



## Notes techniques

# CONNAISSANCE ET MAÎTRISE DES USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL

Auteur : Olivier SIDLER  
Note technique n°090401

Avril 2009

ENERTECH  
*Ingénierie énergétique*  
26160 FELINES S/RIMANDOULE  
TEL & FAX : (33) 04.75.90.18.54  
*email : [contact@enertech.fr](mailto:contact@enertech.fr)*  
*Web : [www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)*

**SOMMAIRE****1 - POURQUOI REDUIRE LES CONSOMMATIONS ELECTRODOMESTIQUES ?**

1-1 Le poids de l'électricité dans la facture énergétique des ménages	5
1-2 Produire de l'électricité est rarement une opération propre....	8
1-3 Dans les bâtiments très performants, l'électricité représente 90% des besoins	10
1-4 Le problème des surchauffes estivales	11
1-5 Comment expliquer aux français qu'il faut économiser le chauffage mais pas l'électricité ?	12

**2 - LES USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE DANS LES PARTIES PRIVATIVES 14**

2.1 Electroménager : état des lieux	14
15 2.1.1 Principales caractéristiques techniques du parc d'appareils électroménagers	
2.1.1.1 La puissance appelée	15
15 2.1.1.2 La distribution des consommations annuelles des appareils d'un type	
2.1.1.3 La courbe de charge horaire	16
2.1.1.4 Les variations saisonnières des consommations	17
2.1.1.5 Les cycles	19
19 2.1.1.6 L'évolution de la consommation en fonction de l'âge des appareils	
2.1.2 Hiérarchisation des niveaux de consommation	20
2.1.3 La mise en évidence de consommations insoupçonnées	21
2.1.3.1 La consommation des circulateurs de chaudière individuelle	21
2.1.3.2 La consommation des aquariums	21
2.1.3.3 Les consommations de veille	22
2.1.4 Spécificités et principaux enseignements pour l'éclairage ménager	23
2.1.5 Structure de la courbe de charge	27
2.1.6 La confrontation des valeurs estimées et mesurées	28
2.2 Les évolutions récentes du parc	29
2.2.1 L'amélioration des performances de certains appareils	29
2.2.1.1 Les appareils de froid	29
2.2.1.2 Les lave-linge	30
2.2.1.3 Les lave-vaisselle	30
2.2.1.4 L'éclairage	31
2.2.1.5 Conclusions sur les améliorations récentes des appareils ménagers	31
2.2.2 L'arrivée de nouveaux appareils	31
2.2.2.1 La transformation du site audiovisuel	31

**SOMMAIRE**

A - Le site audiovisuel	31
B - Les téléviseurs	32
2.2.2.2 La bureautique domestique	35
A - Les ordinateurs et leurs écrans	35
B - Les périphériques	36
2.2.3 Bilan des améliorations et des nouvelles consommations	37
2.3 Réduire les consommations électroménagères : comment et pour quel gisement d'économie ?	39
2.3.1 La mesure des économies apportées par les appareils performants	40
2.3.1.1 Evolution de la structure de la charge globale	40
2.3.1.2 Appareils de froid : quelles économies d'énergie ?	41
2.3.1.3 Eclairage : quelles économies d'énergie ?	42
2.3.1.4 Evolution de la consommation d'électricité des chaudières	44
2.3.1.5 Evolution de la consommation globale des logements	46
2.3.2 Consolidation des économies d'électricité par logement	47
2.4 Les économies électroménagères en pratique	50
2.4.1 Que peuvent faire maîtres d'ouvrage et maîtres d'oeuvre pour réduire les consommations électrodomestiques ?	50
2.4.2 Que peuvent faire les usagers pour réduire les consommations électrodomestiques ?	52
<b>3 - LES USAGES THERMIQUES DE L'ELECTRICITE DANS LES PARTIES PRIVATIVES (HORS CHAUFFAGE)</b>	<b>55</b>
3.1 La cuisson	55
3.1.1 Consommation annuelle de l'ensemble du poste cuisson	55
3.1.2 Consommation annuelle des tables de cuisson	56
3.1.3 Consommation annuelle des fours	56
3.1.4 Consommation annuelle des mini-fours	57
3.1.5 Consommation annuelle des fours à micro-ondes	57
3.1.6 Autres appareils de cuisson	57
3.1.7 Comment réduire la consommation de cuisson ?	58
3.2 La production d'eau chaude sanitaire	58
3.2.1 Consommation des chauffe-eau	58
3.2.2 Comment réduire les besoins du poste « eau chaude sanitaire » ?	59
3.2.2.1 En construction neuve	59
3.2.2.2 Améliorer une installation existante	60
3.2.2.3 Changer ses comportements	60
3.2.3 Comment réduire la consommation du poste de production d'eau chaude ?	61
3.2.3.1 Le recours au chauffe-eau solaire	61
3.2.3.2 Le chauffe-eau thermodynamique	61
3.2.3.3 La récupération de chaleur des eaux usées	62
3.2.3.4 La valorisation par PAC de la récupération sur les eaux usées	64

<b>4 - LES USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE DANS LES SERVICES GENERAUX</b>	<b>65</b>
4.1 Les enjeux	65
4.2 L'éclairage des circulations	66
- Etat des lieux	66
- Quelles améliorations pour l'éclairage des circulations ?	68
4.3 L'éclairage des parcs des stationnement	71
- Etat des lieux	71
- Quelles améliorations pour les parcs de stationnement ?	71
4.4 L'éclairage extérieur	72
- Etat des lieux	72
- Quelles améliorations pour l'éclairage extérieur ?	73
4.5 Les ascenseurs	73
- Etat des lieux	73
- Quelles améliorations pour les ascenseurs ?	75
4.6 La ventilation mécanique contrôlée	78
- Etat des lieux	78
- Quelles améliorations pour la ventilation mécanique ?	78
4.7 Les chaufferies	81
A - Principales caractéristiques des pompes de chaufferie	81
B - Règles de conception des réseaux hydrauliques et choix des pompes	81
C - Asservissement du fonctionnement des pompes	82
D - Divers	83
4.8 Les BAES et BAEH	83
4.9 Bilan général des améliorations	83
4.9.1 L'opération de Montreuil	83
4.9.2 Expérience et enseignements de l'opération expérimentale « Damidot »	84
4.9.2.1 Consommations mesurées	84
4.9.2.2 Consommations prévisionnelles	85
4.9.2.3 Explication des écarts et analyse des résultats	85
4.9.2.4 Améliorations possibles et recommandations	88

## **Chapitre 1 : Pourquoi réduire les consommations électrodomestiques ?**

On peut se demander à quoi peut bien servir de réduire les consommations électrodomestiques, tant sont nombreuses les voix qui nous rappellent que consommer de l'électricité sans modération n'est pas un problème, puisqu'en France elle est produite par du nucléaire qui ne fait pas de gaz à effet de serre.

Si l'analyse en reste là, il n'est effectivement pas utile d'aller plus loin dans ce guide....

Mais la question de l'électricité ne se borne pas à l'émission de gaz à effet de serre. Il y a de multiples raisons de réduire, et très vite, les consommations d'électricité dans les logements en particulier, et dans les bâtiments en général....

### **1-1 Le poids de l'électricité dans la facture énergétique des ménages**

Dans la plupart des pays européens, des réglementations thermiques contraignantes ont été mises en place à la fin des années soixante dix permettant ainsi une réduction très importante des consommations de chauffage. Mais depuis, le secteur de l'électroménager s'est développé de façon spectaculaire sans subir les mêmes contraintes réglementaires. La première réglementation sur les appareils ménagers ne date que de septembre 1999 : la consommation normalisée des appareils de froid ménagers a alors été plafonnée. C'était une première, qui n'a été suivie que très récemment (Juillet 2008) d'une seconde initiative sur la limitation des consommations de veille.

Il était donc intéressant d'analyser le poids de la consommation électrodomestique des ménages dans l'évolution la facture énergétique dans les années 90.

Un premier travail de ce type a été entrepris dans la Drôme en 1990 sur un ensemble de 97 logements sociaux construits depuis moins de deux ans. Pour chacun d'eux on a calculé la facture énergétique globale. Cette facture regroupait toutes les consommations (chauffage, eau chaude, cuisson, électroménager, etc), les abonnements, la maintenance, les locations etc. On disposait de trois échantillons de logements de tailles assez proches regroupés en fonction de l'énergie principalement utilisée : électricité, gaz ou propane.

La figure 1.1 représente la structure de cette facture énergétique pour les trois échantillons de logements. On observe qu'à cette époque :

- la part du chauffage n'est que de 24 à 38 % de la facture totale selon l'énergie,
- les postes fixes sont très importants : de 21 à 33 % selon le type d'énergie,
- l'électroménager, déjà en 1990, représente une part aussi importante que celle du chauffage pour les utilisateurs d'hydrocarbures (gaz ou propane). Il faut noter que les abonnements ne sont pas inclus dans l'électroménager mais dans les « postes fixes ».

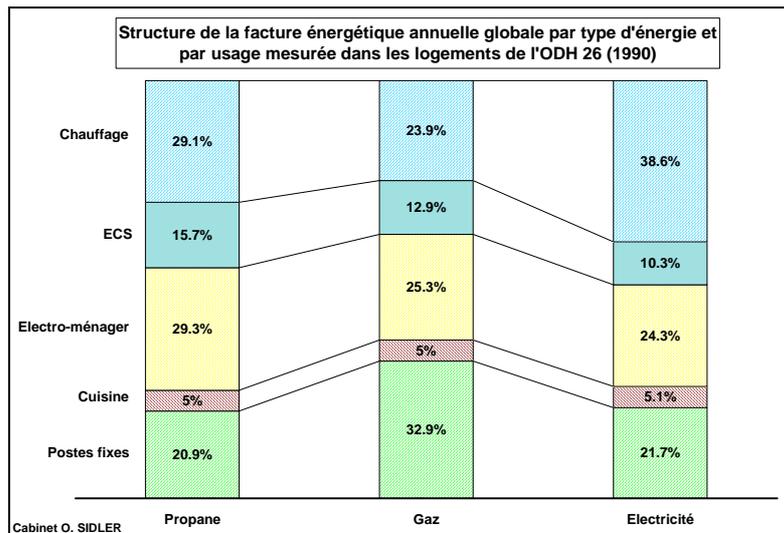


Figure 1.1 : Structure de la facture énergétique en 1990 dans 97 logements sociaux récents

La figure 1.2 représente le coût par  $m^2$  de la facture énergétique en fonction de l'énergie utilisée. Sur l'échantillon de référence, les prix évoluent de 66,5 F TTC/ $m^2$  (soit 10,14 €/m<sup>2</sup>) à 84,4 F TTC/ $m^2$  (soit 12,87 €/m<sup>2</sup>) soit un écart moyen de 22 % entre le propane et l'électricité, écart pouvant atteindre et même dépasser 50 % dans certains cas. Si on améliore encore la thermique des bâtiments et l'efficacité énergétique des systèmes et que l'on choisit rationnellement l'énergie, on peut atteindre 52 F TTC/ $m^2$  (7,92 €/m<sup>2</sup>/an) : il s'agit de 95 logements collectifs en région parisienne livrés en 1996, dotés d'un label HPE 4\*, et d'une chaufferie gaz collective à condensation.

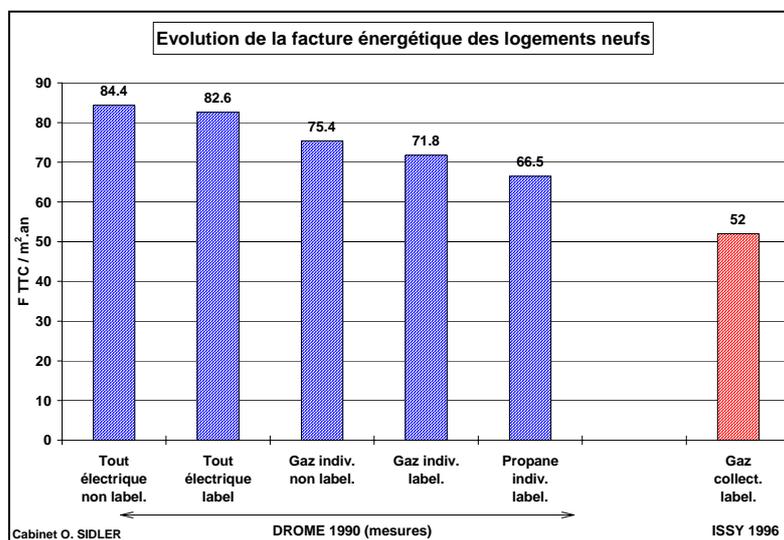
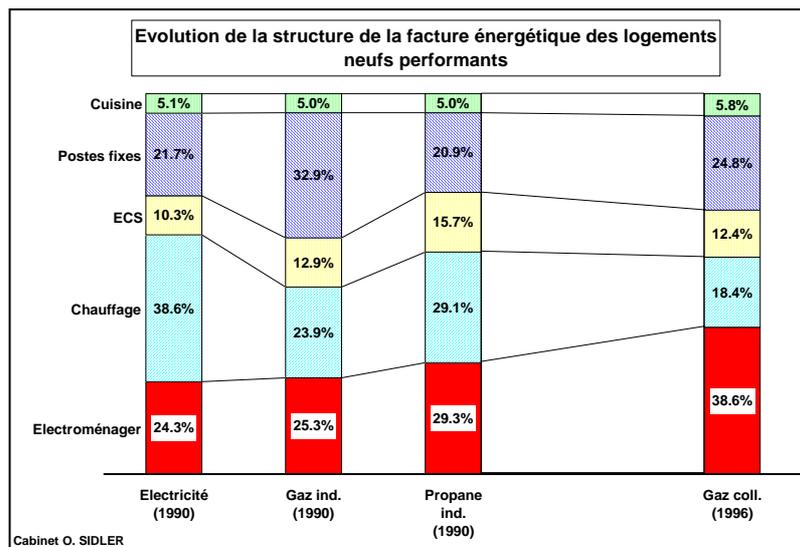


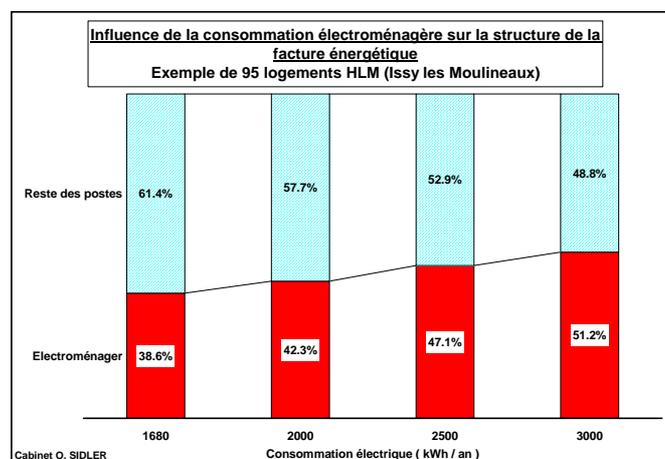
Figure 1.2 : Coût spécifique de la facture énergétique en fonction du type d'énergie (Années 1990-2000)

Mais dans ce cas, la part du chauffage n'est plus que de 18 % et celle de l'électroménager est voisine de 40 %, soit plus de deux fois plus. La figure 1.3 compare la structure de la facture énergétique des logements de la Drôme en 1990 (voir aussi figure 1.1) celle de ces logements récents, en supposant pour ceux-ci que la consommation d'électricité spécifique est au même niveau que celle mesurée en 1990 (1680 kWh/an).



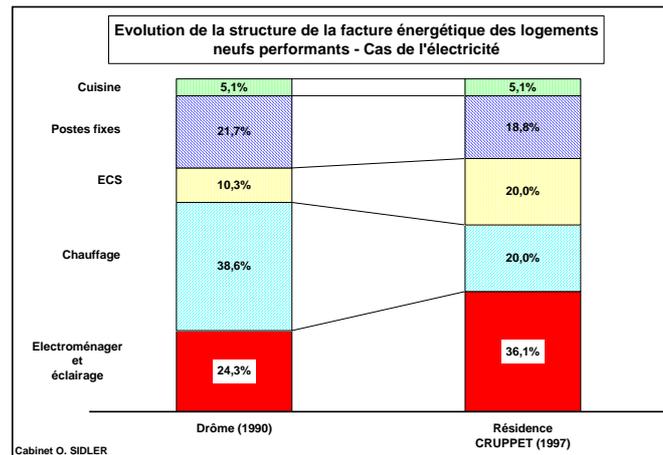
**Figure 1.3 : Evolution de la structure de la facture énergétique des logements neufs performants (Années 1990-2000)**

Si la consommation d'électricité spécifique des logements dépasse cette valeur moyenne adoptée pour l'évaluation et qu'elle atteint par exemple 3000 kWh/an, la part de l'électroménager dans la facture dépasse 50 % (voir figure 1.4).



**Figure 1.4 : Influence de la consommation électroménagère sur la structure de la facture énergétique pour des logements thermiquement performants (Années 1990-2000)**

Cette situation n'est d'ailleurs pas propre à des opérations chauffées au gaz comme en témoigne l'exemple de la figure 1.5 qui représente le cas d'une réalisation labellisée 4\* du label HPE datant de 1997 et chauffée à l'électricité : la part du chauffage est de 20,0 % et celle de l'électroménager de 36,1 %.



**Figure 1.5 : Structure de la facture énergétique de logements labellisés HPE 4\* chauffés à l'électricité**

La conclusion de ces différentes observations est simple, même si elle peut surprendre : En l'an 2000, dans l'ensemble des logements construits en France depuis 1980, le poste le plus important de la facture énergétique n'était pas le chauffage comme on le croyait souvent mais l'électroménager qui pouvait être jusqu'à deux fois plus coûteux que le chauffage. Dans la construction neuve et la réhabilitation de bâtiments de moins de vingt ans, il représentait en réalité les seules marges de progression rapide et rentable d'un abaissement de la facture énergétique, notamment en logement social.

**Aujourd'hui**, avec la baisse des consommations de chauffage consécutives aux renforcements successifs de la réglementation thermique, la situation est encore plus contrastée : **le poids de l'électrodomestique est fréquemment trois fois plus important que celui du chauffage dans la facture des ménages. Il peut même dans certains cas être 4 ou 5 fois plus important.**

On peut alors se demander s'il est bien raisonnable de continuer ainsi, notamment en logement social où la préoccupation permanente est de réduire le poids des charges dans le budget des ménages.

## 1-2 Produire de l'électricité est rarement une opération propre....

Rappelons d'abord que l'électricité n'est pas une source d'énergie. C'est un « vecteur énergétique » c'est à dire la forme que prend l'énergie pour son transport et éventuellement son stockage. En conséquence l'électricité, tout comme l'hydrogène, doit être produite.

Pour faire très simple, il y a deux façons de produire de l'électricité : soit par « conversion directe » d'une source d'énergie en électricité, soit par une chaîne de transformations s'appuyant sur la conversion « chaleur-travail ».

La conversion directe, c'est par exemple l'hydraulique : on transforme l'énergie potentielle de l'eau stockée dans un barrage, en énergie mécanique faisant tourner une turbine qui entraîne un alternateur. C'est aussi l'énergie éolienne qui convertit l'énergie cinétique du vent en électricité. Ce sont encore les photopiles qui convertissent directement l'énergie des photons solaires en courant électrique. Notons que, curieusement, tous ces modes de production sont tous assis sur une source d'énergie qui est....le soleil. La conversion de l'énergie solaire en électricité peut facilement se faire par conversion directe.

Le second mode de production utilise des transformations énergétiques s'appuyant sur la transformation de la chaleur en travail. Dans une centrale « thermique », quel que soit le mode de production de chaleur (fioul, tourbe, nucléaire, gaz, etc), on produit de la vapeur

d'eau sous pression que l'on détend ensuite dans une turbine qui entraîne un alternateur. C'est la fameuse transformation « chaleur-travail » dont le rendement est faible puisque sa valeur maximale, définie par Carnot, est le rapport de la température de la source chaude (exprimée en °K) à l'écart de température des sources chaude et froide (en général la température ambiante). Et donc, plus la température de la source chaude sera élevée, plus le rendement de la transformation pourra être important, ce qui explique la course aux hautes températures à laquelle on assiste. Mais tout est relatif....

Ainsi, les centrales avec turbines à gaz, capables de fonctionner à 1400°C (turbines en céramique), ont un rendement maximal de 59%. Le fioul, avec 580°C atteint 40%, et les centrales nucléaires à eau pressurisée (technologie la plus répandue en France), dont la température de la vapeur produite ne peut pas dépasser 260°C (à cause de la pression dans la cuve) ne possède un rendement que de 31%. Toute l'énergie primaire qui n'est pas transformée en électricité est alors perdue sous forme de chaleur.

Mais où vont alors les pertes ? Elles sont simplement rejetées dans l'environnement, généralement au moyen des fameuses tours de refroidissement qui se chargent de transformer en vapeur d'eau (nuage) l'eau de la rivière ou de la mer proche, à raison de 1 m<sup>3</sup>/s dans le cas d'un réacteur nucléaire de 1000 MWe. C'est le moyen le plus simple, mais pas le plus malin, de dissiper toute l'énergie primaire qu'on n'a pas pu transformer en électricité....

Il apparaît donc une différence importante dans les modes de production d'électricité, selon que l'on procède par conversion directe (avec peu de pertes), ou par conversion indirecte au moyen de la transformation chaleur-travail génératrice de pertes très importantes.

Comme l'essentiel de la production d'électricité s'effectue aujourd'hui par le biais de cette transformation chaleur-travail, il faut s'interroger sur le mode de production de la chaleur utilisée. On en distingue essentiellement deux (mais il en existe d'autres encore très minoritaires) : brûler un combustible, ou utiliser la cassure des noyaux lourds (nucléaire). Dans le premier cas on produit évidemment des gaz à effet de serre, et dans le second, on génère des déchets nucléaires. Dans le premier cas on précipite la dérive climatique, dans le second on accumule des déchets dont personne ne peut sérieusement affirmer aujourd'hui qu'on sait durablement quoi en faire sans risque pour l'humanité....

Cet aperçu rapide des modes de production d'électricité montre que :

- **produire de l'électricité n'est jamais neutre pour l'environnement.** C'est même plutôt très sale. Avec les moyens de production actuels, soit on produit des gaz à effet de serre, soit on produit des déchets radioactifs. Pas de quoi se réjouir dans un cas comme dans l'autre,

- produire de l'électricité par voie thermique a un autre gros défaut : tant que la cogénération ne se pratiquera pas au niveau des centrales (production combinée d'électricité et de chaleur), on sera conduit soit à réchauffer les rivières de manière inacceptable pour la vie aquatique, soit à prélever de telles quantités d'eau dans ces rivières qu'on peut se demander si ce mode de production est compatible avec le réchauffement climatique et la pénurie récurrente d'eau qui l'accompagnera. On peut aussi se demander comment on refroidira toutes les nouvelles centrales qu'on se propose d'installer un peu partout. Le refroidissement des centrales thermiques va devenir le problème principal de leur développement dans les années à venir, et personne ne semble aborder ce sujet. Les mettre en bord de mer paraît pire que tout : les condenseurs craignent par dessus tout les proliférations d'algues et les marées noires. Quant aux tsunamis....

- la production d'électricité par conversion directe apparaît comme une solution très intéressante sur le plan environnemental : elle supprimerait l'essentiel des nuisances « lourdes » et permettrait pratiquement de s'affranchir de la terrible dégradation du coefficient énergie primaire/énergie finale qui caractérise aujourd'hui l'électricité de la plupart des pays

développés. En France, ce coefficient vaut 3,23. Cela signifie que pour produire un kWh d'électricité on doit disposer de 3,23 kWh d'énergie primaire, le reste étant perdu.... Ce n'est probablement pas la meilleure façon d'aborder la crise énergétique. Ceci ouvre la voie, au-delà des polémiques stériles semblables à la querelle des anciens et des modernes, aux productions photovoltaïque, éolienne, hydraulique dont l'impact sur les paysages et l'aménagement du territoire est à prendre en compte, qui posent bien sûr des problèmes nouveaux de gestion de réseaux, mais qui disposent d'atouts considérables au regard de leur impact en énergie primaire, et de leurs faibles pertes thermiques.

**En conclusion, produire de l'électricité est certainement l'une des activités, sinon l'activité, la plus nuisible pour l'environnement sur cette terre, quel que soit le mode de production actuellement utilisé. Réduire la consommation d'électricité c'est donc agir directement sur l'amélioration de la qualité de l'environnement.**

### **1-3 - Dans les bâtiments très performants, l'électricité représente 90% des besoins**

Les récents objectifs fixés par le Grenelle de l'Environnement sont exceptionnels, parce qu'ils sont le fruit d'un consensus (ce qui est quand même rare en France !) entre pouvoirs publics, patronat, associations, fédération du bâtiment, syndicats, etc. Et ces décisions politiques (au sens très noble du terme) sont les seules à la hauteur des enjeux (climat, énergie). Rappelons qu'elles sont au nombre de trois :

1- en 2012, la RT pour les bâtiments neufs sera calée sur niveau du label BBC Effinergie de 2007 (toute dégradation de ce label ultérieure à 2007 serait un mauvais coup portée au Grenelle),

2 - en 2020 la RT imposera que tous les bâtiments neufs soient des bâtiments à énergie positive,

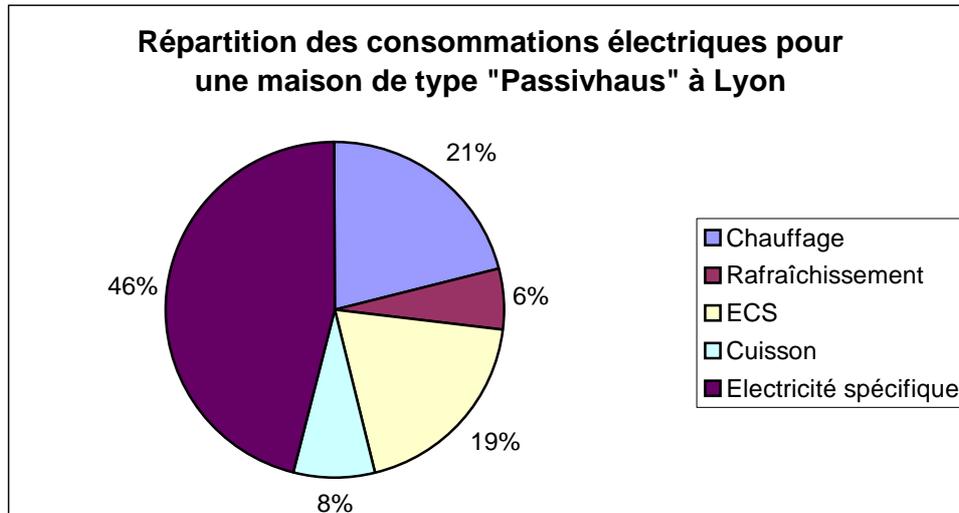
3 - en 2020, le parc bâti dans son ensemble devra consommer 38% de moins que ce qu'il consomme aujourd'hui. Ceci devrait conduire en urgence à un très gros programme de rénovation.

Ces décisions devront être mises en œuvre par chacun. Les solutions auxquelles elles conduisent sont connues. Elles se situent à des niveaux de consommation de chauffage très faibles, de l'ordre de 10 à 30 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie primaire, à comparer à la moyenne actuelle du parc qui se situe plutôt autour de 200....

Dans ce schéma, toutes les opérations déjà réalisées montrent que l'utilisation de l'électricité pour le chauffage est très souhaitable s'il s'agit d'une pompe à chaleur de fort coefficient de performance. Cette technologie permet encore d'accroître la part des énergies renouvelables dans le chauffage des bâtiments (car elle permet le recours à l'énergie présente dans l'environnement (eau, sol)), si bien que la quantité d'énergie primaire nécessaire au poste chauffage devient ridiculement faible et peut atteindre moins de 10 kWh/m<sup>2</sup>/an.

La figure 1.6 montre le bilan énergétique de maisons passives (qui seront le standard de construction dans les dix ans à venir). Il s'agit de bâtiments qui ont fait l'objet d'un travail en profondeur sur la consommation d'eau chaude sanitaire (apports solaires très importants). On voit que malgré cela, le chauffage ne représente plus que 20 % de la dépense énergétique totale, alors même que de gros efforts ont été faits sur tous les autres postes, et que l'électricité spécifique représente près de la moitié des besoins en énergie ! Dans certains bâtiments à énergie positive (niveau de la RT 2020....), le chauffage ne représente plus que 10 à 12 % de la consommation totale. Ce qui signifie que **les grandes questions à résoudre**

demain ne concernent plus le chauffage....mais tous les autres usages, qui sont presque tous de l'électricité.



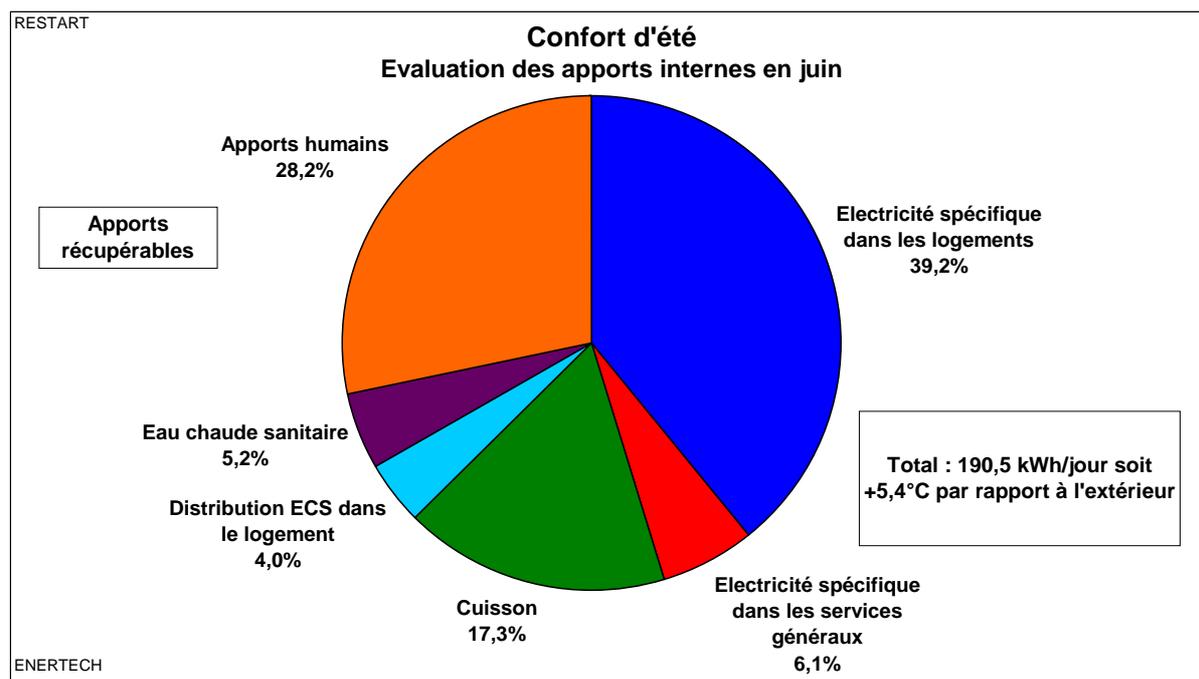
*Figure 1.6 : Structure des besoins énergétiques d'une maison de type Passivhaus*

**Conclusion :** Réduire toutes les consommations électrodomestiques, et celles des services généraux pour les bâtiments collectifs, apparaît donc comme un impératif incontournable si l'on veut réussir à relever le défi du Grenelle de l'Environnement. Dit autrement, ne pas se préoccuper des consommations électriques de ces usages considérés jusqu'ici, à tort, comme marginaux, c'est faire échouer Grenelle, avec tout ce que cela impliquera de perte d'espoir face à la menace climatique, et face à la crise énergétique latente.

#### 1-4 - Le problème des surchauffes estivales

L'une des principales caractéristiques des bâtiments à très basse consommation est de conduire à des surchauffes récurrentes en été. Ceci est dû au fait que l'enveloppe de ces nouveaux bâtiments se comporte comme une bouteille thermos dans laquelle tous les apports énergétiques qui ont réussi à entrer sont piégés et ne peuvent plus sortir ce qui a pour effet immédiat une montée rapide de la température.

Les apports qui se retrouvent dans les bâtiments sont d'abord des apports solaires entrés par les vitrages. Mais on sait s'en protéger. Il y a ensuite tous les apports nés à l'intérieur du bâtiment lui-même : la chaleur des personnes, la distribution et l'usage de l'eau chaude sanitaire, et surtout les consommations électrodomestiques qui finissent en bonne partie en chaleur. La figure 1.7 montre la répartition des apports de chaleur internes mesurés dans un bâtiment d'habitation au cours d'un été (il s'agit d'un bâtiment dont la consommation de chauffage est d'environ 65 kWh/m<sup>2</sup>/an, ce qui est un niveau meilleur que la moyenne, sans être exceptionnellement faible).



*Figure 1.7 : Apports internes dans un bâtiment à faible consommation en été*

On observe que l'électroménager représente 40 % des apports de chaleur internes. A lui seul, il conduit à une augmentation permanente de 2°C, voire plus dans des bâtiments qui seraient encore plus isolés que l'immeuble analysé. Et réduire les apports de l'électroménager est une des rares marges de manoeuvre dont on dispose. Car il paraît difficile de réduire la chaleur apportée par les occupants ! Des efforts pourront aussi être faits sur la cuisson qui est un poste de consommation élevé pour la seule raison que casseroles et fours ne sont jamais....calorifugés.

L'inconfort d'été est une question très difficile à résoudre si on veut éviter le recours à la climatisation qui pose de nombreux problèmes (les fluides frigorigènes sont de puissants gaz à effet de serre) et dont le coût ne serait guère supportable. **Pour avancer vers un meilleur confort d'été, il faut impérativement réduire l'effet générateur à la source, et donc réduire drastiquement la consommation électrodomestique.**

### **1-5 Comment expliquer aux français qu'il faut économiser le chauffage mais pas l'électricité ?**

La dernière raison pour laquelle il faut à tout prix faire (aussi) des économies d'électricité tient au caractère incompréhensible du mot d'ordre en direction des français, qui consisterait à dire « Faites des économies de chauffage, mais ne faites rien sur vos consommations d'électricité ». C'est pourtant le message qui circule aujourd'hui. Mais ce message est totalement incompréhensible et un peu « schizophrène » pour le français moyen. On a montré dans ce qui précède que cet argument est dangereux et absolument pas défendable. Rien ne le justifie. Comment les gens pourraient-ils quant à eux avoir un comportement vertueux lorsqu'ils parlent de chauffage (je ne dépasse pas 19°C, je surisole ma maison, etc), et rester très peu vertueux au regard de leur consommation électrodomestique (je conserve mes vieux appareils de classe G, je fais tourner mon lave linge

au trois quart vide, je n'éteins jamais mes lumières (qui sont des lampes à incandescence) ça créé une ambiance sympa, etc).

On obtiendra un comportement vertueux et sobre de la population à la seule condition que ce changement d'attitude soit global, homogène, et continu. Il s'agit d'un comportement général, et ce comportement ne peut pas avoir de composantes contradictoires. La démarche de chacun doit être cohérente.

Le Grenelle de l'Environnement nous a invité à un effort collectif sans précédent. Cet effort est un vrai défi qui ne sera relevé qu'avec la participation de chacun impliquant, qu'on le veuille ou non, de nombreuses remises en cause de nos habitudes. Pour cette dernière raison aussi l'électricité doit s'inscrire dans des objectifs d'économie drastique. Oublier cette dimension serait faire échouer tous les objectifs du Grenelle ■

## **Chapitre 2 : Les usages spécifiques de l'électricité dans les parties privatives**

Ce qu'on appelle la consommation d'électricité spécifique des parties privatives concerne les usages électrodomestiques (froid, TV, machines à laver, etc.) et l'éclairage, à l'exclusion de toutes les applications thermiques comme le chauffage, l'eau chaude sanitaire ou les usages en cuisine qui seront examinés aux chapitres 3 (sauf le chauffage qui demande des développements trop spécifiques et a déjà fait l'objet de nombreuses études).

La consommation des usages spécifiques de l'électricité dans les parties privatives du secteur résidentiel est en France en 2008 d'environ 72 TWh/an, soit une consommation moyenne de 2.600 kWh/an/logement, soit encore 15% de la consommation nationale d'électricité qui est de 480 TWh/an.

### **2-1 Electroménager : état des lieux**

Pour comprendre puis trouver des solutions sur la principale source de dépenses énergétiques des ménages, et devant le peu d'informations fiables existant, il a fallu faire dès le milieu des années 90 de très importantes campagnes de mesures avec l'aide de la Communauté Européenne, de l'ADEME et d'EDF. Ces campagnes n'ont porté que sur les usages spécifiques de l'électricité (appareils électroménagers, éclairage, pompes et ventilateurs). La première (projet *Ciel* - voir référence [1]) était une photographie de la situation actuelle, et la seconde (projet *Ecodrôme* - voir référence [2]) une mesure des gisements d'économie. Ces travaux ont été rendus possibles grâce à l'utilisation de compteurs électroniques placés sur chaque usage et communiquant par courants porteurs avec un collecteur placé dans chaque logement. Le transfert des informations du collecteur vers un ordinateur de traitement s'effectuait automatiquement chaque nuit par voie téléphonique.

CIEL s'est déroulé en Saône et Loire et a permis de suivre 114 logements et 874 appareils représentant 31 types différents pendant une durée d'un mois. Un vaste questionnaire a permis de collecter les informations propres à chaque logement et à ses équipements. Un outil informatique puissant a permis le traitement en base de données relationnelle.

Puis en 2003-2004 une très grosse campagne de mesure a permis de connaître avec précision la consommation de l'éclairage dans les logements (voir référence [3]). Une centaine de logements répartis dans toute la France a fait l'objet d'un suivi très détaillé puisque tous les foyers lumineux, sans exception, ont été instrumentés.

Enfin, en 2007-2008 de nouvelles campagnes de mesures ont été conduites (voir réf. [4] et [5]), toujours avec l'aide des mêmes partenaires, afin d'une part de voir comment avaient évolué les appareils qui avaient fait l'objet de progrès technologiques (froid, lavage)

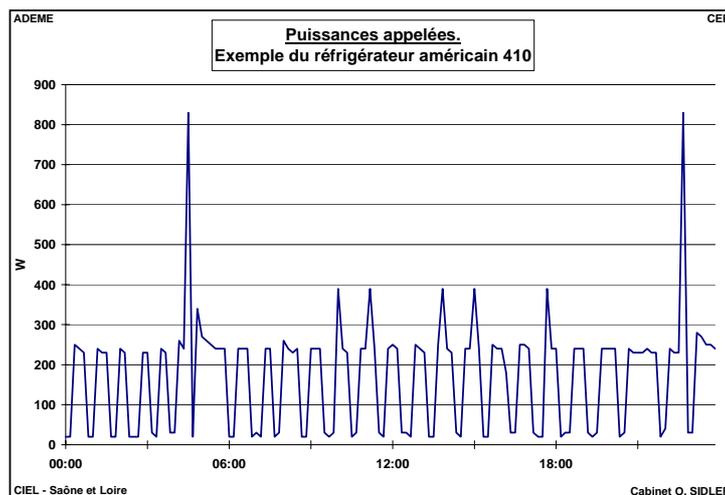
et d'autre part de connaître la consommation et le fonctionnement des appareils apparus depuis les premières campagnes de mesure (informatique domestique, audiovisuel et loisirs).

Ce qui suit fait une synthèse de tous ces éléments.

### **2-1-1 Principales caractéristiques techniques du parc d'appareils électroménagers**

La campagne Ciel a permis, pour chaque type d'appareil, d'étudier :

#### **2.1.1.1 La puissance appelée**



**Figure 2.1 : Puissance appelée au cours d'une journée par un réfrigérateur américain**

La figure 2.1 caractérise un réfrigérateur américain. Elle fait apparaître deux pics journaliers séparés de 12 h correspondant aux résistances chauffantes assurant le dégivrage des évaporateurs, nécessaire pour maintenir leur rendement. Mais en 20 minutes chaque jour, ces résistances absorbent 80 % de l'énergie quotidienne nécessaire à un réfrigérateur de classe A de 360 litres!

On observe également que la puissance de l'appareil n'est jamais nulle : elle vaut toujours 20 ou 30 W à l'arrêt du compresseur. Ceci est dû à une petite résistance de compensation rendue nécessaire pour assurer le fonctionnement correct de l'appareil.

#### **2.1.1.2 La distribution des consommations annuelles des appareils d'un type**

Elle permet de caractériser le parc d'appareils d'un type, notamment en identifiant les consommations par classe d'un même niveau. La figure 2.2 représente le cas des réfrigérateurs. On observe qu'en 1995/1996, la classe dominante était celle constituée par les appareils consommant 0,9 kWh/j et que 43 % des appareils consommaient moins d'un kWh/j.

Mais depuis, les performances se sont considérablement améliorées sous l'impulsion des réglementations européennes qui ont fixé un niveau minimal de performance. La figure 2.3 fait apparaître que la consommation moyenne des réfrigérateurs est passé de 370 kWh/an en 1995 à 253 en 2007. Seuls 12 % des appareils (contre 57 % avant) consomment plus d'un kWh/j.

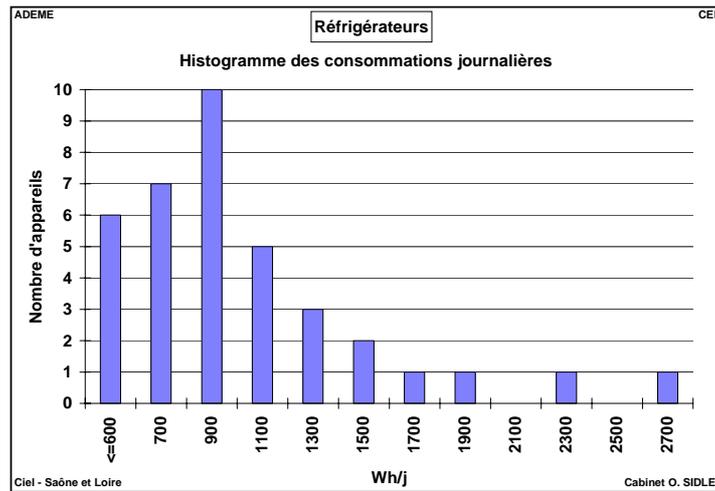


Figure 2.2 : Histogramme des consommations journalières moyennes des réfrigérateurs en 1995

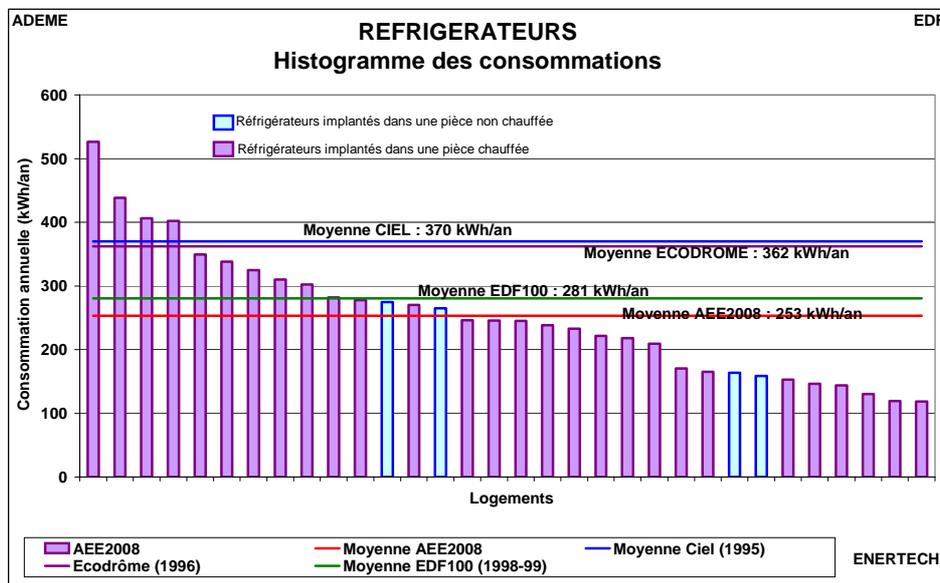


Figure 2.3 : Histogramme des consommations annuelles des réfrigérateurs en 2007

### 2.1.1.3 La courbe de charge horaire

C'est la consommation moyenne, pour chaque heure de la journée, de l'ensemble des appareils d'un type. Ce type de courbe permet de savoir comment sont utilisés les appareils au cours de la journée. La figure 2.4 représente le cas du magnétoscope.

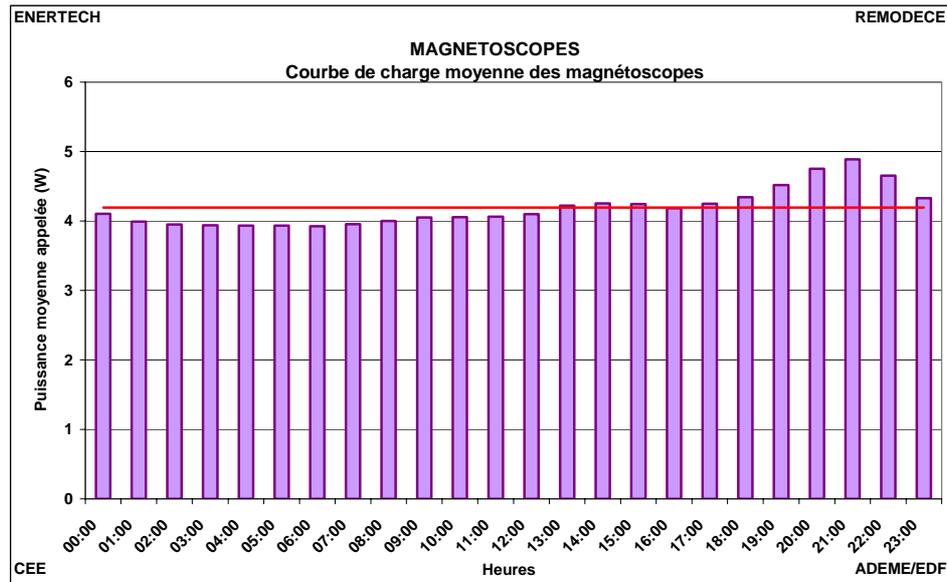


Figure 2.4 : Puissance horaire moyenne pour les magnétoscopes au cours d'une journée en 2007

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, *a priori*, le magnétoscope n'est pas regardé 24 h/24. En réalité il est utilisé majoritairement le soir vers 22 h, et tout le reste de la journée il est à l'arrêt (le niveau à 4 h du matin est un bon indicateur des consommations à l'arrêt des appareils). Un magnétoscope absorbe encore aujourd'hui, en moyenne, près de 92 % de son énergie à l'arrêt!

#### 2.1.1.4 Les variations saisonnières des consommations

La consommation de nombreux appareils est très saisonnière. La connaissance de cette saisonnalité est importante pour :

- mieux gérer la prévision de la charge (c'est le rôle des producteurs d'énergie),
- annualiser des mesures faites sur une partie seulement de l'année. Ce sera possible grâce aux coefficients de saisonnalité mensuels qui ont été déterminés (voir référence [2]).

Les figures 2.5 à 2.7 représentent la variation mensuelle de consommation de trois usages.

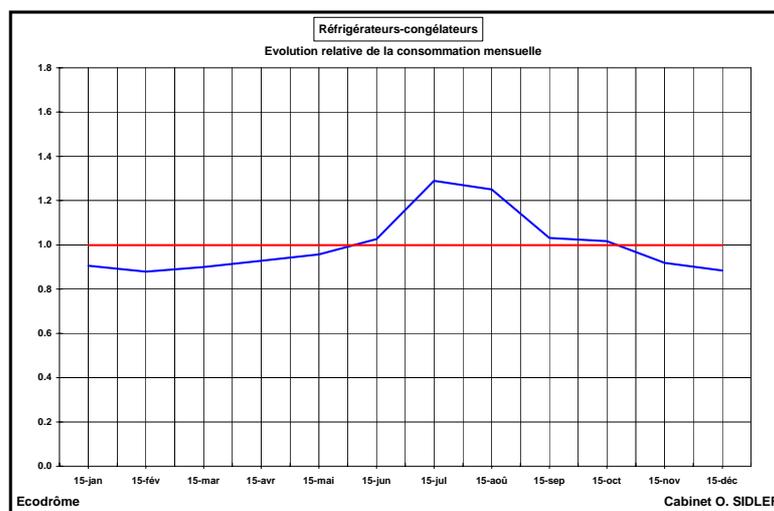


Figure 2.5 : Evolution de la consommation mensuelle des réfrigérateurs-congérateurs (1996)

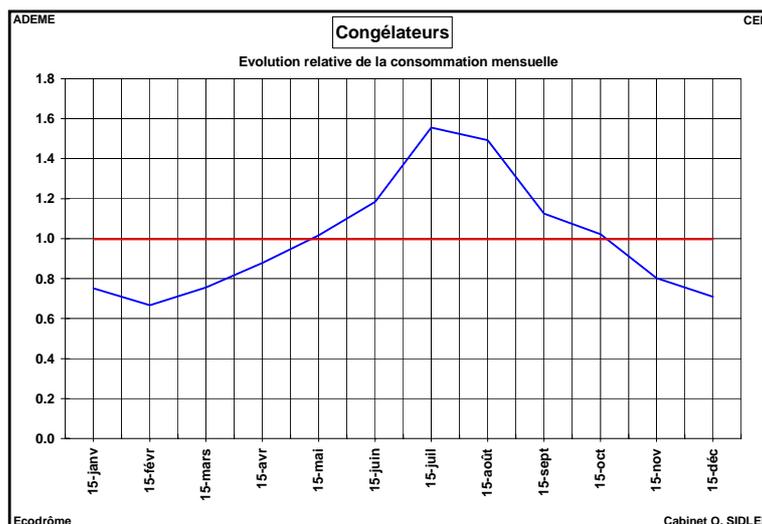


Figure 2.6 : Evolution de la consommation mensuelle des congélateurs (1996)

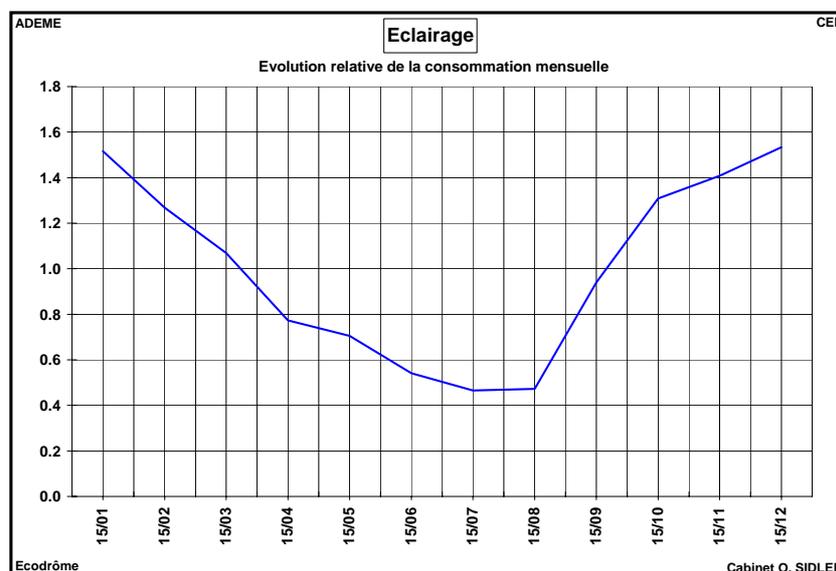


Figure 2.7 : Evolution de la consommation mensuelle de l'éclairage

Pour les réfrigérateurs-congélateurs (figure 2.5), il y a peu de variations de la consommation entre octobre et mai car la température intérieure est stabilisée par le chauffage, ce qui n'est plus le cas en été. Pour les congélateurs (figure 2.6), toujours placés dans des locaux non chauffés, la consommation entre été et hiver peut varier dans un rapport de 1 à 2,4.

Le cas de l'éclairage (figure 2.7) n'est pas surprenant : la saisonnalité est évidemment liée à l'évolution de la durée du jour.

**2.1.1.5 Les cycles**

Le tableau de la figure 2.8 regroupe par exemple les principales caractéristiques des cycles de lave-linge tels qu'ils apparaissaient dans les années 90.

	<b>Tous cycles confondus</b>	<b>chauds (&gt;=30°C)</b>	<b>froids</b>	<b>30/40°C</b>	<b>60°C</b>	<b>90°C</b>
<b>Nombre de cycles étudiés</b>	1832	1403	429	974	340	89
<b>Répartition des cycles chauds (%)</b>		100		69,5	24,2	6,3
<b>Conso. moyenne par cycle (Wh)</b>	695	<b>875</b>	105	619	1298	2065
<b>Durée moyenne (minutes)</b>	74,3	86,3	34,6	77,0	101,9	129,3

**Figure 2.8 : Caractéristiques principales des différents cycles et consommations des lave-linge en 1995**

La consommation moyenne de tous les cycles chauds étaient de 875 Wh. Elle n'est plus aujourd'hui que de 648 Wh. En quinze ans les cycles à température fixe ont disparu. Aujourd'hui chacun peut régler la température qu'il désire. Le nombre hebdomadaire de cycles est passé de 4,95 à 4,64.

On observe que l'essentiel des usages est constitué de cycles à basse température et minoritairement de cycles très chauds (à 90 °C). La figure 2.9 montre la structure de la consommation d'un cycle de lavage en fonction de sa température (2007) :

	30-40°C	60°C	90°C
Chauffage de l'eau/prélavage	78%	87%	95%
Lavage	15%	9%	3%
Essorage	7%	4%	2%

**Figure 2.9 : Structure de la consommation d'un cycle de lave linge en fonction de sa température en 2007**

On déduit de ces informations qu'environ 80 à 85 % de l'énergie utilisée annuellement par un lave-linge est de l'énergie thermique qui pourrait être fournie par n'importe quelle autre source que l'électricité. La consommation des seuls moteurs d'un lave-linge est de l'ordre de 30 kWh/an sur les 169 kWh/an consommés au total par l'appareil en 2007.

**2.1.1.6 L'évolution de la consommation en fonction de l'âge des appareils.**

La figure 2.10 représente par exemple la consommation d'un réfrigérateur de classe A au cours du temps (cet appareil est instrumenté depuis 12 ans). On n'observe pas de changement majeur. Ceci tend donc à prouver que, contrairement à ce que l'on lit fréquemment, la consommation d'un appareil de froid est très stable dans le temps et ne se dégrade pas rapidement. Le jour où le joint sera détruit, alors on observera peut-être une hausse de consommation.

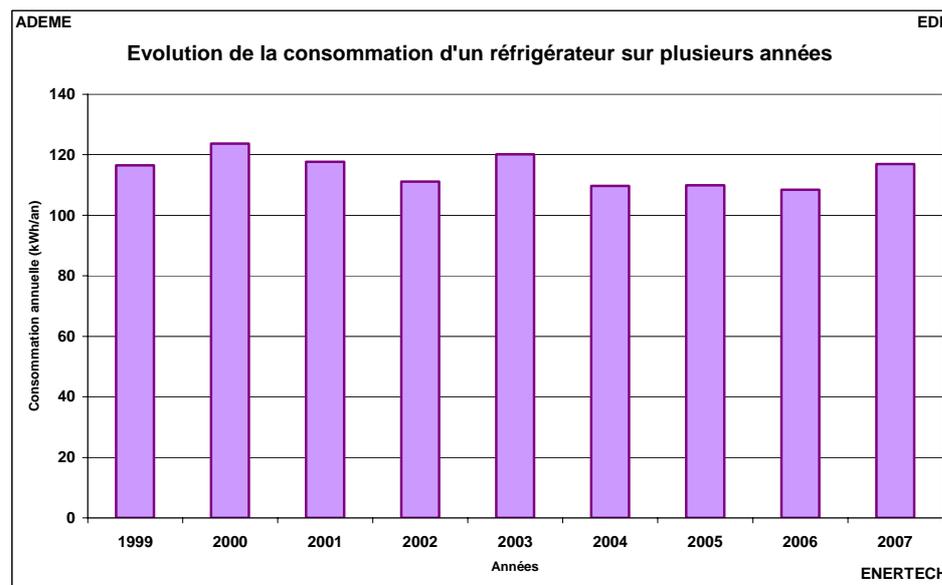


Figure 2.10 : Evolution de la consommation d'un réfrigérateur de classe A pendant 9 ans

### 2-1-2 Hiérarchisation des niveaux de consommation

La figure 2.11 représente la hiérarchisation des appareils en fonction de leur consommation annuelle.

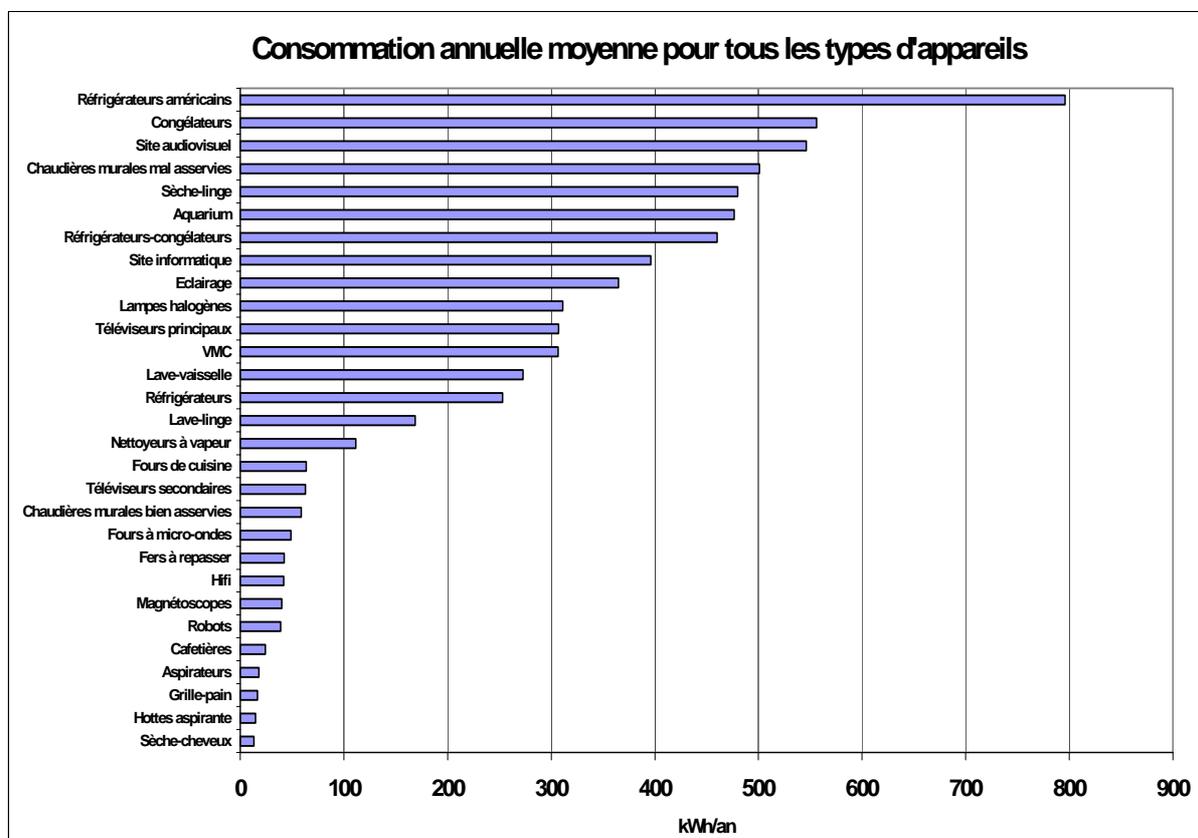


Figure 2.11: Consommations annuelles moyennes par type d'appareil en 2008

Le premier poste de consommation spécifique d'électricité d'un logement est toujours **la production de froid ménager** (en moyenne 796 kWh/an pour un réfrigérateur américain, 556 kWh/an pour un congélateur et 253 kWh/an pour un réfrigérateur) composée en moyenne de 1,5 appareils/logement. Sa consommation s'élève en 2007 à **636 kWh/an/logt**, ce qui représente presque un quart de la consommation totale du logement. C'est une réduction de plus de 35% par rapport aux années 90. On a aussi montré que la consommation des appareils de froid était directement liée à la température ambiante dans les locaux, et qu'il valait donc mieux mettre les congélateurs dans des locaux non chauffés (c'est une évidence).

Vient en second, avec **546 kWh/an, le site audiovisuel** (c'est à dire les TV, HiFi et l'ensemble des périphériques associés) avec environ 20 % ainsi que **les sèche-linge (480 kWh/an)**, puis le site informatique (ordinateur, périphériques et boîtiers divers) qui atteint **396 kWh/an**, l'éclairage avec **365 kWh/an** (100 kWh/an de moins qu'en 1995), la consommation électrique des **chaudières murales** et celle de la **VMC simple flux individuelle** (plus de 300 kWh/an). Lave-vaisselle, lave-linge, viennent bien après. Enfin, les appareils considérés comme les plus consommateurs dans l'esprit des utilisateurs (fers à repasser, grille pain, etc) sont situés en fin de classement.

### **2-1-3 La mise en évidence de consommations insoupçonnées**

#### **2.1.3.1 La consommation des circulateurs de chaudière individuelle**

L'une des premières consommations « insoupçonnées » a été révélée par la campagne **Ciel** : c'est la consommation très élevée de certaines chaudières individuelles à combustible. Toutes les chaudières, rappelons le, disposent d'une alimentation électrique. Les mesures ont révélé que le circulateur de la plupart de ces chaudières étaient improprement asservi et consommait beaucoup trop. Le classement de la figure 2.11 fait apparaître que la consommation de chaudières murales à gaz identiques (ou de toute autre type de chaudières individuelles) peut aller de 59 à 501 kWh/an. Dans un cas le circulateur est asservi au thermostat d'ambiance, alors que dans l'autre cas il tourne 24h/24 tout l'hiver, voire toute l'année (et la consommation peut alors atteindre 700 kWh/an). Tous les constructeurs livrent pourtant des matériels comportant sur le bornier les deux types d'asservissement. Mais aucun bet ne prescrit l'asservissement du circulateur au thermostat d'ambiance, et les installateurs ne sont pas sensibilisés à ce problème....

#### **2.1.3.2 La consommation des aquariums**

Certes anecdotique la consommation des aquariums peut être très importante. Mais elle ne concerne que les aquariums pour poissons exotiques, avec éclairage, générateur de bulles d'air, et surtout chauffage de l'eau qui doit être maintenue à 27°C. Ce type d'aquarium, pour les volumes couramment rencontrés, peut consommer entre 600 et 1000 kWh/an. Il est donc préférable d'être prévenu lorsqu'on se porte acquéreur de ce type de mobilier intérieur !

**2.1.3.3 Les consommations de veille**

Le cas des appareils en *veille* est un des plus étonnant. Bien qu'à l'arrêt, ils consomment ! De très nombreux appareils sont concernés par ce phénomène, comme en témoigne le tableau de la figure 2.12 (voir annexe du rapport en ref. [5]).

Appareils	Conso. moy. annuelle de veille par appareil du parc (kWh/an)	Conso. moy. annuelle de veille pour les appareils ayant une veille (kWh/an)	Puissance de veille (W)
Téléviseurs CRT	8,7	14	3,1
Téléviseurs LCD	8,1	8,5	1,8
Téléviseurs plasma	3,5	5,6	1,6
Rétroprojecteurs	184	184	37,5
Vidéoprojecteurs	45	90	6
Démodulateurs	17	29	6,4
Magnétoscopes	33	39	4,9
Lecteurs DVD	11	15	2,4
Lecteurs/ enregistreur DVD	25	25	3,8
Chaînes Hi-Fi compactes	28	36	4,7
Homes-cinemas	14	19	2,7
Lecteurs CD	21	26	2,8
Lecteurs de disque	2,3	2,3	0,7
Lecteurs de cassette	6,3	9,4	1,1
Tuners	13,1	24	3,1
Amplificateurs audio	2,6	6,5	1,2
Amplificateurs audio haut de gamme	431	431	50
Chaînes portables	11	14	1,9
Combinés magnétoscope/DVD	28	28	3,8
Disques durs/DVD	33	39	4,5
Homes-Cinemas/DVD	12	12	2
Jeux vidéo	7,8	9,1	1,5
Unités centrales principales	13,3	15,6	3,2
Ecrans CRT principaux	9,3	11,3	3,2
Ecrans LCD principaux	4	4,3	1
Ordinateurs portables principaux	11,1	12	2,1
Unités centrales secondaires	12,3	16,7	3,1
Ecrans CRT secondaires	3,9	4,5	4
Ecrans LCD secondaires	4,4	8,8	1
Ordinateurs portables secondaires	6,1	7,6	1,6
Imprimantes jet d'encre	9,6	12,8	2,2
Imprimantes laser	8,9	8,9	7,4
Transmetteurs d'images		57	6,5
Répartiteurs de prises périmentel		37	4,2
Amplificateurs d'antenne		10	1,1
Chargeurs		4	0,5
Radio-réveils		15	1,7
Chargeur de taille bordure sans fil		66	7,5
Agrafeuse électrique		23	2,6
Insecticide électrique		49	5,6
Micro-onde		19	2,2
Mini fours		16	1,9
Minitels		29	3,3
Fours		29	3,3
Plaques vitrocéramiques		34	3,9
Téléphone-fax		39	4
Téléphone-répondeur		31	3,5
Lampes s'allumant au toucher		7	0,8
Répondeurs		19	2,2
Halogènes avec variateur		3	0,4
Chargeurs d'aspirateur sans fil		25	2,8
Stations météo		8	0,9
Téléphones sans fil		20	2,3

**Figure 2.12 : Consommations de veille mesurées des principaux appareils domestiques. Etat des lieux en 2008**

L'ensemble audiovisuel est encore plus symptomatique : il regroupe la TV, le magnétoscope, Canal +, le démodulateur d'antenne parabolique et la HiFi. A l'arrêt, cet ensemble peut consommer jusqu'à 864 kWh/an (voir figure 2.13), sans, *a priori*, rendre service. Dans les faits, il est rare d'avoir acheté tous les plus mauvais appareils du marché. La consommation maximale de veille mesurée sur un échantillon de cent logements est de 641 kWh/an.

Appareils	Veille (W) min/max	Temps de veille quotidien (h)	Conso annuelle (kWh/an)
TV	1 à 22	18	7 à 145
Magnétoscope	1 à 30	23	8 à 252
Amplificateur antenne indiv.	1 à 4	18	8 à 26
Décodeur Canal +	9 à 16	22	72 à 128
Démodulateur antenne satellite	5 à 17	18	33 à 112
Chaîne HiFi	1 à 24	23	8 à 201
<b>Total</b>			<b>136 à 864</b>

*Figure 2.13 : Veilles de l'ensemble audiovisuel.*

Les veilles constituent un phénomène réellement inquiétant car il n'existe plus aucun appareil qui y échappe. L'étude en référence [6] date de 2000 et repose sur l'observation de 1280 appareils parmi lesquels on a recensé 68 types comportant une veille. En moyenne sur les 178 logements analysés de 1997 à 1999, les veilles effectives absorbaient 235 kWh/an/logement. Dans une récente étude sur 50 logements sociaux à Montreuil (voir réf. [7]), cette valeur a été portée à 313 kWh/an avec un record de 1025 kWh/an dans un logement où la puissance de veille était de 117 W. Même la plaque de cuisson à induction (voir réf. [8]), réputée pour être économique, possédait une veille de 18 W sur le matériel de la première génération puis de 8 W sur la seconde génération. A l'arrêt, ces veilles effaçaient totalement les économies réalisées au moment de la cuisson (depuis, le constructeur alerté par ces mesures, a produit une table « 1 W », prouvant ainsi, contrairement à ce que de nombreux industriels affirment, qu'il n'existait pas de difficulté technologique pour y parvenir).

Une étude encore plus récente (voir réf. [9]) conduite sur 400 logements en Europe, a permis la mise en œuvre d'une technique de mesure globale des veilles. Il apparaît que la puissance de veille est encore beaucoup plus élevée qu'on ne l'imaginait. Elle est en moyenne de 46 W au Portugal, 50 W en Grèce, 57 W en Italie et 60 W au Danemark. Pour ces quatre pays la consommation annuelle moyenne des appareils en veille est de 439 kWh/an.

On estime aujourd'hui qu'en France, la consommation moyenne de veille est de 500 kWh/logt/an, soit environ 11 TWh à l'échelle nationale, c'est à dire sensiblement la production de deux tranches nucléaires.

Toutefois, après une décennie d'attente inutile, le Parlement Européen s'est enfin décidé en Juillet 2008 à rendre obligatoire la seule mesure adaptée à la situation : imposer un standard interdisant toute veille de plus de 1W à partir de 2010, et de plus de 0,5 W à partir de 2013. A terme, et en fonction des progrès technologique, c'est 0 W qui est visé.

#### **2-1-4 Spécificités et principaux enseignements pour l'éclairage ménager**

L'éclairage joue un rôle tout à fait à part dans la consommation des ménages. C'est un domaine où la technologie évolue vite, et qui fait partie de l'aménagement du logement un

peu au même titre que l'ameublement. Il était donc intéressant de porter un regard particulier sur ce poste jusque là très méconnu. Cela a été possible grâce à la campagne en référence [3]

Il y a en France (2003) en moyenne brute 28,3 lampes/logement réparties sur 18,9 luminaires. Par luminaire il faut entendre un dispositif d'éclairage pouvant être constitué d'une ou de plusieurs sources lumineuses. Les lampes incandescentes sont toujours majoritaires, mais on constate un développement rapide des halogènes basse tension et des lampes fluocompactes ou LFC (fig. 2.14). La répartition de ces ampoules par type de pièces fait apparaître davantage de tubes fluorescents pour le garage ou la cuisine, ou encore d'halogènes basse tension pour la salle de bain ou la cuisine, les lampes fluocompactes étant utilisées indistinctement dans toutes les pièces (fig. 2.15).

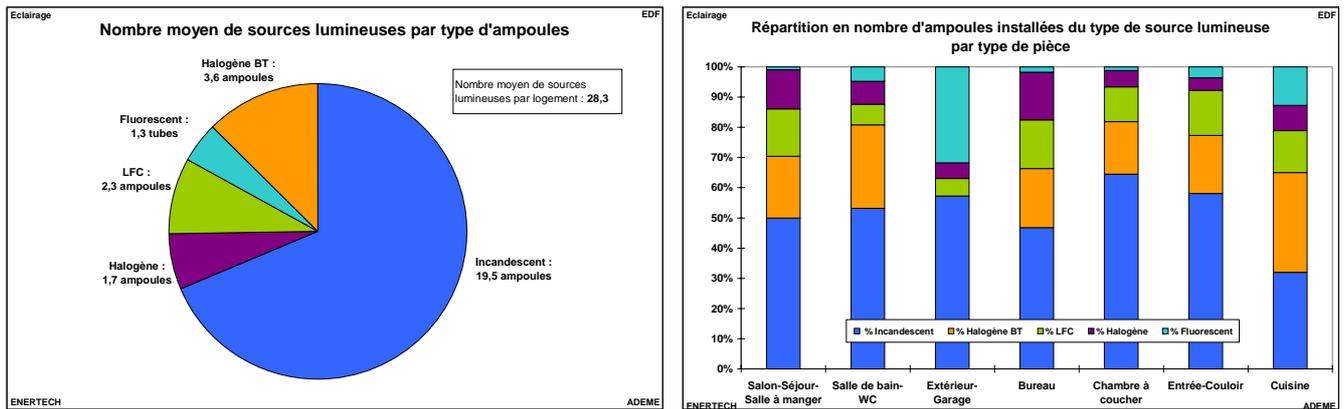


Figure 2.14 : Nombre moyen de sources lumineuses par type Figure 2.15 : Nombre de sources par type et par pièce

La puissance moyenne installée par logement est de 1578 W (fig. 2.16), ou 1389 W après correction par la surface, ce qui représente 15W/m<sup>2</sup>. C'est dans le salon que la puissance installée est la plus importante, puis dans la salle de bain et en extérieur (fig. 2.17).

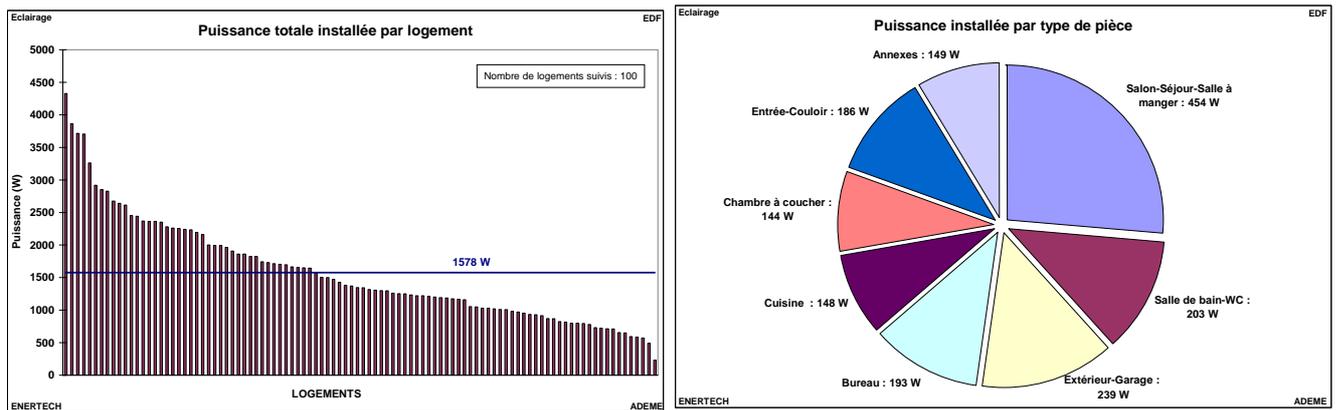


Figure 2.16 : Puissance installée par logement de l'échantillon

Figure 2.17 : Puissance installée par pièce

La consommation annuelle mesurée par logement est de 365 kWh/an après correction. Ceci correspond à 145 kWh/personne/an ou 3,7 kWh/m<sup>2</sup>/an.

La durée annuelle d'allumage par logement est de 2426 heures. Il s'agit du temps pendant lequel au moins un luminaire est allumé dans le logement.

La précision à la seconde des mesureurs utilisés a permis d'analyser en détail les cycles d'allumages des foyers lumineux. Seuls 15 % des luminaires ont moins d'un allumage par heure de fonctionnement (fig. 2.18), donc que 85 % des luminaires ont des cycles d'allumage d'une durée moyenne inférieure à une heure. La figure 2.19 représente la courbe des fréquences cumulées du nombre d'allumages par heure de fonctionnement. Ces données sont importantes pour estimer la durée de vie des ampoules en fonction du nombre d'allumages qu'elles peuvent supporter.

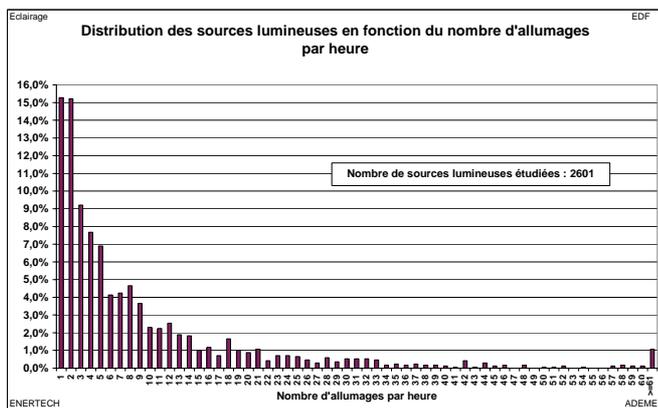


Figure 2.18 : Distribution en fonction du nombre d'allumages

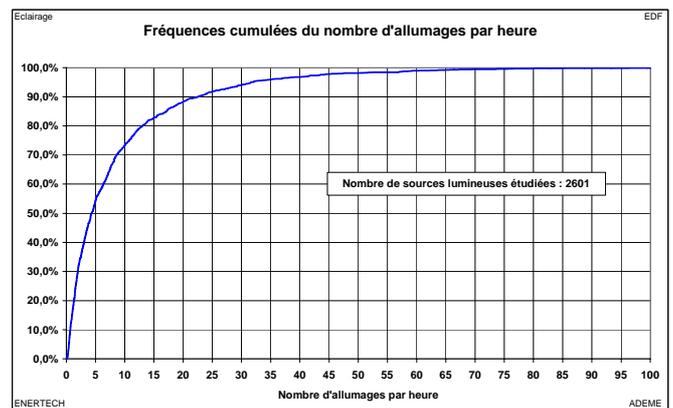


Figure 2.19 : Fréquences cumulées du nombre d'allumage par heure de fonctionnement

La figure 2.19 permet de conclure que, pour que 90 % des ampoules fluocompactes d'un échantillon donné puissent atteindre la durée de vie indiquée sur l'emballage (12000 h par exemple), il faut que ces ampoules acceptent *a minima* un nombre d'allumages qui soit de 20/heure de fonctionnement, soit dans l'exemple précédent de...240.000 ! Ainsi, en réduisant le nombre d'allumages que peuvent supporter leurs ampoules, certains fabricants de LFC reprennent d'une main ce qu'ils ont donné de l'autre avec l'allongement de la durée de vie....

La puissance moyenne de 100W pour l'ensemble de l'éclairage d'un logement est atteinte ou dépassée pendant 16,9% de l'année, soit 1480 h/an, ce qui représente un peu plus de quatre heures par jour (fig. 2.20).

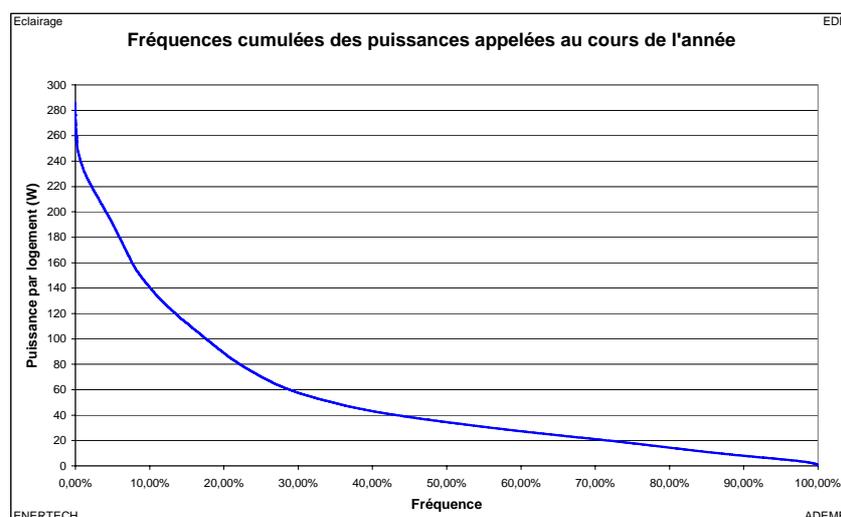


Figure 2.20 : Fréquences cumulées des puissances appelées au cours de l'année

**Chapitre 2 : Les usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel**

Les deux tableaux qui suivent rappellent les principales valeurs caractéristiques de l'éclairage établies dans cette campagne de mesure.

<b>Part des sources dans la puissance installée (%)</b>	Incandescence	64
	Halogène 230V	24
	Halogène BT	7
	LFC	2
	Fluo.	3
<b>Part des logements équipés pour chaque type de source (%)</b>	Incandescence	100
	Halogène 230V	55
	Halogène BT	46
	LFC	52
	Fluo.	49
<b>Nombre moyen de sources par logement (lampes/log.)</b>	Incandescence	19,5
	Halogène 230V	1,7
	Halogène BT	3,6
	LFC	2,3
	Fluo.	1,3
<b>Puissance moyenne installée par logement et par source (W/log.)</b>	Incandescence	893
	Halogène 230V	331
	Halogène BT	94
	LFC	35
	Fluo.	31
<b>Puissance moyenne installée par m<sup>2</sup> et par source (W/m<sup>2</sup>)</b>	Incandescence	9,8
	Halogène 230V	3,5
	Halogène BT	1,1
	LFC	0,3
	Fluo.	0,35

**Figure 2.21 : Caractéristiques des sources lumineuses installées (2003)**

Consommation annuelle moyenne par logement (kWh/an/log.)	365
Consommation annuelle moyenne par habitant (kWh/an/hab.)	145
Consommation annuelle moyenne par m <sup>2</sup> (kWh/an/m <sup>2</sup> )	3,68
Puissance moyenne installée par logement (W)	1384
Nombre moyen de sources lumineuses par logement	28,3
Nombre moyen de lampes par m <sup>2</sup> (lampes/m <sup>2</sup> )	0,26
Puissance moyenne installée par m <sup>2</sup> (W/m <sup>2</sup> )	15
Durée annuelle moyenne de fonctionnement par logement (heures/an)	2426
Part de la consommation d'éclairage pendant les heures de jour (%)	28

**Figure 2.22 : Caractéristiques générales de l'éclairage des logements (2003)**

A noter que la consommation d'électricité due à l'éclairage s'effectue pour 28% pendant les périodes de jour (c'est à dire pendant que le soleil est levé). Il s'agit essentiellement des usages borgnes (couloirs, salles de bains, WC, etc).

### 2-1-5 Structure de la courbe de charge

Le projet *Ecodrôme* (réf. [2]) a fourni les premiers suivis de consommation en France sur une année complète. On a ainsi pu reconstituer la structure de la courbe de charge, pour les seules consommations électrodomestiques bien sûr. Pour des raisons d'ordre méthodologique, tous les logements choisis dans l'échantillon ne comportaient aucun usage thermique de l'électricité, hormis de façon ponctuelle. Par voie de conséquence, tous les systèmes de chauffage fonctionnaient avec des chaudières murales alimentées en gaz ou en propane.

La structure de la charge des usages spécifiques de l'électricité a été étudiée en fonction de l'heure du jour et du mois de l'année.

La figure 2.23 représente l'évolution mensuelle de cette structure pour l'heure de pointe du soir (19-20 h).

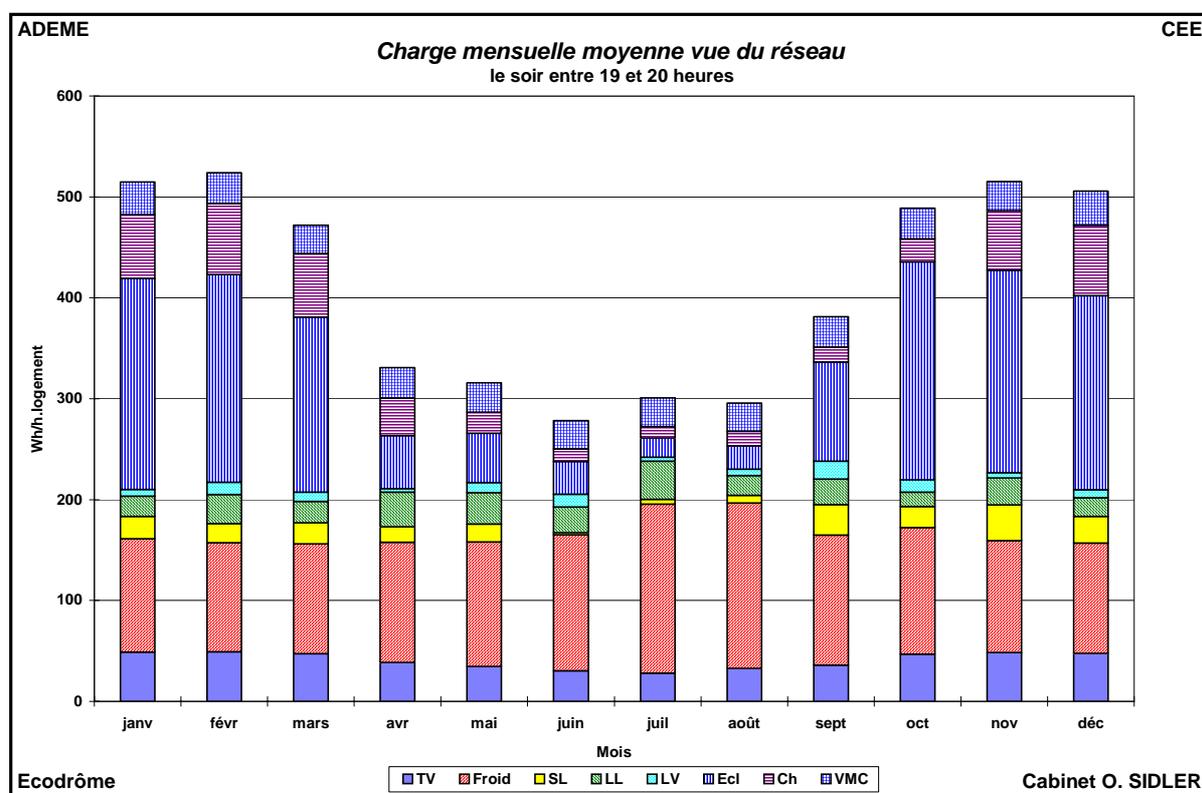


Figure 2.23 : Charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures (1995).

On remarque notamment que :

- en hiver, trois postes seulement représentent les trois quarts de la charge. Ce sont, l'éclairage pour 40 %, le froid pour 22 % et l'alimentation électrique des chaudières individuelles pour 12 %. Rappelons que dans le panel observé, l'éclairage des logements est assuré par des lampes à incandescence et quelques halogènes,

- en été, le froid représente 54 % de la charge, les lave-linge 12 %, les téléviseurs et la VMC 9 % chacun, soit 85 % pour ces quatre postes.

Cinq éléments retiennent l'attention à l'analyse de ces courbes de charge (dans ce qui suit on a corrigé les valeurs précédentes en supposant que la charge mesurée et représentée dans les graphiques n'est que 80 % de la charge globale, faute d'avoir absolument tout suivi) :

- \* la part de l'éclairage dans la pointe du soir en hiver : 32 % de l'ensemble des usages spécifiques pour les seuls circuits lumière, soit plus de 40 % pour l'ensemble des foyers lumineux,

- \* la part du froid tout au long de l'année, puisqu'il représente plus de 40 % de la charge en été à toute heure du jour, et entre 16 et 20 % l'hiver,

- \* le rôle important de l'alimentation électrique des chaudières murales dans la charge hivernale (10 % dans la pointe de 20 h),

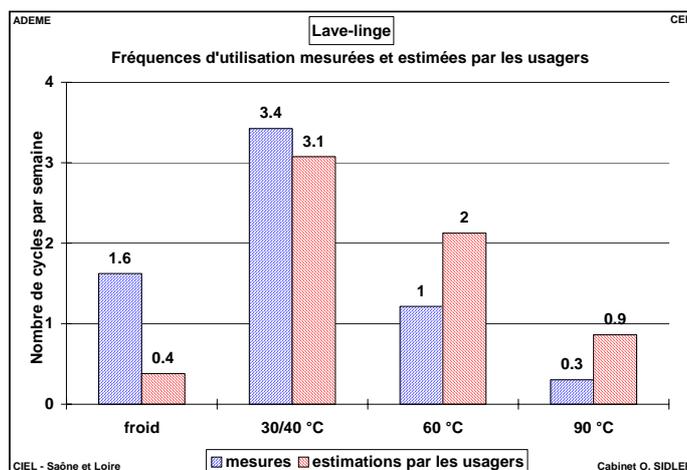
- \* le rôle potentiel très important et assez néfaste que pourrait jouer demain les sèche-linge si leur développement continuait au rythme actuel.

- \* la part importante (de l'ordre de 15 %) occupée par les lave-linge dans la charge matinale en toute saison.

Il sera intéressant de voir (§ 2.3.1.1) comment l'usage des appareils performants a modifié la structure de cette charge. Car en effet, 75 à 80 % des puissances appelées à 20 h concernent des usages pour lesquelles des solutions performantes existent.

### 2-1-6 La confrontation des valeurs estimées et mesurées

En marge de la campagne Ciel (réf. [1]) on a pu comparer les consommations annuelles auxquelles conduisaient les estimations sur la fréquence d'utilisation des appareils, fournies par les occupants, avec la consommation réelle (fig. 2.24 et 2.25). Les estimations conduisent dans tous les cas à des valeurs erronées. Pour les lave-linge par exemple cette erreur est de 44 %. Il en résulte que la méthode d'évaluation des consommations à partir d'estimations est trop peu fiable et doit être remplacée par des campagnes de mesures. Cette idée, difficile à admettre en 1995, est désormais acceptée par tous. Il reste à préciser la représentativité des mesures faites sur un échantillon de 100 logements dans un pays comportant 26,5 millions de ménages : l'écart avec lequel on approche la valeur exacte est inférieure à 5%. C'est bien suffisant pour comprendre et traiter la plupart des problèmes que nous avons à traiter à l'échelle macroscopique. C'est en tout cas infiniment plus précis que les approches par enquêtes.



**Figure 2.24 : Comparaison des fréquences de lavage du linge mesurées et estimées par les usagers**

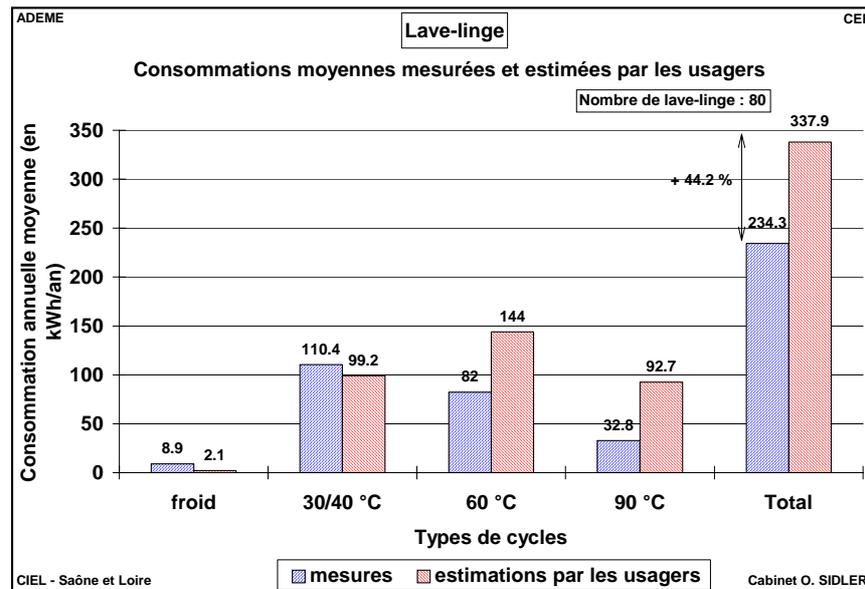


Figure 2.25 : Comparaison des consommations estimées et mesurées des lave-linge

## 2-2 Les évolutions récentes du parc

### 2-2-1 L'amélioration des performances de certains appareils

Depuis dix ans, on a assisté d'une part à l'amélioration d'un certain nombre d'appareils sous la pression de la Commission Européenne, et d'autre part à l'apparition de nouveaux appareils créant de nouvelles consommations. Les campagnes de mesure en références [4] (bilan de l'amélioration des appareils anciens) et [5] (évaluation des nouveaux appareils) décrivent en détail ces transformations. En voici l'essentiel.

#### 2.2.1.1 Les appareils de froid

1 - Globalement la consommation du poste froid des ménages a baissé de 40 % depuis 1995, et de 16 % depuis 1999.

2 - La consommation moyenne des réfrigérateurs s'établit aujourd'hui à 253 kWh/an, soit une réduction de 32 % par rapport à 1995, et de 10 % depuis 1999. Mais à peu près dans le même temps, le volume moyen des appareils est passé de 193 litres à 286 litres, soit une hausse de 48%.

3 - La consommation moyenne des réfrigérateurs congélateurs est désormais de 460 kWh/an, ce qui constitue une baisse de 36% depuis 1995 et de 18% par rapport à 1999. Mais sur les douze dernières années, le volume des compartiments de réfrigération a augmenté de 13% et celui des compartiments de congélation de 24 %. On observe aussi la disparition quasiment systématique des veilles qui étaient pourtant généralisées sur ces appareils en 1995.

4 - Quarante cinq congélateurs ont été instrumentés, ce qui accrédite les résultats obtenus. Pourtant, ceux-ci sont surprenants : la consommation des congélateurs est aujourd'hui de 556 kWh/an, c'est à dire 10 % de moins que les consommations observées en 1995, mais 10 % de plus que celles observées en 1999 ! Il n'y aurait donc aucune amélioration nette sur la

consommation de cet usage. Pourtant on observe bien une amélioration des classes énergétiques des appareils les plus récents, mais on note en même temps une augmentation de 32 % des volumes sur les douze dernières années. Enfin, comme pour les réfrigérateurs, le suivi de mesure sur dix ans d'un appareil de classe A a permis de montrer qu'il n'y avait pas d'augmentation de la consommation au cours du temps.

5 - Les réfrigérateurs américains restent des appareils peu répandus, et heureusement. Leur consommation est désormais de 796 kWh/an, ce qui est encore très élevé mais constitue un réel progrès par rapport à 1995 où leur consommation était de 1640 kWh/an (- 52 %).

### *2.2.1.2 Les lave-linge*

La consommation des lave-linge est maintenant de 169 kWh/an, contre 235 il y a quelques années. C'est une baisse de 28 % par rapport aux consommations observées dans la période 1995-1999 (pendant laquelle les consommations n'ont pas évolué). Le nombre moyen de cycles chauds a légèrement diminué en 13 ans, passant de 4,95 à 4,64 cycles/semaines. La consommation moyenne des cycles (tous cycles chauds confondus) est en revanche passée de 875 Wh à 648 Wh, soit une réduction de 26 %. La consommation annuelle par personne est passée en 13 ans de 72 à 63 kWh (-12,5 %). Enfin, malgré la présence de veilles juste avant et juste après chaque cycle, le poids de celles-ci est négligeable dans le bilan annuel.

On pourrait penser que le lave linge est vraiment l'appareil le plus vertueux qui soit ! Il progresse partout sans qu'on assiste à un quelconque effet rebond. Ce serait trop beau....

On trouve en effet très curieusement sur le marché depuis 2008 des lave linge de 6 à 9kg. Ce qui surprend puisque nous lavons du linge propre (porté un jour...) dans des machines à moitié vides (il y a en moyenne 2 kg de linge dans un cycle de lavage). Autrement dit, avec ces machines, le taux de remplissage sera encore plus mauvais, et on va consommer plus d'eau et d'énergie par kg de linge ! Pourquoi ?

Parce qu'aujourd'hui l'étiquette Energie (classement de A, B, C, etc) est le second critère d'achat des lave-linge. Comme la classe énergétique est référée au kilo de linge sec, et que la consommation par kg de linge sec diminue avec la taille de la machine, les constructeurs n'ont rien trouvé de mieux qu'offrir de plus grosses machines. Si les utilisateurs les remplissaient avec 9 kg de linge, ce serait parfait. Seulement, ils vont continuer à n'y mettre en moyenne que 2 kg, et en conséquence, la consommation d'électricité pour laver ces deux kg va augmenter avec cette innovation très mal venue, très opportuniste et inutile.

### *2.2.1.3 Les lave vaisselle*

Pour les lave-vaisselle, la situation est plus contrastée : la consommation actuelle est de 273 kWh/an, ce qui correspond à une réduction de 3 % par rapport aux consommations de la période 1995-1999. Pourtant la consommation moyenne par cycle chaud est passée de 1,62 kWh à 1,25 kWh (soit une réduction de 23 %) attestant selon toute vraisemblance d'une amélioration intrinsèque des machines. Mais on observe aussi que la consommation par personne est passée en 13 ans de 71 à 108 kWh/an soit une hausse de 52 %. L'une des explications de ceci est que le nombre hebdomadaire de cycles est passé dans le même temps de 3,1 à 4,1 (+ 32 %). On fait donc plus de lavage avec des machines de moins en moins remplies....

#### **2.2.1.4 L'éclairage**

Le document en référence [3] a permis de connaître très en profondeur à la fois la nature des équipements d'éclairage en place dans les logements, les caractéristiques des sources lumineuses, et les consommations des différents points lumineux, pièce par pièce.

Il a aussi permis de voir que, dès 2004, il y avait déjà 2,26 ampoules fluocompactes par logement, ce qui a conduit à une baisse de 100 kWh/an en moyenne par logement.

#### **2.2.1.5 Conclusions sur les améliorations récentes des appareils ménagers**

Ces observations montrent que la technologie de tous les types d'appareils de froid et de lavage, sans exception, a fait d'importants progrès depuis 10 ans, que les performances intrinsèques de ces appareils se sont beaucoup améliorées, et que les parcs d'appareils ont été transformés en profondeur. On note d'ailleurs pour les appareils de froid, qui ont été les premiers touchés par l'étiquette label Energie, une baisse importante de la consommation du parc entre 1995 et 1999, c'est à dire pendant la période qui a précédé l'arrivée de la première réglementation sur la consommation d'appareils électriques (en l'occurrence celle des appareils de froid). L'intérêt du rôle régulateur de la Commission Européenne n'est donc plus à prouver.

Mais on observe aussi que dans la plupart des cas, hormis les lave linge, cette amélioration ne se répercute pas totalement sur la consommation annuelle des matériels. Et en analysant de près leur fonctionnement, on s'aperçoit que le volume des appareils de froid a beaucoup augmenté (+ 32 % sur les réfrigérateurs, + 24 % sur les congélateurs, constaté sur un même échantillon entre les appareils de plus de dix sept ans d'âge et les appareils les plus récents), ou encore que le nombre de cycles de lave vaisselle a fortement progressé (+ 32 %).

Toutefois, pour les autres usages, hormis le lave linge (mais ce ne sera plus vrai avec les nouveaux modèles), l'économie attendue, celle que l'on calcule "toutes choses égales par ailleurs", n'est pas celle que l'on obtient réellement. On observe un "rabotage" de ces économies dû à des changements de comportement ou au choix de matériels plus grands donc aussi plus consommateurs. Cela s'apparente assez à ce qu'on appelle « l'effet rebond » qui voudrait que, à partir des économies générées par l'efficacité des appareils, les usagers réinvestissent leur gain dans plus de services ce qui génère une consommation supplémentaire et une réduction, voire une annulation, des économies d'énergie.

C'est probablement une des premières fois que l'effet de ce rebond est mesuré. Ces résultats méritent bien sûr d'être confirmés. Et si c'était le cas, il faudrait en tirer les leçons et orienter les campagnes en direction du public vers plus de « sobriété énergétique ». Il ne se fera rien sans le recours massif à cette sobriété énergétique. Or ce qu'on observe ici et que l'on qualifie pudiquement d'accroissement du service n'est rien d'autre qu'un gaspillage un peu douteux à l'heure où le prix de l'énergie s'envole et où les ressources se tarissent. Comment justifier de mettre le lave vaisselle en marche après chaque repas ?

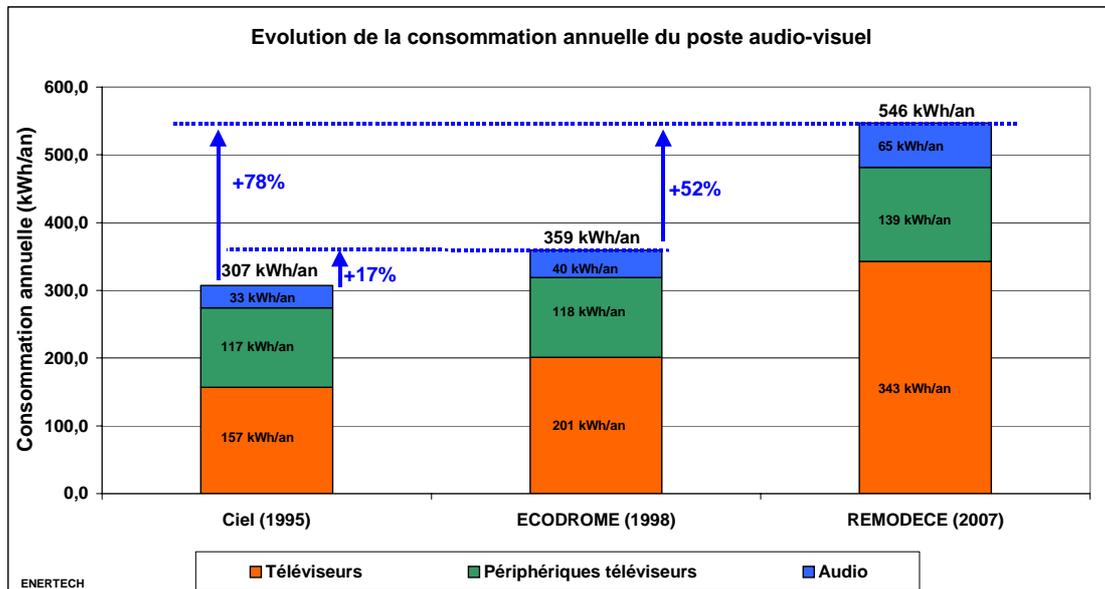
### **2-2-2 L'arrivée de nouveaux appareils**

#### **2.2.2.1 La transformation du site audiovisuel**

##### **A - Le site audiovisuel**

La figure 2.26 présente l'évolution de la consommations du site audiovisuel depuis 12 ans. **La moyenne observée aujourd'hui est de 546 kWh/an, soit 86% de la consommation du poste « froid ménager » ou encore 3,2 fois la consommation moyenne d'un lave-linge.**

Depuis dix ans, la nature des éléments composant le site audiovisuel a fortement évolué. De très nombreux appareils ont fait leur apparition. La consommation est passée de 306 kWh/an en 1995, à 546 aujourd'hui, soit 78 % de plus !

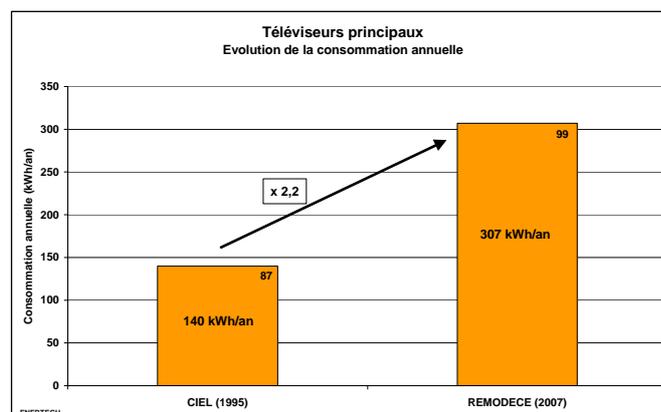


*Figure 2.26 : Evolution de la consommation du site audio-visuel*

La consommation de veille moyenne du site audiovisuel est de **116 kWh/an**. La part des veilles est de **22% de la consommation totale du site audiovisuel**.

### B - Les téléviseurs

La consommation des téléviseurs (principaux et secondaires confondus) a augmenté de 56% entre 1995 et 2008 en passant de **123 kWh/an à 192 kWh/an**. L'augmentation la plus importante est celle des téléviseurs principaux. On passe en effet (fig. 2.27) d'une consommation moyenne de 140 kWh/an à **307 kWh/an**, soit **2,2 fois plus**.



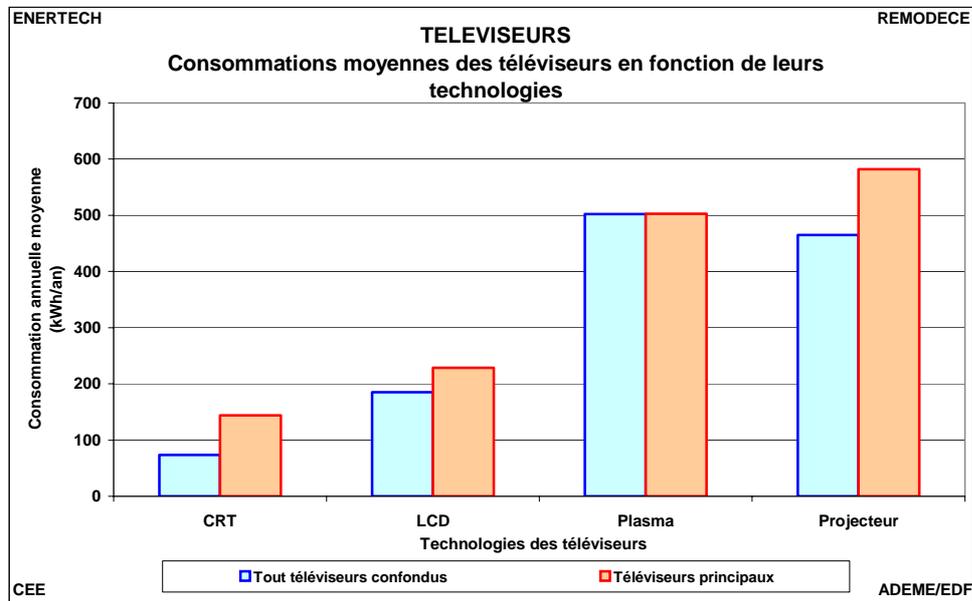
*Figure 2.27 : Evolution de la consommation des téléviseurs principaux*

On peut légitimement se demander quelle est la raison de cette augmentation. Est-ce les durées d'utilisation qui ont augmenté ou les téléviseurs qui sont devenus plus consommateurs ?

En effet, deux technologies ont récemment fait leur apparition : les LCD et le plasma.

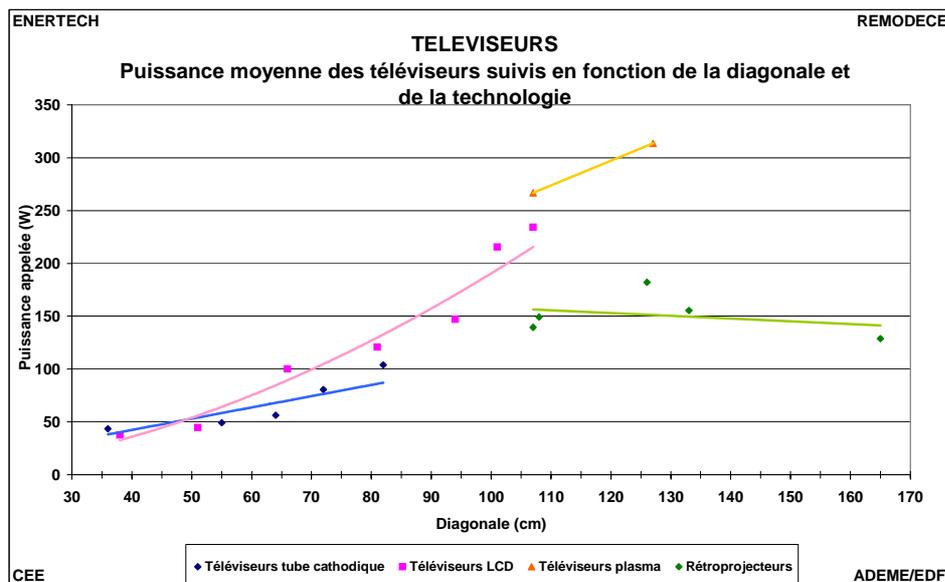
La figure 2.28 représente la consommation annuelle de ces différentes technologies. Le terme « projecteurs » regroupe rétro et vidéoprojecteurs.

Pour les téléviseurs principaux, les téléviseurs LCD et plasma consomment respectivement 1,6 (228 kWh/an) et 3,5 fois (502 kWh/an) plus que les téléviseurs à tube cathodique (144 kWh/an).



*Figure 2.28 : Consommation des téléviseurs par technologie*

La taille des écrans et leur technologie ont un impact majeur sur le niveau de la puissance appelée (fig. 2.29). La technologie plasma présente à la fois les plus grandes diagonales et aussi les plus fortes puissances (313 W en moyenne pour un téléviseur de 127 cm).



*Figure 2.29 : Puissance moyenne des téléviseurs en fonction de leur taille et de leur technologie*

Les principales caractéristiques des téléviseurs figurent dans le tableau de la figure 2.30.

Technologie	Taille moyenne de la diagonale (cm)	Puissance moyenne appelée (W)	Durée journalière de fonctionnement (heures)	Puissance en veille (W)	Consommation (kWh/an)
CRT	70	65	5h31	3,1	144
LCD	79	111	5h54	1,8	228
Plasma	109	272	6h04	1,6	502
Projecteur	118	150	7h46	37,5	Rétroprojecteurs : 590 Vidéo-projecteurs : 153

Figure 2.30 : Principales caractéristiques des différentes technologies de téléviseurs

### C - Les périphériques des téléviseurs

La figure 2.31 représente les consommations moyennes des principaux périphériques audiovisuels. Le nombre d'appareils suivis est indiqué sur chaque barre.

**Les démodulateurs**, présents partout, consomment 84,4 kWh/an, soit la moitié de la consommation annuelle d'un lave-linge ! Les trois quarts des logements sont équipés d'au moins un démodulateur. Il s'agit donc d'une consommation importante.

**Les magnétoscopes** consomment aujourd'hui **40,2 kWh/an**. Il s'agit là d'un énorme progrès car on a divisé la consommation de cet appareil par 3 depuis la précédente campagne de mesure (1995).

Les **lecteurs de DVD**, qui remplacent les magnétoscopes, consomment **19 kWh/an** soit plus de 2 fois moins que les magnétoscopes. Mais attention car les **lecteurs-enregistreurs de DVD** consomment **32 kWh/an**.

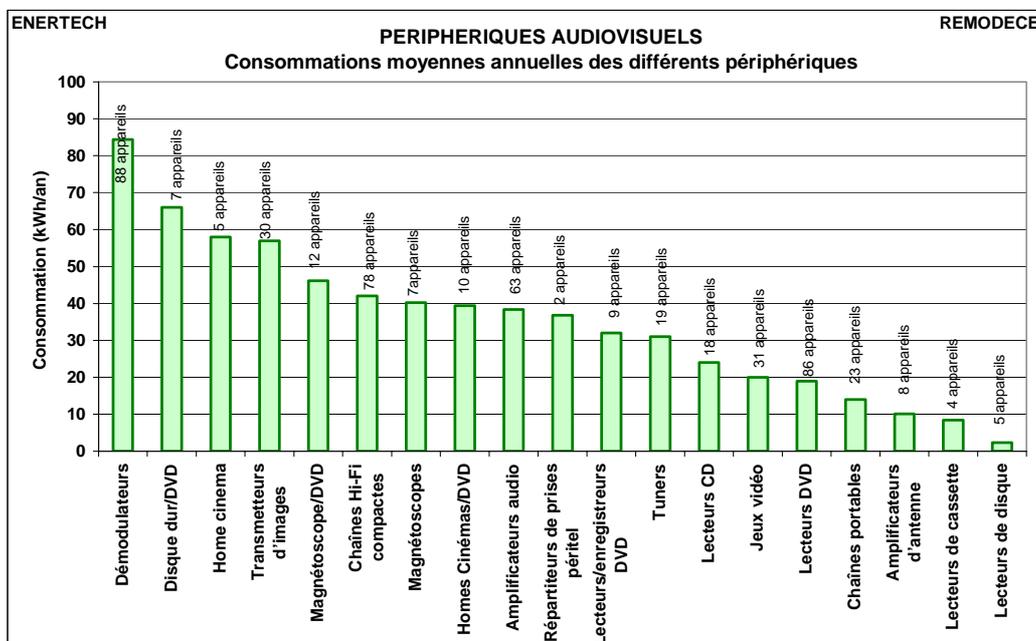


Figure 2.31 : Consommations moyennes des principaux périphériques

### 2.2.2.2 La bureautique domestique

Les résultats sont basés sur le suivi en 2007 de 124 ordinateurs dans 103 logements. A noter que jusqu'en l'an 2000 il n'y avait aucun ordinateur dans les logements en France.

**La consommation moyenne du site informatique d'un logement est de 396 kWh/an.**

La structure de cette consommation (fig. 2.32) montre que les ordinateurs représentent **78%** de la consommation du site informatique, les « Box » et modems arrivant ensuite avec **11%** (**43,9 kWh/an en moyenne**) de la consommation totale.

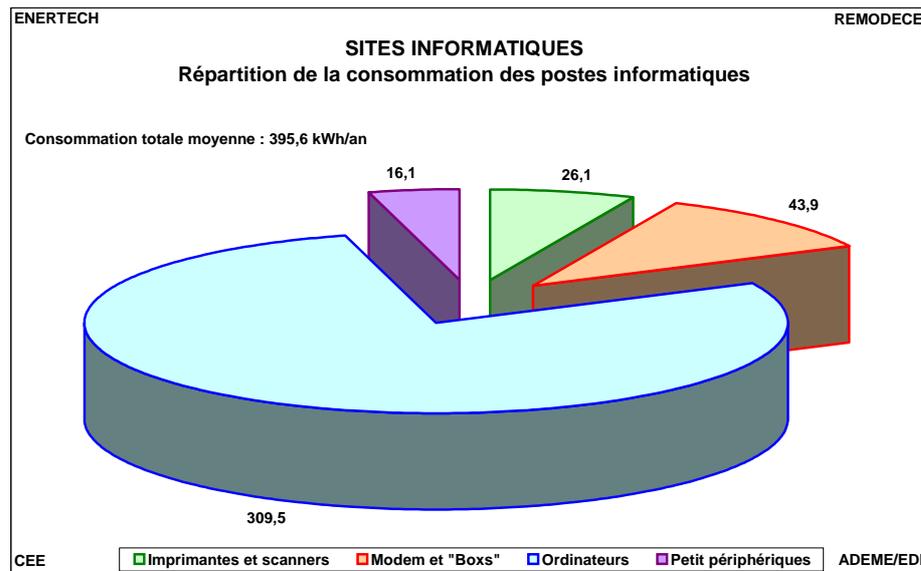


Figure 2.32 : Structure de la consommation du site informatique, vue du réseau

#### A - Les ordinateurs et leurs écrans

**La consommation moyenne d'un ordinateur domestique et de son écran, tous types confondus, est de 219 kWh/an si l'on prend uniquement en compte les ordinateurs ayant servi.**

La consommation moyenne des ordinateurs (principaux et secondaires) fixes (tours) s'établit à **278 kWh/an (329 kWh/an pour les ordinateurs principaux et 91 kWh/an pour les secondaires)**.

La consommation moyenne des unités centrales (U.C.), principales et secondaires confondues, est de **227 kWh/an**. La puissance moyenne des U.C. était en 2004 de 46 W (mesure effectuée sur 300 appareils) alors qu'elle est aujourd'hui de **82 W (soit une augmentation de 74% en 4 ans)**. La durée moyenne de fonctionnement (U.C. principales et secondaires) est de **6h30'** par jour. Pour les U.C. principales, cette durée est en moyenne de **07h32'/jour**. A croire que les français attaquent une seconde journée de travail chez eux !

La consommation moyenne de l'ensemble des écrans est **65,6 kWh/an (69,3 kWh/an pour les écrans principaux et 48,6 kWh/an pour les secondaires)**.

**A diagonale identique, la consommation des écrans LCD est 70 % plus faible que celle des écrans CRT (171,1 kWh/an en moyenne pour les CRT contre 46,5 kWh/an pour les écrans LCD).**

La durée moyenne de fonctionnement journalier de l'ensemble des écrans est de **04h15'** (5h00 pour les écrans principaux, et 01h30' pour les écrans secondaires).

La figure 2.33 montre le lien entre consommation, taille et technologie des écrans. En passant d'un écran LCD avec une diagonale de 15" à un écran de 20", la puissance est multipliée par 2,5. A diagonale réelle identique, les écrans CRT consomment trois fois plus que les écrans LCD.

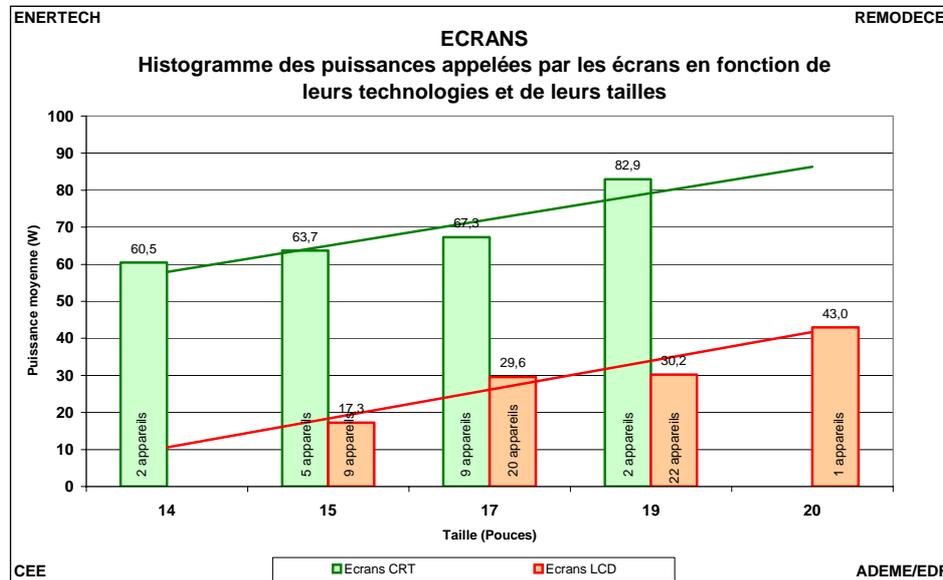


Figure 2.33 : Puissances des écrans en fonction de leur technologie et de leur taille

## B - Les périphériques

La diversité et le nombre de périphériques sont la principale caractéristique des nouveaux équipements de bureautique domestique. Mais la consommation de ces périphériques est loin d'être négligeable. Les « box » et modems sont prépondérants, mais de nombreux autres équipements mériteraient d'être arrêtés lorsqu'ils ne sont pas utilisés (fig. 2.34)

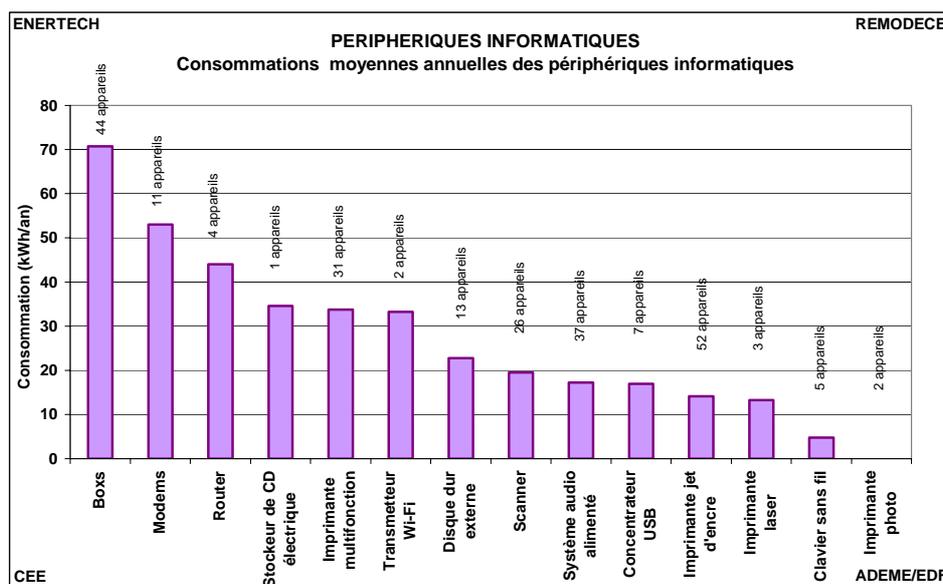


Figure 2.34 : Consommations moyennes annuelles des périphériques informatiques

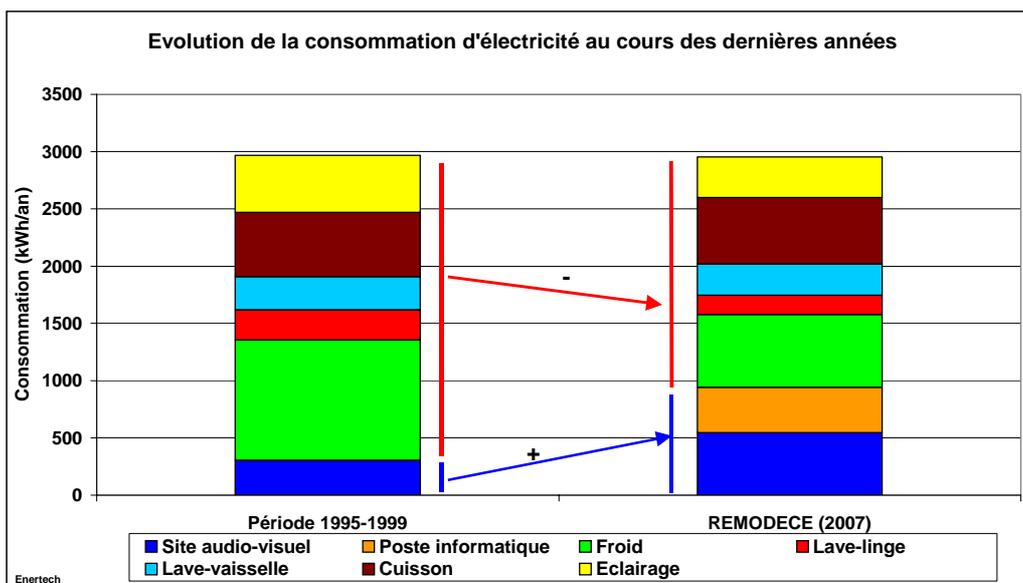
**2-2-3 Bilan des améliorations et des nouvelles consommations**

On vient de décrire deux événements majeurs :

- l'amélioration des performances de certains appareils (froid, lavage),
- la transformation profonde du secteur audio visuel avec l'arrivée de nouvelles technologies, mais sans qu'il y ait véritablement de nouveautés dans le service rendu, ou alors à la marge, et l'arrivée de la bureautique domestique qui constitue, elle, une véritable rupture avec l'arrivée de services nouveaux et bien sûr des technologies qui les accompagnent.

Si on se place du point de vue du consommateur moyen, avec sa logique et ses centres d'intérêt, c'est plutôt une source de satisfaction. Parce qu'il y a eu du changement, que les modes ont évolué, qu'il y a « de nouveaux besoins », de nouveaux produits, etc.

Mais d'un point de vue énergétique, on est inquiet. **A elles deux, ces « nouveautés » viennent de rajouter 635 kWh/an au logement français qui en est équipé ! C'est sensiblement ce que l'on a gagné sur les secteurs du froid ménager, de l'éclairage et du lavage depuis 10 ans ! Bilan nul.**



**Figure 2.35 : Evolution de la structure de la consommation d'électricité d'un logement entre 1995 et 2007**

Or il y a urgence, comme on l'a vu au chapitre 1, à réduire les consommations d'énergie, toutes les consommations d'énergie, même celles d'électricité. Urgence vitale. Les causes sont connues et ne sont plus contestées que par une poignée d'irréductibles qui ont généralement quelques intérêts cachés à défendre.

Dès lors, il est décourageant de constater comment pendant que certains « tricotent » l'avenir, d'autres le « détricotent » sans même savoir ce qu'ils font. Vu de l'extérieur, ceci paraît un peu schizophrénique. Il va falloir introduire de la cohérence dans l'action des uns et des autres.

En clair, **il ne paraît plus possible de laisser le marché faire la loi tout seul.** Car on observe alors que, dans les secteurs comme le froid ménager où des directives européennes

ont imposé une amélioration draconienne des performances énergétiques, des économies ont été légitimement faites. Mais dans les secteurs qui évoluent sans contrainte, les industriels ont considéré que ce qui était bon pour eux était bon pour la Planète !

Pourquoi ?

Parce qu'en matière audiovisuel, l'arrivée des écrans plats n'a guère apporté de qualité à l'image, sauf dans les cas encore peu nombreux de la TNT et des satellites diffusant en HD. En revanche la coupe du monde de football de 2006 a permis de lancer un produit nouveau (les écrans plats), pas optimisé sur le plan énergétique (de l'avis des spécialistes), et qui a créé un effet de mode avec les conséquences commerciales que l'on sait. Le business y a incontestablement gagné, mais la Planète ?

Puis, les constructeurs ont continué dans leur logique personnelle en augmentant la taille des diagonales, donc bien sûr la consommation énergétique de leurs produits. Commercialement le « toujours plus grand » a été de tous temps un formidable booster industriel. L'épopée du 4x4 le démontre amplement.... Jusqu'à ce que le prix de l'énergie stoppe la folle course en avant.

Enfin, cette multiplication des produits s'est évidemment faite dans le plus grand désordre énergétique. Il ne semble y avoir aucune préoccupation sérieuse d'optimisation et de réduction des consommations chez les industriels : les veilles sont désormais généralisées (malgré des progrès certains sur quelques matériels), les interrupteurs qui permettraient simplement d'arrêter les appareils ont disparu, l'électronique n'est pas optimisée, les gestionnaires d'énergie (type Energy Star sur la bureautique) n'existent évidemment pas. Tout se passe comme si on vivait dans un monde sans aucune contrainte énergétique, un monde d'abondance, un monde sans conflit, un monde sans problème ! Comme si ceux qui conçoivent ces matériels n'avaient jamais eu écho des menaces qui pèsent aujourd'hui sur la Planète. Or ce serait vraiment facile de faire des appareils qui consomment peu. Toutes les expériences conduites avec des industriels motivés, ou contraints de le faire, l'ont prouvé. Certains ont même transformé la contrainte d'origine en une stratégie commerciale : les fabricants d'appareils de froid à qui l'Europe avait interdit la fabrication des appareils de classes E, F et G ont, sans que personne ne leur demande, développé les appareils de classe A+ et A++ !

Alors : quand est-ce que les industriels de l'audiovisuel, ou d'autres secteurs, vont s'intéresser de manière citoyenne à la question de l'énergie ? Quand est-ce qu'ils comprendront que s'ils continuent à jouer leur partition tout seuls c'est tous ensemble que nous échouons ?

Dans ce contexte, et puisque les accords volontaires n'ont jamais été un succès, il faut que l'Union Européenne impose rapidement des directives limitant la consommation de tous ces matériels. C'est une urgence. C'est ce qui va être progressivement fait avec la directive Ecodesign, malgré des résistances encore nombreuses.

Mais il faut aussi renforcer l'information et la sensibilisation du grand public. Parce que le choix de la sobriété s'apprend et surtout se comprend seulement si on dispose des informations nécessaires. Personne n'est spontanément sobre en matière énergétique. On peut le devenir si on connaît les enjeux. Mais les enjeux sont peu connus du grand public. Celui-ci doit donc désormais devenir la cible principale de la communication afin de situer enfin le débat au juste niveau, celui de l'urgence ■

## **2-3 Réduire les consommations électroménagères : comment et pour quel gainement d'économie ?**

Comme toutes les consommations d'énergie, la consommation électrodomestiques doit être réduite par des actions de trois natures qui sont indissociables :

- d'abord *la sobriété énergétique*. Il s'agit des changements de comportement, à la fois dans le niveau de besoins et de services. La sobriété énergétique vise à modifier le niveau de ses exigences personnelles, tout en acceptant de satisfaire celles qui subsistent avec le moins de gaspillage possible. Elle ne coûte rien ! Et elle peut induire environ 30% d'économie avant toute autre action. Concrètement, pour un maître d'ouvrage ou un maître d'œuvre, le choix de la sobriété, qui est un choix personnel, est difficile à mettre en place. Mais il faut multiplier la sensibilisation et l'information des usagers. Expliquer qu'avoir 4 téléviseurs n'est pas vraiment de la sobriété, que les écrans plats n'apportent pas grand chose, mais consomment beaucoup plus, que les piscines individuelles consomment plusieurs milliers de kWh/an et qu'elles ne sont pas franchement nécessaires pour vivre, qu'un ordinateur domestique est indispensable, certes, mais qu'on DOIT l'arrêter dès qu'on ne s'en sert plus, que l'éclairage des pièces non occupées n'a guère de justification et que le niveau d'éclairage pourrait souvent être réduit, que faire marcher un lave linge avec 2 kg de linge n'est pas très citoyen, etc. Concernant les moyens de réduire sa consommation en changeant ses comportements, on se référera au document « Comment réduire sa consommation électroménagère ? Conseils pratiques » qui peut être téléchargé gratuitement sur :

[www.enertech.fr/docs/Conseils.pdf](http://www.enertech.fr/docs/Conseils.pdf)

Mais au niveau du concepteur, la sobriété va aussi se traduire par des dispositions constructives qui vont rendre possibles les économies d'électricité, ou qui vont rendre impossibles certains gaspillages (comme juxtaposer le four et le réfrigérateur : ils consomment tous les deux plus).

- ensuite *l'efficacité énergétique*. C'est tout ce que la technologie peut apporter pour réduire le niveau d'énergie primaire nécessaire à satisfaire nos besoins : les appareils de froid ou l'éclairage performant, les moteurs à vitesse variable, etc. Ce paragraphe va être en grande partie consacré à ce sujet,

- enfin, *le recours aux énergies renouvelables*. Leur rôle est fondamental dans le bilan énergétique de demain. Au-delà de toutes les polémiques stériles généralement alimentées par des intérêts mal dissimulés, il est évident pour tout le monde que nous devons rapidement passer d'un système fonctionnant sur l'épuisement de stocks non renouvelables de ressources (fossiles, fissiles) à un mode de fonctionnement sur des flux continus et quasiment infinis à l'échelle humaine (le soleil et ses dérivés). Mais ce recours aux sources d'énergie renouvelables ne doit pas se faire dans n'importe quelles conditions. Commencer par elles, sans privilégier les deux étapes préalables (sobriété et efficacité) n'aurait aucun sens, et conduirait même au résultat inverse de celui attendu. C'est aussi ce raisonnement qui permet d'écrire que la France devrait être couverte d'éoliennes ou de panneaux PV pour subvenir à ses besoins ! Cette conclusion serait d'ailleurs vraie avec n'importe quelle source d'énergie unique, et le raisonnement serait tout aussi ridicule. Il est donc important de comprendre le rôle complémentaire, et non pas purement de substitution, que doivent jouer les énergies renouvelables. Pour cela, on commencera toujours par mettre en place sobriété et efficacité avant de mettre en place des renouvelables. L'investissement sera alors minimum.

La sobriété sera un peu abordée dans les paragraphes qui suivent. La production d'électricité ne fait pas partie de ce document. En revanche, l'efficacité énergétique des appareils électroménagers, assez mal connue, va faire l'objet des développements qui suivent.

La première campagne de mesures qui a été mise en place afin d'évaluer les économies possibles était le projet *Ecodrôme* en 1995. Elle a permis d'approfondir la connaissance sur le comportement des appareils (saisonnalité) et sur l'évaluation des gisements d'économie. Elle a consisté à suivre pendant un an l'ensemble des appareils dans 20 logements, puis à les remplacer par des appareils performants, eux mêmes suivis pendant une seconde année complète. Ceci a permis :

- d'analyser l'évolution de la courbe de charge entre la première et la seconde année et de répondre à la question « Peut-on réduire la puissance à produire et la puissance à souscrire en utilisant des appareils performants, et si oui, de combien ? »,
- de déterminer les gisements d'économie d'énergie consécutifs au changement d'appareils,
- de mieux comprendre comment étaient utilisés les appareils, et donc de pouvoir agir de manière plus pertinente pour réduire les consommations.

### **2-3-1 La mesure des économies apportées par les appareils performants**

Le projet *Ecodrôme* a permis d'évaluer les économies obtenues en :

- remplaçant des matériels existants par des appareils très performants (réfrigérateurs de classe A, lave-linge, etc.). Il s'agit d'appareils aujourd'hui largement diffusés et dont les performances, repérées par l'étiquette énergie, les placent en classe énergétique A (la meilleure),
- remplaçant la plupart des ampoules par des ampoules basse consommation,
- raccordant correctement les chaudières murales pour faire en sorte que le circulateur soit asservi au thermostat d'ambiance.

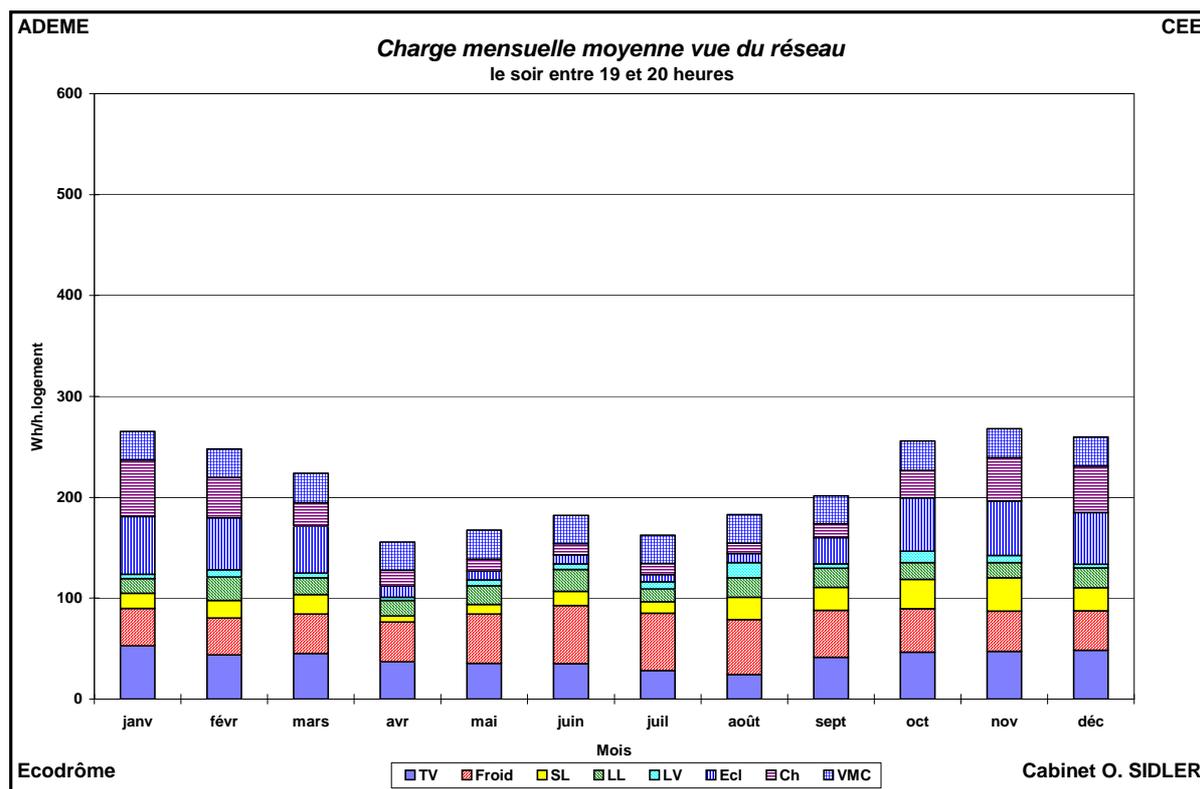
Le gisement de veille, malgré son ampleur, n'a pu être exploré pour différentes raisons matérielles.

Pendant un an, tous les appareils électroménagers ainsi que les circuits « lumière » de 20 logements sociaux ont été instrumentés. Consommation moyenne observée : 3.100 kWh/an/logement. Les appareils ont alors tous été changés et les mesures ont repris pour une seconde année. Les principaux résultats sont les suivants :

#### ***2.3.1.1 Evolution de la structure de la charge globale***

On a présenté au § 2.1.5 la structure de la courbe de charge à l'heure de pointe du soir à l'issue de la première année de mesure du projet *Ecodrôme*.

La seconde année, à l'heure de pointe du soir (20 h), la puissance appelée sur l'ensemble des vingt logements a été divisée par deux toute l'année. La figure 2.36 représente la structure de la charge la seconde année entre 19 et 20 h.



**Figure 2.36 : Charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures avec appareils performants (1996-1997)**

Les observations que l'on peut faire sont les suivantes :

- la réduction de puissance appelée en hiver, comme pour toutes les autres tranches examinées, est de 50%, ce qui est très important pour une heure de pointe,
- la réduction de la puissance appelée par l'éclairage (toujours en hiver) est spectaculaire : alors que sa part était de 35 à 40% et qu'il absorbait en moyenne 200Wh/h/logement, il n'absorbe plus que 50 Wh/h et ne représente plus que 20% de la charge résiduelle,
- la situation du froid est un peu similaire : il absorbait en hiver 115 Wh/h et représentait 22,5% de la charge, alors qu'il n'absorbe plus que 37 Wh/h, soit moins de 15% de la charge. Mais en été le phénomène est encore plus important : on passe par exemple en juillet de 175 Wh/h (58% de la charge totale!) à 58 Wh/h (représentant 34 % de la charge),
- alors qu'avant, la charge en hiver était dominée par deux usages, le froid et l'éclairage, elle est aujourd'hui plus équilibrée entre l'éclairage, le froid, les chaudières et la TV. Celle-ci n'a pas encore connu de progrès important en matière de consommation.

### 2.3.1.2 Appareils de froid : quelles économies d'énergie ?

Les appareils de production de froid de classe A ont permis de diviser par 3,2 les consommations de la première année. Par foyer l'économie moyenne est de **725 kWh/an**, soit 84 €/an (valeur 1997). La figure 2.37 représente l'évolution des consommations pour les différents logements.

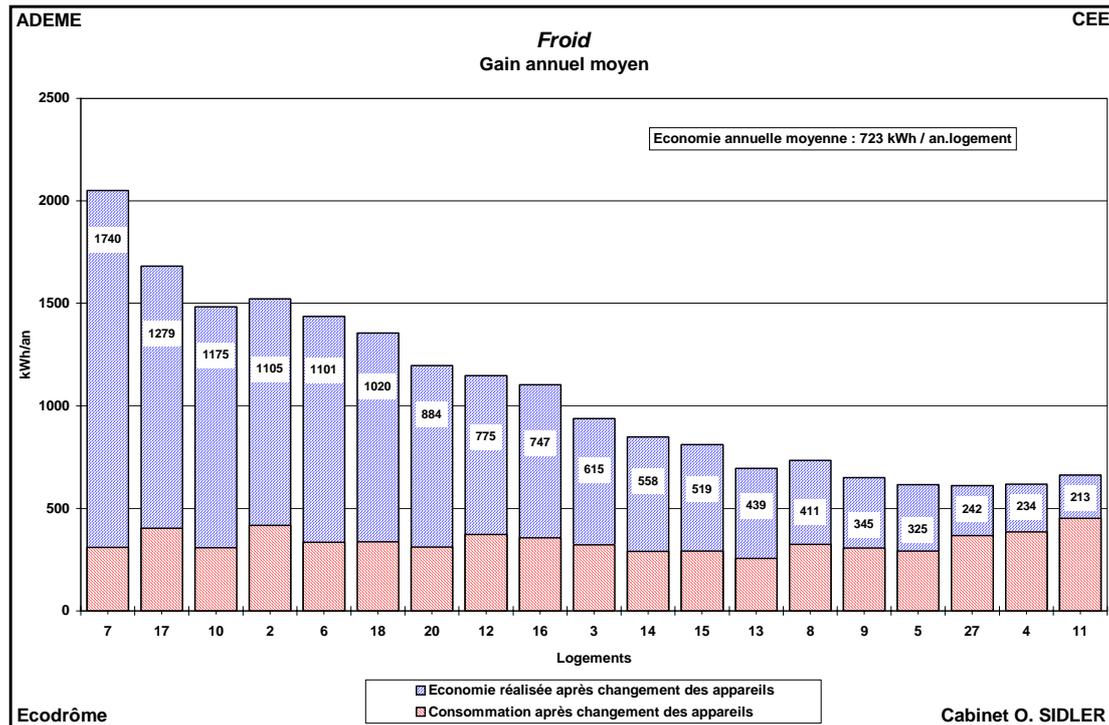


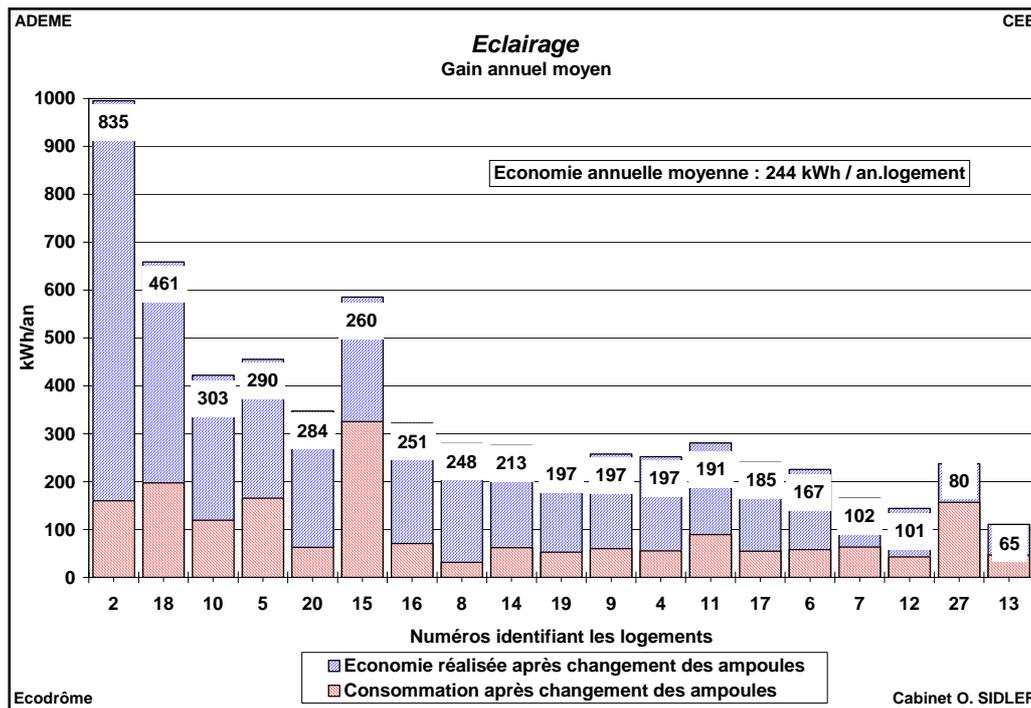
Figure 2.37 : Economie de consommation induite par les appareils de froid de classe A

Dans six logements (soit 32 % des cas) cette économie est supérieure à 1.000 kWh/an et elle atteint même 1.740 kWh/an. Le froid était à la fin des années 90, et est encore le plus gros gisement d'économie dans les logements.

La situation a évolué en France de façon spectaculaire depuis 15 ans, et de tels gisements sont devenus plus rares. Ils concernent toujours les possesseurs d'appareils de froid datant d'avant 1999.

### 2.3.1.3 Eclairage : quelles économies d'énergie ?

Dans le projet *Ecodrôme*, les lampes basse consommation installées ont conduit à diviser sensiblement par 4 à 5 la puissance appelée. Elles ont permis de diviser par 4,0 la consommation initiale du poste (car toutes les ampoules n'ont pas été changées). Si on inclut les lampes sur circuits « lumière » et celles sur prises de courant, l'économie est de **340 kWh/an**, soit 38 €/an (1997). La figure 2.38 représente l'évolution des consommations pour les différents logements.



**Figure 2.38 : Economie de consommation induite par les lampes basse consommation placées sur les circuits lumière uniquement**

Dans certains cas (logement n°2), on observe que l'économie est spectaculaire. Ceci est dû au remplacement spontané des halogènes par les usagers lorsqu'ils ont découvert le poids de ceux-ci dans la consommation globale.

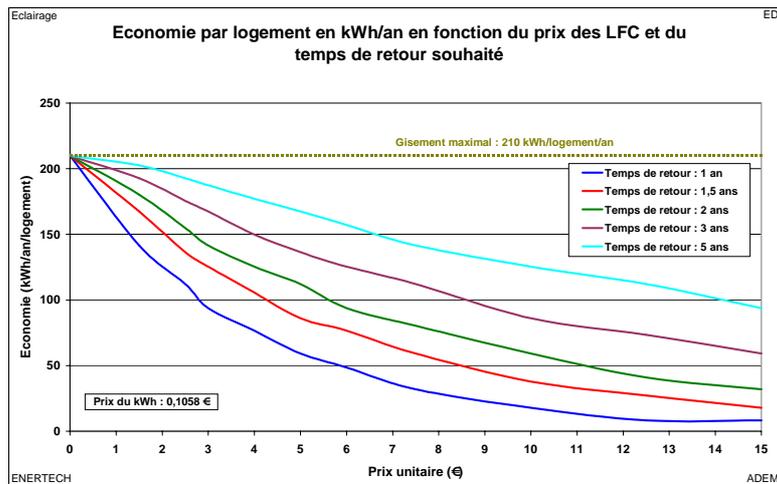
Une seconde campagne très instructive (voir référence [3]) a permis une mise à jour des consommations et une analyse très fine du potentiel d'économie d'éclairage possible. Elle a porté sur 100 logements répartis dans toute la France, et dont tous les foyers lumineux ont été suivis pendant une année complète.

Les économies ont été déterminées par calcul à partir des conditions de fonctionnement mesurées. Les résultats sont donc fiables. La modification envisagée a été le remplacement de toutes les lampes à incandescence et de tous les halogènes par des lampes fluocompactes.

Le gisement d'économie est en moyenne de 210 kWh/an/logement ce qui représente une consommation résiduelle de 155 kWh/an/logement (soit moins de 2 kWh d'électricité par m<sup>2</sup>/an). Cette valeur de 210 kWh/an/logement est plus faible que dans *Ecodrôme* parce que le taux d'équipement en LBC a évolué très vite et qu'une partie du gisement (environ 100 kWh/an/logt) a déjà été conquise.

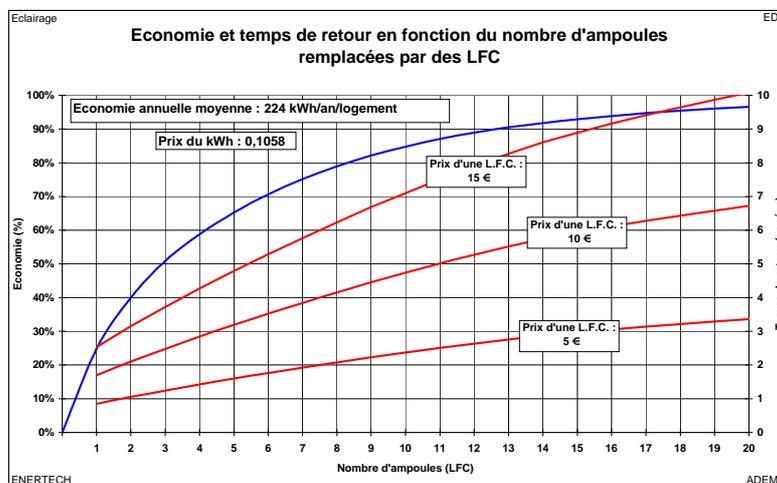
Les mesures ont permis de répondre à plusieurs questions, comme par exemple « à quelle fraction du gisement d'économie potentiel maximal peut-on accéder si on impose de n'équiper que les foyers lumineux pour lesquels le temps de retour ne sera pas supérieur à une valeur donnée, pour un prix de LFC et du kWh fixés ? » (fig. 2.39)).

On voit que pour un prix de LFC de 6 €TTC et un temps de retour maximal de 3 ans, on peut atteindre en moyenne une économie de 130 kWh/an/logt, soit 62 % du gisement total. Mais cette méthode ne dit pas quelles lampes il faut changer. Elle part seulement de l'hypothèse que ce sont les foyers les plus rentables qui sont changés en priorité.



**Figure 2.39 : Economie par logement en kWh/an, en fonction des prix des LFC et du temps de retour**

Une autre approche consiste à remplacer un nombre identique de lampes dans tous les logements. Cette méthode est évidemment moins rentable que la précédente, mais elle a l'avantage de la simplicité. Les mesures ont également permis une quantification de cette approche. La figure 2.40 montre que le remplacement d'un tiers des lampes les plus consommatrices dans tous les logements permet d'accéder à 75 % du gisement total et que le temps de retour global de cette opération est de 3,9 ans si le prix des lampes est de 10 €TTC.



**Figure 2.40 : Economie et temps de retour en fonction du nombre d'ampoules remplacées par des LFC**

Cette approche permet de nuancer le message en direction des utilisateurs en leur proposant un investissement plus réduit que celui correspondant à « Remplacez toutes vos ampoules par des LFC ». Cette formule est à privilégier.

#### 2.3.1.4 Evolution de la consommation d'électricité des chaudières

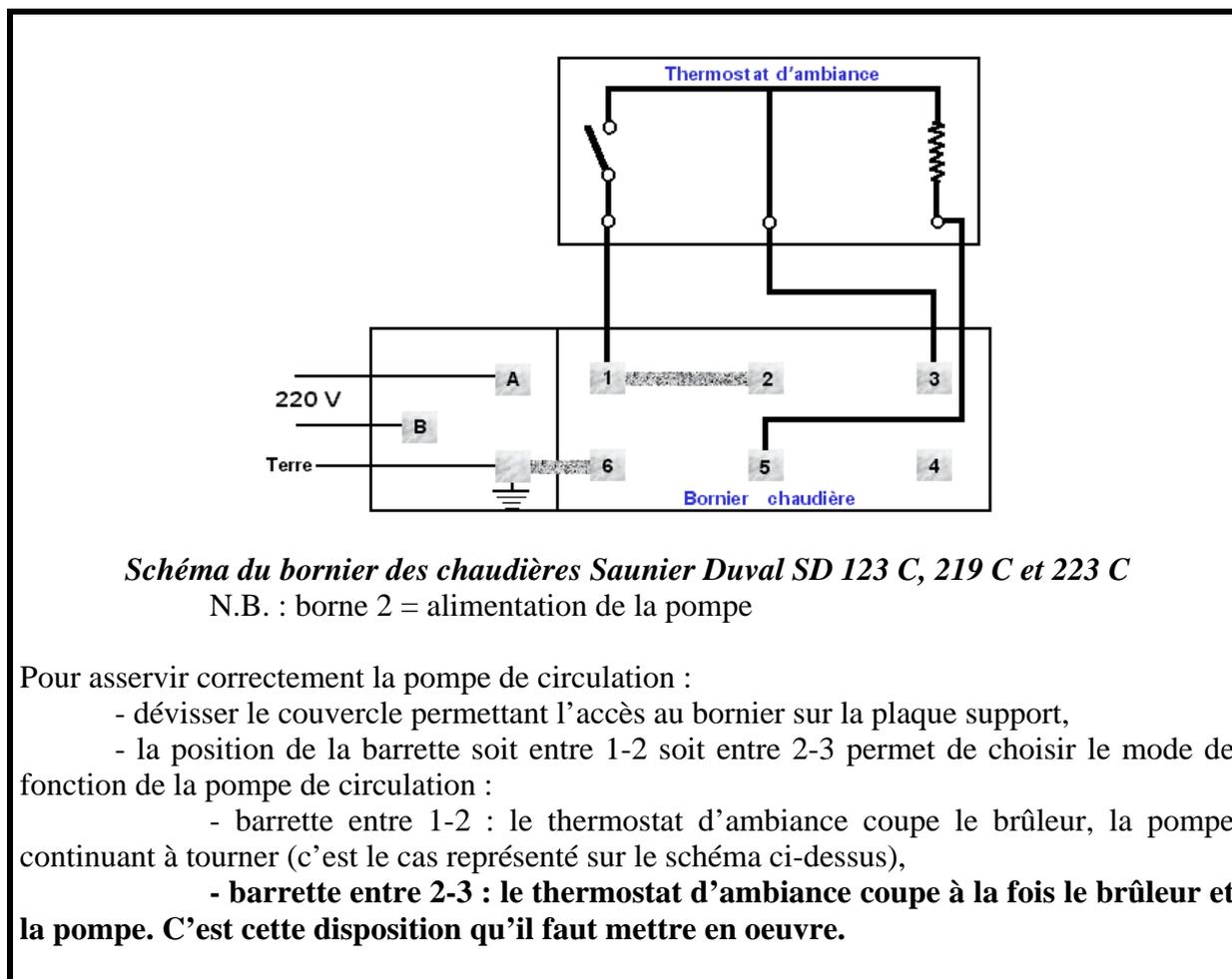
Pour les chaudières dont le circulateur a été asservi au thermostat d'ambiance, la consommation initiale d'électricité a été divisée par 3,6 dans le projet *Ecodrôme*. Economie par logement : **227 kWh/an**, soit 26 €/an.

Rappelons que :

- un circulateur sert à transférer la chaleur produite sur le corps de chauffe, vers les émetteurs. Lorsque le corps de chauffe est arrêté, il n'y a plus de chaleur à transférer. Celle qui est dans les tuyaux et les radiateurs se dissipera vers le logement, que le circulateur tourne ou non (où pourrait-elle aller ailleurs?),
- l'analyse des températures confirme ce dont on se doutait : le confort n'est pas du tout affecté la seconde année par rapport à la première,
- interrogés, les locataires ont affirmé que le confort était plus grand la seconde année....parce qu'il y avait moins de bruit (le circulateur est en effet bruyant).

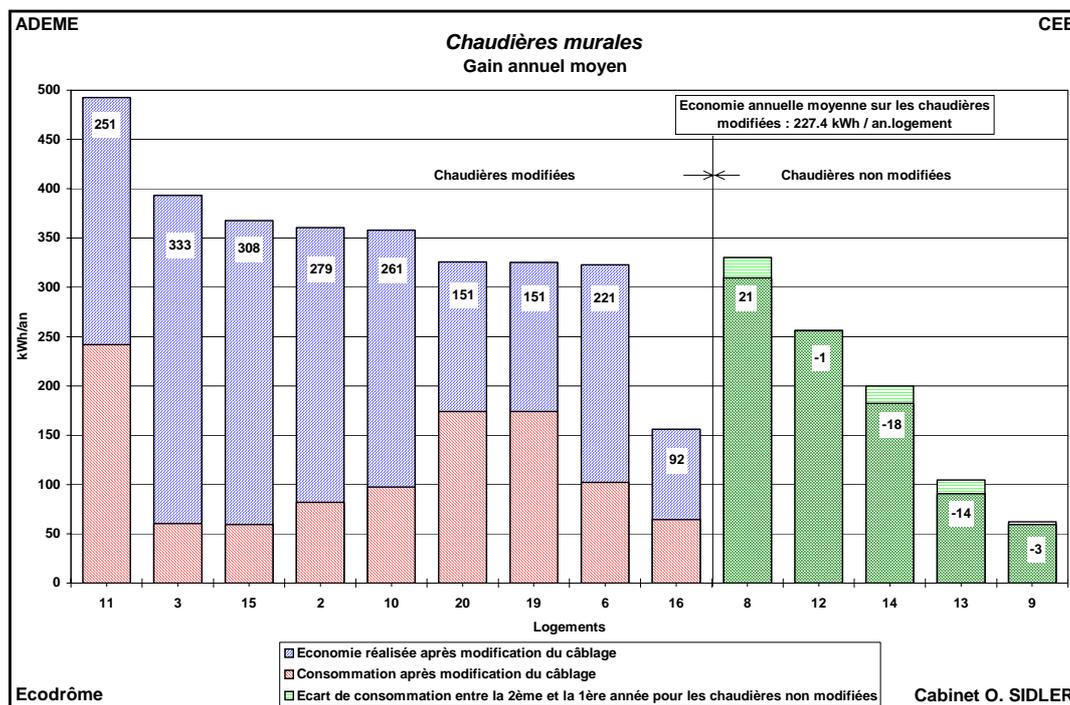
L'asservissement du circulateur au thermostat d'ambiance est possible dans tous les logements possédant...un thermostat d'ambiance, et dont la régulation n'est pas assurée par une vanne trois voies motorisée avec contrôle de la température de départ (solution extrêmement rare en logement).

La modification à opérer sur le bornier des chaudières pour asservir correctement le circulateur est généralement très simple. L'immense majorité des chaudières sont conçues pour permettre l'asservissement ou non du circulateur au brûleur. La figure 2.41 donne un exemple de bornier et précise la nature de la modification à opérer.



*Figure 2.41 : Exemple de bornier de chaudière avec modification à opérer pour asservir le circulateur au thermostat d'ambiance*

La figure 2.42 représente l'économie pour les différents logements dans lesquels l'asservissement du circulateur a été fait (les 9 chaudières sur la gauche du graphique).



**Figure 2.42 : Economie de consommation induite par l'asservissement des circulateurs de chaudière au thermostat d'ambiance**

### 2.3.1.5 Evolution de la consommation globale des logements

Pour les trois principales sources d'économie, le froid, les chaudières et l'éclairage, le gain moyen par logement est de 1026 kWh/an, sans compter les économies des lampes installées non pas sur circuits "lumière" mais sur prises de courant (environ 100 kWh/an supplémentaires). Bien qu'il y ait des augmentations de consommation sur certains postes entre la première et la seconde année et que certains logements aient quelques usages non spécifiques de l'électricité (fours, chauffage d'appoint), **l'économie globale brute moyenne a été de 1192 kWh/an** (voir fig. 2.43) soit un gain de près de 40 %, **soit encore 137 €/an**.

Il faut signaler que les veilles n'ont en général pas été supprimées la seconde année, ce qui accroît encore le gisement d'économie. Mais la puissance moyenne de veille relevée dans ces logements était de 25 W, ce qui signifie que le potentiel d'électricité supplémentaire récupérable se situe autour de 200 kWh/an.

**Conclusion n° 1 : l'économie d'électricité observée, soit 1.200 kWh/an, induit une réduction de la facture d'électricité de 137 €/an. Cette économie a nécessité un surcoût que l'on peut estimer (en 1996) à environ 300 € sur des équipements traditionnels (75 € pour le froid et 200 ou 230 € pour les ampoules), soit 0,25 €/kWh électrique économisé annuellement correspondant (globalement) à un temps de retour de l'ordre de 2 ans. Jamais depuis le premier choc pétrolier une économie d'énergie aura été si bon marché et si rentable.**

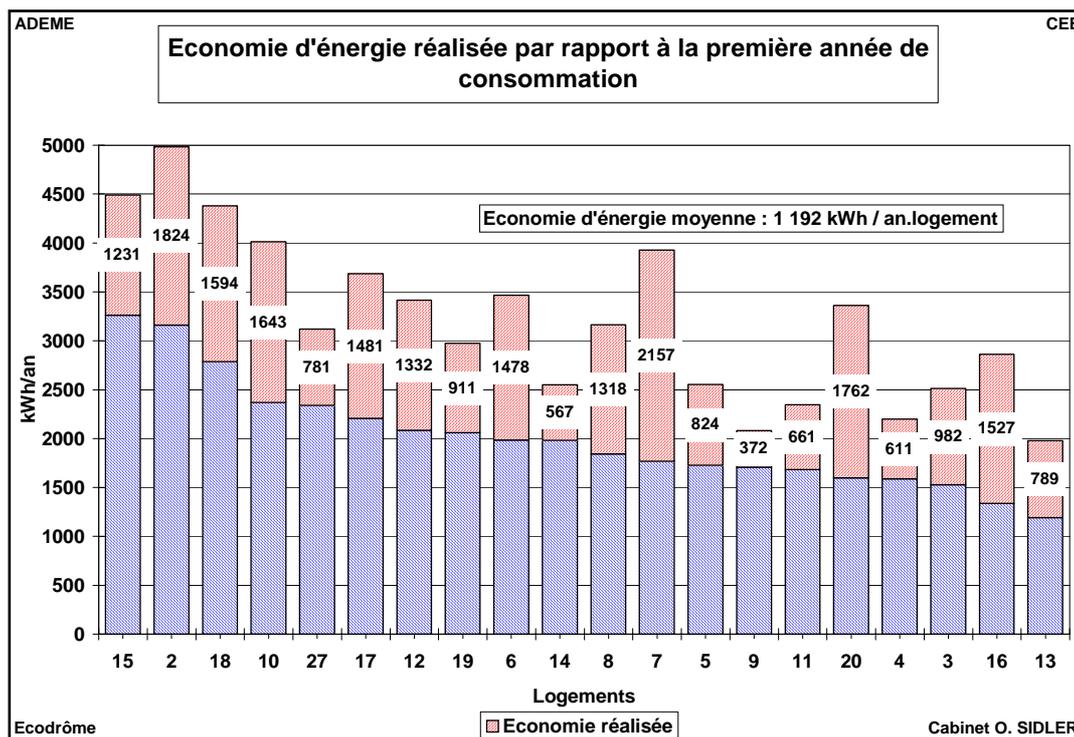


Figure 2.43 : Economie d'électricité globale pour chaque logement

A titre de comparaison, avec les tarifs en vigueur en 1997, un gain de 137 € sur la consommation de chauffage d'un logement moyen aurait supposé une réduction de consommation de 4.900 kWh<sub>pcs</sub> de gaz /an (tarif niveau 2), ou de 4.000 kWh<sub>pcs</sub> de fioul, ou encore de 1.800 kWh d'électricité (double tarif à 0,50 F/kWh). Ceci nécessiterait, en logement neuf ou récent (réhabilitation) un investissement beaucoup plus important.

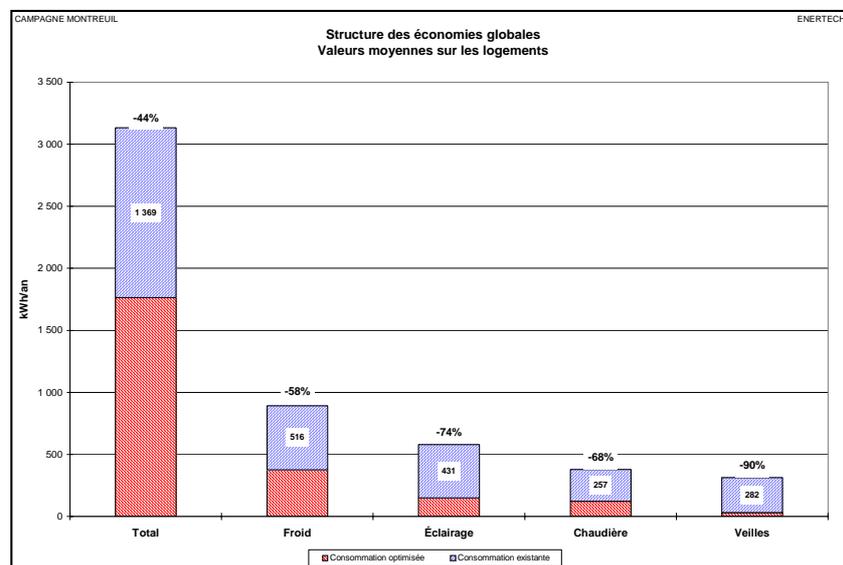
**Conclusion n° 2 : En logement neuf ou récent (moins de vingt cinq ans) aujourd'hui, quelle que soit la nature de l'énergie pour le chauffage, les champs potentiels de réduction de la facture et de la consommation énergétiques les plus importants, les plus accessibles et les plus rentables, sont l'électroménager et l'éclairage. Cette conclusion n'est pas vraie pour les logements très anciens ne disposant pas d'isolation thermique et pour lesquels le poids de l'électroménager dans la facture énergétique reste inférieur à celui du chauffage.**

### 2.3.2 Consolidation des économies d'électricité par logement

La campagne *Ecodrôme* a montré que le gisement d'économie électrodomestique s'élevait à 1.200 kWh/an. Plusieurs autres campagnes de mesure ont confirmé qu'en France, uniquement par un changement des équipements, et sans le volet sobriété, le gisement d'économie moyen dans un logement était de 1200 à 1300 kWh/an.

■ dans l'étude en réf [7] qui s'est déroulée pendant l'été 2000, une méthodologie simplifiée a permis de confirmer et de préciser les résultats du projet *Ecodrôme*. L'échantillon comprenait 50 logements sociaux en région parisienne. L'évaluation des économies n'a porté que sur le remplacement des appareils de froid, le changement des ampoules, la suppression des veilles et l'asservissement correct du circulateur des chaudières (pour les logements qui en étaient munis). Cette étude a montré que :

- le potentiel moyen d'économie était de 1.370 kWh/an/logement, ce qui représente 42 % de la consommation initiale. Ce chiffre est supérieur à celui trouvé dans *Ecodrôme* mais il inclut les économies sur les veilles,
- la structure du gisement d'économie est très différente de celle d'*Ecodrôme* :



**Figure 2.44 : Economie d'électricité par usage dans 50 logements à Montreuil (été 2000)**

On observe que :

- les économies sur l'éclairage sont un peu supérieures, ce qui ne s'explique en tout cas pas, comme on l'a d'abord cru, parce que Montreuil est au Nord, et la Drôme au Sud. Mais les ordres de grandeur sont conservés,
- les économies sur l'asservissement des circulateurs de chaudières sont confirmées : de l'ordre de 250 kWh/logt/an,
- les économies sur les veilles ont été estimées à 282 kWh/an, ce qui faisait défaut dans *Ecodrôme*. En fait, il est probable, comme le montre l'étude en réf [9] que ce gisement est encore plus important.

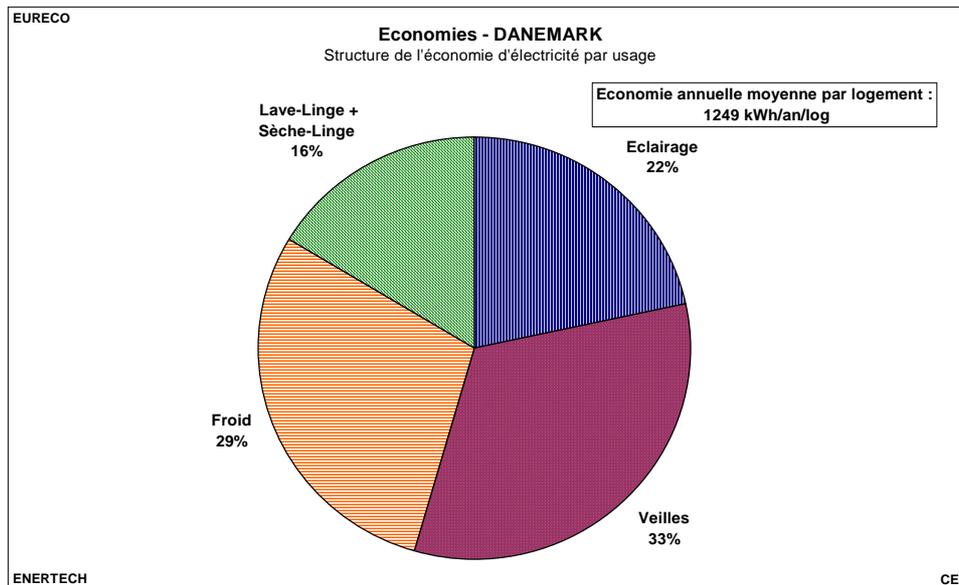
Cette étude confirme donc l'importance des gisements potentiels, met en relief le rôle des veilles et illustre la transformation des parcs de froid qui s'est déjà opérée.

■ le projet *Euréco* (voir étude en réf [9]) s'est terminée en 2002. Il a permis le suivi très complet des usages électriques de 400 logements dans quatre pays européens (Danemark, Grèce, Italie, Portugal). L'objectif était d'évaluer les gisements d'économie par usage. Cette étude a montré que :

- le potentiel d'économie varie d'un pays à l'autre de 1.000 à 1.250 kWh/an/logement. Plus le niveau d'équipement est important plus le gisement est élevé. Ces valeurs confirment, à l'échelle européenne, le niveau des gisements d'économie d'électricité spécifique dans l'habitat observés en France,
- la puissance appelée et la consommation dues aux veilles augmentent très rapidement d'année en année. Le phénomène prend aujourd'hui une amplitude inquiétante et seule la directive européenne de Juillet 2008 peut espérer infléchir la consommation du parc en limitant à 1 W les puissances de veille de tous les équipements dès 2010 et à 0,5 W dès 2013. Les constructeurs impliqués sont très nombreux et très peu se sentent pour l'heure

concernés par le phénomène auquel, il est vrai, ils ne participent chacun que pour une part minime (compte tenu du nombre d'appareils en veille),

- la réduction des consommations des appareils de froid en place et l'augmentation des consommations de veille conduisent à ce qu'aujourd'hui le premier gisement d'économie est le gisement de veille, à égalité avec le gisement sur les appareils de froid. La figure 2.45 montre que pour le Danemark par exemple, le gisement des consommations de veille est même supérieur à celui des consommations de froid,



*Figure 2.45 : Structure du gisement d'économie au Danemark*

## 2-4 Les économies électroménagères en pratique

### 2-4-1 Que peuvent faire maîtres d'ouvrage et maîtres d'oeuvre pour réduire les consommations électrodomestiques ?

Ce qui précède a montré qu'il existait de très importants gisements d'économie d'électricité à usage spécifique dans le secteur résidentiel. Ces gisements sont les plus rentables et les plus faciles d'accès aujourd'hui pour les logements de moins de trente ans compte tenu du niveau des réglementations thermiques en vigueur. Mais on peut se demander comment les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'oeuvre peuvent agir face à ces consommations dont certaines semblent, au premier abord, totalement hors de leur champ d'intervention.

La réponse est simple : **si certaines dispositions techniques ne sont pas prises lors de la construction ou de la réhabilitation des bâtiments, il sera très difficile, voire impossible à l'usager d'accéder au gisement d'économie d'électricité.** Voici les spécifications techniques minimum indispensables qu'il convient de mettre en place :

- les appareils de froid performants ne font plus 60 cm de large mais fréquemment 66 cm à cause de l'épaisseur d'isolant (même si aujourd'hui, grâce aux isolants sous vide, on revient à des largeurs plus courantes de 60 cm...). Or depuis déjà longtemps tous les appareils de classes E, F, G (les plus mauvais sur l'échelle des classes A à G actuellement en vigueur) sont interdits à la vente en Europe. Si on ne prévoit pas dans l'aménagement des cuisines au moins **un module de 66cm de large au lieu de 60**, les acquéreurs d'appareils de froid aux normes ne pourront pas les intégrer dans leur logement. Enjeux : de 250 à 500 kWh/an/appareil, soit 25 à 55 euros,

- pour **éliminer les veilles du site audiovisuel** (jusqu'à 850 kWh/an) il faut débrancher chaque jour l'ensemble des prises alimentant le magnétoscope, lecteur DVC, la TV, Canal, etc. Cela ne sera jamais fait à moins de disposer d'une prise de courant (toujours prévue à proximité de l'antenne TV) commandée par un interrupteur placé à l'entrée de la pièce. En sortant le soir l'usager pourra ainsi couper la lumière et les veilles audiovisuelles. Enjeux : 250 à 650 kWh/an soit 25 à 70 euros.

**Attention** : cette inter doit être différencié des autres : pas sa couleur, par son altimétrie, etc. Il faut impérativement informer en détail les usagers dans le livret du locataire ou de l'acheteur, faute de quoi il y aura de nombreux dysfonctionnements de cette prise.

- 80 % des lave-vaisselle en vente aujourd'hui peuvent être alimentés en eau chaude. Prévoir donc systématiquement, dans les logements où la production ECS n'est pas électrique, une double alimentation EF/EC sur les lave-vaisselle. Mais attention : il faut à tout prix que les usagers vérifient que leur LV est compatible avec cette disposition. Les en informer. Enjeux : transfert de 100 kWh/an soit une économie d'environ 10 €/an,

- le **circulateur des chaudières individuelles** doit, chaque fois que c'est possible, c'est à dire dans 99% des cas, être **asservi au thermostat d'ambiance**. S'il s'agit de chaudière murale à ventouse, il faut choisir des modèles sans veilleuse (qui sont d'ailleurs interdites depuis Janvier 2003), car celles-ci obligent le ventilateur de la ventouse à fonctionner en permanence (160 kWh/an). Enjeux : 230 à 350 kWh/an, soit 26 à 38 euros/an.

Concrètement, on trouvera sur le site [www.enertech.fr](http://www.enertech.fr) les schémas électriques de 63 borniers de chaudières présentes sur le marché français, avec indications sur la position à respecter des switches, ponts ou autres picots pour avoir le service désiré,

- la consommation électrique des sèche-linge est une des plus élevées des logements (500 kWh/an). Le développement de ces appareils, notamment en secteur social, est dû pour une part importante, à l'absence d'espace adapté au séchage naturel du linge. **Construire des**

**logements avec des espaces de séchage naturels** (si possible extérieur au logement) semble une solution très économe. Enjeux : 500 kWh/an, soit 55 euros/an.

Il faut bien comprendre que la solution à développer consiste à faire sécher le linge à **l'extérieur** du logement. Lorsque le linge sèche dans le logement, il refroidit celui-ci puisqu'il prend la chaleur nécessaire à l'évaporation de l'eau (environ 0,75 kWh/kg d'eau, et il y a dans le linge essoré 1 kg d'eau par kg de linge sec). Faire sécher le linge à l'intérieur des logements ne change donc pas grand chose par rapport à l'utilisation d'un sèche linge. Seul le séchage à l'extérieur, dans des lieux adaptés (en plein air l'été, et dans des espaces bénéficiant en hiver de chaleurs gratuites, comme la proximité d'une chaufferie par exemple) est une solution (très ancienne !) qui apportera des résultats spectaculaires en terme d'économie d'électricité.

■ **équiper les logements d'ampoules fluocompactes**. On peut discuter de savoir si ceci est à la charge du Maître d'Ouvrage, mais le problème ne se pose pas forcément ainsi lorsqu'on est dans une logique de réduction des consommations. En logement social, cela pose la question de la gestion de ces ampoules. Mais les bailleurs gèrent déjà les linolites et les réglottes fluo placées en cuisine et en salle de bains. Il n'y a pas de différence fondamentale avec des LFC....

Rappelons que le Parlement Européen a adopté en 2009 une Directive établissant un cahier d'interdiction de mise sur le marché des lampes domestiques énergivores et non directionnelles (excluant donc les spots et tout dispositif à réflecteur). Il s'échelonna entre le 1<sup>er</sup> Septembre 2009 et le 1<sup>er</sup> Septembre 2016 :

<b>Directive Européenne sur la disparition des sources lumineuses dont l'efficacité est insuffisante</b>	
<b>Palier</b>	<b>Lampes bannies</b>
1 <sup>er</sup> sept. 2009	- Lampes à incandescence et halogènes non claires (opales, blanches, dépolies, etc.) - Lampes fluorescentes compactes de classe énergétique B - Lampes de classes F et G - Lampes à incandescence = 100 W - Lampes halogènes = 75 W et de classes D et E
1 <sup>er</sup> sept. 2010	- Lampes à incandescence de 75 W - Lampes halogènes de 60 W et de classes D et E
1 <sup>er</sup> sept. 2011	- Lampes à incandescence de 60 W - Lampes halogènes de 40 W et de classes D et E
1 <sup>er</sup> sept. 2012	- Lampes à incandescence de 25 et 40 W - Lampes halogènes de 25 W et de classes D et E
1 <sup>er</sup> sept. 2013	- Lampes à culots S14, S15 et S19 (dites « Linolites »)
1 <sup>er</sup> sept. 2016	- Lampes de classe C (à l'exception des lampes à culots G9 et R7s)

On peut aussi se demander s'il faut commencer à prévoir des éclairages à led. Cette source lumineuse a effectivement beaucoup d'intérêt. Son rendement s'améliore de façon continue (on est aujourd'hui à 70 lumen/W en blanc « chaud », 80 en blanc froid, et 110-120 en laboratoire), il s'agit d'un éclairage mono directionnel, la durée de vie des sources est d'au moins 50.000 h. Mais le coût des produits intégrant des leds est inabordable et anormal aujourd'hui (lampe de bureau très ordinaire à 350 €!). Tant que la stratégie de certains fabricants sera de profiter de niches de marché pour proposer des prix sans communes mesures avec la réalité, on ne risquera pas le décollage technologique....

Ce qui revient à dire, et c'est bien dommage, que, certes, les led sont une des technologies du futur à privilégier, mais qu'aux prix actuels des produits, il vaut mieux attendre encore pour en proposer....

■ on peut aller encore plus loin et construire des logements avec cuisine pré-équipée. Ceci se fait (même en logement social) en Suisse, aux Etats Unis, etc. L'avantage serait de pouvoir intégrer dans les cuisines des équipements performants comme des réfrigérateurs de classe A ou A+, des équipements de cuisson performants, etc. Autre avantage, les appareils de froid seraient installés de façon à pouvoir fonctionner correctement (condenseur proprement ventilé !) et non placés dans un placard fermé comme on le voit souvent. Le surcoût serait vraiment faible. La vraie question, notamment en logement social, est celle du financement de mobilier, alors que les prêts de la Caisse des Dépôts et Consignations, sont des prêts destinés à financer de l'immobilier. Bien qu'on soit en France, il devrait être possible de trouver un moyen simple de contourner cette exigence....

■ Toujours en s'inspirant de nos voisins Suisses, mais aussi des Etats Unis, du Canada ou de la Suède, et bien que beaucoup de ces pays n'aient pas la réputation d'être collectivistes, il existe chez eux des équipements collectifs de lavage et de séchage du linge dans les immeubles. Il s'agit de machines à laver placées dans des locaux fermés dont un seul usager à la fois dispose de la clé, ou de séchoirs placés dans des espaces intérieurs bien ventilés, également situés dans des locaux dont un seul usager à la fois peut avoir la clé. Le service fonctionne avec des jetons, ou des pièces de monnaie. C'est très fiable et peu consommateur car les machines sont de très grande qualité (classe A ou mieux), dure 20 ans, etc. Tout le monde est gagnant : le maître d'ouvrage libère 1 m<sup>2</sup> à plus de 1000 € dans chaque logement, ce qui lui permet de financer ces espaces collectifs. L'utilisateur n'a plus à investir dans des équipements de lavage et de séchage, et ceux qu'il utilise présentent l'avantage de lui coûter très peu cher. Comme les machines sont dans le haut de gamme, leur consommation est très faible, et la collectivité (en plus de l'utilisateur) est aussi gagnante.

Les réactions des utilisateurs potentiels en France sont très surprenantes. « Jamais je ne laverai mon linge dans la même machine que mon voisin ! » (sic). Mais c'est déjà le cas dans tous les Lavomatic que l'on trouve en ville. Rappelons, au cas où un doute subsisterait, que l'usage des lave linge reste totalement individuel. Une famille à la fois. Parmi les autres réactions il y a la crainte de se faire voler ses vêtements. Mais là aussi le risque n'existe pas. Car pendant la période de séchage, l'usager dispose, et lui seul, de la clé du local dans lequel se trouve le linge.

Cette solution collective aurait vraiment de très nombreux avantages. Qu'il subsistent quelques résistances est normal. Mais il faudrait sans tarder expérimenter ces solutions innovantes.

**Conclusion pratique : Les dispositions qui précèdent sont simples et peu coûteuses. Elles doivent systématiquement être mise en oeuvre dans les constructions neuves car elles permettront aux usagers des économies de plusieurs centaines d'euros et de kWh par an. Mais il serait aussi extrêmement intéressant d'informer et de sensibiliser les occupants aux dispositifs mis en place chez eux pour les aider à économiser l'électricité. Il s'agit d'un investissement d'une extrême rentabilité.**

#### **2-4-2 Que peuvent faire les usagers pour réduire les consommations électrodomestiques ?**

Les usagers peuvent agir vite, et pour un investissement très réduit, sur la réduction des consommations. Quatre actions prioritaires doivent être entreprises avant tout autre :

1 - si l'appareil de froid a plus de 10 ans, ou si le compresseur ne cesse de tourner, alors il faut le remplacer immédiatement par un appareil de classe énergétique A, voire A+ (consulter pour cela le site [www.guide-topten.com](http://www.guide-topten.com) sur lequel on trouve la liste complète, régulièrement réactualisée, des appareils de catégories A+, A++, etc). Le temps de retour est inférieur à 5 ans. Si l'on dispose à la fois d'un réfrigérateur et d'un congélateur, préférer un réfrigérateur simple froid et un congélateur (coffre de préférence) regroupant la totalité des volumes de congélation. C'est une solution beaucoup plus économe en énergie. Il faut surtout prendre soin de mettre au rebut les anciens appareils, Mais en veillant à ce que le fluide frigorigène (très puissant gaz à effet de serre) soit récupéré en intégralité (ce qu'exige la loi). Donc pas de mise en décharge chez un ferrailleur !

2 - remplacer dans le logement le tiers des ampoules les plus consommatrices par des ampoules fluocompactes. Même à 15 €/l'ampoule, cette opération équivaut à un placement financier à 20 %/an ! A l'heure des crises boursières graves, c'est quand même intéressant !

3 - si le logement dispose d'une chaudière individuelle, asservir le circulateur au thermostat d'ambiance. On trouvera sur [www.enertech.fr/FichPrat.html](http://www.enertech.fr/FichPrat.html), toutes les fiches techniques propres à 63 chaudières murales du marché pour savoir ce qu'il faut faire concrètement,

4 - supprimer toutes les veilles possibles en débranchant les appareils non utilisés ou en les plaçant sur des barrettes multiprises munies d'un interrupteur de coupure.

On pourra aussi modifier ses comportements ( voir [www.enertech.fr/docs/Conseils.pdf](http://www.enertech.fr/docs/Conseils.pdf) « conseils pour réduire sa consommation électroménagère ») : éteindre les lumières, etc est très profitable. Les changements de comportements ne coûtent rien mais ils peuvent avoir un impact important.

## REFERENCES

[1] SIDLER O. « Maîtrise de la Demande d'Electricité : Campagne de mesures par usages dans le secteur domestique » - Projet *Ciel* - ADEME, EDF DER, Commission des Communautés Européennes - Rapport final - 06/1996.

[2] SIDLER O. « Etude expérimentale des appareils électroménagers à haute efficacité énergétique placé en situation réelle » - Projet *Ecodrôme* - ADEME, Commission des Communautés Européennes - Rapport final - Janvier 1998.

[3] ENERTECH « Campagne de mesures de l'éclairage dans 100 logements en France - EDF et ADEME - Rapport final - Mars 2004.

[4] ENERTECH « Campagne de mesures des appareils de production de froid et des appareils de lavage dans 100 logements » - ENERTECH - EDF et ADEME - Rapport final - Avril 2008.

[5] ENERTECH « Mesure de la consommation des usages domestiques de l'audiovisuel et de l'informatique » - Projet européen REMODECE - Commission Européenne - EDF et ADEME - Rapport final - Juillet 2008.

[6] SIDLER O. « Maîtrise de la Demande d'Electricité : campagne de mesures sur le fonctionnement en veille des appareils domestiques » - ADEME - Agence Internationale de l'Energie - Janvier 2000.

[7] ENERTECH « Diagnostic électrique de 359 logements à Montreuil - Tome 1 : Diagnostics électriques individuels » - Montreuil Vincennes Energie - EDF et ADEME Ile de France - ARENE Ile de France - Communauté Européenne - Rapport final - Octobre 2000.

[8] SIDLER O.« Maîtrise de la Demande d'Electricité : Etude expérimentale des appareils de cuisson, de froid ménager et de lavage/séchage du linge dans 100 logements» - Projet *ECUEL* - ADEME, EDF DER, Commission des Communautés Européennes. Rapport final - Juin 1999.

[9] ENERTECH et partenaires « Campagne de mesures par usage dans 400 logements de la Communauté Européenne » - ADEME - Communauté Européenne - Ministère Italien de l'Environnement - CRES (Grèce) - OKE (Danemark) – Electricité du Portugal - Rapport final - Janvier 2002.

Tous les rapports et documents du Cabinet Sidler et de la sté ENERTECH figurant en référence sont téléchargeables gratuitement sur internet à l'adresse suivante :

**[www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)**

## Chapitre 3 : Les usages thermiques de l'électricité dans les parties privatives (hors chauffage)

### 3-1 La cuisson

La campagne de mesure *Ecuel* (voir Référence [8] au chapitre 2) a permis de suivre 517 appareils de cuisson de 32 types différents durant un mois chacun. Tous les usages de la cuisson électrique ont systématiquement été suivis dans chaque logement.

#### 3-1-1 Consommation annuelle de l'ensemble du poste cuisson

Le classement des appareils de cuisson en fonction de leur consommation annuelle moyenne place en tête les cuisinières électriques (**457 kWh/an**), puis les tables à induction (**337 kWh/an**), les plaques vitrocéramiques (**281 kWh/an**) et les fours (**224 kWh/an**).

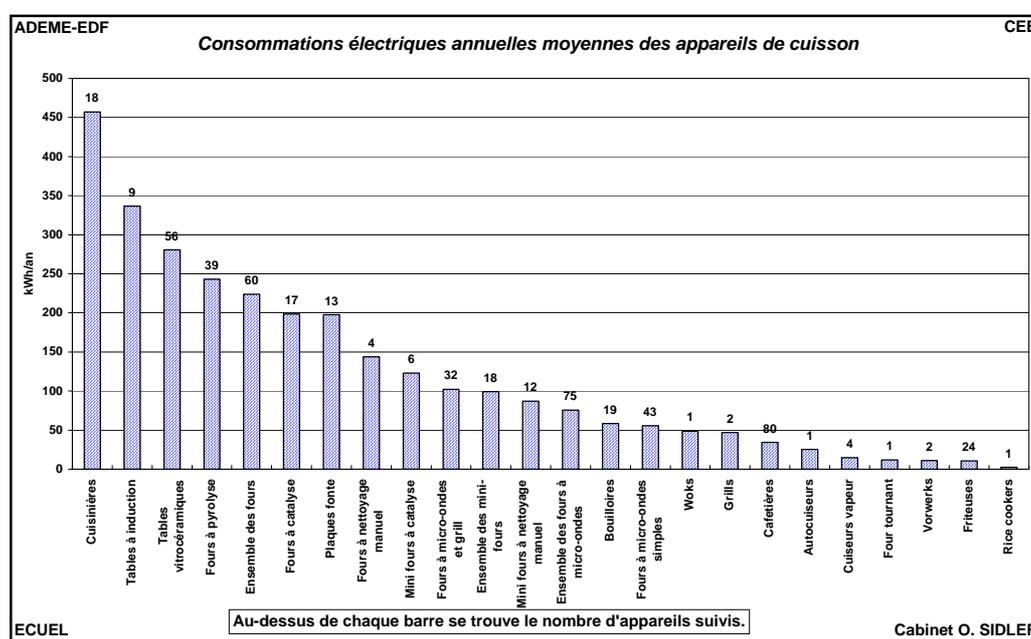
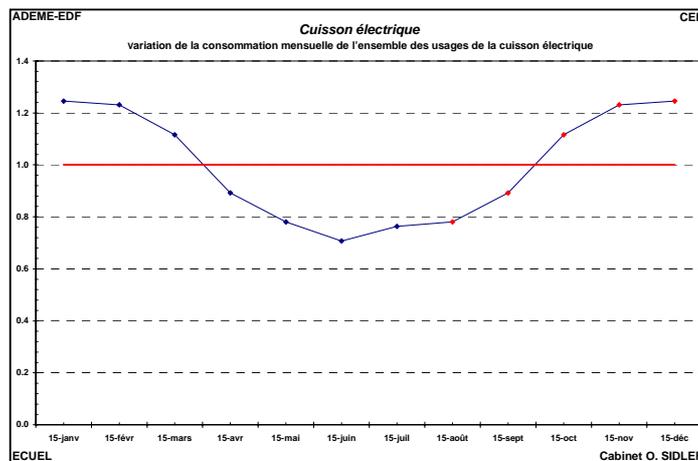


Figure 3.1 : Consommation annuelle des principaux appareils de cuisson

Vue du réseau, **50 %** de l'énergie totale du poste cuisson est absorbé par les plaques et **42 %** par les fours (tous types confondus). La cuisson représente en moyenne **14 %** de la consommation totale d'électricité (hors chauffage et eau chaude) des logements. **La consommation annuelle moyenne de l'ensemble des usages de la cuisson électrique est de**

**568 kWh/an.** Cette consommation est très saisonnière, présentant un maximum en hiver et un minimum en été (75 % plus importante en janvier qu'en juin).



*Figure 3.2 : Variation de la consommation mensuelle de l'ensemble des usages de la cuisson électrique.*

99 % des puissances appelées simultanément par l'ensemble des appareils de cuisson électriques sont inférieures à 3 kW. Plus que dans les économies d'énergie, c'est dans une meilleure gestion des puissances souscrites que les économies financières seraient les plus significatives (délestage).

### 3-1-2 Consommation annuelle des tables de cuisson

Au regard de la consommation annuelle, les tables à induction sont les moins bonnes (**337 kWh/an**), devant la vitrocéramique (**281 kWh/an**) et la fonte (**198 kWh/an**). Ce classement surprenant s'explique par les temps d'utilisation très contrastés des appareils (**58 minute/j** pour l'induction, **45** pour la vitrocéramique et **26** pour la fonte) et par l'existence sur les tables à induction d'une consommation de veille importante (8 à 18 W) représentant en moyenne **30 %** de la consommation totale. Mais, ceci ne remet pas en cause les performances intrinsèques des appareils (et notamment l'efficacité énergétique) qui sont attestées par la consommation horaire moyenne des matériels (**588 Wh/h** de fonctionnement pour l'induction contre **999 Wh/h** pour la vitrocéramique et **1161 Wh/h** pour la fonte). L'intérêt économique des tables à induction est nul par rapport aux plaques en fonte (il faut 282 ans pour atteindre le seuil de rentabilité). Ce qui guide l'achat de ce type d'appareil est plutôt la facilité d'utilisation, l'esthétique et la sécurité.

### 3-1-3 Consommation annuelle des fours

La consommation moyenne par logement des fours est de **224 kWh/an**. Elle est de 233 kWh/an pour les fours à convection naturelle et de 219 kWh/an pour les fours à chaleur tournante. En moyenne, la consommation d'un cycle de four est de **889 Wh**. Les fours à catalyse consomment **199 kWh/an**, les fours à pyrolyse **243 kWh/an** et les fours à nettoyage manuel **224 kWh/an**. Les cycles de nettoyage par pyrolyse consomment en moyenne **3490 Wh**. Bien que peu nombreux (**2,7 %** de l'ensemble des cycles), ils représentent **11 %** de la consommation totale des fours qui possèdent ce type de nettoyage. Cette consommation

pourrait diminuer en améliorant la qualité de l'isolation des enceintes (parois et portes vitrées).

La consommation horaire moyenne des fours est de **1226 Wh/h** de fonctionnement. **90 %** des puissances appelées par les fours sont inférieures à 2170 W. Pour les fours électriques, comme pour les plaques de cuisson, la technologie la plus efficace du point de vue énergétique est aussi celle qui consomme le plus. Ceci est dû à une durée d'utilisation plus importante (**36 min./j** pour la pyrolyse et **27** pour la catalyse).

### **3-1-4 Consommation annuelle des mini-fours**

Tant au niveau des puissances appelées que des consommations, les mini-fours peuvent remplacer avantageusement les grands fours de cuisine dans la plupart des cas. La puissance maximum relevée pour les mini-fours est inférieure de **34 %** (2410 W) et leur consommation annuelle de **5,6 % (99 kWh/an)** à celle des grands fours. D'une façon générale, à durée de fonctionnement égale, l'utilisation d'un mini-four à la place d'un grand four permet d'économiser **27 %** d'électricité. Comme les cycles de cuisson sont plus courts dans les mini-fours que dans les grands fours, l'économie réalisée peut être encore plus importante. La consommation horaire moyenne des mini-fours est de **898 Wh/h** de fonctionnement.

### **3-1-5 Consommation annuelle des fours à micro-ondes**

La consommation annuelle moyenne des fours à micro-ondes est de **75 kWh/an**. La puissance appelée est d'environ 1500 W pour les fours à micro-ondes simples. Cette valeur peut doubler pour les fours à micro-ondes combinés. Les premiers consomment **55 kWh/an** alors que les seconds (avec fonction grill ou combinés) consomment **102 kWh/an**. Les fours à micro-ondes sont principalement utilisés pour décongeler ou réchauffer des aliments plutôt que pour préparer des plats cuisinés. La consommation moyenne d'un cycle de cuisson est de **69 Wh**. Les fours à micro-ondes ne permettent pas de faire des économies lorsqu'ils sont utilisés pour cuisiner de façon traditionnelle. Ils peuvent même parfois consommer plus que les fours classiques. La consommation horaire moyenne des fours à micro-ondes est de **1035 Wh/h** de fonctionnement, valeur à rapprocher des 898 Wh/h des mini-fours et des 1226 Wh/h des fours classiques.

### **3-1-6 Autres appareils de cuisson**

Les bouilloires électriques ne doivent pas être négligées dans les bilans énergétiques. Leur consommation annuelle moyenne de **58 kWh/an** est supérieure à celle des fours à micro-ondes simples. Selon les appareils, les puissances appelées peuvent aller de **750 W** à **1750 W**.

La plupart des cafetières électriques appellent des puissances inférieures aux bouilloires (**686 W en moyenne**). Leur consommation annuelle moyenne (**34 kWh/an**) est également plus faible.

La moyenne des puissances appelées par les friteuses est de **1542 W**. Elles consomment **11 kWh/an** et sont principalement utilisées en été.

La moyenne des puissances appelées par les cuiseurs à vapeur est de **683 W**. Ils consomment **15 kWh/an**.

### **3-1-7 Comment réduire la consommation de cuisson ?**

Il y a peu de choses à faire, dans l'état actuel de la technologie, pour réduire la consommation du poste cuisson. Pourtant, ce serait très simple de minimiser les consommations de la cuisson : il suffirait que fours et casseroles soient calorifugées. Au moyen d'une résistance électrique intérieure pilotant la température consignée, on aurait besoin de quantité ridicule d'énergie en cuisine. Une fois en température, la casserole le restera sans difficulté pendant une heure. De même, si les fours étaient calorifugés, cela permettrait d'abord que les enfants ne se brûlent pas lorsqu'ils posent leurs mains sur l'appareil, et cela permettrait aussi de diviser par 8 ou 10 les consommations liées à la cuisson.

Des casseroles de ce type existent déjà en Suisse, mais à des prix dissuasifs liés à l'étroitesse du marché. Mais on n'imagine pas que ce marché reste au stade confidentiel où il est compte tenu du contexte général.

Bien que les réductions de consommation soient spectaculaires d'après les mesures, il est impossible de recommander l'usage de la plaque à induction à des fins économiques. Son prix n'est pas en rapport avec les économies financières réalisées. Signalons que depuis 1999 existe une plaque à induction dont la veille n'est que de 1 W.

D'un point de vue économique, et compte tenu de l'offre très dissuasive de Gaz de France sur la cuisson, il en coûte aujourd'hui aussi cher de faire sa cuisine au gaz ou à l'électricité (sauf à disposer d'un abonnement individuel gaz tous usages). Si l'on reste à l'électricité, la principale source d'économie est, pour l'instant, purement tarifaire : il n'est pas nécessaire de souscrire plus de 3 kW pour les usages cuisine. Les mesures ont montré que 99 % de la consommation s'effectuait avec un appel de puissance inférieur à cette valeur. Il suffit donc de veiller à ne pas mettre en route tous les appareils en même temps, ou à faire faire cette opération par un délesteur, pour effectuer des économies importantes.

Enfin, il faut rappeler quelques principes simples qui génèrent des économies quelle que soit l'énergie de cuisson :

- couvrir les casseroles avec un couvercle afin de limiter l'évaporation de l'eau,
- réduire l'apport d'énergie sous une casserole qui bout : en produisant moins d'évaporation, tout en maintenant l'eau à 100°C, on réduit fortement la consommation.

Rappelons aussi que pour l'électricité, il faut utiliser des casseroles à fond plat afin d'assurer un contact parfait avec la source de chaleur.

## **3-2 La production d'eau chaude sanitaire**

### **3-2-1 Consommation des chauffe-eau**

La consommation des chauffe-eau observés durant des campagnes de mesure sur de longues périodes varie dans des proportions très importantes. Ceci est dû principalement :

- au nombre de personnes dans chaque logement,
- à la différence de leurs besoins en eau chaude sanitaire (douche, baignoire, etc),
- à la qualité d'isolation du ballon,
- à la température de stockage de l'eau,
- à la position du ballon dans l'habitation (dans ou hors volume chauffé, à proximité ou loin des lieux de puisage),

- etc.

En moyenne, tous ballons confondus et sans distinction de taille de qualité ou d'usage, la consommation d'électricité moyenne observée pour les ballons est de **2.365 kWh/an**. Cette consommation peut varier de 700 à 5.600 kWh/an.

La consommation des chauffe-eau a deux origines :

- les volumes d'eau soutirés par les usagers,
- l'ensemble des pertes, celles du ballons mais aussi celles de la distribution d'eau.

L'isolation moyenne des ballons s'est, quant à elle, améliorée ces dernières années. Mais les ballons anciens, ou les ballons bas de gamme, ont des niveaux d'isolation dérisoires (20 ou 25 mm de mousse de polyuréthane). Sur certains ballons la consommation d'entretien (c'est à dire l'énergie nécessaire au maintien en température du ballon, en dehors de tout puisage) atteint 3,5 ou 4,0 kWh/j, soit 1.300 à 1.500 kWh/an. Pour ces ballons de mauvaise qualité, les pertes sont aussi importantes que la production de l'eau chaude consommée.

### **3-2-2 Comment réduire les besoins du poste « eau chaude sanitaire » ?**

#### ***3.2.2.1 En construction neuve***

En construction neuve les règles à respecter pour réduire la consommation de la production ecs sont simples :

1 - réduire l'énergie nécessaire à la production ecs c'est d'abord **réduire les consommations d'eau chaude**. Pour cela on veillera à utiliser différents matériels hydro-économiques très efficaces :

- en tête de chaque logement, on utilisera d'abord un réducteur de pression si la pression du réseau urbain dépasse 3 bars. Cela évitera des débits inutilement très élevés lors des puisages,

- au nez des robinets des éviers et des lavabos (mais surtout pas des baignoires !) on utilisera des limiteurs de débit auto-régulés (c'est à dire capable de maintenir un débit de consigne même lorsque la pression amont varie (dans certaines limites quand même)). On choisira des modèles dont le débit nominal est très faible, de l'ordre de 4 ou 4,5 l/min. Pourquoi ? Parce que tous les usages se font aujourd'hui « au fil de l'eau », ce qui est à l'origine des dérives importantes que l'on observe sur les consommations d'eau chaude. Et pour des usages de ce type, la valeur du débit importe guère et on peut donc utiliser des limiteurs à très faible débit nominal. Des utilisateurs interrogés sur la pertinence de ces choix les ont validés en affirmant qu'ils étaient tout à fait satisfaits,

- les douchettes utilisées seront de type à économie d'eau. Il en existe plusieurs technologies : douchette à turbulence, à effet Venturi, etc.

- ne plus prévoir que des douches dans la construction des logements et éviter les baignoires. Cela correspond à une réalité sociologique : la baignoire, qui coûte cher, n'est plus guère utilisée. Sa disparition restera en revanche un problème pour le bain des jeunes enfants (eux mêmes dans une baignoire à leur taille généralement placée dans la grande baignoire...).

A l'adresse [www.jeconomiseleau.org/inventaire\\_hydroeconomiques.pdf](http://www.jeconomiseleau.org/inventaire_hydroeconomiques.pdf), on trouvera un excellent document fournissant toutes les informations techniques pour choisir des matériels hydro-économiques. Description du fonctionnement de chaque technologie, fabricants, prix, etc.

2 - placer le ballon dans le volume chauffé, et faire en sorte qu'il soit très proche (c'est à dire moins de 2 mètres) des points de puisage (en général la salle de bains et la cuisine),

3 - mettre en place un ballon à très haut niveau d'isolation. La constante de refroidissement du ballon ne doit pas être supérieure à 0,15 Wh/°C.l.jour. Même avec ces performances, un ballon de 200 litres maintenu à 60 °C aura encore une consommation d'entretien de 1,25 kWh/j, soit 450 kWh/an, ce qui est beaucoup trop. On peut aussi mettre en place le ballon le mieux isolé du marché, puis créer un petit placard autour et le remplir de laine minérale,

4 - limiter la température de stockage à 60°C,

5 - calorifuger si possible la distribution d'ecs intérieure au logement avec un isolant équivalent à 20 mm de fibres minérales.

### **3.2.2.2 Améliorer une installation existante**

Les principales améliorations possibles sont :

1 - réduire les quantités d'eau soutirées de la même façon qu'au § précédent,

2 - réduire le niveau de température dans le ballon s'il s'avère qu'il est trop important. Ne pas dépasser 60 °C. Passer d'une température de stockage de 80 °C à une température de 60 °C permet en théorie (si le ballon est dans un local à 20 °C), de réduire la consommation d'entretien de 35 %,

3 - améliorer l'isolation du ballon en le revêtant d'une jaquette isolante de 6 ou 8 cm d'épaisseur d'isolant fibreux. Ces jaquettes sont vendues 15 € dans les supermarchés en Grande Bretagne. A défaut de les trouver pour l'heure en France, on peut les fabriquer soit même sans grande difficulté. On veillera dans tous les cas de figure à calorifuger aussi en partie basse le fond du ballon et les tuyauteries d'arrivée eau froide et de départ eau chaude. L'expérience montre en effet que ces éléments deviennent des points faibles très déperditifs après pose d'une jaquette. L'ensemble de ces dispositions permet de réduire de 50 % à 60 % la consommation d'entretien du ballon,

4 - on peut encore calorifuger les pattes de supportage du ballon. Car ce sont elles qui deviennent le point faible lorsque tous les autres éléments ont été isolés.

Réduire le niveau de température du ballon et isoler celui-ci permettra dans certains cas de réduire de 75 % les pertes d'entretien.

### **3.2.2.3 Changer ses comportements**

Il y a tout intérêt à ce que l'utilisateur fasse attention à ses comportements vis à vis de l'eau chaude sanitaire. On veillera tout particulièrement à :

1 - privilégier les douches au détriment des bains,

2 - ne jamais laisser couler l'eau chaude en continu, notamment pendant la vaisselle (avec rinçage au fil de l'eau chaude) : les mesures ont montré qu'une vaisselle faite au fil de l'eau nécessitait (en moyenne sur une année) 70 litres d'eau chaude. Pour tous les usages, ne faire couler l'eau qu'au moment du besoin, ni avant, ni après,

3 - on peut aussi évoquer une autre solution qui est intermédiaire entre le changement de comportement et l'amélioration technique : cesser de faire la vaisselle à la main et la faire avec un lave-vaisselle. Mieux : raccorder le lave-vaisselle à l'eau chaude. Les mesures ont montré que le lave-vaisselle permettait en moyenne une réduction de consommation d'eau chaude de 13 m<sup>3</sup>/an (soit 39 litres/j) par rapport à la vaisselle manuelle, et une économie globale (eau chaude + eau froide) de 16 m<sup>3</sup>/an.

### **3-2-3 Comment réduire la consommation du poste de production d'eau chaude ?**

Ce qui précède a permis de minimiser les besoins en eau chaude sanitaire. Mais il reste à minimiser l'énergie primaire nécessaire pour produire les volumes résiduels d'eau chaude encore nécessaire. Plusieurs pistes existent, certaines déjà largement opérationnelles, d'autres en phase d'apprentissage.

#### ***3.2.3.1 Le recours au chauffe-eau solaire***

Il s'agit d'une technique déjà ancienne, aujourd'hui bien maîtrisée, qui permet de couvrir assez facilement 40 à 50 % des besoins. L'une des particularités de cette technique tient à ce que la production énergétique par m<sup>2</sup> de capteur décroît au fur et à mesure que le taux de couverture des besoins augmente.... Ceci s'explique par le fait que plus le taux de couverture s'élève, plus la température de retour dans les capteurs augmente et donc plus le rendement des capteurs décroît (puisque les pertes, liées à la température dans le capteur qui augmente, augmentent aussi). Il y a donc un compromis à trouver entre une productivité importante, et un taux de couverture satisfaisant. En logement collectif, on considère qu'une surface de 1,5 m<sup>2</sup> capteur/logement est un bon compromis qui permettra, selon les régions, une économie d'énergie (finale) d'environ 10 à 12 kWh/m<sup>2</sup> habitable. On associe généralement un volume de stockage d'environ 50 litres/m<sup>2</sup> capteur, soit 75 l/logement.

Mais on a aussi observé un phénomène troublant : dans les bâtiments munis de capteurs solaires, la consommation d'eau chaude sanitaire est souvent plus importante que dans un ensemble immobilier identique mais sans solaire. Est-ce une réaction des utilisateurs qui pensent pouvoir se « relâcher » grâce au solaire ? Ce serait un échec....

#### ***3.2.3.2 Le chauffe-eau thermodynamique***

Il existe depuis 25 ans une autre solution simple et efficace : le chauffe-eau thermodynamique. Il s'agit d'une pompe à chaleur dont l'évaporateur est placé sur l'air extrait du logement. La température de cet air (environ 19°C) est constante au cours de l'hiver, et peut même s'élever avec les surchauffes d'été. Elle assure à la pompe à chaleur un Coefficient de Performance (COP) de qualité « honorable » (de l'ordre de 2,5). Rappelons que le COP d'une pompe à chaleur est le rapport de l'énergie (calorifique) qu'elle a produite, à l'électricité absorbée par son compresseur.

Cette solution est facile à mettre en œuvre. Elle ne nécessite que de raccorder le ballon à l'air extrait. L'ensemble n'est guère plus encombrant qu'un chauffe-eau normal.

Des solutions plus sophistiquées, mais basées sur le même principe, émergent actuellement. A partir de la chaleur récupérée sur l'air extrait, la pompe à chaleur assure à la fois le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

Une variante de ce système permet même aussi de rafraîchir le logement en été. Ce dernier dispositif a beaucoup d'intérêt. Car dans les logements performants, on a un problème : avoir trop chaud l'été. Et on a un besoin : disposer d'un peu d'eau chaude sanitaire. Grâce à la pompe à chaleur, on va supprimer le problème, en satisfaisant le besoin ! En rafraîchissant le logement la PAC lui prend de la chaleur avec laquelle elle va produire l'ECS. On a donc effectué un transfert d'énergie et rendu deux services simultanément : supprimé le problème et satisfait le besoin, en dépensant une quantité minimum d'énergie pour assurer ce transfert.

Cette solution a donc beaucoup de vertu. Elle utilise ce que l'électricité a de plus intelligent et d'unique. C'est ainsi qu'il faudra désormais utiliser ce vecteur aux qualités exceptionnelles, et non plus le dégrader sans imagination dans des résistances électriques.

Mais cela va être compliqué ! Et sûrement très cher ! A ceux qui pensent cela, il faut donc rappeler qu'ils ont déjà souvent deux pompes à chaleur chez eux, qui ne sont pas vraiment chères, ni vraiment compliquées : leur réfrigérateur, et leur congélateur. Demain, cela ne sera pas plus compliqué d'avoir aussi une pompe à chaleur pour produire de l'eau chaude.

Mais on rappellera que le COP théorique d'une pompe à chaleur vaut :

$$\text{COP}_{\text{th}} = T_c / (T_c - T_f)$$

où :

-  $T_c$  : température de la source chaude (sensiblement la température de l'ECS produite), en [°K]

-  $T_f$  : température de la source froide (sensiblement la température de l'air extrait), en [°K].

Il résulte de ce rappel que le COP sera d'autant plus élevé que l'écart entre la source chaude et la source froide sera le plus faible. Donc que l'eau chaude produite sera à la température la plus basse possible, et que la température du fluide sur l'évaporateur (en l'occurrence l'air extrait) sera la plus élevée possible.

Ceci peut conduire à des choix stratégiques et conceptuels qui pourront maximiser le rendement de la pompe à chaleur.

### *3.2.3.3 La récupération de chaleur sur les eaux usées*

Mais, avant de savoir comment « bien » produire l'eau chaude sanitaire, avec le rendement le plus élevé possible, on pourrait se demander au préalable si on ne peut pas encore améliorer le niveau des besoins nécessaires pour produire la quantité d'eau chaude utilisée dans le logement....

Cette conclusion s'impose à l'esprit quand on observe que l'eau chaude sanitaire est quand même un usage un peu particulier ! Elle coule sur la peau à 38°C, et aussitôt après, elle est évacuée vers l'égout à 36°C. On en conclut qu'en réalité, le vrai besoin en eau chaude pourrait être 15 fois plus faible que ce qu'il est aujourd'hui....si on récupérait la chaleur des eaux usées (aussi appelées eaux grises).

C'est l'étape essentielle qu'il va falloir mettre en œuvre dans tous les projets : récupérer la chaleur des eaux usées. Ce qui va nécessiter un réseau d'évacuation particulier, collectant seulement les eaux des baignoires, lavabos et éviers, voire machines à laver, pour les amener sur un poste de récupération de chaleur situé sous l'ensemble de ces éléments sanitaires (ce qui peut parfois poser des problèmes...).

Plusieurs systèmes de récupération existent, selon qu'ils sont ou non associés à un ballon d'accumulation.

La solution la plus simple, sans ballon de récupération des eaux grises, est proposée par plusieurs constructeurs. Il s'agit d'un échangeur statique dans lequel circulent dans un sens l'eau froide destinée à la production d'eau chaude et dans l'autre sens les eaux grises. Il s'agit donc d'un échange instantané entre la production d'eau chaude et l'évacuation des eaux usées.

Ce dispositif marchera très bien pour une douche prise sans rétention d'eau, ou pour un usage prolongé au fil de l'eau (vaisselle). Mais ces pratiques (au moins pour la vaisselle) ne sont pas vraiment conseillées d'une part, et elles ne représentent pas l'ensemble des modes d'utilisation de l'eau chaude. Si par exemple on prend un bain, ou qu'on utilise un lavabo bouchonné, ou encore un lave-linge, on ne pourra jamais bénéficier de la récupération de chaleur car la récupération de chaleur des eaux usées se fera en dehors de tout puisage. La

chaleur sera perdue. Ce système ne paraît donc pas le plus approprié pour avoir l'efficacité la meilleure.

Les constructeurs proposant ce type de dispositif sont :

1 - Le système **Power Pipe** est fabriqué par une société canadienne.

Information technique sur :

[www.renewability.com/Power\\_Pipe\\_ca/fr/howitworks.html](http://www.renewability.com/Power_Pipe_ca/fr/howitworks.html)

2 - Le système **Eco-GFX** est fabriqué par Ecoinnovation. Il s'agit d'une société canadienne. Le système est un simple échangeur. Des informations techniques sur :

[www.ecoinnovation.ca](http://www.ecoinnovation.ca)

3 - Le système **CalH<sub>2</sub>O de DOMELYS Technologies** se présente comme un système d'échange statique, avec au préalable un traitement et une filtration des eaux grises. Ce système s'adresse, d'après le fabricant, aux gros consommateurs d'eau. Contact :

DOMELYS Technologies

847, route de Frans

69400 Villefranche s/Saône

Tél : 04 81 81 00 02

Email : [domelys@domelys-technologies.com](mailto:domelys@domelys-technologies.com)

[www.domelys.eu](http://www.domelys.eu)

Le second type de dispositif **comporte un stockage des eaux usées**, ce qui permet de dissocier les périodes de sous tirage d'eau chaude et de rejet des eaux usées. La chaleur contenue dans l'eau d'un bain pourra être valorisée ultérieurement. L'efficacité énergétique de ce dispositif sera donc beaucoup plus importante que dans le premier cas. A condition toutefois que le ballon soit très correctement calorifugé.

Dans ce système, la récupération de chaleur se fait par un échangeur statique classique.

Un constructeur a été identifié :

### **1 - Forstner Speichertechnik GmbH**

Neulandstrasse 36

6971 Hard

Österreich/Autriche

Tél : +43 55 74 84 211

email : [info@speichertechnik.com](mailto:info@speichertechnik.com)

Contact : Maximilian Forstner

Cette société autrichienne propose ThermoCycle® WRG, un dispositif avec stockage dont le volume doit faire environ 200 litres. Le prix est d'environ 3500 €hors pose. Le lien pour la documentation est :

<http://www.speichertechnik.com/thermocycle.html>

Distribution en Suisse et en France par Eco Haus :

Metzgergasse 8B

CH - 5034 Suhr

Courriel : [info@eco-haus.ch](mailto:info@eco-haus.ch)

**3.2.3.4 La valorisation par PAC de la récupération sur les eaux usées**

Mais il faudra assez rapidement aller au-delà de la récupération statique de la chaleur des eaux usées. On doit s'orienter rapidement vers la valorisation de cette énergie à basse température par une pompe à chaleur.

Un constructeur propose déjà cette solution. Il produit de l'eau à 35°C, ce qui est regrettable parce que cela nécessite un appoint. Mais cela lui permet d'avoir un COP de 10 sur la pompe à chaleur. Contact en France :

MENERGA  
37 A, rue Jean Lacroix  
69500 BRON

Contact : Alain NICOLAS  
Tél : 06 08 53 22 21  
alain.nicolas@orange.fr

Ce système est aujourd'hui le plus intéressant en terme de performance. Mais il ne doit pas être le moins coûteux....

## **Chapitre 4 : Les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux**

### **4-1 Les enjeux**

La consommation d'électricité des services généraux a trait à tous les usages communs de l'électricité dans les bâtiments d'habitation : l'éclairage des circulations, des halls, des parcs de stationnement, les ascenseurs, la VMC, les auxiliaires de chauffage, les blocs autonomes d'éclairage de secours, etc. A l'échelle nationale, elle représente 7 TWh/an. Le niveau de consommation de ces différents usages a très peu fait l'objet d'analyses jusqu'à présent. Or on observe aujourd'hui dans les réalisations de moins de vingt ans, que la consommation des services généraux peut prendre une importance insoupçonnée. Dans les opérations récentes, la consommation des services généraux se situe fréquemment vers 1.300 ou 1.400 kWh/an/logement, leur coût annuel étant de l'ordre de 150 €/logement, faisant de ce poste le second de la facture énergétique des ménages, après l'électroménager et avant...le chauffage.

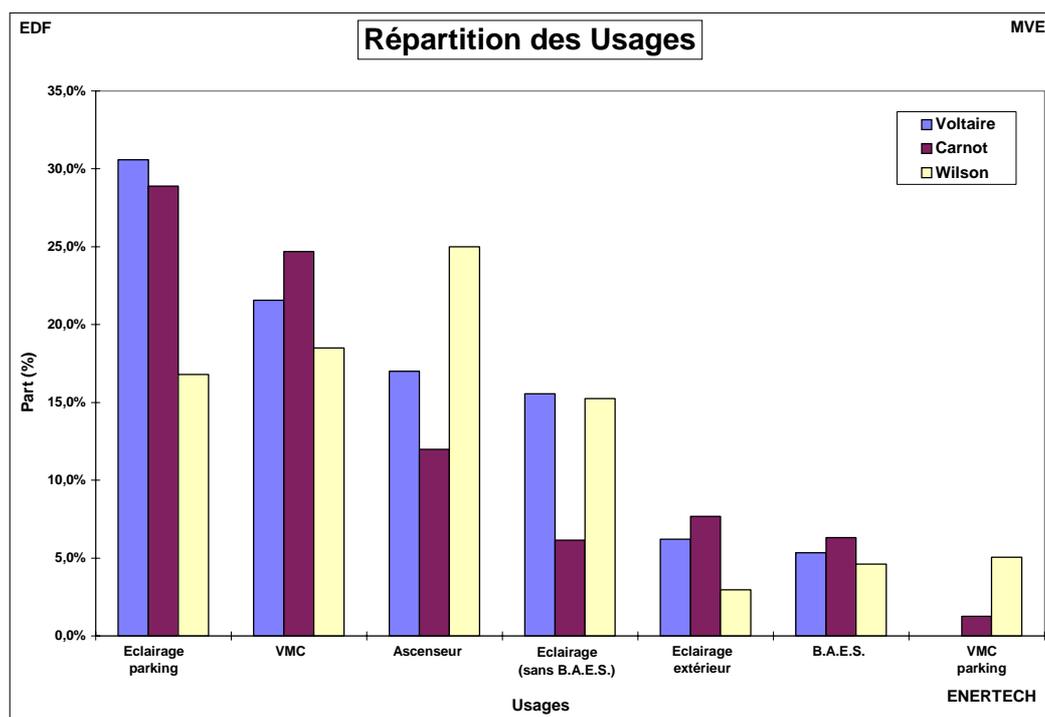
Des investigations très approfondies ont été rendues possibles grâce à la campagne de mesures conduite en l'an 2000 dans 359 logements sociaux à Montreuil (voir réf. [1]). Cette campagne est à l'initiative de l'agence locale de la maîtrise de l'énergie (Montreuil Vincennes Energie), et elle a été financée par l'ARENE Ile de France, les délégations régionales de l'ADEME et d'EDF, et la Communauté Européenne. La situation des services généraux ne s'est pas améliorée depuis. Les résultats de cette campagne sont toujours d'actualité.

Les logements appartenaient à trois opérations distinctes de 107, 124 et 128 logements regroupant 22 cages d'escaliers dont les hauteurs allaient de R+3 à R+10. Les dates de construction s'échelonnaient entre 1985 et 1992. Chaque groupe comprenait un parc de stationnement couvert sur deux niveaux disposant d'un éclairage permanent intégral (totalité des luminaires concernée) ou partiel (un tiers des luminaires concerné). Il n'y avait pas de chaufferie collective.

Tous les usages, aussi minimes soient ils, ont été instrumentés afin de déterminer avec précision et certitude quel était leur poids dans la consommation des services généraux. L'ensemble des foyers lumineux sans exception a pu être suivi. Toutes les mesures ont été effectuées au pas de temps de dix minutes. La campagne a duré 5 mois, de mai à octobre 2000. Le traitement a été effectué en base de données relationnelle.

Cette campagne a d'abord permis de dresser un état des lieux et de hiérarchiser le poids des différents usages. En moyenne la consommation des services généraux a été de 846 kWh/an/logement. Cette valeur est supérieure à celle de l'observatoire des charges de l'UNFOHLM qui est de 700 kWh/an/logement. Ceci est dû à l'âge récent des bâtiments (et donc à leur niveau de prestations). D'une opération à l'autre cette valeur varie de 675 à 950 kWh/an/logement.

La figure 4.1 représente la répartition de la consommation totale entre les sept principaux usages.



**Figure 4.1 : Parts des principaux usages de l'électricité dans la consommation globale des services généraux de trois ensembles immobiliers (sociaux) à Montreuil (2000)**

Quatre usages représentent 70 à 83 % de la consommation totale des services généraux. Ce sont l'éclairage des parcs de stationnement (26 % en moyenne), puis la ventilation mécanique contrôlée (22 %), les ascenseurs (18 %), l'éclairage des circulations (12 %). Deux usages complémentaires permettent de porter la représentation entre 79 à 94 % de la consommation des services généraux : ce sont l'éclairage extérieur (6 %) et les blocs autonomes d'éclairage de secours (BAES). Les autres usages sont très mineurs : ventilation de parking, portes de garage, ampli TV, portier, pompe de relevage, etc.

L'étude des différents usages s'est appuyée à la fois sur l'examen des dispositions constructives et techniques ainsi que sur le résultat des mesures.

## 4-2 L'éclairage des circulations

### ■ Etat des lieux

La consommation d'éclairage des parties communes observée sur 43 cages en France varie de 25 à 325 kWh/an/logement! Les différences de trafic ne peuvent pas à elles seules expliquer une telle plage de variation. Il apparaît effectivement que plusieurs facteurs jouent de façon très significative sur le niveau de consommation :

- pour tous les éclairages étudiés (escaliers, sas d'accès parking, locaux poubelles, couloirs, etc), il existe de façon systématique de très importants dysfonctionnements qui se traduisent par un blocage prolongé des minuteriers. On a ainsi observé dans un couloir une minuterie bloquée pendant 4,5 mois sur les 5 mois de campagne de mesure. Ces dysfonctionnements sont tellement systématiques et leur impact sur la consommation tellement lourd qu'il faut s'interroger sur leur origine : volontaire (blocage des minuteriers dans les armoires) ou accidentelle (minuteriers détériorés)?

### Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux

- dans le cas des couloirs, une minuterie commande en moyenne 2,9 étages. Mais on observe jusqu'à 5 étages commandés par la même minuterie, alors que la commande par niveau serait beaucoup plus économique (en gros 5 fois moins consommatrice...),

- la durée des minuteriers, pour les couloirs (tous sensiblement identiques) varie de 1 à 4 minutes, la moyenne étant de 2,5 minutes, mais on a observé (sans accès au parking) des durées de minuterie allant de 1 à 7 minutes. Il semble que cette durée ne soit pas vraiment optimisée et qu'elle puisse être considérablement réduite. Par ailleurs, aucun usager ne se plaint d'une durée de une minute pour les minuteriers ainsi réglés. Il semble donc exister une marge importante d'économie,

- la puissance des ampoules utilisées est généralement de 60 W, mais on trouve aussi 100 W. Associée à la densité de points lumineux ceci constitue un facteur explicatif important.

Le tableau de la figure 4.2 regroupe les principales caractéristiques des différents usages de l'éclairage dans les parties communes. Il s'agit de valeurs moyennes sur l'ensemble des observations faites.

Caractéristiques	Eclairage des					
	couloirs	escaliers encloisonnés	escaliers non encloisonnés	halls d'entrée	accès parking (1)	locaux poubelles
Nombre moyen d'étages commandés par une même minuterie	2,9	4,1	4	--	--	--
Consommation annuelle globale par unité (kWh/an)	703	268	120	596	618/206	189
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	65	19,5	15,1	29	22,0/9,3	7,6
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	20	5,4	4,5	9	8,0/2,5	2,4
Durée moyenne de fonctionnement des minuteriers (minutes)	2,5	1,9	1,8	2,5	3,7	--
Nombre moyen d'allumages annuels par minuterie	23698	8069	8940	15786	13 900/ 17 220	1935 (inter)
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	761	179	333	257	189	26
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	1275	946	211	669	2 246/933	3141

(1) : seuls 5 accès parking ont été étudiés et sur les 5 l'un d'entre eux a connu un grave dysfonctionnement. Les valeurs séparées par / représentent à gauche la valeur moyenne avec la cage en dysfonctionnement et à droite la valeur moyenne sans cette cage.

**Figure 4.2 : Ensemble des caractéristiques des principaux usages de l'éclairage dans les parties communes des immeubles d'habitation**

Toutes les valeurs de ce tableau ont été déterminées en maintenant la présence des cages en dysfonctionnement dans le calcul des valeurs moyennes, tant le phénomène est fréquent et régulier. Ceci explique les valeurs très élevées observées par exemple dans les locaux poubelles. Ceux-ci sont commandés par des interrupteurs simples qui restent en fonctionnement (par oubli) en moyenne huit heures par jour.

L'ensemble des valeurs de ce tableau ne doit être considéré que comme une première exploration du domaine : l'échantillon n'est pas encore assez représentatif pour espérer

refléter l'image exacte de chaque usage, et tous les usages n'étaient pas présents dans cette campagne (chaufferie, surpresseur, etc). En revanche il permet une bonne approche des tendances.

Le dispositif de mesure a aussi permis de connaître le nombre d'allumages de chaque foyer lumineux. Cette information est intéressante : ainsi pour les couloirs, il y a en moyenne 761 allumages/hab/an (lorsque les couloirs sont asservis à raison de 2,9 par minuterie), c'est à dire sensiblement 2 allumages par jour et par personne (on sort puis on rentre chez soi).

La connaissance du nombre d'allumages annuels permet immédiatement de conclure que, dans l'état actuel de l'asservissement des foyers lumineux, il ne faut éviter d'utiliser des ampoules fluocompactes : avec 23.700 allumages/an dans les couloirs l'ampoule durera très peu de temps : elle supporte selon les constructeurs de 6 à 10.000 allumages. Toutefois, depuis quelques temps sont apparus sur le marché des modèles supportant un nombre infini d'allumages. Ceci ne règle toutefois pas le second défaut des LBC qui les rend peu adaptées à l'éclairage des circulations : le temps de montée en puissance lumineuse, proche d'une minute et demie. Trop long dans des zones où l'on ne reste que quelques secondes. Mais là aussi, des innovations récentes vont permettre une évolution de la prescription.

### ■ Quelles améliorations pour l'éclairage des circulations ?

Les améliorations possibles pour réduire la consommation des circulations sont les suivantes :

1 - *réduire le temps de fonctionnement des sources lumineuses*. Pour cela on utilisera :

- soit des minuteries électroniques, si possible d'un modèle dit « intelligent » permettant une dérogation portant la temporisation, selon les modèles, soit à une heure (c'est trop...), soit à 20 minutes (Merlin Gérin). La durée de la minuterie sera impérativement minimisée : une temporisation d'une minute semble convenir et pourra même souvent être réduite (ce qui suppose l'utilisation de minuteries à réglage précis). Des opérations ont déjà été réalisées avec une temporisation de 24'' (le minimum que permettait la minuterie), à la totale satisfaction des usagers,

- soit une détection de présence. Celle-ci se fera au moyen de plusieurs détecteurs afin d'éviter les zones aveugles. Cette remarque sera encore plus pertinente avec les détecteurs infrarouges, les plus courants, qui fonctionnent lorsque l'utilisateur traverse les secteurs d'observation du détecteur : ainsi en marchant vers un détecteur on ne coupe plus ces secteurs, et l'éclairage peut s'arrêter. Mais la détection de présence peut être la pire des solutions si les détecteurs ne sont pas correctement réglés. Si par exemple, la temporisation de fonctionnement, après sortie du champ de détection, est de 10 minutes (pendant lesquelles il n'y a plus personne dans la zone), alors le détecteur conduira à une consommation plusieurs fois supérieure à celle d'une bonne minuterie ! Or il est très fréquent d'observer des détecteurs commandant parfaitement l'allumage, mais jamais l'extinction ! Celle-ci intervient 10 ou 15 minutes après la fin de l'utilisation. La règle à appliquer est donc simple : pour tous les détecteurs, la temporisation après sortie du champ de détection doit être très courte, de l'ordre de 10'' pas plus. Et ce réglage doit être précisé dans tous les CCTP, et obtenu de l'entreprise avant qu'elle quitte le chantier. Car l'expérience montre qu'il est rare, ensuite, qu'elle revienne pour cela. Le bet peut aussi apprendre à faire ce réglage....

Reste la question de la consommation des détecteurs de présence. Les constructeurs indiquent en général « < 1 W » sans plus de précision. Plus de précision serait néanmoins souhaitable....

2 - *individualiser impérativement les commandes d'allumage des circulations* (pour les couloirs mais pas pour les escaliers ou trois étages peuvent être commandées

### *Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux*

---

simultanément) : une commande pour un seul niveau. Il n'est pas possible de laisser fonctionner 3 couloirs à la fois alors qu'un seul est utilisé !

Techniquement ceci peut être fait très simplement grâce à la détection de présence. Le montage des détecteurs en série avec les foyers lumineux se fait aisément en construction neuve et permet cette indépendance des différents niveaux de circulation. Mieux, les bons électriciens affirment même que cette solution économe en électricité est aussi moins chère à l'installation. Ils la proposent en variante dans leurs appels d'offres lorsqu'ils veulent être moins chers.

En rénovation, cette manière de faire permet de transformer facilement une installation avec minuterie commandant plusieurs niveaux, en une installation fonctionnant en niveaux indépendants. Il suffit de court-circuiter (ou de supprimer) la minuterie, puis de placer à chaque étage les détecteurs en série avec les sources lumineuses.

#### **3 - Utiliser des sources lumineuses très efficaces**

On pense évidemment aux ampoules fluocompactes, mais on verra au § suivant que ce n'est pas toujours une bonne idée. Ces lampes ont des efficacités courantes de 60 lumen/W, mais on en trouve aujourd'hui jusqu'à 88 lumen/W. Elles sont encore un peu polluantes avec l'utilisation de vapeur de mercure et doivent en conséquence ne jamais être cassées après usage, et faire impérativement l'objet d'un recyclage.

Parfois on peut devoir renoncer aux LBC pour des questions de durée de vie. Dans ces cas, on peut utiliser des lampes de feu rouge (de la circulation) qui supportent 500.000 allumages, et ont une durée de vie de 20.000 h.

Mais il existe aujourd'hui une nouvelle piste : les leds. Ces sources, pas vraiment nouvelles, présentent des performances techniques et économiques en progression permanente. Aujourd'hui leur efficacité est d'environ 60 lumen/W et leur coût est encore un peu dissuasif. Mais dans un délai très court, ces sources deviendront l'une des meilleures solutions : lumière de qualité et efficacité seront leurs atouts.

Enfin, il existe une autre source de qualité : les tubes fluorescents de type T5. Ces tubes existent depuis 1996. Ils doivent être associés à des ballasts électroniques. Leur flux lumineux est très intense et leur efficacité lumineuse très élevée : les meilleurs tubes atteignent aujourd'hui 110 à 115 lumen/W. Leur durée de vie est deux fois plus élevée que celle des tubes T8 actuellement en place, ils autorisent un allumage franc sans clignotement et peuvent aussi, dans certains cas (associés à des ballasts « dimmables ») être régulés en intensité, soit manuellement (gradateur), soit par le biais d'un capteur d'éclairement dosant le flux artificiel en fonction du flux naturel.

Pour être valorisés au mieux, les tubes T5 doivent être placés dans des luminaires à haut rendement (réflecteur très performant), et associés à des grilles de défilement.

**4 - Faire attention à l'utilisation des lampes basse consommation dans les parties communes.** Ces lampes peuvent avoir, selon les modèles, deux défauts très graves :

- le nombre d'allumages qu'elles peuvent supporter, indépendamment du temps écoulé entre une extinction et un allumage, peut être ridiculement faible, de l'ordre de 6 à 8000 allumages pour certains grands constructeurs européens. Cela signifie que, placée dans un bâtiment comportant 3 étages éclairés simultanément, avec 10 personnes (qui allument 800 fois/an) en moyenne par palier (ce qui conduit à 24.000 allumages/an), la lampe basse consommation rendra l'âme après 3 ou 4 mois, non parce qu'elle aura atteint la fin de sa durée de vie, mais parce qu'elle aura atteint son nombre d'allumages maximum qui lui, n'est jamais indiqué par le fabricant...

- le temps de montée en puissance de leur flux lumineux est encore souvent très long. Au moment de l'allumage, le flux ne vaut que de 30 à 40 % de sa valeur nominale,

---

**Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux**

---

et il en est encore ainsi 30'' après.... Certaines marques proposent aujourd'hui des modèles avec un temps de montée en puissance très court (quelques secondes).

Le conseil est donc de bien questionner les fabricants sur leurs produits en leur demandant de garantir la durée de vie, le nombre d'allumages, la vitesse de montée en puissance du flux lumineux. Rappelons en passant que la « durée de vie » est une notion statistique : c'est le temps qui s'écoule jusqu'à ce que la moitié des ampoules d'un échantillon mis en test tombe en panne. Afficher une durée de vie de 12.000 h n'implique donc pas que toutes les ampoules vont vivre 12.000 h : certaines s'arrêteront après 1.500 h, d'autres après 17.000 h....

**5 - ne pas surdimensionner la puissance lumineuse et respecter les niveaux d'éclairage réglementaire.** On trouve parfois des niveaux d'éclairage considérables dans les bâtiments, dont on se demande parfois ce qui peut réellement les justifier. En tout cas pas le niveau de consommation auquel ils conduisent !

**6 - utiliser des couleurs claires pour les parois** afin de mieux réfléchir la lumière. Les architectes connaissent ces règles, mais on voit parfois, souvent sous la « plume » de grands noms, des murs, voire des plafonds gris anthracites transformant toute tentative d'éclairage d'un local en une mini chaufferie impuissante à fournir le confort visuel minimum auquel chacun a droit....

**7 - utiliser des luminaires de bonne qualité ayant un rendement optique élevé.** Cette question a été évoquée pour les tubes T5, mais la nécessité de recourir à des optiques à haut rendement est général et doit être un souci permanent du concepteur.

**8 - éviter à tout prix les éclairages indirects.** C'est vrai qu'ils créent une lumière agréable et diffuse, mais c'est au prix d'une surconsommation énergétique difficilement justifiable dans le contexte actuel. Ils créent aussi des surchauffes très préjudiciables pendant les mois d'été.

**9 - entretenir régulièrement les luminaires** afin de maintenir leurs qualités optiques,

**10 - remplacer tous les interrupteurs existants** par des minuteries (type rotatives), voire des détecteurs de présence.

Le tableau de la figure 4.3 regroupe les caractéristiques des économies qui peuvent être réalisées essentiellement par modification de la commande.

En construction neuve on disposera d'atouts supplémentaires : favoriser au maximum l'éclairage naturel. L'avantage produit par l'éclairage naturel est évident. L'analyse des mesures a montré qu'environ les deux tiers du trafic dans les couloirs s'opéraient pendant les heures de jour. Recourir à l'éclairage naturel permettrait de réduire la consommation de l'éclairage des couloirs de 35 à 50 %.

Les améliorations ont deux effets sur les dépenses : sur l'énergie consommée d'abord, mais aussi sur le niveau de la puissance souscrite (revu à la baisse). La détermination des économies a été faite au moyen des mesures au pas de temps de dix minutes issues de la campagne. Elle intègre notamment la disparition des dysfonctionnements grâce aux dispositifs mis en oeuvre (comme les détecteurs de présence).

Sur l'ensemble des postes d'éclairage intérieurs l'économie est de 87 % et elle représente 75 kWh/an/logement.

Caractéristiques	Eclairage des				
	couloirs (1)	escaliers encloués (2)	halls d'entrée (3)	accès parking (4)	locaux poubelles (5)
<b>Pourcentage de réduction des consommations obtenu par l'ensemble des mesures proposées</b>	<b>- 83 %</b> <b>- 92 %</b>	<b>- 58%</b>	<b>- 78 %</b>	<b>-95 %</b>	<b>- 99 %</b>
<b>Temps de retour (années) pour l'ensemble des mesures proposées</b>	<b>4,8</b> <b>11,5</b>	<b>0</b>	<b>4,2</b>	<b>6,3</b>	<b>2,1</b>

(1) couloirs : individualisation des commandes. Ligne 1 : minuterics - Ligne 2 : détecteurs de présence

(2) escaliers encloués : solution 1 (première ligne) : durées des minuterics calée à 1 minute.

(3) halls d'entrée : détecteurs de présence - Remplacement des ampoules à incandescence par des LFC sur les foyers à fonctionnement permanent.

(4) détecteurs de présence. (5) remplacement des interrupteurs par des minuterics rotatives

*Figure 4.3 : Caractéristiques des gisements d'économie d'électricité pour les principaux usages de l'éclairage dans les parties communes*

### 4-3 L'éclairage des parcs de stationnement

#### ■ Etat des lieux

C'est le principal poste de consommation d'électricité des services généraux, surtout si les luminaires fonctionnent pour tout ou partie en permanence. En moyenne la consommation des parcs étudiés était de 25.165 kWh/an, les valeurs pouvant varier de 19.420 à 31.100 kWh/an (pour des parcs comprenant de 155 à 260 places). La consommation par place de parc est en moyenne de 120 kWh/an et varie de 57 à 164 kWh/an.

L'éclairage permanent des parcs de stationnement tend à se développer pour des raisons de sécurité. Il ne paraît toutefois pas évident que la bonne réponse soit de laisser en permanence l'éclairage fonctionner. Il serait préférable de mettre en oeuvre des dispositifs (comme les détecteurs de présence) permettant de faire en sorte que dès qu'une personne s'apprête à pénétrer dans le parc la lumière l'y précède.

Enfin la qualité des foyers lumineux et des luminaires utilisés n'est pas très bonne et pourrait être considérablement améliorée.

#### ■ Quelles améliorations pour l'éclairage des parcs de stationnement ?

Les améliorations possibles pour réduire la consommation des parcs de stationnement sont les suivantes :

1 - *remplacer les ballasts ferromagnétiques standards par des ballasts électroniques, et remplacer les tubes T8 par des tubes T5.* Cette technologie a été présentée au § précédent. Dans les parcs de stationnement, on pourrait remplacer un tube T8 de 58 W par un tube T5 de 35 W. Le changement du ballast et du tube permet une réduction de consommation de 47 %. Le tube T5 a par ailleurs d'énormes avantages puisqu'il est peu affecté par le vieillissement. Signalons aussi que certaines sociétés commercialisent des kits de remplacement permettant d'adapter les tubes T5 dans les luminaires en place (Marque Saveiteasy - [www.saveiteasy.fr](http://www.saveiteasy.fr) - Distribué par **ProLight Solutions** - Tel : 01 71 49 10 23 Email : [cvillemain@prolightsolutions.com](mailto:cvillemain@prolightsolutions.com)).

On pourra aussi utiliser des optiques de meilleur rendement. Toutefois dans les parcs de stationnement, il faut en principe utiliser des luminaires étanches. La poussière et les fumées réduiraient rapidement l'intérêt des optiques de qualité si elles étaient à l'air libre.

**2 - généraliser la commande des éclairages de parcs par détecteurs de présence.** La meilleure solution est évidemment au niveau des sas d'accès et des portes de garage, avec éventuellement un zonage à l'intérieur du parc (trois zones suffisent).

Les détecteurs de présence les plus courants dans les parcs sont les détecteurs infrarouges. Mais cette solution nécessite la pose de nombreux détecteurs, et occasionne beaucoup d'insatisfaction des usagers parfois brutalement plongés dans l'obscurité...

Si le détecteur est placé dans le sas d'accès au parking, il donnera satisfaction au sens où lorsque l'utilisateur pénétrera dans le parc, la lumière l'aura précédé. Mais dans ce cas, il faudra que le réglage de la temporisation après sortie du champ soit un peu longue, faute de quoi, l'utilisateur sera fréquemment plongé dans le noir.

Si les détecteurs sont dans le parking, leur fonctionnement pourra poser des problèmes, ou ne pas conduire à un fonctionnement très optimisé, si on utilise les détecteurs infrarouges. Car ceux-ci ne permettent pas la « vision » dans les box ou sur les emplacements. On est donc obligé de choisir des temporisations assez longues (4' par exemple). Il existe pourtant une solution développée par une petite société suédoise (Extronic) : le détecteur sonore. Un seul micro permet la détection de tout un parking et la commande de l'ensemble des luminaires. Le système est très bon marché. La seule difficulté rencontrée dans la mise en œuvre de ce dispositif est la discrimination des fréquences acceptées de manière à éliminer les « bruits parasites » que sont les descentes d'eaux usées ou d'eaux pluviales par le parking, la circulation d'autres voitures sur une rampe d'accès à plusieurs niveaux, etc. On dispose de deux bandes de fréquences à régler afin de ne laisser passer que les fréquences jugées discriminantes.

La dernière difficulté présentée par ce dispositif, à l'heure actuelle, est relative aux échanges avec la Suède, à défaut d'un importateur. Ils doivent se faire en anglais. La notice doit être traduite par le maître d'œuvre. Informations techniques détaillées :

[www.extronic.se/narvaro/en/1f.-closed-garage-with-acoustic-detector.html](http://www.extronic.se/narvaro/en/1f.-closed-garage-with-acoustic-detector.html)

L'économie de toutes ces mesures regroupées est en moyenne de 184 kWh/logt/an, soit aussi une réduction de consommation de 87 %. Le temps de retour est de 2,2 ans. Il s'agit de très loin du plus gros gisement d'économie observé. Mais il est vrai que cela tient certainement à la présence d'éclairage permanent sur les sites étudiés.

## **4-4 L'éclairage extérieur**

### **■ Etat des lieux**

En moyenne l'éclairage extérieur a consommé 5.465 kWh/an/bâtiment (soit 52 kWh/an/logement), mais ces valeurs varient de 3.800 à 6.800 kWh/an. Il est délicat de généraliser ces consommations, car chaque opération est particulière. On retiendra néanmoins quelques caractéristiques intéressantes de l'éclairage extérieur :

- toutes les ampoules en place étaient des lampes à incandescence, ce qui peut surprendre, car l'éclairage extérieur est le domaine royal d'utilisation des lampes basse consommation (peu d'allumages et grande durée de fonctionnement),

- la durée annualisée de fonctionnement est en moyenne de 4.660 h (soit 12,8 h/j), mais elle varie d'une opération à l'autre de 3.770 h à 5.435 h,

**Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux**

---

- les systèmes sur horloge se dérèglent fréquemment et l'éclairage fonctionne en plein jour. Les horloges intègrent mal les changements d'heures. Leurs consignes doivent être recalées en permanence pour tenir compte de la variation de la durée du jour,

- le détecteur crépusculaire en place sur l'une des opérations a permis de réduire la durée de fonctionnement sur les systèmes à horloge en moyenne de 24 %.

**■ Quelles améliorations pour l'éclairage extérieur ?**

Les améliorations possibles pour réduire la consommation de l'éclairage extérieur sont au nombre de deux :

1 - *remplacer les ampoules à incandescence par des lampes basse consommation,*

2 - *utiliser une commande par détecteur crépusculaire doublée d'une horloge* (avec réserve de marche) afin de pouvoir éteindre l'éclairage extérieur une partie de la nuit. Mais attention : il faut vérifier la consommation du détecteur crépusculaire lui-même. Elle ne doit pas dépasser 1 VA. Or il existe des modèles pour lesquels on a observé des puissances actives de 12 W, ce qui représente plus de 100 kWh/an.

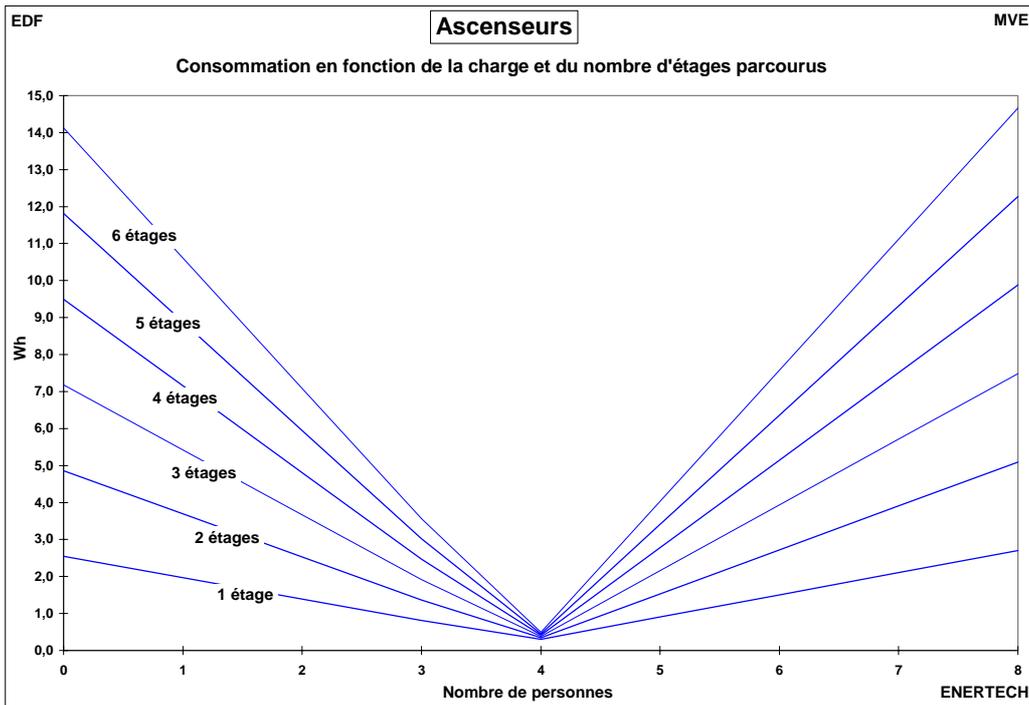
Ces deux dispositions permettent une réduction de consommation de 79 % présentant un temps de retour de 0,8 an (9,5 mois). L'économie par logement est de 41 kWh/an.

**4-5 Les ascenseurs****■ Etat des lieux**

Leur part varie de 10 à 21 % dans la consommation des services généraux. Tous les ascenseurs analysés étaient du type à contrepoids. Ils desservaient des cages allant de R+4 à R+10. La charge maximale des cabines était de 630 kg pour les deux tiers des cages, et de 1.000 kg pour le reste. L'analyse du fonctionnement des ascenseurs fait apparaître que :

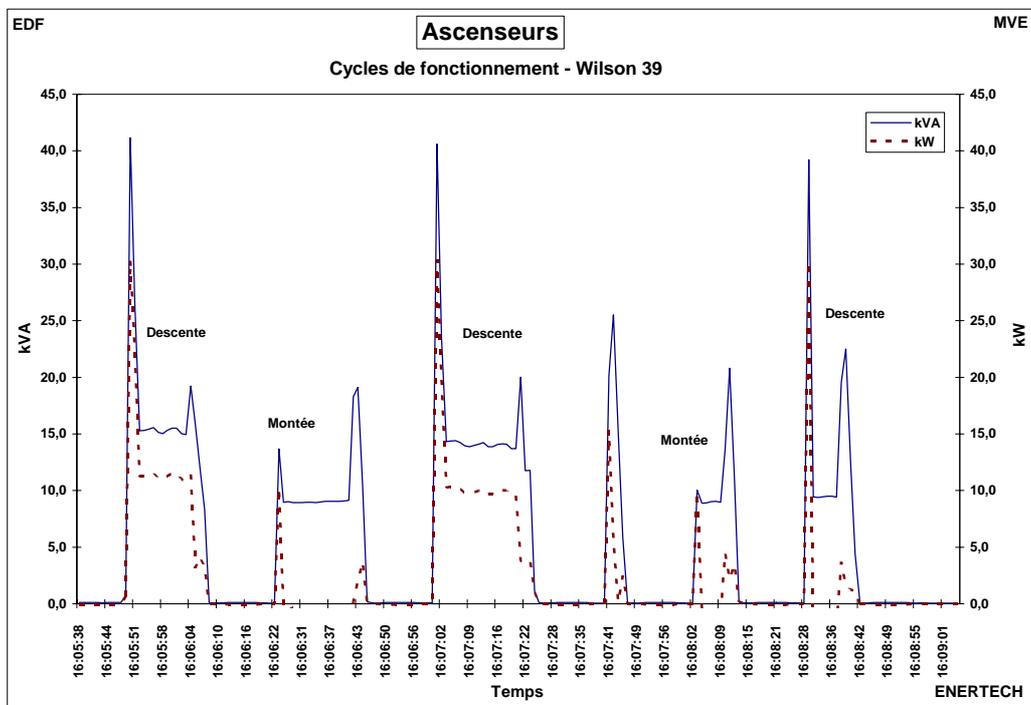
■ 40,5 % de la consommation est en moyenne absorbée lorsque la cabine est à l'arrêt. Cette consommation se partage entre la consommation de l'éclairage cabine (qui était permanent 24 h/24) et la consommation de l'armoire de commande (environ 125 W en continu). Ces consommations sont surprenantes mais pas forcément fatales,

■ la consommation maximum d'un ascenseur à contrepoids s'observe en descente à vide, ou en montée à pleine charge (voir figure 4.4). Il consomme très peu lorsque la cabine est emplie à la moitié de la charge maximale. Plus la cabine est grande plus ces consommations sont élevées. Ceci permet de conclure qu'il ne faut jamais surdimensionner une cabine car l'essentiel des courses s'effectuant à vide ou avec une personne, la consommation sera en permanence plus élevée avec une cabine surdimensionnée,



**Figure 4.4 : Consommation théorique d'un ascenseur à contrepoids (charge utile de 630 kg) en fonction du nombre d'étages parcourus et du nombre de personnes dans la cabine (de 1 à 4 personnes pour la descente, et de 5 à 8 personnes pour la montée)**

■ une part importante de la consommation est absorbée au démarrage de la cabine (fig. 4.5). Sur une course de 6 niveaux, cette part est d'environ un tiers, mais sur des courses plus courtes elle sera plus importante. Gérer correctement le démarrage apparaît donc essentiel,



**Figure 4.5 : Evolution des puissances active et apparente appelées par un ascenseur au cours d'un trajet (montée et descente) avec une seule personne à bord.**

■ en moyenne la consommation par cage était de 4.560 kWh/an, mais on observe des variations bien légitimes de 3.015 à 11.735 kWh/an en fonction du nombre d'étages desservis, de la masse de la cabine, de sa charge maximale, etc. En moyenne la consommation par logement est de **224 kWh/an**. Mais la meilleure mesure spécifique de la consommation est probablement celle attachée à la notion **d'étage.habitant**. Nous dirons que 5 personnes habitant au niveau R+7 sont équivalentes à  $7 \times 5 = 35$  étages.habitants. Ceci est une mesure du travail à fournir par l'ascenseur pour les desservir. Dans ces conditions, la consommation spécifique des ascenseurs est alors de 10,8 kWh/an/étage.habitant pour la motorisation seule (hors toute consommation d'arrêt), et de 17,9 kWh/an/étage.habitant en incluant l'ensemble des sources de consommation. Cette valeur doit en principe permettre, pour des cabines de tailles similaires, de calculer la consommation prévisionnelle d'un ascenseur traditionnel à contrepoids (moteur à vitesse constante, etc.).

### ■ Quelles améliorations pour les ascenseurs ?

Les améliorations possibles pour réduire la consommation des ascenseurs sont, dans l'état actuel de la technologie, au nombre de quatre :

1 - d'abord **choisir un type d'ascenseur à câbles et contrepoids**. Cette solution consomme près de 3 fois moins que les systèmes à vérins hydrauliques. Ceux-ci ont longtemps eu la préférence des maîtres d'oeuvre parce que leur intégration architecturale (absence de poulie de renvoi en terrasse) était plus aisée. Mais leur niveau de consommation est aujourd'hui rédhibitoire....

2 - **utiliser un moteur à vitesse variable**. Cette solution est désormais banale. Elle a de très nombreux avantages. Pour les immeubles les plus courants (jusqu'à R+6 par exemple), elle permet de réduire la consommation de la part « traction mécanique » de 50 à 70 % (ce qui, compte tenu de la consommation permanente à l'arrêt, se traduit par une économie globale de 30 à 42 %). Elle réduit d'un facteur 2,5 le courant de démarrage, donc le niveau d'abonnement électrique à souscrire, ce qui limite les chutes de tension qui existaient auparavant. Elle présente un facteur de puissance de 0.99 au lieu de 0.6, elle réduit les contraintes mécaniques du moteur et prolonge sa durée de vie.

Pour comprendre l'intérêt de la vitesse variable, il faut se reporter au graphique de la fig. 4.5. On observe qu'au démarrage (en descente, au moment de lever le contrepoids avec une seule personne en à bord), ou à l'arrêt en montée, le courant d'appel est très élevé. Ceci est dû au rendement particulièrement dégradé du moteur dans cette phase. La variation de vitesse permet une amélioration très sensible du rendement, d'où une réduction importante du courant d'appel. *A contrario*, on peut en déduire que l'intérêt de la variation de vitesse est centrée autour des démarrages et arrêts, et que cette technique sera beaucoup moins intéressante, en valeur relative, pour un immeuble de grande hauteur.

Il existe plusieurs techniques pour obtenir de la vitesse variable :

- l'utilisation d'un moteur synchrone tournant à 95 t/min a permis à Koné, dès 1996, de mettre sur le marché une solution intéressante. Ce moteur attaquant directement le tambour d'entraînement du câble, sans aucun réducteur de vitesse (permettant ainsi la suppression de la transmission traditionnelle, voir le § suivant). La variation de vitesse se faisait très aisément avec le moteur synchrone,

- l'utilisation d'un moteur à courant continu : c'est la solution aujourd'hui la plus répandue, grâce à la technologie Ecm de General Electric,

- le recours à un moteur asynchrone piloté par un variateur de fréquences : cette technologie n'est plus guère utilisée qu'en rénovation.

L'un des intérêts économiques de la variation de vitesse est l'abaissement très important de la prime d'abonnement EDF. L'économie induite est généralement plusieurs fois supérieure à celle de la réduction de consommation. Attention néanmoins aux abonnements en tarif Vert et aux abonnements en tarif Jaune avec compteur électronique : la puissance appelée est calculée à partir de l'énergie consommée en dix minutes. Ceci gomme toutes les pointes de démarrage et supprime la possibilité de réduire la puissance souscrite et donc les économies financières induites. Mais la majorité des ascenseurs en immeuble d'habitation a recours à un abonnement en tarif Bleu, généralement de 36 kVA, et cet abonnement peut être ramené sans problème à 12, voire même 9 kVA.

La variation de vitesse existe depuis longtemps (via les variateurs de fréquence). Son surcoût en construction neuve est assez faible et assez vite rentabilisé. En revanche, il apparaît qu'en réhabilitation le marché de la Maîtrise de la Demande d'Electricité (MDE) n'existe pas. Les prix avancés pour transformer la motorisation d'une cabine vont de 5 à 15.000 € ce qui est hors de proportion et interdit tout espoir de rentabiliser cet investissement, en tout cas pour la fourchette haute de l'estimation.

En revanche, en construction neuve, la solution de la variation de vitesse est beaucoup plus facile à mettre en oeuvre et beaucoup moins chère. Presque tous les constructeurs en ont fait un produit phare. On pourrait encore améliorer les performances en réduisant la vitesse de la cabine (adopter 0,63 m/s au lieu de 1 m/s), réduire l'accélération très consommatrice d'énergie. Mais ceci n'est pas dans l'air du temps et les clients réclament des vitesses encore plus élevées.

**3 - Réinjecter l'électricité dans le réseau lors du freinage.** Lorsque l'ascenseur monte une cabine peu remplie, ou descend une cabine très pleine, il doit « freiner » pour retenir soit le contrepoids, soit les passagers. Cette énergie de freinage a longtemps été dissipée dans des résistances électriques, en pure perte. Le bon sens veut qu'elle soit réinjectée dans le réseau. C'est désormais le cas avec le système **Regen Drive d'Otis** qui est installé d'office sur toute la gamme Gen 2. L'économie, sur l'énergie mécanique, est de l'ordre de 40%. Tous les constructeurs devraient rapidement proposer cette solution.

**4 - utiliser des systèmes de transmission directe** permettant la suppression des réducteurs de vitesse. Ceux-ci ont en effet un rendement toujours inférieur à 70 %, le plus souvent situé entre 50 et 60 %. Il s'ensuit qu'au passage d'un réducteur de rendement 50 %, la consommation d'un ascenseur....double ! Il était donc urgent de remédier à cette situation.

Il existe au moins deux solutions pour supprimer le réducteur de vitesse : les moteurs à vitesse variable, et le système astucieux de poulies (assimilable à un palan) proposé par la Société Sodimas (Pont de l'Isère dans la Drôme).

Le recours à des systèmes évitant l'usage de réducteurs, utilisant la variation de vitesse et réinjectant l'électricité dans le réseau devrait permettre de faire évoluer la réglementation sur la ventilation des gaines d'ascenseur. Les réducteurs dégageaient beaucoup de chaleur du fait de leur mauvais rendement, tout comme les moteurs en phase de démarrage ou d'arrêt, et la dissipation de chaleur du freinage dans des résistances. Cette chaleur devait impérativement être évacuée. Aujourd'hui, on a des machineries d'ascenseurs « froides », puisque leurs consommations électriques sont très réduites. On peut donc imaginer de régler différemment la question de la ventilation de la gaine, ce qui sera apprécié de l'architecte qui recherche une très bonne étanchéité l'air de son bâtiment, étanchéité impossible à réaliser avec la gaine d'ascenseur actuelle ouverte à tous vents.

Il restera la question du désenfumage. Mais des solutions sans ventilation permanente existent.

5 - **supprimer l'éclairage permanent des cabines** lorsque celles-ci sont stationnées aux paliers. La directive européenne de juillet 1999, traduite en droit français, autorise l'arrêt de l'éclairage lorsque la cabine est vide (art. 8.17.3 de la norme EN 81-1) pour les cabines neuves. Mais aujourd'hui, le Ministère en charge du Logement indique que, même en rénovation, ce texte est applicable.

Pour une raison difficile à comprendre dans le contexte actuel de crise énergétique latente, les constructeurs ne sont pas très motivés pour mettre cette disposition en œuvre. On ne comprend pourtant pas du tout pourquoi il faudrait éclairer en permanence des cabines vides. Ceci n'introduit aucun élément de sécurité ! Même si d'aventure, une coupure de courant plongeait la cabine dans le l'obscurité, il y aurait toujours le système d'éclairage de secours avec sa batterie.

Attention : certains ascensoristes affirment aujourd'hui qu'un texte invalide la directive européenne sur ce point. C'est faux. Si la situation se présente, il faut exiger la production de ce texte improbable.

Pour asservir l'éclairage de la cabine, il existe de nombreuses solutions. La plus élégante consiste évidemment à prendre l'information du positionnement de la cabine dans l'armoire de contrôle commande. La moins élégante met en oeuvre un détecteur de présence dans la cabine, ce qui pose la question du réglage de la temporisation après sortie du champ de détection. Si, comme souvent, cette temporisation est trop importante (10'' suffisent amplement), on ruine l'intérêt de contrôler cet éclairage.

L'enjeu énergétique dépend bien sûr de la puissance installée. Les consommations observées pour l'éclairage des cabines allaient (à Montreuil) de 160 à 875 kWh/an/cabine. Le contrôle de l'éclairage est très bon marché et son temps de retour très court. Il doit être encouragé et devrait même être rendu obligatoire.

6 - **ne jamais surdimensionner les cabines**. Une cabine se déplace la plupart du temps, soit vide, soit avec une seule personne. En se référant au § sur l'état des lieux et aux courbes de la fig. 4.4 montrant les risques de dérapage des consommations, on déduira qu'il faut éviter tout surdimensionnement de la cabine en se référant à des trafics raisonnables, même s'ils sont à certaines heures un peu contraints....

7 - **recourir à des armoires de contrôle commande optimisées**. On peut attendre des fabricants qu'ils se penchent sur la consommation « passive » des armoires de commande. Cette consommation s'apparente un peu au phénomène des veilles observé dans les consommations électriques des parties privatives. Un meilleur choix des composants, une optimisation des systèmes électroniques devrait permettre d'atteindre des performances très supérieures.

8 - **recourir à des systèmes de gestion du trafic de type « collective descente », voire « collective montée »**. Ces dispositifs sont déjà très répandus. Ils permettent de gérer les trafics en enregistrant les appels et en programmant l'arrêt de la cabine à tous les étages demandeurs en cours de descente (pour la gestion collective descente). Ceci réduit les allers et retours de la cabine jusqu'au rez-de-chaussée.

L'ensemble des dispositions préconisées dans ce qui précède peut conduire à des économies spectaculaires de l'ordre de 60% de la consommation globale. On peut même espérer atteindre près de 80% avec la réinjection d'électricité dans le réseau.

## 4-6 La ventilation mécanique contrôlée (VMC)

### ■ Etat des lieux

La VMC est le second poste de consommation des services généraux dans les 3 opérations suivies. Sa part dans la consommation totale varie de 18 à 25 %. Deux des VMC étudiées étaient de type simple flux, la troisième était du type gaz hygroréglable. Les observations faites mettent en évidence que :

- la puissance appelée par les ventilateurs ne varie pratiquement pas au cours du temps, même sur l'installation de type hygroréglable. Dans ce dernier cas c'est surprenant,
- en moyenne la consommation annuelle des caissons est de 4.380 kWh, mais ces valeurs varient de 2.400 à plus de 10.000 kWh/an. En valeurs spécifiques cette consommation est de 233 kWh/logt/an et de 71 kWh/hab/an. Ces consommations sont anormalement faibles et laissent penser que les débits nominaux ne sont probablement pas atteints,
- le rendement des caissons se situe entre 20 et 25 %, ce qui est objectivement très faible.

### ■ Quelles améliorations pour la ventilation mécanique ?

La puissance absorbée (en W) par un groupe de VMC est le produit de la pression totale (en Pa) par le débit (en m<sup>3</sup>/s), divisé par le rendement du moto-ventilateur.

$$P = D \times \Delta P / \eta$$

où :

- P : puissance électrique absorbée par le moto-ventilateur [W]
- D : débit d'air [m<sup>3</sup>/s]
- ΔP : écart de pression totale [Pa]
- η : rendement du moto-ventilateur [-]

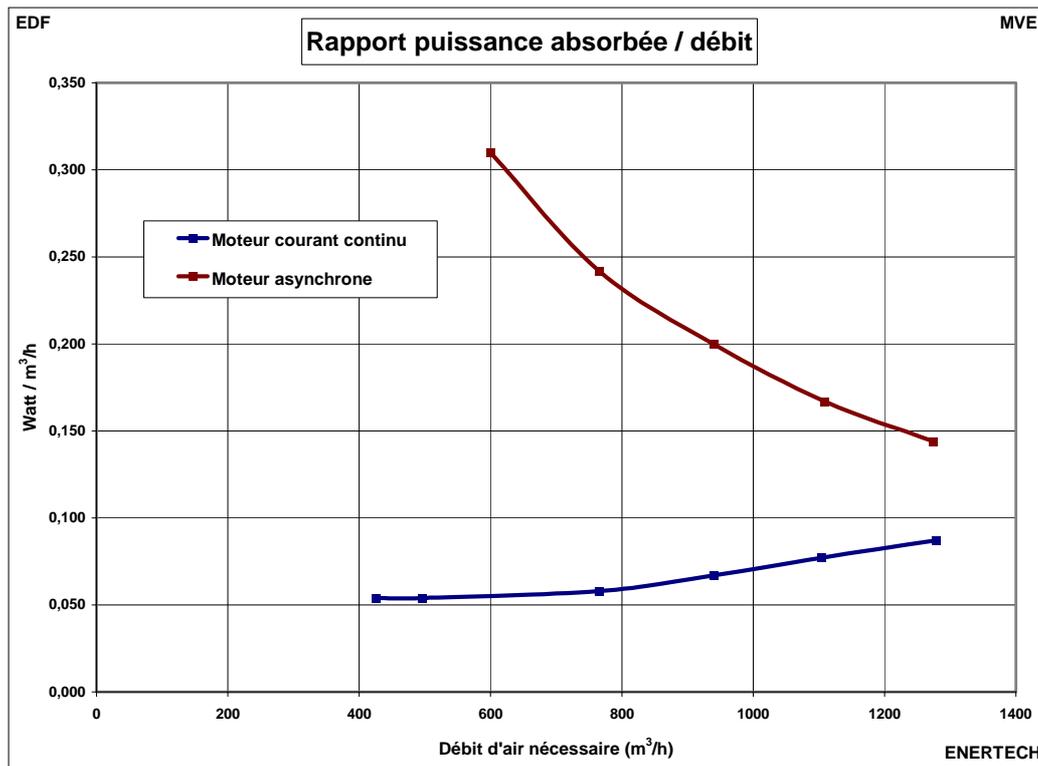
Le niveau de consommation d'un groupe de ventilation dépend donc de trois paramètres principaux :

- la qualité du réseau aéraulique. Il doit être étanche, donc réalisé avec un soin maniaque. Il doit présenter peu de pertes de charges (travailler avec des vitesses réduites, éviter de multiplier les accidents), donc être bien dessiné et autoéquilibré (réseau en étoile plutôt que linéaire). Il faut conserver à l'esprit que c'est l'antenne la plus défavorisée, aussi petite soit elle, aussi petit soit le débit qu'elle véhicule, qui imposera au ventilateur et à la totalité du débit son niveau de pertes de charge,
  - le débit doit pouvoir s'adapter aux besoins réels et être réduit dès que c'est possible,
  - le moto-ventilateur doit avoir un rendement élevé et fonctionner en un point proche de son rendement maximum. Mais si le débit de l'installation est amené à évoluer, il faut aussi que le moteur puisse s'adapter aux nouvelles conditions de fonctionnement afin d'adapter en permanence le niveau de consommation électrique aux besoins effectifs.

Les deux premiers points dépendent du maître d'oeuvre et de l'entreprise. Ils ne nécessitent aucune innovation technologique et ne demandent que du savoir-faire et un peu de rigueur. Le point trois dépend des constructeurs.

Il existe trois pistes pour améliorer le rendement des moto-ventilateurs :

1 - recourir aux moteurs à courant continu. Leur rendement à charge partielle est maintenu et même meilleur qu'à pleine charge (voir figure 4.6). Ils permettent aisément la variation de vitesse et donc l'adaptation à des conditions de débit variables. Cette technologie est la plus répandue. Issue généralement de la technologie Ecm elle autorise l'alimentation en courant alternatif des machines. Un redresseur interne permet d'avoir ensuite du courant continu. La gamme « Microwatt » d'Aldès est fondée sur cette technologie.



**Figure 4.6 : Comparaison des performances des moteurs asynchrones et à courant continu**

2 - améliorer le rendement de transmission. On remplacera pour cela la transmission par poulies et courroies par une transmission directe,

3 - améliorer le rendement d'aubage. A la manière des hydrauliciens qui affinent les profils d'aubage pour gagner quelques dixièmes de points de rendement, il faudra probablement un jour recourir aux mêmes techniques en aéronautique. La plupart des turbines utilisées en VMC sont des turbines à action. Leur rendement n'est pas très bon, mais leurs caractéristiques débit/pression sont assez bien adaptées aux contraintes de la VMC. Il n'en est malheureusement pas ainsi pour les caractéristiques des turbines à réaction dont le rendement maximum est pourtant bien meilleur.

De nombreux constructeurs proposent déjà sur le marché européen des équipements dotés d'un moteur à courant continu, d'une transmission directe et d'une variation de vitesse. Mais aucun de ces constructeurs ne dispose de produits conformes à la réglementation incendie française (la contrainte du fameux ventilateur « C4 »). On attend toujours qu'un constructeur français apporte une réponse technique satisfaisante, à défaut que la France, dans un souci d'unification des réglementations européennes, revoit certains aspects de sa réglementation incendie de manière à faciliter, dans le respect de la sécurité bien sûr, la libre circulation des produits.

Les dispositions à prendre pour obtenir une ventilation mécanique performante sont les suivantes :

### **A - Bien concevoir le réseau aéraulique**

- Optimiser la position des caissons dans les réseaux afin de réduire les longueurs. Se rappeler également que c'est l'antenne possédant la plus forte perte de charge qui impose au ventilateur le niveau de pression manométrique, même si cette antenne est seule à posséder un niveau aussi élevé, et même si le débit qui la parcourt est très faible,
  - choisir des pertes de charges linéaires très faibles dans les réseaux, ce qui conduit à surdimensionner un peu les sections,
    - réduire le nombre d'accidents (coudes, piquages, etc) le plus possible,
    - utiliser des pièces de transformation pour toutes les dérivations et proscrire les piquages effectués par découpe des conduits et adjonction de collerette,
    - porter un soin extrême, voire maniaque, à l'étanchéité à l'air des conduits. Un réseau qui fuit est un réseau qui consomme beaucoup et qui ne remplit pas sa fonction. Ceci suppose, soit l'utilisation de pièces avec joint d'étanchéité, soit l'usage soigneux de mastic et bande d'étanchéité. L'état de surface intérieure des conduits ne doit pas présenter de coulures de mastic ou de parties en saillie,
      - la modulation des débits apparaît comme une solution intéressante aussi bien d'un point de vue thermique que, dans certaines conditions, d'un point de vue électrique. On peut donc vivement recommander la ventilation hygroréglable,
      - ne jamais surdimensionner les débits, et choisir les valeurs minimales nécessaires,
      - prévoir un livret de maintenance définissant avec précision la périodicité de nettoyage des filtres (un filtre encrassé augmente la perte de charge et donc la consommation électrique du ventilateur). Imposer la présence, sur chaque caisson de ventilation disposant d'un filtre, d'un manomètre en U rempli d'eau colorée placé aux bornes du filtre et permettant de connaître son niveau d'encrassement à tout instant. Fixer dans le livret le seuil de perte de charge à partir duquel doit être nettoyé le filtre.

### **B - Choix du motoventilateur**

- ne pas surdimensionner le ventilateur, et se placer impérativement à son point de rendement maximum,
  - adopter impérativement des moto-ventilateurs utilisant un moteur à courant continu à transmission directe, permettant la variation de vitesse. Plutôt que de surdimensionner un ventilateur puis d'étrangler le débit dans un organe de tête, cette solution permettra une adaptation du débit par variation de vitesse. Ainsi une réduction de débit de 20% par étranglement, fait chuter de 10 % la puissance appelée par un ventilateur traditionnel, alors qu'avec un moteur à vitesse variable la réduction de la puissance appelée sera de 50 %.
  - si le moteur est un moteur asynchrone, le choisir dans la classe d'efficacité énergétique la plus élevée « Eff 1 ». Cette classification est européenne et tous les constructeurs la connaissent. Le surcoût est tout à fait marginal.

## 4-7 Les chaufferies

En chaufferie, l'électricité sert principalement à l'alimentation des auxiliaires, à la régulation, au contrôle et au fonctionnement des brûleurs. Il y a *a priori* peu à gagner, dans l'état actuel de la technologie, sur les deux dernières applications. Voyons donc le problème des auxiliaires, et parmi ceux-ci, **les pompes**.

### A - Principales caractéristiques des pompes de chaufferie

- lorsqu'on double le débit d'une pompe dans un réseau donné dont les caractéristiques ne changent pas, on multiplie par 8 la puissance qu'elle absorbe. La puissance varie en effet avec le cube du débit. On voit par là l'importance de choisir avec précision la pompe et son point de fonctionnement,

- toujours dans un réseau donné, lorsqu'on double la hauteur manométrique, on multiplie par 2,8 la puissance absorbée par la pompe. Ainsi, en créant dans une vanne de réglage une augmentation de la hauteur manométrique totale de 10 %, on génère une surconsommation de la pompe de 15 %,

- le rendement des pompes et de leur moteur n'est pas très bon. Pour les petites pompes (moins de 100 W) il est même catastrophique puisqu'il se situe entre 3 et 10 %. La technologie des pompes est en effet de deux types : les modèles à rotor noyé (qui constituent l'immense majorité des pompes de chaufferies et d'installations individuelles) dont la puissance maximale ne dépasse pas 1500 ou 2000 W, et les modèles à moteur ventilé dont les puissances s'étendent au-delà. Le rendement des pompes croît avec leur niveau de puissance et les meilleurs rendements (65 à 70 %) sont atteints pour les pompes à moteur ventilé.

Mais il est apparu récemment sur le marché des pompes dites « à aimants permanents ». Elles utilisent la technologie ECM de General Electric : ce sont des pompes avec moteur à courant continu. Leur rendement, surtout dans les petites puissances, est beaucoup plus élevé qu'avec les modèles traditionnels. Elles doivent être privilégiées à tout prix. Les modèles chez les différents constructeurs sont Siriux (Salmson), Magna (Grundfos), Stratos (Wilo). Ces pompes offrent de surcroît l'avantage d'être à vitesse, et donc à débit variable.

Le rappel de ces caractéristiques va guider la démarche de conception.

### B - Règles de conception des réseaux hydrauliques et choix des pompes

- choisir plutôt des chutes de température élevées dans les émetteurs : ce faisant on réduira le débit pour transférer la même puissance (une chute de 20 °C est parfaite). Attention toutefois à ne pas trop réduire les débits dans chaque émetteur : on voit apparaître des problèmes de circulation d'eau et de blocage de cette circulation avec les faibles débits,

- choisir des pertes de charges linéaires très faibles (au maximum 50 Pa/m soit 5 mm CE/m), de façon à réduire la hauteur manométrique de la pompe. Il est à noter qu'en réduisant les pertes de charges en ligne on réduit dans les mêmes proportions les pertes de charges dans les vannes qui, pour conserver la même autorité, pourront être d'un diamètre supérieur,

- pour sélectionner une pompe, regarder si la technologie à moteur ventilé n'est pas disponible et si pour l'usage et le point de fonctionnement prévus elle ne permettrait pas l'amélioration du rendement,

- ne jamais surdimensionner une pompe : il en résulte toujours des surconsommations très importantes, soit parce que l'on bypasse une partie du débit (et la puissance absorbée par le moteur croît, pour une hauteur manométrique désirée, avec le cube du débit), soit parce

---

**Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux**

---

qu'on « étrangle » le fluide (et la puissance absorbée croit, pour un débit choisi, avec la puissance 1,5 de la hauteur manométrique),

- choisir le plus souvent possible des **pompes à débit variable**, mais à condition que le débit de l'installation puisse varier, donc que la régulation terminale soit faite par des vannes deux voies. A défaut, la variation de vitesse est inutile. Cette variation peut se faire par des moteurs à courant continu ou par des moteurs asynchrones avec convertisseur de fréquence.

- tout ce qui précède suppose que l'installation est correctement équilibrée.

- il faut être prudent avec les distributions d'ECS par monotube tracé électriquement. Même avec des pertes de 7 ou 8 W/m (exigeant d'importantes épaisseurs d'isolation), la longueur des réseaux induira des puissances élevées pratiquement toute l'année. Quitte à surisoler les canalisations (ce qui est de toute façon une nécessité), autant étudier une boucle traditionnelle munie d'une pompe de bouclage de très faible puissance puisque le débit de bouclage est fonction de la chute de température entre le départ et le point de puisage le plus éloigné. Isoler la boucle c'est donc réduire la puissance de la pompe. On peut ainsi avoir des pompes de 20 ou 30 W dont la consommation devient dérisoire.

### **C - Asservissement du fonctionnement des pompes.**

La plupart du temps, les pompes tournent 24h/24, et parfois même en été, alors qu'elles pourraient parfaitement être arrêtées. Il est donc essentiel de les neutraliser chaque fois que c'est possible. Mais pour cela, il faut établir quelques distinctions :

#### ***\* pompes des circuits primaires***

Elles permettent de transférer la chaleur depuis les chaudières jusqu'au collecteur de départ, ou jusqu'à la bouteille d'équilibre. A l'arrêt des brûleurs, ces pompes doivent être neutralisées après une courte temporisation (1 à 5 minutes suffisent généralement) destinée à évacuer la chaleur résiduelle sur le corps de chaudière. On placera les sondes de température commandant le fonctionnement des brûleurs non pas sur le réseau primaire, mais sur la bouteille d'équilibre, faute de quoi elles seront trompées par l'absence de circulation d'eau.

#### ***\* pompes de charge***

Elles servent à homogénéiser la température des chaudières pour éviter les zones de surchauffes ou de condensation. *A priori*, on peut considérer que ces pompes devraient aussi pouvoir être arrêtées à la suite des brûleurs, après une temporisation suffisante évidemment.

#### ***\* pompes de production d'eau chaude sanitaire***

Elles transfèrent la chaleur vers l'échangeur de production ECS. Il faut les asservir aux besoins (soit en fonction de la position de la vanne trois voies de régulation, soit en fonction de la température de consigne pilotant cette régulation). Ces pompes peuvent être arrêtées la plupart du temps. Par souci d'homogénéisation on peut concevoir de ne les arrêter qu'après une petite temporisation.

#### ***\* pompes des réseaux de distribution de chauffage***

Elles transfèrent vers les logements la chaleur produite en chaufferie. Les déperditions, à l'inverse de la production de chaleur, étant un phénomène continu, il paraît logique que ces pompes ne soient jamais arrêtées. Si elles l'étaient, la logique même de la régulation et de la commande marche/arrêt des brûleurs serait inopérante. En revanche, il arrive fréquemment que dans les réseaux, les débits soient appelés à de fortes variations consécutives par exemple à la fermeture de nombreux robinets thermostatiques, ou de nombreuses vannes à moteur électrothermique. Plutôt que d'enclencher une vanne de

#### *Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux*

---

décharge pour ne pas endommager les pompes, il paraît bien préférable et très économique en électricité, de mettre en œuvre des pompes à débit variable (voir plus haut).

Mais on peut améliorer encore les performances si par exemple on décide d'arrêter automatiquement toutes les pompes de réseaux chauffage dès que la température extérieure dépasse une valeur de consigne qui peut être par exemple la température de non chauffage (13 ou 15 °C selon la qualité thermique de la construction), et ceci été comme hiver.

#### **D - Divers**

Deux postes peuvent encore être améliorés : les contacteurs et les vannes de réglage. Pour les premiers, plusieurs fabricants (Schneider, ABB) ont mis au point des contacteurs consommant en moyenne 3,5W au lieu de 7. Quant aux moteurs de vannes, il en existe souvent de différentes technologies rendant le même service. Choisir plutôt 3 VA que 18 VA.

### **4-8 Les B.A.E.S et les B.A.E.H**

Dans la campagne de mesure de Montreuil, ces blocs autonomes d'éclairage de sécurité, représentent une consommation par bâtiments de 5.410 kWh/an, soit autant que l'éclairage extérieur, soit aussi 5 à 6 % de la consommation totale. C'est relativement important si l'on songe qu'il s'agit essentiellement de dispositifs maintenus en charge et non actifs. La consommation de chaque bloc d'éclairage de sécurité est de 4,6 W (7 VA), soit 40 kWh/an/bloc. La consommation annuelle par logement est de 46 kWh.

Mais dans des bâtiments performants, ces dispositifs peuvent représenter 80 % de la consommation de tous les postes d'éclairage. Il est donc important de choisir des matériels performants, assurant une très faible consommation pour le maintien en charge de la batterie.

Deux sociétés offrent des produits consommant beaucoup moins d'énergie. Il s'agit de :

1 - Société : DESALUX - Type du produit : Hydra  
Consommation : 2,3 W par bloc. Conçu en « écoproduit ».  
www.desalux.com                      Tél : 05.62.20.71.40

2 - Société : Cooper Sécurité SAS - Marque : Luminox - Type : Planète  
Consommation : 0,5 W par bloc. Également Eco conçu.  
www.cooperfrance.com

### **4-9 Bilan général des améliorations**

#### *4.9.1 L'opération de Montreuil*

Au terme de cette analyse des consommations d'électricité dans les services généraux de 359 logements à Montreuil, il était apparu à l'époque (2000) que, en l'état actuel de la technologie, on pouvait réaliser **51 % d'économie d'électricité**, ce qui ramènerait à 415 kWh/an la consommation par logement. Si on exclut tous travaux sur les ascenseurs, ce gisement est encore de 44 %. Le temps de retour est d'environ 6 ans, ce qui est peu comparativement aux temps de retour observés en thermique pour la plupart des solutions.

Enfin, si on cumule les économies possibles dans les parties privatives (140 €TTC/an) et les parties communes (55 €TTC/an), l'économie potentielle sur les usages spécifiques de l'électricité, en logement social, est de 1.800 kWh/an/logt soit 200 € TTC/an. Ces valeurs seraient évidemment plus importantes dans des logements équipés de façon plus complète.

Ces chiffres montrent que l'enjeu est majeur. Mais pour accéder à ce potentiel il faudrait une mobilisation sérieuse à la fois des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'oeuvre, mais aussi des constructeurs et des installateurs sans lesquels on ne pourra créer un véritable marché de la MDE (Maîtrise de la Demande d'Electricité). Il faut pouvoir disposer de nouveaux produits performants, mais il faut aussi que les professionnels ne sur-facturent pas ces produits en les considérant comme des produits de luxe ou comme des sources d'ennuis au motif qu'ils n'en ont pas encore utilisé.

#### ***4.9.2 Expérience et enseignements de l'opération expérimentale « Damidot »***

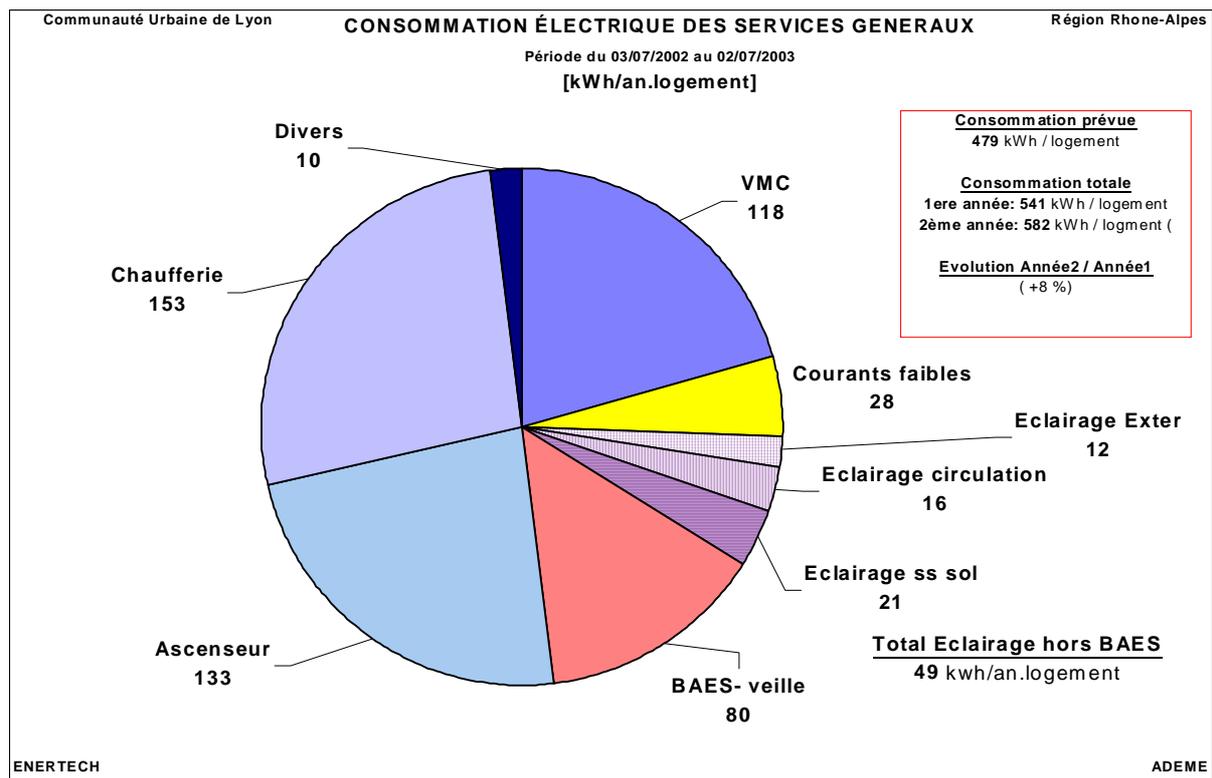
C'est une petite opération de 17 logements sociaux à Villeurbanne, livrée en 2001, inscrite dans le programme européen Restart, de type R+5 avec un niveau de parking. La plupart des principes qui précèdent y ont été mis en œuvre avec plus ou moins de facilité et de bonheur. La conception a pu intégrer ce qui avait été appris à Montreuil. Le bâtiment comportait un ascenseur (desservant le sous sol), une chaufferie collective gaz et une VMC simple flux. L'analyse précise des résultats est issue de la campagne de mesure effectuée (voir ref [2]).

##### ***4.9.2.1 Consommations mesurées***

Comme on pouvait s'y attendre, la structure et la valeur des consommations observées sont sensiblement différentes de celles d'un immeuble classique. Il s'agit de valeurs qui pourront *a priori* être utilisées dans les projets recherchant la performance des consommations électriques (même si de sérieuses améliorations peuvent encore être apportées).

La consommation électrique totale des services généraux est de **582 kWh par logement et par an**, ou encore de **7,8 kWh/m<sup>2</sup> habitable**. A défaut de dispositions performantes, la consommation aurait été de 1300 kWh/logt/an. L'économie est donc de 55%.

La figure 4.7 représente le poids relatif des différents usages.



**Figure 4.7 – Structure de la consommation électrique des services généraux**

Les usages électriques des services généraux ont fait l'objet d'un suivi global dès la livraison de l'immeuble, si bien qu'on dispose de deux années complètes de mesures. On peut noter que lors de la première année d'occupation de l'immeuble, livré en Mai 2001, la consommation électrique annuelle (541 kWh) était inférieure de 41 kWh par logt, soit 8%.

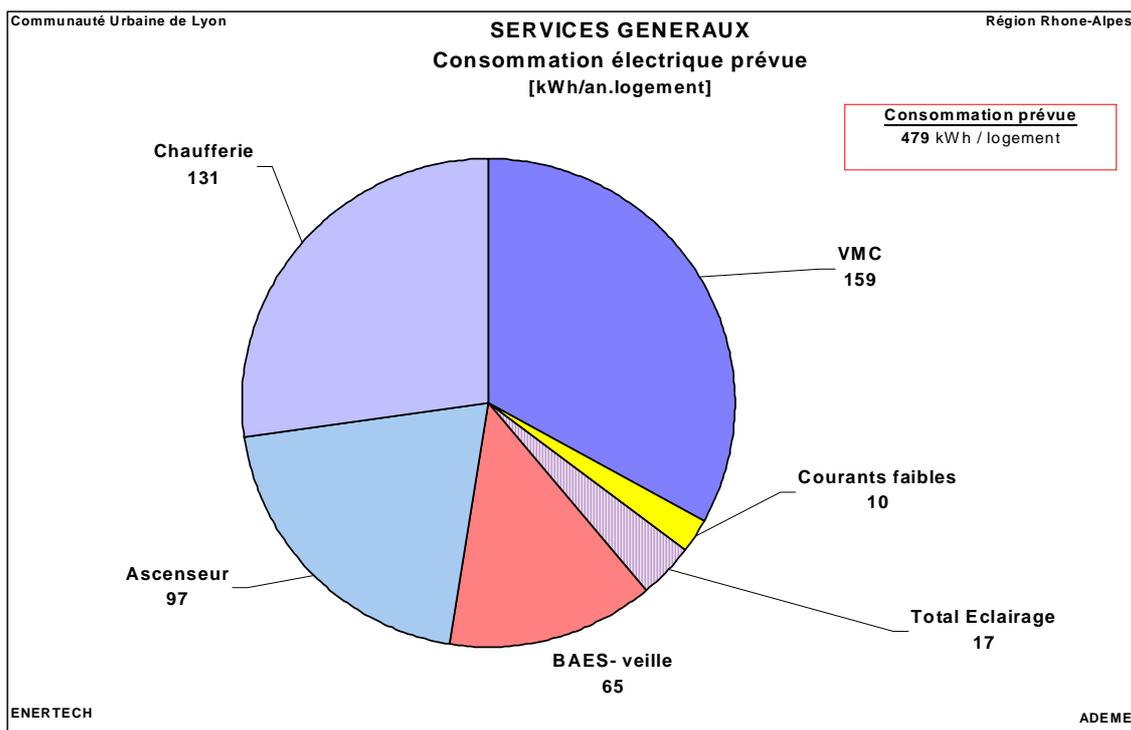
#### **4.9.2.2 Consommations prévisionnelles**

L'objectif fixé lors de la conception de cette opération était de 467 kWh/logt.an. Il avait été déterminé avant les résultats de l'opération de Montreuil, et en l'absence quasi totale de connaissances précises sur les niveaux de consommations électriques existants dans les services généraux des immeubles d'habitation, uniquement à partir de calculs estimatifs.

Compte tenu des matériels réellement installés dans l'immeuble, l'objectif a été revu légèrement à la hausse pour atteindre 479 kWh/logement.an.

C'était particulièrement ambitieux puisqu'on visait à diminuer de plus de 60 % la consommation électrique des services généraux par rapport aux valeurs usuelles.

Le graphique 4.8 présente la décomposition de la consommation électrique prévisionnelle.



*Figure 4.8 – Consommations électriques prévisionnelles des services généraux*

#### 4.9.2.3 Explication des écarts et analyse des résultats

La consommation observée est supérieure à la prévision de 103 kWh/logt.an, soit 21,5%. C'est important, et un peu décevant bien que le résultat corresponde à une baisse de 55 % par rapport à un immeuble standard.

L'analyse détaillée des différents usages consommateurs permet d'expliquer ces résultats et d'identifier les paramètres qui en sont la cause. Cette analyse détaillée est présentée en annexe A3 du rapport en réf. [2].

Cinq constatations majeures peuvent être faites.

- la principale consommation est celle de la chaufferie : **153 kWh/logt/an**, soit 26 % de la consommation totale. C'est 17 % de plus que la prévision, mais il n'existait auparavant aucune campagne de mesure sur la consommation électrique des chaufferies qui aurait permis de cibler la valeur prévisible. Dans certaines chaufferies anciennes, la consommation atteint 800 kWh/logt.an. Dans une autre chaufferie du même programme européen Restart, on a mesuré 417 kWh/logt/an (dans les deux cas il y a de l'ecs solaire). La valeur obtenue est donc malgré tout d'un assez bon niveau. La structure des consommations est la suivante :

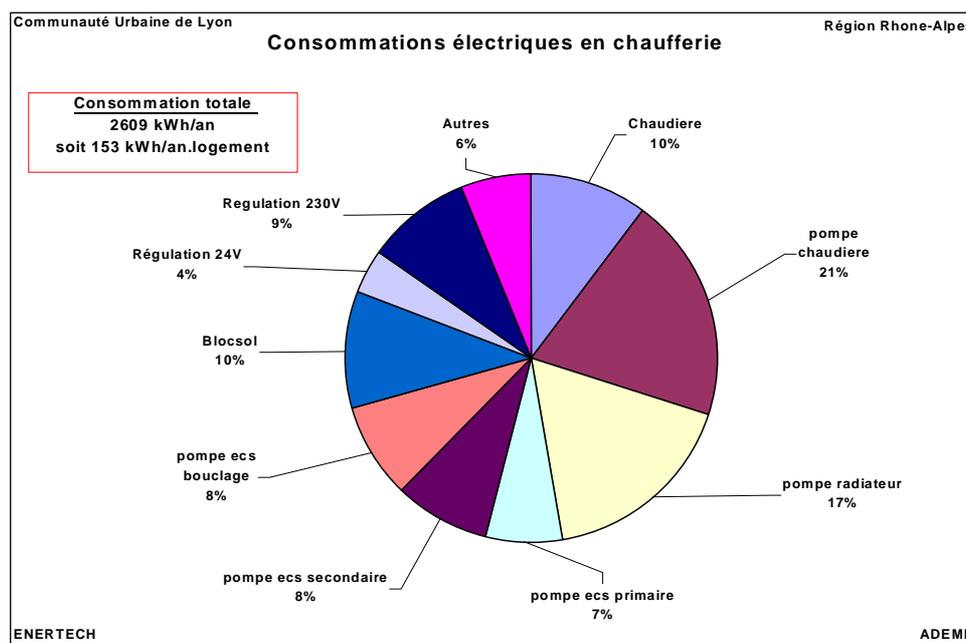


Figure 4.9 – Structure de la consommation d'électricité en chaufferie (Damidot)

Les mesures mises en œuvre pour atteindre ce résultat ont été :

- le dimensionnement *a minima* des circulateurs. Ce dimensionnement a été rendu possible par de faibles vitesses d'écoulement, et aucune surpuissance,
- l'arrêt de tout circulateur qui n'a pas de raison de fonctionner,
- la surisolation de la boucle ecs qui a permis de n'avoir une pompe de re-circulation que de 20W (encore trop puissante),
- le choix de vannes motorisées à faible consommation (de 3 à 18 VA en catalogue).

Rappelons qu'avec un chauffage individuel au gaz, consommation électrique d'une chaudière murale est de 300 à 350 kWh/an, si le circulateur n'est pas asservi au thermostat d'ambiance, ce qui est malheureusement le cas sur 75 % des chaudières. En revanche, si le circulateur est asservi, la consommation d'électricité n'est plus que de 60 à 80 kWh/an.

■ la consommation de **l'ascenseur** est de **133 kWh/logt/an** ce qui représente 23 % de la consommation totale et une hausse de 38 % par rapport aux prévisions. Mais là aussi, la prévision s'est faite sur des bases théoriques : l'économie due à la variation de vitesse du moteur, d'une part, et celle due à l'extinction de l'éclairage à l'arrêt de la machine d'autre part. Il n'existait pas de référence mesurée pour faire ces évaluations quand elles ont été faites.

Notons que, par rapport aux valeurs observées sur des installations classiques de même hauteur (224 kWh/an à Montreuil), la solution retenue apporte déjà une économie de 41 %. Ce chiffre aurait pu être encore plus élevé sans quelques dysfonctionnements comme l'éclairage de la gaine qui est resté en marche pendant 291 h à la suite d'un oubli de la maintenance! Mais surtout, la technologie qui a remporté le marché n'était de loin pas la meilleure à l'époque, et on aurait normalement dû atteindre une consommation inférieure à 100 kWh/logt/an.

■ Le troisième poste de consommation est la **VMC** qui, avec **118 kWh/logt/an**, ne représente que 20 % de la consommation totale, et surtout une **baisse de 26 % par rapport aux prévisions** et de 55% par rapport aux consommations couramment observées! Rappelons

---

**Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux**

---

que la ventilation était assurée par un caisson expérimental Aldès. Il s'agissait d'un ventilateur à vitesse variable (c'est cette opération qui a donné naissance à la nouvelle génération de Microwatt d'Aldès). La solution testée ici est donc très performante et fait partie des réussites de l'opération. On se reportera au § A3.6 de l'annexe 3 du rapport en ref. [2] pour un développement complet sur l'intérêt de ce mode de ventilation.

■ L'éclairage « utile » dans son ensemble (circulations + escaliers + hall + parking + extérieur) ne représente que **49 kWh/an/logt**, soit 8 % du total des services généraux. La valeur de référence des consommations mesurées dans les bâtiments actuels est de 310 kWh/logement.an. Globalement on a donc divisé par près de 6,5 la consommation classique de l'éclairage des parties communes. Dans le détail et par poste :

- éclairage des escaliers+hall+couloirs : consommation ramenée de 114 kWh/an à 16,5, soit une division par 7. D'autres gains peuvent encore être réalisés sur ce poste,
- éclairage des parkings : consommation ramenée de 120 kWh/place à 17,5 kWh/place, soit également une division par 7. Mais des améliorations existent,
- éclairage extérieur : consommation ramenée de 52 à 12 kWh/logement.an, soit une division par 4,3 des consommations moyennes actuelles.

Les performances atteintes pour l'éclairage des parties communes, bien qu'inférieures aux prévisions (qui étaient de 17 kWh/logement) restent intrinsèquement excellentes. Elles constituent un réel progrès par rapport à tout ce qui se construit et se fait de manière courante dans le bâtiment aujourd'hui, notamment en secteur social.

Il faut rappeler que l'une des causes de sous estimation des consommations d'éclairage tient au trafic réel qui est deux fois plus élevé dans cet immeuble (qui est dans un quartier plutôt du type « village » que « banlieue ») qu'à Montreuil.

Les solutions techniques mises en œuvre dans cette opération étaient assez en retrait de ce qui a été décrit au § 4.2. Les sources étaient des ampoules de feu rouge. Elles ont certes la propriété de pouvoir s'allumer 5 ou 600.000 fois, mais leur efficacité est moindre (il faut 75 W pour avoir le même éclairement qu'une lampe à incandescence de 60 W). La commande était faite avec des minuteries électroniques réglées entre 24'' et 1'.

■ enfin, il est intéressant de noter que **les éclairages de sécurité ( B.A.E.H.),** auxquels aucune amélioration n'avait été apportée dans ce projet, **représentent à eux seuls une charge de 80 kWh/logt/an soit 14 % de la consommation électrique des services généraux. Cette consommation est supérieure de 63% à celle de l'éclairage « utile »** décrit dans ce qui précède (fig. 4.10). Cet usage n'avait été compté que pour 65 kWh dans les prévisions car les mesures effectuées à Montreuil avaient conduit à une consommation de 40 kWh/logt.an. On peut en déduire que dans le petit bâtiment étudié, la densité de BAEH est double de celle des bâtiments qui avaient servi de référence ! Les réglementations ont des conséquences fortes....

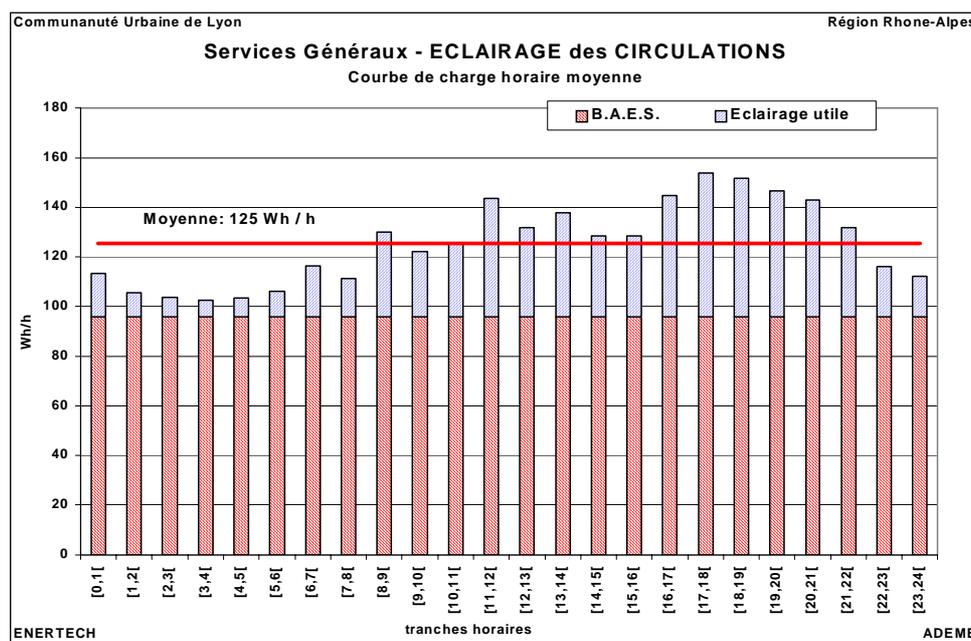


Figure 4.10 : Part des BAES et BAEH dans la consommation totale d'éclairage

Mais depuis cette opération de nouveaux types de BAEH beaucoup plus économes sont arrivés sur le marché (voir § 4.8).

Les autres usages bien que peu importants, ne doivent pas être sous-estimés.

Le poste courants faibles (portier, alarme, ampli TV, désenfumage) avec une consommation annuelle de 28 kWh par logement représente 5 % de la consommation totale, mais leur consommation prévisionnelle, faute de données précises, avait été estimée à 10 kWh.

Globalement, les résultats atteints sont bons, même s'ils sont un peu inférieurs aux prévisions qui avaient été faites. On doit rappeler que ces prévisions n'étaient fondées sur aucune observation passée puisque la plupart des dispositifs mis en œuvre avaient un caractère novateur et expérimental. Dans de nombreux cas, le dépassement est imputable à des comportements (trafic, etc.) sur lesquels on ne disposait d'aucun moyen pour agir.

#### 4.9.2.4 Améliorations possibles et recommandations

Quelques pistes se dégagent pour permettre d'améliorer encore la consommation d'énergie électrique dans les services généraux. Ces pistes se dessinent à plusieurs niveaux : conception des bâtiments, conception de matériels, maintenance et suivi, et enfin information des utilisateurs.

##### ■ Systématiser la commande d'éclairage par détection de présence

Une piste prometteuse concerne la mise en œuvre de détecteurs de présence pour les circulations et les parkings. Mais ces équipements doivent impérativement être réglés sur une temporisation courte qui actionne l'extinction au plus tôt après la sortie du champ de détection par l'utilisateur. Dans le cas de ce bâtiment, ces matériels auraient surtout permis de réduire les durées de temporisation du parking, qui sont actuellement longues afin d'éviter l'utilisation en marche forcée. Ces systèmes ne sont pas vraiment des nouveautés. Ils auraient

---

**Chapitre 4 : les usages spécifiques de l'électricité dans les services généraux**

---

pu être mis en œuvre dans le bâtiment étudié mais ne l'ont pas été pour des considérations de coût qui se sont révélées infondées puisque ces dispositifs reviennent moins cher que les classiques solutions à minuterie commandant plusieurs étages à la fois !

**■ Diminuer l'intensité lumineuse dans les circulations et les ascenseurs**

En ce qui concerne la conception des bâtiments de logements, il faut veiller à ne pas surdimensionner l'éclairage des circulations et en particulier des halls d'entrée. Ainsi avant le début de la campagne de mesure, on avait observé jusqu'à 600 lux dans les halls, ce qui est équivalent à l'intensité lumineuse nécessaire pour un travail de précision. La suppression de la moitié des ampoules a permis de diviser par deux la consommation sans aucune gêne pour les habitants.

A titre anecdotique, on a aussi relevé 1000 lux dans une cabine d'ascenseur construite dans le cadre du programme Restart....

**■ Installer des blocs de sécurité économes**

Il existe sur le marché des modèles qui consomment 0,5 W. Se référer aux indications fournies au § 4.8.

**■ Développer la maintenance et le suivi (horloge)**

On l'a vu pour l'éclairage extérieur, la présence d'une horloge dérégulée ou défectueuse peut entraîner une consommation anormale. Un suivi simple mais régulier du fonctionnement des différents automatismes, effectué par exemple par un gardien, peut permettre d'identifier et de remettre à niveau un équipement défectueux.

**■ Enfin, informer les habitants** qui sont les premiers concernés. Leur montrer qu'il y a un lien très direct entre leur comportement leur facture d'énergie. Bloquer une minuterie ou un automate sera toujours possible pour quelqu'un d'un peu habile. Mais les conséquences pécuniaires son lourdes....

---

**REFERENCES**

[1] ENERTECH « Diagnostic électrique de 359 logements à Montreuil - Tome 2 : Diagnostic électrique des parties communes » - Montreuil Vincennes Energie - EDF et ADEME Ile de France - ARENE Ile de France - Communauté Européenne - Rapport final - Février 2001.

[2] ENERTECH « Bâtiments de logements HQE économes en énergie et en eau - Programme Restart - Evaluation des performances - Suivi lourd » - ADEME - Communauté Urbaine de Lyon - Région Rhône Alpes - Communauté Européenne - Rapport final - Avril 2004.

Ces rapports sont téléchargeables gratuitement sur internet à l'adresse suivante :

**[www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)**

## **ANNEXES**



**CONSOMMATION DES APPAREILS ELECTRODOMESTIQUES PERFORMANTS**  
**Dernière mise à jour : Juin 2008**  
**Appareils ménagers et éclairage**

<b>Appareils</b>	<b>Consommation annuelle moyenne (kWh)</b>	<b>Consommation par habitant kWh/hab/an</b>
Réfrigérateurs 2 à 300 litres	140 à 150 (115)	34 (29)
Réfrigérateurs-congelateurs (ensemble)	330	99
Réfrigérateurs-congelateurs combis	300	88
Réfrigérateurs-congelateurs duos	338	110
Congélateurs (ensemble)	213	71
Congélateurs coffres 200 à 280 litres	196 (162)	46 (41)
Congélateurs armoires	262	99
Réfrigérateurs américains	612	-
Total poste froid (compte tenu de l'équipement effectivement en place chez les usagers)	339	92
Lave-linge	153 (85)	49
Lave-vaisselle	177 (gain de 40% mesuré avec raccordement eau chaude)	77
Séche-linge	321	66
Eclairage	105 à 155 selon la taille et l'usage	28
Chaudière murale bien asservie (circulateur asservi au thermostat d'ambiance)	60 à 80 selon les modèles	18
Ventilation mécanique simple flux contrôlée non hygro (valeur par logt)	118 <sup>1</sup>	36

Toutes les valeurs ci-dessus sont extraites des campagnes de mesures faites par le Cabinet O.Sidler et Enertech avec la participation financière de la Communauté Européenne, de l'ADEME et d'EDF. Il s'agit de valeurs moyennes sur l'ensemble des campagnes.

- ( ) : performances atteintes (et mesurées) par des utilisateurs « attentifs » au comportement sobre  
(1) : valeur atteinte sur une ventilation simple flux auto-réglable avec ventilateurs à débit variable