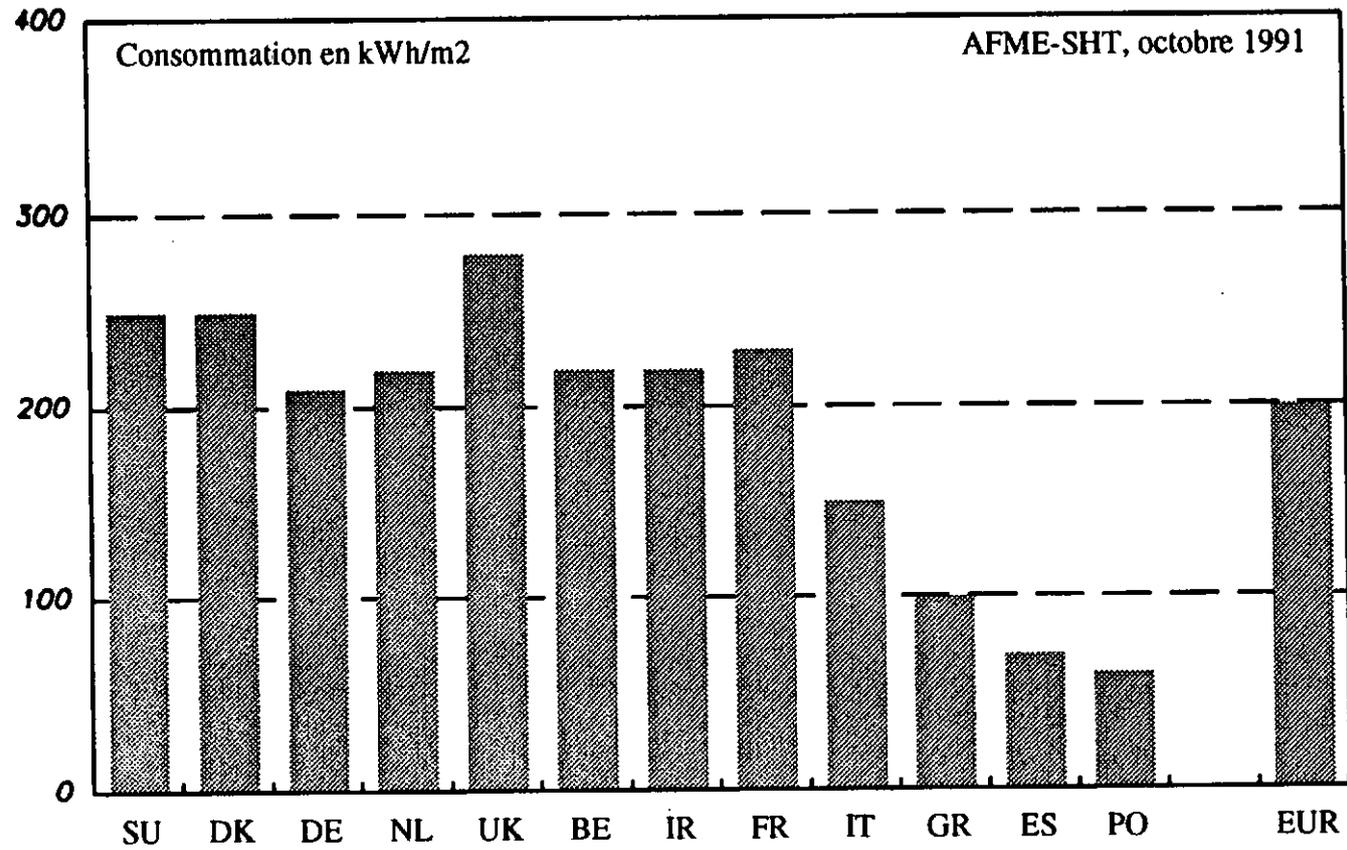
CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 RAMENEES AU CLIMAT MOYEN SUR DIFFERENTES PERIODES  
DE PLUSIEURS ANNEES - Source SRI International



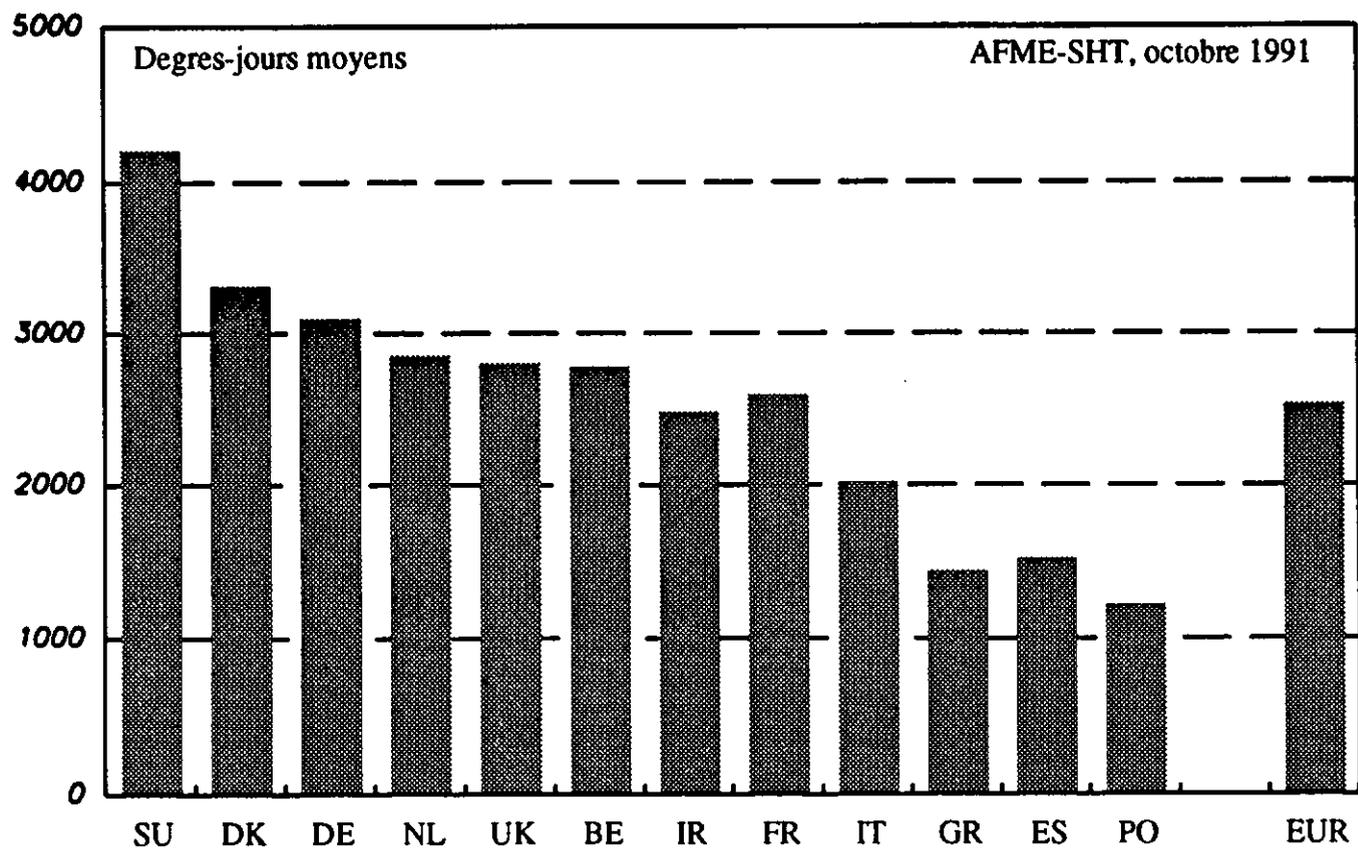
CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 RAMENEES AU CLIMAT MOYEN SUR DIFFERENTES PERIODES  
DE PLUSIEURS ANNEES - Source SRI International



CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 RAMENEES AU CLIMAT MOYEN SUR DIFFERENTES PERIODES  
DE PLUSIEURS ANNEES - Source SRI International

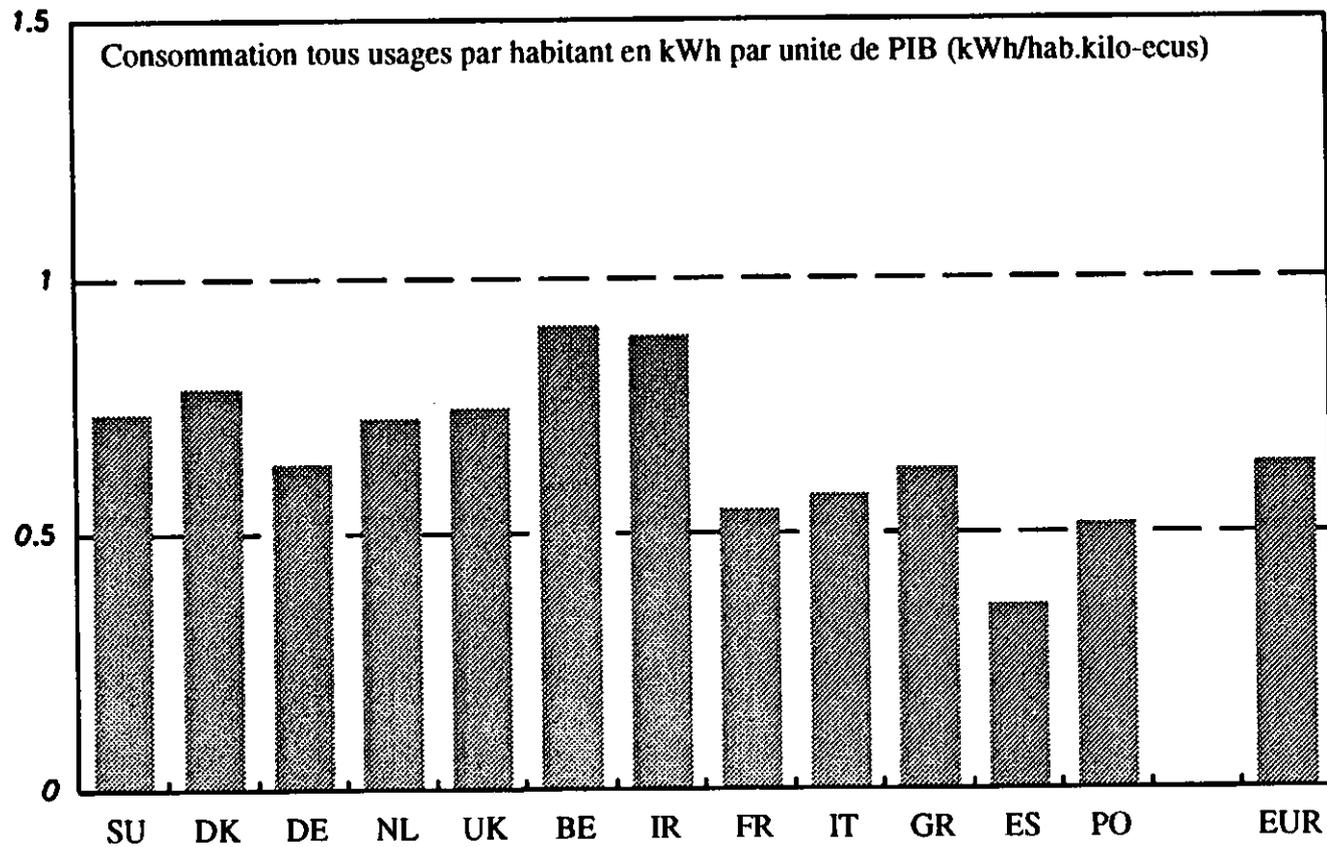


DEGRES-JOURS MOYENS DES PAYS EUROPEENS  
CALCULES SUR DIFFERENTES PERIODES DE PLUSIEURS ANNEES  
Source SRI International



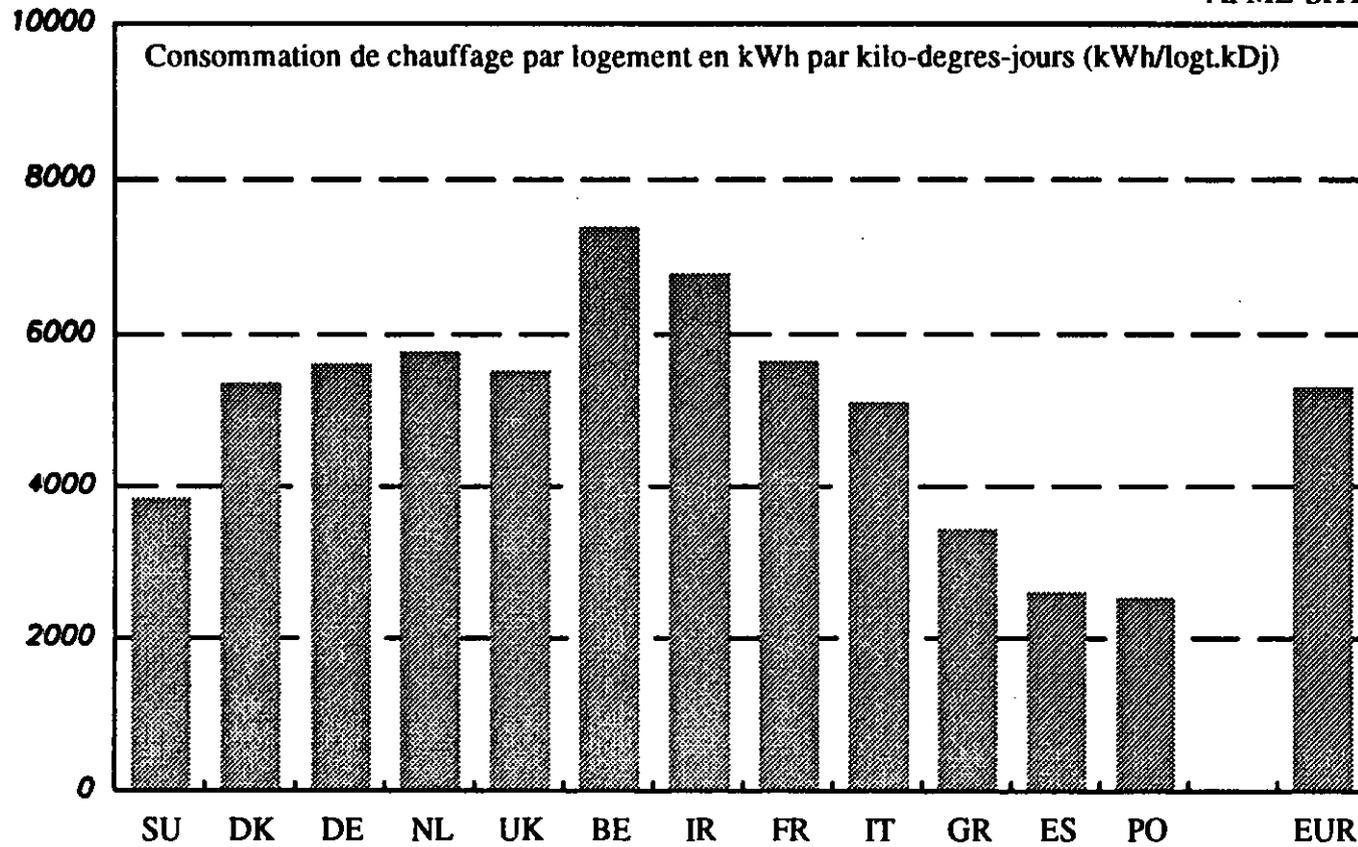
CONSOMMATIONS MOYENNES TOUS USAGES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 RAMENEES A L'UNITE DE PIB PAR HABITANT - Source SRI International

AFME-SHT, octobre 1991

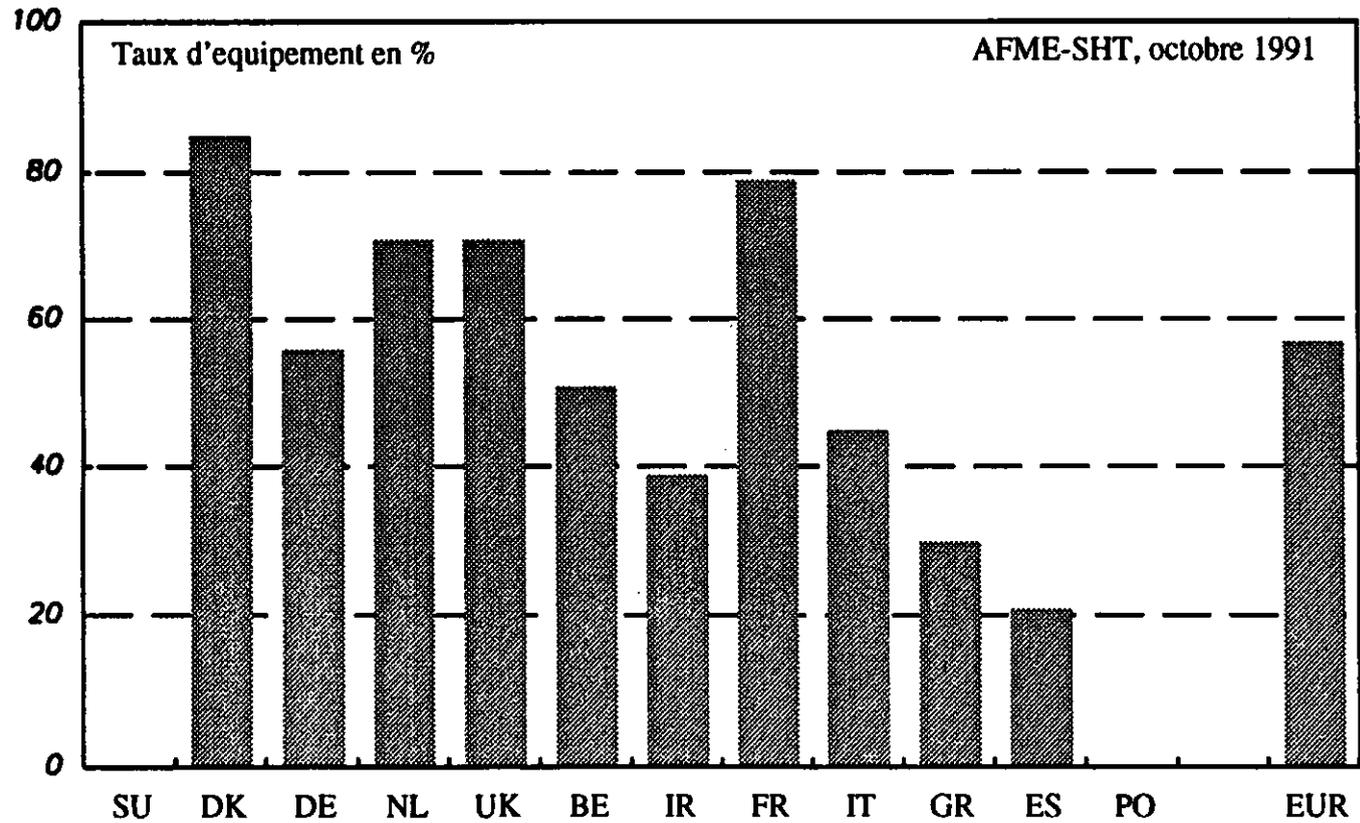


CONSOMMATIONS MOYENNES DE CHAUFFAGE DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 CALCULEE A CLIMAT EQUIVALENT - Source SRI International

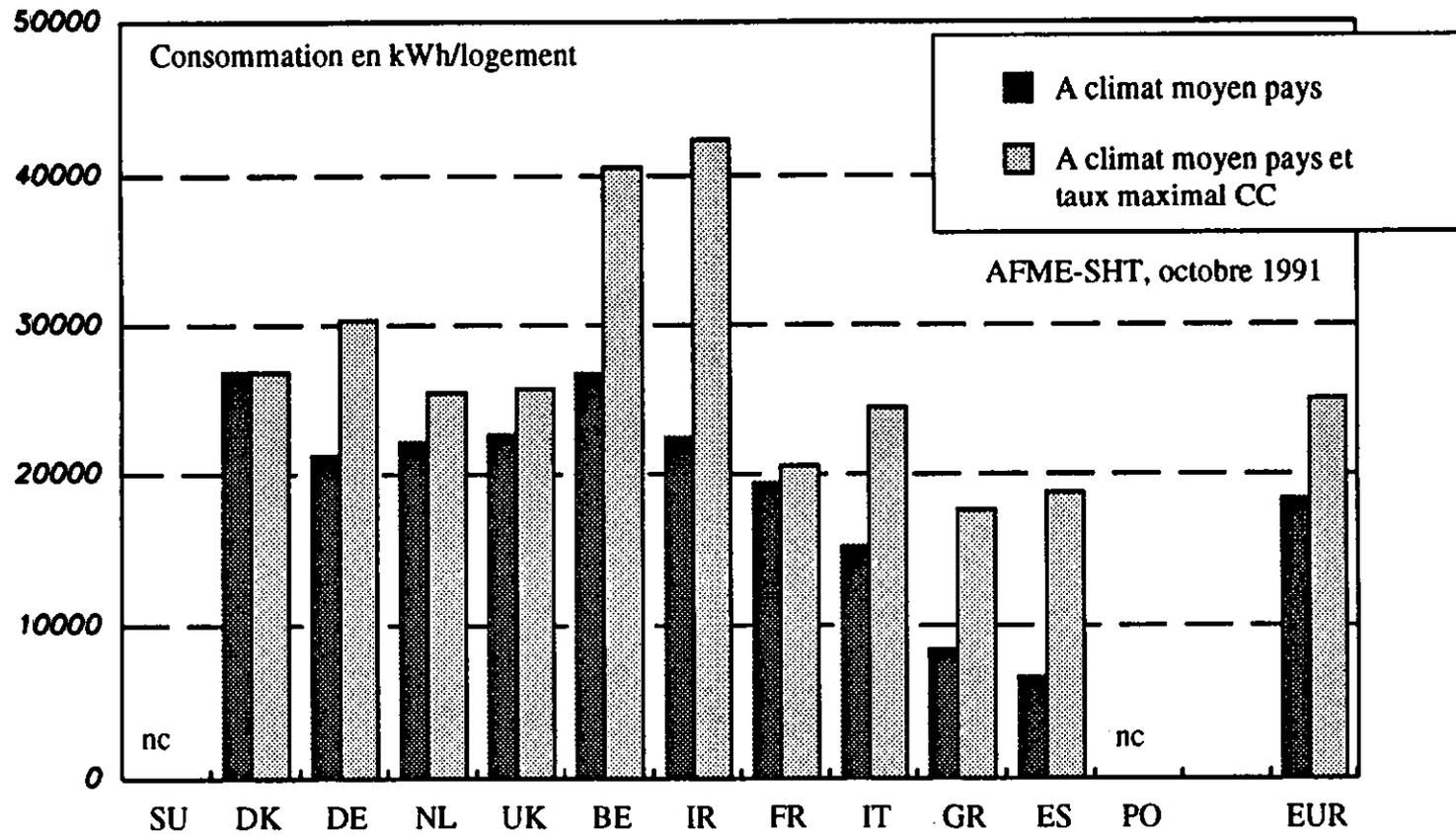
AFME-SHT, octobre 1991



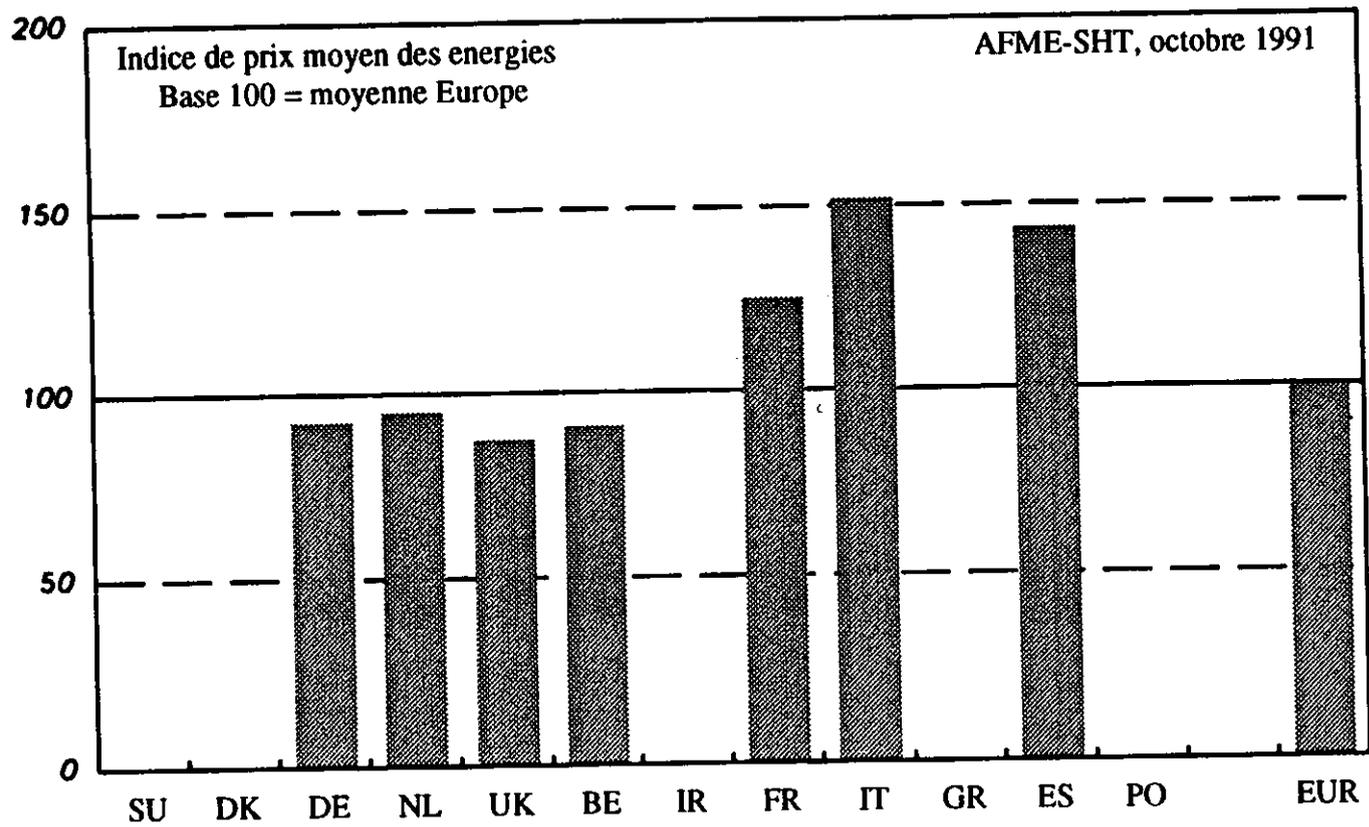
TAUX D'EQUIPEMENT EN CHAUFFAGE CENTRAL DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 - Source SRI International



**CONSOMMATIONS MOYENNES DES LOGEMENTS DES PAYS EUROPEENS  
RAMENEES AU TAUX D'EQUIPEMENT MAXIMAL DE CHAUFFAGE CENTRAL EUROPEEN  
ANNEE 1988 - Source SRI International**



INDICE DE PRIX MOYENS DES ENERGIES RENDUES AU SECTEUR RESIDENTIEL  
PONDERES DES CONSOMMATIONS DES PAYS EUROPEENS  
ANNEE 1988 - Source SRI International



## ANNEXE II

### **JOURNEE ANNUELLE DU CUEPE 1991** **Indices énergétiques et bâtiments**

**Olivier GUISAN, Bernard LACHAL, Willi WEBER**

#### **Compte-rendu de la Table ronde**

Complément au recueil distribué lors de la Journée du CUEPE 1991 (publication du CUEPE No 47).

#### **Avertissement**

Transcrire un débat est un exercice difficile et périlleux. Nous avons tenté de reproduire aussi fidèlement que possible l'enregistrement effectué lors de la journée du CUEPE, en respectant le fond mais en procédant, quant à la forme, à quelques retouches mineures indispensables lorsqu'on passe du langage oral au langage écrit. Nous n'avons pas soumis ce texte aux intervenants de la table ronde, pour approbation ou corrections. Nous pensons avoir respecté néanmoins l'essentiel et l'esprit du débat. Nous faisons appel à la compréhension des intéressés et du lecteur pour avoir ainsi oeuvré dans un esprit de simplification et d'efficacité.

**JOURNEE ANNUELLE DU CUEPE 1991**  
**Indices énergétiques et bâtiments**

**Olivier GUISAN, Bernard LACHAL, Willi WEBER**

**Compte-rendu de la Table ronde**

Complément au recueil distribué lors de la Journée du CUEPE 1991 (publication du CUEPE No 47).

**Avertissement**

Transcrire un débat est un exercice difficile et périlleux. Nous avons tenté de reproduire aussi fidèlement que possible l'enregistrement effectué lors de la journée du CUEPE, en respectant le fond mais en procédant, quant à la forme, à quelques retouches mineures indispensables lorsqu'on passe du langage oral au langage écrit. Nous n'avons pas soumis ce texte aux intervenants de la table ronde, pour approbation ou corrections. Nous pensons avoir respecté néanmoins l'essentiel et l'esprit du débat. Nous faisons appel à la compréhension des intéressés et du lecteur pour avoir ainsi oeuvré dans un esprit de simplification et d'efficacité.

**Guisan:**

J'aimerais diriger cette table ronde de la façon suivante : nous allons revenir sur les questions que j'ai posées ce matin dans mon introduction et nous allons essayer d'y répondre.

**1. Les indices énergétiques constituent-ils un outil valable de politique énergétique?**

**Guisan:**

Nous n'allons pas aborder la philosophie complète des indices, mais cela m'intéresserait de faire un sondage d'opinion. Qui pense que les indices énergétiques constituent un bon outil et qu'il faut continuer dans cette voie?

*Réponse: Oui: 90 %, non et abstentions : 10%.*

**Gérald Glaybe, Bureau d'ingénieurs Facilities Coordination :**

Faisant partie du 10 % de l'assemblée, je pose la question : quel indice énergétique?

**Guisan:**

Nous reviendrons plus tard sur ce point, et je pose la deuxième question :

**2. Faut-il des lois, des normes, des règlements, des recommandations, comment et à quel niveau les introduire?**

**Guisan:**

Nous avons eu aujourd'hui plusieurs éléments de réponse et vu ce qui se passe en Europe, en France, dans le Canton.

**Mats Ola Nelsson, Ingénieur Conseil:**

J'aimerais traduire mon impression, sans recourir à des chiffres. Je me souviens de la levée de boucliers lors des discussions sur l'OPAIR concernant les normes des chaudières et de l'opposition des producteurs. Je vous rappelle qu'aujourd'hui c'est devenu un argument de vente, un argument de référence pour une technologie suisse de haut niveau et pour la vente de chaudières à l'étranger. Il faut donc parfois passer par des normes, voire des lois, et passer un seuil d'hostilité qui peut s'avérer ensuite un argument positif.

**Matthey, Ingénieur Conseil à Neuchâtel:**

Dans le cadre d'énergie 2000 les cantons sont en train de revoir leur législation. Neuchâtel n'échappe pas à la règle. En matière d'économie d'énergie dans le bâtiment, et l'existant principalement, on se pose la question de savoir comment faire pour que les gens fassent un effort, puisque il faut stabiliser d'ici 2000 notre consommation d'énergie. Une idée générale vers laquelle on tend consiste à fixer des indices énergétiques par classe de bâtiments (école, locatif, industriel, artisanat, administratif). On est venu ici pour entendre la réponse.

L'idée est de fixer un indice énergétique et de dire qu'on a dix ans pour le faire. On peut le faire comme on veut, on peut régler les boutons, on peut

isoler le bâtiment périphériquement, changer de chaudière. L'objectif est défini. J'aimerais que les gens de la table ronde répondent à la question : est-ce que l'indice énergétique est un bon outil? La question a déjà été posée par monsieur Spierer. Je serai très ouvert et laxiste - et c'est la tendance Neuchâteloise - : on va fixer un indice objectif, on va donner le temps qu'il faut pour l'atteindre, avec la liberté des moyens, du choix, des ingénieurs, des spécialistes, des installateurs, c'est là l'objectif. Si j'ai bien compris M. Spierer, ça ne paraît pas possible pour des raisons légales. Ceci me préoccupe parce que si ce n'est pas possible sur le plan légal alors ça ne sert à rien d'aller dans cette direction. J'aimerais avoir votre avis.

**Guisan:**

Je ne crois pas que monsieur Spierer ait dit que ce n'était pas possible, il a dit que ça posait quelques petites questions. Mais c'est bien dans cette voie là qu'on va quand même.

**Matthey:**

Est ce que les gens autour de la table pensent aussi que c'est dans cette direction qu'il faut aller?

**Wick:**

Je suis d'accord, mais je pense que vous ne pouvez pas donner un horizon de 10 ans et que vous devez faire la différence entre les indices élevés et bas. Je peux expliquer par exemple comment fait l'UBS. Nous contrôlons chaque année tous ses bâtiments et nous donnons pour chacun d'eux la limite à atteindre l'année d'après. Cela peut se faire par petites interventions privées, ou en prévoyant dans le budget ce qu'il faut pour réparer la toiture, rénover le chauffage, etc.. Les petites interventions sont préférables. Ainsi, avec très peu de travail nous avons réussi à réduire de 5000 t la consommation de combustible, en peu d'années et avec peu de frais.

**Angioletti:**

Il me semble aussi que ça peut dépendre des situations, des secteurs ou des techniques pour lesquels on cherche à fixer un seuil objectif de consommation. Je prends l'exemple de l'électroménager aux USA. A travers une concertation avec les industriels, le Département de l'Energie a introduit une norme de performances sur les différents appareils, qui a été fixée en termes d'objectifs alors que les appareils permettant de les atteindre n'existaient pas encore. Il semblerait qu'au niveau européen on réfléchisse aussi pour atteindre ce type de résultat. On voit donc que c'est applicable dans certains cas : on fixe un objectif même "utopique" et on se donne les moyens de l'atteindre.

Par exemple en ce qui concerne l'habitat, le chauffage notamment, il y a le cas du bâtiment neuf qui n'est pas encore construit et pour lequel on peut fixer des normes à atteindre. Tout le monde doit s'y plier puisque c'est la législation. Par contre, dans le cas de l'existant, en France, nous travaillons d'avantage sous la forme d'incitations. Il n'y a pas de loi, il n'y a pas d'objectifs, mais nous faisons de la communication, nous donnons des déductions fiscales, des aides aux investissements pour que les gens atteignent les objectifs qui sont définis mais qui sont des objectifs relativement flous. Nous disons il faut gagner 10 %, 15 % sans fixer vraiment des limites parce que ce serait quasiment anticonstitutionnel du fait que les bâtiments existent déjà.

### **Ghigny:**

Je voudrais ajouter que si je suis, bien sûr, pour une certaine norme et les indices énergétiques, je me méfie parfois des seuils qu'on impose. Je crois que, dans la mesure du possible, il faut aller plutôt vers une forme d'étiquetage. Si je reprends l'exemple des appareils électroménagers, il vaut mieux afficher une consommation standardisée plutôt que de dire: il faut que cet appareil fasse mieux que cela. Car, dans un premier temps, une norme autoritaire recueille l'hostilité des constructeurs, ensuite elle les conforte dans l'idée qu'il ne faut pas faire plus. Donc je pense que les labels qui vont de bien à excellent sont plus efficaces et permettent une progression continue des performances.

### **Guisan:**

Oui, mais ce qui est très bien aujourd'hui risque d'être mauvais demain, donc tout est relatif.

### **Vernet:**

Je vais essayer de donner le point de vue de l'exploitant et de la personne qui se trouve aux commandes et qui peut dire: voilà dans cet immeuble on va changer la chaufferie, et pas dans celui-là. Il va tenter de convaincre son client de changer la chaufferie parce que c'est là que se pose le problème.

Le problème est en fait à étages. On se trouve aujourd'hui en Suisse avec une législation et des habitudes bien ancrées : c'est la fameuse répartition des coûts. On ne peut mettre dans le décompte de chauffage – qui est facturé aux locataires sur la base des coûts réels – que le coût énergétique. A cela s'ajoutent deux ou trois frais administratifs et le coût d'entretien. Il est absolument exclu de faire participer le locataire, via le décompte de chauffage, à des investissements destinés à l'amélioration de la construction du bâtiment. A partir de là, il est extrêmement difficile pour un gérant d'immeuble d'aller motiver son client pour faire des investissements qui vont faire baisser la consommation d'énergie, donc diminuer la facture du combustible, sans qu'il touche un franc. Ce sont les locataires qui en bénéficieront à travers une ristourne de chauffage importante. Nous sommes donc confrontés à un problème de motivation et nous cherchons un moyen qui pourrait être, comme on en a parlé tout à l'heure, soit la subvention, soit l'exonération d'investissement. On aimerait aussi que soient mis en place des prêts à des taux d'intérêts très bas et l'on peut imaginer quantité d'autres solutions permettant aux gérants d'immeuble de motiver les propriétaires à faire cet investissement. Le problème se situe à ce niveau-là. Quelqu'un qui est propriétaire de sa villa et qui paie le fuel qu'on lui livre a évidemment un intérêt immédiat à faire des investissements car la rentabilité peut être très importante.

Nous sommes en train de déployer un effort d'information au niveau des membres de deux associations pour les pousser à faire une radiographie thermique de leurs immeubles. Et là je remercie M. Genoud qui a organisé des séminaires d'information à l'intention des gérants d'immeubles et auxquels on a pu envoyer les personnes qui, dans nos bureaux, s'occupent de la gestion des chaufferies. On leur a expliqué ce qu'est un indice énergétique. J'aimerais remercier les scientifiques d'avoir introduit cette notion qui permet de comparer un immeuble à un autre.

Si vous comparez deux voitures vous pouvez vous rendre compte laquelle consomme le plus. Par contre, pour un immeuble construit en 1930 et un immeuble construit en 1960, l'un n'abritant que de vieilles dames qui ne

consomment jamais d'eau chaude et l'autre abritant 12 familles, il est impossible de comparer directement leur consommation énergétique.

Pour le faire, il faut introduire l'indice. C'est un travail de longue haleine, on ne peut pas d'un coup de baguette magique s'occuper de plusieurs milliers de chaufferies. Nous sommes en train de radiographier la construction d'une centaine d'immeubles dont nous nous doutions qu'ils étaient de gros consommateurs et nous avons des surprises. C'est un outil de travail qu'on va essayer de mettre à profit mais il nous manque encore aujourd'hui le moyen efficace de financer les investissements. Dans la conjoncture actuelle il est difficile d'approcher le propriétaire et de lui proposer des dépenses parfois très importantes sans qu'il puisse en percevoir les fruits sinon très indirectement, à long terme, à travers des augmentations de loyer - eh oui! il faut bien en parler. Le problème est que l'on a déjà beaucoup d'augmentations à répercuter sur les locataires, je pense p.ex. au télé-réseau qui coûte 25 fr. par appartement et par mois.

J'aimerais vous donner encore un autre exemple. Nous avons fait l'étude d'un cas réel pour l'aménagement du décompte individuel des frais de chauffage dans un immeuble neuf. Pour un 4 pièces, il augmente le loyer de 350 fr. par an. Dans un immeuble neuf bien construit il faut compter sur une facture de chauffage d'environ 800 fr. Je doute que, grâce au décompte individuel, le locataire économise les 350 fr. qu'il payera en plus dans son loyer. L'écologie, c'est un luxe, il faut essayer d'aller dans cette direction, on est tous d'accord, mais il faut aussi savoir qu'il faut être prêt à en payer les frais.

#### **Guisan:**

Il y a effectivement un manque de motivation parce qu'on a cette dichotomie entre locataire et propriétaire ou entre investisseur et exploitant. Mais si je prends l'exemple du système américain ou californien, où certaines compagnies électriques ou certaines institutions ou services ont compris que, quand on fait des économies d'énergie, les 20 ou 30 premiers pourcents sont faciles à faire et sont en général rentabilisés sur deux, trois ans. Ces compagnies, et c'est rentré maintenant dans l'économie et le marché, ont dit aux gens : "Vous continuez à payer les mêmes frais de chauffage et les mêmes charges, nous faisons les réparations à nos frais. Nous continuerons à percevoir les mêmes charges qu'avant et nous allons nous rembourser sur les économies. Je ne sais pas comment se règle la situation après coup, mais il semble que cette démarche fonctionne effectivement. Ne pourrait-on pas faire la même chose, ne serait-ce pas une façon de motiver propriétaires et locataires? De cette façon, on pourrait tendre vers une moindre consommation, à la satisfaction générale.

#### **Vernet:**

Je dois franchement avouer que pouvoir vous répondre nécessiterait une longue réflexion juridique et je ne me risquerai pas à vous répondre dans l'immédiat; mais si vous continuez à percevoir les mêmes taxes comme vous dites, c'est que vous continuez à fournir autant de pétrole qu'avant intervention.

#### **Guisan:**

*Explication non enregistrée.*

**Vernet:**

Oui mais pour pouvoir faire ça, il faut modifier un texte de loi fédéral qui est figé. C'est un problème! Sinon, pourquoi pas? Tout est possible.

**Genoud:**

M. Guisan, j'aimerais citer un exemple, ce qu'on a fait à Genève dans le sens préconisé, j'aimerais reprendre aussi la question de M. Matthey.

L'idée n'est pas de nous, nous l'avons reprise de l'ADER, Association pour le développement des énergies renouvelables, pour l'expérimenter dans le cadre de Genève. Il s'agissait d'associer propriétaire et locataires dans la rénovation et l'assainissement d'un immeuble en ouvrant un grand livre de comptes et en contribuant, grâce aux économies d'énergie réalisées et grâce à une clé de répartition, je crois 80% / 20%, correspondant d'une part au remboursement des investissements effectués et d'autre part à la diminution des charges du locataire pour qu'il soit lui aussi intéressé. Les textes ont été arrangés par des juristes; nous disposions ainsi d'un beau bateau sur lequel nous pouvions partir. Nous n'avons jamais pu réaliser l'expérience. Tout d'abord nous avons eu beaucoup de difficultés à trouver des immeubles, des propriétaires se prêtant à ce jeu. Nous avons alors été plus loin en prenant nous mêmes les risques, c'est-à-dire que, si jamais l'expérience échouait, les investissements seraient pris en charge par l'Etat. Ensuite, 3 immeubles ont été trouvés, mais c'est au niveau des locataires que nous n'avons jamais pu trouver un accord; il y a vraiment eu des oppositions manifestes. Pour vous dire que ce n'est pas facile.

J'aimerais revenir à la question de M. Matthey. Finalement est-ce que l'indice peut être un objectif, sur le plan légal? Alors là, je ne sais pas, je pense, plutôt que l'indice doit être un levier car il y a une part comportementale qui n'est de loin pas négligeable dans l'évaluation de cet indice et lorsqu'on le fixe en terme d'objectif cela signifie qu'on banalise une série d'immeubles qui d'abord sont différents entre eux au niveau de leur enveloppe et au niveau de leur structure, et surtout qui sont très différents entre eux quant au comportement de leurs habitants.

A propos du décompte individuel – sans parler du décompte lui-même – quand on s'est mis à parler du décompte pour l'introduire dans la loi on a eu beaucoup de peine à voir clair. On a essayé de répondre à la question: est-ce que le décompte individuel apporte une économie d'énergie? Pour cela, on a fait une expérience portant sur 400 logements et 11 immeubles et on s'est aperçu qu'il y avait un seuil de rentabilité, défini par un indice énergétique, seuil qui vient d'être évoqué par M. Vernet, et en dessous duquel le décompte revenait cher aux locataires. On a utilisé l'indice en disant : c'est le seuil au-delà duquel le décompte doit être obligatoire parce qu'une économie peut être réalisée. C'est alors devenu un stimulant, un levier pour essayer de baisser ce seuil.

**Carlevaro, du CUEPE:**

J'aimerais encore revenir un peu sur l'intervention que j'avais faite auparavant en faveur des méthodes de l'économie pour mettre en place l'utilisation de cet indice énergétique. J'ai ressenti déjà dans les réponses qui ont été données l'intérêt que pourrait avoir l'utilisation des méthodes incitatives pour favoriser les immeubles efficaces du point de vue de la consommation énergétique. Par exemple, introduire l'objectif de l'indice énergétique non pas comme étant une norme qui s'impose à tous les immeubles ou à des catégories d'immeubles mais tout simplement en moyenne sur tout le

parc serait à même, à mon avis, de fournir les moyens pour investir quand on construit de nouveaux immeubles avec des technologies qui utilisent très rationnellement l'énergie. J'ai cité les systèmes qui consistent à ne plus impliquer l'Etat dans la réalisation de cet objectif, en donnant entièrement au marché l'initiative de transférer par ses méthodes de vente des "négajoules", de permettre à ceux qui font des investissements rentables en terme de consommation d'énergie de les réaliser grâce à la vente de certificats correspondant. Il y a aussi des méthodes intermédiaires que l'on appelle le système des "fee rebate", qui consistent à prélever une taxe sur les immeubles qui dépassent la norme pour la rétrocéder à l'immeuble qui, au contraire, est en-dessous de la norme. Je pense que là aussi c'est une méthode qui peut fonctionner et je vois mal pourquoi on n'étudie pas plus ce genre d'alternatives et qu'on continue de concevoir la mise en place d'une politique énergétique dans une optique extrêmement dirigiste.

**Guisan:**

Il s'agit donc là des mécanismes de marché qui permettraient de faciliter l'application d'un indice. Nous avons vu qu'il y a une certaine difficulté côté régisseur, côté locataire etc.. Revenons peut-être à la question fondamentale posée sans faire de différence entre lois, normes, réglementations, recommandations: faut-il vraiment des normes ou bien est-ce un luxe inutile?

*Vote.*

**Guisan:**

La proportion est à peu près la même que tout à l'heure, ça prouve que la notion d'indice présente un intérêt certain. Je passe à la question suivante.

**3. Quelles sont les expériences déjà réalisées dans ce domaine et les enseignements que l'on peut en tirer pour des petites unités ou des grandes unités, pour des cantons, des communes ou des pays?**

**Guisan:**

Nous avons eu pas mal de contributions aujourd'hui sur ce point, est-ce que quelqu'un souhaite encore ajouter quelque chose dans ce domaine là? Ou poser des questions aux conférenciers qui se sont déjà exprimés?

**Mats Ola Nilsson:**

Cela tombe un peu à cheval par rapport à la question précédente. Je me réfère à l'intervention de M. Ghigny qui parlait d'étiquetage. Quand on parle d'expériences réalisées, le principe même de l'étiquetage implique que les gens ont un choix non seulement entre deux produits mais entre 5, 6, 10 ou 20. L'étiquetage permet de faire un choix par rapport à une qualité qui est importante comparativement aux autres qualités du produit.

Actuellement, je mets au défi quelqu'un de la région de Nyon de mettre dans la balance, pour le choix d'un appartement, sa consommation énergétique pour la simple raison qu'il faut d'abord trouver un appartement. Je ne connais pas les chiffres, mais je crois que les appartements libres sont en dessous du 0/00. Si vous en trouvez un, la couleur même de la tapisserie ne vous intéresse pas par rapport à l'opportunité d'en trouver un. La question énergétique de ce bâtiment arrivera très loin derrière les autres priorités. Je ne pense donc pas que l'étiquetage de l'appartement, du point de vue de sa

consommation énergétique, ait une influence sur le choix dans ce cas précis puisque le choix entre une centaine de produits comparables n'existe pas. Pour que la loi du marché puisse jouer, il faut qu'il y ait possibilité de choix. S'il n'y a pas de possibilité de choix elle ne jouera pas.

**Krebs, ingénieur:**

Au sujet de l'indice énergétique le rapporter au mètre carré n'est quand-même pas tout à fait juste. Il faut tenir compte de la prestation. Par exemple, une école produit des élèves. On a de plus en plus de surface par élèves avec des grands dégagements, des salles de gymnastique immenses pour que le ballon ne touche jamais le plafond, des locaux de brossage des dents, une classe de support pour une classe d'enseignement, etc.etc.. On arrive à des bâtiments toujours meilleurs avec toujours moins de monde dedans. Il faut se rapporter au produit fini.

**Wick:**

On connaît très bien ce problème. Par exemple en 78 on avait 12 m<sup>2</sup> par élève et maintenant on en a 20. Mais le stock de bâtiments est là, il est toujours chauffé même s'il y a moins d'élèves. Il faut tout de même réduire la consommation de tous les bâtiments. Nous aussi nous habitons dans des surfaces toujours plus grandes. J'en ai fait la statistique : entre 1970 et 1980, la surface d'habitation par personne est passée de 35 à 42 m<sup>2</sup>, et maintenant la valeur est supérieure à 50 m<sup>2</sup>. La aussi nous devons réduire la consommation de tous les bâtiments. Nous prenons toujours en compte le nombre de lits dans les hôpitaux, de pièces dans les logements et d'élèves dans les écoles.

**Angioletti:**

On peut faire des comparaisons entre les différents types d'établissements lorsqu'on raisonne en m<sup>2</sup>; par contre comparer un élève et un lit est beaucoup plus difficile. Pour des bâtiments de nature différente, raisonner au m<sup>2</sup> donne un indicateur commun même si il faut faire très attention dans son utilisation. Au niveau des connaissances statistiques qui sont quand même importantes pour définir des indices ou des indicateurs, c'est très souvent sur la base de statistiques au mètre carré que l'on peut travailler, parce que ce sont celles qui sont récoltées en général par les organismes statistiques. C'est une réalité, en tout cas pour la France, qui est incontournable. On a du mal à avoir des données autres, rapportées au m<sup>3</sup> par exemple.

#### **4. Les aspects pratiques, juridiques, les difficultés, la responsabilité de l'ingénieur.**

**Oreiller, ingénieur:**

La notion de difficulté, j'y reviens. Vous avez posé une question tout à l'heure concernant le contrôle et nous nous rendons bien compte qu'entre ce que l'on doit faire et la réalité, il y a souvent un monde. Je me demande dans quelle mesure il est possible de contrôler si les caractéristiques annoncées répondent aux promesses dans un premier temps et si, ensuite, les conditions d'exploitations répondent également aux promesses. Je crois qu'il y a là une grande difficulté qui demande un contrôle rarement effectué au niveau des cantons.

**Guisan:**

Personnellement je pense que si on raisonne sur des indices globaux, c'est une chose très facile à contrôler, ça joue ou ça ne joue pas. Si on trouve le double de ce qu'on avait prévu, il y a quelque chose qui ne joue pas. Si on trouve 10 % de plus, on peut à la limite en chercher la cause. Il reste que la consommation globale de carburant et d'électricité c'est facile à contrôler.

**Oreiller:**

Oui, mais est-ce que ce contrôle se fait effectivement au niveau des cantons?

**Guisan:**

Je ne crois pas, mais c'est concevable.

**Spierrer:**

Il n'y a pas encore dans les cantons, tout au moins ça ne fait que démarrer dans certains, de loi ou de disposition légale qui précisent des objectifs en matière d'indice et je pense là notamment à la recommandation 380/1. Aujourd'hui, le problème ne se pose pas encore étant donné qu'il n'y a pas de bâtiments déjà réalisés dans ces conditions. S'ils se réalisent, il va s'agir de faire un contrôle, qui sera vraisemblablement basé sur la consommation ou sur l'indice, méthodes équivalentes dans ce cas. Lorsqu'on étudie, au niveau de la recommandation 380/1, les facteurs d'influence qui peuvent fortement varier d'un bâtiment à l'autre lors de l'exploitation, on peut en mettre en gros trois en évidence: la température de chauffage, le plus grand facteur d'influence, le renouvellement d'air et le coefficient d'isolation moyen des façades dont la valeur effective peut différer significativement de l'évaluation théorique faite par l'architecte. Ces 3 facteurs d'influence peuvent induire dans des cas raisonnablement mauvais, des variations sur l'indice de dépense d'énergie d'environ  $\pm 30\%$ . Une telle erreur est en fait importante au niveau d'un indice de contrôle et rend l'appréciation du contrôle difficile. C'est donc malheureusement une limitation à une méthode simplifiée.

**Guisan:**

C'est comme pour les limites de vitesse, on a une marge de 10 %.

**Spierrer:**

Oui, sur un seul paramètre, la vitesse.

**Vernet:**

Je ne dirai qu'une chose: quel que soit l'indice considéré il doit répondre à certains critères, mais il doit être simple et facile à déterminer. Si l'on veut que les praticiens utilisent ce nouvel outil et qu'il serve à quelque chose, il faut essayer d'avoir un seul indice commun pour qu'on puisse commencer à comparer, ce qui n'est déjà pas mal.

**Wick:**

Dans notre bureau, nous avons fait à peu près 30 à 40 concepts d'énergie pour des maisons neuves ou des rénovations, tels des hôpitaux, des locatifs, des bureaux. Nous n'effectuons pas la rénovation, nous élaborons seulement le concept: comment faut-il faire et quels buts faut-il atteindre? Nous contrôlons presque tous ces bâtiments dans les 3 années qui suivent la

rénovation et/ou la construction et nous n'avons que très rarement observé des différences de 30 %. Normalement les différences sont petites.

**Spieler:**

Dans le cas que vous citez c'est tout à fait logique, puisque vous faites l'évaluation ponctuelle d'un bâtiment et qu'ensuite vous regardez ce bâtiment en exploitation. La question ou l'affirmation que j'ai faite tout à l'heure concernait la relation entre bâtiments existants et une méthode d'évaluation standardisée. Si l'on considère une évaluation standardisée basée sur des valeurs théoriques, on risque d'observer des différences considérables. Il est clair que si on a fait une évaluation fine d'un bâtiment, l'indice final devrait être assez proche du résultat attendu.

**Guisan:**

Je crois que si on fait une évaluation standardisée, il faut prendre en compte les particularités des différents bâtiments. C'est par sommation d'indices partiels qu'on va arriver à un indice global qui va être différent d'un bâtiment à l'autre. Mais les prestations lumière pour le même genre d'applications seront les mêmes, les prestations chauffage pour de l'habitation seront les mêmes. Je pense qu'en différenciant ces aspects là on peut arriver à avoir une méthode générale qui permet de tenir compte de particularités.

Voilà, le temps passe. Quand je vois le temps consacré à répondre aux quatre premières questions et le nombre de points que nous aurions aimé discuter, il est clair que nous n'arriverons pas au bout aujourd'hui. C'est la preuve que la notion d'indice énergétique est très riche et très actuelle. Je vous propose donc de clore cette journée CUEPE 1991 en remerciant l'ensemble des participants pour leurs interventions.