

**Commission des Communautés
Européennes**

**Agence de l'environnement et
de la Maîtrise de
l'Energie**

**Etude expérimentale des appareils
électroménagers à haute efficacité
énergétique placés en situation réelle**

PROJET *ECODROME*

**PROGRAMME SAVE
CONTRAT N° 4.1031/S/94-093**

Rapport final

Janvier 1998

CABINET OLIVIER SIDLER
Ingénierie énergétique
FRANCE - 26160 FELINES S/RIMANDOULE
TEL & FAX : (33) 04.75.90.18.54
email : sidler@club-internet.fr

Opération réalisée en partenariat avec Thomson (Groupe Brandt), OSRAM
Arthur Martin et Eberhardt Frères

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| 1 - LE CONTEXTE GENERAL | 6 |
| 1-1 Généralités | 9 |
| 1-2 La facture énergétique des logements neufs | 7 |
| 2 - RAPPEL DES OBJECTIFS, MOYENS ET METHODES DU PROJET | 13 |
| 2.1 Les partenaires financiers | 13 |
| 2.2 Les objectifs | 14 |
| 2.3 Méthodologie générale | 15 |
| 2.3.1 Hypothèses méthodologiques | 15 |
| 2.3.2 Conseil et sensibilisation des usagers | 16 |
| 2.4 Les moyens de mesures utilisés | 17 |
| 2.5 Sélection des logements | 18 |
| 2.6 Organisation de la campagne de mesures | 19 |
| 2.7 Le traitement informatique des données | 20 |
| 3 - CONSOMMATIONS CONSOLIDEES DES APPAREILS ELECTROMENAGERS EN EUROPE | 21 |
| 4 - LA CONSOMMATION GLOBALE ET LA COURBE DE CHARGE | 24 |
| 4.1 Consommations annuelles globales comparées | 24 |
| 4.2 Variations mensuelles de la charge horaire globale | 28 |
| 4.2.1 Analyse des variations de la charge horaire la première année | 29 |
| 4.2.2 Evolution des variations de la charge horaire la seconde année | 31 |
| 4.3 Saisonnalité et structure de la charge globale | 34 |
| 4.3.1 Etude de la charge globale la première année (appareils ordinaires) | 34 |
| 4.3.2 Etude de la charge globale la seconde année (appareils performants) | 37 |
| 4.4 Evaluation des transferts énergétiques | 42 |
| 5 - LA PRODUCTION DE FROID | 45 |
| 5.1 Les règles du changement des matériels | 45 |
| 5.2 Consommations annuelles comparées | 46 |
| 5.3 Variations saisonnières de la consommation | 49 |
| 5.3.1 Les réfrigérateurs | 49 |
| 5.3.1.1 Réfrigérateurs ordinaires | 49 |
| 5.3.1.2 Réfrigérateurs performants | 50 |
| 5.3.2 Les réfrigérateurs congélateurs | 50 |
| 5.3.2.1 Réfrigérateurs-congélateurs ordinaires | 50 |
| 5.3.2.2 Réfrigérateurs-congélateurs performants | 51 |
| 5.3.3 Les congélateurs | 52 |
| 5.3.3.1 Congélateurs ordinaires | 52 |
| 5.3.3.2 Congélateurs performants | 53 |
| 5.4 Variations horo-saisonnières comparées de la charge | 54 |
| 5.5 Evolution de la puissance appelée | 56 |

| | |
|--|------------|
| 7.3.2 Consommations annuelles comparées | 106 |
| 7.3.3 Saisonnalité des consommations | 107 |
| 7.3.3.1 Saisonnalité des consommations journalières | 107 |
| 7.3.3.2 Saisonnalité de la consommation spécifique des cycles | 108 |
| 7.3.3.3 Saisonnalité de la fréquence d'utilisation des cycles | 109 |
| 7.3.4 Variations mensuelles de la charge horaire des sèche-linge | 110 |
| 7.3.5 Durées de fonctionnement annuelles comparées | 113 |
| 7.3.6 Evolution de la puissance appelée | 114 |
| 7.3.7 Consommation de veille des sèche-linge performants | 116 |
| 8 - AUDIOVISUEL | 117 |
| 8.1 Les téléviseurs | 117 |
| 8.1.1 Saisonnalité des consommations | 117 |
| 8.1.2 Durées d'utilisation comparées entre la première et la seconde année | 119 |
| 8.1.3 Variations mensuelles de la charge horaire des téléviseurs | 120 |
| 8.1.4 Etude de la veille des téléviseurs | 122 |
| 8.1.5 Consommations annuelles comparées | 127 |
| 8.2 Etude des veilles du site audio-télévisuel | 128 |
| 9 - LES CHAUDIERES | 131 |
| 9.1 Principes des modifications faites | 131 |
| 9.2 Consommations annuelles comparées | 132 |
| 9.3 Distributions comparées des puissances appelées | 135 |
| 9.4 Saisonnalité des consommations | 136 |
| 9.5 Variations mensuelles de la charge horaire | 138 |
| 9.6 Influence de l'asservissement des pompes sur le confort | 141 |
| 9.7 Comment réduire la consommation électrique des chaudières individuelles? | 143 |
| 9.7.1 Les chaudières murales | 143 |
| 9.7.2 Les autres chaudières | 146 |
| 10 - ENQUETE SUR L'OPINION DES USAGERS | 147 |
| 10.1 Niveau général de satisfaction | 147 |
| 10.2 Le lave-linge | 148 |
| 10.3 Le lave-vaisselle | 149 |
| 10.4 Les appareils de froid | 149 |
| 10.4.1 Les réfrigérateurs | 149 |
| 10.4.2 Les réfrigérateurs-congérateurs | 150 |
| 10.4.3 Les congélateurs-coffres | 151 |
| 10.4.4 Les congélateurs-armoires | 152 |
| 10.5 Le sèche-linge | 152 |
| 10.6 Les ampoules fluocompactes | 153 |
| 10.7 Les chaudières | 154 |
| 10.8 Modifications du comportement vues par les usagers | 155 |
| 10.8.1 Les appareils de froid | 155 |
| 10.8.2 Appareils de lavage | 156 |
| 10.8.3 Appareils du site audiovisuel | 156 |
| 11 - APPROCHE ECONOMIQUE SOMMAIRE | 158 |
| 11.1 Rentabilité du renouvellement des appareils de froid | 158 |
| 11.1.1 Identification du problème | 159 |
| 11.1.2 Caractéristiques de consommation des appareils en fonction de leur classe énergétique | 161 |

| | |
|---|------------|
| 11.1.3 Conditions de rentabilité lors du renouvellement d'un matériel tombé en panne | 163 |
| 11.1.4 Conditions de rentabilité lors du renouvellement anticipé d'un matériel | 167 |
| 11.2 Rentabilité du renouvellement des ampoules à incandescence | 168 |
| 11.3 Rentabilité du renouvellement des lave-linge | 173 |
| 11.3.1 Evaluation des économies financières dues à l'usage des appareils performants | 173 |
| 11.3.2 Conditions de rentabilité lors du renouvellement d'un matériel tombé en panne | 174 |
| 11.3.3 Conditions de rentabilité lors du renouvellement anticipé d'un matériel | 174 |
| 11.4 Rentabilité de l'asservissement du circulateur de la chaudière | 175 |
| 11.5 Rentabilité de la suppression des veilles du site audiovisuel | 175 |
| 11.6 Surcoût par logement dans l'opération <i>Ecodrôme</i> | 175 |
| | |
| 12 - CONSEILS PRATIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE LOGEMENTS NEUFS | 178 |
| | |
| CONCLUSION | 180 |
| | |
| Annexe 1 : Liste des conseils fournis aux occupants après la première année | 183 |
| Annexe 2 : Variations horo-saisonnnières de la charge vues du réseau, pour l'ensemble d'un logement et par appareil - Première année | 186 |
| Annexe 3 : Variations horo-saisonnnières de la charge vues du réseau, pour l'ensemble d'un logement et par appareil - Seconde année | 196 |

CHAPITRE 1 : LE CONTEXTE GENERAL

1 - 1 GENERALITES

Si la Maîtrise de la Demande d'Electricité s'impose aujourd'hui aux producteurs d'électricité comme aux agences de l'énergie dans les pays occidentaux et plus particulièrement en Europe, l'existence même du programme SAVE le prouve, c'est parce qu'elle se fonde sur des faits généralement admis par tous :

☛ produire de l'électricité coûte très cher, tout comme la distribuer, notamment en zone rurale. Il faut donc optimiser la demande en cherchant à satisfaire les mêmes besoins avec des quantités d'énergie et des puissances appelées plus faibles. Bien qu'en France la qualité de la tarification basée sur le coût marginal du kWh soit un instrument puissant de régulation, elle ne permet pas d'accéder à tous les gisements d'économie potentiels,

☛ toutes les formes de production d'électricité occasionnent des nuisances environnementales qui préoccupent de plus en plus les instances internationales, et notamment la communauté européenne. Parmi les nuisances il y a évidemment les déchets nucléaires et les rejets de toutes sortes, CO₂, SO₂ ou NO_x sans que cette liste soit exhaustive. Minimiser leur production passe aussi par une meilleure maîtrise de la demande, tant il est vrai que l'énergie la plus propre est celle qu'à service rendu identique on évite de consommer,

☛ les ressources de la planète ne sont pas inépuisables, et rien ne justifie en soi toute forme de gaspillage, ou toute utilisation non rationnelle de ces ressources,

☛ dans les pays « en voie de développement » la facture de la production électrique est considérable et grève lourdement l'économie nationale tout en générant des problèmes de pollution sans solution, alors que les usages sont souvent assurés par des appareils d'un autre âge,

☛ en France même, la facture d'électricité des ménages est un poste qui demeure important. A Electricité de France un groupe de travail se penche sur le problème posé par le nombre croissant des impayés.

Allonger cette liste n'est pas utile. Depuis quelques années tous les gouvernements qui se sont succédés à la tête de la France ont proclamé leur volonté de s'inscrire dans ce qu'il est convenu d'appeler « le développement durable », cette forme d'activité humaine basée sur l'idée d'une planète Terre considérée comme un capital et dont nous ne pouvons retirer chaque année que les intérêts d'une valorisation bien conduite.

Dans cette optique de maîtrise de la demande, des coûts et des pollutions, la MDE est un maillon essentiel auquel tout le monde devrait trouver son intérêt, du producteur d'électricité à l'industriel, en passant par l'utilisateur et les pouvoirs publics.

Les partenaires de ce projet s'étaient donnés pour objectif la MDE dans les usages spécifiques du secteur résidentiel. Peut-être parce que ce secteur est un de ceux où, en France, la croissance a été une des plus spectaculaires depuis une vingtaine d'années, passant de 20 à 53 TWh. Il est évident que cette croissance, si elle se maintenait, poserait rapidement des problèmes insurmontables aux uns et aux autres. Mais à y regarder de près ce n'est pas une fatalité.

Plusieurs explications peuvent être avancées :

- le désir légitime des ménages d'accéder au confort et à certaines facilités qu'apporte l'électroménager.

- la transformation de la vie familiale. Il est aujourd'hui très fréquent que l'homme et la femme travaillent et souhaitent que les tâches de la maison soient effectuées plus vite et plus facilement.

- un contexte économique longtemps favorable dans lequel le prix des appareils électroménagers a considérablement baissé et qui a longtemps facilité les achats à crédit, laissant penser à chacun que tout cet équipement était finalement très bon marché.

- la perception que chacun a de la consommation d'électricité, celle des appareils qui, pris indépendamment les uns des autres, ne consomment « rien ou à peu près rien », l'exemple même étant le réfrigérateur.

- la perplexité de chacun face à sa consommation d'électricité globale, celle que l'on n'appréhende que très mal, la trouvant toujours exagérée lorsqu'on reçoit la facture, mais dont on ne comprend pas très bien de quoi elle est constituée. Et c'est peut-être là le fond du problème. Il y a finalement un hiatus majeur à inciter l'usage d'appareils électroménagers, ou même simplement à les vendre, sans que l'utilisateur ait la moindre idée de ce que ces appareils vont consommer, et surtout lui coûter. Toutes les théories économiques s'appuient sur un principe simple, celui de la rationalité économique du consommateur dont dépendent tous ses choix. Mais cette rationalité a besoin d'éléments pour exister, le premier d'entre eux étant le prix. Il y a donc là une sorte de piège dans lequel le consommateur s'est laissé emprisonner et qui lui retire aujourd'hui toute capacité à exercer sa rationalité légendaire.

Mais qu'on ne s'y trompe pas. Si dans la majorité des foyers ce dérapage économique n'a pas de conséquences insurmontables, il est de plus en plus de familles pour lesquelles cette absence de tableau de bord est un drame endémique conduisant régulièrement à la coupure de la fourniture, EDF le sait bien. Dans une enquête récemment menée sur le parc HLM de la Drôme, nous avons découvert que la facture énergétique des occupants de logements très récents (donc économes) représentait en moyenne un mois de leurs revenus, et que l'électroménager (hors abonnement) représentait à lui seul plus du quart de cette facture. **Il y a donc urgence à rétablir des signaux clairs entre les usagers et leur consommation d'électricité.**

- enfin il y a le développement technique un peu confus du marché de l'électroménager gouverné par des lois commerciales particulières, multipliant les marques et les modèles en ne modifiant que les habillages, mais occultant complètement les performances énergétiques des produits. Ce secteur a pu se développer au point de coûter aujourd'hui aux usagers de logements neufs aussi cher que le chauffage, sans qu'aucune règle, aucune norme, aucune loi n'ait imposé un niveau maximal de consommation, laissant les industriels faire quelques économies un peu marginales sur le prix de revient au détriment des coûts d'exploitation. Nous avons rencontré des appareils de production de froid dont la consommation annuelle correspondait à la moitié ou au tiers du prix d'achat...A la base de cette « stratégie commerciale » une idée un peu simple selon laquelle de toute façon les acheteurs ne

s'intéressent pas aux consommations mais seulement au prix d'achat. Mais l'intérêt ne peut venir qu'après une phase de sensibilisation qui n'a jamais eu lieu. Et à en juger par l'intérêt des utilisateurs assez nombreux que nous avons côtoyés, il apparaît surtout un déficit d'information considérable sur ce que consomment les produits et sur l'existence de matériels beaucoup plus performants.

Voilà pour les principaux facteurs qui permettent de comprendre cette croissance extrêmement rapide des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel. Pour inverser le cours des événements il faut agir simultanément dans plusieurs domaines. Mais à la base de tout il y a d'abord **l'impérative nécessité de faire des campagnes de mesures**. Il est étonnant de constater aujourd'hui qu'on sait finalement très peu de choses sur ce que consomment les appareils, sur l'usage qui en est fait, sur la fréquence des différents cycles de machines etc. Pour l'heure, industriels, distributeurs d'électricité, pouvoirs publics, agences de l'énergie utilisent des estimations, des évaluations dont on ne connaît pas très bien l'origine.

Pour étayer cette affirmation qui peut paraître gratuite, il faut évoquer une anecdote sur la consommation des lave-linge. Dans une note interne récente¹, une étude d'EDF visant à améliorer la qualité des estimations de consommations domestiques s'appuyait sur une consommation mensuelle des lave-linge, pour un logement de quatre pièces, de 108,5 kWh, soit 1.302 kWh/an. Alors que la consommation moyenne annuelle mesurée est d'environ 250 kWh. Soit un écart de 1 à 5...Pour le lave-vaisselle l'écart n'est que de 1 à 4. Un grand organisme français réputé pour le sérieux de ses statistiques énergétiques fait quant à lui état de consommations pour le lave-linge et le lave-vaisselle dépassant de plus de deux fois les valeurs mesurées dans les différentes campagnes de mesures. Dans le même temps, un des principaux industriels sur le marché s'interroge sur la consommation moyenne d'un cycle de lave-linge, tous cycles confondus, car personne n'en a une idée précise et les évaluations faites par les uns et les autres le sont dans un rapport de 1 à 2,5.

On voit donc à quel point il est nécessaire d'explorer ce domaine par des campagnes de mesures. On dépense plus d'argent à faire des estimations et des calculs faux que chacun refait avec ses propres valeurs qu'à unir ses efforts pour mener à bien des investigations minutieuses. Et compte tenu de l'imprécision ahurissante qui semble exister dans le domaine des évaluations, on peut presque dire que les mesures faites, où qu'elles soient faites, seront toujours plus représentatives que les valeurs utilisées aujourd'hui!

L'intérêt des campagnes de mesures est multiple. Il est à la base de toute politique de MDE. Les informations recueillies sont précieuses à plusieurs titres :

▀ elles vont permettre de connaître et de comprendre. Grâce à elles on saura le niveau de consommation de chaque type d'appareil, les niveaux exacts de puissances appelées, les appareils qui posent prioritairement problème, les modes d'utilisation, etc. De cette connaissance pourront naître des stratégies d'action claires et fondées.

▀ elles intéressent les producteurs et distributeurs d'électricité qui pourront enfin disposer de chiffres précis pour prévoir les courbes de charges. Mais toute stratégie MDE pourra aussi être évaluée avec précision, ce qui aura aussi pour effet de dimensionner avec plus

¹ Derquenne C. - « Variables socio-économiques et consommations d'électricité : étude méthodologique des consommations unitaires pour améliorer la qualité des estimations » - EDF 1994 - Coll. notes internes réf. 94NR00061

de rigueur le parc de production, chose qui n'a pas toujours été possible dans le passé, et le réseau de distribution, surtout celui des utilisateurs en zone rurale.

➤ elles intéressent les industriels. Certains d'entre eux sont déjà sensibilisés et se mobilisent. Ils veulent savoir comment fonctionnent *in situ* les appareils actuels, quelle est leur consommation, avec quelle fréquence ils sont sollicités. Ils veulent savoir quels sont les cycles les plus utilisés, combien ils consomment. Ils veulent aussi savoir comment vieillissent les appareils, si la consommation dérive ou non avec l'âge. Ils sont volontiers intéressés par les dysfonctionnements qui pourraient apparaître, notamment à travers l'usage qui est fait des appareils. Ces renseignements sont nécessaires pour les matériels en place, mais aussi pour les appareils performants qui commencent à exister et pour lesquels les industriels ont peut-être encore plus besoin d'informations. Leur stratégie future en dépend.

➤ elles intéressent les pouvoirs publics qui peuvent avoir envie d'orienter ce secteur dans un sens ou un autre, dans l'intérêt de la collectivité par exemple. Les campagnes de mesures permettront de cerner les enjeux, de fixer des priorités, de définir des stratégies. Ces stratégies peuvent avoir de multiples facettes allant de l'information du public à la normalisation des consommations comme cela existe déjà dans de nombreux secteurs de l'activité industrielle (rappelons pour mémoire les réglementations thermiques de 1974, 1982 et 1988 qui ont réduit au total d'environ 60 % le niveau de consommation de chauffage maximum dans les logements neufs).

➤ elles intéressent les organismes chargés d'élaborer des scénarii exploratoires sur les niveaux de consommations futures. Un scénario ne vaut en grande partie que par la qualité des informations qui lui ont été fournies. Sa crédibilité en dépend directement.

➤ elles intéressent les organismes de normalisation afin qu'ils intègrent dans les procédures des conditions d'expérimentation se rapprochant de la réalité, de manière à ce que les consommations normalisées soient le reflet plus exact des consommations réelles.

➤ enfin, elles sont le fondement même de l'information que l'on doit aux utilisateurs. Cela a été évoqué précédemment : il faut désormais rétablir des signaux clairs entre les usagers et leur consommation d'électricité. Ceci suppose bien sûr l'affichage des consommations normalisées en kWh, mais aussi en francs par an. Il faudra également des campagnes de sensibilisation plus larges de manière à ce que le public acquière une sorte de « culture énergétique » qui deviendrait le moteur raisonné de ses choix, un peu à la manière anglo-saxonne.

1 - 2 LA FACTURE ENERGETIQUE DES LOGEMENTS NEUFS

Dans la plupart des pays européens, des réglementations thermiques contraignantes ont été mises en place depuis vingt ans permettant ainsi une réduction très importante des consommations de chauffage. Mais dans le même temps le secteur de l'électroménager s'est développé de façon spectaculaire sans subir les mêmes contraintes réglementaires. L'examen de la facture énergétique globale des logements construits actuellement dans un pays au climat tempéré comme la France est très instructif. La facture énergétique regroupe tous les usages, abonnements, locations, etc. liés à l'énergie. L'analyse de cette facture révèle notamment que :

■ pour des logements construits depuis 1982, l'électroménager représente une part aussi importante que celle du chauffage (les abonnements ne sont pas inclus dans

l'électroménager mais dans les « postes fixes »). Ceci est vrai pour tous les logements qui ne sont pas chauffés à l'électricité. Pour ceux-ci, la part de l'électroménager est plus faible. Voir figure 1.1.

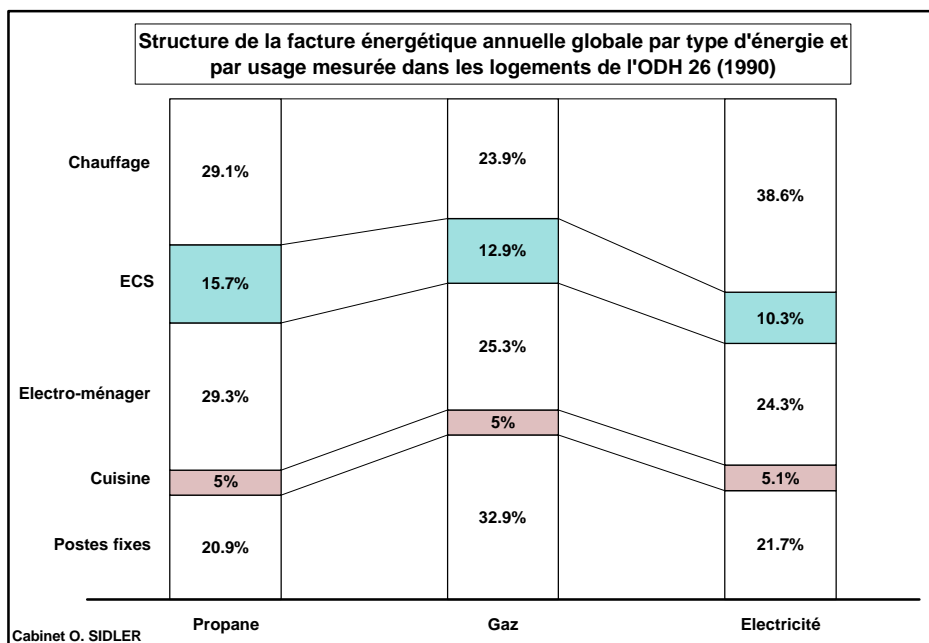


Figure 1.1 : structure de la facture énergétique annuelle de logements construits en 1988 et 1989

■ En optimisant le choix de l'énergie et en soignant l'enveloppe des bâtiments on peut encore réduire la facture énergétique globale des logements et arriver à environ 50 F TTC/m² (soit 7,7 ECU/m²).

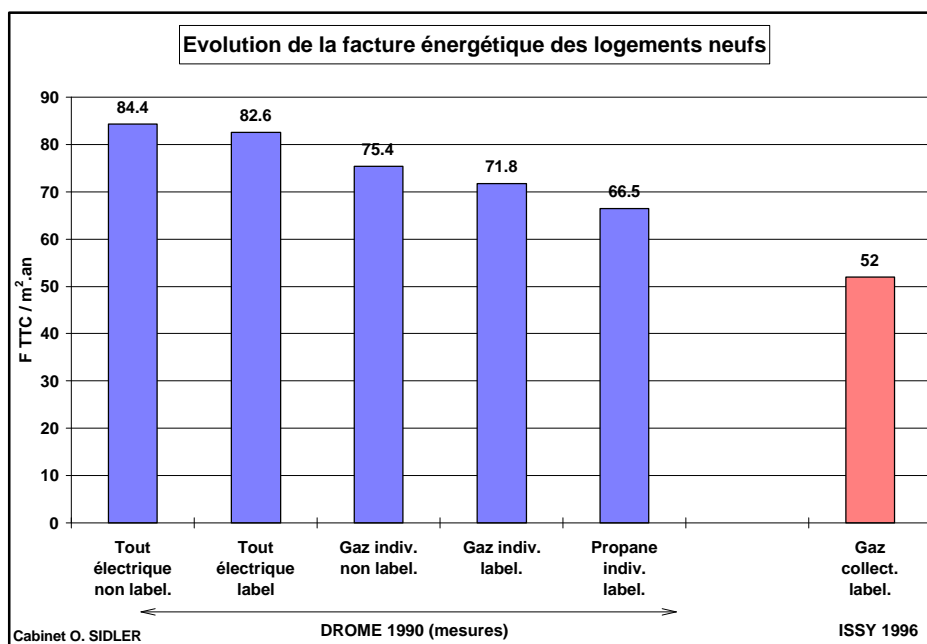


Figure 1.2 : coût de la facture énergétique en fonction de l'énergie et de la qualité du logement

Mais dans ce cas, la part de l'électroménager dans la facture est voisine de 40 %. La figure 1.3 compare la structure de la facture énergétique de logements construits en 1990 (voir aussi fig.1.1) et de logements très performants construits en 1996.

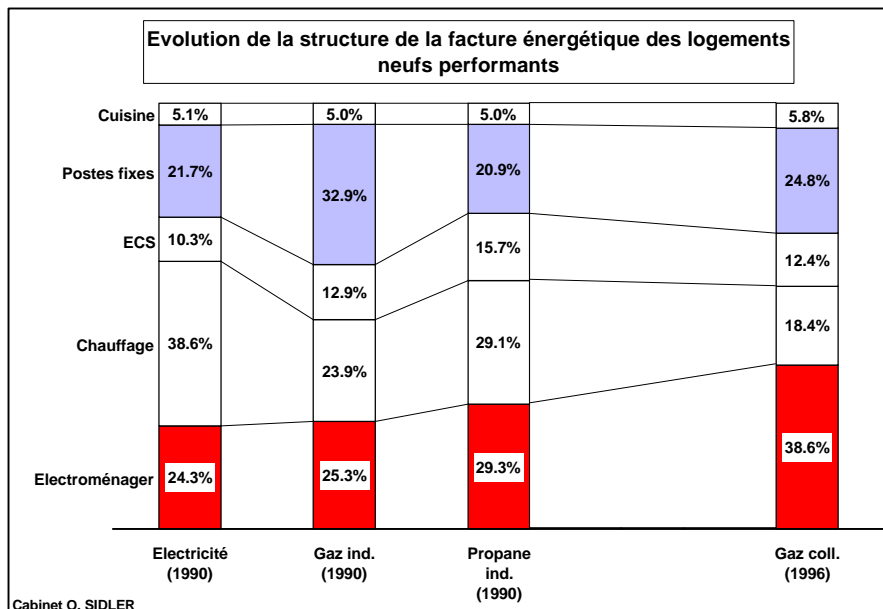


Figure 1.3 : évolution de la structure de la facture énergétique pour des logements neufs performants

Si la consommation d'électricité des logements très bien conçus dépasse la valeur moyenne adoptée pour cette évaluation (soit 1680 kWh/an) et qu'elle atteigne par exemple 3000 kWh/an, la part de l'électroménager dans la facture dépasse 50 % (Voir figure 1.4).

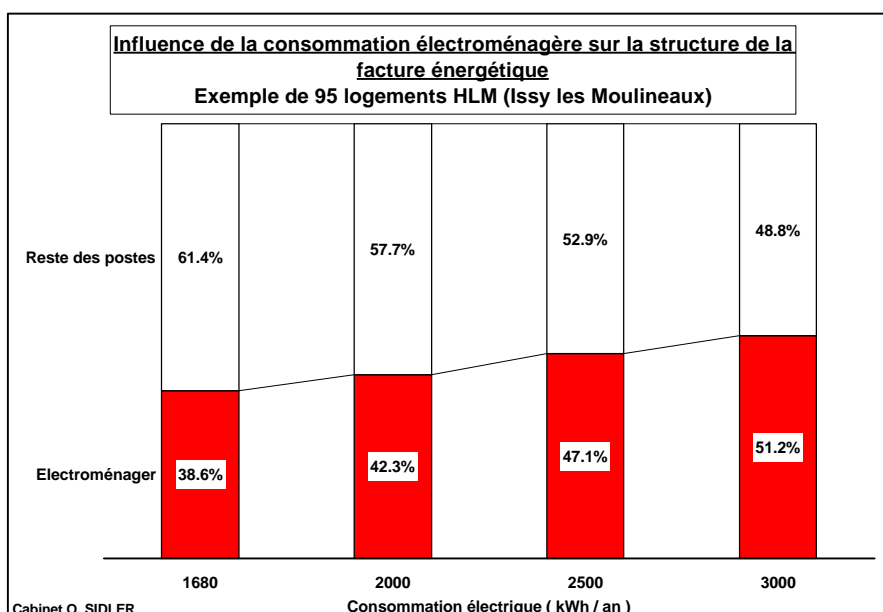


Figure 1.4 : influence du niveau de consommation électroménagère sur la facture énergétique d'un logement très performant

Conclusion : dans l'ensemble des logements neufs construits en France aujourd'hui, et probablement dans beaucoup d'autres pays de même latitude, le poste le plus important de la facture énergétique n'est pas le chauffage comme on le croit souvent mais l'électroménager qui peut être jusqu'à deux fois plus coûteux que le chauffage (sauf pour le chauffage électrique). Il représente en réalité les seules marges de progression rapide et rentable d'un abaissement de la facture énergétique.

Compte tenu de la demande de plus en plus pressante des maîtres d'ouvrage publics et sociaux de réduire les charges d'exploitation des bâtiments, la connaissance des consommations électroménagères apparaît comme un passage obligé. La démarche de l'ADEME en France qui, sous l'impulsion de Benoît Lebot, a initié les premières grandes campagnes de mesures avec l'aide de la Communauté Européenne trouve donc ici pleinement sa justification ■

CHAPITRE 2 : RAPPEL DES OBJECTIFS, MOYENS ET METHODES DU PROJET

2 - 1 LES PARTENAIRES FINANCIERS

La France s'est engagée en 1993 dans la Maîtrise de la Demande d'Electricité. Le producteur distributeur EDF et l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) ont signé des accords destinés à mettre en oeuvre des programmes de Maîtrise de la Demande Electrique.

Par ailleurs, en 1987 l'Office Départemental de l'Habitat de la Drôme (ODH 26) a décidé de ne plus construire que des logements à haute efficacité thermique (maisons bioclimatiques) afin de réduire les charges de ses locataires qui se situent parmi les couches sociales les plus défavorisées. En 1990 il a confié au Cabinet Olivier SIDLER (Ingénierie énergétique) un audit de ses cent premières réalisations. Cette étude a mis en évidence que dans les logements chauffés aux hydrocarbures le coût de l'électroménager était aussi important que celui du poste chauffage (voir chapitre 1). Pour ce Maître d'Ouvrage il devenait désormais nécessaire et urgent de maîtriser les consommations et les coûts générés par les appareils électroménagers. La facture énergétique annuelle représentait encore en moyenne un mois de revenu sur l'ensemble des logements examinés.

Telles sont à l'origine les raisons qui ont amené le Cabinet Olivier SIDLER à proposer à la Commission des Communautés Européennes et à l'ADEME, en association avec plusieurs partenaires européens, le projet d'étude expérimentale qui fait l'objet du présent rapport. C'est aussi tout naturellement que l'ODH 26 s'est associé à l'opération en mettant à disposition son parc de logements pour l'expérimentation. Ce projet a été baptisé **ECODROME**.

Se sont donc associés à cette proposition :

- l'ADEME, principal financeur avec la **Communauté européenne**,
- THOMSON (**Groupe Brandt**) (constructeur de matériels électroménagers)
- OSRAM (éclairage).

Depuis l'origine du projet, deux autres partenaires industriels nous ont rejoints : **Eberhardt Frères (Liebherr)** et **Arthur Martin** (Groupe Electrolux).

Cette équipe homogène présentait des compétences complémentaires qui ont favorisé la mise en oeuvre du projet.

L'animation générale, les études théoriques, les campagnes de mesures et le traitement des données ont été assurés par le **Cabinet Olivier SIDLER**.

2 - 2 LES OBJECTIFS

Toutes les stratégies de MDE se heurtent au problème de l'évaluation des économies d'électricité qu'elles peuvent induire. A l'origine de cette difficulté la connaissance très incomplète que l'on a de la consommation réelle des appareils, en l'occurrence les appareils électroménagers, placés en situation réelle et non plus en laboratoire. On sait depuis longtemps pour l'avoir constaté dans d'autres domaines (chauffage des logements, consommation automobile, etc), que des consommations normalisées aux consommations réelles il y a des écarts très importants qui trouvent leur explication essentiellement dans les conditions effectives d'utilisation, les comportements individuels et le vieillissement des équipements. Il est donc essentiel de préciser les niveaux de consommation des principaux matériels actuellement en place.

Ce travail a été abordé dans le cadre d'un autre projet du programme SAVE (contrat n° 4.1031/93/058) qui s'est déroulé dans le département de Saône et Loire en France. Dans cette étude expérimentale l'ensemble des appareils électroménagers de 114 logements a été suivi pendant un mois. Ceci a offert une première approche qui a précisé les modes et les niveaux de consommation d'énergie de 31 types d'appareils différents. Il manquait néanmoins à cette étude plusieurs éléments importants :

- la saisonnalité des consommations ne pouvait être approchée que de manière statistique en comparant les échantillons d'appareils différents tout au long de l'année ce qui introduisait une source d'erreur potentielle importante compte tenu de la relative faiblesse de l'échantillon global (114 unités). Pour certains usages (éclairage, chaudières), seules les mesures sur un an peuvent fournir des données fiables,
- pour différentes raisons techniques, la consommation de certains postes comme l'éclairage ou la ventilation mécanique contrôlée, n'a pas pu être abordée,
- les résultats obtenus ne portaient que sur des appareils électroménagers de type « traditionnel » et ne renseignaient en rien sur les appareils performants qui commencent à apparaître sur le marché.

Les objectifs de la présente étude permettent, notamment, de répondre à ces questions. L'expérimentation a consisté à suivre pendant un an la consommation d'énergie des principaux appareils électroménagers de vingt logements, circuits d'éclairage inclus. Après quoi, tous les appareils en place, ainsi que les ampoules classiques, ont été retirés. Ils ont été remplacés par les matériels les plus performants du marché européen (printemps 1996), avec lesquels les mesures ont ensuite été reconduites pendant un an.

Les objectifs poursuivis peuvent se résumer ainsi :

- mesurer avec précision la consommation, la puissance appelée, les heures d'utilisation et le temps de fonctionnement de chaque appareil pendant ces deux années,
- créer des bases de données pour les appareils traditionnels et pour les appareils performants,
- évaluer avec précision les économies réalisables par remplacement du matériel existant par des appareils performants,
- connaître les modes d'utilisation, les niveaux de puissance appelés de ces deux types d'appareils en situation réelle,
- mesurer la quantité d'énergie supplémentaire qu'a dû en principe fournir l'installation de chauffage du logement pour pallier la baisse des apports internes consécutive à l'utilisation d'appareils électroménagers à haute performance énergétique (puisque une partie de l'énergie électrique consommée finit en chaleur dans le logement).

- faire une petite enquête d'opinion afin de connaître tout à la fois ce que les utilisateurs pensent de ce type de matériel et les améliorations éventuelles ou les suggestions qu'ils pourraient apporter.

Ces données sont essentielles pour bâtir des stratégies réalistes prenant correctement en compte les flux d'énergie électrique économisés, les flux d'énergie thermique supplémentaires ainsi que les bilans en rejets polluants induits par chacune des filières (électrique et thermique). Mais ces résultats sont aussi nécessaires pour permettre d'établir des bilans macro et micro-économiques exacts qui serviront de support et de justification à la diffusion de ces nouvelles technologies. Enfin, la connaissance fine des profils et modes d'utilisation de chaque appareil intéressera les fabricants et leur permettra de mieux cibler les améliorations à apporter.

2 - 3 METHODOLOGIE GENERALE

2-3-1 Hypothèses méthodologiques

Les principales hypothèses méthodologiques sur lesquelles repose cette étude sont :

↳ *pour l'analyse des appareils performants :*

- les usages de chaque famille ne seront pas modifiés de façon sensible d'une année sur l'autre, ni par un changement de comportement majeur des familles (qui se mettraient par exemple à regarder deux fois plus le téléviseur ou à laver moins fréquemment le linge), ni par une modification structurelle de la famille (divorce, naissance, décès, etc.),

- la durée des périodes de présence quotidienne ne change pas : le mode de vie des usagers n'est pas modifié d'une année sur l'autre (pas de chômage ou de départ à la retraite, etc., toute chose susceptible de modifier la durée de la présence quotidienne dans le logement),

- la durée des périodes d'absence (vacances, etc.) est la même d'une année sur l'autre dans chaque logement,

- la température de l'eau froide distribuée dans les logements varie de la même façon d'une année sur l'autre,

↳ *pour l'analyse du transfert énergétique :*

- les besoins en eau chaude sanitaire et en cuisson sont sensiblement les mêmes d'une année sur l'autre, ce qui suppose que le nombre d'occupants ne varie pas et que leurs habitudes ne changent pas,

- la quantité d'énergie fournie par les apports de chaleur internes autres que ceux produits par l'électro-domestique sont supposés inchangés d'une année sur l'autre. Cela concerne les dégagements de chaleur des systèmes de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire et les apports dégagés par les habitants eux-mêmes (environ 100 W/personne). Ces conditions seront probablement satisfaites si le nombre d'occupants ne varie pas,

- le rendement des systèmes de production de chaleur (pour le chauffage) ne varie pas,

- la température de consigne du chauffage est *a priori* la même d'une année sur l'autre (mais ce paramètre a été contrôlé par mesure),

2-3-2 Conseil et sensibilisation des usagers

Lors de l'installation des appareils de mesure, aucune information particulière n'a été fournie aux occupants. On leur a demandé de pas modifier leurs habitudes de vie et de consommation.

Après la première année de mesures, il s'est écoulé environ deux mois avant la mise en place des appareils performants, ce a permis de préparer pour chaque logement un document présentant le bilan des consommations électriques, ainsi que le coût par poste des dépenses induites. La figure 2.1 en donne un exemple.

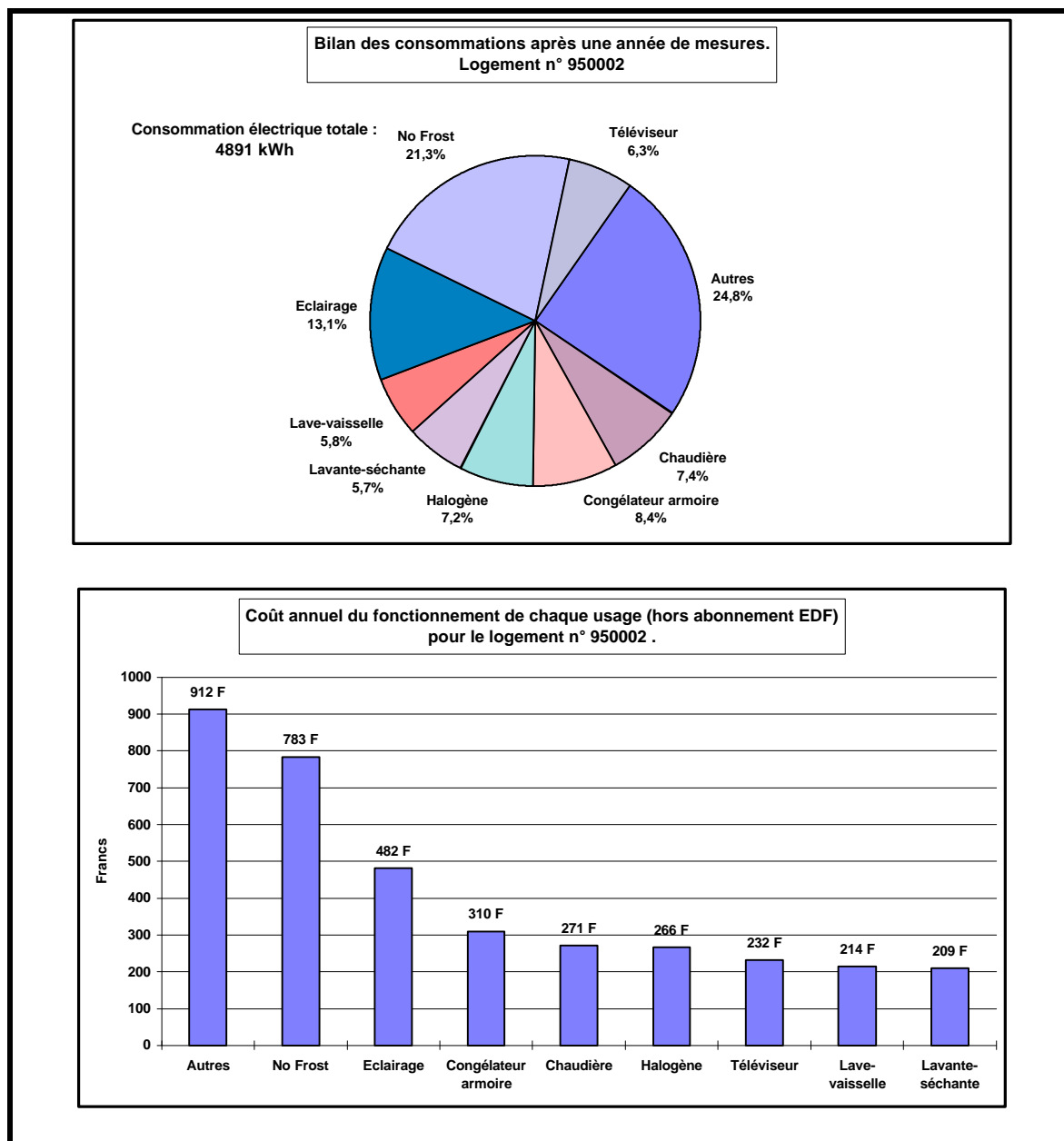


Figure 2.1 : exemple du bilan fourni aux locataires après la première année de mesures.

Nous avons rencontré chaque ménage individuellement pour lui présenter son bilan et les améliorations possibles, notamment par changements de comportement. A cette fin, il a reçu une liste de conseils que nous lui avons commentés (voir en annexe 1).

Parmi ces conseils figurait la suppression de certaines veilles comme celles du site audiovisuel. Il était recommandé d'éviter l'usage de la télécommande infrarouge des téléviseurs, mais aussi de couper l'alimentation électrique des magnétoscopes, démodulateurs et décodeurs, etc. Si l'abandon de la télécommande a connu un relatif succès, car il est facile à mettre en oeuvre, la suppression des autres veilles n'a pas été très efficace car il fallait faire la démarche d'aller acheter une barrette multiprise avec interrupteur. Et la simple existence de cette petite démarche a rendu le changement de comportement problématique...

Le résultat des mesures est donc représentatif à la fois des changements éventuels de comportement et des meilleures performances des appareils.

La première année de mesures a fait l'objet d'une analyse globale des consommations (sur les appareils traditionnels) qui ne sera pas présentée ici car elle a été développée dans le rapport intermédiaire remis en juillet 1996 à la Commission des Communautés Européennes et à l'ADEME.

2 - 4 LES MOYENS DE MESURE UTILISES

L'ensemble des mesures mises en place porte sur :

- un comptage annuel général d'électricité aux bornes du logement (EDF),
- un comptage annuel général de gaz ou de propane aux bornes du logement,
- des mesures et comptages individuels d'électricité sur tous les appareils à suivre, au moyen du système Diace,
- le relevé des températures ambiantes dans les logements, toujours au moyen du système Diace.

Construit par la société Landis et Gyr (avec la technologie GHS de la société EURO CP) à partir d'une idée de l'ADEME, le système de mesures DIACE permet à la fois des mesures d'énergie par utilisation de l'effet Hall, et un transfert des données depuis les points de mesures jusqu'à un appareil collecteur grâce à l'usage des courants porteurs. Ce collecteur possède également une fonction modem lui permettant chaque nuit de vider sa mémoire vers une station de saisie et un ordinateur regroupant les données des différents sites expérimentaux.

Ce dispositif est intéressant pour au moins trois raisons :

- la pose des appareils de mesures dans les logements est simple, discrète, et ne nécessite aucun fil de liaison qui aurait pu gêner les occupants,
- la collecte des données est entièrement automatique depuis les prises de mesures jusqu'à l'ordinateur. Un contrôle quotidien du bon déroulement reste nécessaire,
- il effectue non seulement la mesure de la consommation d'énergie et de la tension, mais aussi celle de la puissance appelée et peut également transmettre, avec d'autres types de capteurs, des mesures de températures,

Les caractéristiques des différents composants sont les suivantes :

- **boîtiers de mesure** : leurs dimensions sont 12 x 5,5 x 6,5 (cm). Ils sont placés dans les logements entre l'alimentation du secteur et l'appareil que l'on désire suivre. Ces boîtiers assurent trois types de mesures :

* la tension - Elle est exprimée avec une précision de +/- 1 volt

* l'énergie - Elle est mesurée avec une précision de l'ordre de 2%. Mais l'appareil est limité car sa sensibilité est très douteuse pour les courants d'intensité inférieure à 50 mA correspondant environ à 10 W. On doit considérer qu'en dessous de ce niveau de puissance le compteur d'énergie n'est pas incrémenté.

* la puissance - Elle est déterminée par la mesure sur dix secondes de la consommation d'énergie exprimée en watt. Cette valeur est mémorisée et remise à jour toutes les dix secondes. Le résultat est très imprécis autour de 10 W. Cette valeur doit être considérée comme une limite « floue » autour de laquelle l'erreur peut être très importante. Au-delà, la précision est de +/- 5%.

- **sondes de température** : elles comprennent un capteur et un boîtier. Plage de mesure de -30 à +50°C avec résolution de 0,1°C. Erreur maximum de +/-0,3°C entre +15°C et +25°C (zone concernant nos mesures). Le boîtier permet, par liaison DIN, de reprendre l'information du capteur et, à partir de son alimentation électrique, de communiquer par courants porteurs avec le concentrateur.

- le **concentrateur** : ses dimensions sont 25 x 19 x 5 (cm). Egalement placé dans le logement, à proximité du téléphone. Sa fonction est double. Toutes les dix minutes il interroge par courants porteurs chacune des prises compteuses placées sous son contrôle. Il regroupe ainsi toutes les données qu'il envoie ensuite pendant la nuit vers la station de saisie.

- la **station de saisie et l'ordinateur**. Placés à l'autre extrémité de la chaîne de mesures, ils permettent l'acquisition et le traitement quotidien des données.

Les mesures de tous les types (énergie, puissance, tension, température) sont effectuées toutes dix minutes rigoureusement au même instant, ce qui permet des analyses précises et cohérentes. Elles sont toutes transmises par courants porteurs. Les fichiers quotidiens regroupent toutes les dix minutes l'ensemble des mesures effectuées (énergie ou température).

2 - 5 SELECTION DES LOGEMENTS

Comme il a été indiqué précédemment, cette opération a été menée grâce à l'aide d'un Maître d'Ouvrage très intéressé et très concerné par les problèmes énergétiques : l'Office Départemental de l'Habitat de la Drôme (ODH 26). Les logements ont donc été choisis dans le patrimoine de cet office.

Rappelons que la Drôme est un département situé sur la rive gauche du Rhône à environ 100 km au Sud de Lyon.

Bien que comptant 6000 logements le parc de l'ODH 26 n'a pas été trop grand pour fournir 20 logements ayant les conditions requises et acceptant l'expérimentation proposée.

Les caractéristiques recherchées pour les logements étaient :

- chauffage individuel au gaz ou au propane afin d'avoir directement sur le compteur électrique la totalité des usages spécifiques de l'électricité, et de connaître la

consommation exacte d'énergie consacrée à la production ECS (eau chaude sanitaire), au chauffage et à la cuisine grâce au compteur gaz.

- acceptation par les locataires d'un changement complet de leurs matériels électroménagers et de leurs ampoules,
- pas de déménagement envisagé dans les deux années à venir,
- pas de modification prévue dans la taille de la famille durant l'expérience.

Environ 250 familles ont été contactées mais beaucoup ne satisfaisaient pas à l'ensemble de ces critères, et un grand nombre n'a pas accepté les contraintes de l'expérience si bien qu'il a été assez difficile de trouver les vingt logements nécessaires.

Précisons que pour les vingt logements retenus la facture énergétique a été calculée après la première année. Pour ces logements ordinaires construits entre 1980 et 1994 l'électroménager a coûté en moyenne 1.99 fois plus cher que le poste chauffage. C'est là une parfaite illustration de ce qui a été affirmé au § 1.2.

2 - 6 ORGANISATION DE LA CAMPAGNE DE MESURES

L'expérience a été conduite en utilisant vingt systèmes de mesures complets comprenant chacun un concentrateur et de 6 à 11 prises compteuses.

Les prises ont été placées en principe seulement sur les appareils pouvant être remplacés la seconde année par des appareils plus performants, ou étant susceptibles de recevoir une amélioration, quelle qu'elle soit. Les appareils instrumentés sont donc :

- réfrigérateurs
- réfrigérateurs-congélateurs de type combi, duo ou no-frost
- congélateurs armoires et coffres
- lave-linge
- lavante-séchante
- lave-vaisselle
- sèche-linge (évacuation et condensation)
- T.V.
- chaudières à gaz (alimentation électrique)
- circuits d'éclairage
- lampes halogènes

A titre indicatif on a également instrumenté une ventilation mécanique contrôlée, un aspirateur et un fer à repasser, mais ces appareils ne peuvent pas être remplacés par des appareils plus performants.

Un système de codage programmé au moment de la pose des boîtiers de mesures permet de distinguer les appareils lors du traitement des données.

Au début et à la fin de chaque année, l'index des compteurs électrique et gaz à l'entrée de chaque logement est relevé.

Par ailleurs une sonde de température a été placée dans chaque séjour. Elle transmet une mesure toutes les dix minutes, comme les autres prises. Son rôle est de contrôler les variations de température dans les logements d'un hiver à l'autre afin de faire éventuellement une correction sur la consommation de chauffage dans les bilans caractérisant le transfert énergétique (moins d'électricité, plus de gaz) dû à l'adoption des appareils performants.

Rappelons que la durée totale du suivi a été de deux ans : en première année on a étudié les appareils existants, alors qu'en seconde année on a analysé le fonctionnement des matériels performants afin d'évaluer les gains et le transfert énergétique induit.

2 - 7 LE TRAITEMENT INFORMATIQUE DES DONNEES

50 millions de mesures ont été effectuées et stockées. Il a fallu mettre au point des outils multiples permettant le criblage et la correction éventuelle des fichiers afin d'éliminer les codes d'erreur et les incidents de mesures inévitables en travail sur le terrain. Puis il a fallu créer un outil permettant la construction d'une base de données relationnelle puissante et efficace : c'est **PANTAGRUEL**. Mais la taille très importante de ces bases de données a exigé une conception et l'élaboration d'une structure essentiellement justifiée par la recherche de la vitesse d'exécution. A titre d'exemple, par rapport à un outil de première génération basé sur des concepts il faut l'avouer un peu dépassés, **PANTAGRUEL** a permis de diviser par 23 la durée d'acquisition d'une année complète de mesures, le passage d'un Pentium 100 à un Pentium Pro 200 faisant encore gagner un facteur 6, ramenant ainsi le temps de saisie de 720 h à 5 h...

L'exploitation de la base de données relationnelle s'effectue ensuite par le biais de requêtes multiples. La vitesse des tris sera d'autant plus importante que la conception et surtout la structure de l'ensemble aura été bien optimisé en fonction du type de données stockées et des traitements à effectuer ■

CHAPITRE 3 : CONSOMMATIONS CONSOLIDÉES DES APPAREILS ELECTROMENAGERS EN EUROPE

La campagne de mesures du projet *ECODROME*, grâce à sa durée de un an pour chaque type d'appareils étudiés, a permis de s'affranchir du caractère saisonnier de certains usages. Mais d'autres campagnes ont déjà été menées en Europe, soit dans le cadre du programme SAVE, soit dans des cadres nationaux. Il était intéressant de confronter les résultats obtenus par ces différents travaux sur la consommation des appareils classiques afin de déterminer les axes de convergence et ceux où des différences importantes pourraient nécessiter des analyses et des enquêtes complémentaires.

Peu de campagnes de mesures in situ ont été conduites jusqu'à présent. Cela est dû à la lourdeur et à la complexité des systèmes de mesures, ainsi qu'au coût des opérations. Par sa simplicité de mise en oeuvre et de fonctionnement, le système DIACE de la société Landis et Gyr s'est avéré un précieux atout.

Les quatre études que nous avons prises en référence pour le secteur résidentiel sont les suivantes :

- L'étude du *CCE* au **Portugal** a été menée dans le cadre du programme SAVE. Elle a porté sur l'analyse des consommations des appareils électroménagers de 25 logements pendant une durée de deux fois quinze jours chacun. Le système de mesures utilisé, le C-WATT, a permis de connaître l'énergie absorbée toutes les cinq minutes,

- En **Suède** aussi les mesures in situ ont déjà plusieurs années. Mais l'étude majeure a été faite en 1991-1992 par *Nutek*. Au total 66 maisons ont été instrumentées pendant plusieurs mois, avec des mesures au pas de temps de l'heure. Seuls les plus gros appareils ont été suivis (lave-linge, lave-vaisselle, sèche-linge, production de froid, cuisson). Les objectifs de cette étude étaient nombreux. Nous ne nous sommes intéressés qu'à ceux qui étaient communs à la campagne *ECODROME*. Pour cela nous nous sommes appuyés sur le rapport final « Domestic electricity in detached houses » publié en 1995 par *Nutek*,

- l'expérimentation *CIEL* qui s'est déroulée dans le département de Saône et Loire en France. Cette étude a été menée à bien dans le cadre du programme SAVE avec le concours de l'ADEME. Elle a porté sur 874 appareils qui ont été suivis pendant un mois chacun. Mesure de la puissance et de l'énergie toutes les dix minutes. Les données de cette campagne ont été corrigées au moyen des facteurs de saisonnalité déduits de la présente étude. En effet, les données de *Ciel* s'appuient sur un suivi d'un mois pour chaque appareil. Si on dispose à peu près du même nombre d'appareils pour les douze mois de l'année, les résultats peuvent être considérés comme assez fiables. Si en revanche, pour des appareils à forte saisonnalité comme les appareils de froid ou les sèche-linge, on dispose d'un plus grand nombre de mesures certains mois de l'année, et que de surcroît ces mois sont des mois pour lesquels la consommation des appareils du type connaissent de gros écarts avec la consommation moyenne annuelle (en été pour les congélateurs ou les sèche-linge par exemple),

les résultats seront faussés. Les corrections proposées dans ce cas consistent à ramener les consommations observées à des consommations moyennes annuelles au moyen des coefficients de saisonnalité de la consommation journalière moyenne mensuelle. Les corrections ont été effectuées pour chaque journée de mesure, et non pas sur la totalité de la consommation, en calculant par interpolation un coefficient de correction pour chaque jour de l'année. Ceci n'a évidemment été fait que pour les appareils dont la saisonnalité était connue, c'est à dire seulement le type de matériel suivi dans *Ecodrôme*.

- campagne conduite en Grande Bretagne par Electricity Association. Cette campagne est assez secrète car elle a été réalisée pour le compte d'un producteur privé d'électricité qui souhaite donc conserver les résultats pour lui. Nous n'avons que des résultats extrêmement fragmentaires trouvés dans une publication.

Le tableau de la figure 3.1 présente les résultats obtenus au travers de ces différentes campagnes. Ce type de comparaison très brute a des limites évidentes, notamment pour les appareils dont la taille peut varier beaucoup (production de froid). Il renvoie à des tentatives d'explication qui dépassent le cadre de la présente étude, mais qui ont partiellement été entreprises dans le rapport final de l'opération *CIEL*, principalement entre les résultats de *Nutek* et de *CIEL* ■

| Appareils | Type de consommation | Unités | Nutek (Suède) | CCE (Portugal) | Ciel (France) | Ecodrôme (France) | Electricity Association (G.B.) |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Réfrigérateurs | conso totale | (kWh/an) | 485 | 274 | 370 | 362 | 320 |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 103 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 4,5 | |
| Réfrigérateurs congélateurs | conso totale | (kWh/an) | 763 | 622 | 570 | 721 | 655 |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 190 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 8,9 | |
| Congélateurs | conso totale | (kWh/an) | 1048 | 729 | 614 | 619 | 615 |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 167 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 7,8 | |
| Lave-Linge | conso totale | (kWh/an) | 315 | 145 | 234 | 262 | 240 |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 67 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 3,2 | |
| Lave-vaisselle | conso totale | (kWh/an) | 568 ² | 284 | 280 | 290 | 360 |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 84 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 3,7 | |
| Sèche-linge | conso totale | (kWh/an) | 372 | | 437/698 ³ | 373 | 260 |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 78 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 4,3 | |
| TV (poste principal) | conso totale | (kWh/an) | | 152 | 138 | 201 | |
| | conso/an/hab | (kWh/hab/an) | | | | 54 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 2,5 | |
| Eclairage | conso totale | (kWh/an) | | | | 346/500 ⁴ | |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 90/130 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 4,3/5,9 | |
| Halogènes | conso totale | (kWh/an) | | | 311 | 244 | |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 68 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 3,0 | |
| Chaudières murales | conso totale | (kWh/an) | | | | 289 | |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 77 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 3,5 | |
| VMC | conso totale | (kWh/an) | | | | 311 | |
| | conso/hab/an | (kWh/hab/an) | | | | 78 | |
| | conso/m ² /an | (kWh/m ² /an) | | | | 3,7 | |

Figure 3.1 : consommation des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel. Résultats des différentes campagnes de mesures européennes

² L'alimentation des L.V. se fait en Suède par de l'eau chaude d'origine électrique. Ce résultat ne peut donc être comparé aux autres.

³ Valeurs de la consommation respectivement sans et avec corrections de saisonnalité.

⁴ Valeurs de la consommation respectivement mesurée sur les circuits « lumière » et estimée sur la totalité des usages lumière.

CHAPITRE 4 : LA CONSOMMATION GLOBALE ET LA COURBE DE CHARGE

Préambule : Les analyses de ce chapitre ont été menées par comparaison des consommations observées la première année avec des appareils traditionnels, et la seconde année avec les appareils performants. L'inconvénient majeur est évidemment la taille restreinte de l'échantillon (20 logements). Malgré cela il a été possible d'explorer et de préciser certains domaines mal connus aujourd'hui, et de mettre en évidence des phénomènes que l'on ne soupçonnait pas.

L'avantage de cet échantillon est en revanche que les principaux appareils et les circuits lumière ont été instrumentés couvrant ainsi environ 70 à 80 % de la consommation globale, le solde étant mobilisé essentiellement par l'éclairage sur prises de courant, les usages audiovisuels autres que TV (magnétoscopes, Canal +, parabole, HiFi, etc.), et les usages électroménagers mineurs (fer à repasser, sèche-cheveux...). Pour la ventilation mécanique contrôlée, seul un logement doté d'une VMC simple flux a été instrumenté. Comme les caractéristiques en puissance et en débit de toutes les VMC sont à peu près identiques dans le panel suivi (seize pavillons et quatre appartements), nous avons utilisé les résultats de cette VMC pour tous les logements lorsque nous avons étudié la structure de la charge (§ 4.2), ce qui a permis d'augmenter la part de la charge contrôlée. De même, seules quatorze chaudières ont été instrumentées la première année. Par souci d'homogénéisation on a associé aux six autres les mesures effectuées sur une chaudière du même type.

Toutes les analyses qui suivent ne s'appliquent donc rigoureusement qu'aux usages spécifiques du secteur résidentiel, et pour des logements munis d'une chaudière individuelle. Notons aussi que tous les usagers disposent d'un abonnement EDF simple tarif.

4 - 1 CONSOMMATIONS ANNUELLES GLOBALES COMPAREES

La comparaison des consommations globales s'est effectuée uniquement à partir du comptage annuel effectué aux bornes des logements. Cet indicateur prend en compte tous les facteurs, et notamment :

- les variations de consommations dues aux lampes basse consommation placées sur prises de courant, et donc non suivies par les mesureurs individuels,
- les économies éventuellement engendrées par des modifications de comportement à la suite des conseils d'utilisation fournis après la première année,
- les augmentations de consommation dues aux nouveaux appareils ou aux nouveaux besoins. Ce phénomène n'est pas négligeable : d'une année sur l'autre l'équipement des ménages s'agrandit, et cette hausse génère environ 5 % de consommation supplémentaire.

Malgré toutes les précautions prises pour stabiliser l'échantillon, il n'était pas possible d'empêcher les familles de vivre et d'acheter de nouveaux équipements, si bien que la consommation globale de la seconde année a été affectée par des hausses « parasites ».

Le graphique de la figure 4.1 constitue néanmoins un résultat global caractérisant à lui seul l'ensemble du projet *Ecodrôme*. La consommation moyenne était la première année de 3.203 kWh/an, elle n'était plus que de 2.011 kWh/an à la fin de la seconde année.

L'économie cumulée de consommation électrique s'élève en moyenne à **1.192 kWh/an** ce qui correspond à une économie financière de 900 FF (soit 140 ECU/an) auxquels s'ajoutent environ 150 FF de réduction de consommation d'eau induite par le lave-linge performant. Dans un logement cette économie a même atteint la valeur de 2.157 kWh/an. A contrario dans certains cas l'économie n'est que de 6 ou 700 kWh/an. Il faut en effet éliminer de nos comparaisons le cas du logement n°9 dans lequel un enfant est né la seconde année, ce qui a engendré un surcroît de consommation.

Onze logements consommaient plus de 3.000 kWh/an la première année, le maximum étant de 5.000 kWh/an. Il n'y en avait plus que deux la seconde année, encore dépassaient-ils à peine les 3.000 kWh/an. Onze logements ont réduit de plus de 1.000 kWh/an leur consommation, et six l'ont réduit de plus de 1.500.

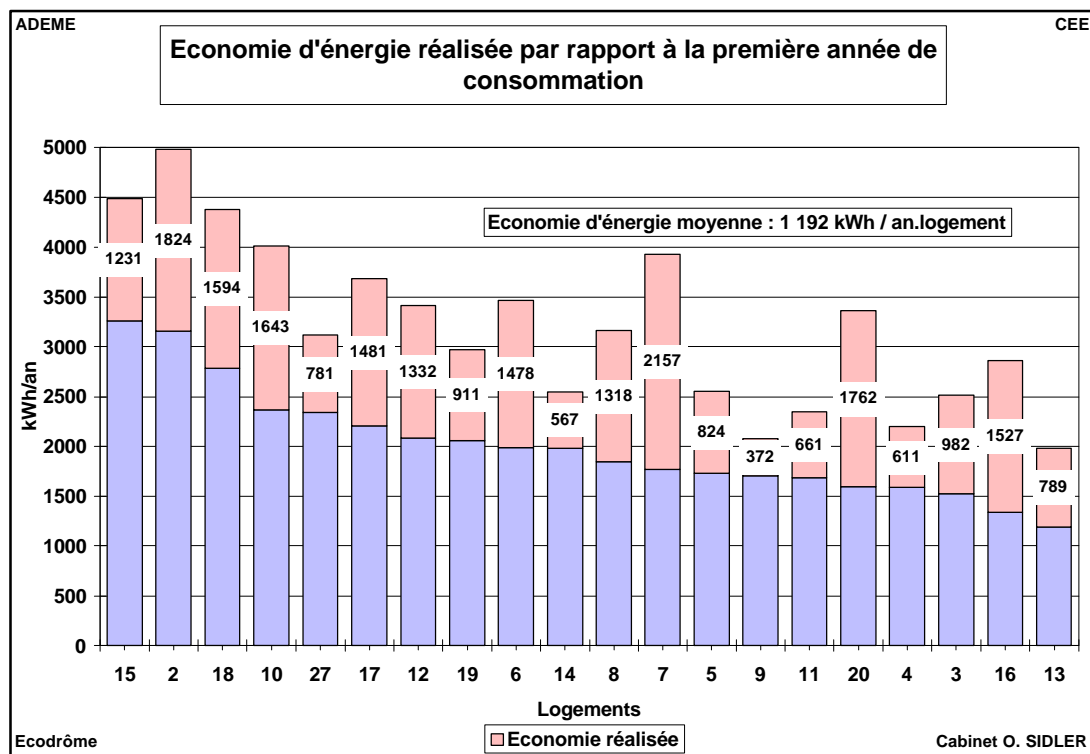


Figure 4.1 : économie globale réalisée au cours de la seconde année

La figure 4.2 représente l'économie relative de consommation, en référant la réduction à la consommation de la première année. Il faut préciser à ce sujet que les taux sont minorants. En effet dans un certain nombre de logements il existait quelques usages non spécifiques comme des fours ou des chauffages électriques d'appoint. Ces usages ont pour effet d'accroître la consommation de référence et de minorer le taux de réduction réel.

On observe néanmoins que le taux moyen de réduction est de 36,4 %, qu'il atteint dans un logement la valeur de 55 %, qu'il est supérieur ou égal à 40% dans 8 logements. Si l'on élimine le logement n°9, ce taux n'est jamais inférieur à 22%.

Si l'on corrige les consommations de référence pour tenter d'effacer l'effet des usages non spécifiques de l'électricité, la valeur relative des économies engendrées est de 37,3%.

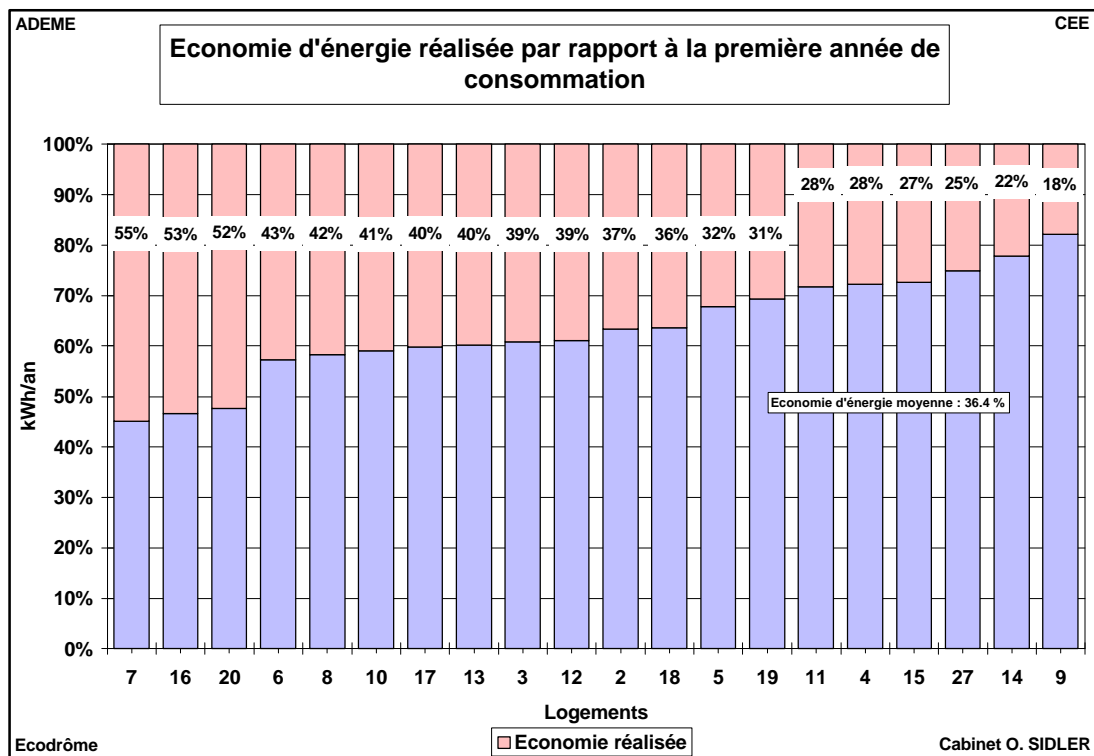


Figure 4.2 : économie globale relative réalisée au cours de la seconde année

Les différences parfois importantes d'un logement à l'autre dans les économies constatées ont des origines multiples. On retiendra surtout :

- la nature des équipements de départ : peu nombreux dans certains cas, ils n'engendrent pas une grosse consommation, donc n'offrent pas non plus un gros gisement d'économie,
- certains logements étaient en immeuble avec chauffage collectif. Toutes les améliorations apportées à la consommation des chaudières individuelles leur échappaient donc,
- la qualité des appareils existant a aussi fortement contribué à fixer le niveau des économies. Dans les logements « bien » équipés en matériel récent et en bon état, les économies ont été moins importantes que dans les logements où le matériel a été acquis d'occasion, dont l'âge est inconnu et l'état inqualifiable. Ainsi en était-il, dans le logement n°7 pour le congélateur dont le compresseur ne s'est jamais arrêté de fonctionner. Il coûtait chaque année 1.100 FF (170 ECU) d'électricité.

De quoi sont constituées les économies faites? Les chapitres qui suivent répondront en détail à cette question, mais la figure 4.3 fournit néanmoins déjà une information très intéressante. Elle représente l'économie d'électricité procurée par seulement trois secteurs : le froid, l'éclairage, et l'asservissement correct des circulateurs de chaudières.

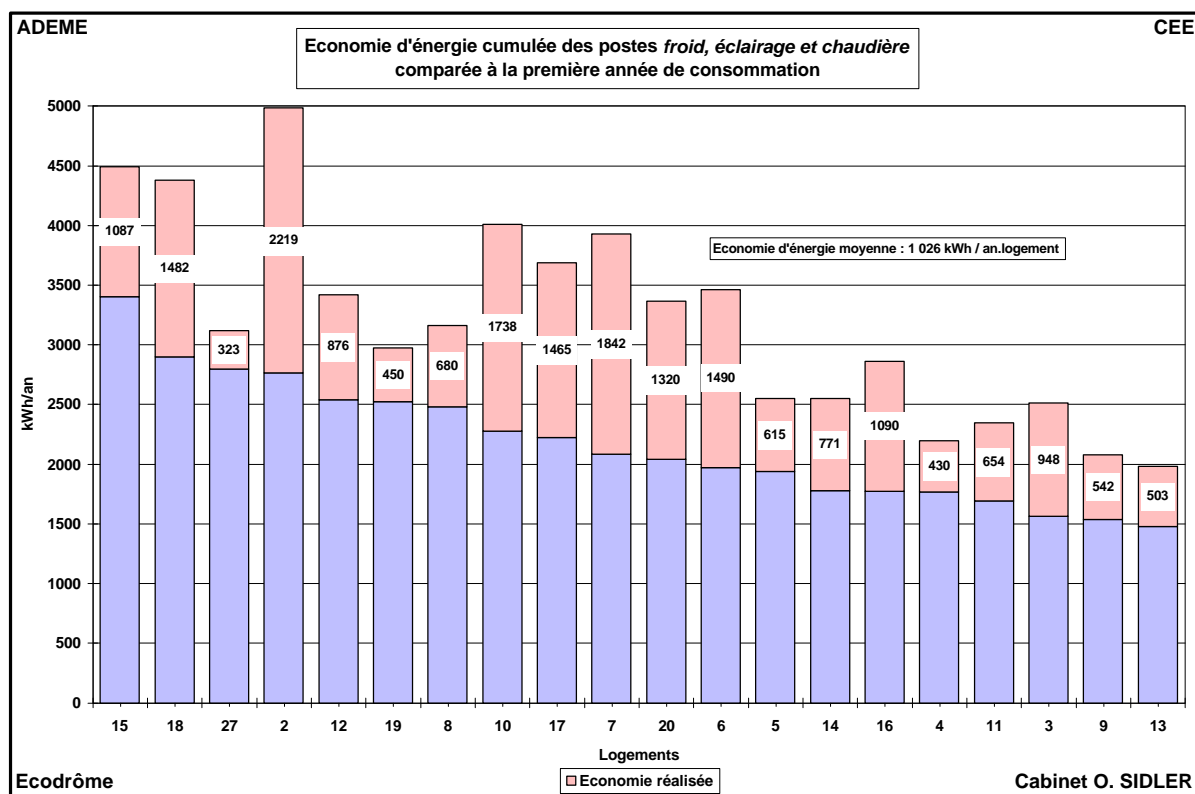


Figure 4.3 : économie d'énergie cumulée des postes froid, éclairage et chaudière la seconde année

On constate que l'économie est de 1.026 kWh/an. Mais il faut signaler que l'éclairage n'est pris en compte que pour la partie suivie : celle des circuits lumière. Dans la réalité l'économie est donc plus importante, probablement d'environ 100 kWh/an. Cela signifie d'une part que l'essentiel de l'économie est engendré par ces trois postes, et d'autre part que des économies négatives (donc des augmentations de consommation) viennent amoindrir cette performance. Elles sont dues comme on l'a vu plus haut à des augmentations des besoins du logement, ou à de nouveaux appareils mis en place la seconde année. Ceci est évident pour certains logements comme les logements n°7, 14 ou le n°2 qui réalise 2.219 kWh/an d'économie avec ces trois postes, mais seulement 1.824 kWh/an sur le bilan global.

On peut donc conclure que, dans l'échantillon observé, l'économie effective engendrée individuellement par l'ensemble des appareils performants est en réalité supérieure à 1.200 kWh/an, d'une valeur que l'on peut estimer entre 100 et 150 kWh/an, et que ce sont des augmentations « naturelles » de consommation et de besoins qui ont réduit ce bilan apparent à 1.200 kWh/an.

Il était évidemment intéressant de voir quelle pourrait être l'économie globale dans un logement possédant un équipement électroménager complet. La figure 4.4 a été établie à partir des économies unitaires mesurées sur chaque type d'appareil et figurant dans les chapitres qui suivent.

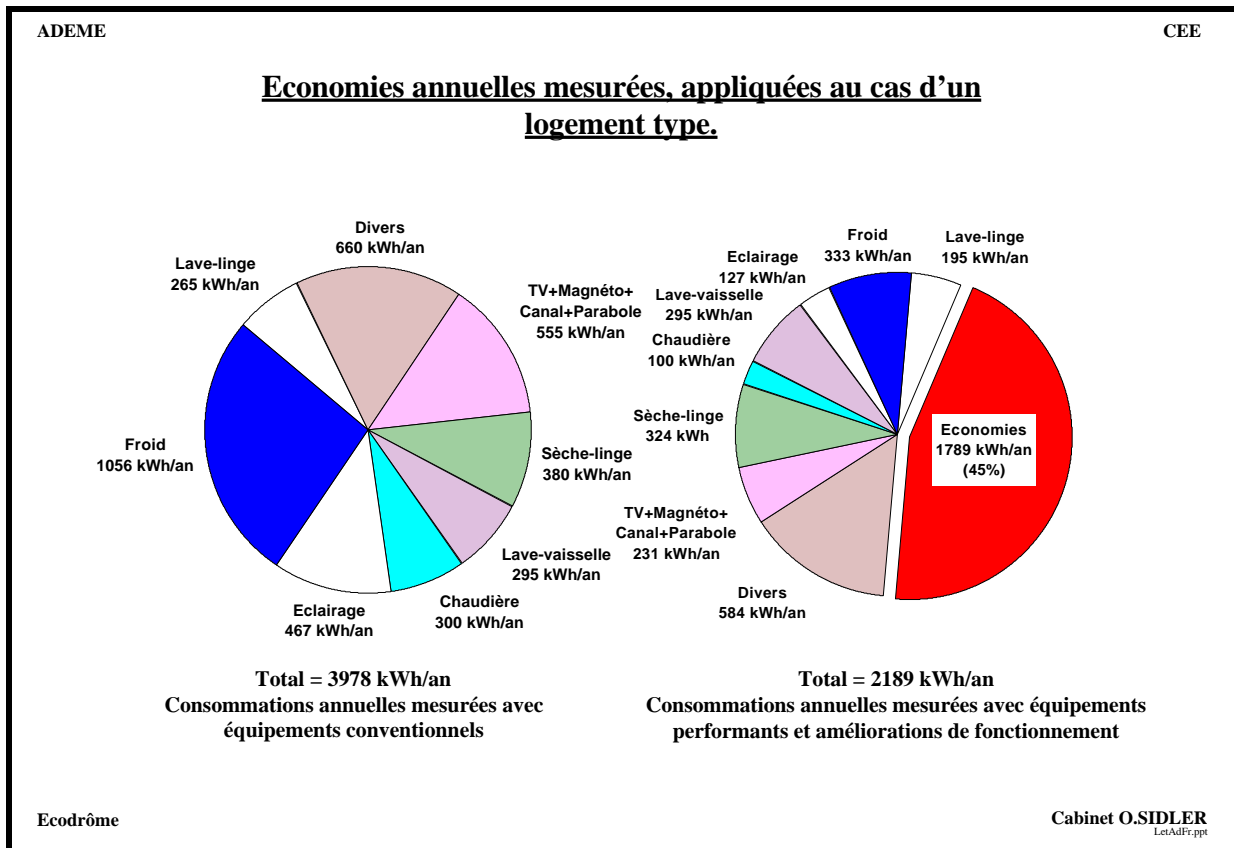


Figure 4.4 : réduction de la consommation d'électricité dans un logement possédant un équipement électroménager complet

L'économie par logement est désormais de 1.800 kWh/an, ce qui correspond à une réduction des dépenses de 1.300 FF (soit 200 ECU/an) auxquels s'ajouterait 150 FF pour économie d'eau du lave-linge.

4 - 2 VARIATIONS MENSUELLES DE LA CHARGE HORAIRE GLOBALE

La **charge horaire**, vue du réseau, est définie comme étant la moyenne (sur le nombre de logements) de toutes les consommations observées pour un usage donné (ou, ici, sur l'ensemble des usages suivis) dans une tranche horaire déterminée et sur une période de référence (la journée, le mois ou l'année). Lorsqu'elle n'est pas « vue du réseau », la charge horaire est calculée de la même manière mais la référence n'est plus le nombre de logements suivis mais le nombre de logements équipés de l'usage étudié. Nous avons pris le parti dans ce qui suit de présenter toujours les usages vus du réseau car les consommations sont référées à l'ensemble des logements, qu'ils soient équipés ou non de l'usage étudié. Cette présentation permet d'appliquer les valeurs trouvées à l'ensemble des logements d'une région ou d'un pays, en supposant que cette région ou ce pays ont les mêmes taux d'équipement que le panel d'*Ecodrôme*.

Cette charge varie tout au long de la journée et de l'année. Il faudrait donc douze graphiques différents pour l'appréhender. On perdrait alors la vision globale du phénomène. Le mode de représentation adopté dans ce qui suit tente de remédier à cet inconvénient. Dans chaque tranche horaire figurent douze valeurs correspondant à la charge de cette tranche chaque mois de l'année. Le point situé à gauche de chaque variation horaire correspond au mois de janvier, celui

situé à droite au mois de décembre. Au centre se trouvent évidemment les mois d'été. Un seul graphique synthétise ainsi l'ensemble des variations horo-mensuelles : il comprend 288 valeurs.

4-2-1 Analyse des variations de la charge horaire la première année

La figure 4.5 représente les variations mensuelles de la charge horaire durant la première année, c'est à dire avec les appareils traditionnels. La charge est exprimée en Wh/h par logement.

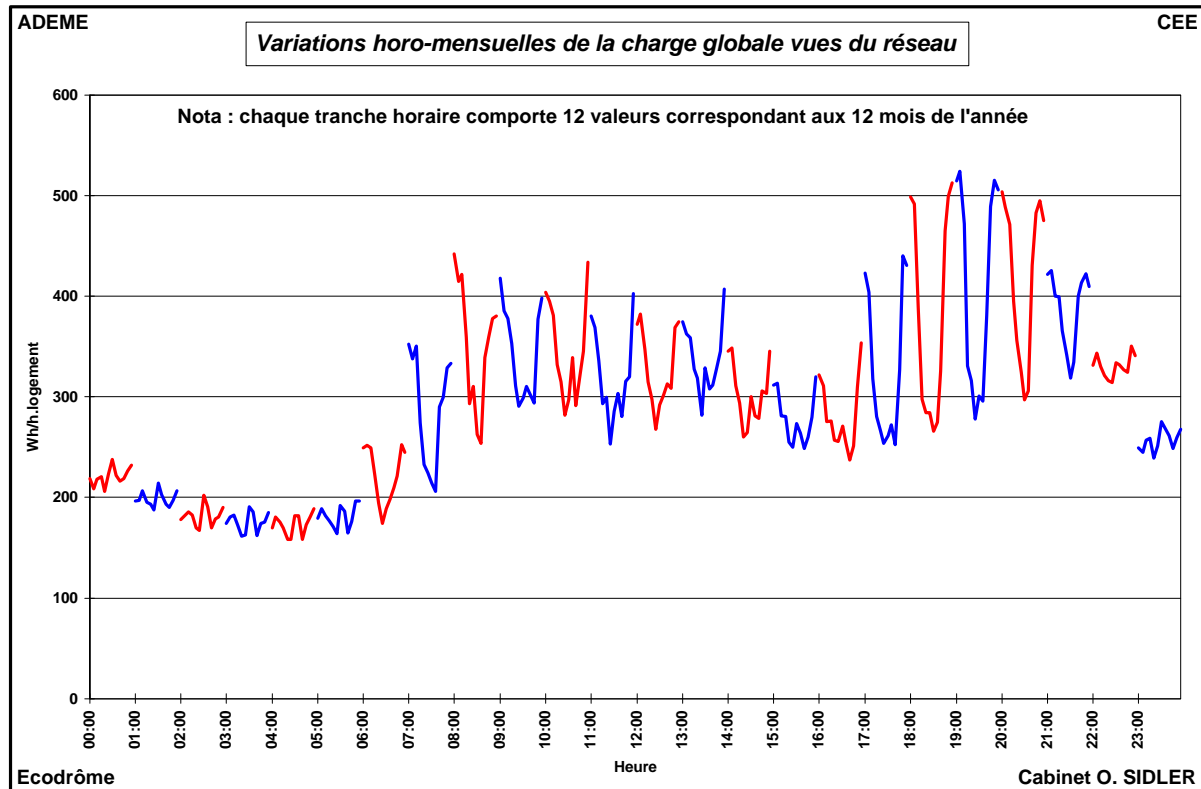


Figure 4.5 : variations mensuelles de la charge horaire globale, vue du réseau, la première année

On peut faire plusieurs observations :

- il existe, pour une tranche horaire donnée, de très importantes variations du niveau de la pointe des usages spécifiques entre été et hiver (pratiquement des écarts de 1 à 2 entre 18 et 20 h),
- *a contrario*, les écarts saisonniers durant la nuit sont très faibles jusqu'à 6 h du matin,
- il semble néanmoins que le niveau de la charge de nuit (entre 23 h et 6 h) est toujours plus important en été qu'en hiver ou en mi-saison, mais qu'à l'inverse la charge estivale est systématiquement plus faible que la charge hivernale pendant les heures de jour,
- la charge maximale en hiver ne dépasse pas 520 Wh/h en moyenne sur chacun des 20 logements de l'échantillon, ce qui doit représenter (si l'on inclut le poste « autres » non mesuré ici) au total 650 Wh/h (520/0,8). Si cette valeur était représentative des 22,7 M de foyers français, elle conduirait à une puissance appelée globale de 14,9 GWe pour les usages spécifiques,
- à l'échelle de l'année, le rapport entre la charge moyenne minimum (environ 160 Wh/h entre 4 et 5 h du matin en mai) et la charge moyenne maximum (520 Wh/h entre 19 et 20 h en février) est de 1 à 3,25, incluant les variations saisonnières et les variations journalières. En janvier cet écart vaut 3,0 alors qu'en juin il vaut 1,80,
- la notion de courbe de charge moyenne annuelle ne semble pas avoir de grande signification physique, tant les variations sont importantes. Tous les modèles de prévisions

doivent intégrer, même pour les usages spécifiques, des éléments tenant compte de la très forte variabilité horo-mensuelle de la charge.

L'ensemble des valeurs numériques à l'origine des graphiques qui précèdent figure en annexe 2 (pour les appareils existants) et en annexe 3 (pour les appareils performants), ainsi que les caractéristiques du même type propres à chaque catégorie d'appareils électroménagers (voir chapitres suivants).

A titre prospectif, il est intéressant de connaître l'allure de la charge pour un logement équipé de tous les usages, ceux-ci étant assurés par des matériels ordinaires pas spécialement performants. Par comparaison au cas précédent, on a donc rajouté un sèche-linge et un lave-vaisselle (en prenant les valeurs moyennes observées sur l'échantillon) à tous les logements qui n'en étaient pas dotés. La différence n'est donc pas très importante comme le montre la figure 4.6.

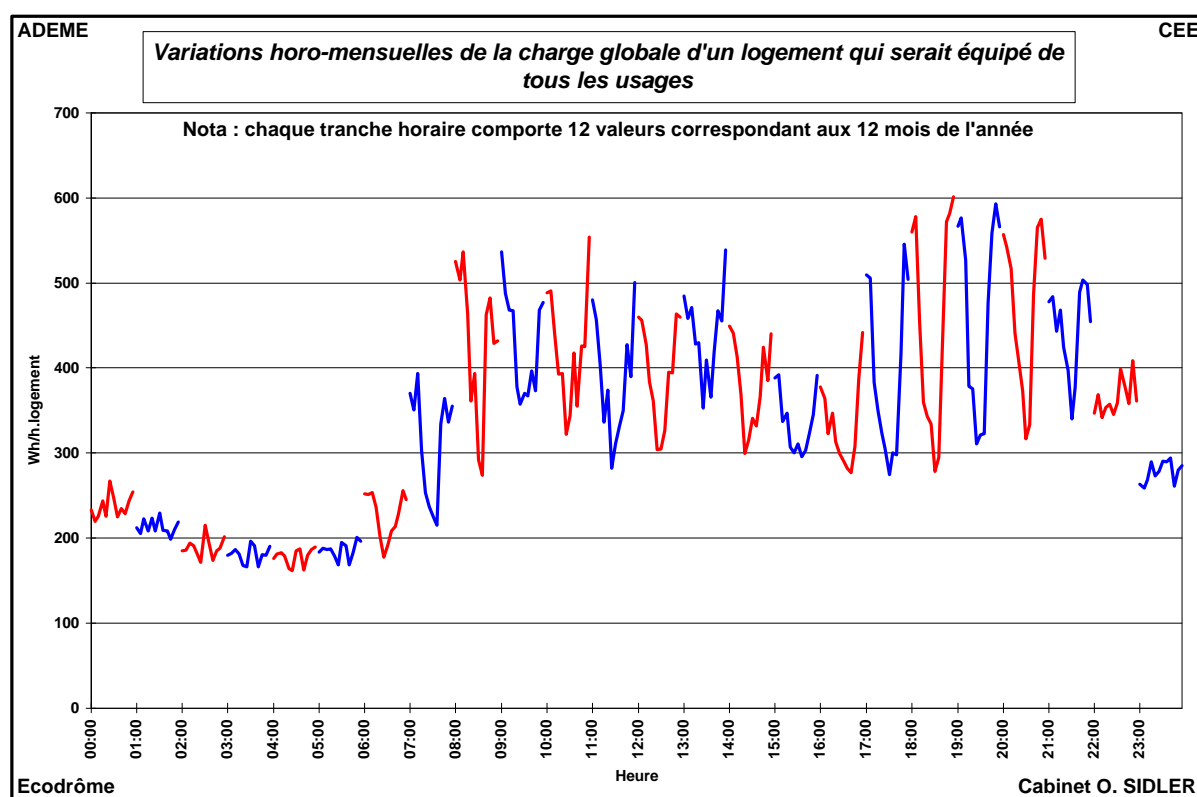


Figure 4.6 : variations mensuelles de la charge horaire globale, vue du réseau, pour un logement équipé de tous les usages.

Il apparaît que :

■ l'effet le plus sensible sur la charge est l'augmentation importante de la puissance appelée entre 9h et 14h. L'explication sera confirmée ultérieurement : c'est, entre 9h et 12h, la présence du sèche-linge qui pose un problème majeur. Cet appareil est prioritairement utilisé en fin de matinée : il pèse donc très lourd dans la pointe nationale de 11h à 12h. Sa généralisation poserait vraisemblablement un problème important au distributeur, notamment en hiver. L'augmentation de consommation entre 12 et 14h s'explique quant à elle par la généralisation de l'usage du lave-vaisselle,

■ on note aussi une augmentation de la valeur maximum de la pointe annuelle qui passerait de 520 Wh/h à 600 Wh/h par logement (soit pour la pointe globale effective une valeur d'environ 750 Wh/h).

En définitive on peut conclure que l'accès des foyers à l'ensemble des usages conduirait à relever et niveler la puissance appelée pour les usages spécifiques tout au long des heures de jour en renforçant notablement l'appel en matinée, accentuerait les variations de charge entre été et hiver pour les heures de soirée, et les réduirait pour les heures de nuit.

Toutes ces conclusions ne sont évidemment vraies que par référence à l'échantillon observé et pour lequel de nombreux usages sont déjà présents.

4-2-2 Evolution des variations de la charge horaire la seconde année

La figure 4.7 représente les variations mensuelles de la charge horaire la seconde année. Toutes les valeurs numériques à la base de ce graphique sont en annexe 3.

On note une chute considérable de la puissance appelée, ainsi qu'une réduction des écarts observés entre été et hiver, plus particulièrement dans la tranche 19-21 h.

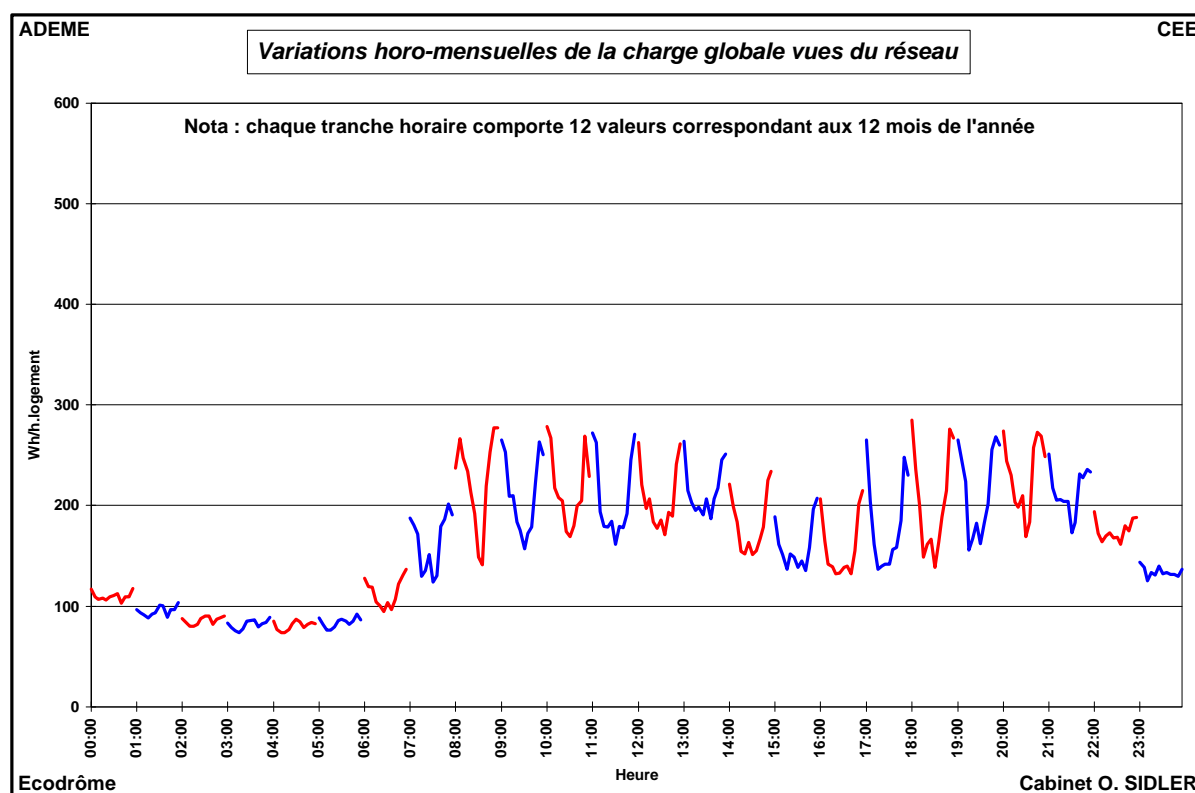


Figure 4.7 : variations mensuelles de la charge horaire globale, vue du réseau, avec les appareils performants

Ceci est très important et traduit un fait parfois mal compris qui sera confirmé dans ce qui suit : **même si les appareils performants, hormis l'éclairage, appellent sur le réseau des puissances identiques (voire même parfois plus élevées) que les matériels traditionnels, ils occasionnent à l'échelle d'un ensemble de logements, une chute de la puissance appelée sur le réseau due au foisonnement et à la fréquence beaucoup plus faible des sollicitations consécutives à leur caractère performant. En d'autres termes l'économie d'énergie, en principe réservée à l'utilisateur final, se double d'une réduction de la puissance appelée qui**

intéresse le producteur et le distributeur d'énergie, uniquement grâce au foisonnement de la demande.

La figure 4.8 représente le rapport de la consommation horaire la seconde année, rapportée à celle de la première année.

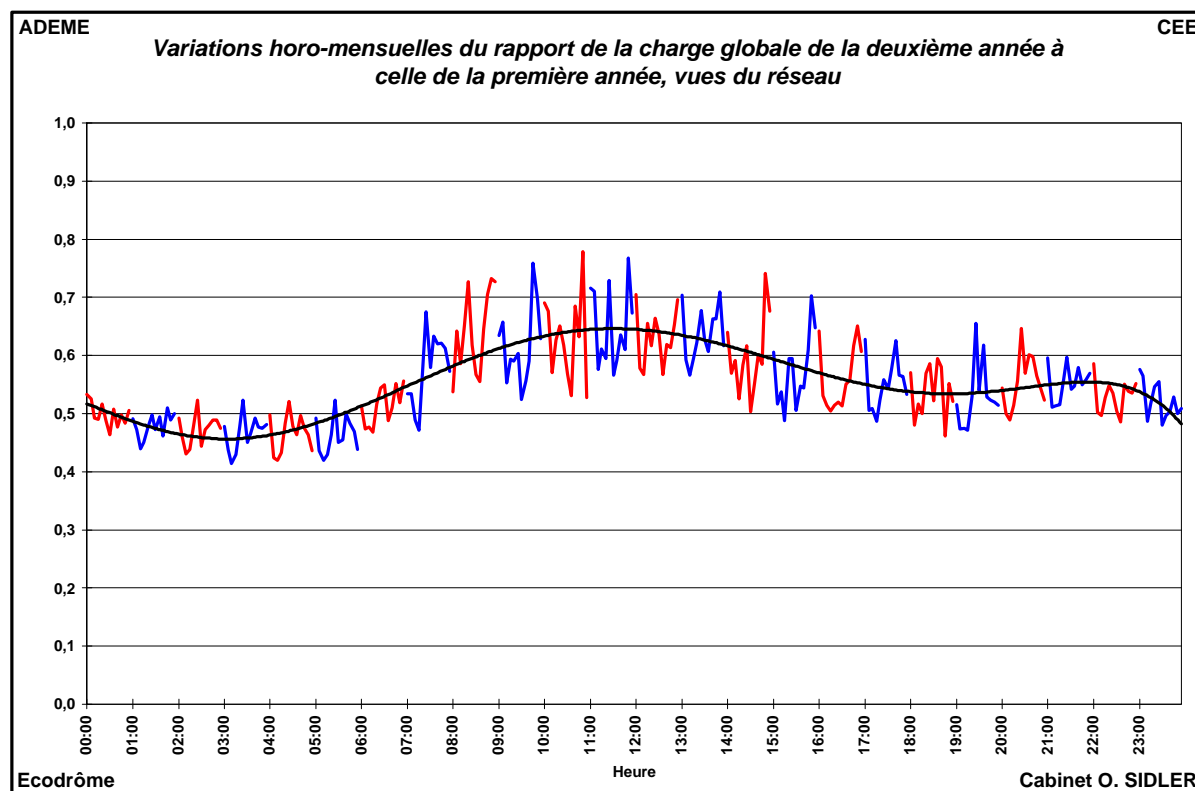


Figure 4.8 : variations horo-mensuelles du rapport de la charge horaire globale de la seconde année rapportée à celle de la première

On observe que, pour l'échantillon considéré, **la charge de la seconde année est pratiquement divisée par deux à toute heure de l'année**, la valeur moyenne annuelle correspondant à une réduction d'environ 45%. Comme on pouvait s'y attendre les heures où la réduction est la plus importante sont les heures du soir et de la nuit, à cause de la présence de l'éclairage à basse consommation. Mais ces valeurs sont minorées par le fait qu'une partie seulement de l'éclairage est prise en compte par ces courbes puisque les ampoules sur prises de courant ne sont pas mesurées.

Afin d'éliminer les particularités propres à l'échantillon, la figure 4.9 représente les mêmes variations que celles de la figure 4.8 mais en corrigeant les consommations en fonction du taux d'équipement national effectif de chaque type d'appareil.

Toutes les tendances observées précédemment sont amplifiées et la valeur moyenne de la réduction est de 50%.

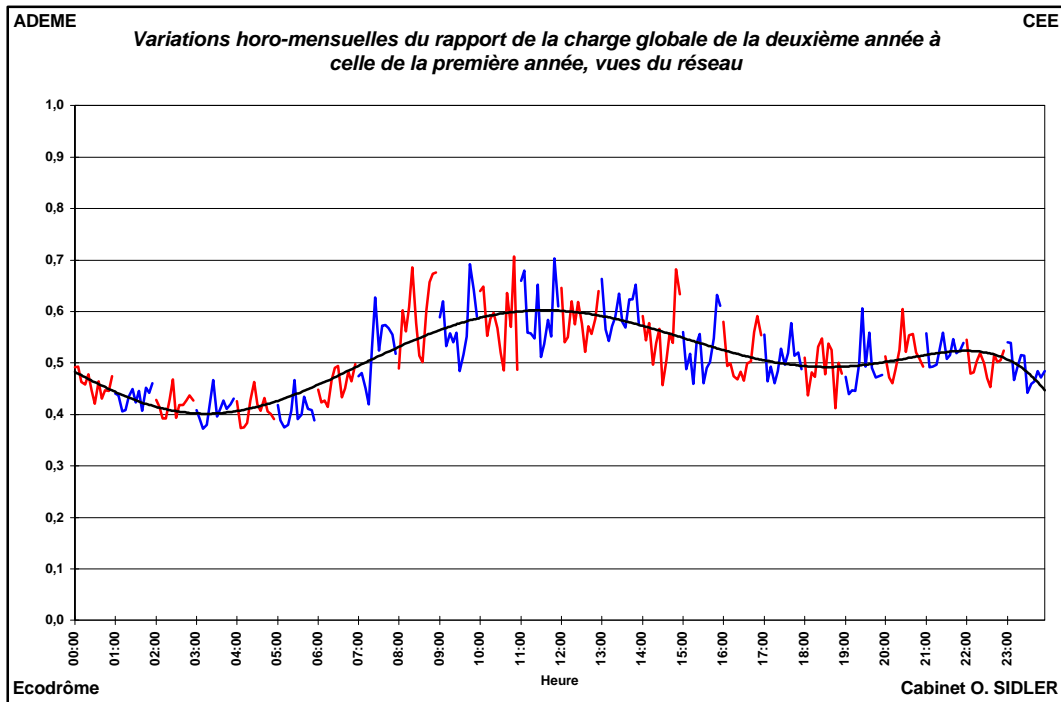


Figure 4.9 : variations horo-mensuelles du rapport de la charge horaire globale de la seconde année rapportée à celle de la première, avec les taux d'équipement nationaux

Enfin il était intéressant d'observer plus en détail le cas de la tranche horaire critique du soir, entre 19 et 20h, afin de voir comment variait au cours de l'année la réduction de la puissance appelée. La figure 4.10 fait apparaître que cette réduction de puissance est voisine de 50% toute l'année, sauf en été où elle n'est que de 40 à 45% car le recours à l'éclairage est moindre.

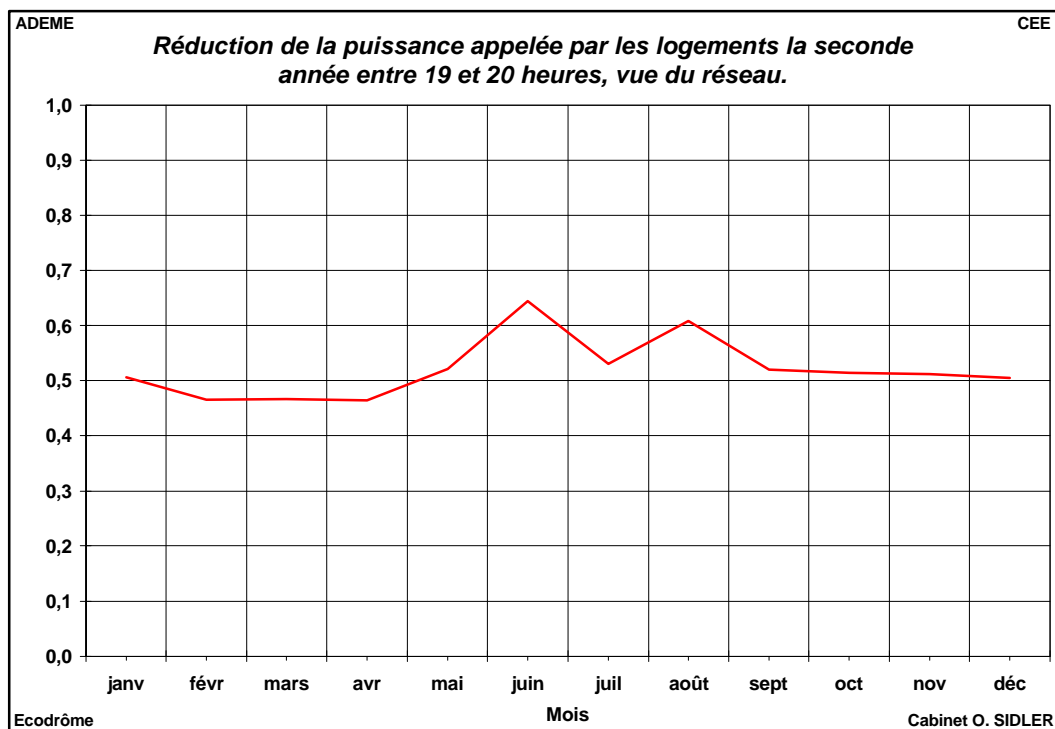


Figure 4.10 : rapport des puissances appelées en seconde et en première année entre 19 et 20h, vu du réseau

On dispose enfin d'une preuve que **l'usage de l'électroménager et de l'éclairage performants ne conduit pas uniquement à des économies d'électricité en volume, mais bien aussi à une réduction significative des puissances appelées. A ce titre l'électroménager et l'éclairage performants doivent être reconsidérés dans les stratégies MDE afin d'être également pris en compte comme des atouts importants dans la recherche d'un abaissement des puissances appelées.**

A elle seule cette observation devrait devenir le principal argument des instances nationales et internationales pour renforcer les politiques de Maîtrise de la Demande d'Electricité.

4 - 3 SAISONNALITE ET STRUCTURE DE LA CHARGE GLOBALE

4-3-1 Etude de la charge globale la première année (appareils ordinaires)

Les figures 4.11 à 4.12 représentent, pour un logement moyen, la structure par usage de la courbe de charge vue du réseau. Il existe un graphique de ce type pour chacune des heures de la journée. Nous nous bornerons ici à examiner la structure de la charge pour la 9ème, la 12ème et la 20ème heure. Mais l'ensemble des valeurs numériques à la base de ces courbes figure en annexe 2.

La figure 4.11 représente pour les 12 mois de l'année la structure de la charge **entre 8 et 9h.**

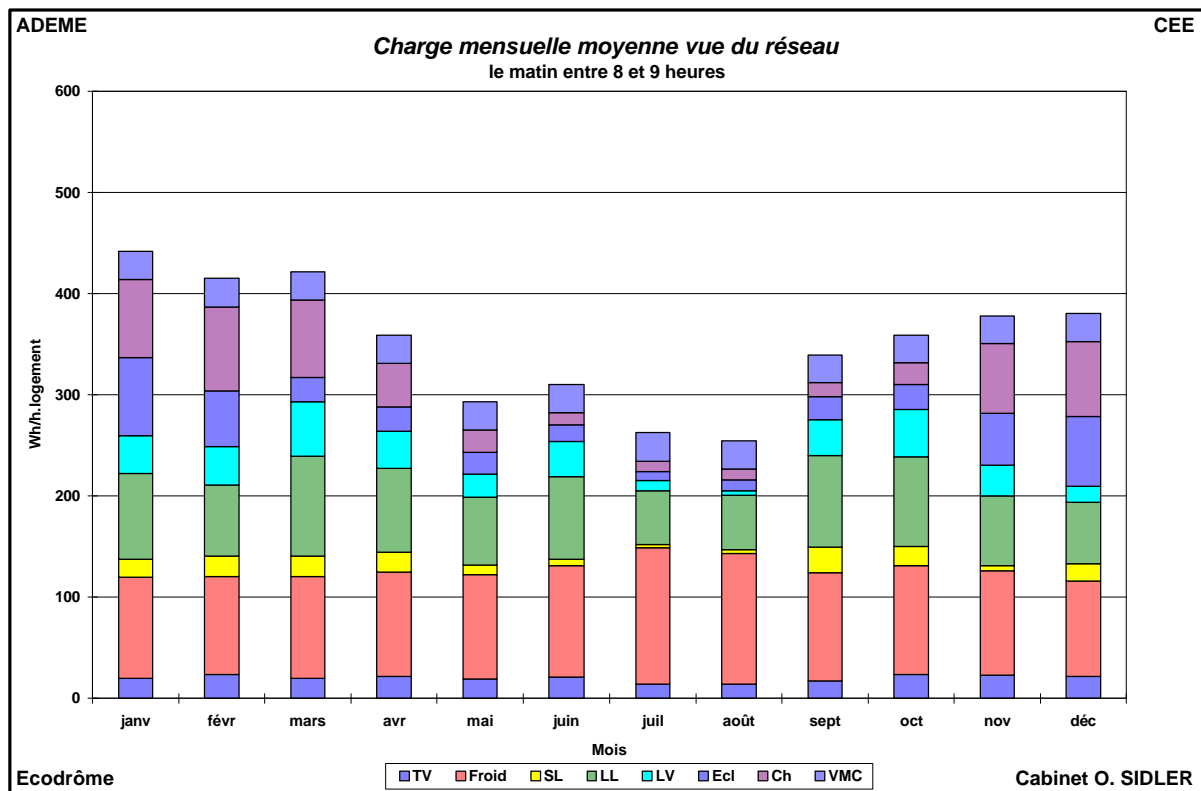


Figure 4.11 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 8 et 9 heures, la première année.

Remarque : dans tout ce qui suit on raisonnera sur la charge effectivement prise en compte sur ces graphiques, étant bien entendu que la charge réelle est supérieure d'environ 25 % puisque tous les usages n'ont pas été instrumentés lors de la campagne de mesure.

On remarque sur la figure 4.11 que :

- de janvier à avril inclus et de septembre à décembre inclus, la charge des usages spécifiques entre 8 et 9h est effectivement la plus importante de la matinée (voir par comparaison la figure 4.12), contrairement à la pointe nationale (tous usages et tous secteurs confondus) qui est maximum en fin de matinée,

- en hiver (janvier, décembre) quatre postes représentent 77 % de la consommation (voir remarque ci-dessus). Ce sont le froid (24%), les lave-linge (18%), l'alimentation électrique des chaudières individuelles (18%) et l'éclairage (17%),

- en été, le froid représente à lui seul plus de la moitié (51 % en juillet et août), les lave-linge 20% et la VMC 11%, soit au total 82 % pour trois postes.

La figure 4.12 fournit les mêmes informations pour la tranche de 11 à 12h, qui est la tranche horaire de la pointe nationale.

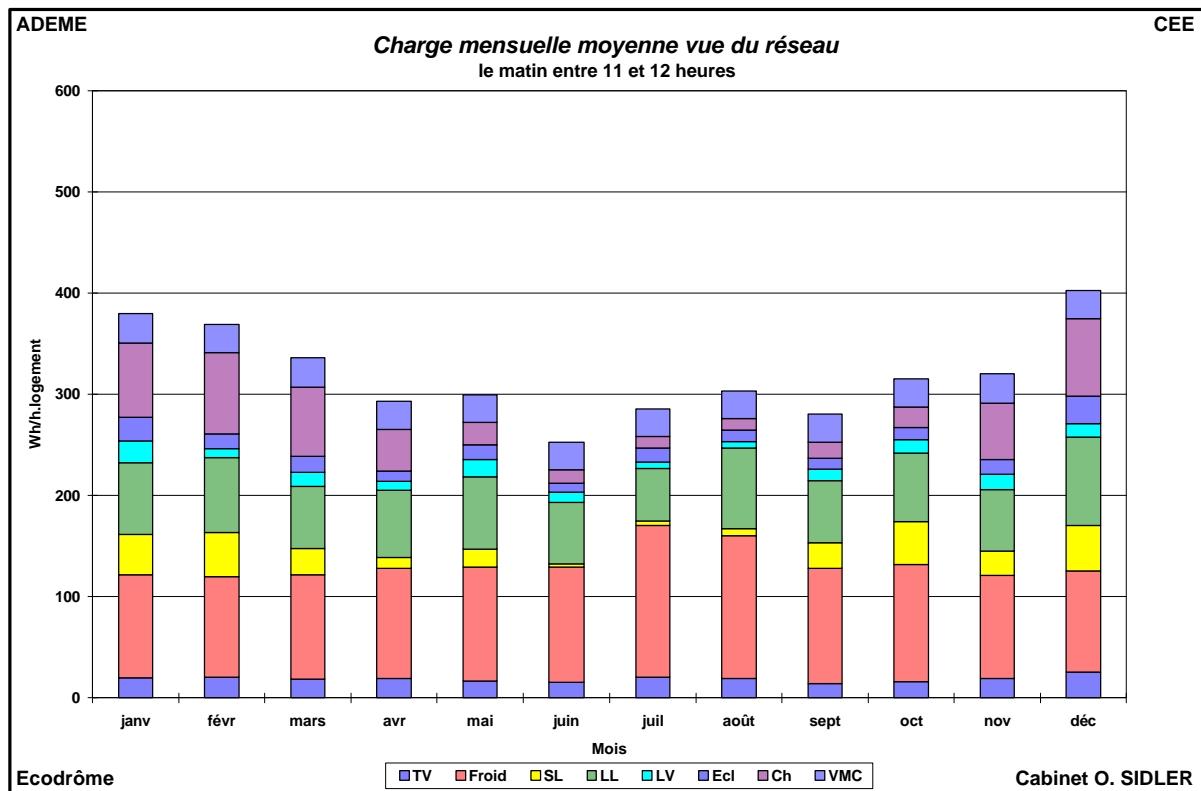


Figure 4.12 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 11 et 12 heures, la première année

On observe que :

- en hiver, trois postes constituent les deux tiers de la charge. Ce sont le froid (26%), les lave-linge (21%) et les chaudières individuelles (19%). Mais un appareil arrive en quatrième position, bien que son taux d'équipement ne soit que de 30 % (dans l'échantillon). C'est le sèche-linge. Ceci confirme ce qui a déjà été évoqué précédemment : le sèche-linge prendra demain une part importante dans la pointe de 11 à 12h si son acquisition par les ménages continue à se développer au rythme actuel,

■ en été, le froid représente à lui seul 52%, les lave-linge 18% et la VMC 10%. Ces trois utilisateurs représentent 80 % des usages.

Enfin, la figure 4.13 traite de la pointe du soir entre 19 et 20h.

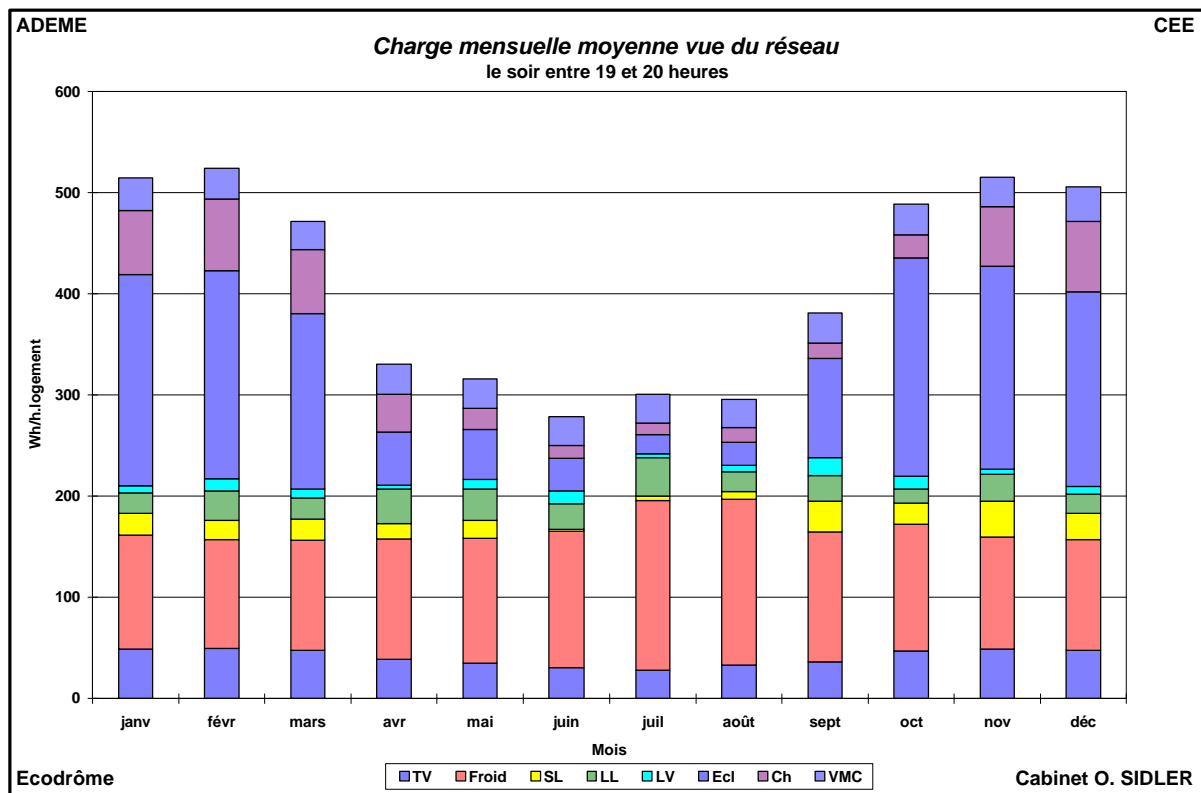


Figure 4.13 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures.

La structure diffère profondément des charges matinales, et 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 la lecture de ces chiffres (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) :

➤ 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 est intéressant de voir maintenant comment l'usage des appareils performants a modifié la structure de cette charge.

4-3-2 Etude de la charge globale la seconde année (appareils performants)

La figure 4.14 représente la structure mensuelle de la charge entre 8 et 9 h. Toutes les valeurs numériques des graphiques de ce § figurent en annexe 3.

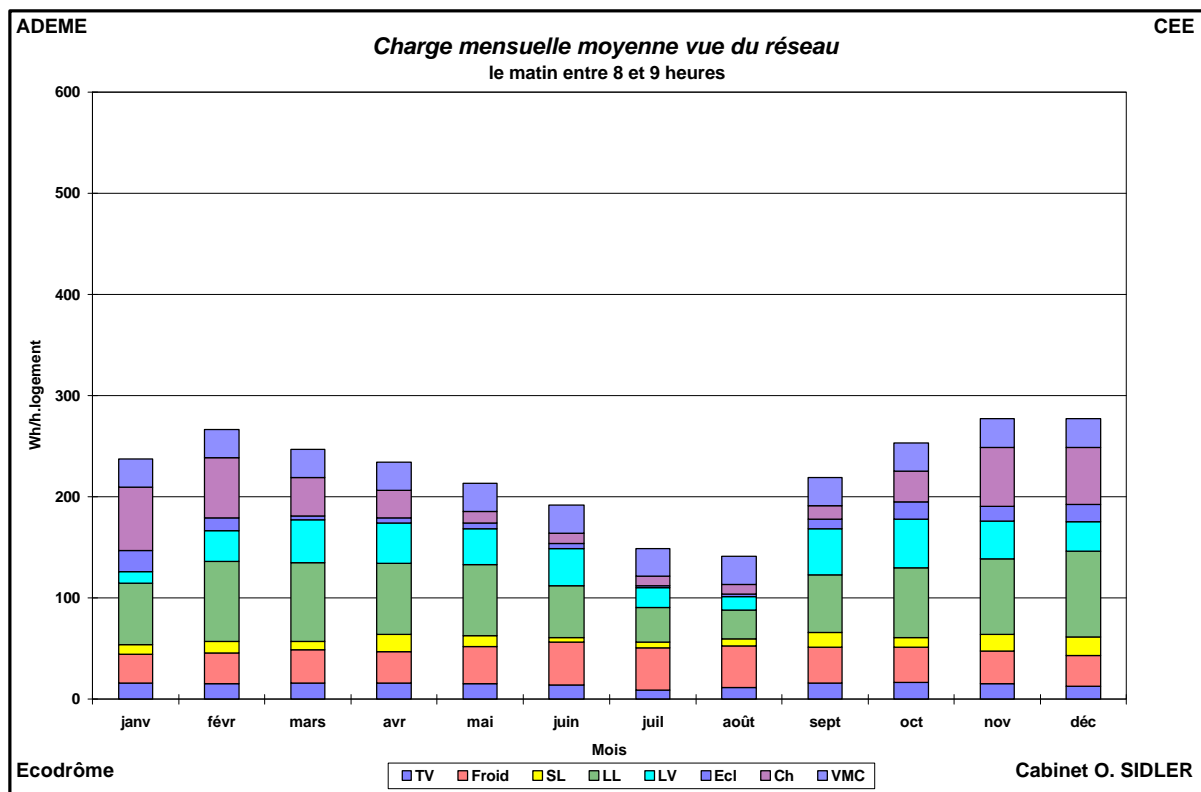


Figure 4.14 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 8 et 9 heures avec appareils performants

On observe de profondes modifications par rapport à la première année (voir figure 4.11) :

- le froid, qui était le principal poste toute la première année, n'est plus qu'en deux ou troisième position,

- le poste le plus important est désormais celui des lave-linge, suivi en hiver par les chaudières, bien qu'elles soient correctement câblées. Cela vient du fait que certaines chaudières, même correctement asservies, consomment beaucoup à cause du ventilateur de la ventouse (pour les chaudières à ventouse, c'est à dire la majorité des chaudières de l'échantillon). Ceci plaide pour la disparition des chaudières utilisant une veilleuse au profit de celles à allumage électronique (voir § 9.7),

- l'éclairage qui était auparavant un poste important ne représente plus grand chose avec les lampes fluocompactes.

La figure 4.15 permet le même type d'analyse pour la tranche 11h à 12 h.

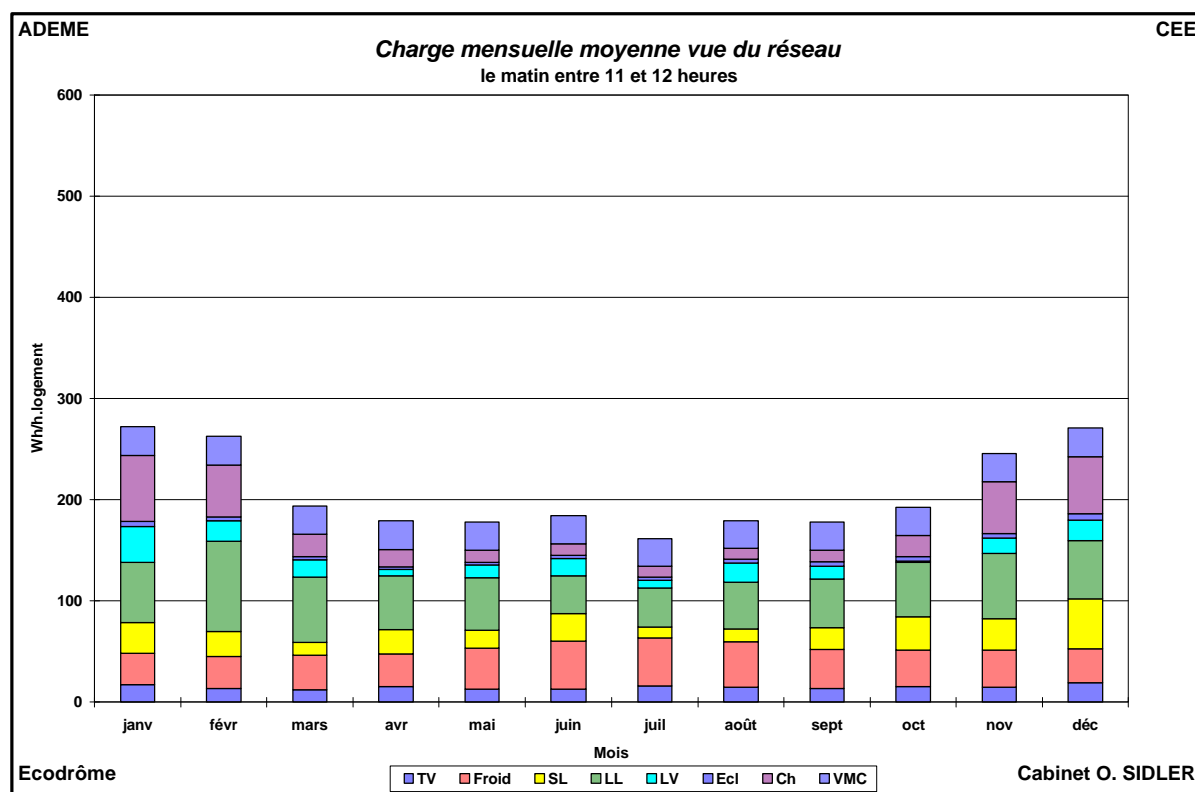


Figure 4.15 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 11 et 12 heures avec appareils performants

On observe d'autres transformations importantes :

- le lave-linge reste le poste nettement le plus important sur l'ensemble de l'année, et il est parfois dépassé par les chaudières,

- mais le phénomène le plus important a trait au sèche-linge : on savait déjà que la tranche 11h à 12 h était celle où cet appareil était majoritairement mis en marche, ce qui est logique puisqu'il succède à la lessive qui a lieu dans la matinée, mais la part qu'il a désormais dans les logements utilisant des appareils performants est très importante. Or le taux d'équipement des sèche-linge est encore assez faible en France et dans notre échantillon. Comme la tranche 11h à 12h constitue la pointe matinale nationale, celle où la production du courant est chère, il convient de veiller à limiter la promotion du sèche-linge qui pourrait sinon être demain un appareil générateur de nombreux problèmes.

Enfin, l'heure du soir (19h à 20h) est peut-être la plus intéressante : la figure 4.16 doit être comparée à la figure 4.13. Rappelons que cette heure constitue la seconde pointe journalière nationale.

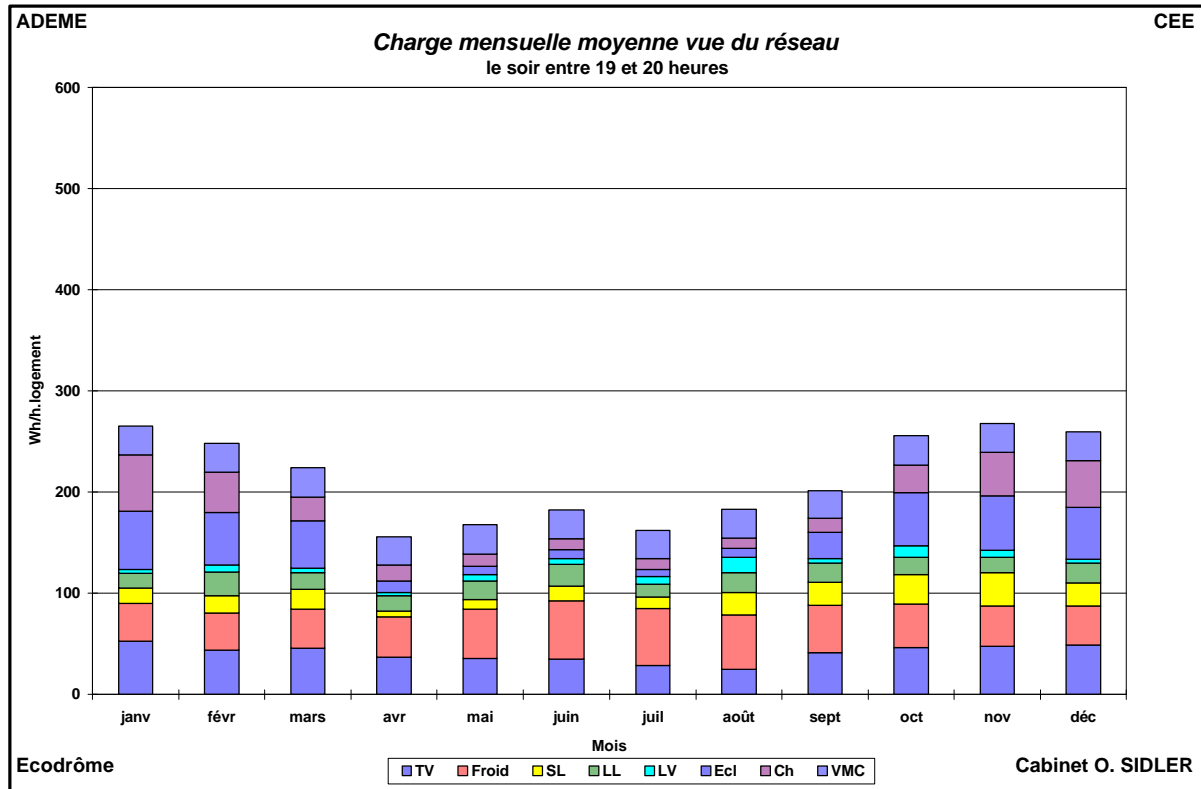


Figure 4.16 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures avec appareils performants

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. Mais l'avènement prochain des écrans à cristaux liquides devrait permettre, d'après les spécialistes, des réductions de 30 ou 40% de la consommation.

Toutes ces observations sont valables pour l'équipement des logements de notre échantillon, mais que se passerait-il si l'on appliquait le taux d'équipement moyen des ménages français aux consommations que l'on a mesurées? La figure 4.17 donne la réponse : elle représente la structure de la charge (pour des appareils performants) entre 19 et 20h avec le taux d'équipement national moyen et doit donc être comparée à la figure 4.16.

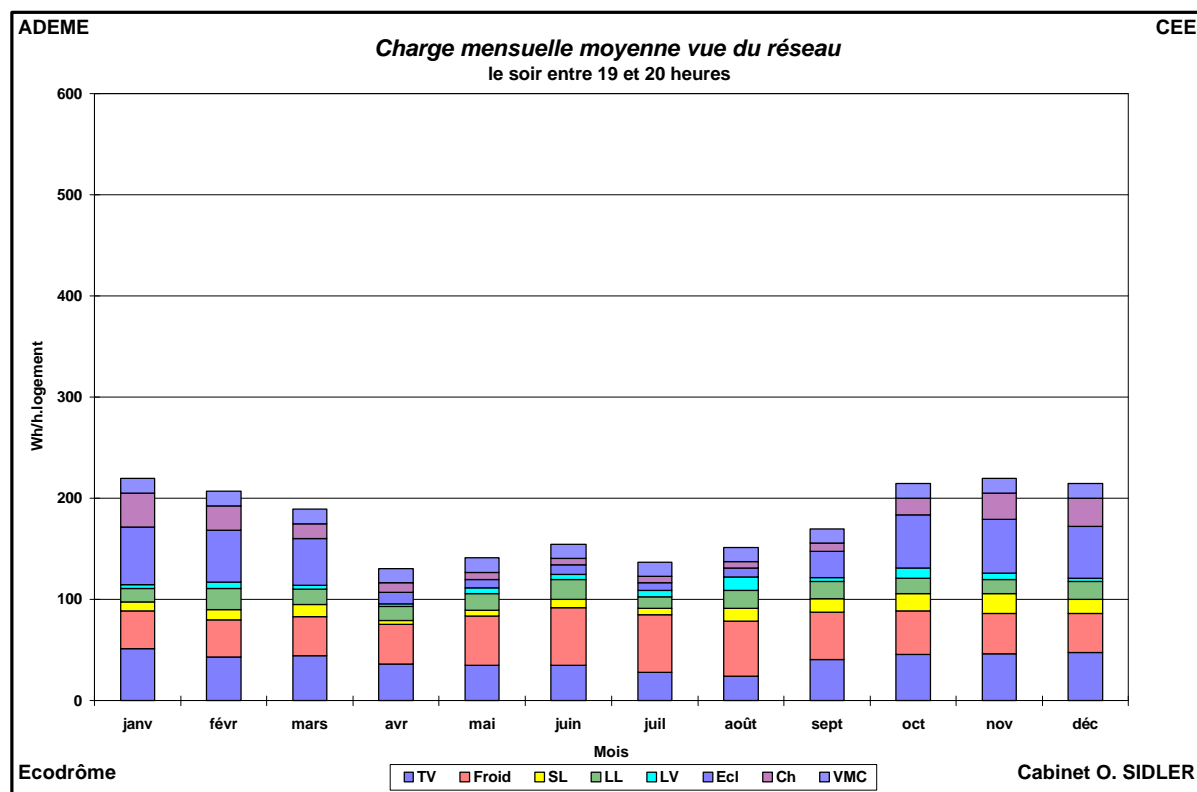


Figure 4.17 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures avec appareils performants (taux d'équipements nationaux)

Les seules différences sensibles avec les caractéristiques particulières de notre échantillon sont :

- ↳ la valeur de la charge est un peu plus faible été comme hiver, et ceci est essentiellement dû au fait que la ventilation mécanique contrôlée n'équipe pas la majorité des logements français d'une part, et que contrairement à l'échantillon, les chaudières individuelles n'équipent pas tous les logements français,
- ↳ par voie de conséquence le poste chaudière joue aussi un rôle moins important en hiver,
- ↳ il n'y a plus que trois postes équilibrés en hiver : TV, froid et éclairage,
- ↳ globalement, il n'y a aucun changement majeur par rapport à ce que nous avons pu constater sur notre échantillon.

Enfin, il était intéressant de voir ce que pouvait être la structure de la charge en reconstituant le poste « autres » qui cumule l'ensemble des petits usages non suivis individuellement. Ce poste a été évalué en moyenne à 26,9 % de la consommation totale grâce au comptage annuel général dont on disposait par ailleurs. Cette valeur a été appliquée pour chaque tranche horo-saisonnière de façon proportionnelle à la consommation totale de la tranche. La figure 4.18 fournit la courbe de charge totale ainsi reconstituée pour la tranche 19h à 20h.

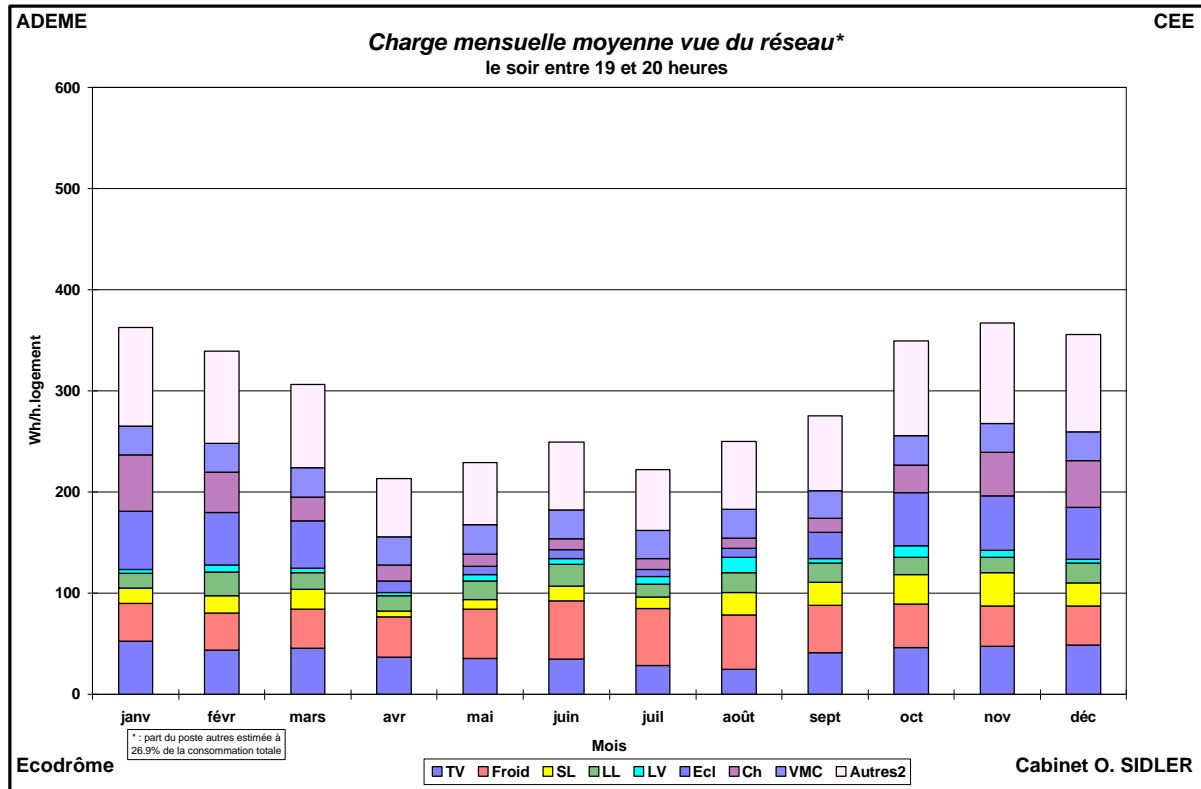


Figure 4.18 : charge mensuelle moyenne totale vue du réseau entre 19 et 20h, avec appareils performants (poste « autres » reconstitué)

L'ensemble des observations qui précèdent justifient l'intérêt des appareils performants et des dispositions techniques testés dans l'opération *Ecodrôme*. Voyons plus en détail :

les lampes fluocompactes divisent par cinq la consommation d'électricité, mais aussi la puissance appelée. Leur impact sur la pointe de 20 h est donc considérable. **La généralisation de leur usage pourrait réduire d'au moins 30 % la part des usages spécifiques de l'électricité du secteur résidentiel dans la pointe du soir**, et de 15 % dans la pointe de la matinée,

en réduisant les consommations traditionnelles, sans pour autant réduire la puissance appelée par chaque appareil, les matériels performants n'en réduisent pas moins la pointe à l'échelle nationale grâce au foisonnement des appels. C'est ainsi que :

- l'usage généralisé des appareils de froid performants permettrait de réduire la charge des usages spécifiques résidentiels de 30 % en été, et de 12 % en hiver lors de la pointe du soir,
- l'asservissement correct des circulateurs de toutes les chaudières (en supposant qu'une chaudière sur deux est mal asservie) réduirait de 4 % la pointe du soir en hiver, et de 6 % celle du matin (toujours en hiver),
- l'usage systématique des lave-linge performants permettrait une diminution de 5 % de la charge globale à l'heure de pointe du matin,

à elles seules, les mesures proposées sur le froid, l'éclairage et les chaudières permettraient de réduire de plus de 40 % la part des usages spécifiques en secteur résidentiel lors de la pointe du soir. En faisant l'hypothèse (certainement majorante) que les 22,7 millions de foyers français appellent la même puissance que celle observée dans nos logements, la réduction de la puissance appelée serait de 4.800 MWe.

Ces aspects de gestion énergétique sont rarement évoqués lorsqu'on parle des appareils électroménagers performants. Or leur intérêt (à grande échelle) est absolument évident dans la gestion des pointes, des puissances appelées et donc des décisions d'équipement de production d'électricité. Dans ces conditions, **pourquoi laisser seuls les particuliers supporter des investissements dont ils ne sont en réalité pas les seuls à bénéficier ?**

4 - 4 EVALUATION DES TRANSFERTS ENERGETIQUES

La consommation électrodomestique se transforme pour une part en chaleur dans les logements et contribue à ce titre aux fameux apports gratuits. On est donc en droit de se demander si l'utilisation d'appareils électroménagers performants ne conduit pas, du point de vue de l'utilisateur, à un simple transfert de consommation : moins d'électricité et plus de chauffage. La question est pertinente et mérite réflexion.

Il faut tout d'abord observer qu'un apport « récupérable » n'est « récupéré » qu'à certaines conditions qu'il faut peut-être rappeler :

■ le chauffage doit être en demande. Ceci élimine les consommations hors saison de chauffage. Or certains appareils consomment beaucoup plus en été qu'en hiver : les congélateurs consomment 2,4 fois plus en juillet qu'en janvier. Le tableau de la figure 4.19, issu des mesures que nous avons faites, fournit pour chaque type d'appareil la part de la consommation en période de chauffage (prise ici entre le 25/10 et le 15/04).

| Appareils | Consommation en période de chauffage (%) | |
|----------------|--|----------------------------|
| | avec appareils ordinaires | avec appareils performants |
| Poste froid | 41,5 | 41,5 |
| Eclairage | 63,0 | 62,6 |
| Chaudière | 82,3 | 79,1 |
| Lave-linge | 49,5 | 52,9 |
| Lave-vaisselle | 51,6 | 51,8 |
| Sèche-linge | 61,2 | 66,4 |
| TV | 52,5 | 51,2 |
| Fer à repasser | 43,3 | idem |
| VMC | 48,0 | idem |

Figure 4.19 : part de la consommation électrique des appareils absorbée pendant la saison de chauffage (25/10-15/04)

■ les apports « gratuits » doivent être libérés dans une pièce chauffée. Mais les sèche-linge, congélateurs (voir réfri-congélateurs), lave-linge sont souvent dans des garages ou des celliers non chauffés,

■ pour qu'il y ait effectivement récupération d'apports gratuits, il faut que le dispositif de régulation du chauffage soit capable de s'adapter afin de réduire l'alimentation en énergie pour maintenir constante la température de consigne dans les locaux et faire en sorte que ce soient les apports gratuits qui assurent le complément. Si les caractéristiques de l'installation de chauffage ne sont pas suffisamment performantes pour assurer cette fonction, **il n'y a aucune récupération d'apports gratuits, mais seulement élévation hétérogène de**

température dans la pièce sans réduction de la consommation de chauffage. Trois éléments essentiels qualifient l'aptitude de l'installation à la récupération de chaleur :

↳ d'abord qu'il y ait un thermostat de régulation dans toutes les pièces du logement susceptibles de recevoir des apports gratuits (thermostat d'ambiance, robinet thermostatique ou thermostat de régulation sur convecteur électrique). La hauteur à laquelle est installé ce thermostat est essentielle. Elle joue un rôle déterminant et plutôt réducteur dans le cas de l'éclairage qui libère une source de chaleur à 2,4 m du sol,

↳ la sensibilité du différentiel de ce thermostat. De ce point de vue tous les dispositifs électromécaniques, très peu sensibles, sont pratiquement disqualifiés et impropres à permettre la récupération d'énergie,

↳ l'inertie thermique de la construction capable, si elle est importante, de limiter les élévations de température et de mieux valoriser la récupération des chaleurs gratuites.

Si l'on se réfère aux consommations de combustible(gaz ou propane) que nous avons mesurées sur chacune des années dans l'ensemble des logements, et qui assurent rappelés-le les usages chauffage, ECS, et cuisine, on note les valeurs suivantes :

| | | | |
|------------------|---|---------------------------|-----------------|
| - première année | : | 12.250 kWh _{pcs} | en moyenne/logt |
| - seconde année | : | 11.713 kWh _{pcs} | « « |

Parmi les causes qui pourraient expliquer des différences de consommation d'une année à l'autre, il y en a deux qui doivent être examinées en priorité :

- la température dans les logements a-t-elle varié d'une année sur l'autre?

Les sondes de température placées dans les logements nous ont fourni une mesure toutes les dix minutes. La figure 4.20 représente, sur la durée de la saison de chauffe, l'évolution d'une année sur l'autre de la température intérieure moyenne de chaque logement.

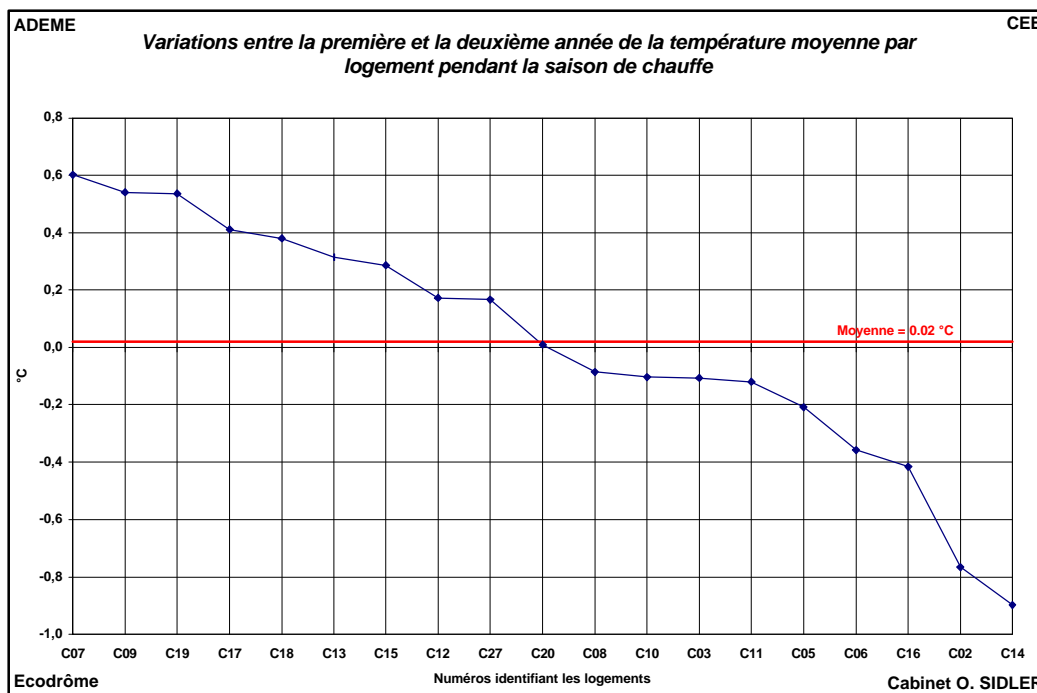


Figure 4.20 : variation de la température intérieure moyenne des logements entre la première et la seconde année, pendant la saison de chauffage

On constate une assez bonne stabilité des températures puisqu'en moyenne, sur les 471.000 températures relevées chaque année, on observe seulement une augmentation très légère de 0,02°C la seconde année.

■ y a-t-il eu des variations importantes de la charge climatique?

Les conditions météorologiques ont été peu différentes sur la période d'observation : 1815 dju₁₈ en 1995/1996 et 1887 dju₁₈ en 1996/1997.

Si on suppose en première approximation que les consommations d'ECS et de cuisson sont inchangées d'une année sur l'autre, on est bien obligé d'admettre que l'effet de la réduction des apports gratuits n'est pas flagrant puisque, au lieu d'augmenter, les consommations de combustible ont même diminué de 537 kWh/logement, soit 4.4 %!

Ce résultat peut surprendre puisqu'il indique exactement le contraire de ce à quoi on s'attendait. Mais il est très instructif. Même si d'autres phénomènes peuvent l'amoindrir, comme une différence sensible de l'ensoleillement entre les deux années, il tend en effet à démontrer que **la récupération des apports gratuits, même dans des logements récents, n'est pas une opération facile et automatique. On doit donc se garder, notamment pour l'éclairage, de considérer que la majeure partie des consommations électrodomestiques sont des consommations de chauffage évitées. C'est faux pour de nombreuses raisons comme nous l'avons souligné.**

Ce résultat méritera évidemment d'être confirmé ultérieurement.

Toutefois, même dans un logement très bien conçu, doté de thermostats très sensibles et très bien placés dans toutes les pièces, on ne pourrait récupérer qu'une fraction des apports gratuits. Cette fraction contribuerait bien sûr à réduire la consommation de chauffage. L'impact de cette substitution doit être examiné sous deux angles :

■ économiquement, il reste toujours préférable, sauf pour les utilisateurs du chauffage électrique, de se chauffer avec une autre énergie que celle dégagée par ses appareils électrodomestiques. Donc même si on avait constaté un transfert énergétique important par l'utilisation d'appareils électrodomestiques performants, cela aurait certes amoindri le bilan économique, mais cela aurait été de toute façon préférable à la solution initiale consommant plus d'électricité et moins d'hydrocarbures (cas général),

■ le bilan en énergie primaire plaide systématiquement pour l'usage des appareils électrodomestiques performants, quel que soit le taux de transfert énergétique. Car, même avec une électricité d'origine nucléaire, le rendement global de la production et de la distribution du courant ne dépasse pas 25, voire 30%, alors que la combustion in situ générera une chaleur distribuée avec un rendement global allant de 60 à 85% selon les systèmes. Réduire la quantité d'énergie primaire nécessaire c'est tout à la fois réduire le recours aux ressources fossiles et réduire la quantité des nuisances environnementales engendrées par la transformation de cette énergie primaire.

En conclusion, la récupération des apports gratuits générés par les usages électrodomestiques est beaucoup plus faible que prévue essentiellement parce que les conditions d'une récupération effective sont assez mal réunies en général. Mais quand bien même cette récupération serait-elle importante, il reste toujours préférable tant d'un point de vue énergétique qu'économique ou environnemental de recourir massivement à l'usage d'appareils domestiques performants. La recherche de l'efficacité énergétique apparaît donc toujours comme la réponse appropriée ■

CHAPITRE 5 : LA PRODUCTION DE FROID

5 - 1 LES REGLES DU CHANGEMENT DES MATERIELS

Changer les appareils de froid existants et les remplacer par des matériels performants n'est pas très facile pour plusieurs raisons :

- il faut évidemment fournir à chaque famille au moins le même volume la deuxième année que la première,
- il faut trouver dans le marché du froid des appareils de classe A correspondant à chacun des volumes existant la première année,
- il faut respecter dans chaque logement des contraintes spécifiques qui vont des contraintes d'encombrement du local où se trouve l'appareil, aux vœux de l'occupant lui même.

Enfin il a fallu, d'une manière bien concrète, retirer les anciens appareils, les mettre en stockage pendant un an, et apporter de nouveaux appareils, le tout dans la même journée pour ne pas interrompre le service du froid de chaque famille. Dans certains cas, il a par exemple fallu démonter la porte d'un congélateur coffre pour qu'il puisse rentrer dans le local où il devait être mis en place. Il est certain que notre métier d'ingénieur s'est enrichi à cette occasion d'un savoir nouveau...et rare!

Malgré la définition de principes très clairs, il a fallu faire un certain nombre de compromis. Il a aussi fallu répondre à la question : par quoi remplacer dans un même logement un réfrigérométre de 50+200l et un congélateur de 200l? La même chose, ou bien un réfrigérateur tout utile de 200l et un congélateur de 250l? Cet équipement mixte est très fréquent. Il correspond en réalité à la vie et la croissance de la famille. A l'origine, la famille est petite (souvent juste les parents), et elle achète un réfrigérateur-congélateur. Puis avec le temps, la taille de la famille et les besoins augmentent, et on achète un congélateur supplémentaire.

Nous avons conclu de cette observation que seul le service rendu devait être conservé, ce qui nous a amené à pratiquer des restructurations d'équipement par lesquelles, après accord des occupants, nous avons remplacé le couple réfrigérométre + coffre par le couple réfrigérateur + coffre, en conservant les volumes bien entendu.

En règle générale nous avons toujours veillé, lorsque c'était techniquement possible, à ce que le volume offert aux usagers soit au moins aussi important que ceux qu'ils avaient auparavant.

Enfin s'est aussi posé le problème des appareils achetés d'occasion (situation très fréquente en logement social) et très largement surdimensionnés faute d'une offre suffisamment large sur le marché de l'occasion. Cette situation s'est produite deux fois. Là aussi nous avons privilégié la notion de service rendu d'une part, mais aussi l'idée qu'un changement de matériel était dans toute circonstance de la vie l'occasion de réadapter l'appareil à ses besoins réels. Au demeurant nous avons aussi été amenés à faire l'inverse dans une famille qui a souhaité doubler son volume de congélation la seconde année.

Tout ceci fait partie des aléas inévitables d'une expérimentation in situ.
La figure 5.1 dresse le bilan des modifications de volume du poste froid dans l'ensemble des logements.

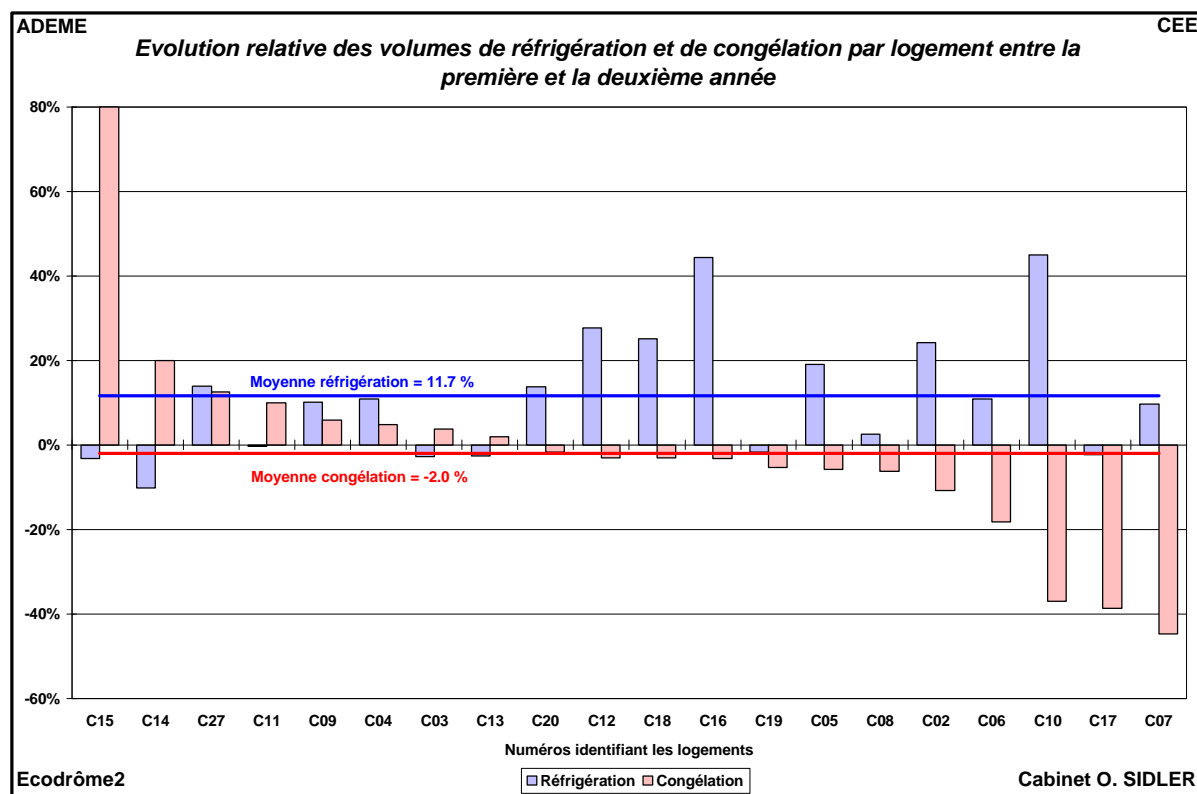


Figure 5.1 : évolution des volumes de réfrigération et de congélation entre la première et la seconde année dans les logements

On relève globalement que le volume de congélation a baissé en moyenne de 2,0 % et que le volume de réfrigération a augmenté en moyenne de 11,7% la seconde année.

5 - 2 CONSOMMATIONS ANNUELLES COMPAREES

Remarque préalable : Avant de comparer les consommations des appareils de froid il n'est pas inutile de rappeler que d'une année sur l'autre les températures en saison de chauffage n'ont pratiquement pas varié dans les logements (voir § 4.4). Faute d'avoir pu disposer de sondes de température dès le début de l'opération il n'est pas possible de fournir une information sur l'ensemble de l'année.

La figure 5.2 représente la consommation comparée de l'ensemble des appareils de froid de chaque logement entre la première et la seconde année.

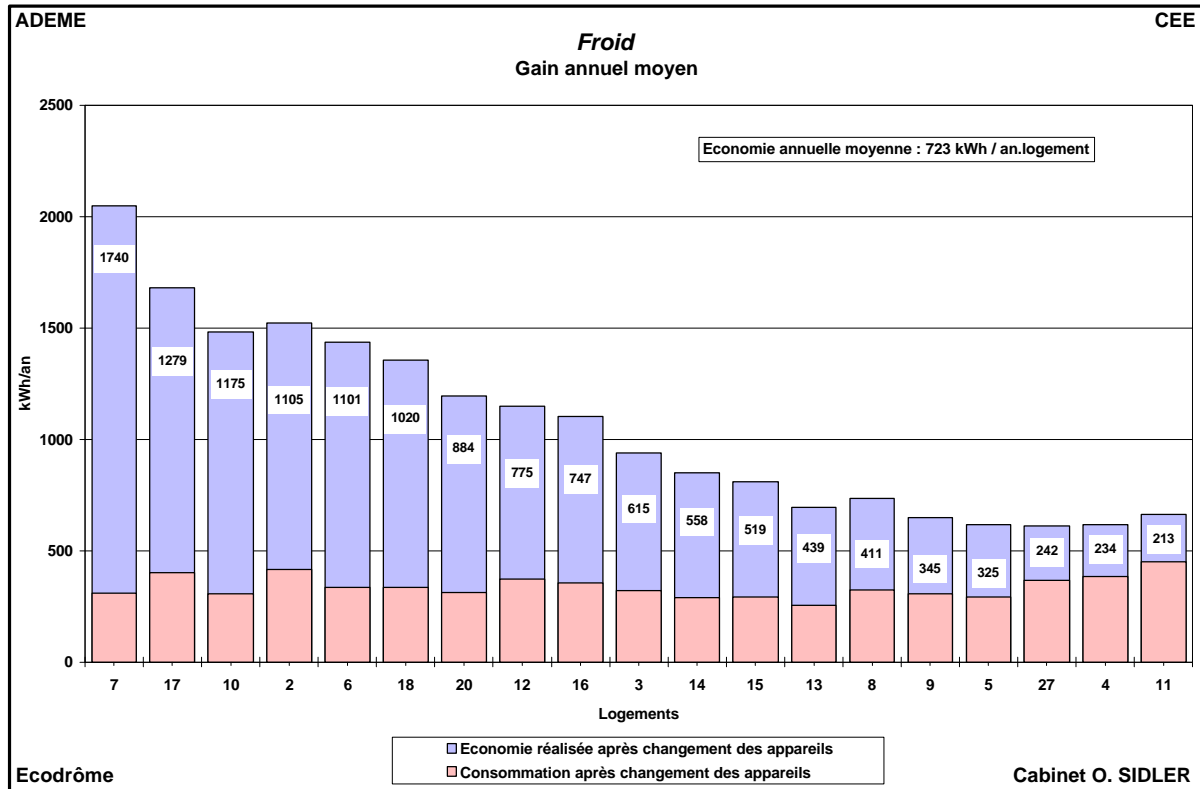


Figure 5.2 : économie de consommation des appareils de froid entre la première et la seconde année

L'économie moyenne par logement est de **723 kWh/an**. Ce résultat est incontestablement le plus spectaculaire de toute l'opération *Ecodrôme*. Des différences importantes existent d'un logement à l'autre. L'explication est donnée cas par cas par le nombre, la taille, la qualité des appareils en place. On remarque aussi que les appareils présentant les plus faibles économies sont souvent les réfrigérateurs-congélateurs, qu'ils soient combi ou duo. L'explication est peut-être que ces appareils sont généralement plus récents que les autres.

La figure 5.3 représente pour chaque logement le rapport des consommations avant et après changement des appareils.

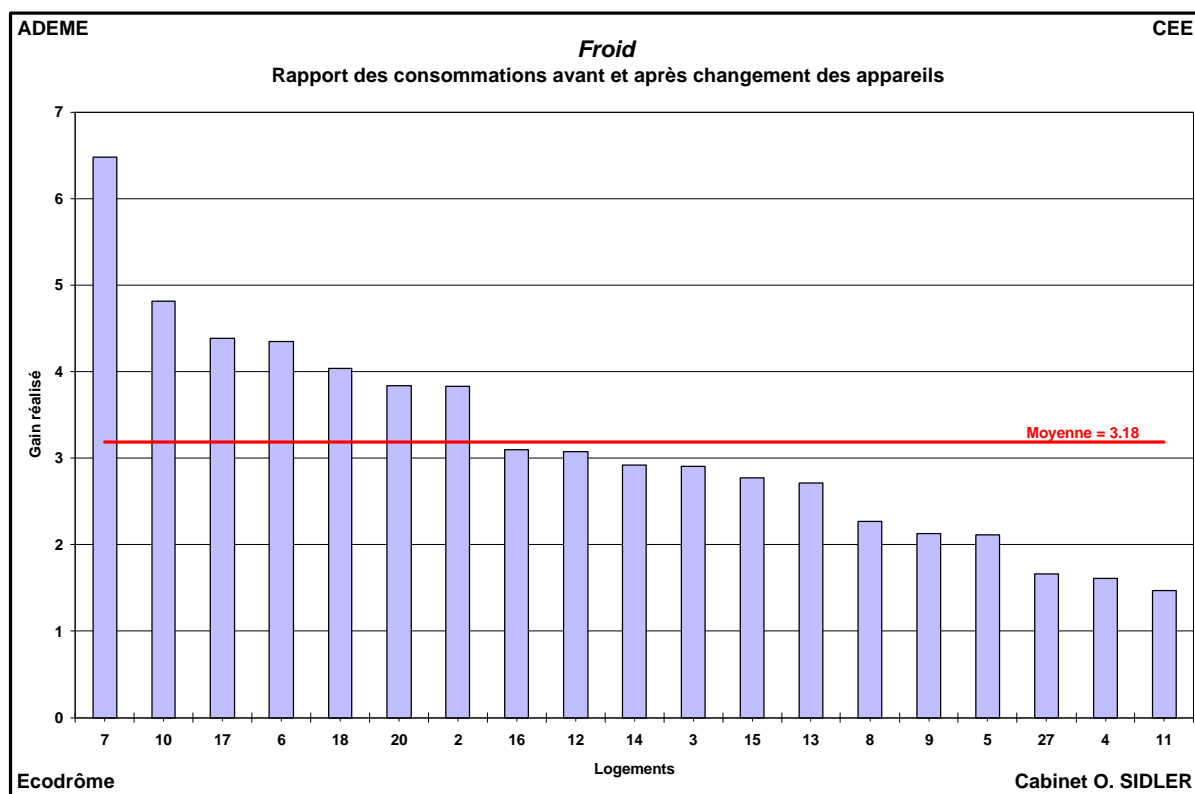


Figure 5.3 : rapport des consommations avant et après changement des matériels de froid

En moyenne la consommation des appareils de froid de chaque logement a été divisée par 3.18, la valeur maximum atteignant même 6.5 dans un logement. A contrario, même avec des matériels assez récents de moins de un an, la réduction de consommation n'a jamais été inférieure à 1.5. Ce résultat est très encourageant pour toutes les campagnes de promotion de l'électroménager performant, car il montre qu'il existe des marges de progression considérables.

La consommation annuelle moyenne pour chaque type d'appareils s'établit désormais ainsi (on a fait figurer dans le tableau les consommations moyennes de la première année) :

| Appareils | Appareils existants | | Appareils performants | |
|--------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | Consommation kWh/an | Consommation kWh/an/pers. | Consommation kWh/an | Consommation kWh/an/pers. |
| Réfrigérateurs | 362 | 103 | 140 | 34 |
| Réfri-congérateurs | 721 | 190 | 319 | 99 |
| Combis | 744 | 189 | 300 | 88 |
| Duos | 615 | 194 | 338 | 110 |
| Congélateurs | 619 | 167 | 213 | 71 |
| Coffres | 722 | 189 | 196 | 46 |
| Armoires | 440 | 129 | 262 | 99 |
| Poste froid | 1062 | 281 | 339 | 92 |

Consommations annuelles comparées des appareils de froid

5 - 3 VARIATIONS SAISONNIERES DE LA CONSOMMATION

Nous allons analyser dans ce qui suit les variations de la consommation annuelle au cours de l'année. Mais puisque nous disposons des données propres à la fois aux appareils ordinaires et aux appareils performants, nous fournirons dans chaque cas les courbes de variations saisonnières. En effet, même si on pourrait *a priori* penser que la saisonnalité est la même, il faut rester prudent afin de voir éventuellement si la conception propre à chaque type de matériel n'est pas source d'un comportement spécifique.

La méthode utilisée repose sur l'analyse de la variation de la consommation journalière mensuelle moyenne référée à la moyenne journalière annuelle. Cette méthode permet de comparer les mois entre eux en s'affranchissant du nombre de jours propre à chacun.

5-3-1 Les réfrigérateurs

5.3.1.1 Réfrigérateurs ordinaires

Remarque : l'échantillon valide des réfrigérateurs (appareil à une seule porte) dans la première année de *Ecodrôme* n'est que de deux appareils. Les résultats qui suivent n'ont donc que très peu de valeur et devront être confirmés.

La figure 5.4 fournit la variation saisonnière des consommations des appareils ordinaires.

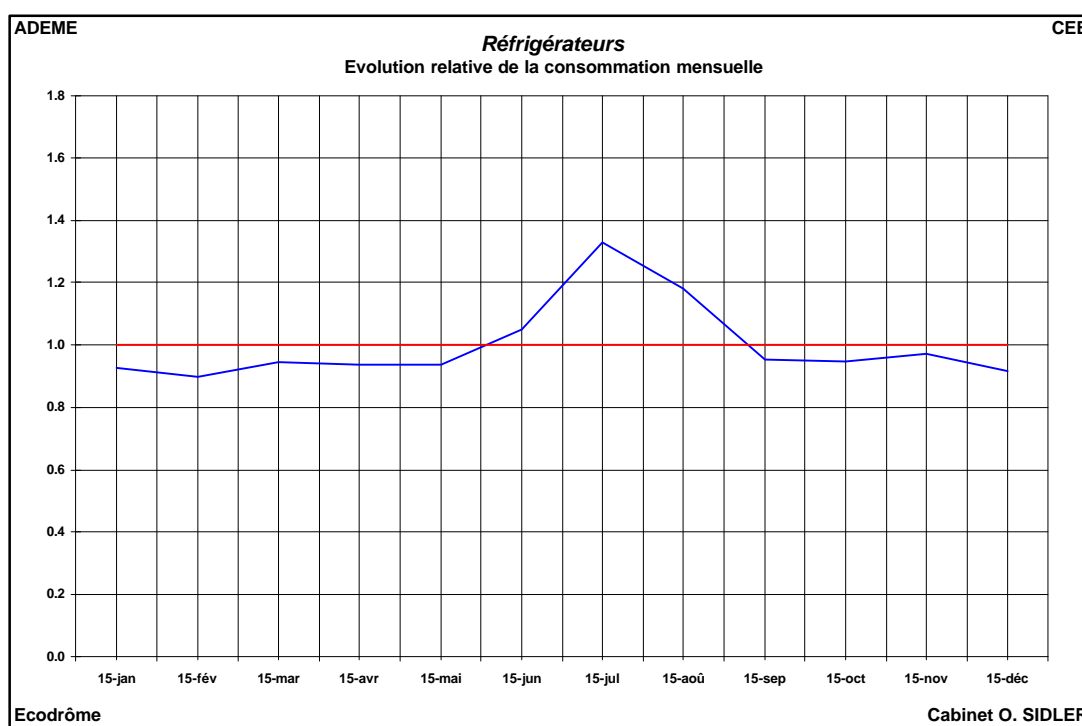


Figure 5.4 : saisonnalité de la consommation des réfrigérateurs ordinaires

On observe que de mi-septembre à mi-mai la consommation ne varie pratiquement pas et qu'elle se situe entre 0,9 et 0,95 de la valeur moyenne annuelle. Puis dans l'été la consommation peut atteindre en juillet 30 % de plus que la moyenne annuelle. L'explication tient en ce que les réfrigérateurs étant à l'intérieur des volumes chauffés, ils sont soumis pendant 7 mois à des températures très stables assurées par le chauffage. Mais en été, la température dans les logements augmente, et avec elle la consommation des réfrigérateurs.

L'intérêt des courbes de saisonnalité comme celle de la figure 5.4, est de pouvoir instrumenter un appareil pendant n'importe quelle période de l'année et de faire ensuite une correction de saisonnalité qui permettra d'en déduire la consommation annuelle.

5.3.1.2 Réfrigérateurs performants

L'échantillon des réfrigérateurs performants comprend 12 appareils. La figure 5.5 représente les variations saisonnières de consommation de ces appareils.

L'allure générale est la même que pour les appareils non performants, mais on remarque que la pointe estivale est moins importante en valeur relative, ce qui s'explique peut-être par la meilleure isolation thermique de l'appareil.

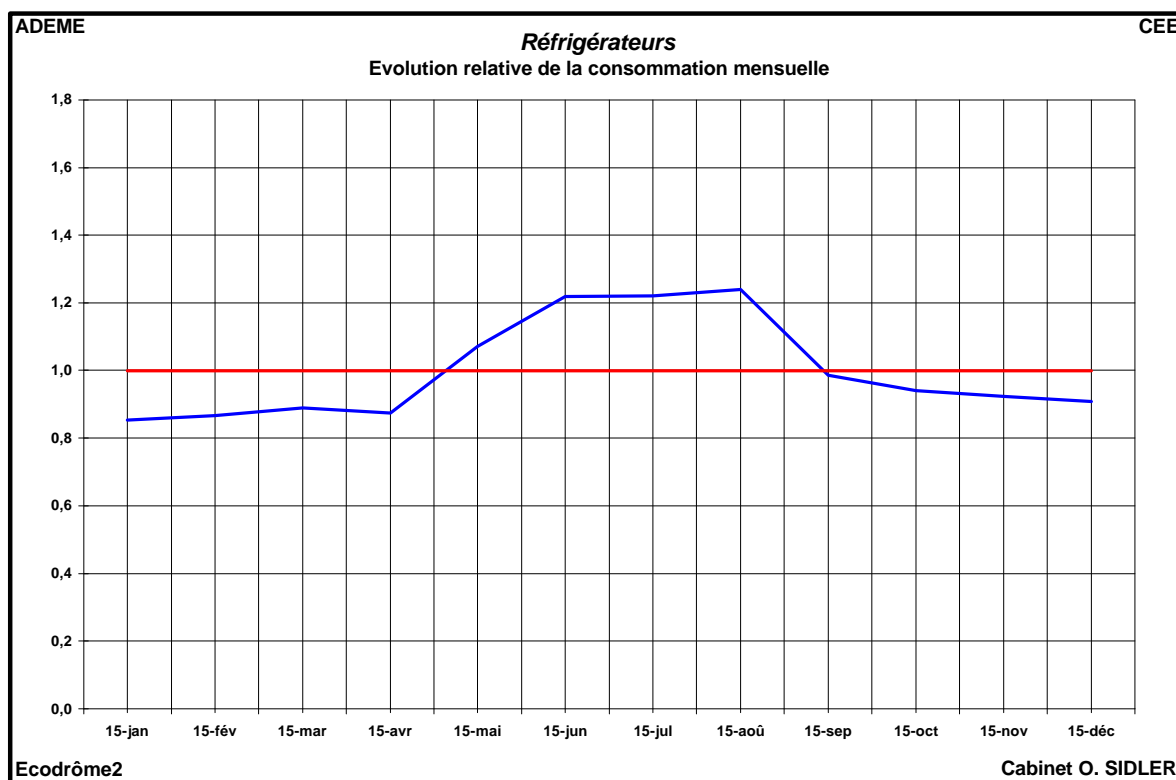


Figure 5.5 : saisonnalité de la consommation des réfrigérateurs performants

5-3-2 Les réfrigérateurs-congélateurs

5.3.2.1 Réfrigérateurs-congélateurs ordinaires

La figure 5.6 représente les variations de consommation mensuelle pour les réfrigérateurs-congélateurs. Tous les appareils de l'échantillon, au nombre de 16, sont des appareils dotés de 4 étoiles dans l'échelle du froid.

On observe que les valeurs sont sensiblement les mêmes que pour les réfrigérateurs, et exactement pour les mêmes raisons. La consommation maximale se trouve en juillet et vaut 30 % de plus que la moyenne annuelle. En revanche, en hiver la consommation semble légèrement inférieure en valeur relative (0,85 à 0,90 de la valeur moyenne).

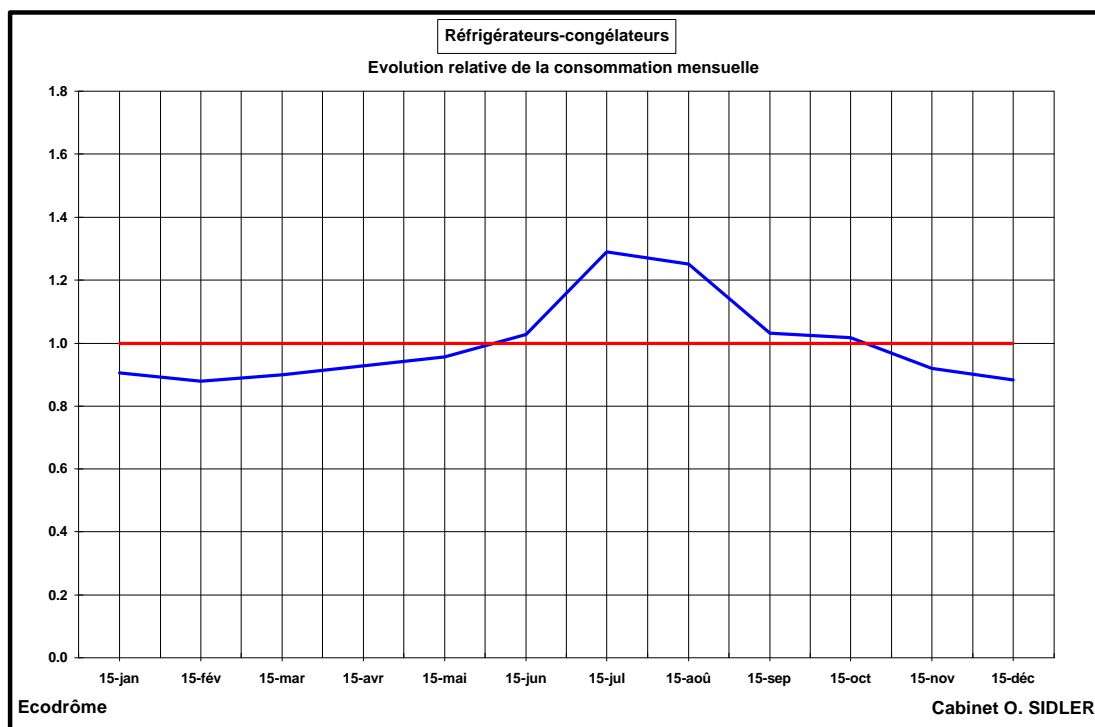


Figure 5.6 : saisonnalité de la consommation des réfrigérateurs-congérateurs ordinaires

5.3.2.2 Réfrigérateurs-congérateurs performants

L'échantillon observé comportait seulement 8 appareils. La figure 5.7 montre qu'il y a assez peu de différence entre le comportement saisonnier des appareils ordinaires et performants.

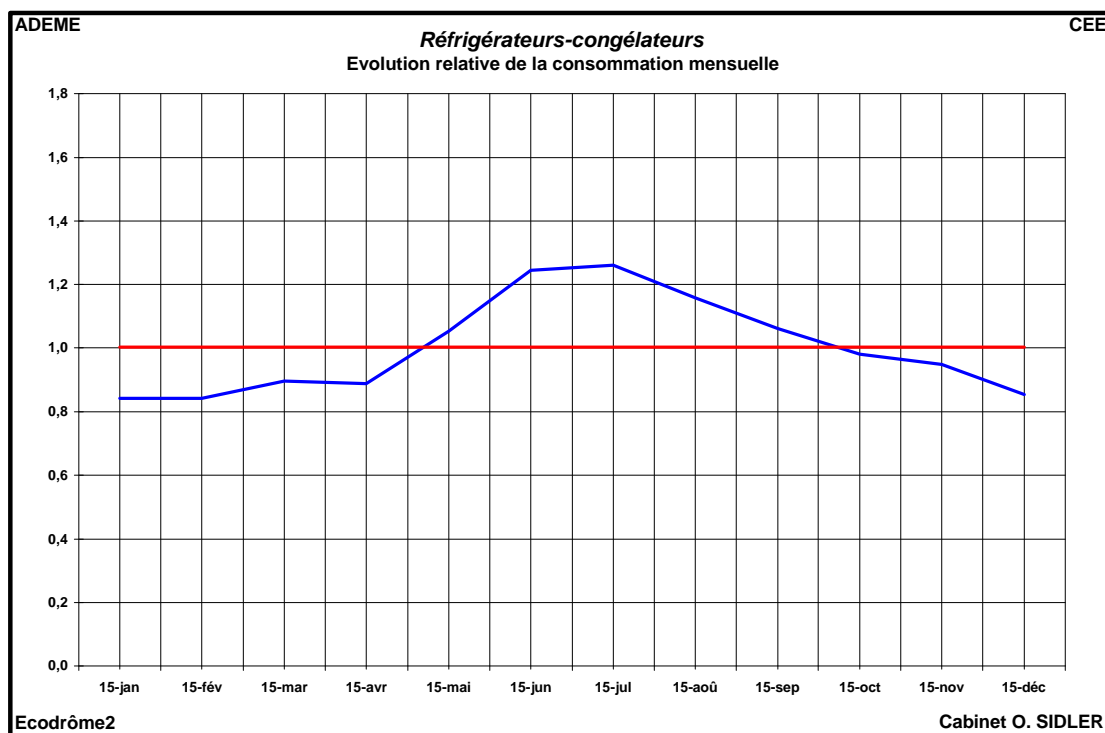


Figure 5.7 : saisonnalité de la consommation des réfrigérateurs-congérateurs performants

5-3-3 Les congélateurs

5.3.3.1 Congélateurs ordinaires

La figure 5.8 représente la variation saisonnière de la consommation journalière des congélateurs ordinaires (échantillon de 11 appareils). Il faut immédiatement préciser que tous les congélateurs suivis étaient en dehors du volume chauffé, généralement dans les garages. Ceci est important pour expliquer la forte variation des consommations.

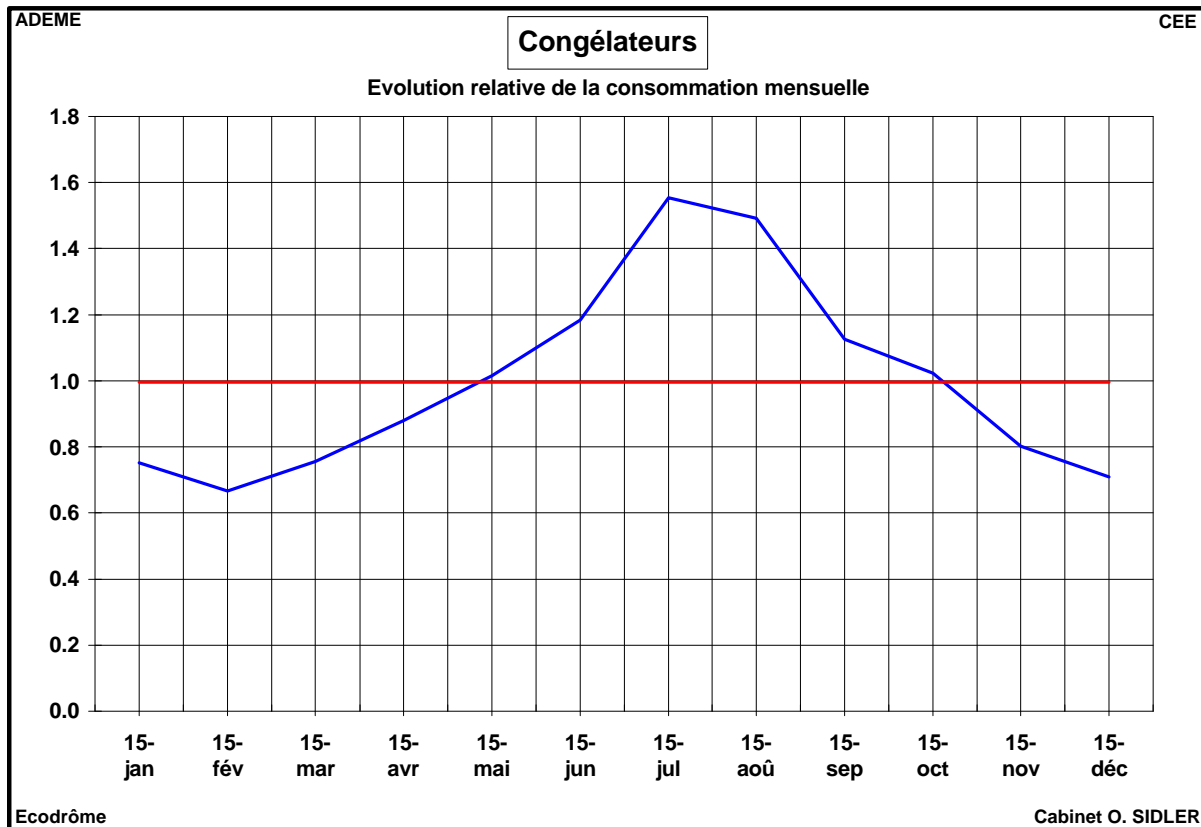


Figure 5.8 : évolution relative de la consommation mensuelle des congélateurs ordinaires

On constate qu’entre l’hiver et l’été, la consommation des congélateurs est multipliée par 2,32. Ce phénomène a été clairement expliqué. En effet la consommation est pratiquement proportionnelle à l’écart de température entre l’intérieur de l’appareil et l’ambiante, et la consommation due aux déperditions à travers les parois représente toujours la majeure partie de la consommation totale. Comme les appareils sont dans des locaux non chauffés, les variations de température ambiante sont très importantes, pouvant passer de 5 ou 10 °C en hiver à 25 ou 27 °C en été. Mais ceci ne peut expliquer à lui seul les écarts entre été et hiver. Il semble que la quantité d’aliments transitant chaque jour dans le congélateur est beaucoup plus importante en été qu’en hiver, ce qui expliquerait la différence que l’on constate entre février et juillet.

Ainsi la forte saisonnalité des consommations des congélateurs aurait deux origines : les variations importantes de la température qui affectent les appareils généralement situés dans des locaux non chauffés, et le transit beaucoup plus important d’aliments en été qu’en hiver.

5.3.3.2 Congélateurs performants

Il y avait également 11 appareils dans cet échantillon. La figure 5.9 fait apparaître une différence très importante entre la saisonnalité de consommation des congélateurs ordinaires et performants.

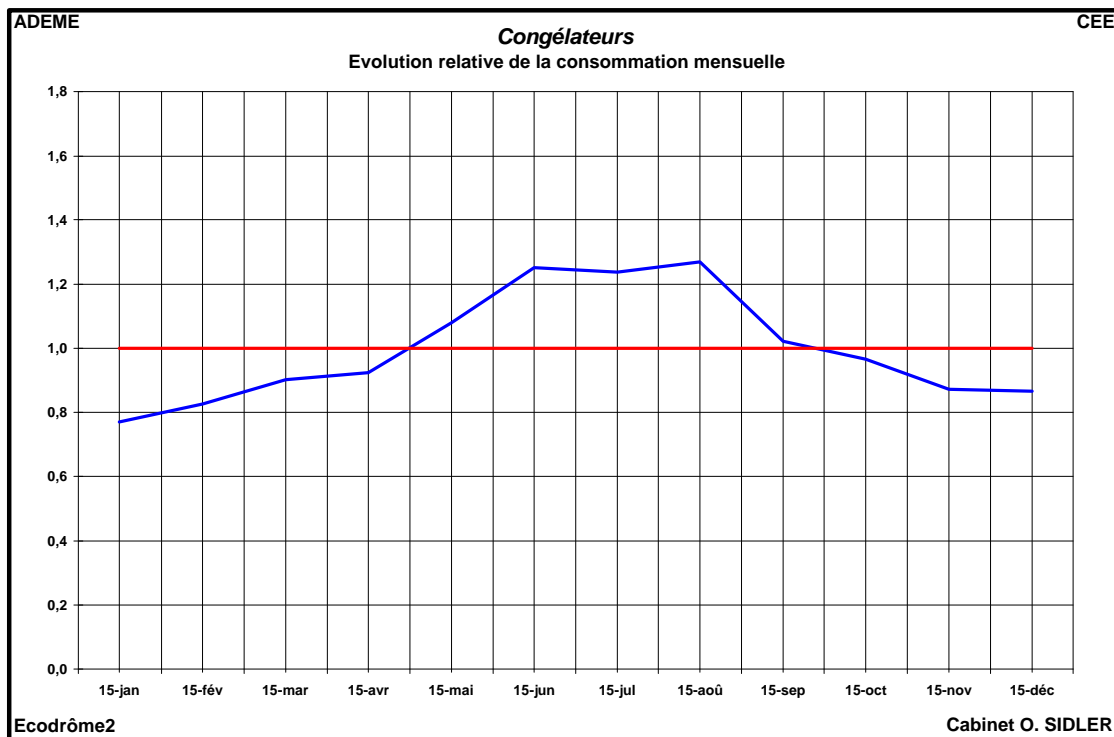


Figure 5.9 : évolution relative de la consommation mensuelle des congélateurs performants

En effet l'amplitude des variations de température est beaucoup plus faible pour les appareils performants que pour les appareils ordinaires. Pour ces derniers elle était d'environ 2.3, alors que pour les appareils performants elle n'est plus que de 1.6. Par rapport à la valeur moyenne annuelle, les variations sont beaucoup moins importantes.

On peut tenter une explication à ce phénomène. En effet la consommation d'un congélateur est *a priori* la somme de quatre composantes : les déperditions par les parois, l'énergie nécessaire au transit des aliments (qu'il faut bien refroidir), l'énergie absorbée par la vapeur d'eau pénétrant lors des ouvertures de portes et qui finit par se transformer en glace, et l'énergie perdue par ouverture de la porte. Les trois dernières composantes sont les mêmes que les appareils soient performants ou non, et elles sont assez saisonnières : la quantité d'humidité dans l'air ou le transit des aliments sont plus importants en été qu'en hiver (donc également le nombre d'ouvertures de porte). Pour tous les appareils (performants et ordinaires) ces trois composantes constituent une base de consommation commune à laquelle s'ajoute une base de consommation spécifique : les pertes par les parois, elles-mêmes très saisonnières. Mais pour les appareils performants cette composante est beaucoup moins importante que pour les appareils ordinaires, du fait de leur meilleure isolation. Il s'ensuit que pour les appareils performants les variations relatives de la consommation sont plus faibles au cours de l'année que pour les appareils ordinaires, et elles sont en même temps plus proches des variations saisonnières imposées par les trois composantes communes de la consommation.

5 - 4 VARIATIONS HORO-SAISONNIERES COMPAREES DE LA CHARGE

La figure 5.10 représente les variations horo-mensuelles comparées de la charge durant la première et la seconde année. La charge est exprimée en Wh/h par logement.

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine de ces figures se trouvent en annexes 2 (appareils existants) et 3 (appareils performants).

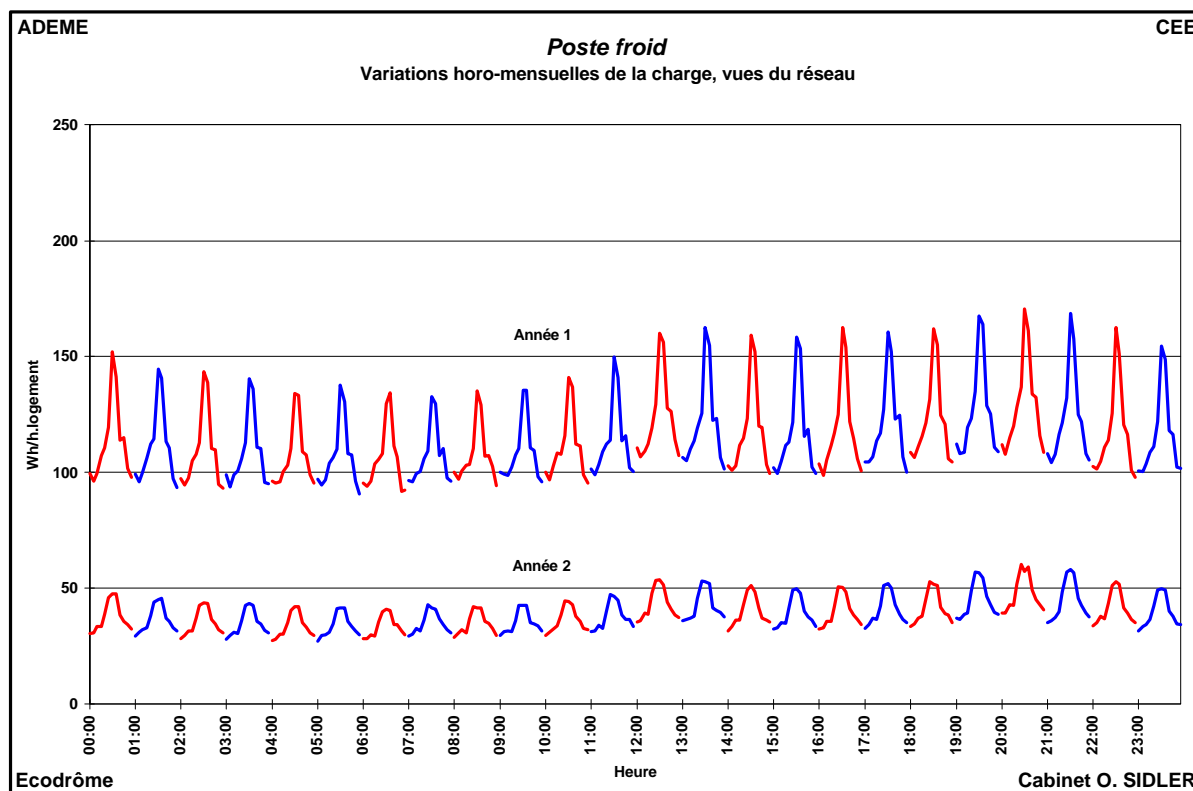


Figure 5.10 : variations horo-mensuelles de la charge du poste froid, vue du réseau

On observe plusieurs faits remarquables :

- l'amplitude générale des consommations horaires est divisée par environ trois, ce qui confirme les remarques précédentes. Les appareils de froid performants apparaissent bien comme de gros contributeurs à la réduction des puissances appelées sur le réseau,

- la variation intrinsèque de consommation horaire entre été et hiver était de 65 Wh/h avec les matériels existants, et elle n'est plus que de 20 Wh/h maximum avec les matériels performants. En d'autres termes **les appareils de froid performants constituent un facteur important de régulation de la charge** dans la mesure où ils sont finalement beaucoup moins sensibles aux influences horo-saisonniers de la température.

Mais cette baisse de la consommation des appareils de froid s'accompagne d'une modification importante du taux de leur contribution à la charge globale des logements (leur poids dans la charge totale des logements). La figure 5.11 montre l'évolution de ce taux de contribution avec les appareils existants (première année). La figure 5.12 représente les variations horo-mensuelles du rapport du taux de contribution la seconde année à celui de la première année.

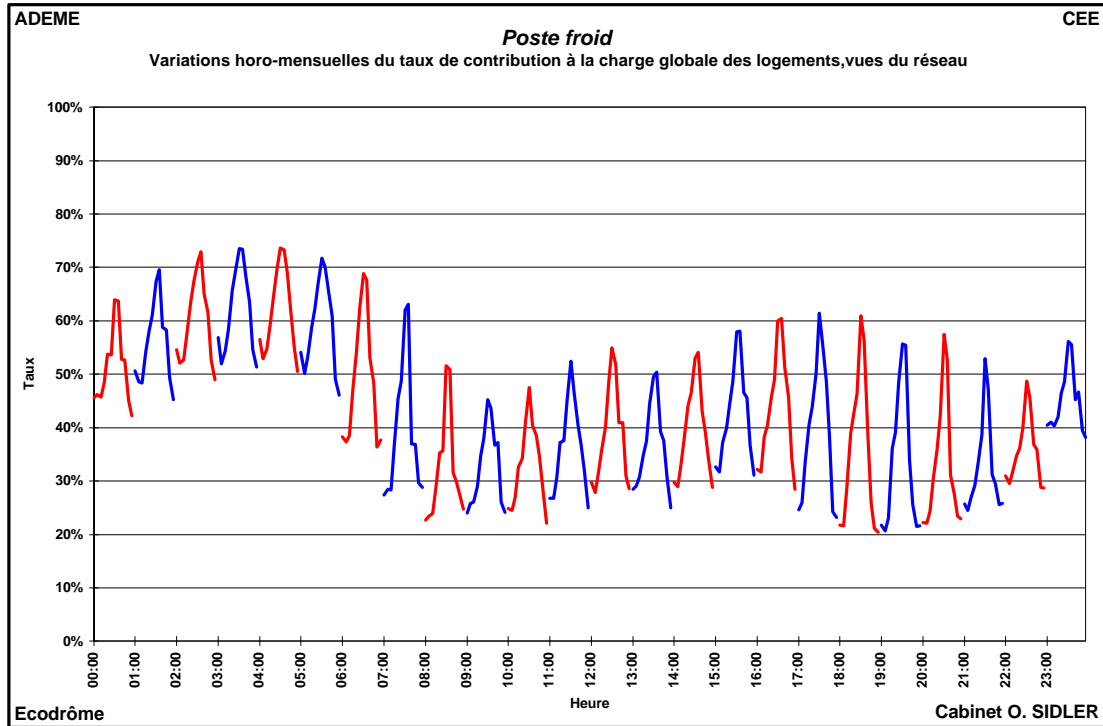


Figure 5.11 : variations horo-mensuelles du taux de contribution du poste froid (appareils existants) à la charge globale des logements, vue du réseau

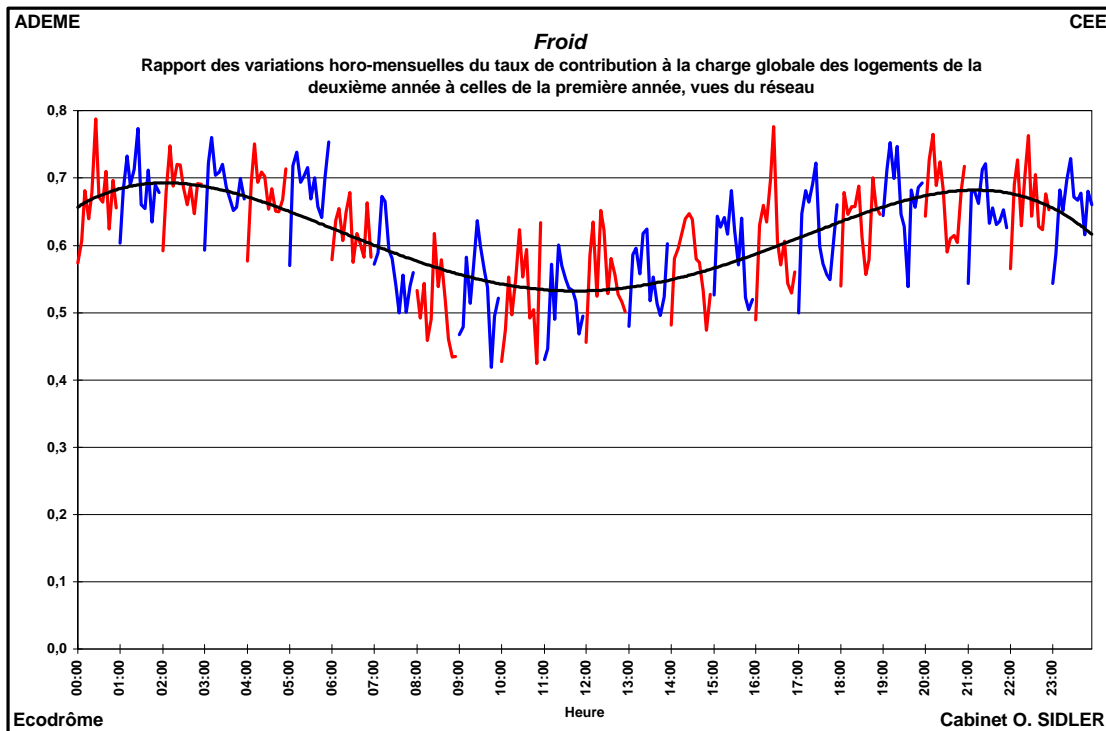


Figure 5.12 : variations horo-mensuelles du rapport entre la seconde et la première année du taux de contribution du poste froid à la charge globale des logements, vue du réseau

On voit que la contribution du poste froid est réduite en moyenne, selon les heures de la journée de 30 à 45 %. Mais le poste froid reste un gros contributeur à la charge globale, notamment en soirée et la nuit où il continue à représenter près de la moitié des usages spécifiques.

On note aussi que le taux de contribution pour une heure donnée au cours de l'année peut varier dans des proportions encore importantes, par exemple de 12 à 38 % entre 18 et 19h.

5 - 5 EVOLUTION DE LA PUISSANCE APPELEE

5-5-1 Les réfrigérateurs

La figure 5.13 représente la distribution des puissances appelées par un réfrigérateur performant de 200 litres.

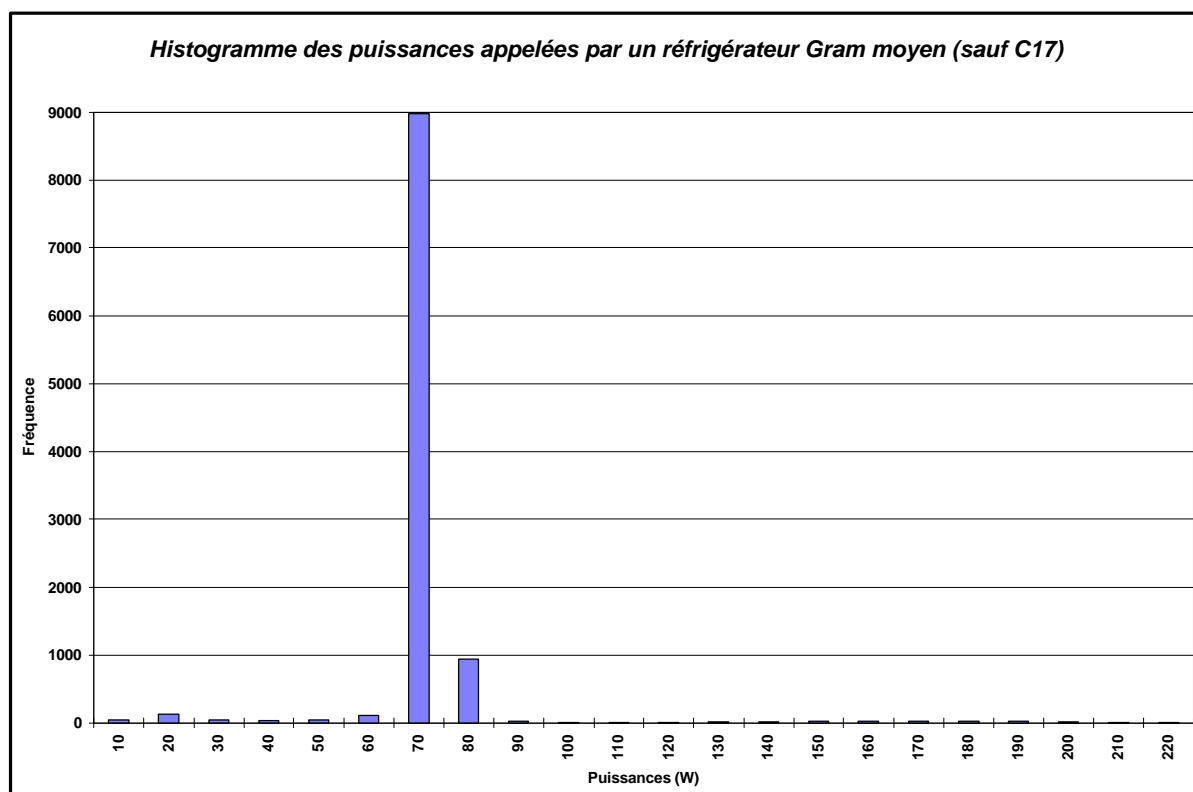


Figure 5.13 : distribution des puissances appelées en un an par un réfrigérateur performant de 200 l

Le mode de fonctionnement est unimodale centré autour de 70 W. Les puissances observées dans la classe 80 W correspondent aux puissances appelées lors du démarrage. Le fonctionnement de cet appareil présente néanmoins des particularités observées sur la plupart des matériels : il arrive pendant des temps très courts, de l'ordre de une ou deux minutes, que la puissance atteigne plusieurs centaines de Watts. Ce phénomène reste un peu mystérieux et nous ignorons à quoi l'attribuer. Il ne s'agit probablement pas du dégivrage de l'évaporateur car celui-ci est fait par remontée de la température.

La figure 5.14 représente la distribution comparée des puissances appelées la première et la seconde année pour les réfrigérateurs. Rappelons qu'en moyenne le volume des réfrigérateurs la seconde année était près de 12% supérieur à celui de la première année.

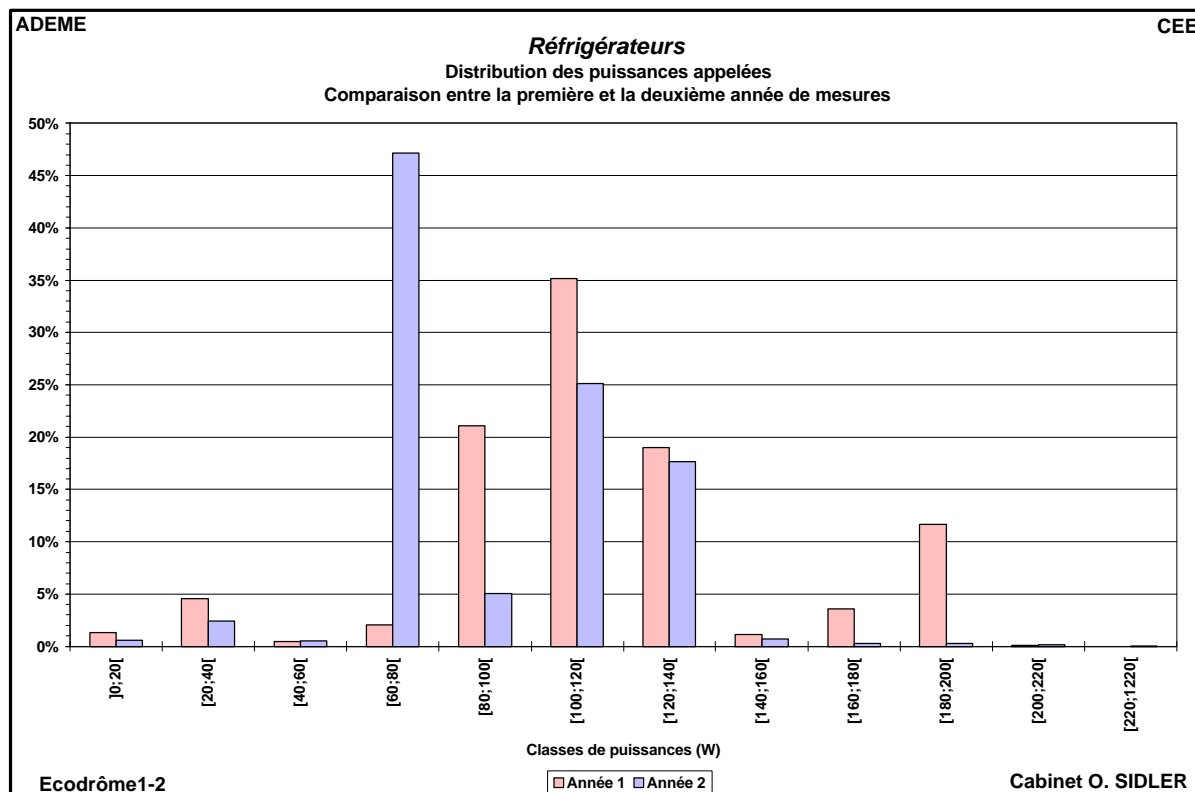


Figure 5.14 : distributions comparées des puissances appelées la première et la seconde année pour les réfrigérateurs

En première année, avec les appareils existants, la distribution des puissances était centrée autour de la classe 100-120 W, 91,5 % des puissances étant supérieures à 80 W.

En revanche en seconde année (où, il est vrai, on n'avait que deux types de réfrigérateurs), la distribution de puissance est centrée autour de la classe 60-80 W, et 51 % des puissances appelées sont inférieures à 80W.

La figure 5.15 montre que sur l'ensemble de la plage de puissance, à l'exception des classes de 40 à 80W, le taux des puissances appelées la seconde année est toujours inférieur à celui de la première année.

Les réfrigérateurs performants ont donc un double intérêt d'un point de vue MDE :

- ils réduisent la consommation d'électricité,
- ils diminuent aussi la puissance appelée individuellement par chaque appareil.

Ces appareils constituent donc une solution MDE aussi bien à l'échelle nationale (réduction de la puissance appelée grâce au foisonnement et à la réduction des consommations unitaires), qu'au niveau individuel (réduction du niveau de la puissance appelée des appareils).

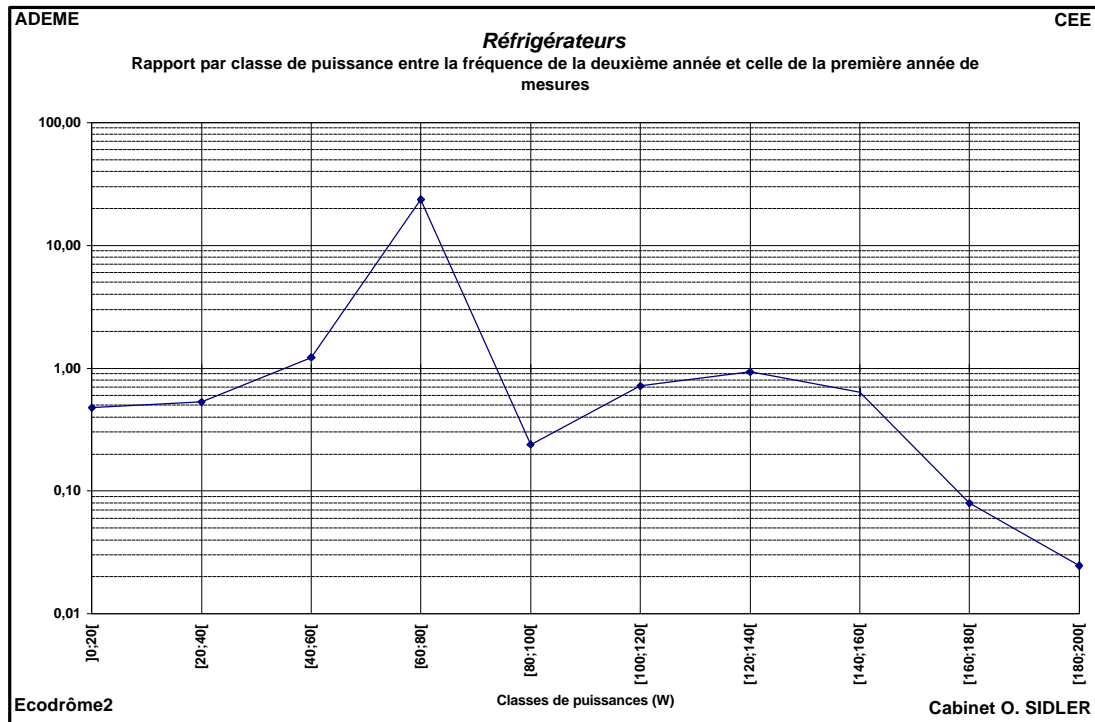


Figure 5.15 : rapport des fréquences des puissances appelées par les réfrigérateurs la seconde année et la première année

La figure 5.16 représente les durées de fonctionnement comparées la première et la seconde année pour les réfrigérateurs. Le temps de fonctionnement des matériels performants est pratiquement divisé par deux en seconde année.

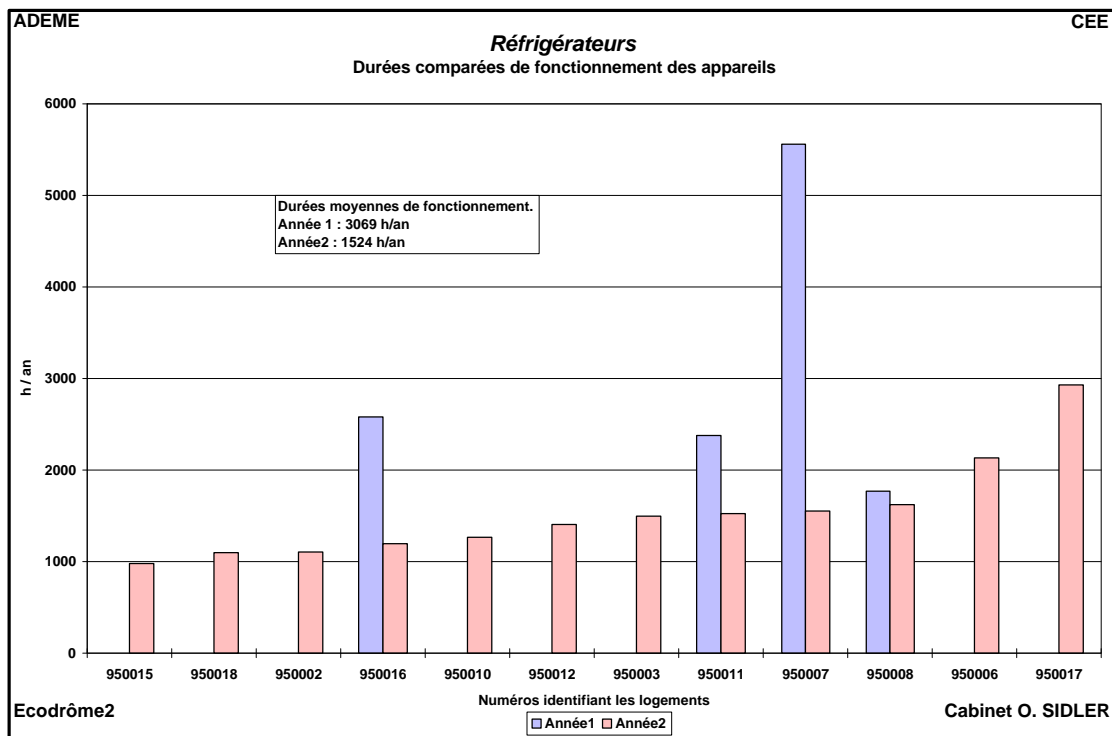


Figure 5.16 : durées comparées de fonctionnement des réfrigérateurs la première et la seconde année

Ce temps allait en première année (sur un échantillon assez réduit il est vrai) de 1.800 à 5.600 h, alors qu'en seconde année l'essentiel des appareils fonctionne de 1.000 à 1.500 h/an (soit 4 heures/jour), le maximum étant de 2.900 h.

5-5-2 Les réfrigérateurs-congérateurs

La figure 5.17 représente la distribution comparée des puissances appelées par les réfrigérateurs-congérateurs la première et la seconde année.

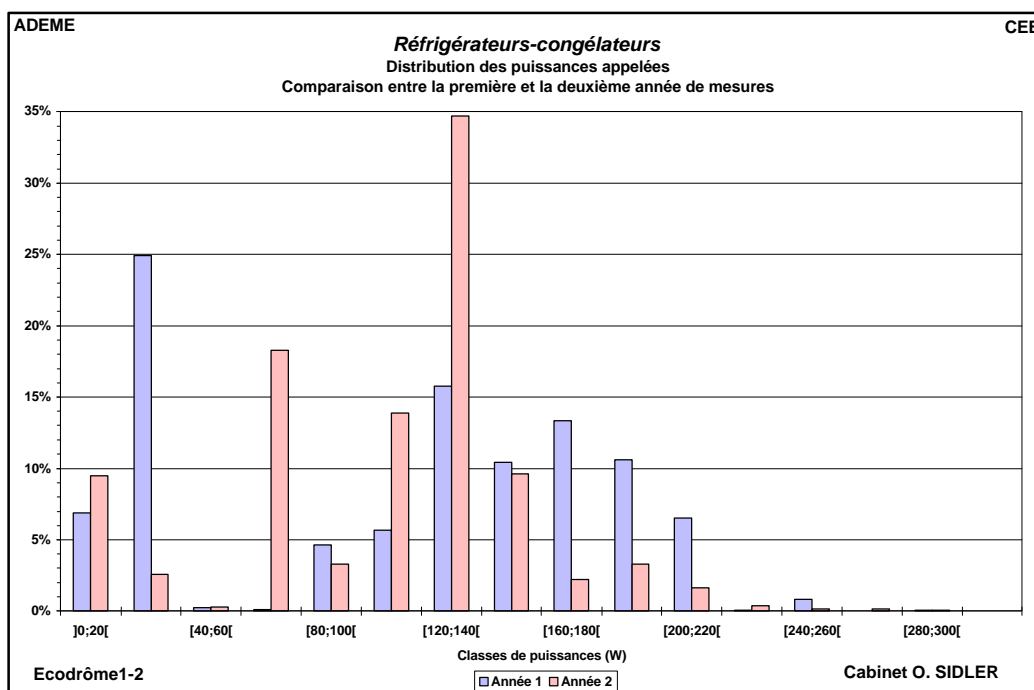


Figure 5.17 : distributions comparées des puissances appelées la première et la seconde année pour les réfrigérateurs-congérateurs

Il apparaît que :

- les appareils existants sont fortement affectés par le fonctionnement des résistances de compensation qui constituent une forme de veille propre à ce type d'appareils : 32 % des puissances appelées sont effectivement inférieures ou égales à 40 W, contre seulement 12 % pour les appareils performants qui paraissent donc avoir en partie résolu le problème du pilotage du compresseur sans recours à ces résistances compensatrices qui sont de grosses sources de consommation puisqu'elles absorbent de l'électricité une première fois pour faire de la chaleur, puis une seconde fois pour faire du froid compensant la chaleur cédée à l'appareil! Il apparaît aussi que les appareils performants, lorsqu'ils utilisent le système de pilotage par résistance de compensation, font appel à des résistances plus faibles, puisque sur les 12 % de puissances inférieures à 40 W, les quatre cinquièmes sont inférieurs à 20 W,
- si l'on exclut les états de veille, 26 % des puissances appelées la première année sont inférieures ou égales à 140 W, contre 70 % la seconde année,
- comme pour les réfrigérateurs, on observe des puissances appelées momentanément très élevées (plus de 1000 W) mais très rarement. Ce n'est donc pas non plus un dégivrage de l'évaporateur. Il s'agit d'un phénomène propre aux compresseurs performants et pour lequel nous n'avons aucune explication.

Comme pour les réfrigérateurs, les réfrigérateurs-congérateurs apparaissent comme d'excellents outils de MDE puisqu'ils conduisent à la fois à une réduction des consommations et à une réduction de la puissance unitaire appelée.

Remarque sur le régime de froid accéléré (superfrost)

Sur tous les appareils il existe une touche de mise en refroidissement rapide qui a pour fonction d'abaisser la température dans le compartiment congélateur, ou d'augmenter la capacité de l'appareil à refroidir lorsqu'on le charge en aliments à congeler. Dans les deux cas cela conduit à augmenter la puissance électrique absorbée par l'appareil. Mais de combien?

Il se trouve par pur hasard que l'un des appareils performants est resté accidentellement pendant cinq mois en position « superfrost ». Cela a permis d'étudier de façon précise ce régime particulier.

Les figures 5.18 et 5.19 représentent la puissance appelée durant une journée respectivement en position « superfrost » et en position normale pour cet appareil.

L'examen de ces graphiques montre que :

- en position superfrost, le compresseur démarre 22 fois par jour contre 16 fois en mode normal,

- la puissance moyenne appelée est 51 W en mode superfrost contre 28.25 W en mode normal, ce qui conduit à des consommations journalières respectivement de 1224 Wh et 678 Wh.

Le mode superfrost consomme donc, en fonctionnement permanent, 81 % de plus que le mode normal. En régime transitoire cette surconsommation est donc certainement beaucoup plus élevée.

- l'appareil analysé semble bien représentatif de ce qui a été affirmé précédemment concernant le recours à la résistance compensatrice : il ne fait appel à celle-ci qu'en mode superfrost et jamais en mode normal. Mais en une journée la résistance a absorbé 205 Wh, soit 16.7% de la consommation totale de l'appareil. A cette consommation il faut ensuite ajouter une consommation presque identique pour la production de froid nécessaire à compenser la production de chaleur dans le compartiment réfrigérateur...Au total c'est donc un tiers de la consommation en mode superfrost qui est consommé uniquement pour faire démarrer le compresseur afin de réduire la température dans le compartiment congélateur.

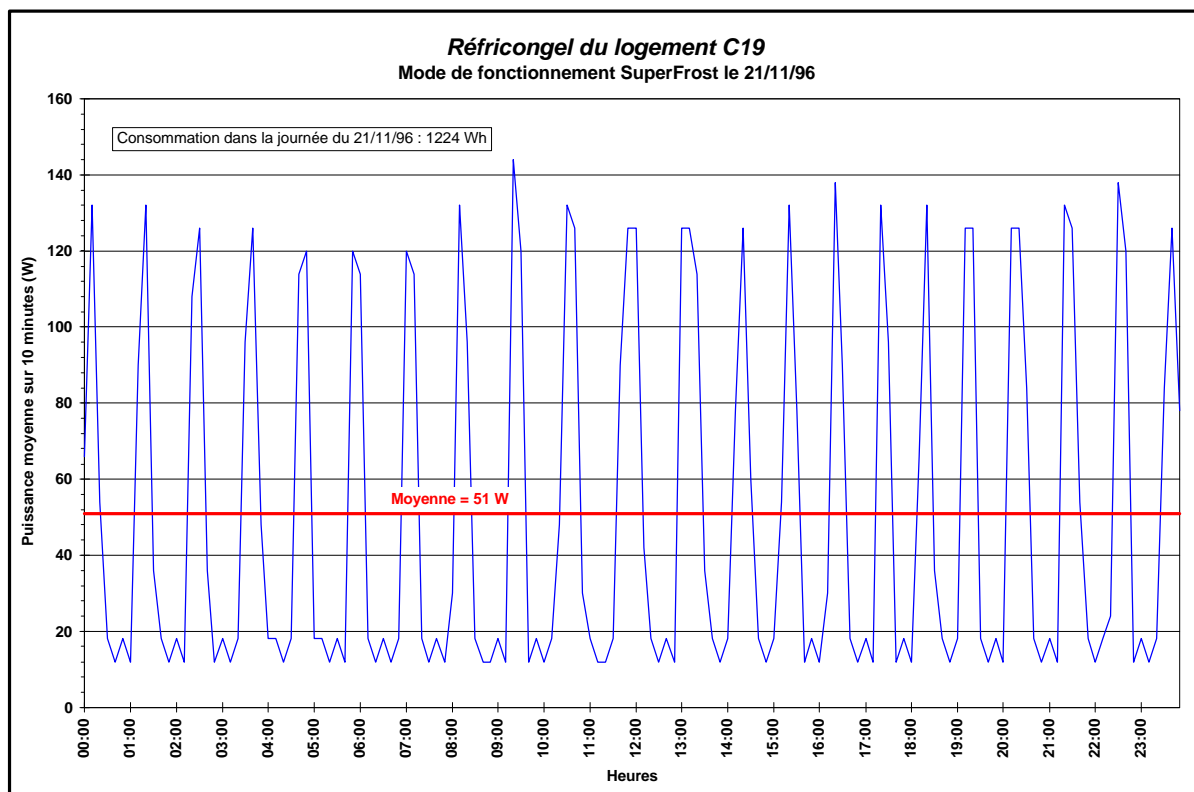


Figure 5.18 : puissance appelée en mode superfrost par un réfrigérateur-congélateur

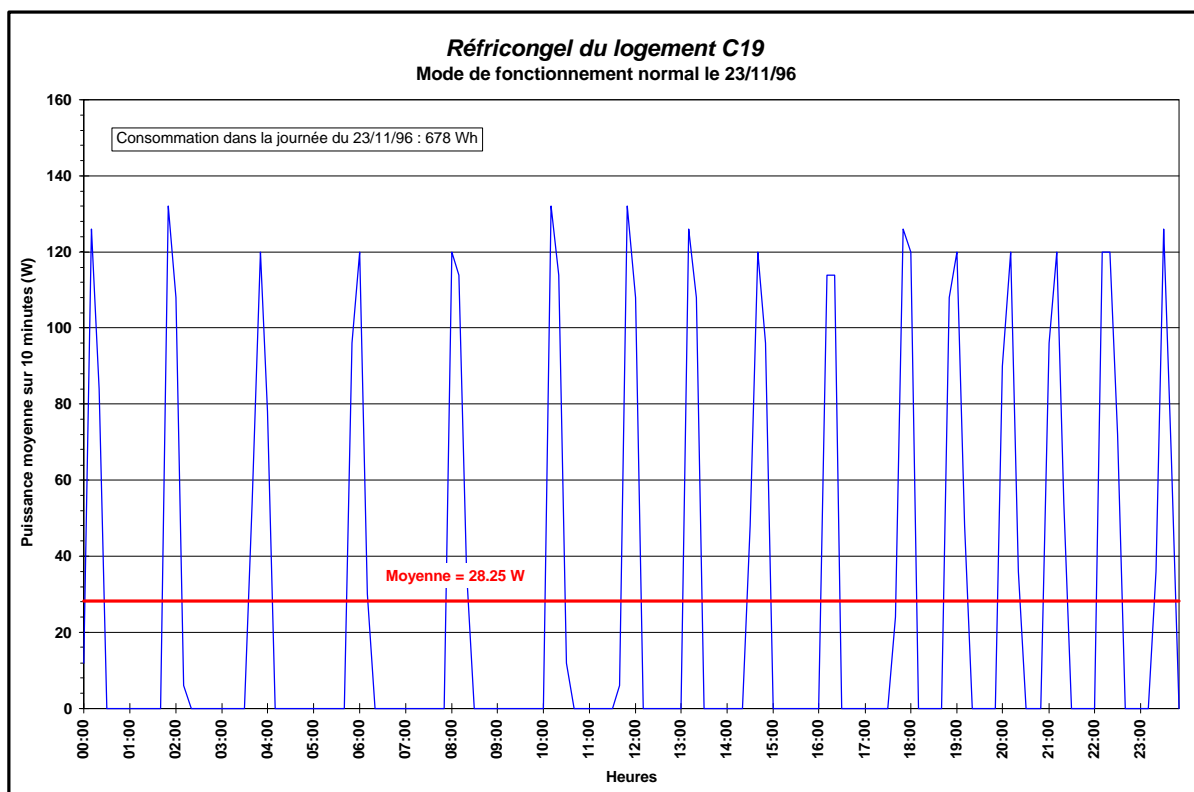


Figure 5.19 : puissance appelée en mode normal par un réfrigérateur-congélateur

5-5-3 Les congélateurs

La figure 5.20 représente la distribution comparée des puissances appelées par les congélateurs la première et la seconde année.

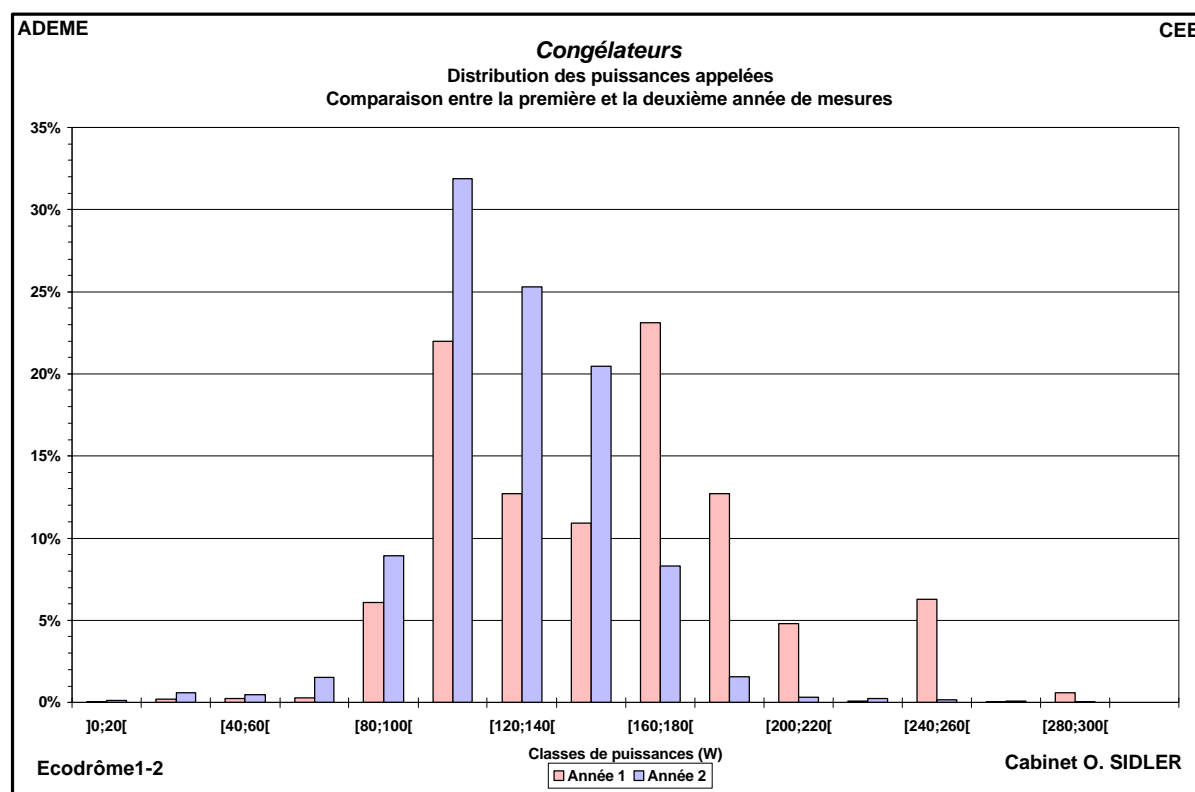


Figure 5.20 : distributions comparées des puissances appelées la première et la seconde année pour les congélateurs

On note qu'en seconde année, 89.5 % des puissances appelées par les appareils performants sont inférieures à 160 W, contre seulement 52 % en première année. La distribution des puissances en seconde année présente un maximum pour la classe 100-120 W, l'intervalle 100-160 W représentant plus des trois quarts des valeurs de la puissance appelée. Alors qu'en première année, la distribution pour les appareils traditionnels est moins homogène et beaucoup plus étendue, notamment vers des valeurs élevées.

La figure 5.21 montre que, dans le domaine des classes significativement représentées (plus de 1 %), le taux des puissances appelées par les appareils performants est toujours plus important pour toutes les puissances inférieures à 160 W. Il s'agit donc bien d'un glissement général et homogène des puissances appelées vers des valeurs inférieures.

On peut donc tirer, pour les congélateurs performants, les mêmes conclusions que pour les autres appareils de froid : ils permettent tout à la fois une réduction de consommation et de puissance appelée, ce qui constitue un double atout permettant de répondre aussi bien à une problématique réseau, qu'à une problématique individuelle (il est vrai de façon très modeste pour cette dernière).

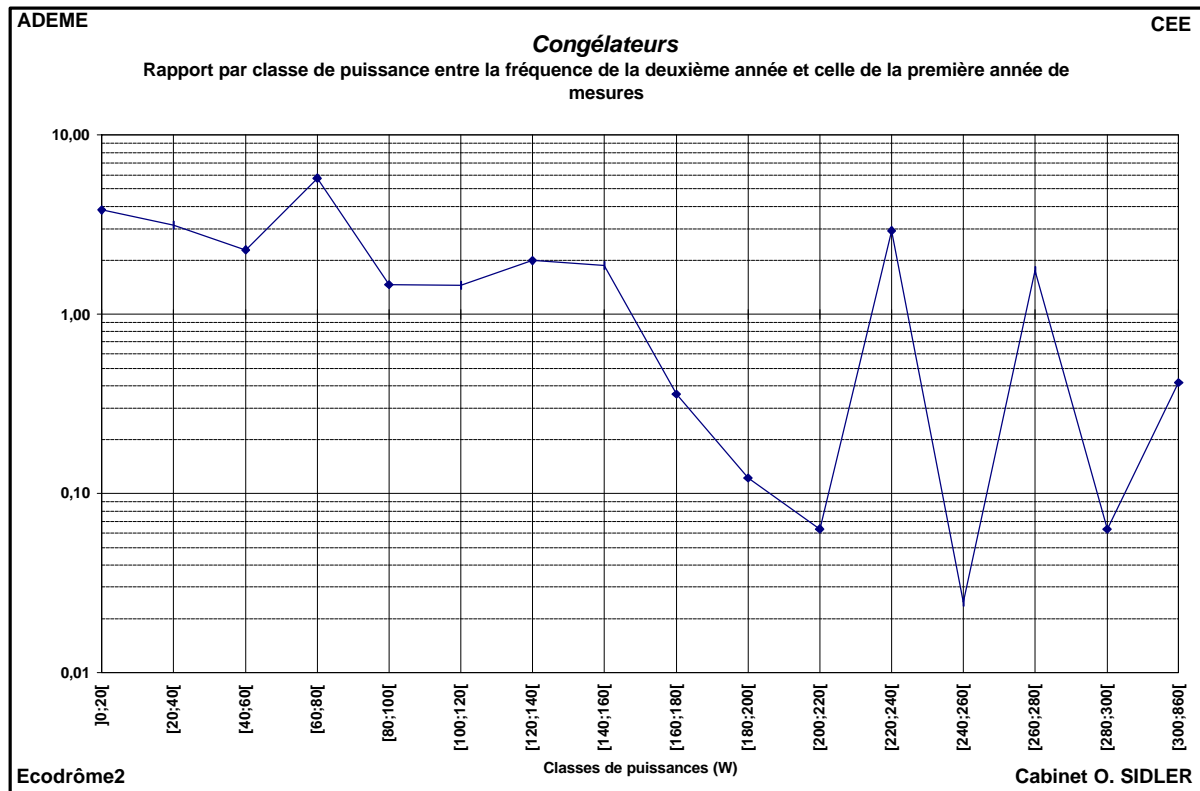


Figure 5.21 : rapport des fréquences des puissances appelées par les congélateurs la seconde année et la première année

5 - 6 CONSOMMATION NORMALISEE / CONSOMMATION REELLE

Bien que l'on sache pertinemment que les consommations normalisées correspondent à des conditions de fonctionnement bien particulières et jamais satisfaites dans la réalité, il est toujours tentant de vouloir les comparer aux consommations réelles observées in situ. Cet exercice présente quand même un avantage : il permet de mettre en évidence ce qui peut éloigner ou rapprocher la norme des conditions effectives d'utilisation comme on va le montrer.

5-6-1 Cas des appareils existants

On ne dispose malheureusement pas très souvent de la consommation normalisée des appareils en place. Seuls dix appareils, tous types confondus, ont pu être utilisés pour cette comparaison entre consommations normalisées et réelles.

Le tableau de la page suivante regroupe les valeurs concernant les dix appareils.

L'échantillon d'observation est faible, mais il semble que :

- hormis le cas du no-frost pour lequel la consommation réelle est anormalement élevée par rapport à la valeur normalisée, seuls les appareils assez âgés semblent avoir une consommation réelle supérieure à la consommation normalisée. L'âge entraînerait donc une dégradation de la consommation,

| Référence appareils | Type | Age (ans) | Consommation normalisée (kWh/an) | Consommation réelle (kWh/an) | cons.réelle/cons.norm. |
|---------------------|---------------|-----------|----------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 950002/2 | Cong. armoire | ? | 548 | 480 | 0.88 |
| 950002/1 | No frost | 3 | 694 | 1041 | 1.50 |
| 950003/1 | Réfricongel | 17 | 730 | 580 | 0.79 |
| 950003/2 | Cong. armoire | ? | 475 | 358 | 0.75 |
| 950004 | Réfricongel | 9 | 694 | 618 | 0.89 |
| 950005 | Réfricongel | 7 | 803 | 617 | 0.77 |
| 950014 | Réfricongel | >15 | 621 | 848 | 1.37 |
| 950015 | Réfricongel | 12 | 628 | 812 | 1.29 |
| 950016 | Réfrigérateur | 1 | 365 | 270 | 0.74 |
| 950006 | Congél.coffre | 1 | 402 | 371 | 0.92 |

Comparaison des consommations réelle et normalisée des appareils de froid existants

- sur l'ensemble des dix appareils le rapport moyen entre la consommation réelle et la consommation normalisée est de 0.99, mais si l'on élimine les trois appareils pour lesquels le rapport est supérieur à 1.0, la moyenne n'est plus que de 0.82,
- 30 % des appareils ont une consommation réelle supérieure à la consommation normalisée.

5-6-2 Cas des appareils performants

L'analyse a pu être conduite pour les différents types d'appareil.

5.6.2.1 Les réfrigérateurs

La figure 5.22 représente le rapport de la consommation réelle à la consommation normalisée des réfrigérateurs performants. Il n'existait que deux modèles de réfrigérateur.

Les valeurs de la consommation réelle utilisées sont les moyennes journalières mesurées sur une année entière.

Au droit de chaque appareil on a porté entre parenthèses la température moyenne du logement pendant l'année (à raison d'une mesure toutes les dix minutes), ce qui permet une comparaison avec la température d'essai de la norme (25 °C). La température interne des appareils n'a pas été mesurée, mais sur l'un des deux types nous avons réglé dans chaque logement la consigne sur 5°C, et cette consigne n'a pas été modifiée durant toute l'année.

Il faut d'emblée évoquer le cas du réfrigérateur 17. Il a consommé 44 % de plus que la consommation normalisée. Cet appareil a fait l'objet d'un suivi particulier car cette dérive a été remarquée très tôt. Dans un premier temps nous avons constaté que le joint de porte n'était pas étanche et que ceci était consécutif à un mauvais montage de la porte. Nous avons remédié à cet incident, ce qui a partiellement amélioré la consommation.

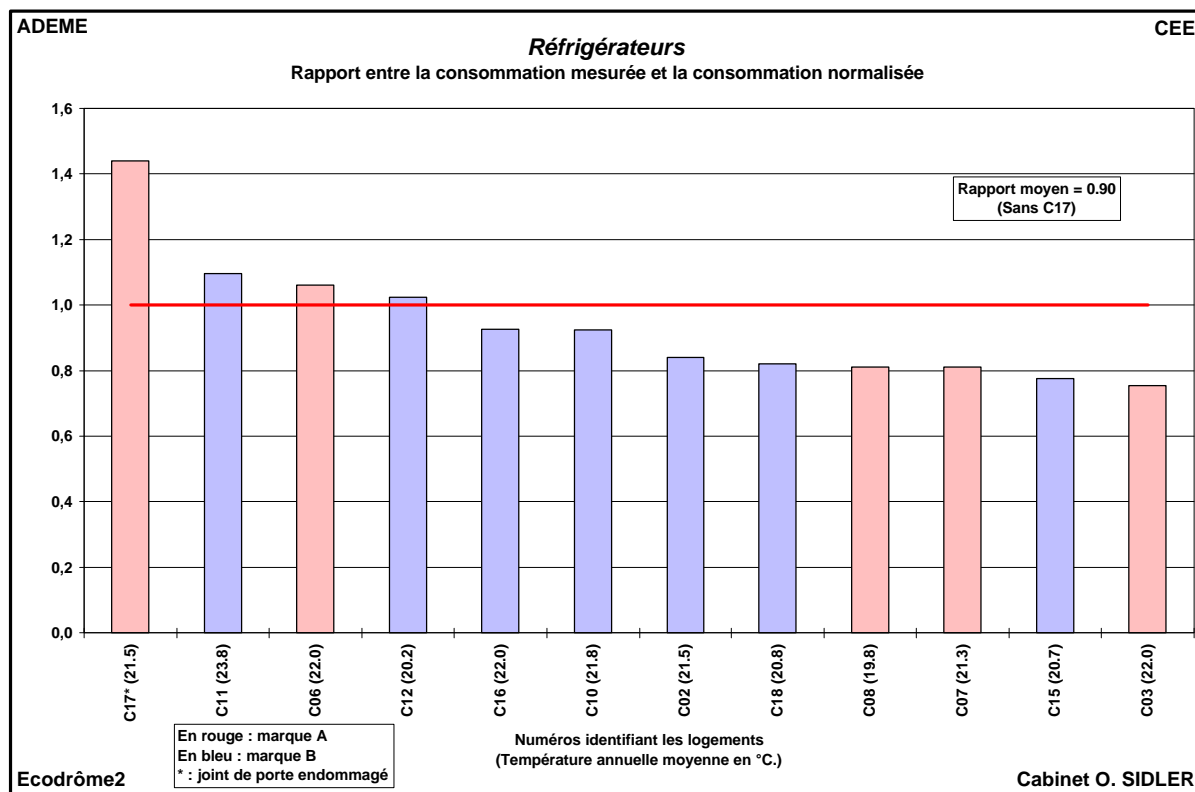


Figure 5.22 : rapport de la consommation réelle et de la consommation normalisée des réfrigérateurs performants

A la fin de l'expérimentation cet appareil a été examiné de près. Des mesures, à vide et porte fermée ont été conduites pendant plusieurs jours. Dans un local à 18°C la consommation a été égale à la moitié de la valeur normalisée! Lorsqu'il était en expérimentation, l'appareil était dans une famille de cinq personnes prenant tous leurs repas à domicile. C'est peut-être l'explication du phénomène observé, comme on le verra plus loin.

Sur le graphique de la figure 5.22 on a aussi représenté par des couleurs différentes les deux modèles présents, afin de voir s'il existait des tendances explicables par l'origine du produit.

A l'examen de cette figure il ressort que :

- en moyenne, et en excluant l'appareil 17, le rapport de la consommation réelle à la consommation normalisée est de 0.90. Si l'on réintègre l'appareil 17, le rapport moyen devient 0.945,
- un tiers des appareils ont une consommation réelle supérieure à la consommation normalisée,
- la dispersion est assez importante : il est intéressant de noter que le meilleur et le plus mauvais rapports sont obtenus avec le même modèle d'appareil : l'un vaut 0.75, l'autre 1.44 soit 92% de plus. Et dans le logement où le rapport est le meilleur la température moyenne a été de 22.0°C, contre seulement 21.5°C dans le logement où il a été le moins bon. En revanche il y avait 3 personnes ne prenant pas tous leurs repas à domicile dans le premier cas, et 5 personnes toujours présentes dans le second cas,
- il ne semble pas y avoir d'effet « fabricant » sur la consommation normalisée des appareils suivis.

Bien qu'il y ait eu peu de réfrigérateurs existants dont on connaisse la consommation normalisée, on relève que, d'une manière générale, ils présentent un rapport consommation

réelle/consommation normalisée plus faible que les appareils performants, malgré leur âge. Les observations faites par ailleurs, notamment sur le nombre de personnes dans le logement, fournissent peut-être des pistes d'explication.

En effet, la norme se différencie des conditions réelles d'utilisation sur deux aspects très importants :

- la température ambiante est de 25°C,
- il n'y a aucune ouverture de porte et aucun chargement de nourriture à refroidir.

Ces deux différences permettent à notre avis d'expliquer ce que l'on observe, à condition bien sûr que la consommation normalisée affichée corresponde à une réalité et non pas à un calcul :

■ pour les appareils existants, mal isolés, le gradient de température intérieur/extérieur de l'appareil est le facteur déterminant de la consommation. Comme la température ambiante des logements est sensiblement inférieure à 25°C, la consommation réelle est nettement inférieure à la consommation normalisée. Le poids relatif des entrées de nourriture chaude est peu important (de l'ordre de 10% maximum) dans la consommation totale de l'appareil. Ce point a pu être démontré en étudiant les appareils pendant les périodes de vacances des occupants : la consommation des appareils non utilisés ne chute jamais de plus de 10 % en période de vacances,

■ pour les appareils performants, bien isolés, le gradient de température n'est plus le facteur déterminant. En revanche, les entrées de nourriture, les ouvertures de porte, deviennent très influentes, si bien que le mode d'utilisation de l'appareil affecte de façon beaucoup plus sensible la consommation réelle de l'appareil. C'est la raison pour laquelle on observe que la consommation réelle des appareils performants est si proche de la valeur normalisée, mais qu'elle peut aussi la dépasser de façon importante dans certains cas, sans pour autant que l'appareil soit en cause.

Ceci montre toutes les limites des consommations normalisées lorsqu'on veut, comme c'est souvent le cas, les assimiler en première approximation, à des consommations réelles. Autant les conditions d'utilisation n'avaient qu'une importance relative pour les appareils traditionnels, autant pour les appareils performants faudra-t-il sensibiliser le public à des modes d'utilisation économes, faute de quoi on observera des dérapages parfois importants de la consommation, même s'ils ne remettent pas en cause l'intérêt de l'appareil.

5.6.2.2 Les réfrigérateurs-congélateurs

La figure 5.23 a été établie en supprimant pour l'appareil 19 la période où il a fonctionné en mode « superfrost » (voir § 5.5.2). Tous les appareils proviennent du même fabricant.

On constate que :

- en moyenne le rapport de la consommation réelle à la consommation normalisée est de 0.94, soit sensiblement la même que pour les réfrigérateurs,
- le rapport des duos (deux moteurs) est systématiquement un peu moins bon que celui des combis (un seul moteur) : il vaut 0.98 contre 0.90,
- 38 % des appareils ont une consommation réelle supérieure à la consommation normalisée, ce taux étant même de 50 % pour les duos.

Les mêmes tendances que pour les réfrigérateurs apparaissent : les mêmes explications peuvent être avancées, toujours en supposant que les consommations normalisées sont bien le résultat brut d'une mesure...Car si pour une autre raison les consommations normalisées ne correspondaient pas à une mesure brute, toutes les conclusions précédentes seraient évidemment invalidées.

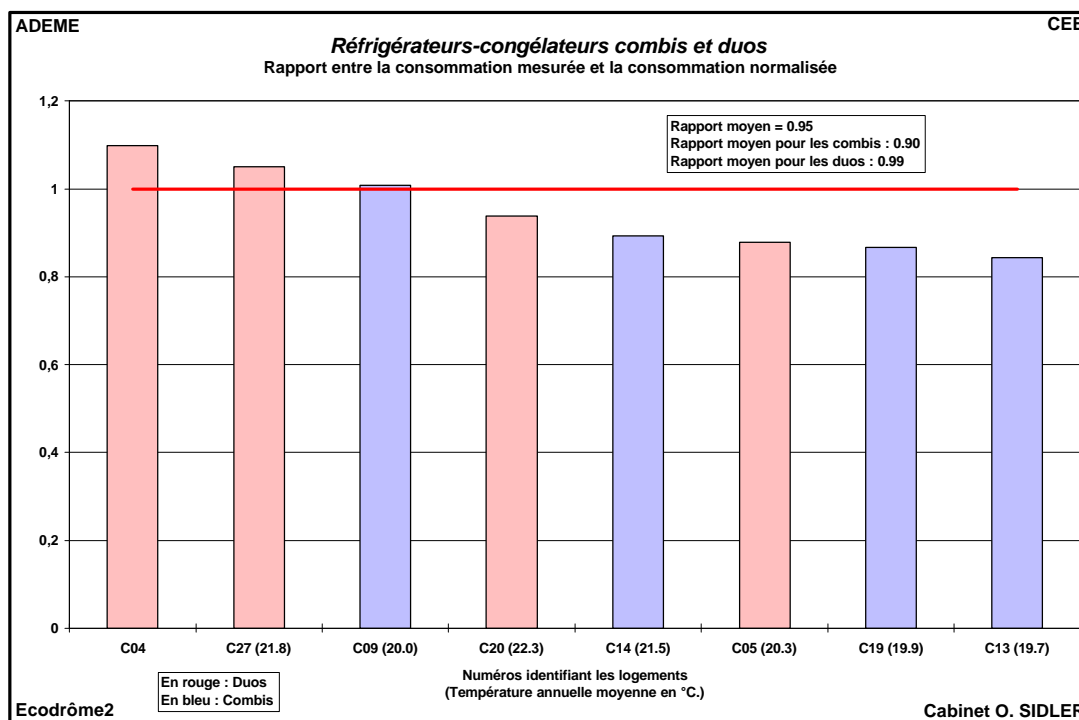


Figure 5.23 : rapport de la consommation réelle et de la consommation normalisée des réfrigérateurs-congérateurs performants

5.6.2.3 Les congélateurs

La figure 5.24 fait apparaître que la situation des congélateurs est en apparence un peu différente de celle des autres appareils.

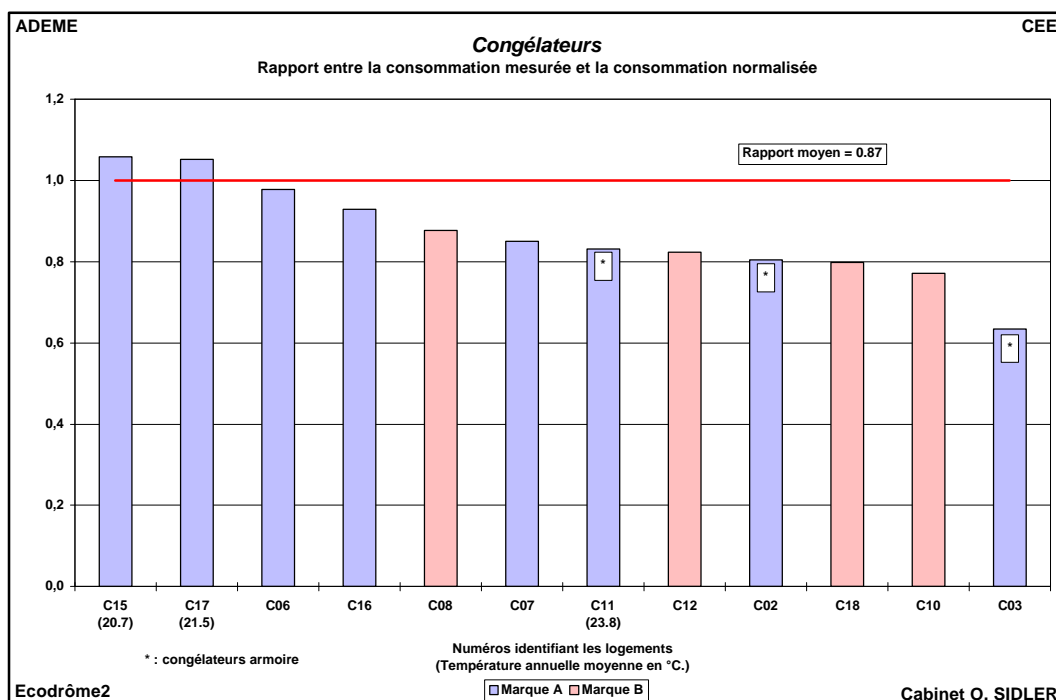


Figure 5.24 : rapport de la consommation réelle et de la consommation normalisée des congélateurs performants

On constate en effet que :

- en moyenne, tous types de congélateurs confondus, la valeur moyenne du rapport entre la consommation réelle et la consommation normalisée est de 0.865. Pour les congélateurs armoires cette valeur est de 0.76, et pour les congélateurs coffres elle est de 0.90. Mais il faut se rappeler que la plupart des congélateurs sont placés dans des locaux non chauffés comme les celliers (environ 16°C) ou les garages (entre 10 et 25°C selon le mois). Ceci explique pourquoi le rapport est meilleur en apparence. En réalité, placé dans les mêmes conditions de température ambiante que les autres types d'appareils, les congélateurs présenteraient les mêmes performances,

- seulement 17 % des appareils ont une consommation réelle supérieure à la consommation normalisée. Les appareils dont le rapport est supérieur à 1 sont tous placés à l'intérieur du volume chauffé, ce qui confirme l'explication précédente,

- l'effet « fabricant » est perceptible sur les congélateurs coffres : pour l'un des fabricants le rapport moyen est de 0.976 alors qu'il n'est que de 0.819 pour l'autre. Cet écart de 19.2 % peut difficilement s'expliquer par des conditions d'ambiance différentes, puisqu'il faudrait 7°C d'écart en moyenne sur les températures ambiantes pour expliquer la différence.

Conclusion générale : on observe que pour tous les appareils de froid performants la consommation réelle est très proche de la consommation normalisée, ce qui n'était pas le cas des appareils traditionnels récents pour lesquels la consommation réelle étaient sensiblement plus basse que la consommation normalisée. L'explication la plus plausible est que la meilleure isolation thermique des matériels les rend moins sensibles au gradient de température intérieur/extérieur qui est une différence importante avec la norme et qu'en revanche, le transit de nourriture et l'ouverture des portes, pas du tout pris en compte dans la norme, devient un facteur très significatif de divergence entre consommation normalisée et réelle. **On veillera donc à sensibiliser le public sur la manière économique d'utiliser les appareils performants.**

5 - 7 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION NORMALISEE EN FONCTION DE L'AGE DES APPAREILS

Avec l'aide d'Electricité de France, les appareils existants dont on connaissait la consommation normalisée ont été remis en laboratoire afin de faire une nouvelle mesure de cette consommation. Le tableau qui suit compare les valeurs des consommations réelles, normalisées d'origine, et normalisées après essais en 1997. Dans la colonne « consommation normalisée en 1997 » figure en % l'augmentation de la consommation normalisée par rapport à sa valeur d'origine.

On observe que :

- la variation de la consommation normalisée des appareils existants comparée à la valeur d'origine peut varier de - 2 % à ...+116 %. Dans ce dernier cas il s'agit d'un réfrigérateur-congélateur de la marque **Goldstar** de 3 ans d'âge, dont on peut douter que ce soit l'âge qui ait établi une dérive aussi importante. Cet appareil avait d'ailleurs été conseillé à l'acheteur au motif « qu'il ne consommait pas plus qu'un appareil sans no-frost »,

- en moyenne l'augmentation de la consommation normalisée en 1997 par rapport à la valeur d'origine est de 40 %, ce qui est considérable. Mais on ignore dans ce taux ce qui est imputable à un affichage erroné de la consommation d'origine (cas du Goldstar) et ce qui est lié à la détérioration des performances de l'appareil dans le temps. Si on élimine l'appareil Goldstar, l'augmentation est encore de 29%. Cette valeur mériterait d'être confirmée par d'autres essais plus

systématiques. Mais elle tend à indiquer de façon très claire que l'âge des appareils dégrade sans conteste leurs performances, et ce dans des proportions considérables,

| Référence appareils | Type | Age (ans) | Conso. réelle (kWh/an) | Conso. normalisée d'origine (kWh/an) | Conso. normalisée en 1997 (kWh/an) | classe énergét. 1997 | rapport conso réelle/ conso norm. 1997 |
|---------------------|---------------|-----------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------|--|
| 950002/2 | Cong. armoire | ? | 480 | 548 | 730 (+33%) | G | 0.66 |
| 950002/1 | No frost | 3 | 1041 | 694 | 1 500 (+116%) | G | 0.69 |
| 950003/1 | Réfricongel | 17 | 580 | 730 | 796 (+9%) | G | 0.73 |
| 950003/2 | Cong. armoire | ? | 358 | 475 | 620 (+31%) | G | 0.58 |
| 950004 | Réfricongel | 9 | 618 | 694 | 803 (+16%) | G | 0.77 |
| 950005 | Réfricongel | 7 | 617 | 803 | ? | G | --- |
| 950014 | Réfricongel | >15 | 848 | 621 | 909 (+46%) | G | 0.93 |
| 950015 | Réfricongel | 12 | 812 | 628 | 1076 (+71%) | G | 0.75 |
| 950016 | Réfrigérateur | 1 | 270 | 365 | 358 (- 2%) | E | 0.75 |
| 950006 | Congél.coffre | 1 | | 402 | --- | --- | --- |

Comparaison des consommations normalisées d'origine, et remesurées en 1997 pour les appareils de froid existants

- tous les appareils existants à l'exception d'un (qui a un an) ont une consommation normalisée en 1997 qui les situe (très largement) en classe énergétique « G ». Ceci est tout à fait symptomatique du parc d'appareils existant en France et probablement dans une grande partie de l'Europe,

- le rapport de la consommation réelle à la consommation normalisée en 1997 n'est plus en moyenne que de 0.73 alors qu'il était de 0.97 auparavant, tous appareils confondus. Si on fait l'hypothèse que la consommation normalisée affichée par les constructeurs correspond effectivement à une mesure sans correctif, cette valeur de 0.73 tend à confirmer ce qui a été avancé précédemment : pour les appareils existants le gradient de température est la principale cause de la consommation des appareils peu performants, les transits de nourriture arrivant en second, mais assez loin derrière (pour 10 % maximum de la consommation totale de l'appareil selon les analyses que nous avons faites par ailleurs) ■

CHAPITRE 6 : L'ECLAIRAGE

6 - 1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'ECLAIRAGE ETUDIE

6-1-1 Consommation annuelle de l'éclairage incandescent et halogène

L'opération *Ecodrôme* a permis de suivre les circuits « lumière » pris aux tableaux d'abonnés. C'est à notre connaissance la première fois que ce type de mesure est effectué. On peut toutefois regretter de n'avoir pu suivre aussi, pour des raisons d'ordre économique, l'ensemble des points lumineux alimentés sur des prises de courant et non par les circuits « lumière ». Il s'ensuit que les valeurs mesurées sont des valeurs minimales inférieures à la consommation réelle totale des logements. Mais de combien ?

Il est difficile de répondre à cette question avec précision. La consommation des circuits lumineux a été en moyenne de 346 kWh/an, consommation des halogènes inclus. Mais une lampe seule (munie d'une seule ampoule) a néanmoins fait l'objet d'un suivi complet la première année. C'est une lampe de séjour fonctionnant en soirée lorsque le téléviseur est regardé. Elle a consommé 36 kWh/an et a fonctionné 600 h dans l'année (soit 1,64 h/j).

On peut aussi relever que dans certains logements les lampes sur PC (prise de courant) ne sont pratiquement jamais utilisées, alors que dans d'autres elles constituent l'essentiel de l'éclairage. C'est une des raisons qui explique les écarts de consommation énormes du poste lumière mesuré au tableau d'abonné : de 110 à 1000 kWh/an.

Si l'on fait l'hypothèse qu'il y a en moyenne dans chaque logement quatre lampes fonctionnant de manière régulière sur prise de courant, on peut en déduire que la consommation d'éclairage est voisine de 500 kWh/an. Mais ce chiffre mériterait d'être confirmé par des campagnes de mesures complémentaires.

Sur cette base, la consommation annuelle est aussi, en moyenne, de 5.90 kWh/an/m², et de 130 kWh/an/personne.

A titre d'anecdote, il faut signaler les difficultés méthodologiques que peut présenter le suivi des circuits lumineux. Nous avons ainsi rencontré trois écueils :

- dans des logements dont la VMC, absente lors de la construction, a été rajoutée ultérieurement, l'électricien s'est affranchi des contraintes réglementaires et a alimenté directement le caisson motoventilateur à partir...du circuit lumière qui passait à l'étage. Les mesures ont relevé la présence anormalement fréquente d'une puissance de 30 W qui a permis de découvrir le problème. Mais il a fallu retirer ce circuit lumière des fichiers de mesures.

Dans un autre cas c'est la hotte de ventilation de la cuisine qui a été branchée sur les circuits lumière. La puissance parasite était de ...252 W. Ce circuit lumière a lui aussi dû être abandonné,

■ il arrive fréquemment que des prises de courant destinées à l'éclairage soient installées sur les circuits « lumière » et munies d'un interrupteur. Il faut alors se méfier de leur destination par les utilisateurs qui les affectent souvent à tout autre chose que l'éclairage. Et parfois la détection de ce changement n'est pas facile à faire, notamment lorsque le niveau de puissance et la fréquence d'usage de l'appareil utilisé en substitution sont semblables à ceux d'un foyer lumineux,

■ dans les pavillons, il est courant d'alimenter l'amplificateur d'antenne TV (1 à 3 W) sur les circuits « lumière » d'où une nouvelle source d'erreur potentielle si l'on ne fait pas la correction.

6-1-2 Caractéristiques des ampoules en place

Les 20 logements suivis sont des logements sociaux, et le niveau des puissances installées pour l'éclairage nous a semblé souvent assez faible par comparaison à ce que l'on rencontre ailleurs.

A l'occasion de cette expérimentation nous avons dû relever les caractéristiques de l'ensemble des ampoules de chaque logement. Il y a en moyenne **18,5 ampoules par logements** (pour des logements dont la surface moyenne est de 81,3 m²), soit environ **1 ampoule/ 4,4 m²**, la valeur minimum étant 10 ampoules et la valeur maximum 26. La puissance moyenne installée (avec des ampoules à incandescence) est de 1066 W/logement, soit **13,1 W/m²**. La valeur minimale est de 685 W et la valeur maximale de 1660 W. Mais à ces valeurs il faut ajouter l'utilisation d'éclairage halogène dans une famille sur deux, la puissance moyenne, rapportée à l'ensemble du panel, étant de 234 W/logement. A quoi il faut encore ajouter la présence de tubes fluo dans une famille sur trois avec une puissance moyenne (rapportée à l'ensemble des logements) de 41 W/logement, et enfin la présence dans une famille sur dix d'éclairage basse tension à hauteur moyenne de 5 W/logement (toujours en référence à l'ensemble des logements du panel).

La figure 6.1 fournit la répartition de l'ensemble des ampoules à incandescence en fonction de leur puissance. On constate que 82,4 % des ampoules ont une puissance inférieure ou égale à 60 W. Cette puissance de 60 W est d'ailleurs celle de près de la moitié des ampoules en place (44 %). Il y a moins de 8 % d'ampoules de 100 W et plus.

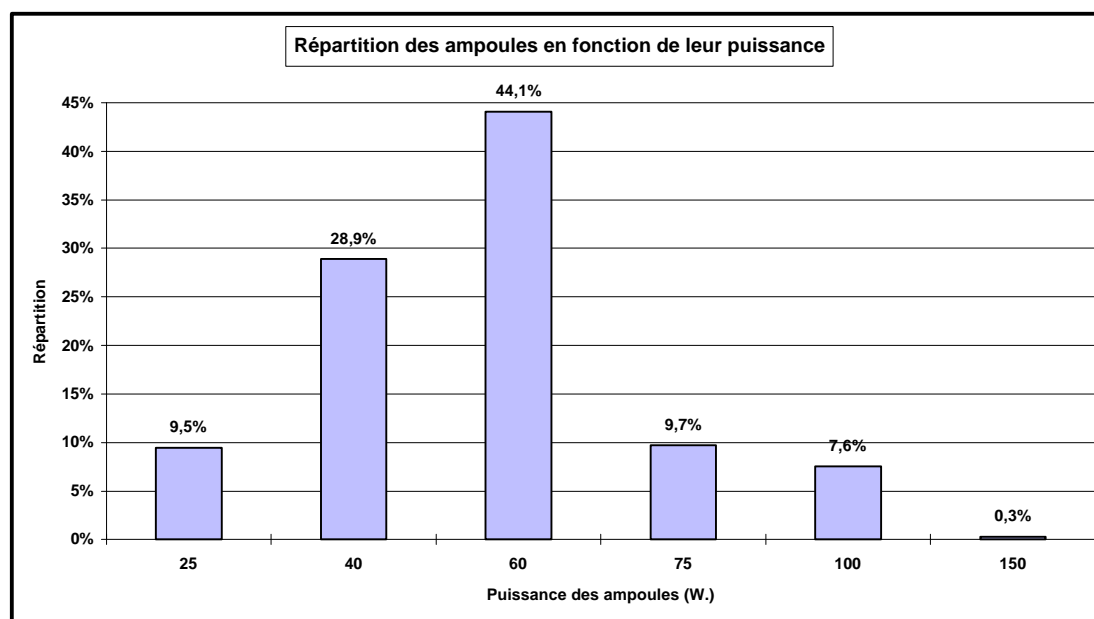


Figure 6.1 : répartition des ampoules en place en fonction de leur puissance.

6-1-3 Caractéristiques de l'éclairage halogène

Sept appareils halogènes ont été suivis pendant une année. On constate des différences d'utilisation importantes d'un foyer à l'autre. Dans certaines familles, l'halogène constitue la base de l'éclairage. A titre d'exemple on a observé dans un logement une consommation 4,73 fois plus importante pour l'halogène que pour tous les autres circuits d'éclairage réunis. A l'opposé, d'autres familles ne l'utilisent pratiquement pas, comme dans ce logement où sa consommation est 74 fois plus faible que celle de tous les autres circuits « lumière » réunis.

La figure 6.2 représente la consommation annuelle des halogènes de l'échantillon.

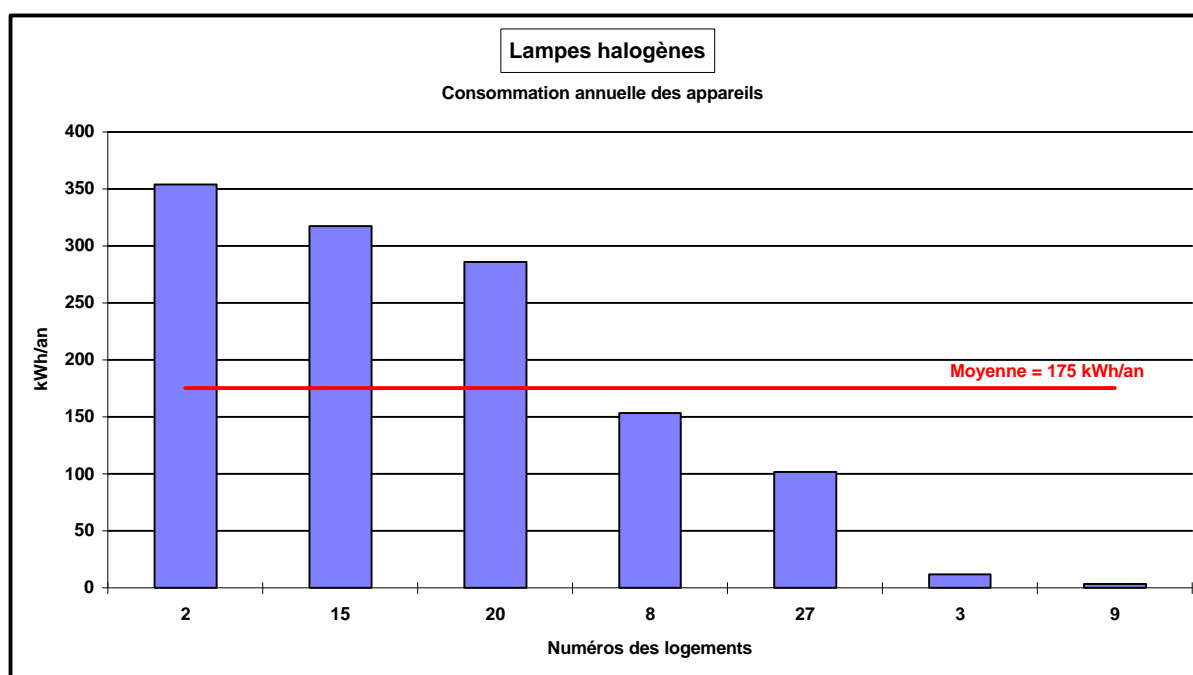


Figure 6.2 : consommation annuelle des halogènes.

La consommation moyenne est de 175 kWh/an, tous foyers confondus. En excluant les deux logements qui utilisent peu l'halogène, cette moyenne passe à 242 kWh/an, soit sensiblement autant qu'un lave-vaisselle ou un lave-linge. Mais cette valeur est surtout à rapprocher des 346 kWh/an/logement consommés en moyenne par l'ensemble des circuits « lumière » instrumentés dans l'opération (halogènes inclus). C'est dire la part considérable de l'halogène dans le poste éclairage de ceux qui ont recours à cet usage : **pour les cinq logements l'utilisant régulièrement, l'halogène a consommé dans l'année 54,4 % de plus que tous les autres circuits « lumière » réunis.**

Il n'est donc pas très surprenant que devant ces chiffres les utilisateurs aient d'eux mêmes pris l'initiative à la fin de la première année de remplacer leur halogène par des solutions plus économes. Tous apprécient la nature de la lumière propre à ce type d'éclairage, mais avouent qu'ils ignoraient totalement que cela puisse consommer et coûter aussi cher. Il nous a même été rapporté plusieurs fois qu'au moment de l'achat, le vendeur aurait affirmé qu'un halogène consommait moins qu'un éclairage classique. Ce qui n'est pas faux mais nécessite de préciser que c'est à

quantité de lumière identique. Or dans les logements, l'halogène fournit toujours beaucoup plus de lumière que tout autre mode d'éclairage...

La figure 6.3 représente la consommation de l'éclairage halogène par personne et par an.

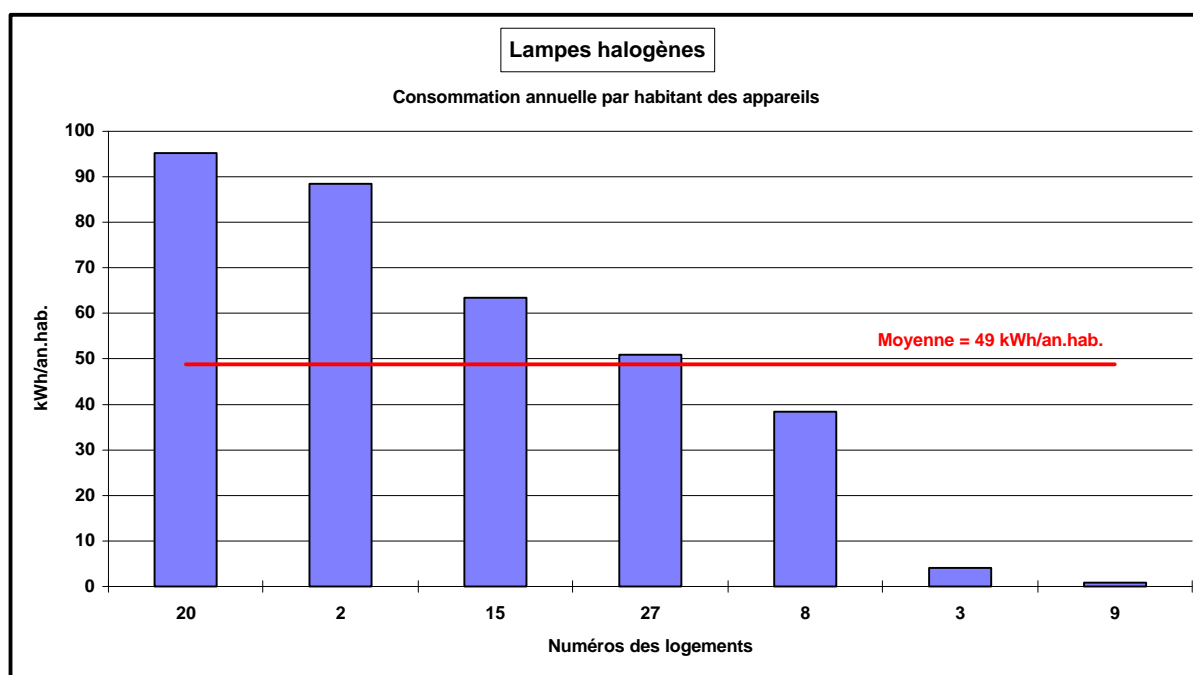


Figure 6.3 : consommation par habitant et par an des halogènes.

Comme pour la figure précédente on distinguera le cas de l'ensemble des appareils suivis, et celui des cinq appareils utilisant régulièrement l'halogène.

La consommation moyenne pour l'ensemble du panel étudié est de 49 kWh/an/hab. Mais si l'on exclut les deux logements qui n'utilisent pratiquement pas l'halogène, la consommation moyenne devient 68 kWh/an/hab. Pour fixer les idées, rappelons que la consommation annuelle par habitant est de 67 kWh pour les lave-linge, de 72 pour les lave-vaisselle, de 79 pour les sèche-linge et de 53 pour les TV. **On constate donc que pour les foyers qui en disposent, l'éclairage halogène consomme, par personne et par an, sensiblement la même énergie que les principaux appareils électroménagers, froid exclu.**

Après la première année d'instrumentation dans *Ecodrôme*, la consommation de ses appareils a été remise à chaque locataire, notamment pour l'halogène. Le niveau de celui-ci a souvent surpris les occupants et il est intéressant de comparer la seconde année ce que chacun a fait de ces informations et quel sort il a réservé à l'halogène. La figure 6.4 compare les consommations des deux années.

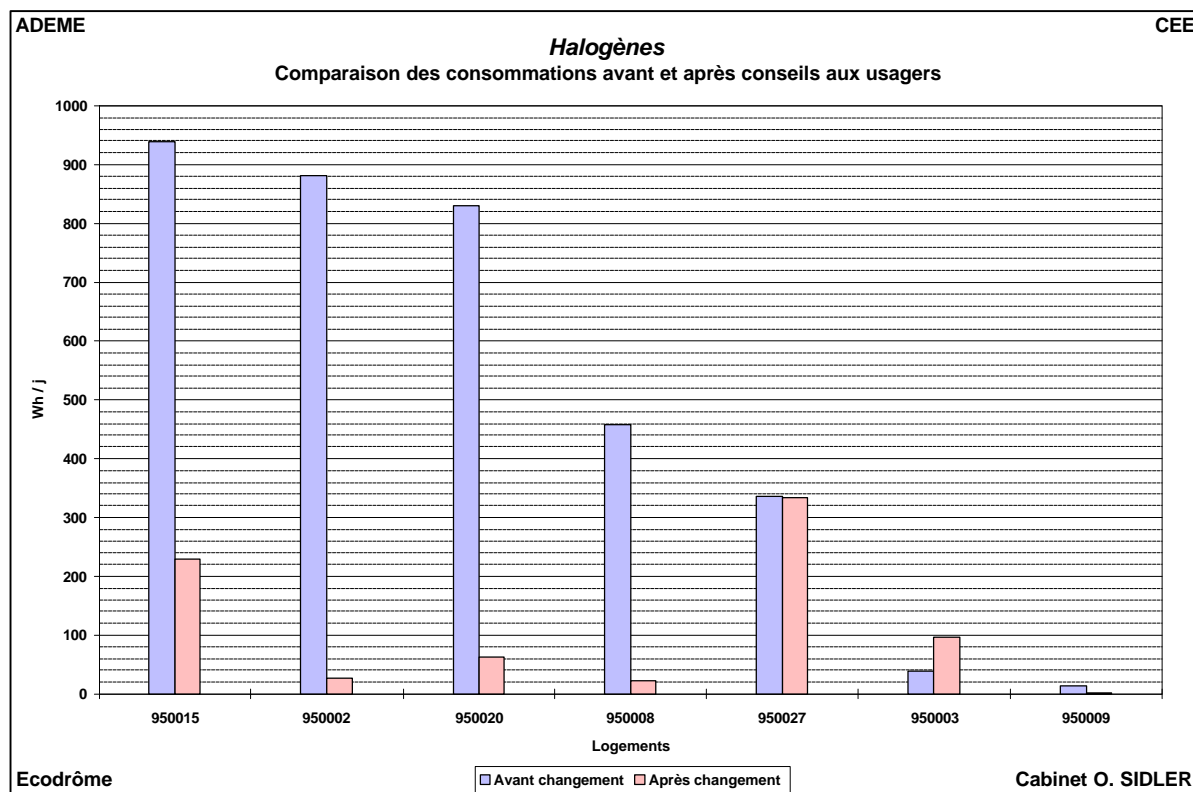


Figure 6.4 : comparaison de la consommation des halogènes la première et la seconde année de mesure

6 - 2 CONSOMMATIONS ANNUELLES COMPAREES

A la fin de la première année la plupart des ampoules à incandescence ont été changées. Mais toutes n'ont pas toujours pu l'être pour des raisons diverses :

- beaucoup de luminaires ne sont pas adaptés et se révèlent trop petits pour loger les lampes fluocompactes. **Il faudrait que les constructeurs adaptent leurs matériels de toute urgence,**
- un certain nombre de points lumineux n'étaient pas assurés par de l'incandescence mais par des tubes fluorescents ordinaires (en salle de bains et en cuisine notamment), ou des lampes basse tension.

Ceci explique que le facteur théorique de réduction de puissance (égal à 5) induit par les ampoules fluocompactes ne soit pas égale au facteur réellement observé. Mais nous avons aussi pris le parti de traiter l'halogène avec l'ensemble de la lumière puisqu'il participe à la fonction éclairage. L'ignorer parce qu'il ne peut *a priori* pas être remplacé par des lampes fluocompactes conduirait à une erreur d'analyse. La présence de l'halogène dans le bilan concourt également à modifier le facteur de réduction de consommation.

Enfin il n'est pas inutile de rappeler (voir paragraphe précédent) que des occupants ont délibérément choisi de supprimer ou de réduire l'usage de leur halogène la seconde année lorsqu'ils ont eu connaissance du coût de l'électricité absorbée par cet appareil la première année (voir figure 6.4).

La figure 6.5 représente les économies par logement qui ont été réalisées la seconde année grâce à l'usage des LBC (lampes basse consommation).

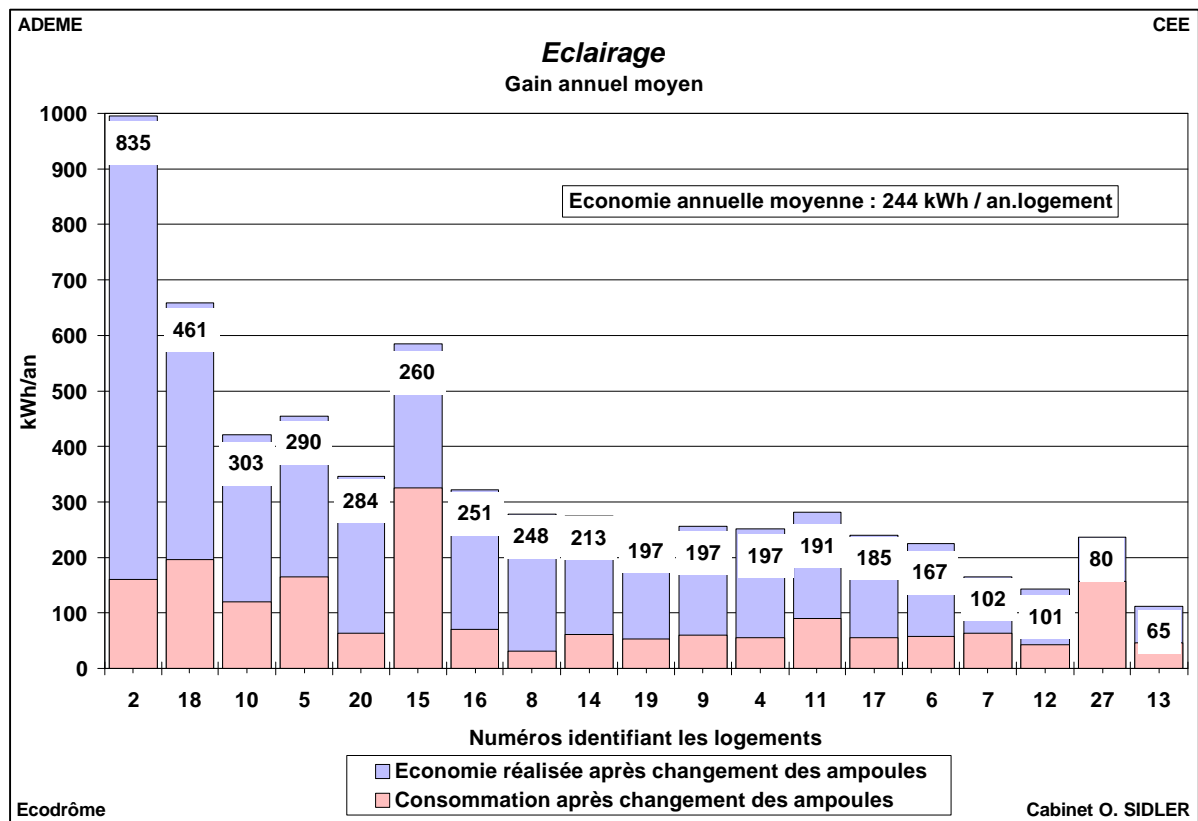


Figure 6.5 : économie de consommation de l'éclairage entre la première et la seconde année

Rappelons que seule la consommation des circuits « lumière » est prise en compte dans ce graphique. Sur ces seuls circuits « lumière », l'économie a été de 244 kWh/an. En première année la consommation de ces circuits était de 346 kWh/an.

La consommation de l'ensemble de l'éclairage des logements avait été estimée la première année à 500 kWh/an en rajoutant la consommation des lampes sur prises de courant. A l'échelle de l'ensemble de l'éclairage, on peut donc estimer que **l'économie induite par les LBC est de 340 kWh/an.**

On observe sur la figure 6.5 qu'il existe de très grosses différences à la fois sur la consommation initiale en première année, mais aussi sur les économies réalisées. Par exemple dans le logement n°2, l'économie est de 835 kWh/an, alors que dans le logement n°13 elle n'est que de 65 kWh/an. Dans le logement n°2 il y avait deux éclairages halogènes fonctionnant fréquemment. L'occupant a décidé d'en remplacer un par des LBC, et l'autre par une lampe à incandescence de 100W car les LBC ne rentraient pas dans le luminaire acheté en remplacement.

Pour le second logement, les besoins en éclairage sur circuit lumière étaient assez faibles dès le départ (guère plus de 100 kWh/an), ce qui s'explique tout à la fois par le mode de vie des occupants et peut être par une bonne exposition générale Sud du logement.

On peut aussi noter le cas du logement n°15 qui souligne une difficulté supplémentaire des expérimentations in situ : l'occupant devait changer les spots en place dans lesquels les LBC ne rentraient pas. Ces spots constituaient l'éclairage principal du logement. Après un an, les nouveaux spots n'avaient toujours pas été placés et les LBC non plus...Sans quoi les économies de ce logement auraient été encore plus importantes.

La figure 6.6 représente le facteur de réduction de consommation d'éclairage sur chaque logement la seconde année comparée à la première. En moyenne les consommations ont été divisées par un facteur 3.99, alors que si toutes les ampoules avaient pu être changées et les halogènes non comptabilisés, le facteur théorique aurait dû être d'environ 5.

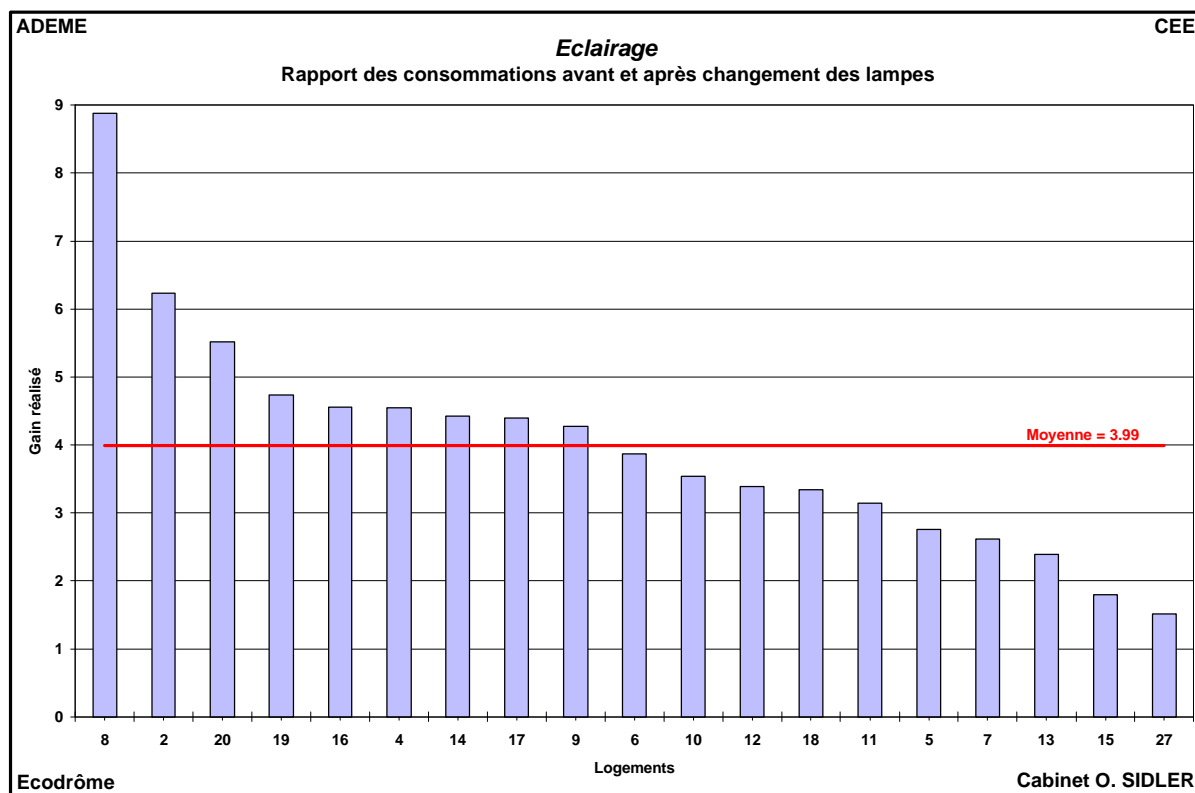


Figure 6.6 : rapport des consommations avant et après changement des lampes

Des conseils avaient été remis aux usagers après la première année afin de veiller à éviter de laisser les lumières en fonctionnement dans les pièces vides. Il est très difficile d'évaluer l'impact de telles dispositions. Mais il est probable que dans certains logements elles aient été prises en compte.

En revanche la réduction de consommation par un facteur 9 dans le logement n°8 est dû essentiellement à l'abandon de l'halogène, remplacé avec toutes les autres lampes par des LBC. Le cas du logement n°2 déjà évoqué, où un halogène a été remplacé par des LBC et l'autre par une ampoule à incandescence de 100W, est un peu similaire car le coefficient de réduction de puissance y est de 6.3.

6 - 3 EVOLUTION DE LA PUISSANCE APPELEE

Quel est l'impact de l'usage des LBC sur la puissance appelée des besoins d'éclairage. Comme pour l'ensemble des informations de ce chapitre, l'analyse qui suit ne porte que sur les circuits « lumière ». Les puissances et consommations réelles sont donc supérieures de près de 50%.

La figure 6.7 représente la comparaison des distributions des puissances (mesurées toutes les dix minutes) appelées par chacun des circuits « lumière » instrumentés la première et la seconde année.

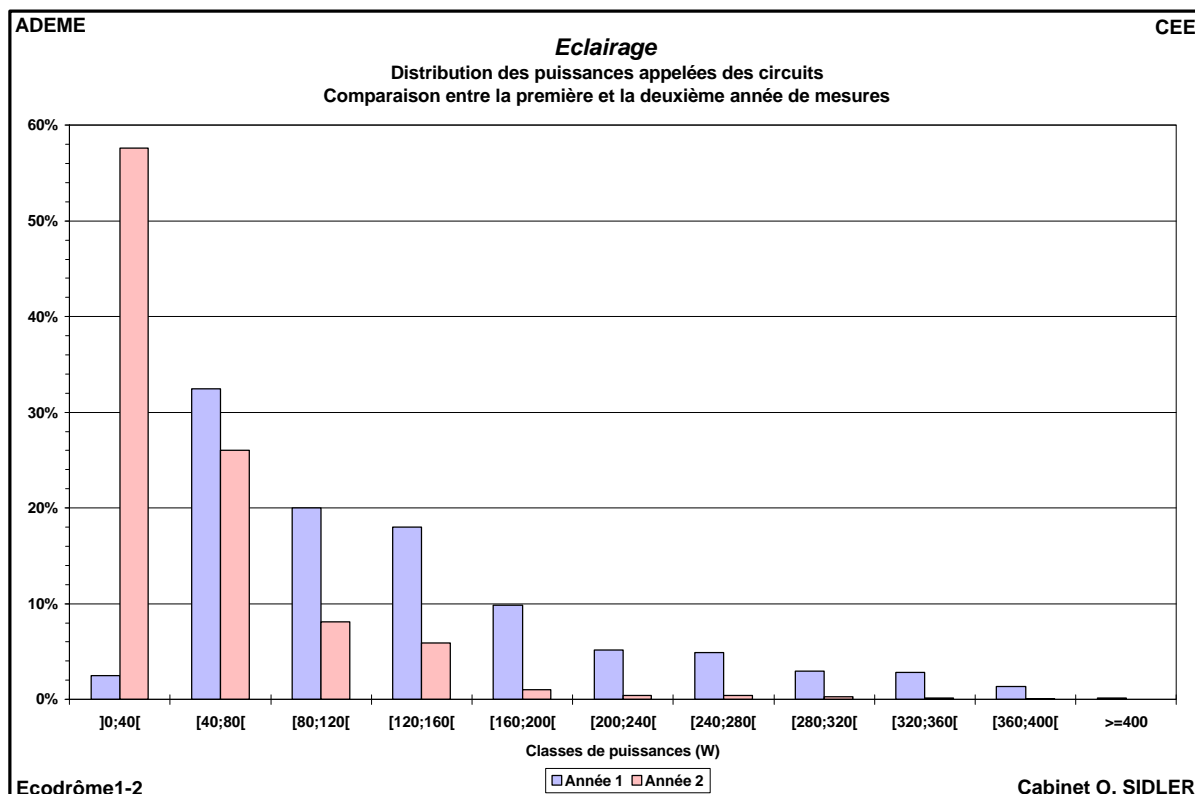


Figure 6.7 : distributions comparées des puissances appelées la première et la seconde année par les circuits « lumière »

L'effet de l'usage des LBC apparaît de façon manifeste : on observe un décalage général des classes de puissance vers les valeurs les plus faibles. La seconde année, 86% des puissances appelées par un circuit « lumière » (attention il y a en général deux circuits « lumière » par logement) sont inférieures à 80W, alors qu'il n'y en a que 35% la première année. De même 58% des appels de puissance sont inférieurs à 40 W/circuit en seconde année, contre 2,5% en première année. Enfin, on peut remarquer que 2,5% des appels de puissance/circuit dépassent 160W la deuxième année contre 18% la première année.

Ceci explique et confirme ce qui a été observé au chapitre 4 sur la réduction de la puissance appelée notamment aux heures de pointe du soir. C'est une confirmation du rôle très important que peut et devra jouer l'éclairage dans la réduction des puissances appelées, en particulier au moment des pointes du soir.

6 - 4 VARIATIONS SAISONNIERES DE LA CONSOMMATION

6-4-1 Saisonnalité des durées journalières d'utilisation

La figure 6.8 représente l'évolution de la durée moyenne de fonctionnement de l'éclairage.

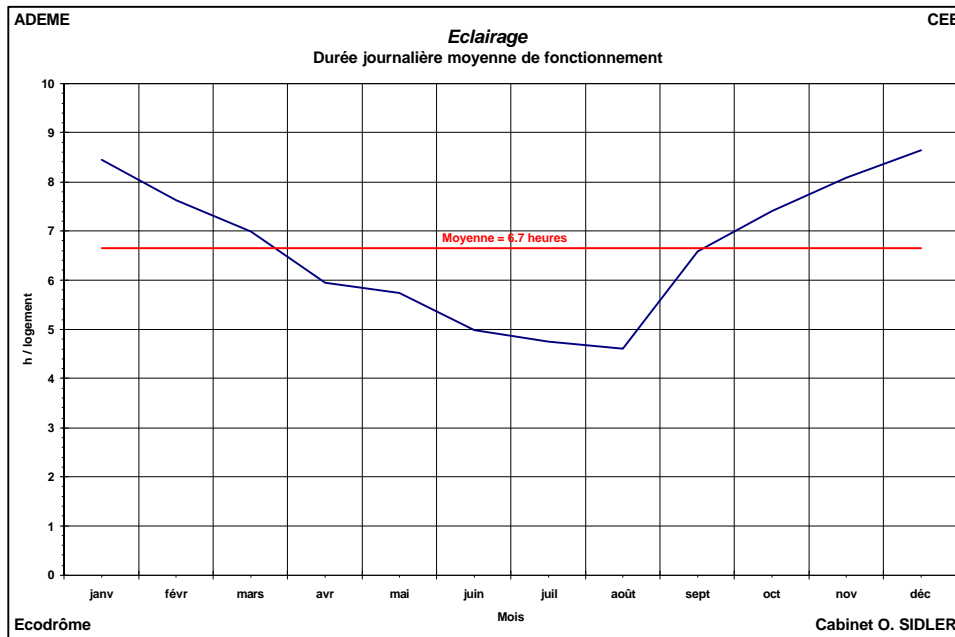


Figure 6.8 : évolution de la durée journalière de fonctionnement de l'éclairage.

Les valeurs mensuelles sont les moyennes de la durée calculée pour chaque logement. Cette durée est définie comme le cumul de tous les intervalles de dix minutes pendant lesquels une consommation non nulle a été observée dans un logement.

En été l'éclairage fonctionne 4,6 h/j, contre 8,8 h en hiver. Comme l'appel de puissance en hiver est beaucoup plus élevé qu'en été, les variations de consommation seront assez importantes et dans un rapport supérieur à celui des durées de fonctionnement.

6-4-2 Saisonnalité des consommations

La figure 6.9 représente la variation de la consommation mensuelle du poste éclairage.

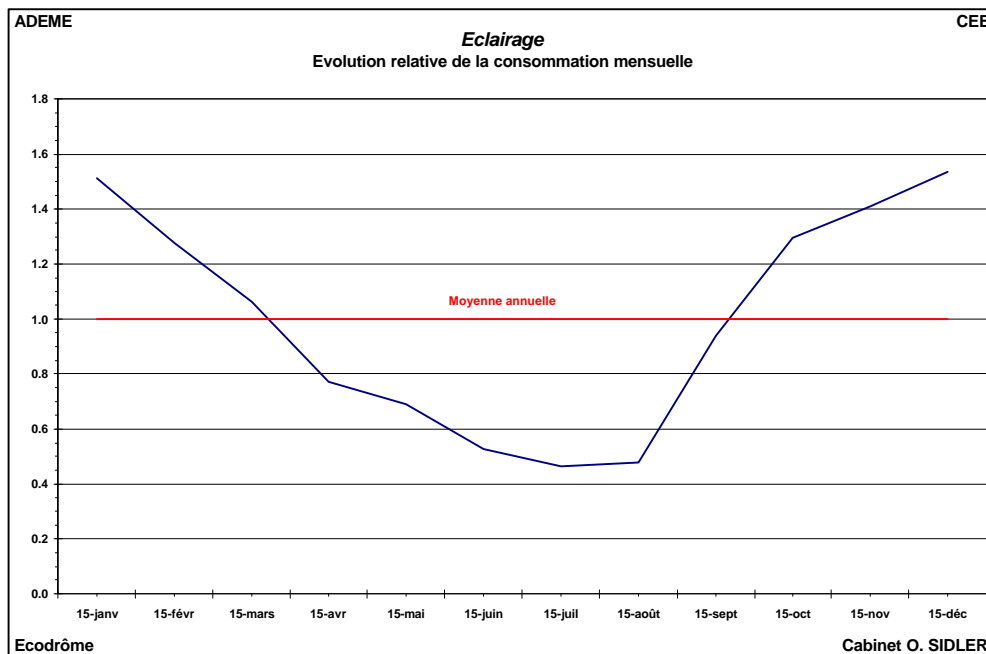


Figure 6.9 : saisonnalité de la consommation du poste éclairage

Entre hiver et été la consommation mensuelle varie dans un rapport de 1 à 3,2. Le caractère saisonnier de l'éclairage est très marqué, comme on pouvait s'y attendre. Mais la courbe de la figure 6.9 présente néanmoins une énigme : pourquoi n'existe-t-il pas une symétrie autour du 21 juin ? En effet la durée du jour est parfaitement symétrique autour de cette date. Pourquoi les consommations ne le sont-elles franchement pas ?

Pour l'été (juillet/août), l'explication est simple : ce sont les vacances. Quelques (rares) familles se sont absentes, ce qui occasionne un déficit assez net pour les deux mois d'été. Mais il apparaît clairement que les consommations automnales sont supérieures aux consommations du printemps.

Plusieurs explications ont été avancées : la présence de feuilles aux arbres en automne et pas au printemps, le besoin de lumière qui serait psychologiquement nécessaire après l'été, etc. Mais l'explication la plus vraisemblable réside dans les conséquences dues à la correction du temps solaire vrai par l'équation du temps.

Il semblerait que la dissymétrie assez marquée (hors période estivale) de la consommation mensuelle d'éclairage autour du 21 juin soit due aux irrégularités du mouvement de la Terre autour de son axe qui ont pour conséquence apparente d'avancer et de retarder l'heure légale de lever et de coucher du soleil tout au long de l'année (par rapport à un mouvement moyen), créant ainsi notamment en soirée, un allongement ou une réduction des besoins d'éclairage « moyens » .

6 - 5 VARIATIONS HORO-SAISONNIERES COMPAREES DE LA CHARGE

La figure 6.10 représente la courbe de charge horaire moyenne de l'éclairage sur l'ensemble de la première année (éclairage à incandescence).

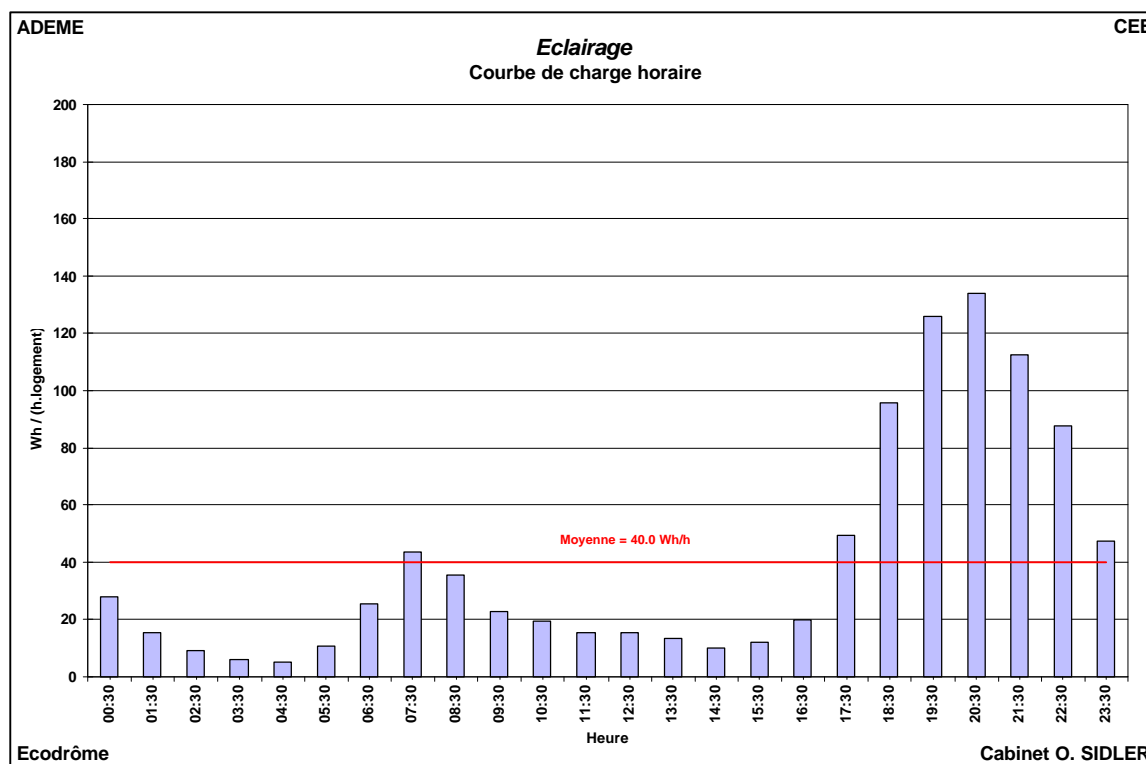


Figure 6.10 : variations de la charge horaire moyenne annuelle de l'éclairage.

On constate que les besoins d'éclairage sont continus au cours de la journée et même de la nuit. La figure 6.10 fait apparaître clairement les moments où l'éclairage est le plus utilisé. Le soir d'abord, où son usage s'étend sur environ 6 h et où la pointe maximale se situe en moyenne entre 20 et 21 h. En second lieu, l'éclairage est utilisé le matin avec une pointe secondaire entre 7 et 8 h. En moyenne sur l'année la consommation d'un logement est de 40 W en continu.

Mais la notion de charge moyenne annuelle ne recouvre pas une très grande réalité physique. C'est la raison pour laquelle nous avons développé une autre représentation beaucoup plus complète qui permet une vision sur un seul graphique de tous les états de la charge horaire au cours de l'année (il y en a 288).

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine des figures de ce § se trouvent en annexes 2 (éclairage incandescent) et 3 (lampes basse consommation).

6-5-1 Analyse des variations de la charge horaire la première année

La figure 6.11 représente la variation de la charge horaire vue du réseau, en fonction de l'heure et du mois de l'année (valeurs numériques en annexe).

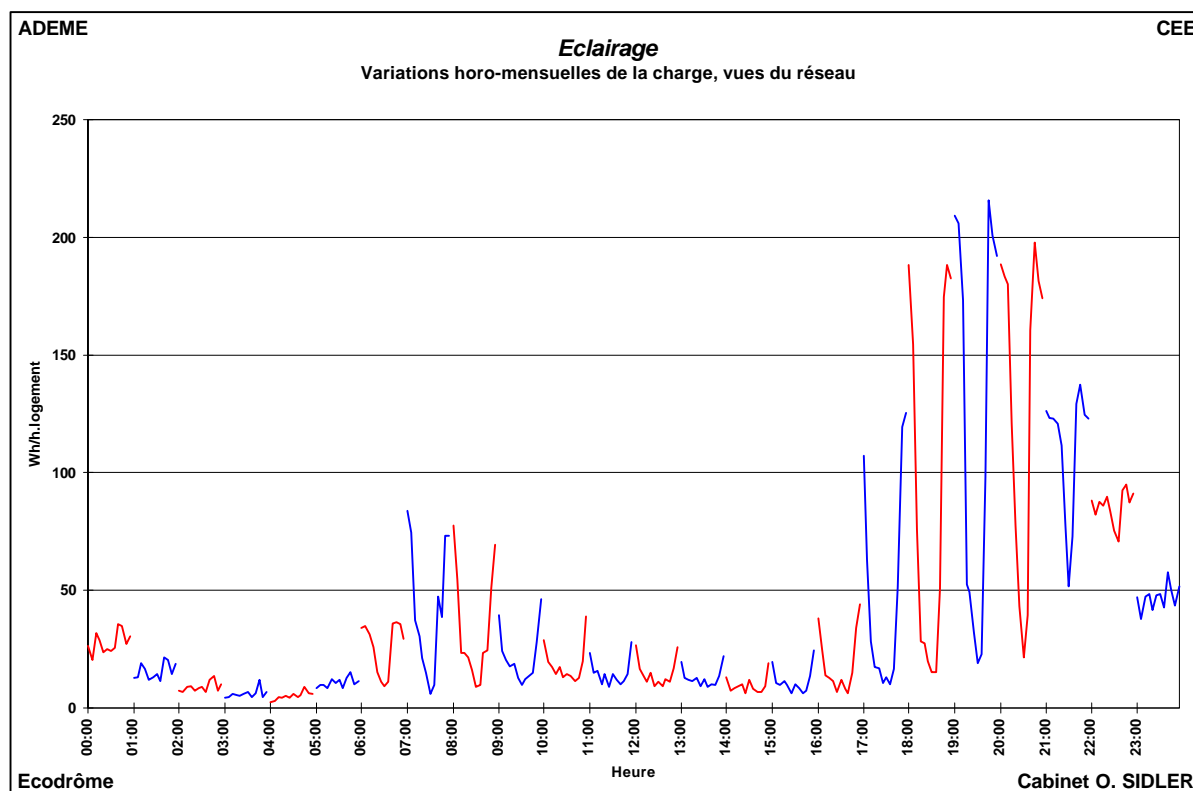


Figure 6.11 : variations mensuelles de la charge horaire, vue du réseau.

On observe que :

- toutes les consommations horaires, à l'exception de la tranche 4 à 6h, sont minimum en été et maximum en hiver,
- pour la tranche 19/20h, la consommation horaire par logement passe de 210 Wh/h à 15 Wh/h entre hiver et été,
- pendant les heures de nuit, la consommation varie très peu entre l'hiver et l'été,

■ il existe en hiver deux pointes très nettes de consommation journalière : entre 7 et 9 h (pointe secondaire) avec une consommation maximum de 75 Wh/h, et entre 19 et 20 h (pointe principale) avec un niveau appelé de 210 Wh/h.

Ce graphique montre que, du point de vue de la charge, l'éclairage pose un problème relativement ponctuel : il pèse extrêmement lourd, en hiver, sur l'appel de puissance exclusivement entre 18 et 21 h. Le reste du temps, même si sa consommation cumulée est importante, il ne représente qu'un poids relativement minime pour le réseau.

6-5-2 Analyse des variations de la charge horaire entre première et seconde année

La figure 6.12 représente la variation de la charge horaire vue du réseau, en fonction de l'heure et du mois de l'année, la seconde année avec les LBC.

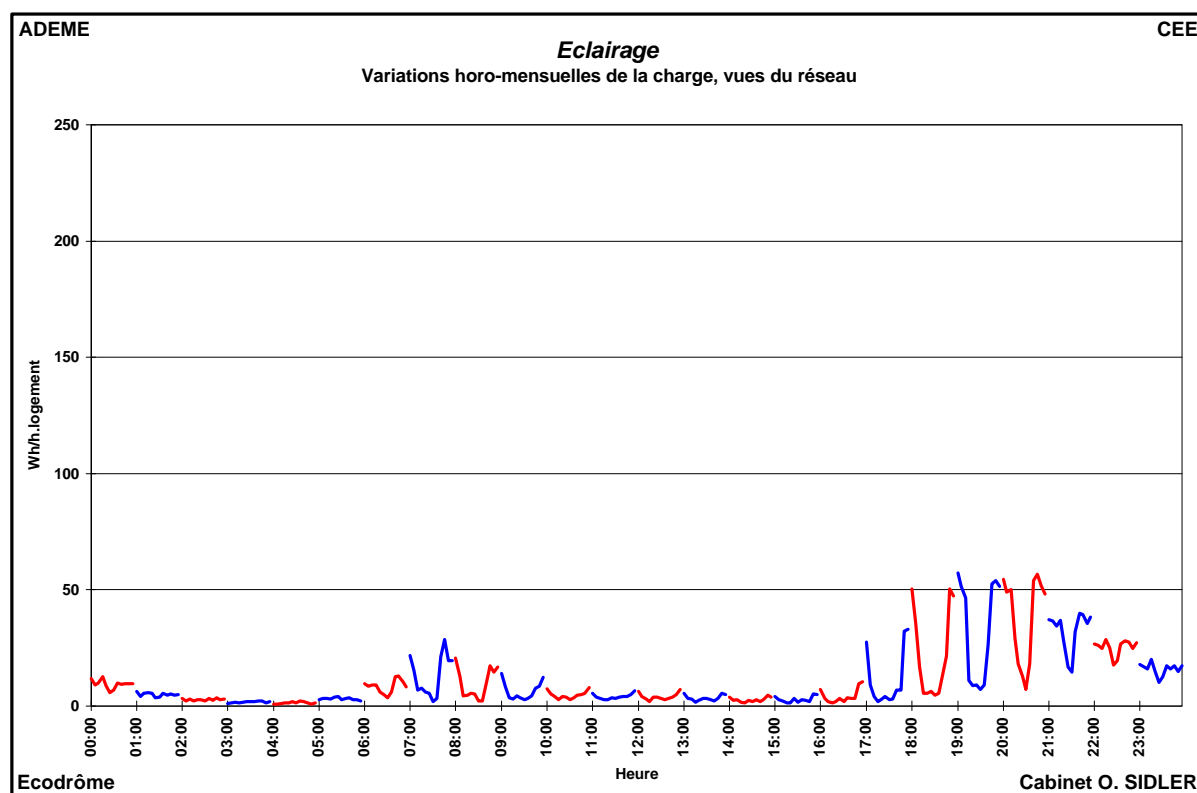


Figure 6.12 : variations mensuelles de la charge horaire, vue du réseau avec les lampes basse consommation

Alors qu'en première année la charge atteignait 200 Wh/h/logement dans la tranche 19/20h en hiver, elle n'atteint plus que 55 Wh/h/logement la seconde année. La chute de la charge, particulièrement aux heures de pointe du soir, est spectaculaire.

La figure 6.13 représente le rapport de la charge de la seconde année à celle de la première.

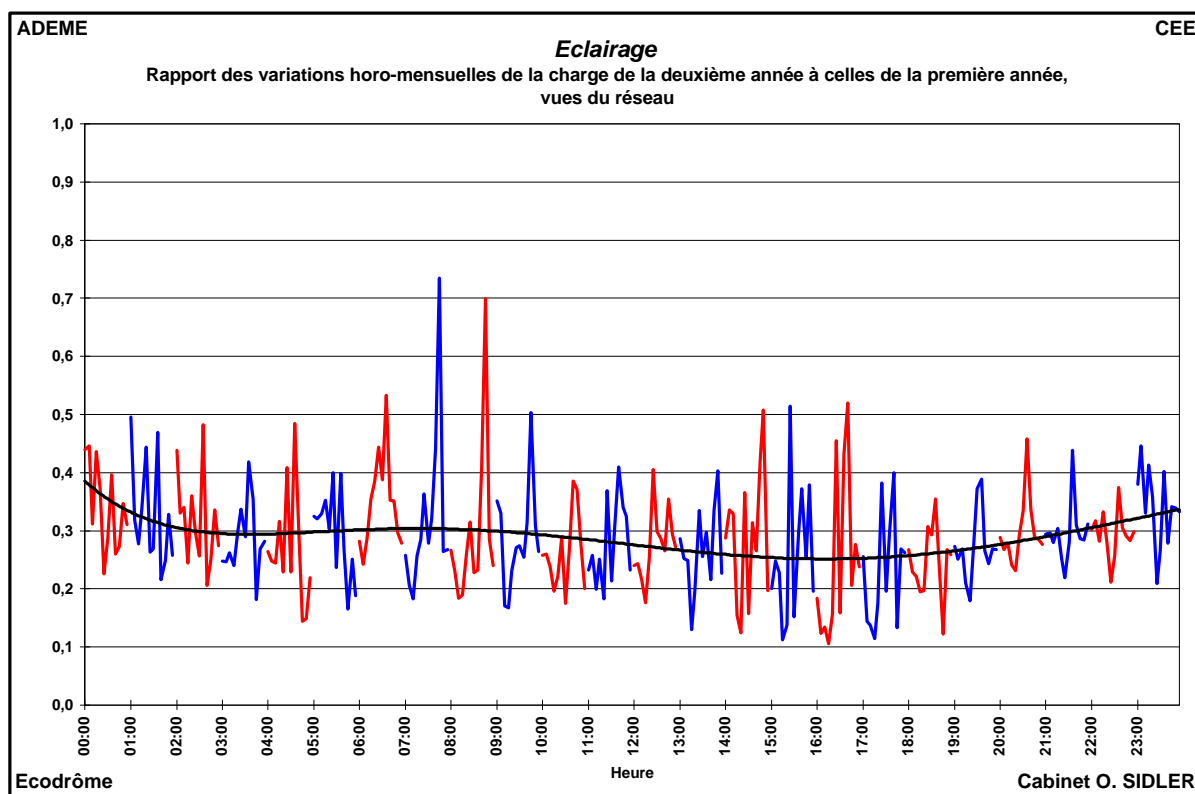


Figure 6.13 : rapport de la charge horo-mensuelle de la seconde année à celle de la première année

On observe des fluctuations parfois importantes mais très ponctuelles de ce rapport autour de la valeur moyenne. Ceci est dû à la petite taille de l'échantillon et aux particularités de comportement que cela peut engendrer. Mais il est très intéressant de relever **qu'en moyenne sur l'année le rapport de la charge horaire de la seconde année à la première est de 0,3.**

6-5-3 Variations de la contribution de l'éclairage à la charge globale

La figure 6.14 représente l'évolution horo-saisonnière de la part de l'éclairage dans la charge globale des logements au cours de la première année.

On observe ce que l'analyse de la structure de la charge globale avait déjà montré au chapitre 4 : il y a deux périodes de pointe pour l'éclairage en hiver, et dans ces deux périodes la part de l'éclairage dans la charge totale peut être très importante. La pointe principale a lieu le soir entre 19 et 20 h. **La part de l'éclairage dans la charge totale y est alors voisine de 40 %.** La pointe secondaire a lieu le matin entre 7 et 8 heures. On note aussi qu'en été la part de l'éclairage le soir entre 19 et 20h est inférieure à 10%.

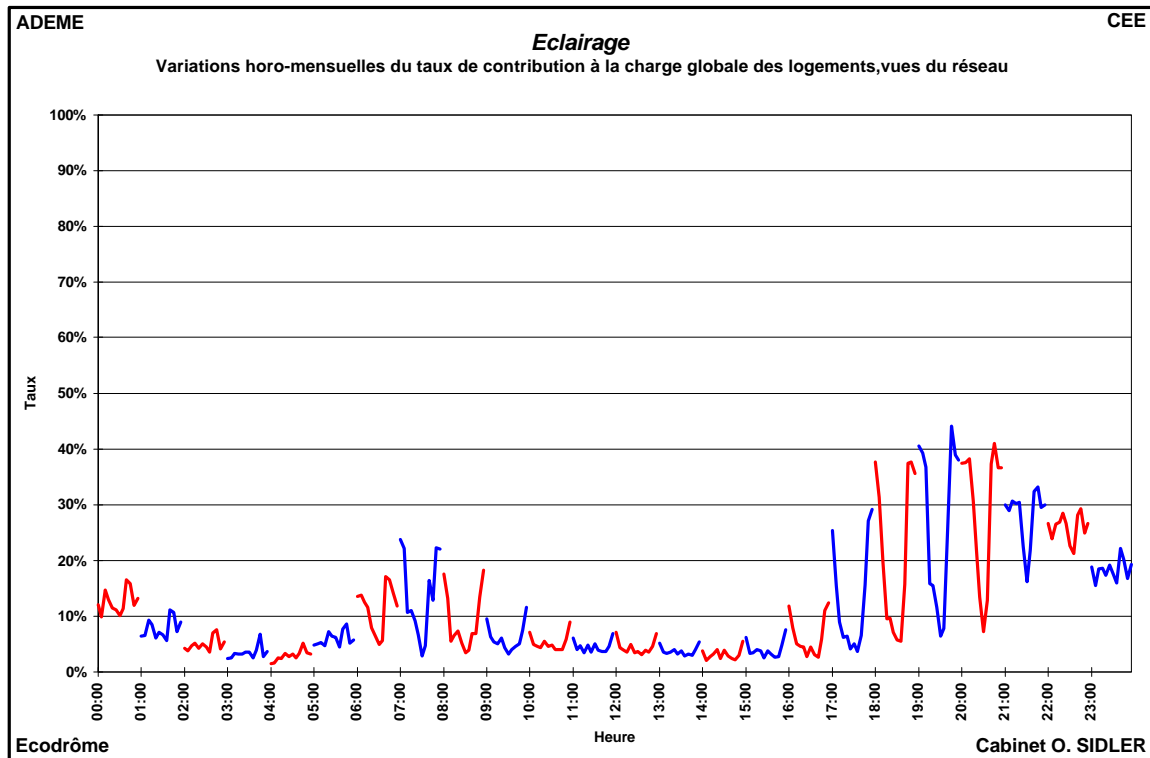


Figure 6.14 : variations horo-saisonniers du taux de contribution de l'éclairage à la charge globale avec les ampoules à incandescence

La figure 6.15 représente la même chose que la figure précédente, mais pour la seconde année, avec les ampoules basse consommation.

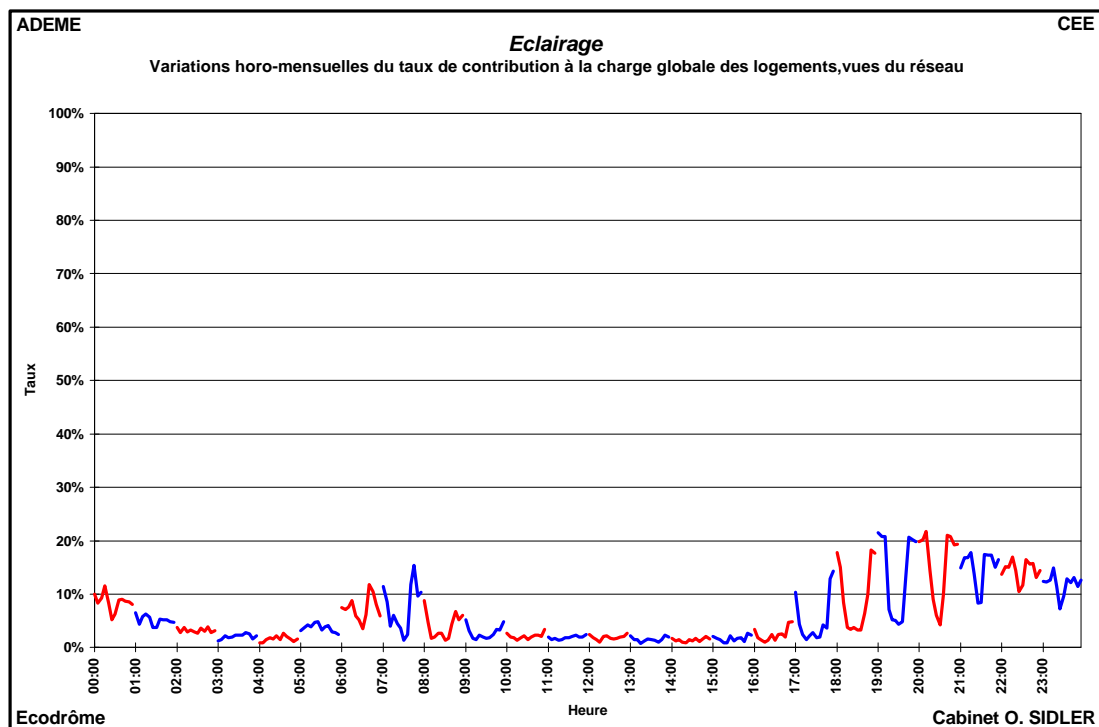


Figure 6.15 : variations horo-saisonniers du taux de contribution de l'éclairage à la charge globale avec les ampoules basse consommation

En hiver à l'heure de pointe, la part de l'éclairage dans la charge globale des logements équipés de matériels performants, n'est plus que de 20 %. L'éclairage devient presque un poste mineur de la consommation d'énergie après avoir été à certaines heures le poste le plus lourd.

La figure 6.16 représente la contribution de l'éclairage à la charge d'un logement fictif moyen qui posséderait les mêmes matériels performants que dans notre projet, mais dans lequel on a utilisé le taux d'équipement national pour chaque type de matériel.

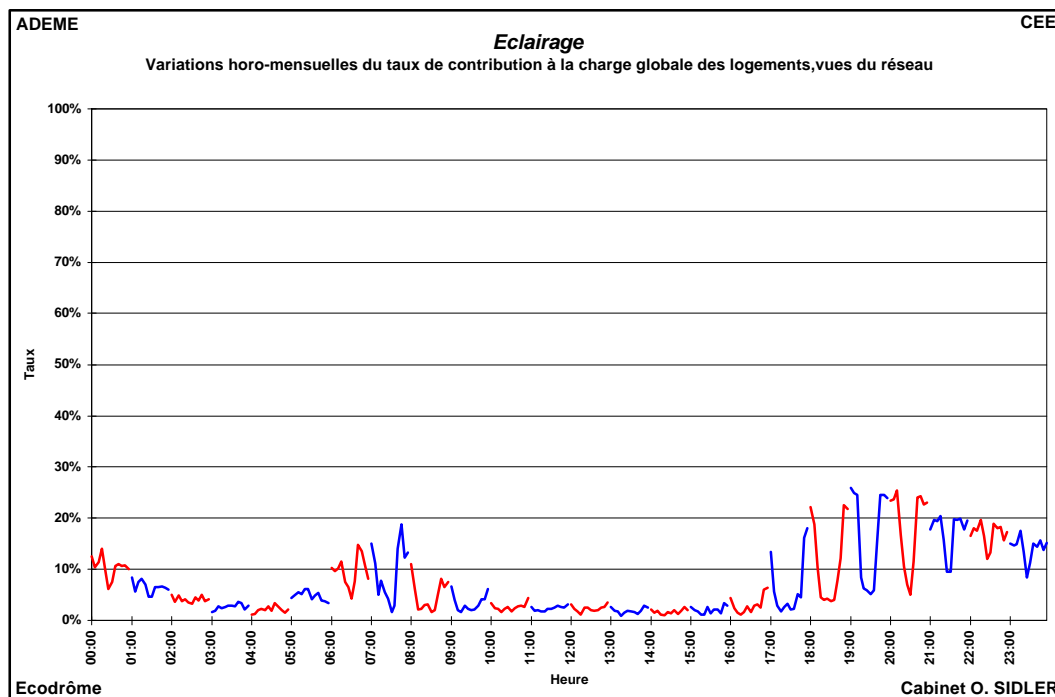


Figure 6.16 : variations horo-saisonniers du taux de contribution de l'éclairage à la charge globale avec les ampoules basse consommation, dans un logement doté d'un taux d'équipements performants égal à la moyenne nationale

Ce qui a été observé pour notre échantillon n'est guère modifié : la part maximum de l'éclairage à l'heure de pointe du soir en hiver ne dépasse pas 25 %.

Ainsi, l'ensemble des éléments qui précèdent montre que l'usage des lampes basse consommation a un double intérêt :

■ c'est à l'évidence une source d'économie pour le particulier. Cette source d'économie a été évaluée à 340 kWh/an soit 250 F/an (38 ECU). C'est à la fois beaucoup et peu. Mais le développement économique présenté au chapitre 11 montrera que l'achat de lampes basse consommation est toujours intéressant d'un point de vue financier,

■ le second intérêt des lampes basse consommation est moins souvent, sinon jamais, mis en avant, et pourtant il est peut-être encore plus important que le premier. L'éclairage, bien que second poste de consommation d'électricité spécifique des logements, ne représente pas annuellement une quantité d'électricité considérable en soi. Mais cette quantité limitée d'électricité a un gros défaut : elle est consommée dans son immense majorité le soir, plus particulièrement entre 19 et 22h. Et à ce moment là, le poids de la puissance appelée par tous les systèmes d'éclairage nationaux est considérable. Le vrai problème de l'éclairage est un problème d'appel de puissance, pas un problème de consommation. Dans ces conditions, **la lampe basse consommation apparaît comme un outil exceptionnel dans la lutte pour la réduction des puissances appelées**, toutes les courbes de charge qui précèdent le démontrent. Et dans ce cas, pourquoi ne pas répartir son coût

d'achat entre les différents bénéficiaires : les particuliers, mais aussi les producteurs et distributeurs d'électricité ?

6 - 6 LA REVOLUTION DE LA LAMPE FLUOCOMPACTE HBI

L'éclairage fluocompacte a, comme on vient de le démontrer, des avantages considérables tout à la fois pour l'utilisateur final et pour le producteur d'électricité. Mais, sous sa forme actuelle, elle n'est pourtant pas sans défauts. Les principales critiques qui peuvent lui être faites sont :

- elle possède un facteur de puissance inférieur à 0.6, si bien que l'économie réelle pour le producteur d'électricité n'est pas de 4 (ou 5) comme pour l'utilisateur final, mais de la moitié, soit environ 2. La part de courant réactif est trop importante, et ce courant n'est pas facturable par le producteur d'électricité,

- elle génère des distorsions harmoniques qui détériorent la qualité du courant dont l'onde n'est plus sinusoïdale. Certes les lampes fluocompactes ne génèrent pas plus de pollution harmonique que beaucoup d'autres matériels courants, mais ce fait en limite incontestablement l'intérêt. Le taux de distorsion harmonique de la lampe fluocompacte est supérieur à 100%,

- les ampoules fluocompactes ne supportent pas des démarrages et des arrêts trop rapprochés,

- les lampes fluocompactes n'acceptent pas les gradateurs permettant, comme pour les lampes à incandescence, de faire varier l'intensité lumineuse,

- le coût des lampes fluocompactes est encore relativement élevé, même si au prix actuel elles présentent un intérêt économique évident. Ce coût est en réalité le principal frein à leur pénétration massive des marchés, et le restera encore longtemps. Or selon les constructeurs il n'est pas appelé à connaître de baisses sensibles dans l'avenir...

Mais un inventeur français, **Henri Courrier de Méré**, électronicien possesseur de nombreux brevets, notamment sur les actuelles lampes fluocompactes, vient de créer une nouvelle alimentation électronique qui résout l'ensemble des problèmes évoqués précédemment. Associé à Boune Phone Tiang, il a créé la société HBI qui gère la nouvelle invention.

L'ampoule HBI a des caractéristiques révolutionnaires :

- son facteur de puissance est supérieur à 0.995 : désormais le producteur d'électricité fera autant d'économie que l'utilisateur final. Le remplacement d'ampoules à incandescence divisera par 4 ou 5 la consommation et la puissance appelée,

- le taux de distorsion harmonique est inférieur à 10% : le courant du réseau n'est que peu perturbé. La qualité du courant sera maintenue, même si cette nouvelle lampe se généralisait,

- la nouvelle alimentation électronique autorise tout à la fois des démarrages et arrêts avec la même fréquence que les ampoules à incandescence, ainsi que les dispositifs gradateurs de courant,

- le nombre de composants étant extrêmement réduit, la taille du ballast l'est également au point de pouvoir désormais tenir...dans le culot de l'ampoule. Par voie de conséquence, le prix est divisé par 2.5 ou 3 pouvant atteindre 4 à 6 ECU,

- la durée de vie de l'ampoule devrait pouvoir être encore améliorée et dépasser nettement les 10.000 h de fonctionnement. Mais ceci doit encore faire l'objet d'un test grandeur nature.

La société HBI n'a pas vocation à construire ces ampoules. Elle cherche plutôt à établir des partenariats industriels et à céder les licences d'exploitation de ses brevets. Toute personne intéressée pourra prendre contact avec le Cabinet Olivier SIDLER, auteur du présent rapport, qui se chargera de transmettre ■

CHAPITRE 7 : LINGE, VAISSELLE, NETTOYAGE MENAGER

7 - 1 LES LAVE-LINGE

7-1-1 Les principes à la base des changements de matériel

Les changements de matériel se sont effectués en respectant le type de machine initialement chez les occupants : à chargement frontal ou par le dessus.

Dans le cas (unique) des lavante-séchante, nous avons pris le parti sur avis des spécialistes, de remplacer la machine par un lave-linge et un sèche-linge à condensation. Ce choix s'est révélé peu efficace, car l'usager a découvert qu'il pouvait désormais assurer les deux opérations simultanément et il a finalement consommé presque deux fois plus qu'avec sa lavante-séchante...

Les lave-linge mis en place comportaient des vitesses d'essorage très élevées (1.100 et 1.300 t/min selon les modèles). Ce n'était pas le cas des machines existantes, généralement assez mal dotées de ce point de vue. Si nous avons adopté délibérément ce parti c'est d'abord parce que l'essorage rapide équipe maintenant la plupart des machines vendues, mais aussi et surtout parce que c'est probablement le meilleur moyen de réduire la consommation dessèche-linge. Accessoirement pour ceux qui n'avaient pas de sèche-linge et qui faisaient sécher leur linge dans leur logement en hiver, c'était l'occasion de réduire la consommation de chauffage, puisque c'est lui qui fournit l'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau contenue dans le linge.

7-1-2 Consommations annuelles comparées

La figure 7.1 représente la consommation comparée de l'ensemble des lave-linge de chaque logement entre la première et la seconde année.

L'économie moyenne est de **69 kWh/an/logement**. La consommation des appareils est passée de 262 kWh/an (appareils traditionnels) à **193 kWh/an** (appareils performants). C'est sensiblement moins que pour les autres postes analysés et cela confirme ce nous pensions déjà du poste lave-linge, à savoir que les économies importantes ne peuvent plus être acquises uniquement par la réduction des volumes d'eau utilisés, mais par l'usage de produits lessiviels à froid ou par l'alimentation des machines directement en eau chaude produite de façon moins onéreuse qu'avec l'électricité.

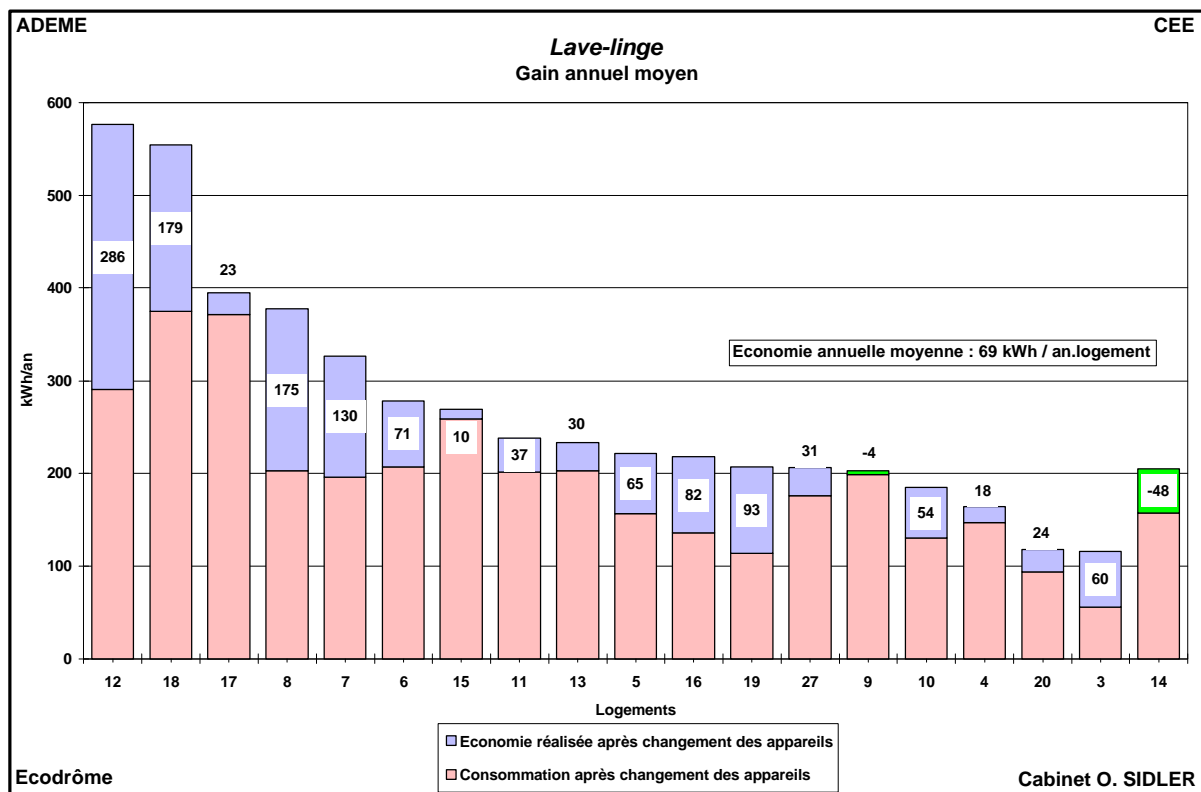


Figure 7.1 : économie de consommation des lave-linge entre la première et la seconde année

On note aussi les différences importantes sur les économies réalisées d'un logement à l'autre. Seuls deux logements ont consommé plus la seconde année que la première. Pour le logement n° 9 l'explication est simple : c'est l'arrivée d'un bébé en début de seconde année. Pour le logement n° 14, l'analyse du nombre de cycles a montré qu'il n'y avait pas plus ni moins de cycles la seconde année, mais en revanche on a dû se rendre à une évidence : le thermostat de la machine ancienne ne marchait plus, et en réalité l'occupant faisait ses lessives avec de l'eau très tiède. Sa consommation la première année, pour une famille de 4 personnes, était d'ailleurs anormalement basse : 107 kWh/an. Ceci fait partie des aléas de l'expérimentation in situ...

Il est également probable que les gains énergétiques sont d'autant plus sensibles que la fréquence des cycles à 60 ou 90°C est élevée. C'est vraisemblablement là qu'il faut par exemple chercher l'explication des 286 kWh/an économisés dans le logement n° 12.

La figure 7.2 indique qu'en moyenne la consommation des lave-linge a été divisée par 1.39 entre la première et la seconde année.

Ceci correspond à une réduction de la consommation d'origine de 28%. Les analyses des paragraphes qui suivent vont permettre de mieux comprendre l'origine de ces économies et également quelques particularités du mode de fonctionnement des lave-linge performants.

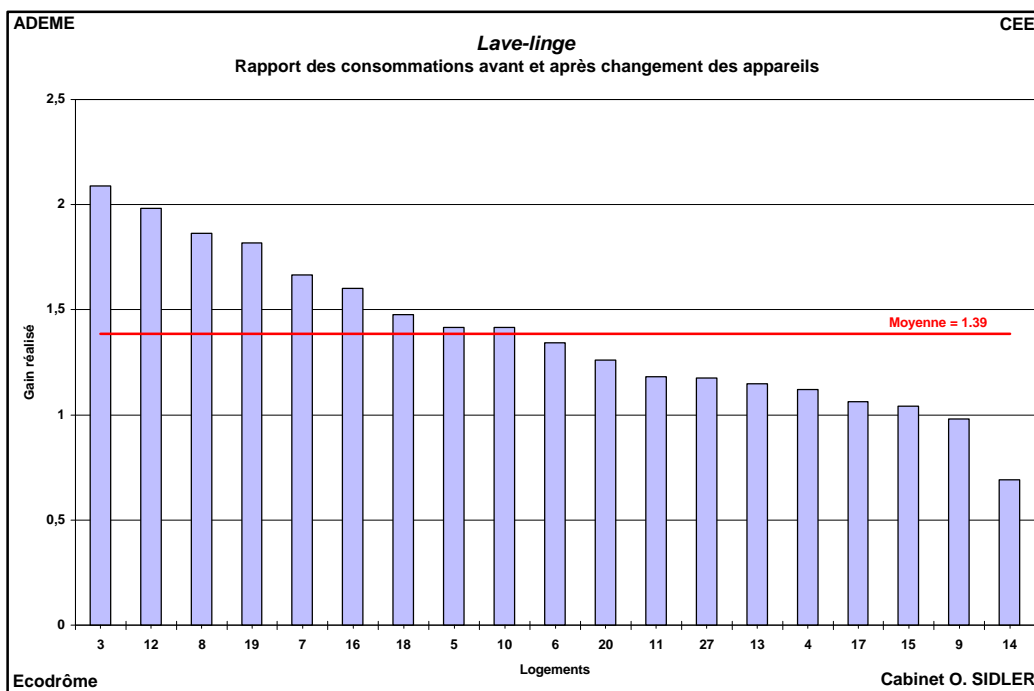


Figure 7.2 : rapport de la consommation des lave-linge avant et après changement des matériels

7-1-3 Analyse des puissances appelées la première et la seconde année

Les analyses qui suivent s'appuient sur le relevé des puissances toutes les dix minutes par le système de mesures. Il était intéressant de comparer la distribution de ces puissances sur les deux années. La figure 7.3 est très instructive.

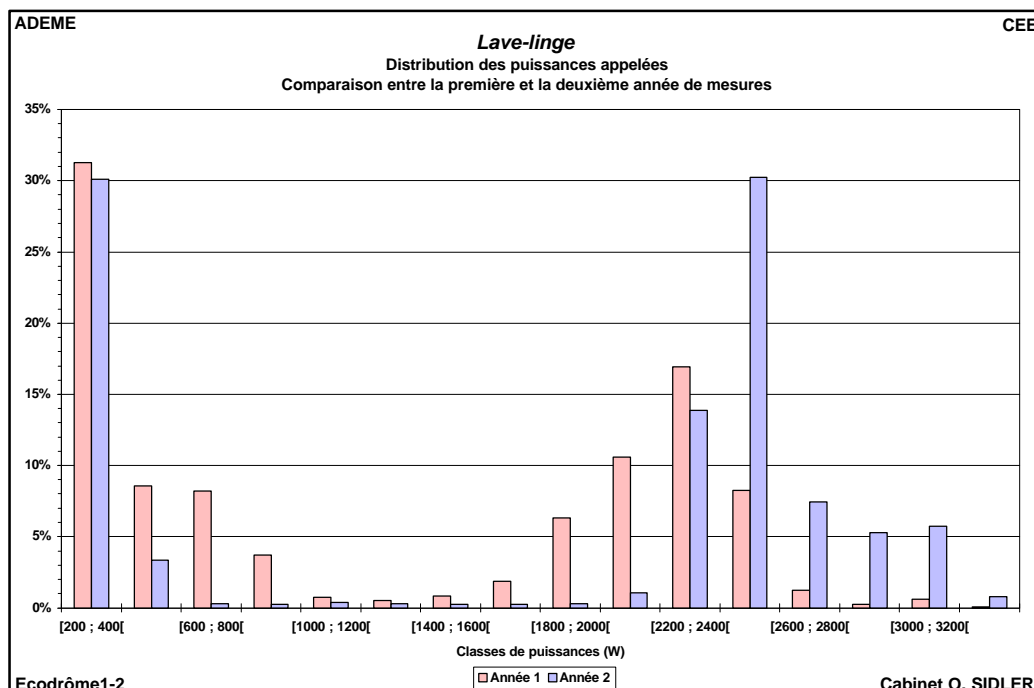


Figure 7.3 : distributions comparées des puissances appelées par les lave-linge la première et la seconde année

Elle fait apparaître que :

■ il existe deux modes principaux de puissance appelée : l'un dans les faibles puissances, celles de la classe 200 à 400 W. Il s'agit de la puissance du moteur. L'autre dans la classe 2000 à 2600 W, il s'agit de la puissance des résistances chauffantes, éventuellement associée à celle du moteur. Tout ceci était prévisible,

■ il existe une augmentation générale des puissances appelées la seconde année par rapport à la première. Ceci vient du fait que tous les lave-linge performants sont désormais équipés de résistances chauffantes plus puissantes que celles des modèles antérieurs. Nous avons relevé jusqu'à 3300W, ce qui commence à poser des problèmes d'échauffement sur les prises de courant. Nous avons d'ailleurs vu plusieurs prises qui ont partiellement fondu avec des machines neuves.

Cette tendance est encore mieux mise en évidence par la figure 7.4 qui représente le rapport des fréquences relatives du graphique de la figure 7.3, pour chaque classe de puissance. On constate que jusqu'à 2400 W les fréquences de la seconde année sont toujours inférieures à celles de la première, et qu'en revanche, au-delà de 2400 W c'est systématiquement l'inverse.

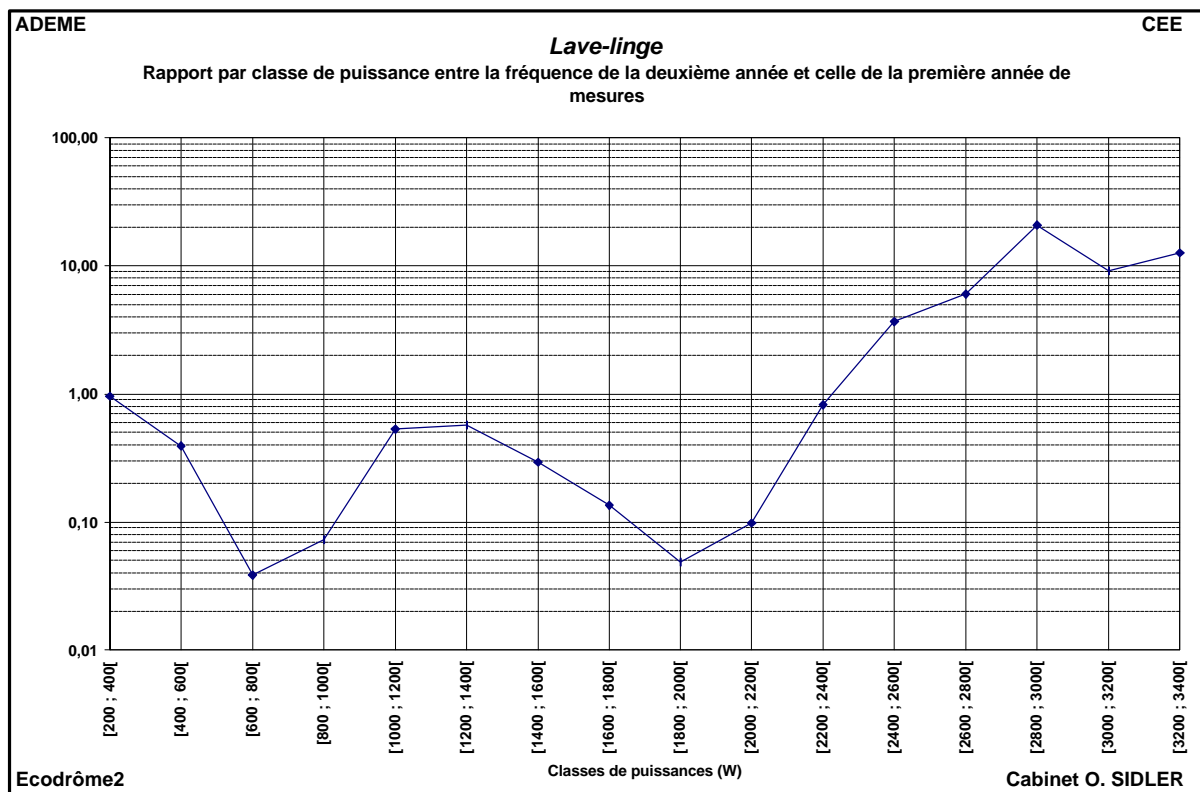


Figure 7.4 : rapport de la fréquence des puissances appelées la seconde année comparativement à la première année

Recommandation aux fabricants : cette augmentation des puissances mises en oeuvre, si elle correspond bien à une volonté de la part des fabricants, n'est pas une tendance favorable car elle réduit considérablement l'un des atouts de la Maîtrise de la Demande d'Electricité qui était la diminution de la puissance appelée sur le réseau. Certes le foisonnement permettra d'observer une baisse de la puissance appelée des lave-linge performants, mais cette baisse sera indiscutablement affectée par cette tendance à augmenter la puissance chauffante des nouvelles machines.

7-1-4 Distributions comparées des cycles de la première et de la seconde année

La figure 7.5 représente la comparaison des distributions des cycles de lave-linge entre la première année (appareils existants) et la seconde année (appareils performants).

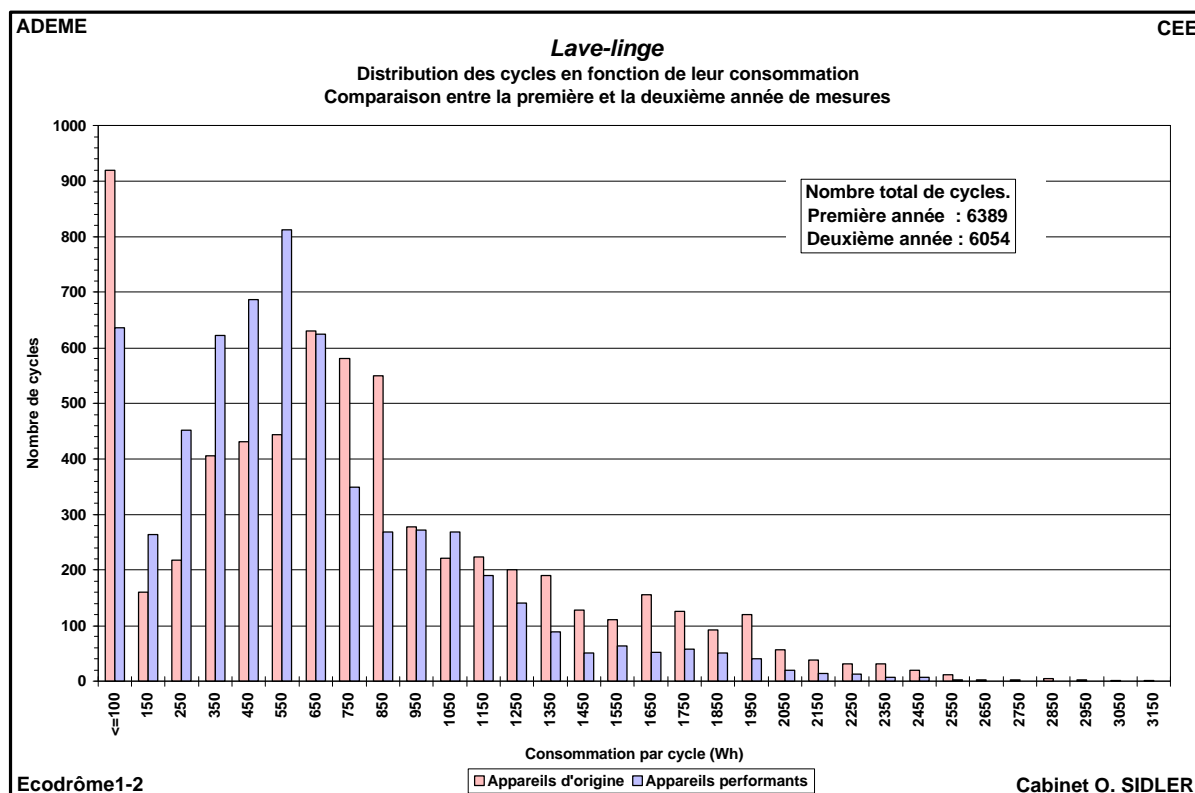


Figure 7.5 : distributions comparées des cycles de la première et de la seconde année pour les lave-linge

En première année la distribution présentait un maximum autour de la classe 650 Wh/cycle et les classes les plus importantes étaient les classes 650 à 850 Wh/cycles. Alors qu'en seconde année, la distribution présente un maximum autour de la classe 550 Wh/cycle, et les classes les plus importantes sont les classes 350 à 650 Wh/cycle.

Au-delà de 1000 Wh/cycle apparaît un autre phénomène : il y a dans chaque classe énergétique beaucoup moins de cycles en seconde année qu'en première. Ceci sera confirmé par la figure 7.6.

Quant au nombre total de cycles chauds (ceux qui consomment de l'énergie) il n'a pas varié entre la première et la seconde année. En effet le nombre brut total de cycles obtenu en incluant les cycles froids (sur l'ensemble logements) est de 6389 en première année et de 6054 en seconde année. Mais si on remarque qu'il y a en première année 280 cycles froids de plus qu'en seconde année, et que la seconde année est bissextile, l'écart entre le nombre de cycles en première et seconde année est de +0.6 % en seconde année, ce qui est négligeable.

On peut conclure que dans l'ensemble, les familles n'ont pas plus utilisé leur nouvelle machine la seconde année, bien qu'elles soient plus performantes et plus « modernes ».

La figure 7.6 représente le rapport du nombre de cycles dans chaque classe énergétique entre la seconde et la première année.

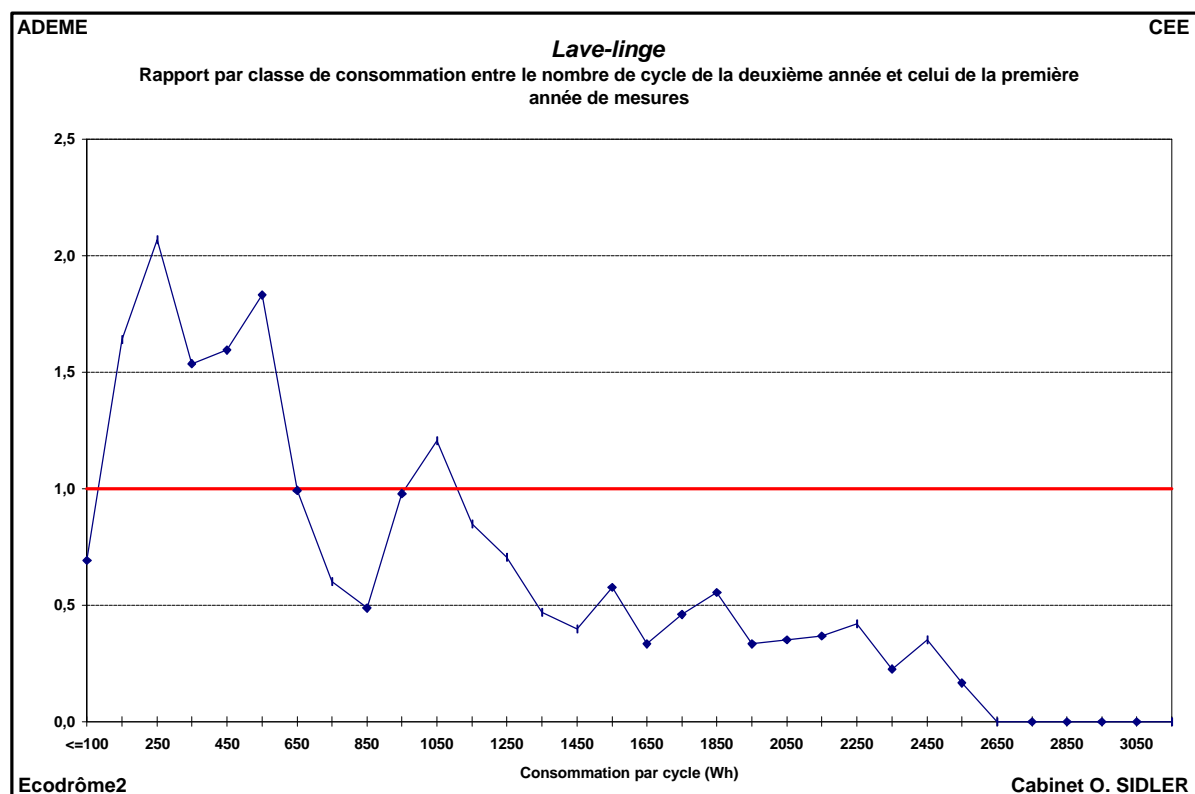


Figure 7.6 : rapport du nombre de cycles par classe énergétique entre la seconde et la première année pour les lave-linge

On voit parfaitement l'effet de la réduction de consommation puisque dans toutes les classes énergétiques les plus faibles c'est en seconde année que l'on compte le plus de cycles, alors que dans les classes les plus élevées, c'est au contraire en première année que l'on compte le plus de cycles. L'inversion s'opère à partir de la classe 650 Wh/cycle.

7-1-5 Variations mensuelles de la charge horaire des lave-linge

7.1.5.1 Analyse de la première année (appareils existants)

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine des figures de ce § se trouvent en annexe 2.

La figure 7.7 représente les variations mensuelles de la charge horaire des lave-linge existants (première année).

On observe que :

- quelle que soit la période de l'année, le lave-linge est un appareil essentiellement utilisé en matinée, plus précisément entre 8 et 11h. Son usage peut commencer dès 6h du matin,
- il existe d'importantes variations de consommation sur une même heure au cours de l'année, mais cela ne modifie pas l'allure générale de la charge journalière,
- en hiver on lave plutôt le linge dans l'intervalle 6h / 16h, alors qu'en été le lavage se décale majoritairement vers l'intervalle 16h / 23h, même si la tranche 8/13h reste la tranche dominante,

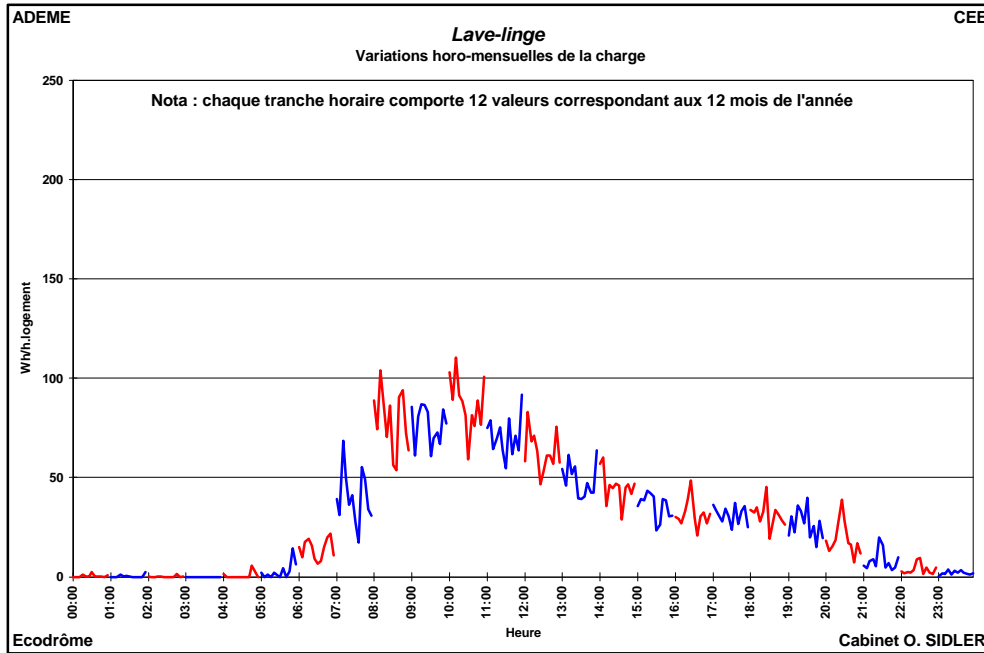


Figure 7.7 : variations mensuelles de la charge horaire des lave-linge la première année

■ l’usage du lave-linge au cours de l’année décroît régulièrement après onze heures du matin jusqu’à minuit, mais présente néanmoins une toute petite pointe secondaire entre 17 et 20h, pointe à peine perceptible sauf en été.

■ la pointe spécifique de consommation des lave-linge se situe toujours, quel que soit le mois de l’année, entre 8 et 11h,

La figure 7.8 représente les variations horo-mensuelles de la contribution des lave-linge à la charge globale, vue du réseau (il s’agit bien sûr de la charge des usages spécifiques de l’électricité).

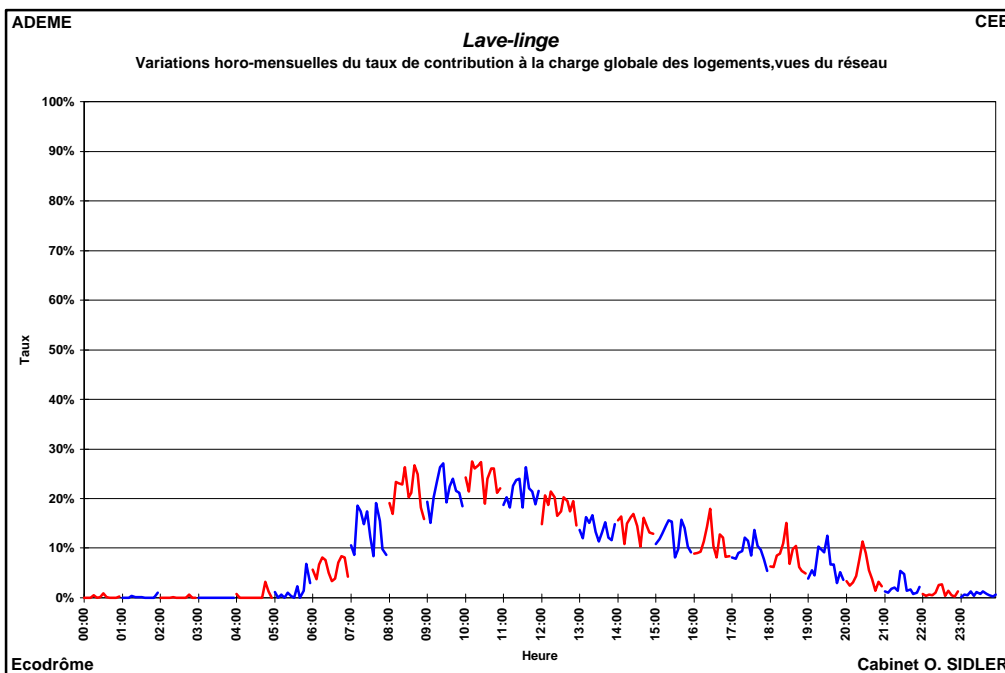


Figure 7.8 : variations horo-mensuelles de la contribution des lave-linge à la charge globale Appareils existants - première année

On constate que les lave-linge ont un poids important dans la charge globale des usages spécifiques en matinée. Leur contribution peut atteindre alors près de 30% (en été) et 25 % (en hiver). Ils ont donc un rôle non négligeable dans la pointe nationale de 11h. Leur usage plus abondant l'été en après-midi laisse penser qu'il devrait être possible de mieux répartir leur utilisation en hiver par un rééquilibrage de la matinée au profit de l'après-midi. Mais il reste posé, comme on le verra plus loin, le problème du sèche-linge utilisé en aval du lave-linge, donc à des moments qui sont pour l'instant assez défavorables pour le réseau.

7.1.5.2 Analyse de la seconde année (appareils performants)

La figure 7.9 représente le rapport des variations horo-mensuelles de la charge entre la seconde et la première année pour les lave-linge.

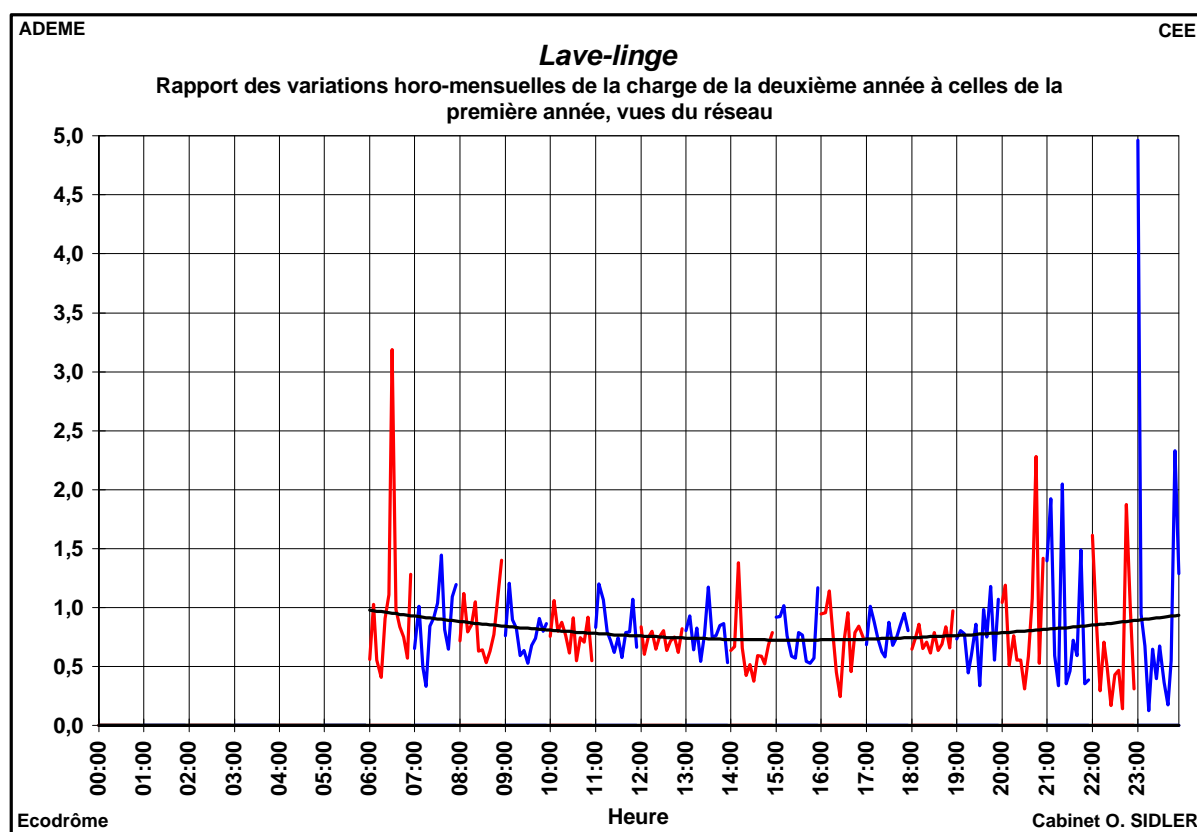


Figure 7.9 : rapport des variations horo-mensuelles de la charge des lave-linge de la seconde année à la première

On constate que les lave-linge performants ont un effet plus limité que les appareils de froid ou l'éclairage sur la réduction de la charge. Leur impact n'est guère que de 25 à 30 %, comme la réduction de consommation constatée. L'effet le plus important se produit plutôt en cours de journée que le soir ou le matin. Toutes les tendances observées la première année et décrites dans le § précédent sont confirmées ici.

La figure 7.10 représente le rapport des taux de contribution des lave-linge à la charge globale, vue du réseau, de la seconde année à la première année.

Comme les lave-linge apportent une moindre contribution que le froid ou l'éclairage à la réduction des consommations la seconde année, il était prévisible, qu'en valeur relative, leur contribution à la charge globale soit plus importante la seconde année que la première. C'est ce que

montre clairement la figure 7.10 : seules certaines périodes sont plus favorables la seconde année que la première, notamment en soirée et de mars à septembre. Tout le reste du temps le poids relatif des lave-linge est plus important en seconde année qu'en première.

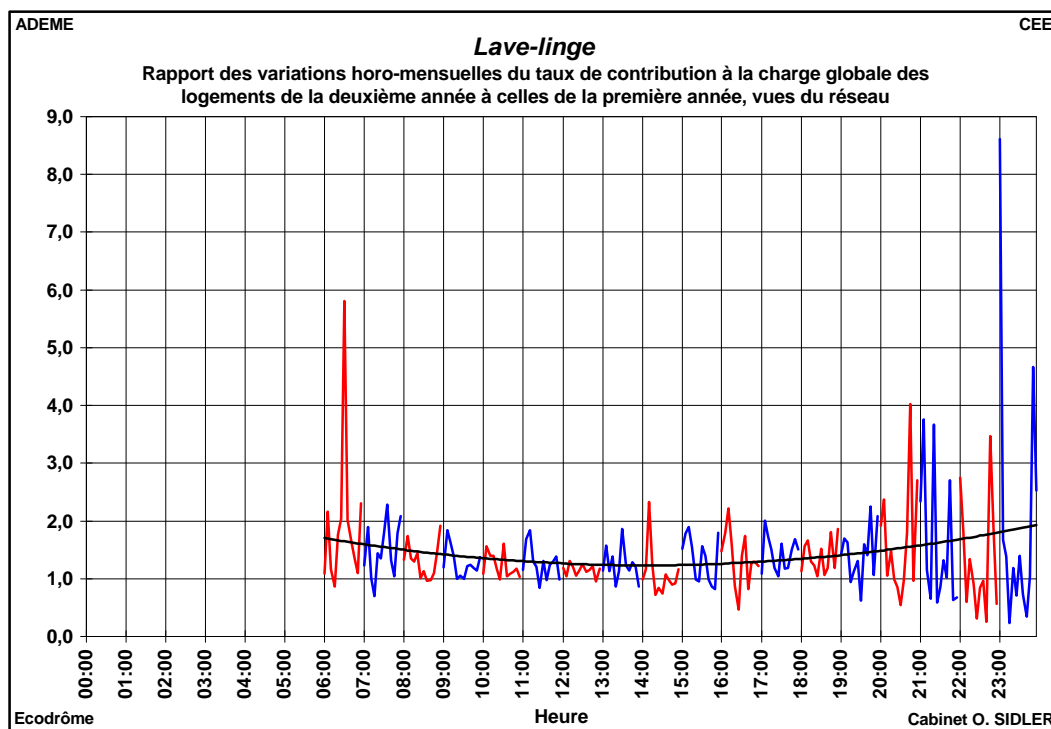


Figure 7.10 : variation du rapport du taux de contribution des lave-linge à la charge globale (seconde année/première année)

Pour améliorer de façon significative les performances des lave-linge on devra désormais se diriger dans deux directions :

- développer l'alimentation en eau chaude des machines, ce qui permettrait non pas une économie d'énergie mais une substitution au profit soit de sources moins coûteuses que l'électricité, soit de sources présentant un intérêt stratégique d'un point de vue national, soit encore et surtout de sources renouvelables,
- développer les cycles de lavage à froid, ce qui suppose la mise au point de produits lessiviels adaptés, à condition que ceux-ci n'absorbent pas, lors de leur élaboration, plus d'énergie qu'ils n'en feront économiser.

7-1-6 Saisonnalités comparées de la consommation

La figure 7.11 représente la variation saisonnière des consommations pour les lave-linge la première année (appareils existants).

Afin de corriger l'effet des vacances, les périodes d'absence des locataires ont été retirées lors du calcul de la consommation journalière pour un mois donné. La courbe proposée ici est donc parfaitement neutre vis à vis des vacances.

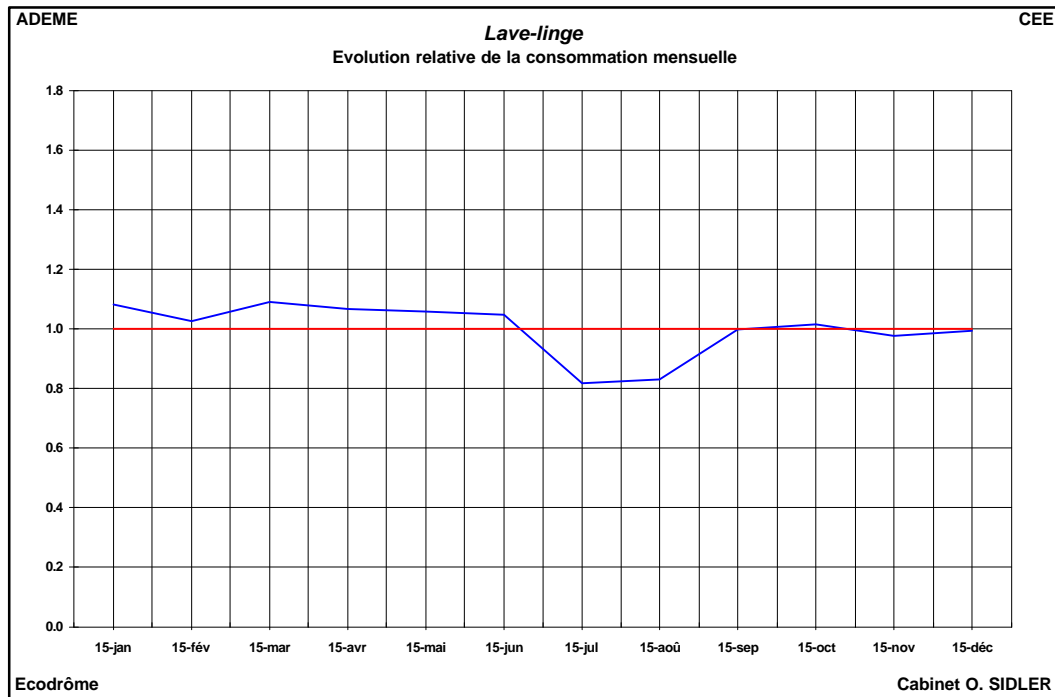


Figure 7.11 : saisonnalité de la consommation des lave-linge la première année (valeurs numériques en annexe 2).

On observe une relative stabilité de la consommation au cours de l'année, avec néanmoins des valeurs supérieures à la moyenne annuelle pendant le premier semestre, et plutôt inférieures au second. Malgré la correction évoquée, on note un infléchissement en juillet et août qu'il est difficile de croire complètement indépendant des vacances. Or le critère de détection de présence dans un logement est double : un test est effectué sur le poste éclairage et un second sur la TV. Dans ces conditions, il est peu probable de s'être trompé sur la présence ou non des familles. En revanche il est possible que certaines de ces familles, bien que présentes, soient de taille réduite en cette période.

Une analyse fine de la saisonnalité des cycles et des fréquences d'usage des appareils a permis de conclure que :

- le phénomène observé en juillet août est bien dû aux vacances, mais conjugué avec une baisse de fréquence de l'usage (familles moins nombreuses),
- la consommation spécifique des cycles est très peu saisonnière ce qui est surprenant *a priori*, mais s'explique si l'on sait que la majorité des lave-linge sont de type « chronométrique », c'est à dire que la sélection d'un cycle fixe la durée de fonctionnement de la résistance chauffante, quelle que soit la température d'eau froide à l'entrée,
- seul l'usage des cycles à 90°C est saisonnier, avec une fréquence maximum de décembre à juillet, et minimum d'août à novembre.

La figure 7.12 représente la saisonnalité de la consommation des appareils performants durant la seconde année.

On constate cette fois une saisonnalité très prononcée et surtout très régulière, évoquant un phénomène continu. Compte tenu de la relativement faible saisonnalité des fréquences d'usage, le phénomène observé s'explique par la saisonnalité de la consommation spécifique des cycles, elle-même induite par la capacité des nouveaux lave-linge à adapter le chauffage de l'eau en fonction de sa température initiale. Ceci est fait très simplement grâce à une sonde de température.

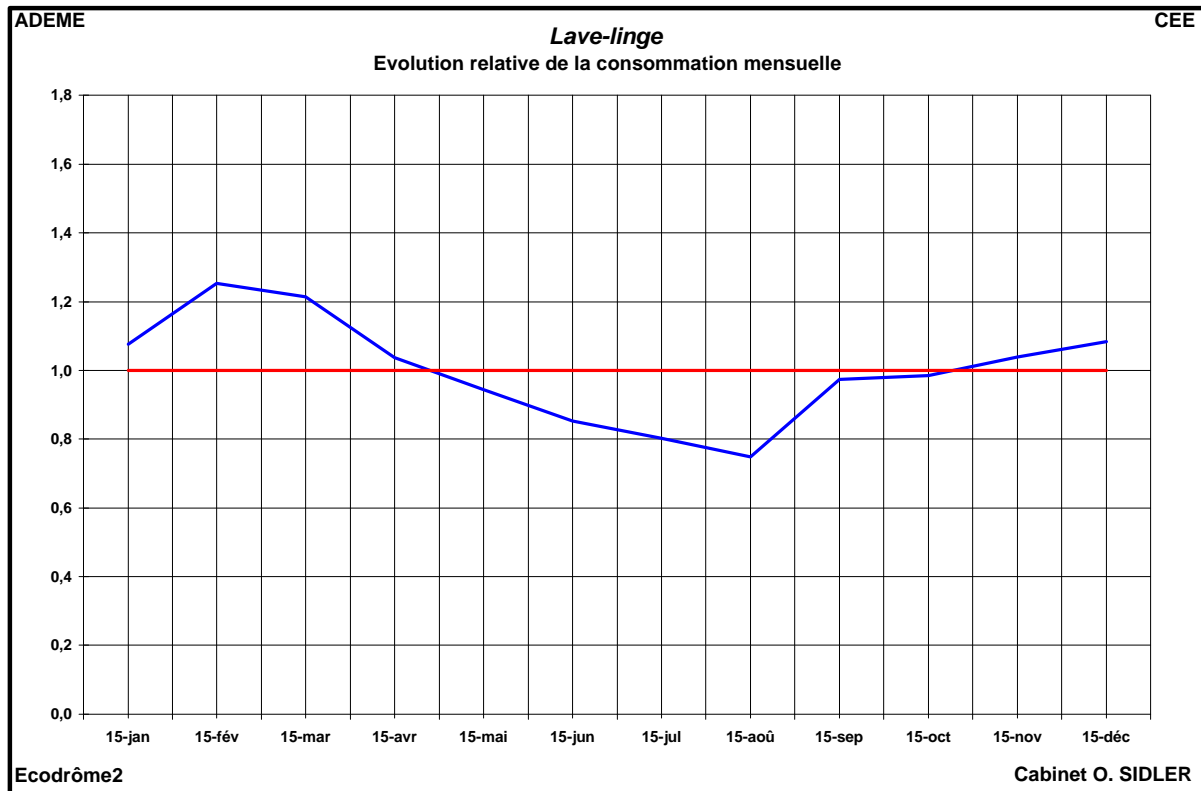


Figure 7.12 : saisonnalité de la consommation des lave-linge la seconde année (valeurs numériques en annexe 3)

Mais ce faisant, il est très intéressant de noter que les lave-linge performants réduisent les consommations d'électricité de deux manières :

- en réduisant les volumes d'eau nécessaires aux cycles de lavage,
- en étant capable de s'adapter aux variations de la température d'eau froide à l'entrée des machines, ce qui permet durant les mois allant de mai à septembre, une seconde source d'économie d'énergie.

7-1-7 Consommation de veille des lave-linge performants

L'analyse des puissances appelées a aussi permis de découvrir une spécificité des nouveaux lave-linge. Il s'agit d'une puissance continue de 12 W observée fréquemment dans certains logements, mais pas dans d'autres. Après enquête il s'est avéré que cette puissance était celle consommée par la commande de démarrage qui permet un départ différé jusqu'à 9h. Perversité des alimentations électroniques d'aujourd'hui qui règlent un problème mais en génèrent un autre...

L'impact de cette « veille » dépend évidemment de l'usage qui est fait de la commande différée. La figure 7.13 représente pour chaque logement la part de la consommation de cette veille dans la consommation annuelle de l'appareil.

On constate que cette part peut atteindre 5%. C'est à la fois peu et beaucoup. Peu si l'on songe que cela représente 10 kWh/an, mais beaucoup (près de 15%) si l'on réfère cela à l'économie induite par les lave-linge performants : 69 kWh/an.

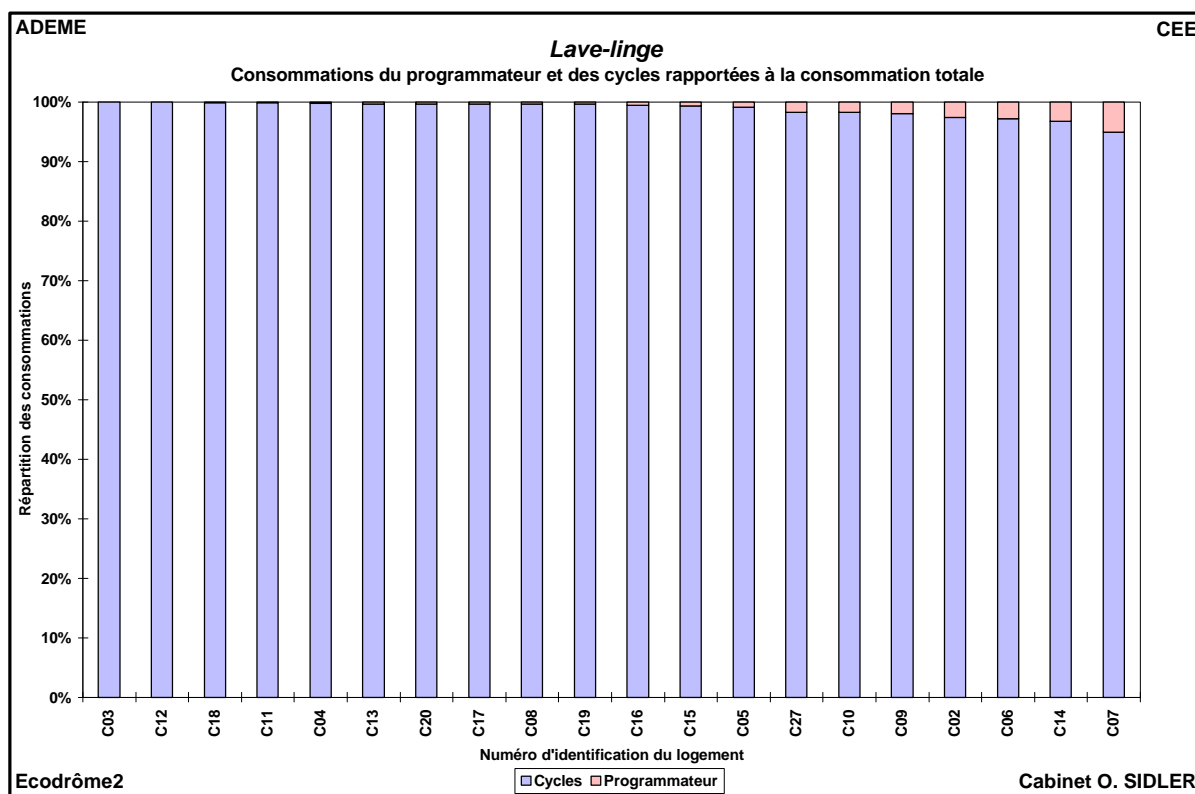


Figure 7.13 : part de la consommation de la commande différée dans la consommation annuelle des lave-linge

Recommandation aux fabricants : il est important dans la conception d'appareils performants de faire en sorte que toutes les consommations parasites, telles les consommations de veille dues aux alimentations électroniques continues, soient supprimées, car elles obèrent de façon significative une partie de la performance et des gains acquis par ailleurs.

7-1-8 Caractéristiques générales des cycles des appareils performants

L'analyse complète et détaillée des cycles des lave-linge classiques a été présentée dans deux rapports précédents concernant d'autres opérations de mesures (projet Ciel, contrat SAVE n° 4.1031/93/058), nous n'y reviendrons donc pas.

L'analyse des cycles des lave-linge performants n'a pas pu être faite de la même manière car les températures de lavage étaient réglables par les usagers. Dès lors, les algorithmes mis en place devenaient inutilisables et l'identification des différents cycles impossible.

Mais durant un mois (en juin) les usagers ont rempli une fiche sur laquelle ils portaient lors de chaque lessive la nature du cycle et du textile lavé. Ceci a permis une identification très précise des consommations de chaque type de cycle, mais malheureusement pendant un mois seulement, ce qui interdisait une généralisation au reste de l'année.

La figure 7.14 représente la consommation des différents cycles en fonction de la température choisie par l'utilisateur. Près de quatre cents cycles ont été analysés.

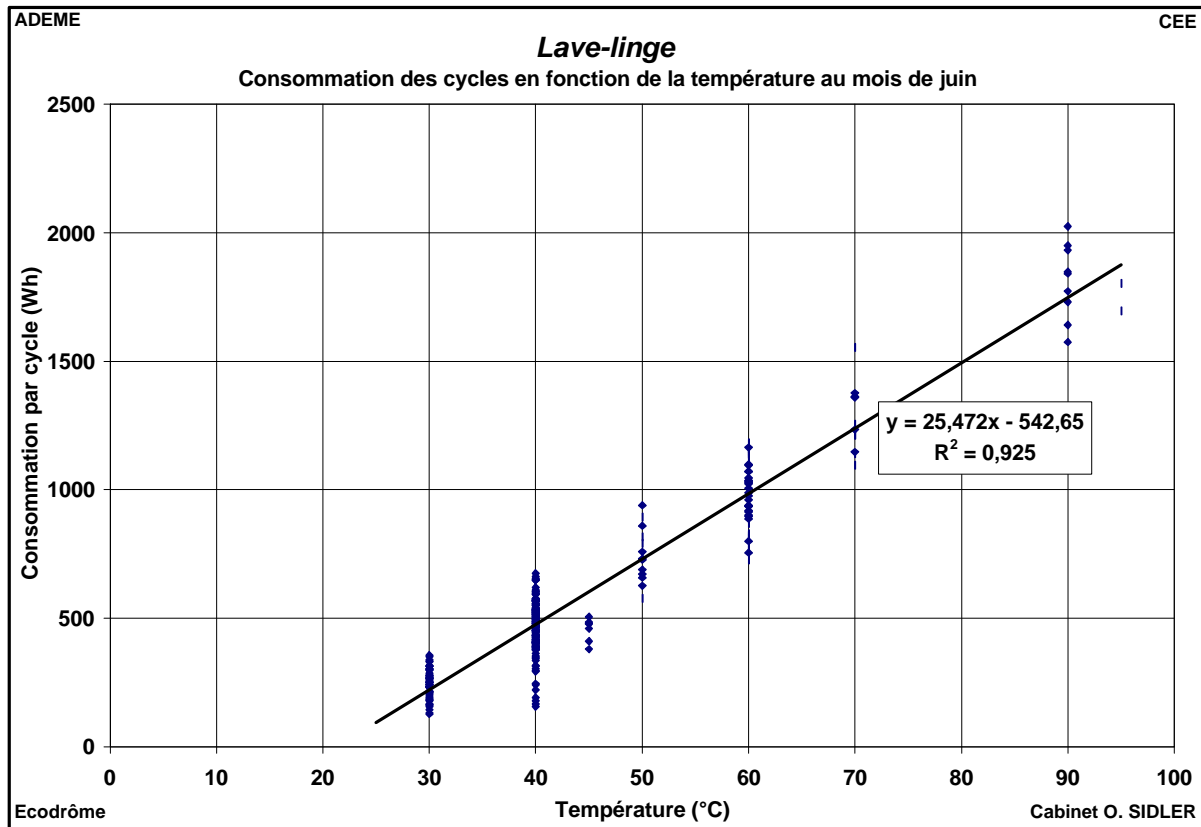


Figure 7.14 : consommation des lave-linge performants en fonction de la température des cycles, au mois de juin

Plusieurs observations sont intéressantes sur ce graphique :

- il existe une grande dispersion des consommations unitaires de certains cycles (40°C ou 60°C) alors que les conditions d'alimentation de l'eau froide sont très stables. Ainsi la consommation des cycles à 40°C, pour un même modèle de machine, peut-elle varier de 150 Wh à 680 Wh, soit dans un rapport de 1 à 4.5. Pour les cycles à 60°C, la consommation peut varier de 725 Wh/cycle à 1.200 Wh/cycle. L'explication de ce phénomène réside probablement dans les différences de textile et dans la présence d'une électronique sophistiquée qui permet de choisir le volume d'eau froide en fonction du poids de linge, de choisir le nombre de rinçages en fonction des besoins réels, etc,

- la variation intrinsèque de la consommation pour un type de cycle est sensiblement constante quel que soit le type de cycle : 530 Wh pour les cycles à 40°C, 475 Wh pour les cycles à 60°C, 450 Wh pour les cycles à 90°C,

- la consommation moyenne d'un cycle à 60°C est légèrement inférieure à 1.000 Wh (au mois de juin), ce qui est en accord avec les informations du constructeur (1100 Wh),

- bien que l'utilisateur puisse choisir la température des cycles (par exemple 43°C), on constate qu'il utilise très majoritairement (à plus de 96%) les températures classiques (30, 40, 60, 90°C).

La droite de régression fixant la consommation des cycles en fonction de leur température au mois de juin s'écrit :

$$E = 25,472 \cdot T - 543 \quad (\text{Wh})$$

où T est la température du cycle.

Cette loi permet de donner une nouvelle grille des rapports de consommation entre cycles de différentes températures (une grille pour les appareils traditionnels a été fournie dans le rapport cité plus haut) :

| | 30 °C | 40 °C | 60 °C | 90 °C |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30 °C | 1 | | | |
| 40 °C | 0,464 | 1 | | |
| 60 °C | 0,224 | 0,483 | 1 | |
| 90 °C | 0,126 | 0,272 | 0,563 | 1 |

Figure 7.15 : valeurs relatives des consommations entre les différents cycles d'un lave-linge performant (au mois de juin)

7 - 2 LES LAVE-VAISSELLE

7-2-1 Les principes à la base des changements de matériel

La comparaison des lave-vaisselle performants et ordinaires a partiellement échoué dans le projet *Ecodrôme* car le fournisseur de matériel ne disposait pas en réalité de matériel aussi performant qu'il l'imaginait, en tout cas pour les modèles qui ont été fournis. Les appareils « performants » ont donc généré très peu d'économie par rapport à ceux qui étaient en place auparavant. Au-delà de la mésaventure, qui illustre encore une fois les aléas de l'expérimentation in situ, ceci tend à démontrer qu'il y a un tassement certain des performances des lave-vaisselle et que beaucoup d'appareils en vente aujourd'hui présentent des performances assez similaires. Il est vrai que, hormis la réduction des volumes d'eau utilisés, les fabricants disposent de peu de moyens pour abaisser les consommations traditionnelles. Il est probable que la réduction des consommations d'électricité passera d'abord par une substitution d'énergie et l'alimentation des appareils directement en eau chaude, ce que la plupart d'entre eux acceptent d'ores et déjà. Des progrès sont aussi attendus de l'abaissement des températures.

Les mesures effectuées ont néanmoins permis d'analyser certaines caractéristiques spécifiques des lave-vaisselle.

7-2-2 Consommations annuelles comparées

La figure 7.16 montre que l'économie annuelle sur les lave-vaisselle a été de ...18 kWh/an. La consommation annuelle des appareils est passé de 290 kWh/an (appareils traditionnels) à **272 kWh/an** (appareils performants). Ce résultat n'a pas été acquis sans mal puisque certains appareils dits performants ont consommé plus que ceux qui étaient là (logements 10 et 14).

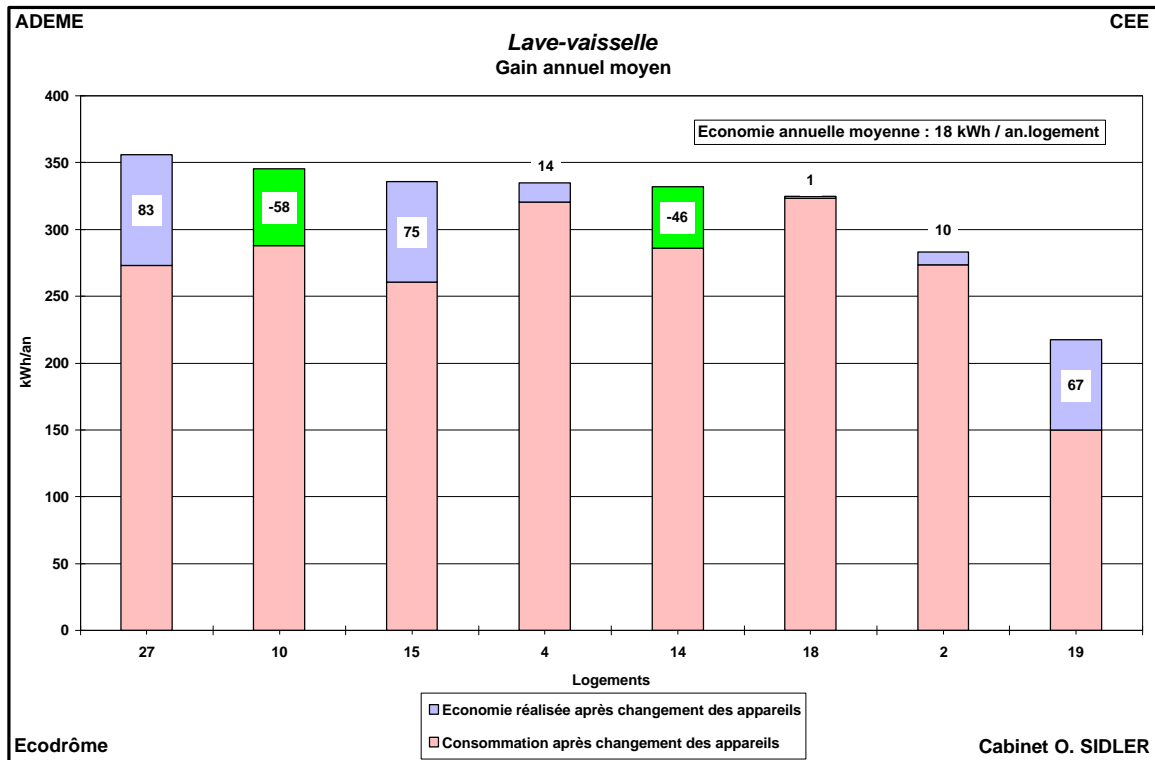


Figure 7.16 : économie de consommation des lave-vaisselle entre la première et la seconde année

Le facteur moyen de réduction de la consommation initiale est de 1.10 comme l'indique la figure 7.17 :

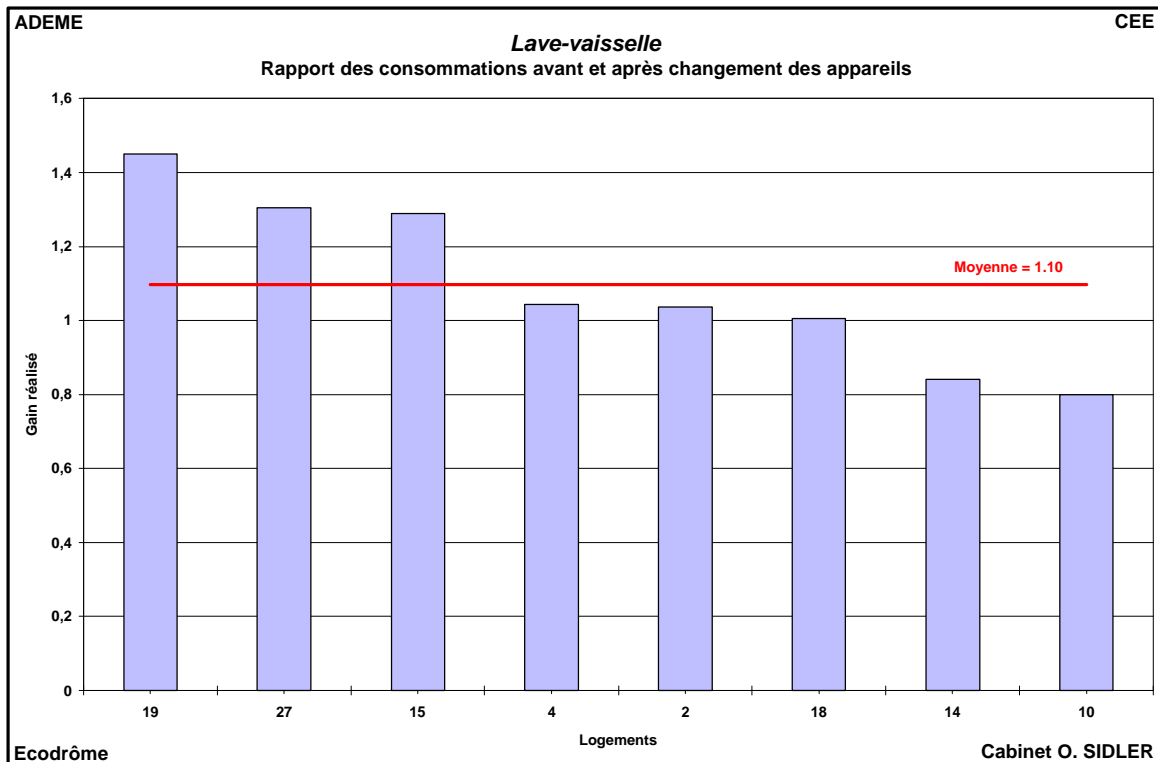


Figure 7.17 : rapport des consommations avant et après changement des lave-vaisselle

7-2-3 Saisonnalité des consommations

La taille de l'échantillon utilisé pour cette étude est faible : 8 appareils. Cela rendra les résultats moins fiables, et donnera parfois des formes un peu erratiques aux courbes trouvées.

7.2.3.1 Saisonnalité des consommations journalières

La figure 7.18 représente la variation saisonnière de la consommation journalière moyenne des lave-vaisselle, après correction pour éliminer les périodes de vacances.

On observe deux choses :

- une chute de consommation au moment des vacances en juillet/août, bien que l'on ait éliminé les appareils non utilisés à cette période,
- une consommation relative un peu plus importante durant le premier semestre que dans le second.

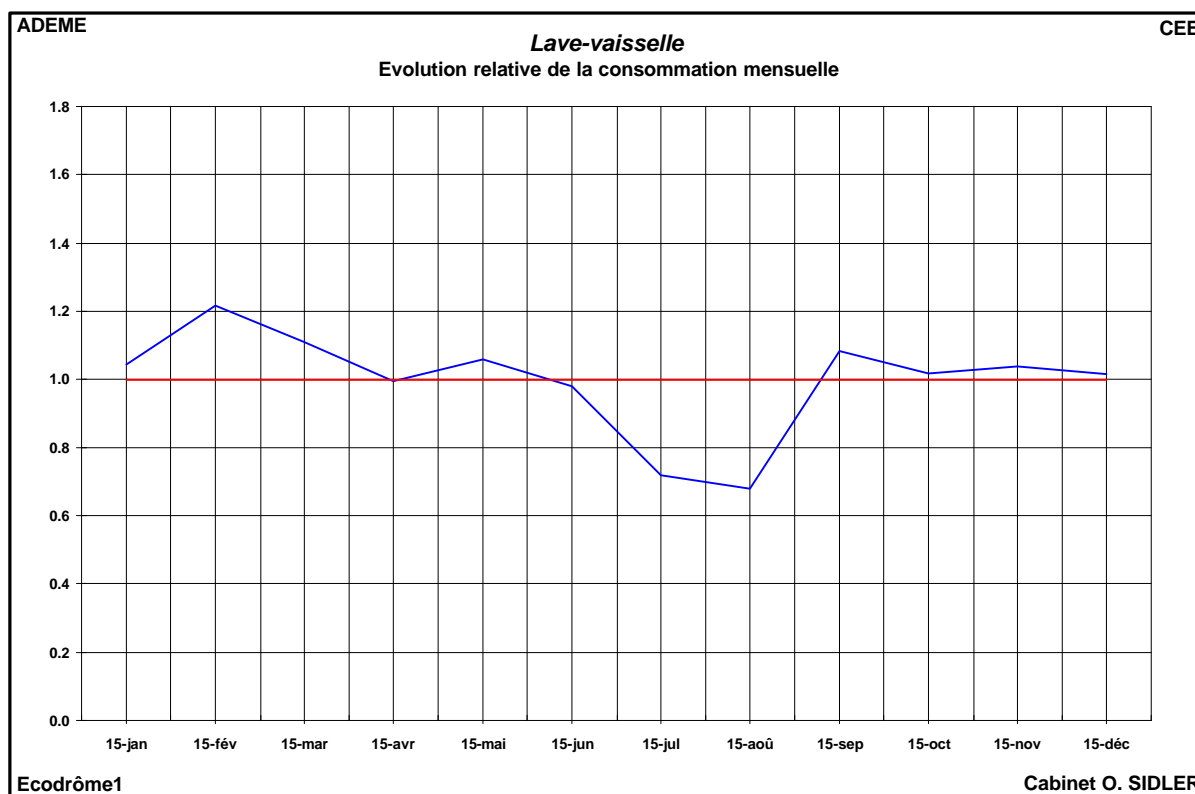


Figure 7.18 : saisonnalité de la consommation des lave-vaisselle (première année)

7.2.3.2 Saisonnalité de la consommation spécifique des cycles

L'examen des histogrammes de consommation des lave-vaisselle dans chaque logement montre qu'au cours de l'année les locataires ne changent jamais de programme de lavage (ou alors n'en ont-ils qu'un). C'est la raison pour laquelle on étudiera la consommation spécifique des lave-vaisselle en supposant qu'il n'existe qu'un type de cycle.

La figure 7.19 fait apparaître une très forte saisonnalité de la consommation spécifique des lave-vaisselle au cours de l'année.

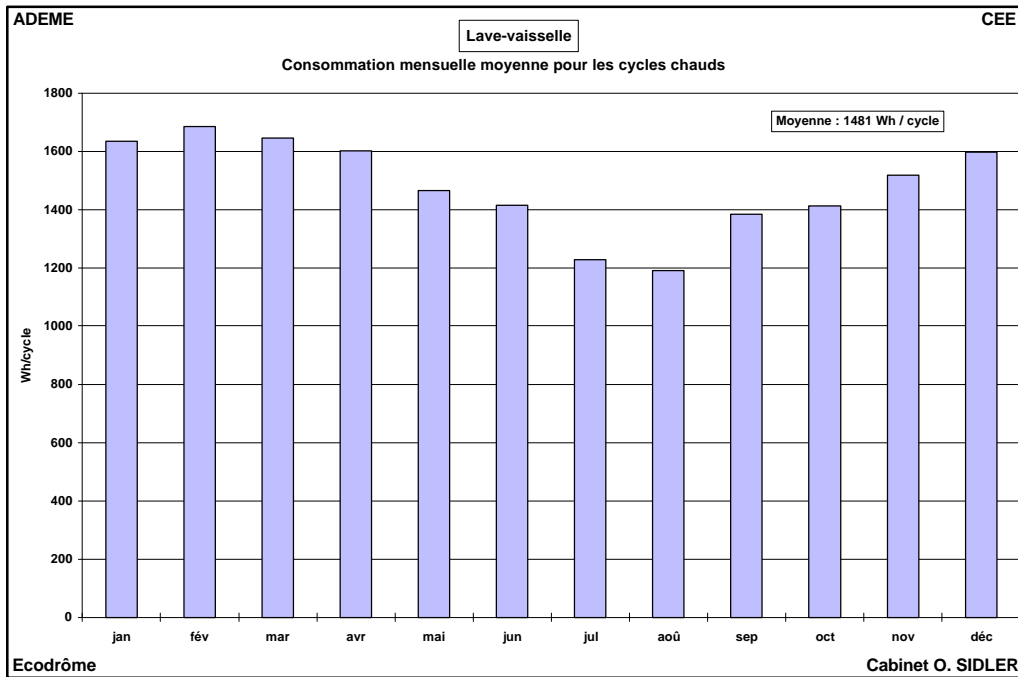


Figure 7.19 : variations saisonnières de la consommation des cycles de lave-vaisselle.

Cette saisonnalité est évidemment due à la variation de la température de l'eau froide alimentant les appareils. L'absence d'incertitude sur la discrimination des cycles comme pour les lave-linge permet d'obtenir pour les lave-vaisselle des résultats conformes à la réalité.

On note que la variation de consommation entre hiver et été est de 30%.

La figure 7.20 représente la distribution comparée de la consommation des cycles de lave-vaisselle en janvier et en juin.

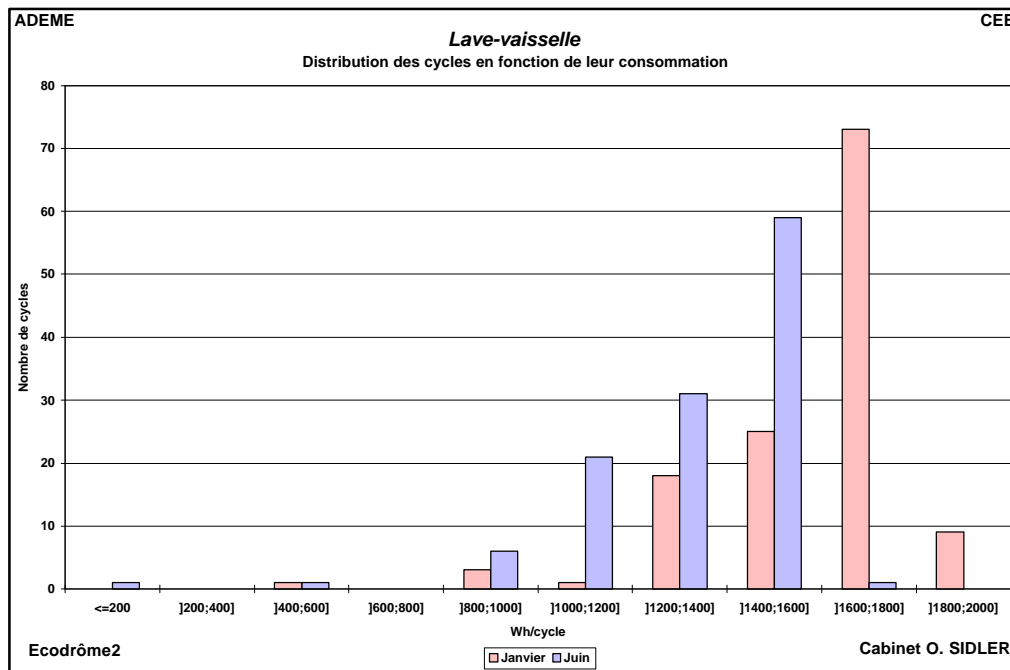


Figure 7.20 : distributions comparées de la consommation des cycles de lave-vaisselle en janvier et en juin

On voit de façon très claire que la consommation spécifique des cycles diminue d'une classe (soit environ 200 Wh/cycle) entre l'hiver et l'été. On note aussi que 50.0 % des cycles ont en juin une consommation inférieure ou égale à 1400 Wh, contre 18.0 % en janvier, et que cette proportion est de 99.2 % pour les consommations inférieures ou égales à 1.600 Wh, contre 37.2% en janvier. Le caractère très saisonnier de la consommation unitaire des cycles est ainsi confirmé. Compte tenu de l'allure des distributions, il est très probable que cette baisse de consommation n'est pas due au recours à des programmes moins consommateurs mais bien aux variations de la température d'eau froide à l'entrée des appareils.

7.2.3.3 Saisonnalité de la fréquence d'utilisation des cycles

La figure 7.21 fait apparaître des variations peu régulières du nombre de cycles hebdomadaires. Ceci est dû à la faiblesse de l'échantillon. On notera néanmoins que juillet et août apparaissent comme deux mois pour lesquels la fréquence d'utilisation est un peu en baisse par rapport à la moyenne annuelle.

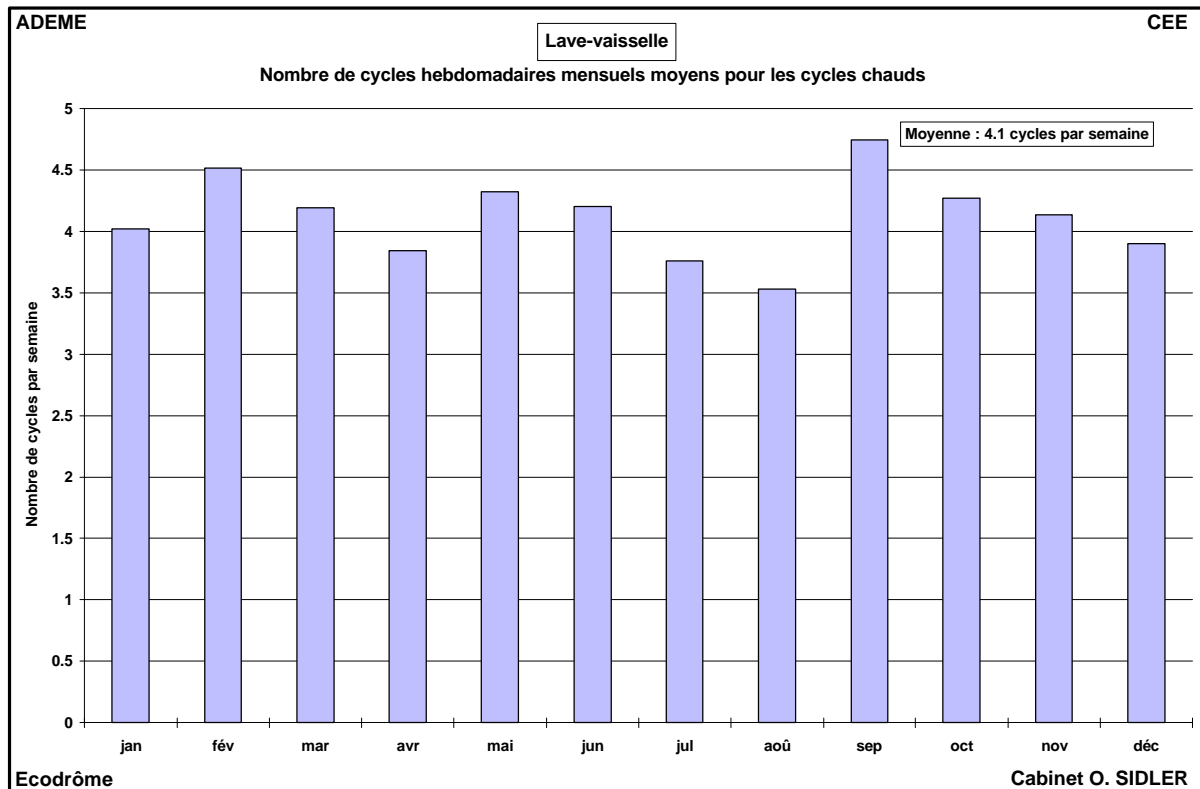


Figure 7.21 : variations saisonnières du nombre de cycles hebdomadaires pour les lave-vaisselle.

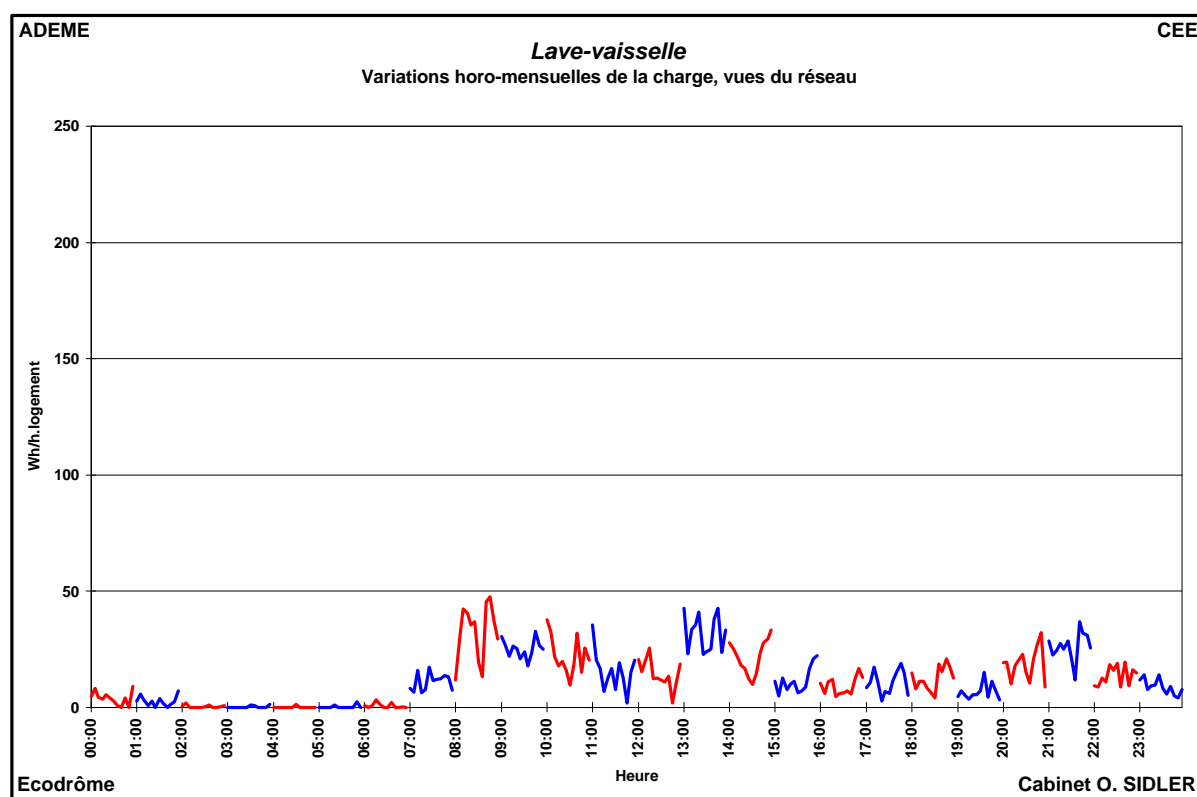
L'analyse des variations saisonnières de la consommation spécifique et de la fréquence des cycles permet d'expliquer la saisonnalité des lave-vaisselle (voir figures 7.19 et 7.20). La principale cause de la saisonnalité est la variation de la consommation spécifique due à la variation de la température d'eau froide alimentant les appareils. La cause secondaire, mais qui ne peut pas être généralisée et n'explique que les singularités du panel étudié, est la variation du nombre de cycles hebdomadaires due ici à la petite taille de l'échantillon.

7-2-4 Variations mensuelles de la charge horaire des lave-vaisselle

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine des figures de ce § se trouvent en annexes 2 (appareils existants) ou 3 (appareils performants).

La figure 5.22 représente les variations horo-mensuelles de la charge des lave-vaisselle (avec les valeurs mesurées en seconde année pour les appareils un peu plus performants). Elle permet de voir que la pointe spécifique des lave-vaisselle se situe au cours de l'année essentiellement entre 8 et 9h et entre 13 et 14h.

Le lave-vaisselle est surtout utilisé après les repas, ce dont on pouvait se douter, mais à la différence du lave-linge, et bien qu'aucun des logements suivis ne possède le double tarif, on constate qu'il est aussi utilisé jusqu'à 2h du matin, il est vrai surtout en été.



*Figure 5.22 : variations horo-mensuelles de la charge des lave-vaisselle (seconde année)
(valeurs numériques en annexe 3)*

La figure 5.23 représente la variation de la contribution du lave-vaisselle à la charge globale, vue du réseau, la première année (appareils existants). Du fait de son taux de pénétration encore réduit (40% dans l'échantillon, soit un peu plus que les 32 % de la moyenne nationale), le poids du lave-vaisselle dans la charge globale est assez limité n'atteignant jamais 15% et se situant en moyenne autour de 5%.

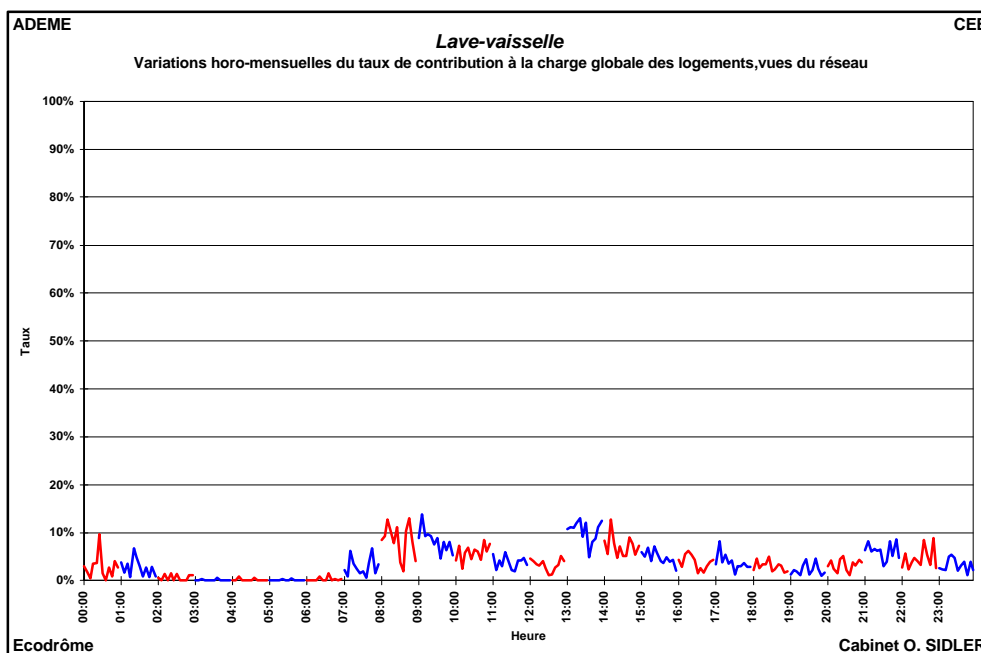


Figure 5.23 : variations horo-mensuelles de la contribution des lave-vaisselle dans la charge globale, la première année

Dans l'état d'équipement actuel des ménages, le lave-vaisselle ne présente pas de problème critique du point de vue de la charge globale car il constitue un parc réduit et son utilisation est relativement dispersée tout au long de la journée, même s'il existe trois tranches horaires pendant lesquelles il est prioritairement utilisé.

La figure 7.24 représente la contribution des lave-vaisselle la seconde année, alors que les logements étaient équipés en appareils « performants ».

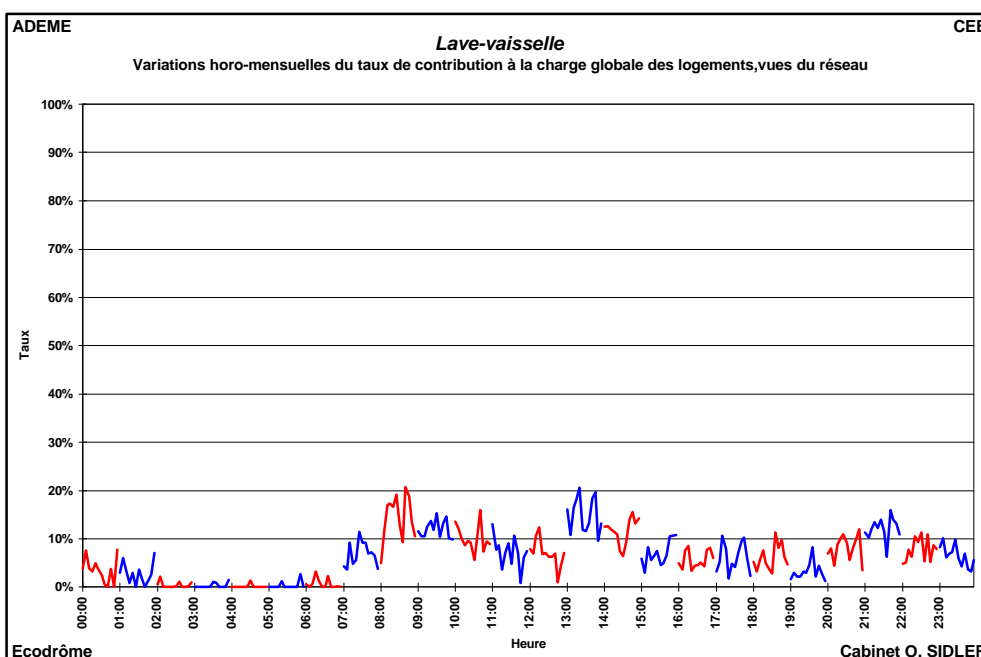


Figure 5.24 : variations horo-mensuelles de la contribution des lave-vaisselle dans la charge globale, la seconde année

On remarque seulement que, le lave-vaisselle n'étant pas un appareil ayant permis de grosses améliorations de consommations entre la première et la seconde année, sa contribution à la charge globale s'accroît sensiblement en seconde année puisqu'elle dépasse 20% à certains moments.

7 - 3 LES SECHE-LINGE

7-3-1 Les principes à la base des changements de matériel

A l'analyse des matériels en place il est apparu qu'il n'existait pas de sèche-linge performants sur le marché, hormis les appareils thermodynamiques qui n'étaient pas encore sur le marché à l'époque. On était ramené à des systèmes de résistances chauffant de l'air pulsé sur le linge, avec quelques améliorations concernant la détection de fin de cycle. C'est la seule amélioration que comportaient les appareils que nous avons mis en place.

Nous avons par ailleurs respecté les types de matériels existant chez les usagers : à condensation ou à évacuation.

Il est donc probable que la principale source d'économie des sèche-linge est due...à la présence de lave-linge à très haute vitesse d'essorage. Le linge étant moins humide, son séchage nécessite moins d'énergie.

7-3-2 Consommations annuelles comparées

La figure 7.25 montre que l'économie annuelle sur les sèche-linge a été de 52 kWh/an. Elle est passée de **373 kWh/an** (appareils traditionnels) à **321 kWh/an** (appareils performants).

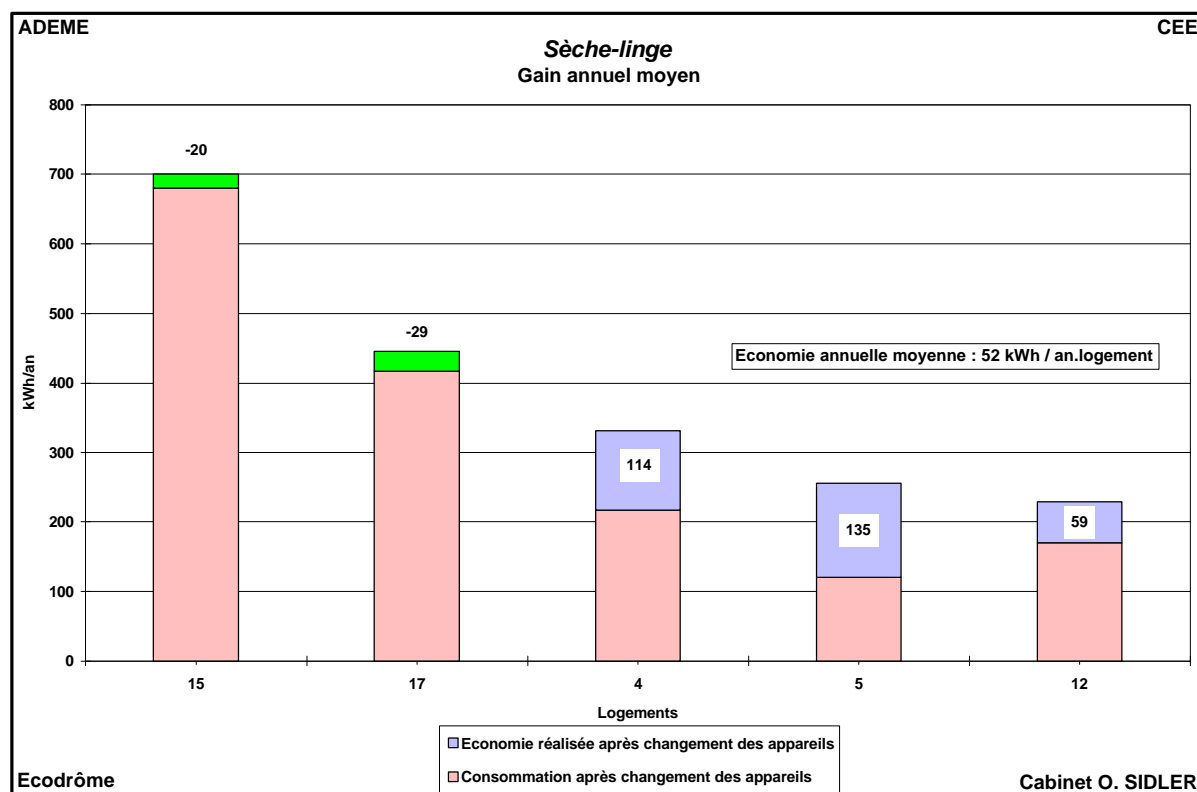


Figure 7.25 : économie de consommation des sèche-linge entre la première et la seconde année

Là aussi les résultats sont très contrastés, mais l'échantillon n'est pas très grand et invite à la prudence. Les logements les plus consommateurs n'ont pas fait d'économies la seconde année, alors que les logements à consommation modérée en ont fait de très sensibles. Ceci n'a pas d'explication très rationnelle. Il faudrait vérifier que le nombre de cycles ou que les conditions d'utilisation n'ont pas changé d'une année sur l'autre. Pour le logement 950015, la seconde année correspond à une reprise d'activité de la mère de famille. Etant plus souvent absente elle a eu beaucoup plus recours, selon ses dires, au séchage par machine.

Comme le montre la figure 7.26, le facteur moyen de réduction de consommation est de 1.38 pour les cinq appareils concernés, mais il a dépassé 2 dans un cas.

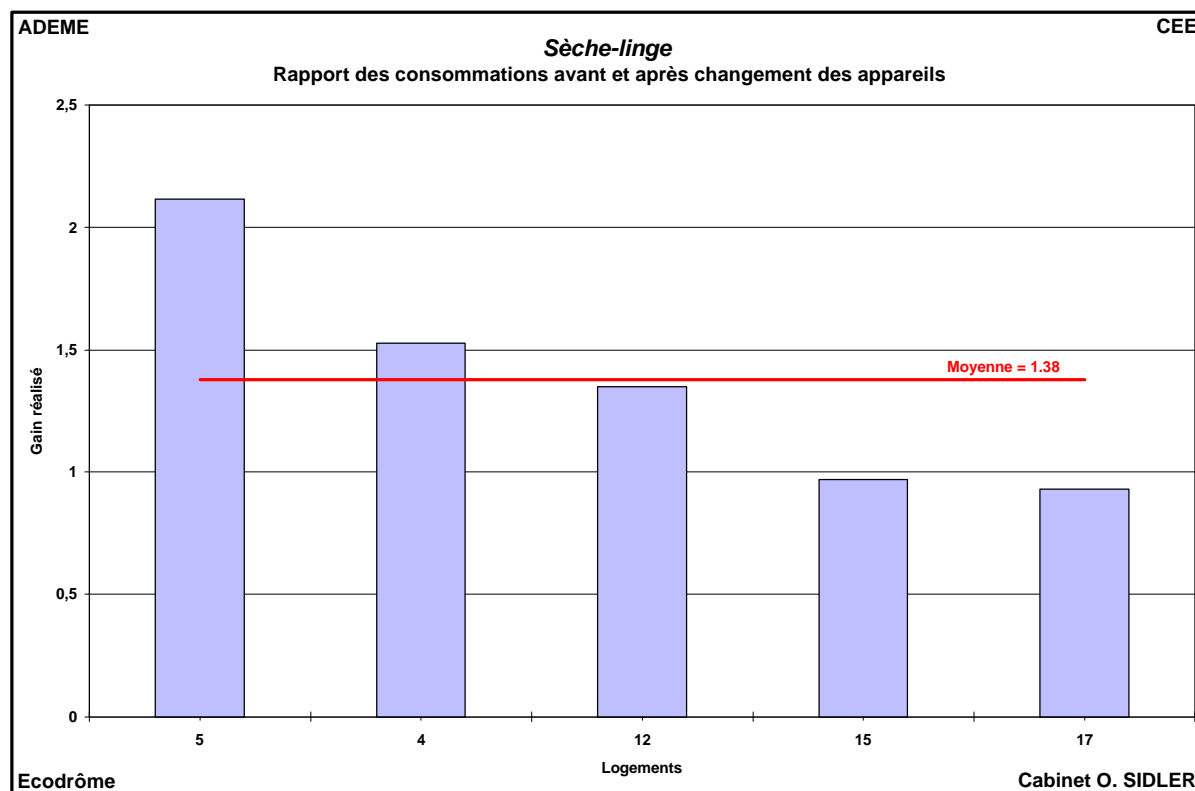


Figure 7.26 : rapport de la consommation des sèche-linge après et avant changement des matériels

7-3-3 Saisonnalité des consommations

7.3.3.1 Saisonnalité des consommations journalières

Le sèche-linge est un appareil à très forte saisonnalité de consommation. On s'en doutait mais la figure 7.27, établie pour les appareils existants (sur laquelle on a corrigé l'effet des vacances), le montre de façon très nette.

Il faut rappeler que les points de cette courbe sont obtenus en calculant chaque mois, pour chaque logement, le rapport de la consommation journalière du mois à la consommation journalière moyenne annuelle, puis en faisant la moyenne sur l'ensemble des logements des coefficients ainsi obtenus.

On observe des variations de consommation entre hiver et été qui sont dans un rapport de 1 à 12, ce qui fait du sèche-linge l'appareil présentant de très loin les plus fortes variations saisonnières. Cet appareil, gros consommateur d'électricité, fait appel au réseau

essentiellement en hiver, ce qui ne manquera pas assez rapidement de poser des problèmes de tous ordres comme on le verra plus loin.

Quelles sont les causes de cette saisonnalité ? La fréquence d'usage, la variation de la consommation spécifique des cycles ?

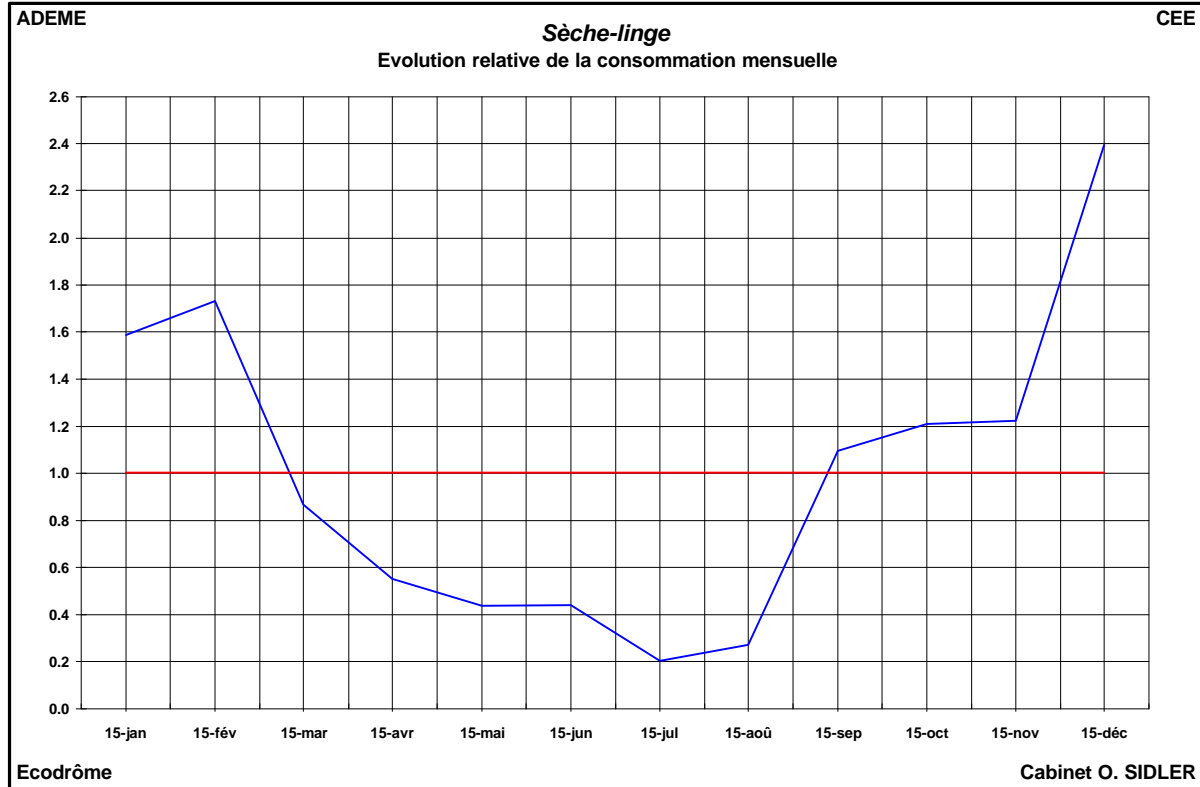


Figure 7.27 : saisonnalité de la consommation des sèche-linge

7.3.3.2 Saisonnalité de la consommation spécifique des cycles

La consommation spécifique des cycles de sèche-linge telle qu'elle apparaît sur la figure 7.28 est très saisonnière, avec un minimum en été.

La première cause des variations été/hiver de la consommation spécifique est évidemment liée aux caractéristiques de l'air extérieur. Si on suppose que les conditions extérieures sont :

- hiver : 5°C et une humidité absolue de 0,003 kg_{eau} / kg_{airsec}
- été : 22°C et « « « 0,012 kg_{eau} / kg_{airsec}

et que la température de l'air soufflé dans le sèche-linge est de 110°C, la variation été/hiver maximum de la consommation spécifique ne peut excéder 15%. Or on observe sur la figure 7.28 qu'elle atteint 56%. Il y a donc une seconde raison à la baisse de la consommation spécifique des cycles. Il est probable que la seconde explication tient dans la différence des textiles utilisés en hiver (plutôt du coton) et en été (plutôt des textiles synthétiques). Comme un kg de coton sec contient une fois lavé et essoré 30 % d'eau de plus qu'un kg de textiles synthétiques dans les mêmes conditions, il est probable qu'au moins les deux tiers des variations saisonnières s'expliquent par cette transformation du contenu des machines, le reste trouvant sa justification dans les caractéristiques de l'air plus favorables au séchage en été qu'en hiver. D'un point de vue anecdotique on ne peut pas non plus éliminer l'hypothèse qu'en hiver un certain nombre de pulls, fortement chargés d'eau, passent dans le sèche-linge et alourdissent encore le bilan...

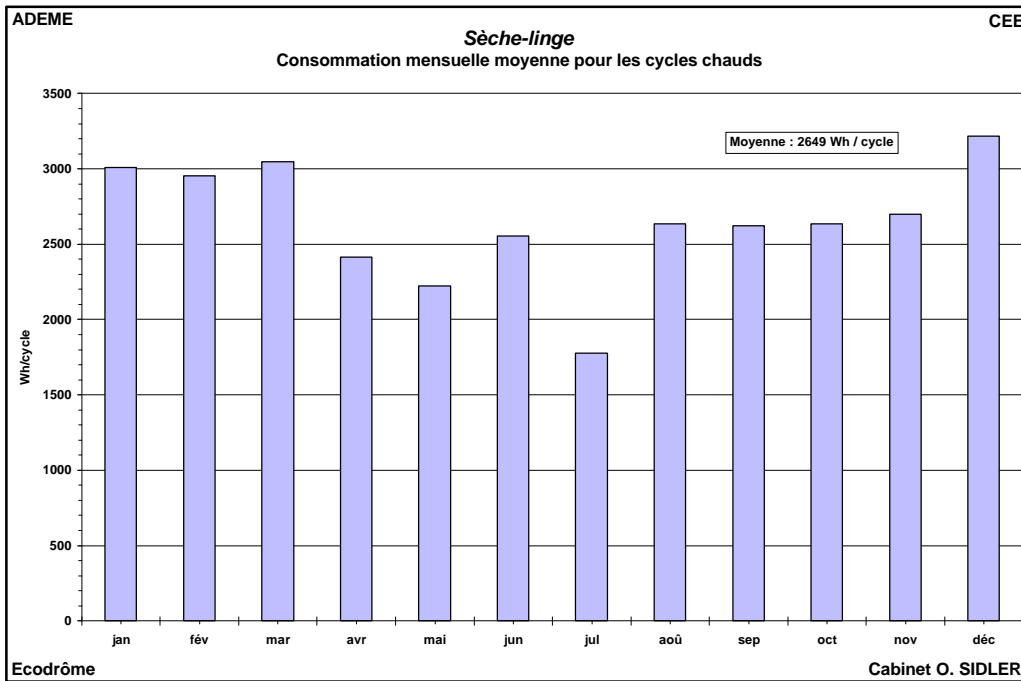


Figure 7.28 : variations saisonnières de la consommation des cycles de sèche-linge.

7.3.3.3 Saisonnalité de la fréquence d'utilisation des cycles

Le sèche-linge est un appareil qui est utilisé essentiellement pour palier l'absence de séchoir intérieur, notamment dans les logements sociaux où s'est déroulé *Ecodrôme*. Il était donc prévisible que les usagers, dès le printemps, recourent plus fréquemment au séchage naturel. C'est ce que met en évidence la courbe de la figure 7.29.

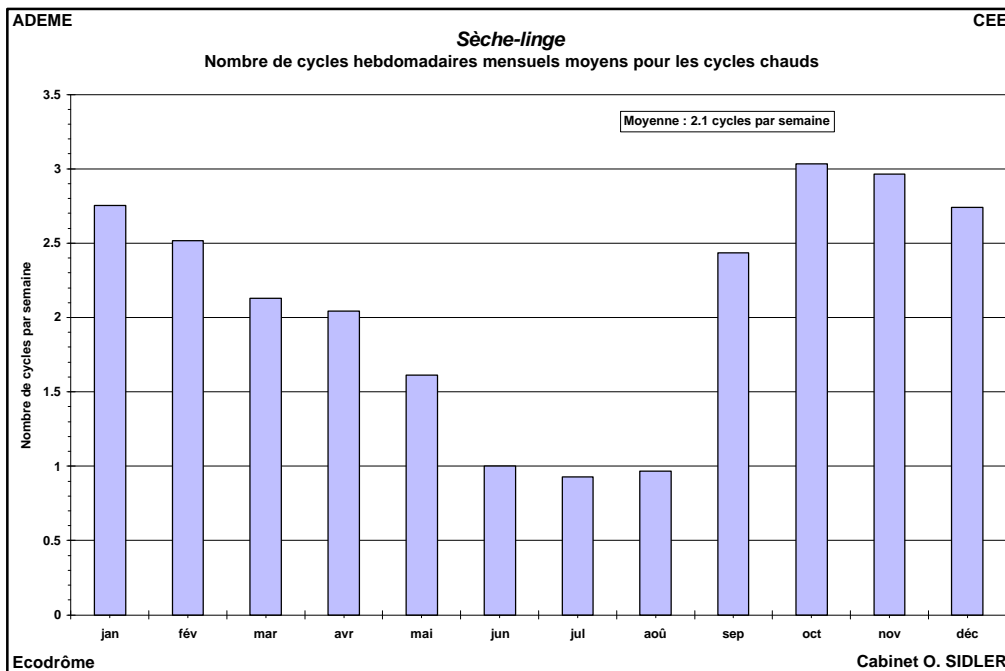


Figure 7.29 : variations saisonnières du nombre de cycles hebdomadaires pour les sèche-linge.

La fréquence d'utilisation des sèche-linge est divisée par trois entre l'hiver et l'été, passant en moyenne de trois à un cycle de séchage hebdomadaire.

Comme le nombre de lessives ne change pas beaucoup en cours d'année, il était intéressant de représenter (voir figure 7.30) la variation de la moyenne des rapports mensuels pour chaque famille, du nombre de cycles de séchage au nombre de cycles de lavage.

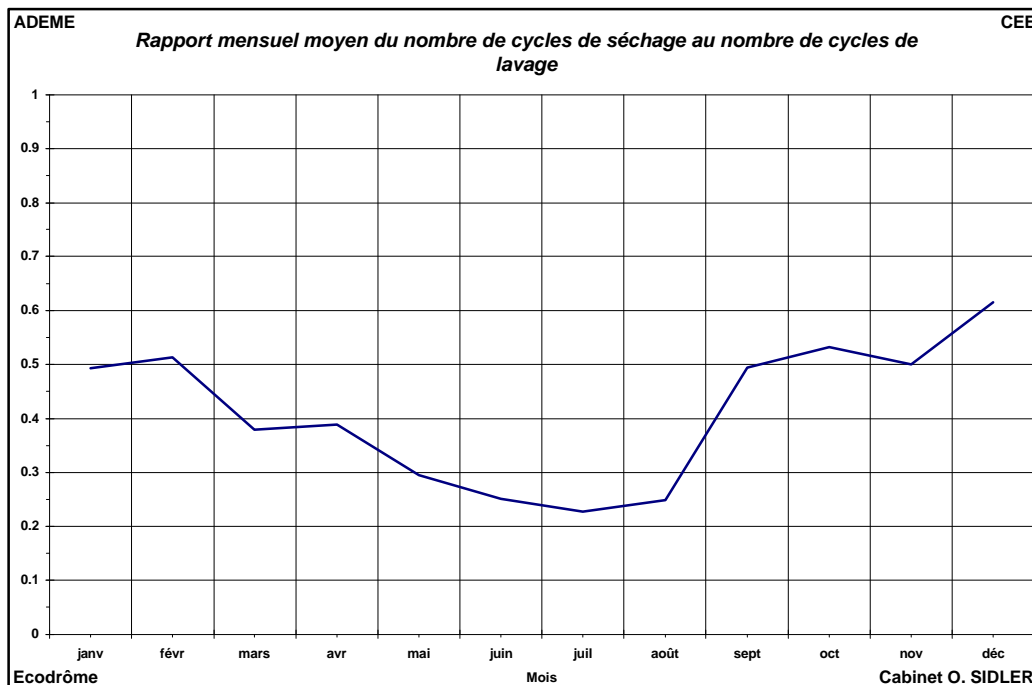


Figure 7.30 : variations mensuelles du rapport entre le nombre de cycles de séchage et le nombre de cycles de lavage.

Sur l'ensemble des usagers, on constate que la fréquence d'utilisation du sèche-linge comparée au lave-linge est multipliée par 2,7 entre juillet et décembre. Ainsi, le sèche-linge est-il utilisé en juillet une fois pour 4,3 cycles de lavage, et en décembre une fois pour 1,6 cycles de lavage. Il est important de préciser que sur les sept logements munis de sèche-linge, quatre sont des pavillons avec jardinets autorisant la pose d'un séchoir.

7-3-4 Variations mensuelles de la charge horaire des sèche-linge

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine des figures de ce § se trouvent en annexe 2 (appareils traditionnels) et en annexe 3 (appareils performants).

La figure 7.31 traduit clairement le caractère très saisonnier du sèche-linge. On note les importantes fluctuations des consommations horaires qui peuvent varier, par exemple entre 17 et 18h, dans un rapport de 1 à 25.

On note aussi que le profil d'utilisation du sèche-linge est très proche de celui du lave-linge (de 7h à 22h) et qu'il existe un déphasage d'une ou deux heures entre la courbe des lave-linge et celle des sèche-linge. L'usage de cet appareil la nuit est quasiment inexistant (les logements ne possèdent pas de double tarif).

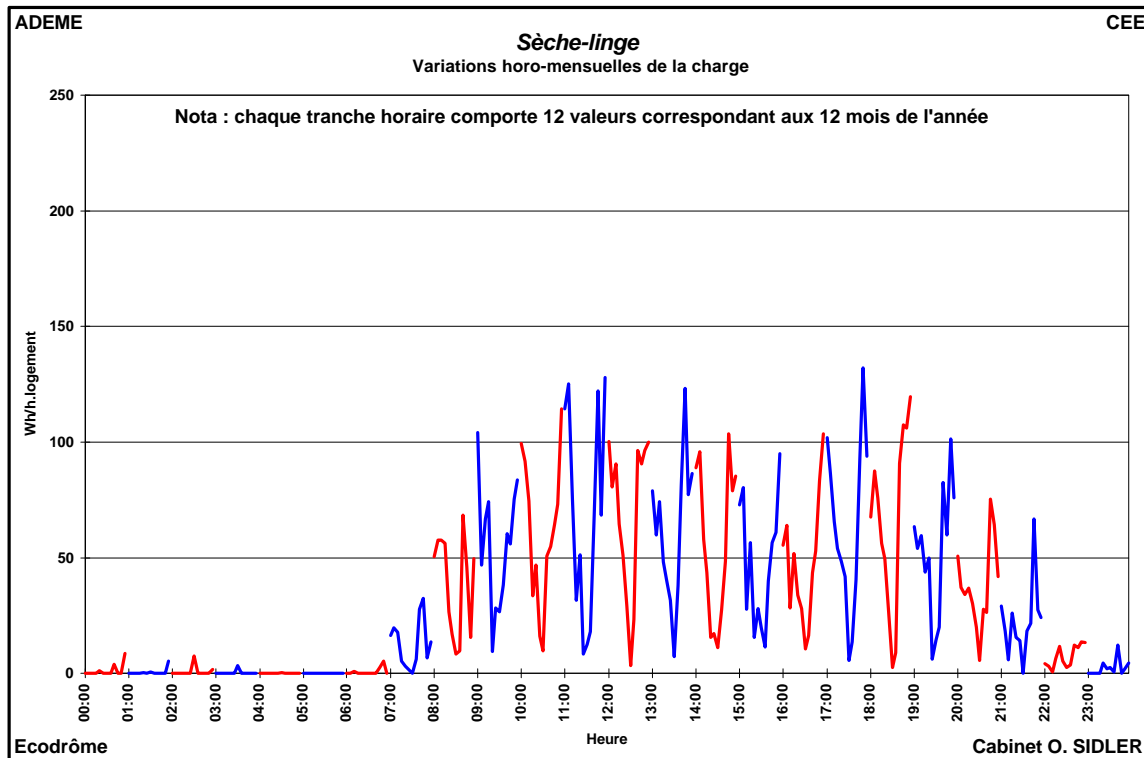


Figure 7.31 : variations horo-mensuelles de la charge horaire des sèche-linge

Une approche plus détaillée de ces résultats permet d'identifier les heures de la pointe spécifique des sèche-linge.

Ces pointes se trouvent majoritairement entre 11h et 13h, essentiellement en hiver, et entre 17 et 18h en mi-saison. Ce phénomène était prévisible puisque les sèche-linge sont couplés aux lave-linge. Mais la présence en hiver de ces appareils au moment de la grande pointe journalière du matin n'est pas très favorable. Or elle est déjà perceptible (voir chapitre 4) bien que le taux d'équipement des ménages ne soit que de 30% dans l'échantillon (20 % en France). Ce résultat important avait déjà été mis en évidence dans la campagne *Ciel*. Il s'agit donc là d'une confirmation importante.

Si l'usage du sèche-linge continue à se développer à la vitesse actuelle, il est probable qu'il posera des problèmes importants à la production d'électricité, si ce n'est en terme de volume de production, au moins en terme de coût marginal et de nuisances environnementales. Dans l'optique de la MDE, le sèche-linge est un appareil préoccupant car il ne coûte pas cher, supprime une corvée ménagère, mais c'est un gros consommateur, son exploitation revient très cher et oblige à produire un courant lui-même très coûteux. Or l'usage du sèche-linge s'effectuant après celui du lave-linge, il existe une difficulté à mieux répartir dans la journée les périodes où il est utilisé.

Comme le montre la figure 7.32, la contribution des sèche-linge à la charge globale se situe entre 8 et 13%, en hiver uniquement. En été cette contribution est de 1 ou 2 %.

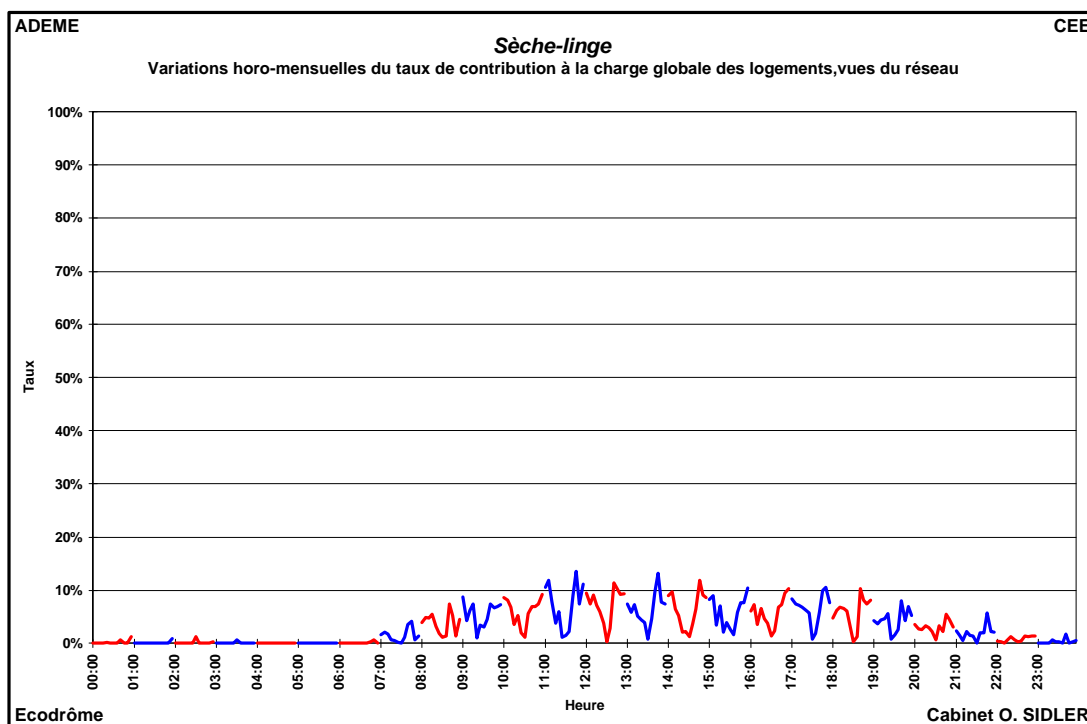


Figure 7.32 : variations horo-mensuelles de la contribution des sèche-linge dans la charge globale, la première année

La figure 7.33 montre que la seconde année, cette contribution est accrue la plupart du temps, essentiellement parce que les sèche-linge ont contribué assez modestement aux économies. En valeur relative, leur charge est donc plus importante.

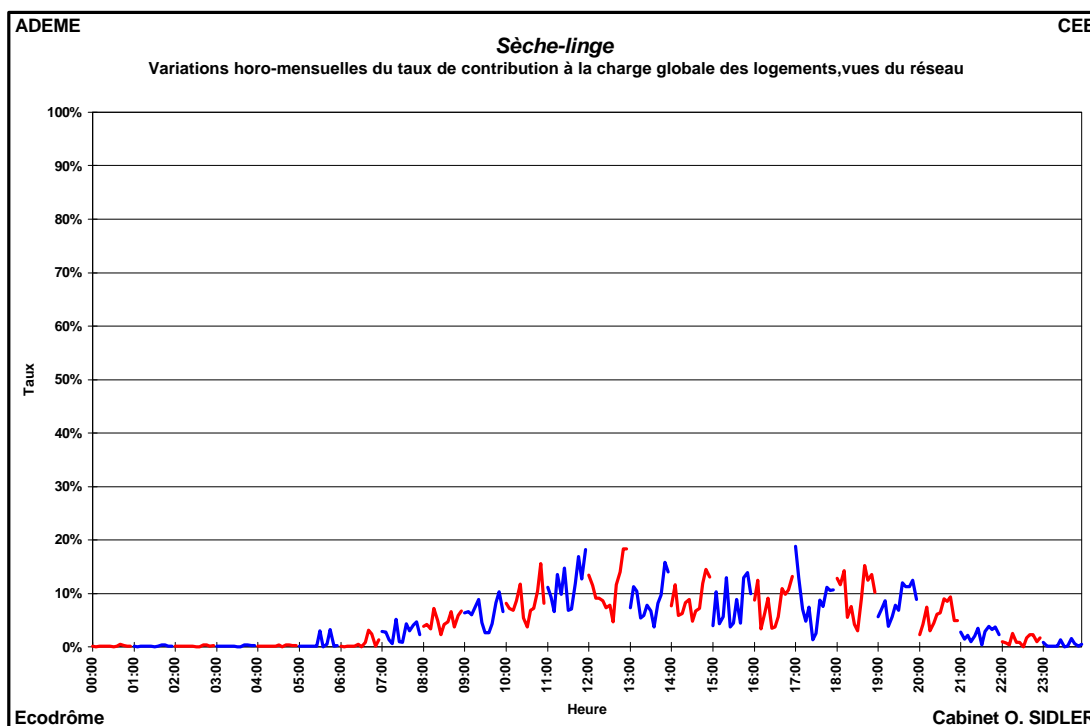


Figure 7.33 : variations horo-mensuelles de la contribution des sèche-linge dans la charge globale, la seconde année

La contribution du sèche-linge à la charge totale des usages spécifiques peut atteindre près de 20% lorsque le logement est équipé d'appareils performants.

7-3-5 Durées de fonctionnement annuelles comparées

Les sèche-linge performants mis en place dans le projet ne présentent en réalité qu'une seule caractéristique susceptible d'améliorer la consommation : ils possèdent un détecteur de fin de cycle constitué d'une sonde analysant l'humidité de l'air extrait. On peut donc penser que la durée des cycles en seconde année sera plus courte qu'en première, grâce à ce mécanisme d'optimisation.

Savoir mesurer l'économie apportée par la détection de fin de cycle permettrait de distinguer, dans l'économie globale, quelle est la part de l'amélioration due à l'essorage plus rapide du linge et celle relative à la détection de fin de cycle.

La figure 7.34 compare la durée de fonctionnement des sèche-linge la première et la seconde année.

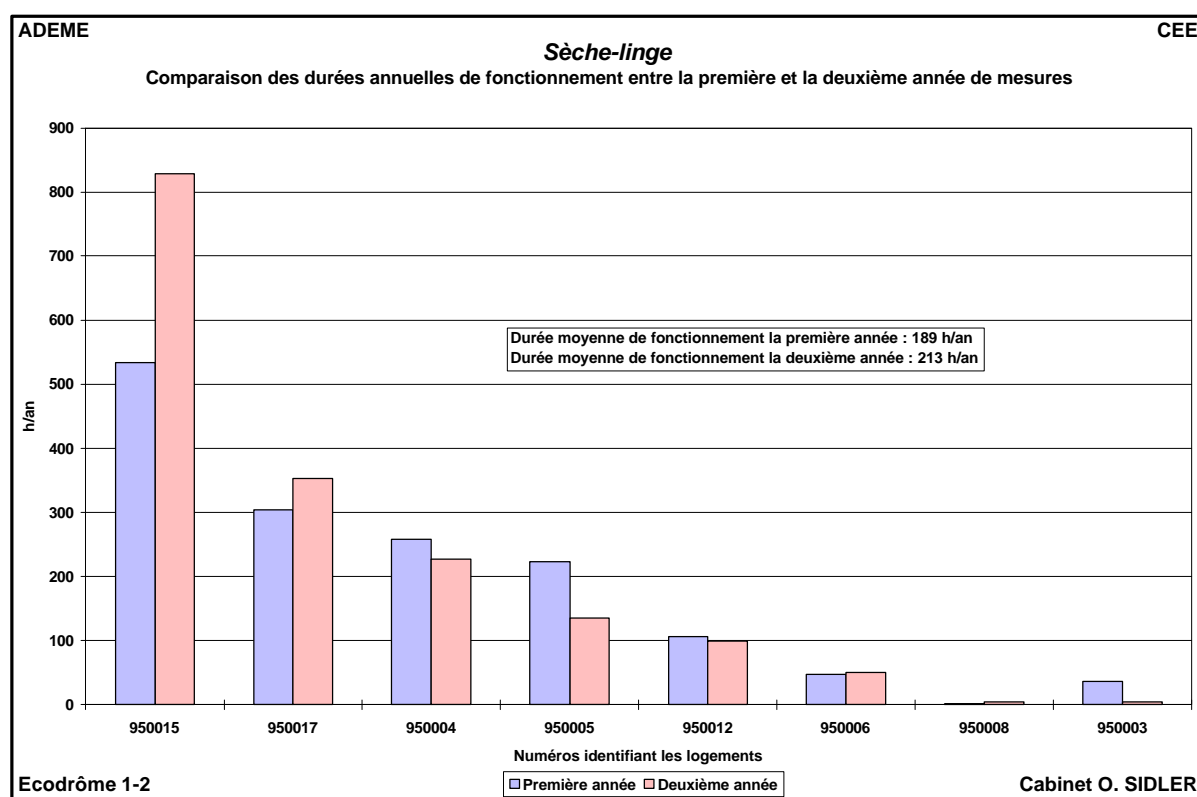


Figure 7.34 : durées de fonctionnement comparées des sèche-linge la première et la seconde année

On constate que, sur l'ensemble des logements, la durée de fonctionnement en seconde année a été supérieure de 12.7% à celle de la première année. Ceci est dû pour une bonne part au changement intervenu dans le logement 15 (voir § 7.3.2). Si on exclut ce logement, la durée moyenne en seconde année n'est plus que de 125h, contre 139h en première année, ce qui correspond à une réduction du temps de fonctionnement de 10%. Mais on ne peut probablement pas attribuer au seul détecteur de fin de cycle la totalité de cette performance, car les usagers avaient été sensibilisés après la première année au niveau de consommation particulièrement élevé de leur sèche-linge. Ils ont donc, pour certains en tous cas, réduit la fréquence d'usage de l'appareil.

On peut penser que la réduction de consommation due au détecteur de fin de cycle se situe autour de 5% à 10% maximum. Le reste de l'économie est attribuable à la réduction de la fréquence d'usage et surtout au meilleur essorage du linge.

7-3-6 Evolution de la puissance appelée

L'étude de la puissance appelée ne portera que sur les sèche-linge à évacuation, car le nombre d'appareils à condensation était trop faible.

La figure 7.35 représente la comparaison des distributions des puissances appelées la première et la seconde année.

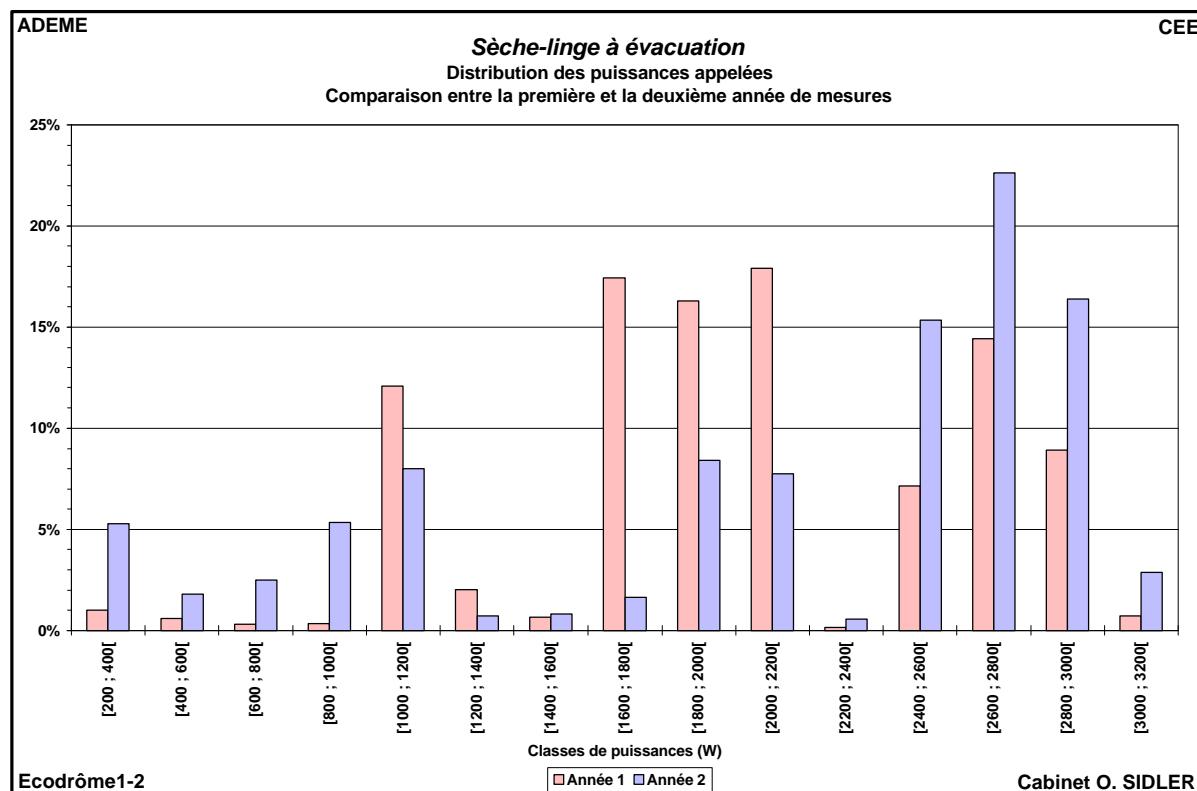


Figure 7.35 : distributions comparées des puissances appelées par les sèche-linge la première et la seconde année

On observe certaines modifications importantes :

- il n'y avait pratiquement aucune puissance appelée inférieure à 1000 W avec les appareils existants, alors que ce n'est plus le cas en seconde année,

- il semble exister trois modes de fonctionnement principaux (correspondant peut-être à des modèles différents). Ce sont :

- la classe 1000 à 1200 W,
- les classes 1600 à 2200 W,
- les classes 2400 à 3000 W.

Ces trois modes représentent 94 % des états de fonctionnement en première année et 80 % en seconde, mais la répartition entre les différentes tranches change assez sensiblement comme le montre le tableau suivant :

| Année | 1000 à 1200 W | 1600 à 2200 W | 2400 à 3000 W | Total |
|-------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 1 | 12.0 | 51.7 | 30.1 | 93.8 |
| 2 | 8.1 | 17.7 | 54.5 | 80.3 |

en %

Il apparaît de façon très claire que les appareils performants (ou simplement plus récents), comme pour les autres appareils déjà examinés, appellent des puissances plus importantes pour rendre le même service.

La figure 7.36 confirme cette tendance : elle représente le rapport par classe, des puissances appelées en première et en seconde année.

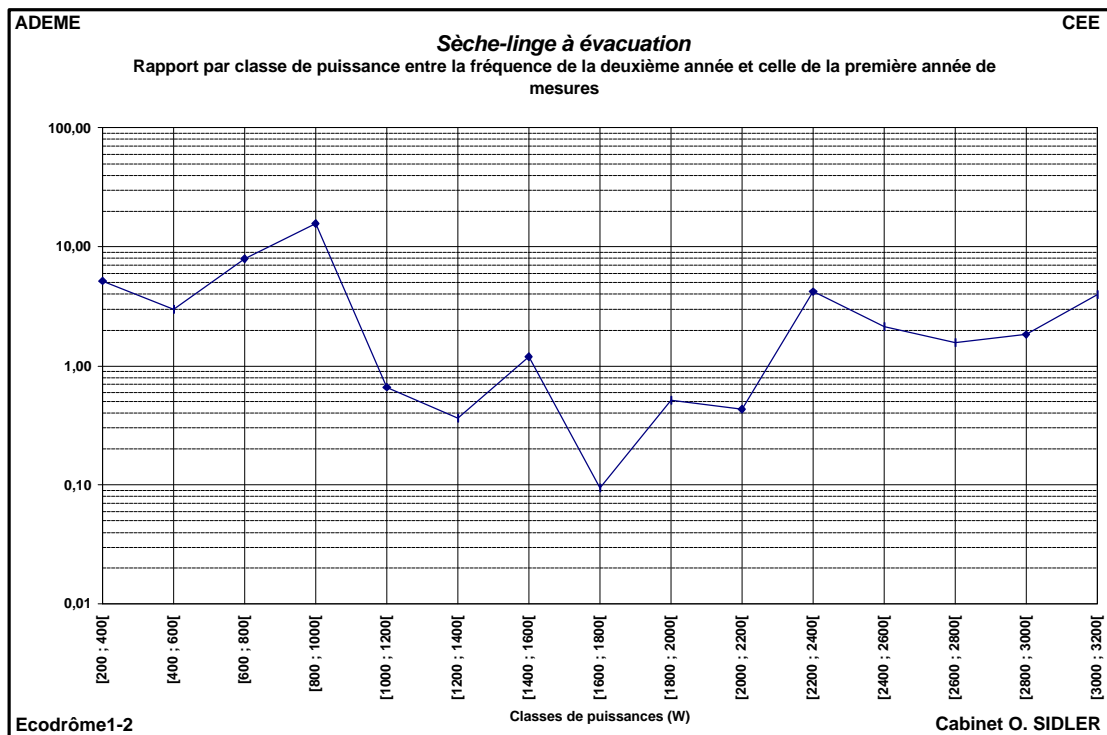


Figure 7.36 : rapport par classe des puissances appelées en seconde et en première année, pour les sèche-linge

Deux caractéristiques se détachent :

- la fréquence beaucoup plus élevée des puissances inférieures à 1000 W en seconde année,
- la fréquence de deux à quatre fois plus élevée en seconde année des puissances supérieures à 2200 W.

C'est cette seconde remarque qui nous semble la plus importante. Elle confirme ce qui a été avancé précédemment, ainsi qu'une tendance générale observée sur les appareils récents dont le niveau de puissance est plus important que pour les appareils anciens.

Or cette course à l'élévation de puissance (qui vise probablement à réduire la durée des cycles), présente au moins deux défauts majeurs :

↳ d'abord, nous avons constaté de plus en plus de prises de courant brûlées à cause des puissances excessives qui les traversent. Certains de nos appareils de mesure ont été détruits à cause de ces incidents. Le problème est rarement dans la prise thermomoulée livrée avec l'appareil, mais plutôt dans la qualité du contact électrique au niveau de la prise de courant murale. Les fabricants doivent aussi prendre en compte que dans les logements, les installations électriques sont parfois d'une vétusté à faire frémir, quand ce ne sont pas les rallonges et autres prises multiples souvent suréquipées qui alimentent les appareils.

↳ la Maîtrise de la Demande Electrique vise à réduire les puissances appelées sur le réseau par les utilisateurs. Si la réduction de consommation induite par une meilleure efficacité des appareils contribue, grâce au foisonnement, à la réduction du niveau de puissance appelée à l'échelle régionale ou nationale, ceci n'est pas vrai pour les abonnés en zone rurale. Pour eux et pour le distributeur d'électricité, l'abaissement de la puissance appelée est la clef de leur problème.

Recommandation aux constructeurs : il faut prendre en compte ces observations de terrain et réduire le niveau des puissances appelées par les appareils de lavage et de séchage, d'abord pour de simples raisons de sécurité, ensuite pour réduire les pointes de puissances appelées et contribuer efficacement aux actions de maîtrise de la demande électrique.

7-3-7 Consommation de veille des sèche-linge performants

Tout comme pour les lave-linge et les lave-vaisselle performants, ou peut-être seulement « récents », on observe pour les sèche-linge un phénomène nouveau : l'apparition de consommations de type « veille » à certains moments de la journée. Il s'agit généralement de la consommation engendrée par les dispositifs permettant le départ différé des cycles. L'alimentation électrique de ces appareils absorbe en moyenne 14 W. L'impact dans le bilan annuel est évidemment fonction du taux d'usage que chacun fait de ce dispositif.

La figure 7.37 représente la part de la consommation totale due à ces consommations de veille.

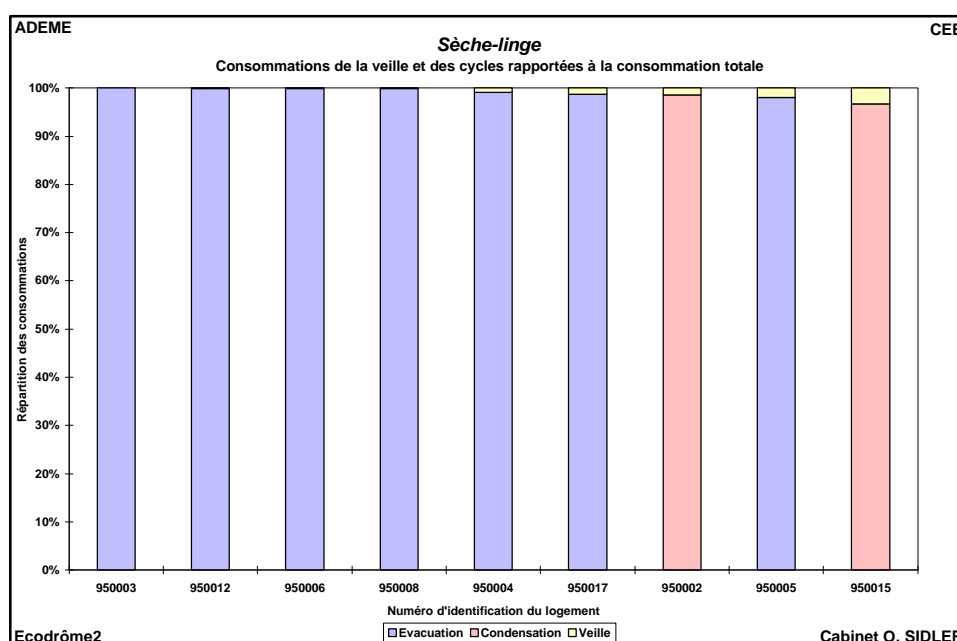


Figure 7.37 : part de la consommation de veille des sèche-linge performants dans leur consommation globale

Dans le cas le plus défavorable cette consommation n'excède pas 3,5% (elle représente 22 kWh/an) et même avec un usage intensif, elle ne pourrait pas être supérieure à 5 % de la consommation annuelle totale, représentant sur une année environ 32 kWh. Or l'économie globale sur les sèche-linge n'a été en moyenne que de 52 kWh/an...

On peut donc à nouveau se demander si de telles consommations, aussi faibles soient-elles, sont cohérentes avec la recherche d'une réduction des consommations générales : faire d'importants efforts pour gagner quelques kWh grâce à des dispositifs plus ou moins sophistiqués, et reperdre tout ou partie de ce gain par des alimentations électroniques « perverses » qui ruinent les efforts accomplis n'a probablement pas été voulu. Les faits sont pourtant là.

Recommandation aux constructeurs : la conception d'appareils performants nécessite une approche très globale des consommations. Il faut donc analyser aussi bien la consommation des cycles eux-mêmes (résistance chauffante, moteurs, etc) que la consommation du contrôle-commande. Seule cette approche globale peut fournir des résultats satisfaisants ■

CHAPITRE 8 : AUDIOVISUEL

8 - 1 LES TELEVISEURS

Nous avons instrumenté tous les téléviseurs dans les logements sachant bien qu'il n'existait pas encore de TV performants, mais avec l'espoir qu'avant la fin de l'expérience il y ait des modèles plus efficaces qui apparaissent sur le marché. En réalité nous n'avons rien eu d'autre que cinq appareils que nous avons mis en place, dotés de tous les perfectionnements courants (dolby stéréo, etc.), et qui ont consommé plus que les appareils existants...

Néanmoins l'instrumentation a permis de recueillir des données précieuses sur le mode de fonctionnement des appareils.

8-1-1 Saisonnalité des consommations

La figure 8.1 représente les variations mensuelles de la consommation journalière moyenne des téléviseurs (première année). Vingt appareils ont été suivis pendant une année complète.

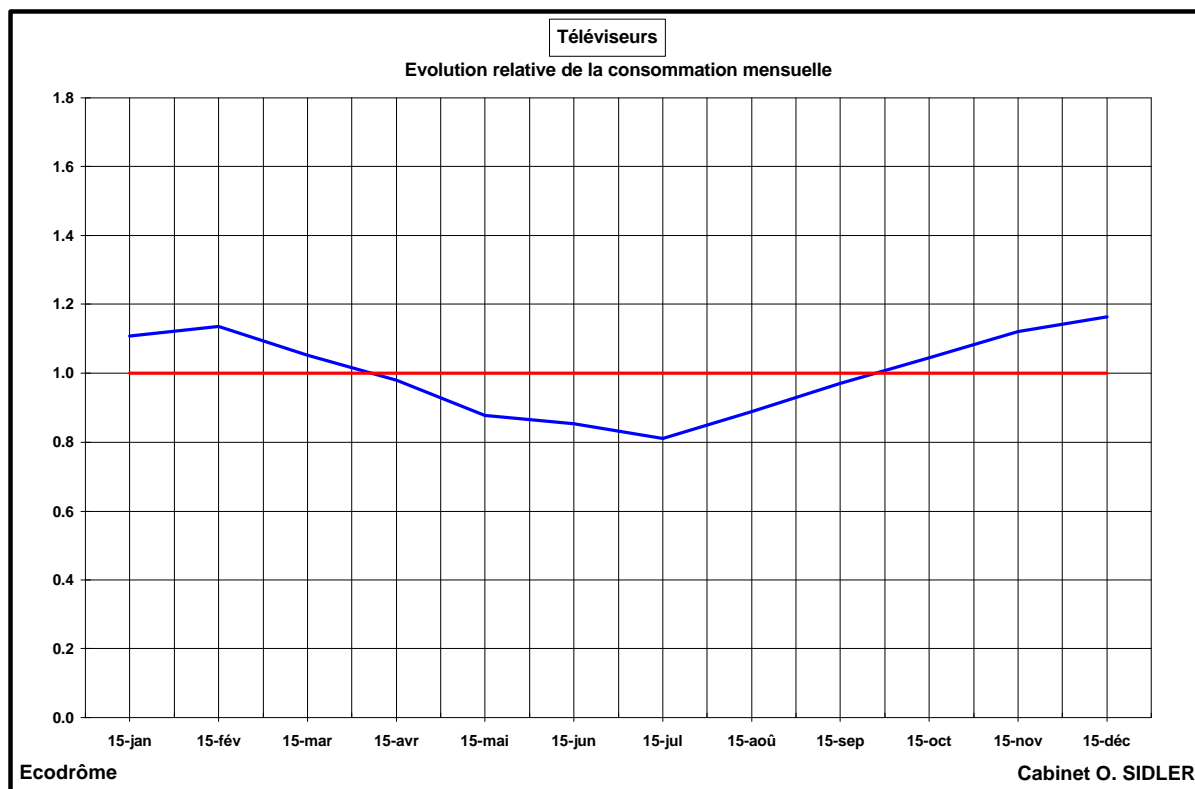


Figure 8.1 : saisonnalité de la consommation des téléviseurs

La consommation des téléviseurs apparaît comme un phénomène saisonnier évoluant de façon continue au cours de l'année, passant d'un maximum en hiver à un minimum en été. **La consommation estivale est inférieure de 30 % à la consommation hivernale.**

Mais la consommation des téléviseurs a deux composantes : celle du poste en marche et celle du poste « en veille », lorsque la télécommande est activée. C'est pourquoi il faut analyser plus en détail les causes de la saisonnalité.

La figure 8.2 représente les variations saisonnières de la durée de fonctionnement moyenne des téléviseurs.

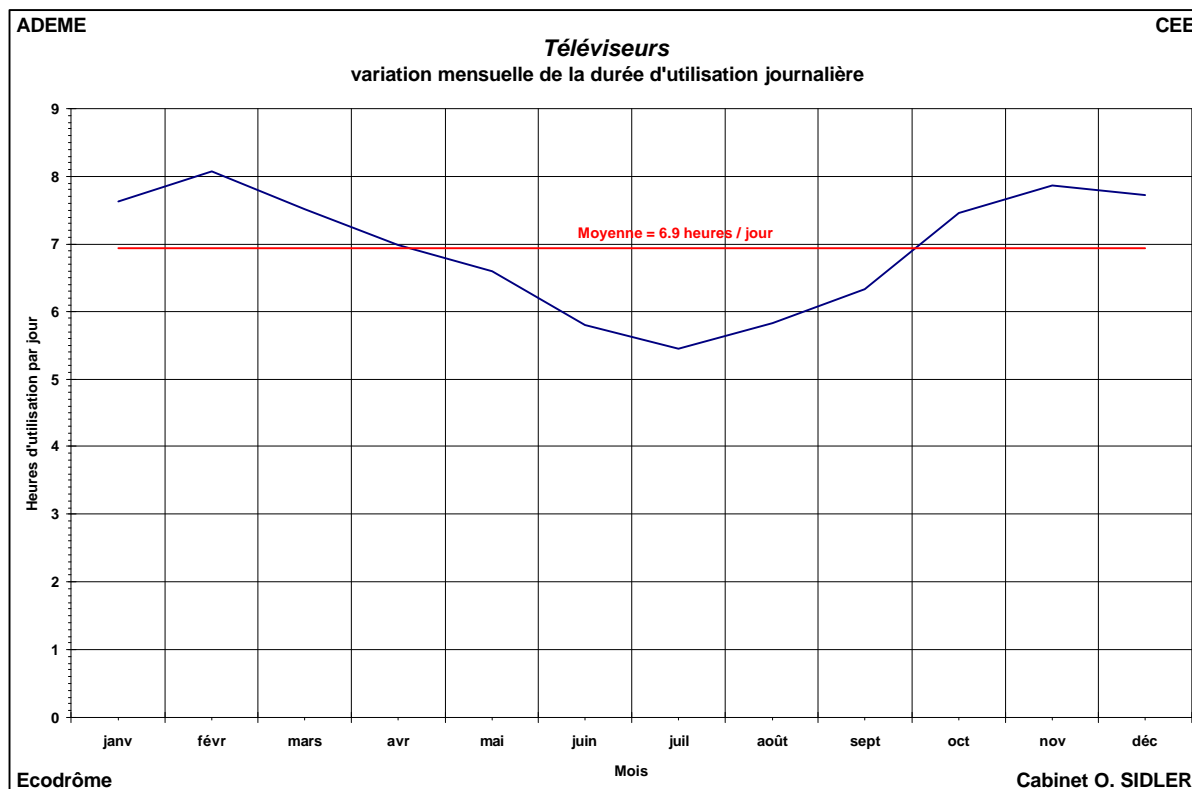


Figure 8.2 : variations mensuelles de la durée d'utilisation des téléviseurs.

On observe que :

■ la durée d'utilisation des téléviseurs est elle-même un phénomène très saisonnier : **on regarde la télévision chaque jour 2,5 h de plus en hiver qu'en été, puisque la durée de fonctionnement du poste passe de 5,5 h/j à plus de 8 h/j.** On note que la variation d'amplitude de la durée d'utilisation des téléviseurs est un peu plus importante que celle de la consommation, preuve qu'il existe une autre consommation permanente qui atténue les effets de la variation de la durée d'utilisation : c'est évidemment la consommation de veille de certains appareils,

■ **la durée de fonctionnement moyenne annuelle est de 6,9 h.** Ce résultat est étonnant pour plusieurs raisons. D'abord par son amplitude. On réalise la place considérable qu'a pris la télévision dans le « fonctionnement » des familles. Elle en est réellement l'élément central, comme la cheminée pouvait l'être dans le passé en regroupant le « clan » autour du seul endroit où l'on était bien. Il suffit d'ailleurs de pénétrer à n'importe quelle heure du jour dans un logement pour constater que la TV fonctionne et distille sa « culture ». Mais ce résultat est aussi étonnant car il est différent de ce qui avait été observé dans *Ciel* où l'on avait trouvé 5,15 h de fonctionnement quotidien. Nous avons recherché des explications à ces différences sans vraiment en trouver. On a

notamment pensé que le caractère sociologique différent des échantillons pouvait être la cause. En effet dans la Drôme tous les logements sont des logements sociaux, alors que dans *Ciel* ont été suivies toutes sortes de catégories socioprofessionnelles. Le sous-ensemble de *Ciel* représentant les logements sociaux a donc été analysé, mais il ne contient que treize éléments dont la répartition sur l'année n'est pas assurée de façon homogène. Il y a donc peu de chose à attendre de cette analyse. Notons néanmoins que la consommation de ce sous-ensemble était effectivement un peu supérieure à celle de l'ensemble de la campagne *Ciel*, mais que l'écart avec *Ecodrôme* reste beaucoup trop important pour trouver là son explication (N.B. : il n'y a aucune famille au chômage dans l'échantillon d'*Ecodrôme*, pas plus que de personnes âgées en permanence à leur domicile).

Sans que cela ait directement trait à la saisonnalité des consommations, il est intéressant de voir, sur *Ecodrôme*, comment se répartissent les durées de fonctionnement des appareils. La figure 8.3 représente la courbe des fréquences d'utilisation cumulées pour les appareils de l'échantillon.

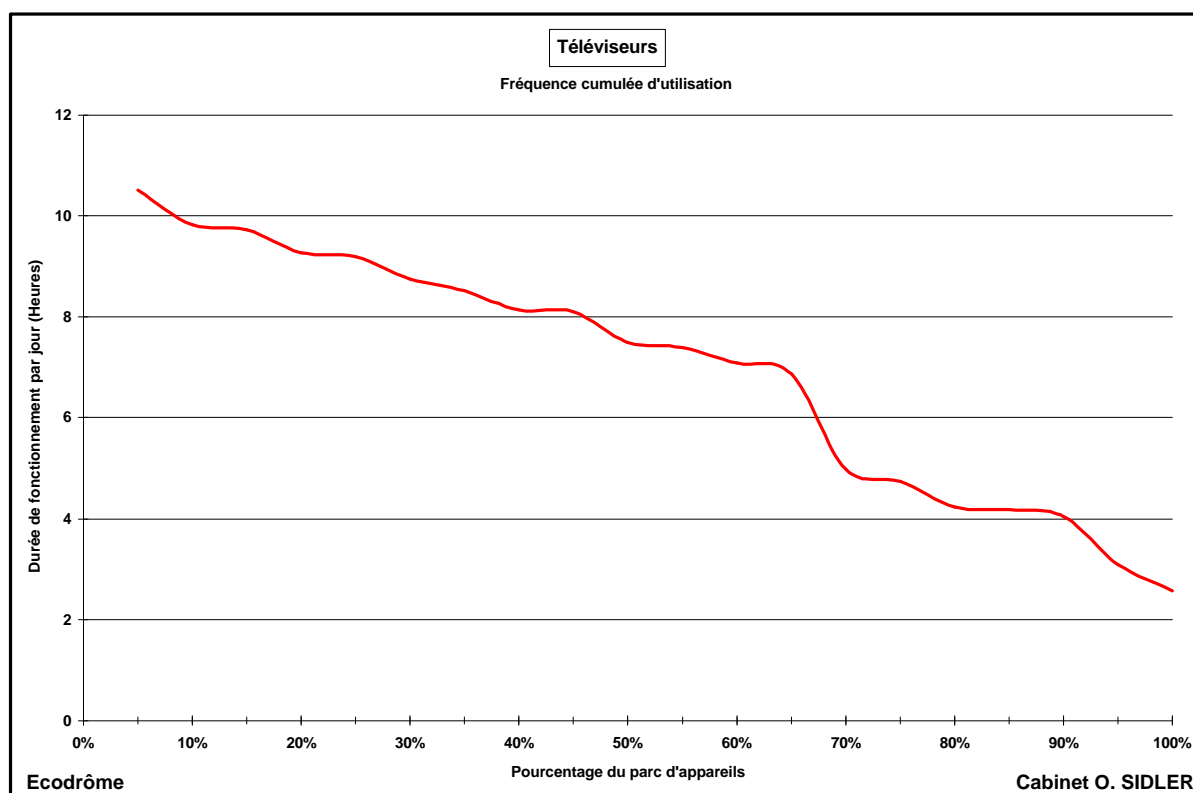


Figure 8.3 : fréquences d'utilisation cumulées des téléviseurs.

Ainsi, environ 10 % des foyers regardent la télévision plus de 10h/j, et ils sont encore plus de 45 % à le faire plus de 8h/j. Seuls 10 % des ménages la regardent moins de 4h/j...

8-1-2 Durées d'utilisation comparées entre la première et la seconde année

La figure 8.4 représente pour chaque logement la durée de fonctionnement comparée entre la première et la seconde année.

On observe que la durée moyenne n'a pratiquement pas changé d'une année sur l'autre, valant 6,90 h la première année et 6,88 h la seconde.

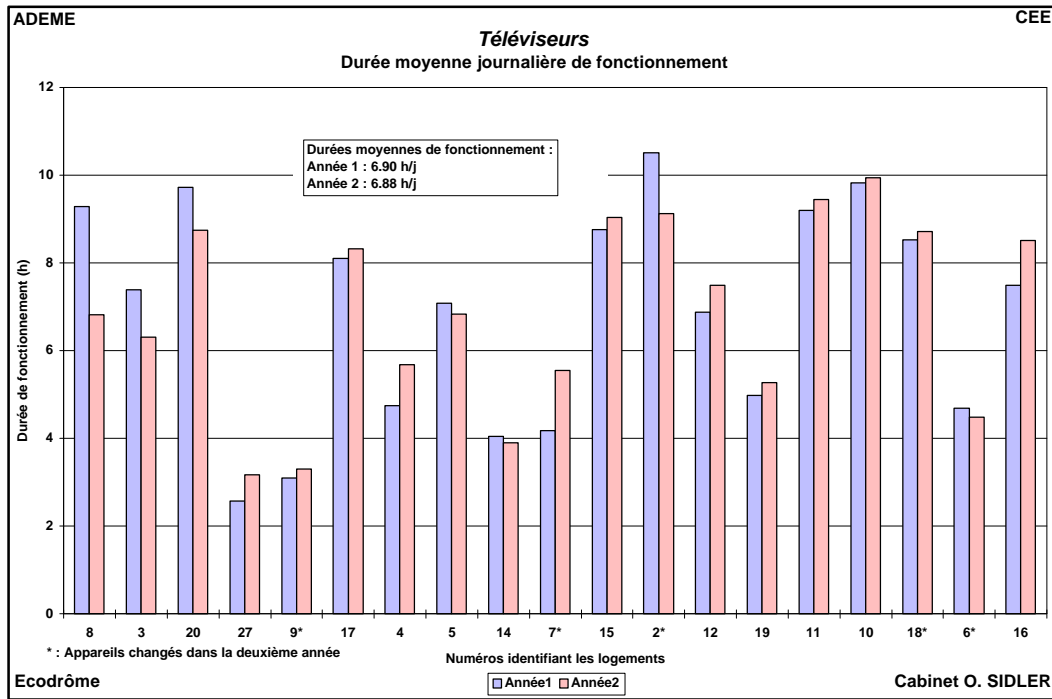


Figure 8.4 : durées de fonctionnement comparées des téléviseurs entre la première et la seconde année

8-1-3 Variations mensuelles de la charge horaire des téléviseurs

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine des figures de ce § sont celles de la première année et se trouvent en annexe 2.

La figure 8.5 représente les variations mensuelles de la charge horaire des téléviseurs.

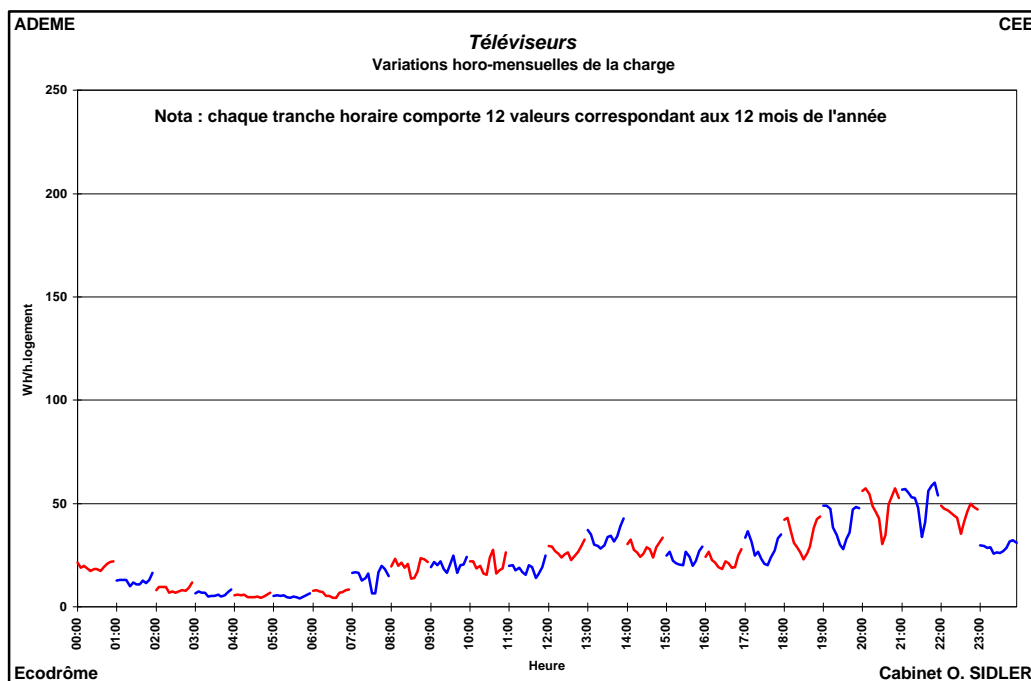


Figure 8.5 : variations mensuelles de la charge horaire des téléviseurs

On observe que :

- il existe de très fortes variations de la consommation horaire entre été et hiver, essentiellement en soirée, notamment entre 20 et 21h où la baisse en été est de 45%. Il apparaît ainsi que la variation saisonnière des consommations, même si elle s'effectue un peu à toutes les heures de la journée, est surtout marquée en soirée : on regarde deux fois moins longtemps son téléviseur entre 20 et 21h en été qu'en hiver,

- on assiste à un autre phénomène saisonnier intéressant : on regarde moins la télévision le soir en été qu'en hiver certes, mais on la regarde plus à certaines heures de la journée en été qu'en hiver : par exemple de 9 à 11h ou de 15 à 16h. Il est probable que ceci est dû à la présence des enfants en vacances qui regardent encore un peu plus le petit écran,

- entre 7 et 8h on observe également en été une chute de plus de moitié de la consommation, comparativement à l'hiver. Il faut encore voir là l'effet des vacances : il est probable qu'en période scolaire la TV fonctionne au moment du petit déjeuner,

- comparativement aux mois de juin et de septembre, les mois de juillet et d'août présentent de 9h à 17h une augmentation systématique du niveau de consommation. Encore les vacances, et encore les enfants devant la TV un peu plus qu'à l'accoutumé,

- on observe entre 3h et 6h du matin une consommation permanente qui varie assez peu : ce sont les veilles. On relève néanmoins qu'il existe indiscutablement de petites variations entre hiver et été, attestant d'un recours apparemment plus important de la télécommande en hiver qu'en été...

La figure 8.6 illustre le « rééquilibrage » qui s'opère dans la répartition des consommations estivales tout au long de la journée, par rapport à l'hiver. Elle offre une représentation comparée de la charge horaire en janvier et en juillet.

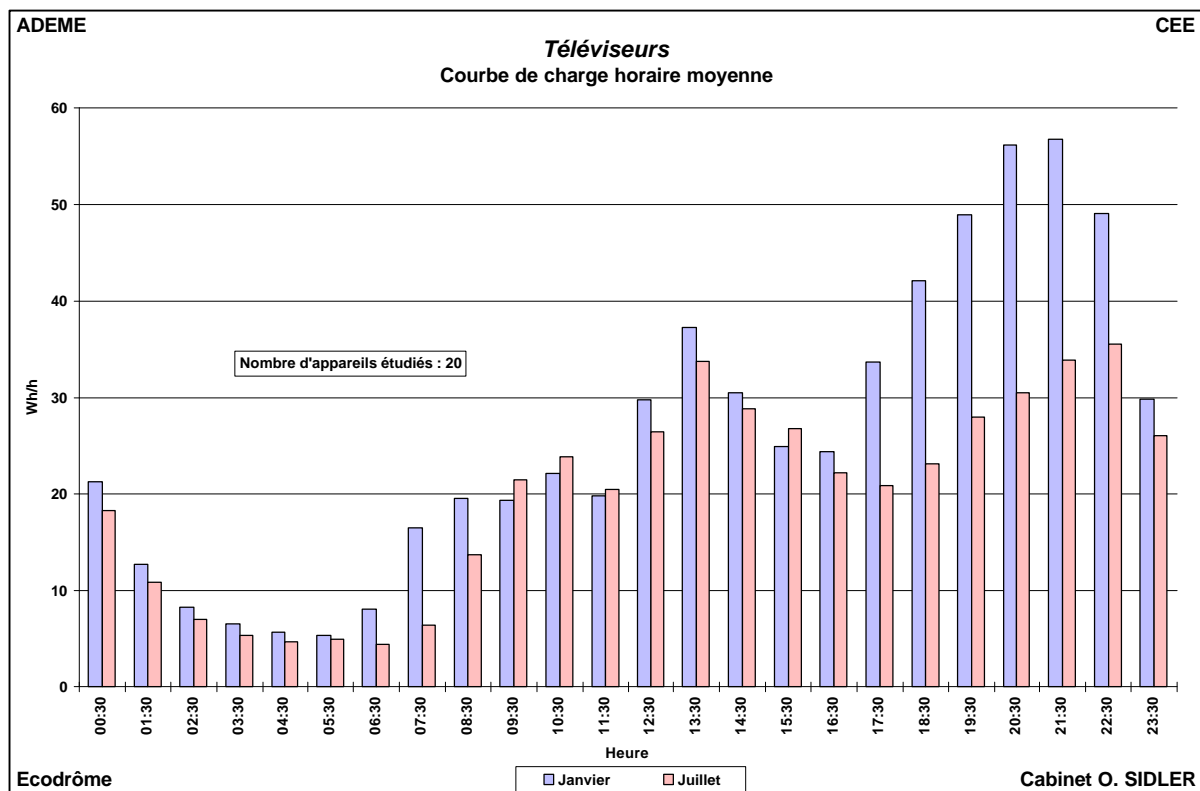


Figure 8.6 : courbes de charge horaire comparées des mois de janvier et de juillet pour les téléviseurs

Une approche plus fine permet également d'observer que :

■ toutes les pointes spécifiques mensuelles des téléviseurs se trouvent sans exception entre 20 et 23h,

■ la pointe est majoritairement entre 21 et 22h (9 mois sur 12), sauf en février où elle se trouve entre 19 et 20h, et en juillet/août où elle est entre 22 et 23h,

■ une pointe secondaire très forte (en valeur relative) se trouve en juillet/août à partir de 9h et jusqu'à 17h, la tranche 13/14h atteignant presque le niveau de la pointe principale et attestant ainsi de ce phénomène estival par lequel la consommation télévisuelle journalière se nivelle en été (moins le soir et plus la journée) alors qu'elle est très fortement variable en hiver et le reste de l'année avec une pointe forte en soirée. Ceci est dû aux vacances et à la plus grande présence des enfants devant le téléviseur.

Il reste à examiner (figure 8.7) la contribution des téléviseurs dans la charge globale des logements.

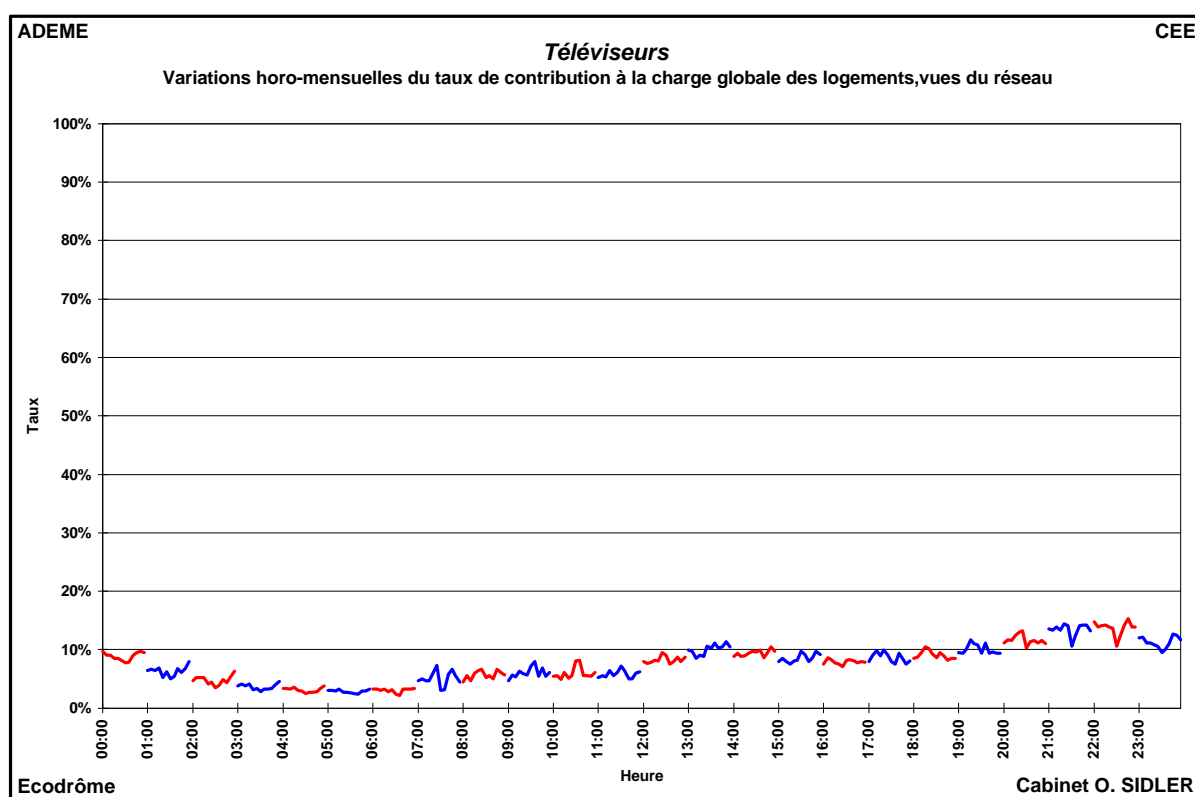


Figure 8.7 : variations horo-mensuelles de la contribution des téléviseurs dans la charge globale

Le téléviseur apparaît comme un élément relativement stable dans la charge globale. Sa contribution ne connaît pas de brusques variations puisqu'elle évolue de façon très continue de 4 % en fin de nuit à 15% entre 22 et 23h, essentiellement l'hiver. Lors de la pointe du soir entre 19 et 20h, la TV représente environ 10% de la charge quel que soit le mois de l'année. Dans la pointe du matin, entre 11 et 12h, la TV ne représente que 6 % de la totalité des usages électriques spécifiques du secteur résidentiel.

8-1-4 Etude de la veille des téléviseurs

Rappelons que la plupart des téléviseurs disposent aujourd'hui d'une télécommande marche/arrêt qui, si elle est activée, consomme en permanence bien que le téléviseur soit arrêté.

Rappelons aussi que cette télécommande n'est pas du tout un système qui permet d'éviter l'arrêt du téléviseur comme le croit certains (ce qui aurait pour conséquence selon eux d'améliorer la durée de vie de l'appareil), mais seulement un dispositif permettant la commande à distance de la marche ou de l'arrêt. Son usage ne modifie donc en rien la durée de vie du téléviseur.

L'étude de la veille a été faite dans le projet *Ciel*, mais plusieurs biais s'étaient glissés dans cette étude :

- lors de l'installation des systèmes de mesure, les opérateurs de terrain avaient pris l'initiative d'informer les usagers sur les consommations de veille des téléviseurs. On ne sait pas exactement l'impact de cette disposition sur les consommations, mais il est probable qu'elle a dû les minimiser,

- le suivi ne durant qu'un mois, on n'avait qu'une vision partielle du comportement des familles.

Il était donc intéressant de reprendre les mêmes méthodes d'analyse et de représentation que celles développées à l'occasion de *Ciel* et de les appliquer aux vingt appareils suivis dans *Ecodrôme*. L'inconvénient de cette seconde approche reste évidemment la faible taille de l'échantillonnage comparé à celui de *Ciel*.

Il est d'abord nécessaire d'évaluer l'impact potentiel de la veille sur la consommation des téléviseurs. Les mesures montrent que la puissance des veilles se situe entre 8 et 13W. La figure 8.8 représente, pour l'ensemble des appareils suivis, la part de la consommation annuelle des veilles dans la consommation totale des appareils.

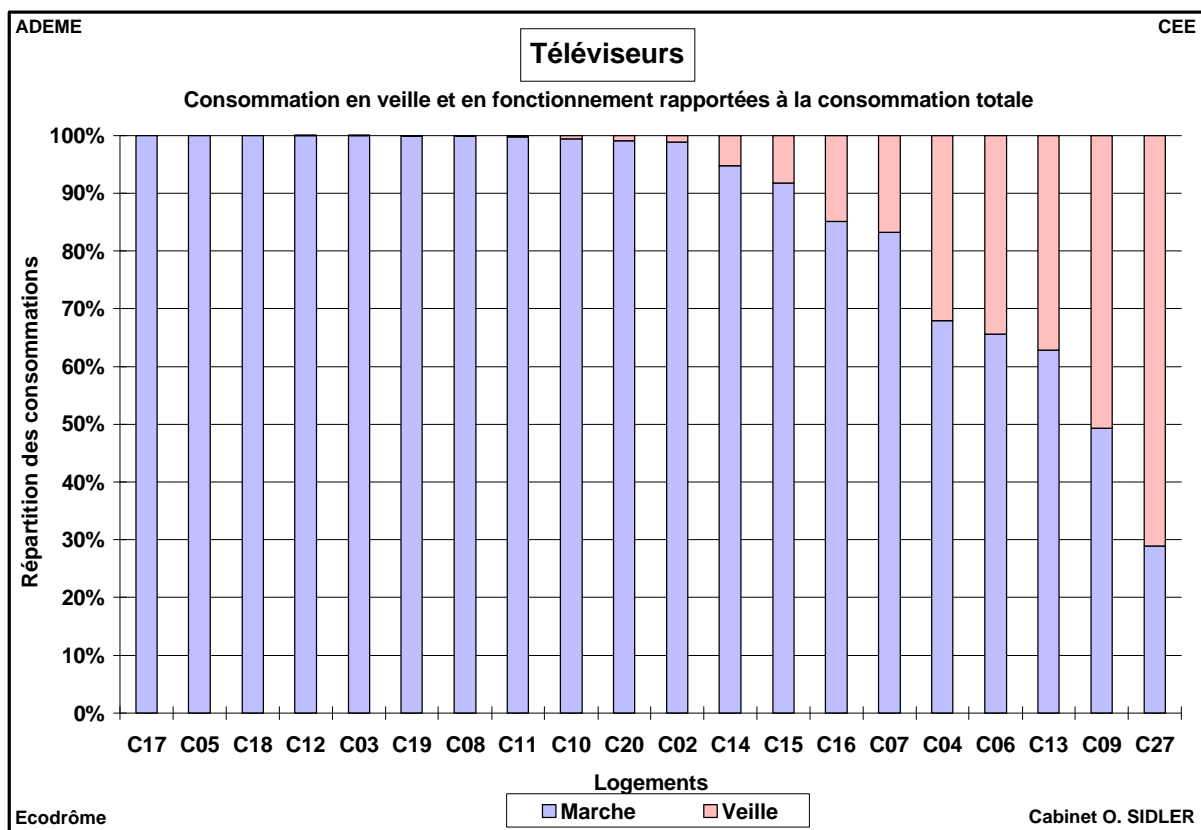


Figure 8.8 : part des consommations de marche et de veille dans la consommation totale des téléviseurs la première année.

On remarque que :

- 35 % des usagers n'utilisent jamais la veille de leur appareil, et 45% pratiquement jamais,

■ plus de la moitié des usagers ont recours à la veille et **cette veille peut représenter jusqu'à 72% de la consommation totale de l'appareil,**

■ en moyenne la consommation de veille représente annuellement 13 % de la consommation totale de l'ensemble du parc de téléviseurs, valeur qui est supérieure à 30 % pour les utilisateurs de veille chez qui elle représente au moins 5 % de la consommation annuelle,

■ la consommation maximum de veille observée en un an est de 144 kWh, pour une consommation totale de l'appareil de 200 kWh.

La première conclusion est que la part de la veille, souvent sous-estimée, peut avoir des proportions étonnantes dès lors qu'elle est utilisée systématiquement et que le téléviseur est peu regardé. La seconde observation est que **la part de la veille rapportée à la consommation de l'ensemble des appareils est élevée : 13%.**

La figure 8.8 fournissait une répartition de la consommation entre veille et marche des appareils. La figure 8.9 permet de préciser la répartition du temps de fonctionnement, d'arrêt ou de mise en veille des appareils.

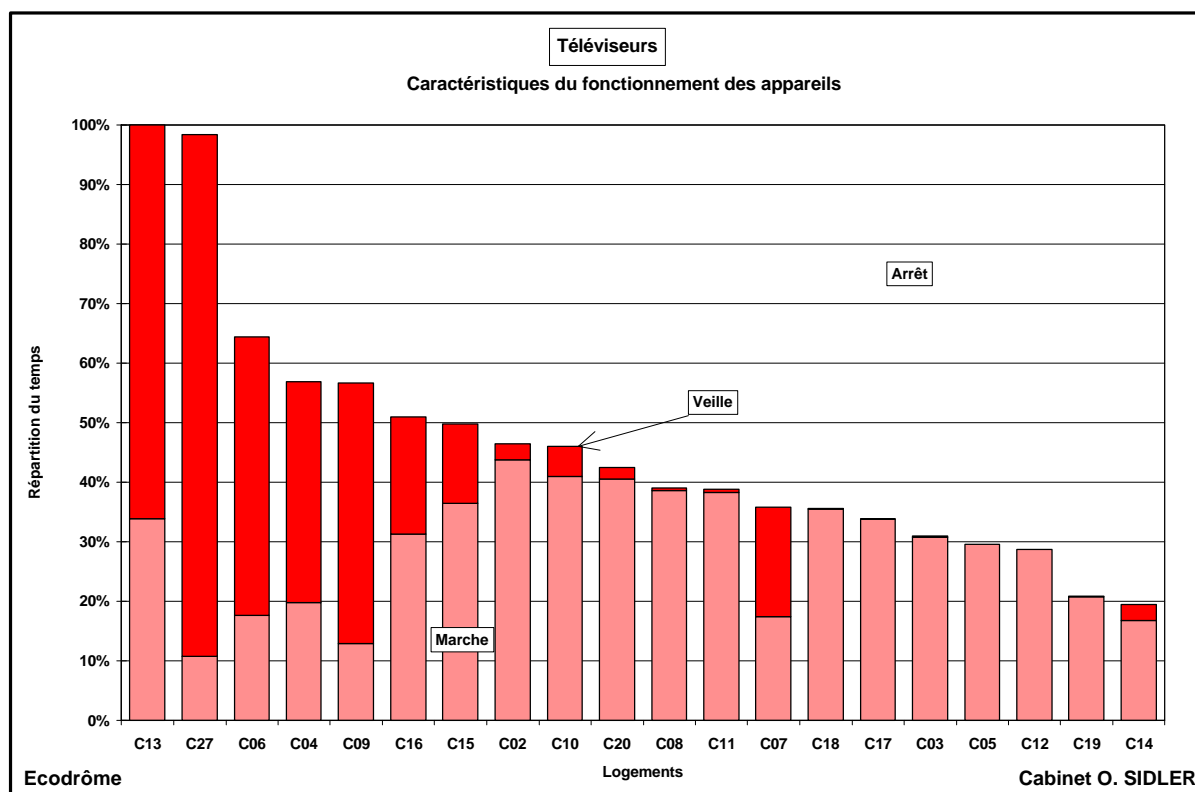


Figure 8.9 : répartition des temps de marche, arrêt et mise en veille des téléviseurs.

Très peu de logements utilisent la veille en permanence. Ceci confirme l'observation déjà faite dans *Ciel*. Afin de mieux quantifier l'impact de la veille sur la consommation des appareils, on réutilisera le concept de « **taux de veille** » développé dans *Ciel*.

Le taux de veille se définit comme :

$$\text{Taux de veille} = \text{durée de veille} / (\text{durée de veille} + \text{durée d'arrêt})$$

C'est le rapport de la durée de veille à la durée de non-fonctionnement de l'appareil (la durée de non-fonctionnement est la somme de la durée de veille et de la durée d'arrêt).

La figure 8.10 fournit la répartition des appareils (tous types confondus) dont le taux de veille est supérieur ou égal à la valeur en abscisse, ainsi que la part de la consommation de veille dans la consommation totale, pour les appareils concernés.

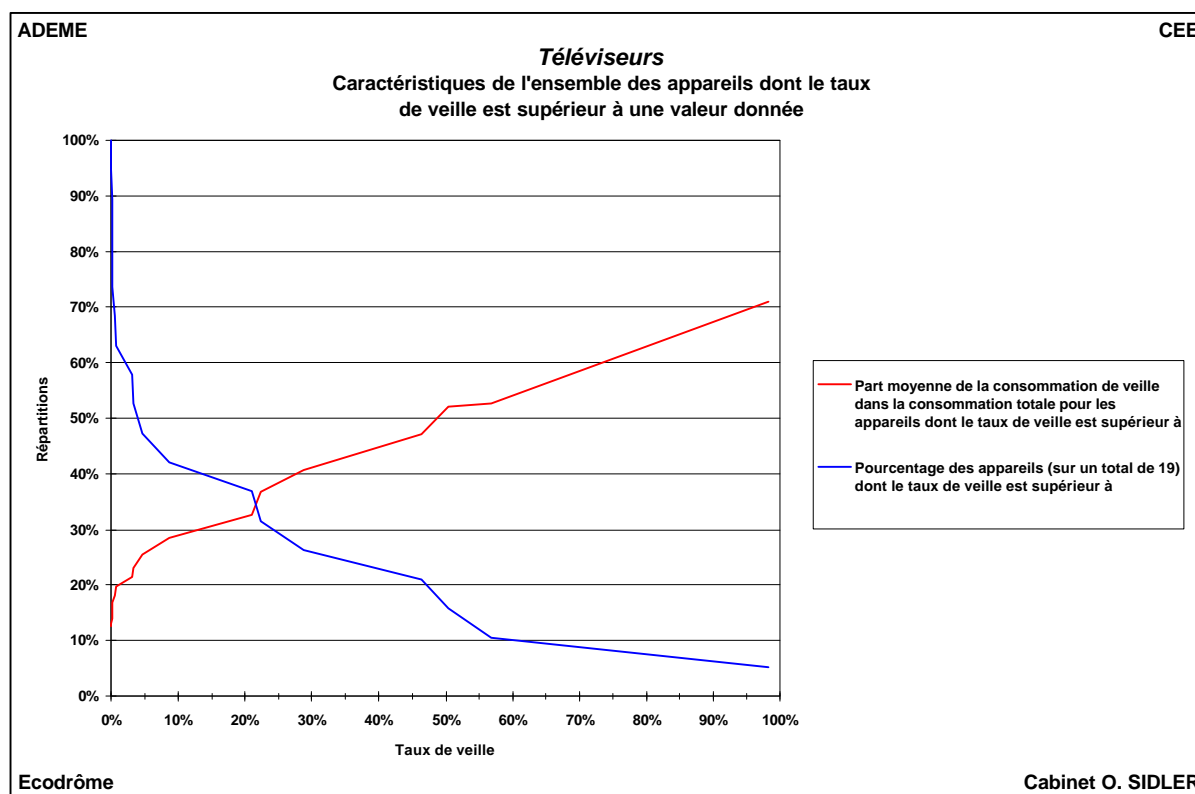


Figure 8.10 : caractéristiques de l'ensemble des téléviseurs dont le taux de veille est supérieur à une valeur donnée.

La lecture de ce graphique est la suivante : combien y a-t-il de téléviseurs dont la durée de mise en veille est au moins égale à 20 % du temps pendant lequel l'appareil ne fonctionne pas (c'est à dire dont le taux de veille est supérieure ou égal à 20 %). Réponse : 37 %. Et quelle est la part de la consommation de veille dans la consommation totale pour ces 37 % d'appareils ? Réponse : 33%.

Cette représentation permet de décrire tous les états intermédiaires du phénomène « veille », car la veille n'est pas une pratique permanente. On retiendra par exemple de ce graphique que :

- pour 30 % des téléviseurs la veille absorbe en moyenne 38 % de l'énergie totale,
- pour 10 % des téléviseurs la veille absorbe en moyenne 56 % de l'énergie totale,
- pour les téléviseurs utilisant la veille en permanence (soit 5 %), la consommation absorbée par celle-ci représente en moyenne 72% de la consommation totale,
- il y a 55 % d'appareils dont le taux de veille dépasse 55 %.

Ces résultats conduisent à des valeurs très différentes de ceux obtenus dans Ciel, et qui font apparaître un rôle beaucoup plus important de la veille dans le bilan des consommations.

Il reste enfin à examiner le problème de la saisonnalité de la veille. La figure 8.11 représente l'évolution du rapport de la consommation de veille à la consommation totale des téléviseurs, vue du réseau.

On observe que ce rapport est pratiquement stable tout au long de l'année et qu'il vaut en moyenne 12,9 %. Comme la consommation des téléviseurs est assez saisonnière, cela signifie que **l'usage de la veille connaît sensiblement les mêmes variations saisonnières que les téléviseurs.**

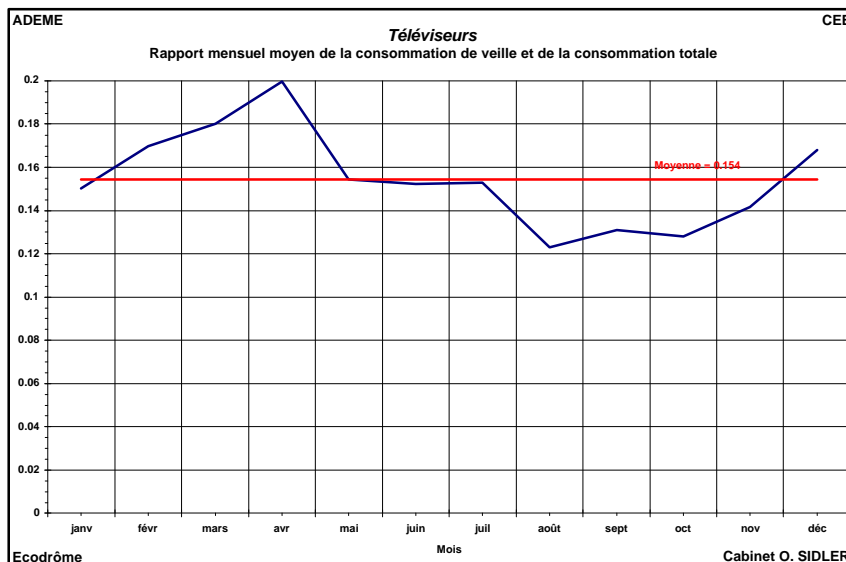


Figure 8.11 : variations mensuelles du rapport de la consommation de veille à la consommation totale des téléviseurs, vue du réseau.

Après la fin de la seconde année quelques conseils d'utilisation ont été donnés aux occupants (voir la liste en annexe 1) et parmi ceux-ci il était suggéré d'éviter l'usage de la télécommande de la TV. Il est très difficile d'évaluer l'impact des mesures de changement de comportement, mais il se trouve que sur l'usage de la télécommande, c'était possible.

Ainsi la figure 8.12 représente la part des veilles la première et la seconde année dans la consommation totale des TV, ainsi que l'économie éventuelle réalisée la seconde année par la suppression de l'usage de la télécommande.

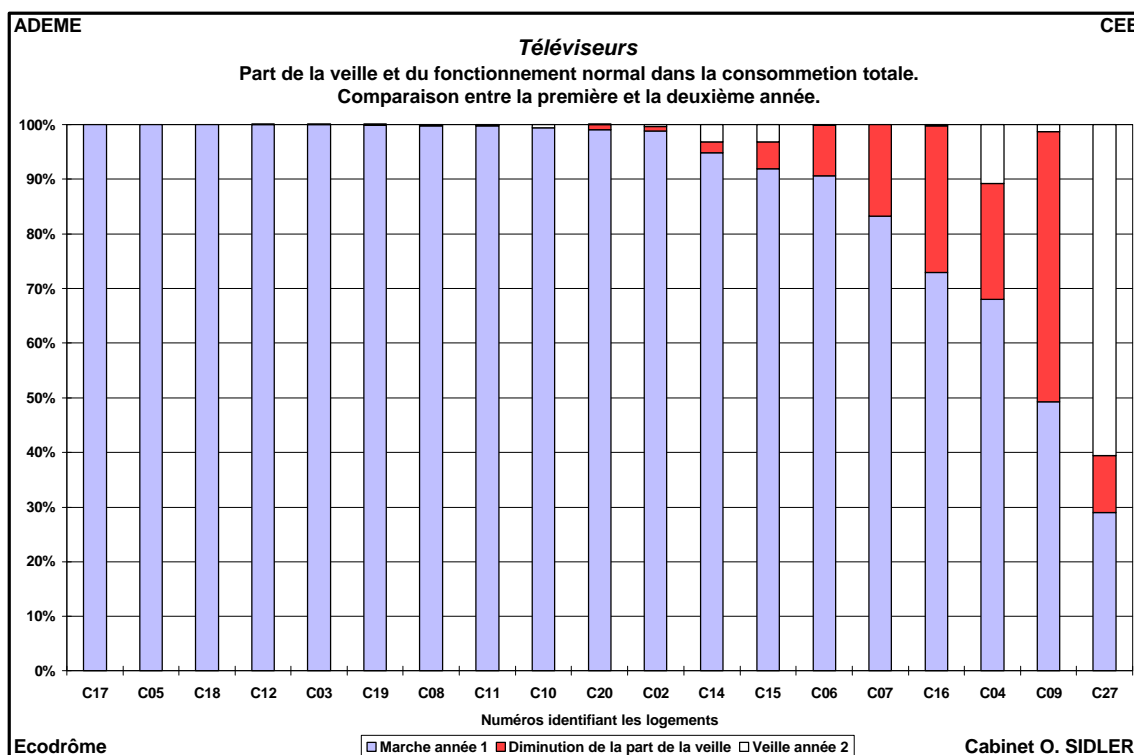


Figure 8.12 : part de la veille dans la consommation totale des TV avant et après conseils d'utilisation

On observe que d'une manière générale, tous les logements ont tenu compte des conseils prodigués. En majorité ils ont même presque supprimé le phénomène, à l'exception des occupants « irréductibles » comme ceux du logement n° 27. Mais ceux-ci semblent peu nombreux.

En conclusion de cette observation, qu'il faudra confirmer, on note que **les conseils d'utilisation sont effectivement pris en compte par les utilisateurs, notamment lorsqu'ils sont très simples à mettre en oeuvre et lorsqu'ils ne heurtent pas un besoin fondamental. Ceci est assez encourageant et milite pour des campagnes d'information des usagers.**

8-1-5 Consommations annuelles comparées

Avec seulement des conseils d'utilisation, et malgré le remplacement des appareils existants par des appareils plus consommateurs, il était intéressant de voir l'évolution de la consommation la seconde année. La figure 8.13 montre qu'on a divisé la consommation de la première année par un facteur 1.04, ce qui est plutôt une bonne surprise, même si cela ne représente pas grand chose. En effet, comme on a vu que la durée de fonctionnement des téléviseurs n'a pas changé d'une année sur l'autre, cela signifie que c'est bien la réduction de consommation due à la suppression de l'usage de la télécommande qui a engendré cette économie.

Il faut aussi noter que seul un des nouveaux téléviseurs, sur les cinq remplacés, a consommé moins que le téléviseur existant (qui avait, il est vrai, plus de dix ans).

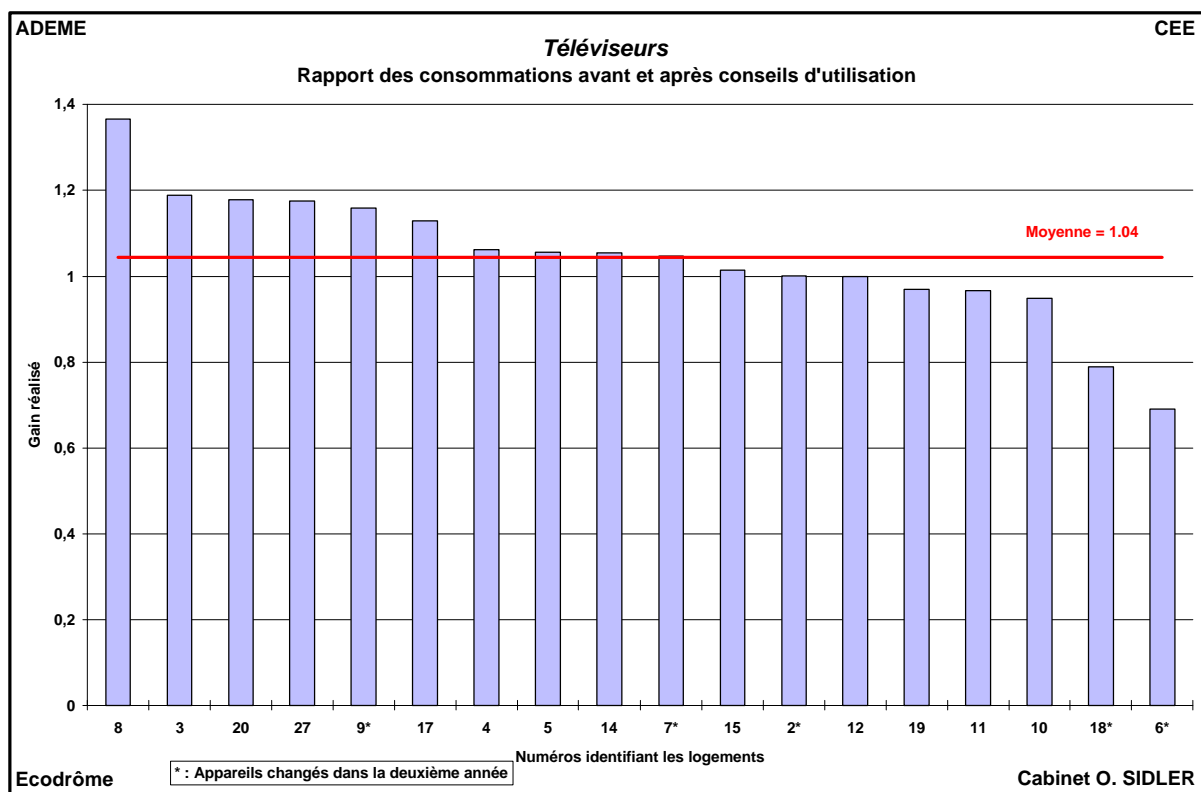


Figure 8.13 : rapport des consommations des téléviseurs avant et après conseils d'utilisation

Relevons aussi que dans l'une des familles le téléviseur en place (diagonale 70 cm), très âgé, a été changé après la première année. Il a été remplacé par un appareil de diagonale 36 cm! La consommation a été divisée par 2.33 entre la première et la seconde année. Ce logement, du fait de cette disparité, n'a pas été pris en compte pour l'analyse des téléviseurs.

8 - 2 ETUDE DES VEILLES DU SITE AUDIO-TELEVISUEL

En marge des campagnes d'instrumentation faites avec le système Diace, dont les caractéristiques ne permettaient alors pas toujours la mesure des puissances inférieures à 10 W, on a entrepris d'autres mesures avec un appareillage plus approprié. Ces mesures sont uniquement des mesures de puissance sur des appareils en veille. Mais comme ces appareils sont très souvent en veille permanente, il est aisé de déterminer la consommation annuelle correspondante.

Ce que nous avons baptisé « site audio-télévisuel » regroupe dans chaque logement :

- le téléviseur principal,
- le magnétoscope,
- le démodulateur d'antenne satellite,
- le décodeur Canal Plus,
- l'amplificateur d'antenne individuelle,
- la chaîne HiFi.

Tous ces appareils ont, ou peuvent avoir, des consommations de veille. Le tableau de la figure 8.14 a été établi à partir de relevés sur environ 25 logements. On trouvera les valeurs extrêmes des puissances mesurées ainsi que la valeur moyenne, et le calcul des consommations annuelles induites par ces puissances extrêmes à partir de durées de fonctionnement supposées.

| Appareils | Veille (W) min/max | Veille (W) moyenne | Temps de veille quotidien (h) | Conso annuelle (kWh/an) |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| TV | 8 à 13 | 9,9 | 18 | 53 à 86 |
| Magnétoscope | 5 à 19 | 10,8 | 23 | 42 à 160 |
| Amplificateur antenne indiv. | 1 à 2 | 1,4 | 18 | 7 à 14 |
| Décodeur Canal + | 10 à 14 | 12,2 | 22 | 80 à 112 |
| Démodulateur antenne satellite | 14 à 15 | 14,8 | 18 | 92 à 98 |
| Chaîne HiFi | 0 à 21 | 7,5 | 23 | 0 à 184 |
| Total (kWh/an) | | | | 274 à 654 |

Figure 8.14 : consommations de veille de l'ensemble audio-télévisuel

Sans remettre en cause l'intérêt ou non de la télécommande marche/arrêt des téléviseurs et de la qualité du service rendu, on peut objecter qu'il doit être possible de faire beaucoup mieux en terme de consommation. Au demeurant, le constructeur Nokia a déjà mis sur le marché un dispositif permettant de ramener à 0,2 W la consommation de veille des télécommandes.

Malheureusement ce système ne se vend pas car le public n'en est pas demandeur en France, et il n'est pas demandeur notamment parce qu'il n'est pas informé.

Mais que dire des veilles constatées sur les autres appareils du site audio-télévisuel ? Elles ne rendent aucun service et ne constituent que des consommations, donc des dépenses qui n'ont certainement pas lieu d'être. A titre d'exemple, dans l'un des vingt logements sociaux suivis dans *Ecodrôme*, nous avons mesuré une puissance de veille du site audio-télévisuel de 54 W (TV (0 W), magnétoscope (9W), HiFi (16W), démodulateur d'antenne satellite (15W), décodeur C+ (13 W), amplificateur d'antenne individuelle (1 W)), soit une consommation annuelle de 446 kWh après déduction des temps de fonctionnement des différents appareils, alors que la totalité des besoins en électricité du foyer ont été de 2853 kWh/an avec les appareils électroménagers d'origine et de 2174 kWh/an avec les appareils performants. **Ainsi dans ce logement, la veille du site audio-télévisuel a absorbé 15,6 % de la consommation annuelle la première année et 20,5 % la seconde, soit aussi 340 F/an. Pour un service rendu nul.**

Le niveau de ces consommations justifie une action en profondeur. On vient de voir que le gisement individuel peut se situer entre 4 et 500 kWh/an sans difficulté. Le tableau de la figure 8.15 indique, compte tenu de la taille du parc français, le gisement d'économie national immédiatement mobilisable (pas de travaux, pas d'investissement !) sur ces différents appareils.

| Appareils | Economie moyenne par logement kWh/an | Gisement national TWh/an |
|-----------------------------------|--|--------------------------|
| Magnétoscopes | 118 | 1,75 |
| Décodeurs Canal + | 96 | 0,48 |
| Démodulateurs d'antenne satellite | 95 | 0,95 |
| TV (veille) | de 0 à 145 moyenne rapportée au parc : 26 | 0,83 |
| Total | | 4,01 |

Figure 8.15 : gisement d'économie national autour des veilles du site « audio-télévisuel ».

Pour fixer les idées, le total de 4 TWh correspond à un peu plus de la moitié de la production d'une tranche de centrale nucléaire de 1300 MWe. Il représente aussi plus de 7 % de la consommation d'électricité spécifique du secteur résidentiel et 1% de la production électrique nationale.

Quelles solutions proposées pour réduire la consommation de ces veilles ?

On distinguera le cas des matériels existants de celui des matériels du futur.

Pour les matériels à venir, il faut impérativement que les constructeurs prennent en compte cette dimension nouvelle lors de la conception de leurs équipements. C'est un problème purement technique qui devrait assez rapidement trouver une solution.

Pour ce qui est de l'énorme gisement des appareils existants, il faut distinguer le cas des logements à construire, et celui des logements existants.

Rappelons d'abord que la solution la plus simple pour supprimer ces consommations de veille est de débrancher les appareils du secteur. Incidemment cette disposition a l'avantage de les protéger de la foudre, et évite leur usure consécutive au maintien sous tension. Y a-t-il un inconvénient à débrancher ces matériels ?

■ **magnétoscope** : on perd l'heure mais pas les chaînes qui sont enregistrées et peuvent rester ainsi plusieurs semaines en mémoire. Or il s'avère que très peu d'utilisateurs ont vraiment besoin de l'heure. C'est en général pour programmer en différé, mais la plupart de ceux que nous avons interrogés ne programment au mieux qu'une fois/mois. Dans ces conditions la remise à l'heure mensuelle de la pendule n'est pas une contrainte majeure. Signalons que certains appareils récents conservent désormais aussi l'heure en mémoire,

■ **décodeur Canal +** : le seul inconvénient potentiel est que lors d'un changement du code tous les mois l'appareil doit attendre l'envoi du signal par voie hertzienne, ce qui peut prendre une demi-heure maximum. Ne jamais retirer la clé magnétique,

■ **démodulateur d'antenne parabolique** : le problème est exactement le même que pour le magnétoscope et pour les mêmes raisons. Tout au plus faut-il reprogrammer l'heure de temps en temps,

■ **chaîne HiFi** : aucun inconvénient.

Il est évident que les utilisateurs ne s'astreindront pas volontiers à débrancher et rebrancher quotidiennement leurs appareils. D'autant moins volontiers que l'accès aux prises est souvent très malaisé. Il faudra donc trouver un moyen plus pratique. Deux solutions peuvent être proposées :

➡ en logement existant

Il suffira d'assurer l'alimentation du site par un bloc multiprise muni d'un interrupteur. Ces dispositifs se trouvent aujourd'hui dans les grandes surfaces pour environ 45F. Le temps de retour est de quelques mois. L'inter permet une coupure facile et unique de l'alimentation. A défaut d'une commande centralisée, on pourra toujours mettre sur chaque alimentation un interrupteur type lampe de chevet,

➡ en logement neuf

Dans tous les logements neufs, on livre à proximité de la prise pour antenne TV une prise de courant destinée au téléviseur. La solution la plus simple consiste à ce que cette prise de courant soit commandée par un interrupteur placé, comme celui de l'éclairage, à la sortie du séjour. En quittant la pièce le soir on pourra simultanément couper l'éclairage et l'alimentation du site audiovisuel.

Enfin, il paraît nécessaire et urgent de mieux informer et sensibiliser le public à l'existence de ces consommations fantômes. Une demande émanant du public est toujours mieux vécue par les constructeurs qu'une contrainte réglementaire ■

CHAPITRE 9 : LES CHAUDIERES

9 - 1 PRINCIPES DES MODIFICATIONS FAITES

Une des révélations de la première année de mesures (voir rapport intermédiaire) a été l'existence de consommations parfois très importantes sur les chaudières individuelles. L'origine de ces consommations a été bien identifiée : il s'agit du circulateur du circuit chauffage. En principe celui-ci n'a aucune raison de tourner lorsque le brûleur est à l'arrêt puisqu'il n'y a alors plus de chaleur à transférer. Mais dans la réalité on s'est aperçu que la plupart des circulateurs fonctionnaient 24h/24, ou dans le meilleur des cas, seulement le jour soit 16h/24.

La solution de ce problème est simple : il suffit que le circulateur soit asservi au thermostat d'ambiance, ce qui permettra simultanément la coupure du brûleur et du circulateur. Le bornier de toutes les chaudières murales mises aujourd'hui sur le marché permet cet asservissement. Quant aux chaudières individuelles au sol, le problème est le même et la solution identique.

En terme d'impact, *Ecodrôme* a permis de mesurer sur une année complète la différence qu'il pouvait y avoir entre une chaudière murale correctement et une chaudière mal câblée. Dans un cas la consommation annuelle a été de 501 kWh, dans l'autre de 59 kWh (pour tous les détails et les analyses sur la première année de suivi voir le rapport intermédiaire).

La seconde année il a donc été décidé de modifier sur toutes les chaudières pour lesquelles c'était possible, l'asservissement des circulateurs pour faire en sorte qu'ils s'arrêtent lorsque le thermostat d'ambiance n'était plus en demande. Cette disposition a concerné neuf des quatorze chaudières suivies. Sur les autres, deux seulement étaient correctement asservies, et trois ne pouvaient pas être modifiées, à cause de leur conception. Rappelons que l'asservissement du circulateur est toujours possible :

- ↳ s'il y a un thermostat d'ambiance (ce qui est pratiquement toujours le cas dans les installations neuves depuis 1989 en France),
- ↳ si la régulation de l'installation n'est pas assurée par une vanne trois voies motorisée avec sonde de température extérieure et sonde de départ (dispositif très rare en installation individuelle).

Enfin, il faut signaler qu'il y avait encore 5 chaudières, non suivies, qui présentaient une autre particularité : leur circulateur était correctement asservi, mais c'était des chaudières à ventouse et elles possédaient une veilleuse, si bien que le ventilateur de la ventouse fonctionnait 24h/24, consommant ainsi entre 160 et 180 kWh/an. Pour ces chaudières non plus on n'a rien pu faire, mais de toute façon nous ne les avons pas instrumentées.

9 - 2 CONSOUMATIONS ANNUELLES COMPAREES

La figure 9.1 représente la consommation des chaudières la première et la seconde année, en distinguant celles qui ont été modifiées, et celles qui n'ont pas été modifiées.

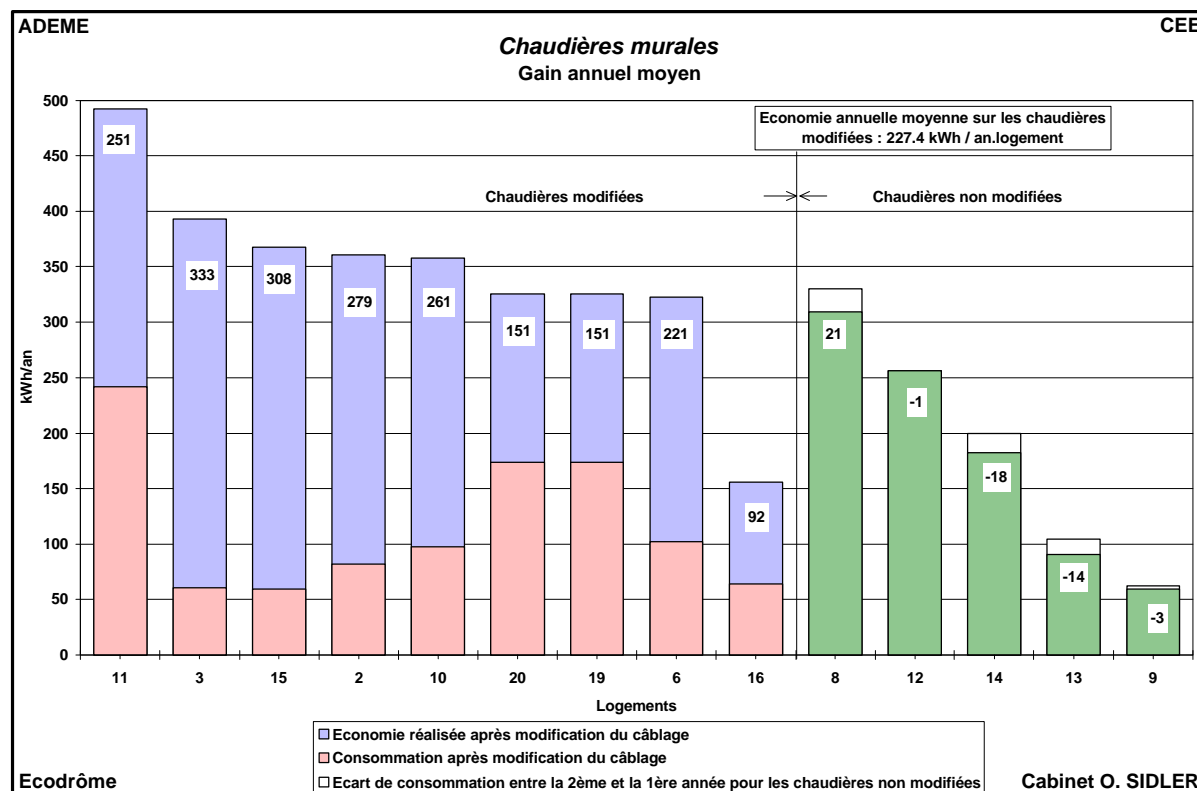


Figure 9.1 : économie de consommation des chaudières entre la première et la seconde année

On peut faire plusieurs remarques :

■ **l'économie moyenne sur les chaudières modifiées a été de 227 kWh/an.**

■ cette économie est très inégale : certains logements ont économisé plus de 330 kWh/an et d'autres même pas 100. Ceci est dû pour une part aux différentes technologies de chaudières, mais également aux habitudes des usagers. Le cas du logement n° 11 a permis de révéler un problème particulier : Toutes les chaudières possèdent un aquastat qui sert, lorsqu'elles ne sont pas pilotées par un thermostat d'ambiance, à contrôler le niveau de la température et donc la régulation du circuit chauffage. Si on asservit le circulateur au thermostat d'ambiance, il faut bien veiller à mettre l'aquastat dans une position où il ne puisse pas nuire, c'est à dire au maximum. Faute de quoi, comme on l'a constaté, le thermostat est en demande mais l'aquastat placé trop « bas » n'autorise pas la montée de la température d'eau et coupe la chaudière. Et le circulateur continue à tourner bien que le brûleur soit à l'arrêt, puisque le thermostat, rendu impuissant, est toujours en demande...Ceci est l'explication de la très mauvaise réduction de consommation engendrée dans le logement n° 11 par l'asservissement du circulateur au thermostat. **Une solution serait de pouvoir asservir le circulateur non pas au thermostat d'ambiance mais au fonctionnement du brûleur,**

■ le cas du logement n° 20 était encore différent : il n'y avait pas de thermostat d'ambiance la première année. On en a posé un pour la seconde année.

■ la consommation des chaudières non modifiées a légèrement augmenté la seconde année, de 11 kWh seulement.

■ pour les chaudières dont le circulateur est correctement asservi et qui n'ont pas présenté de particularités fonctionnelles ou d'anomalies diverses, **la consommation annuelle moyenne est de 79 kWh/an. C'est cette valeur qui peut être retenue comme représentative de ce que devrait être la consommation électrique des chaudières murales.**

La figure 9.2 montre que la consommation des chaudières modifiées a été divisée par 3.57 la seconde année.

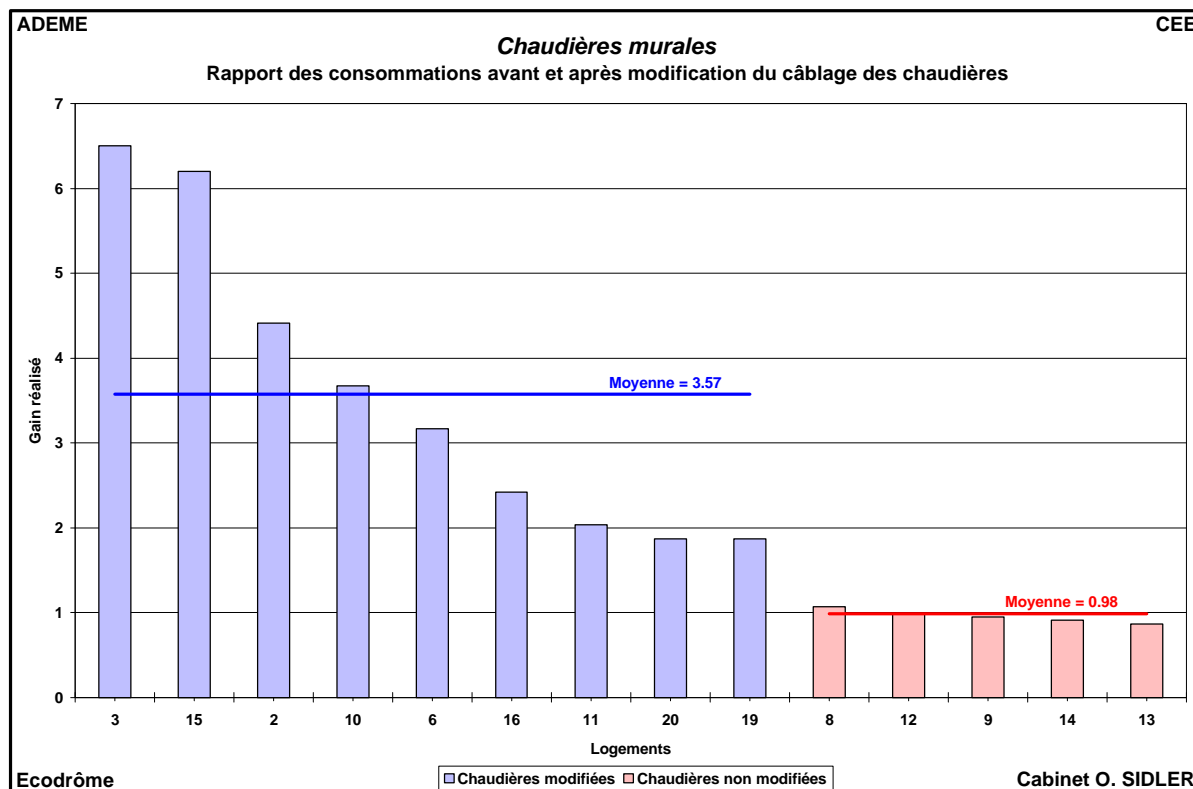


Figure 9.2 : rapport des consommations avant et après modification du câblage des chaudières

La distinction entre chaudières modifiées et non modifiées a été maintenue. Pour ces dernières le coefficient est évidemment voisin de 1.

Il faut noter encore une fois les variations considérables qui peuvent exister d'un logement à l'autre. Ainsi dans le logement n° 3 la réduction de consommation est-elle de 6.5, alors qu'elle est voisine de 2 dans les logements qui ont le moins gagné. Pour le logement n° 3, le niveau de consommation finale, 60 kWh/an est tout à fait normal, ce qui laisse penser que c'est bien le niveau de départ qui posait problème. Et à ce sujet, il faut rappeler que si l'utilisateur n'arrête pas la fonction « chauffage » de sa chaudière en été, ou bien l'arrête un peu tard dans la saison, le circulateur continue à consommer. De ce point de vue l'asservissement du circulateur au thermostat d'ambiance constitue la meilleure protection contre l'oubli et ...les surconsommations induites.

Le problème de la consommation des ventouses a été évoqué brièvement dans ce qui précède. Les figures 9.3 et 9.4 permettent de se rendre compte de l'impact de la consommation d'une ventouse, par comparaison à une chaudière sans ventouse. Dans l'exemple qui suit la chaudière à ventouse est un modèle datant de 1980 alors que la chaudière sans ventouse est récente et apparemment plus performante.

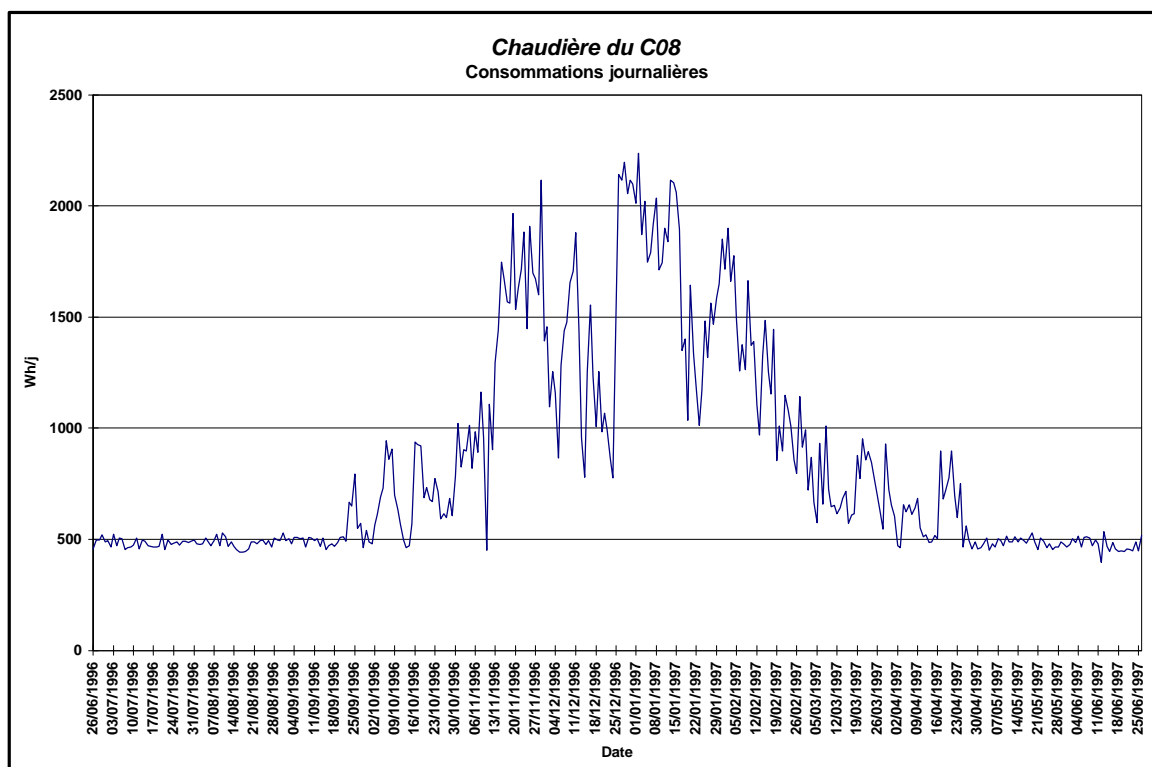


Figure 9.3 : variation de la consommation journalière d'une chaudière à ventouse sur une année

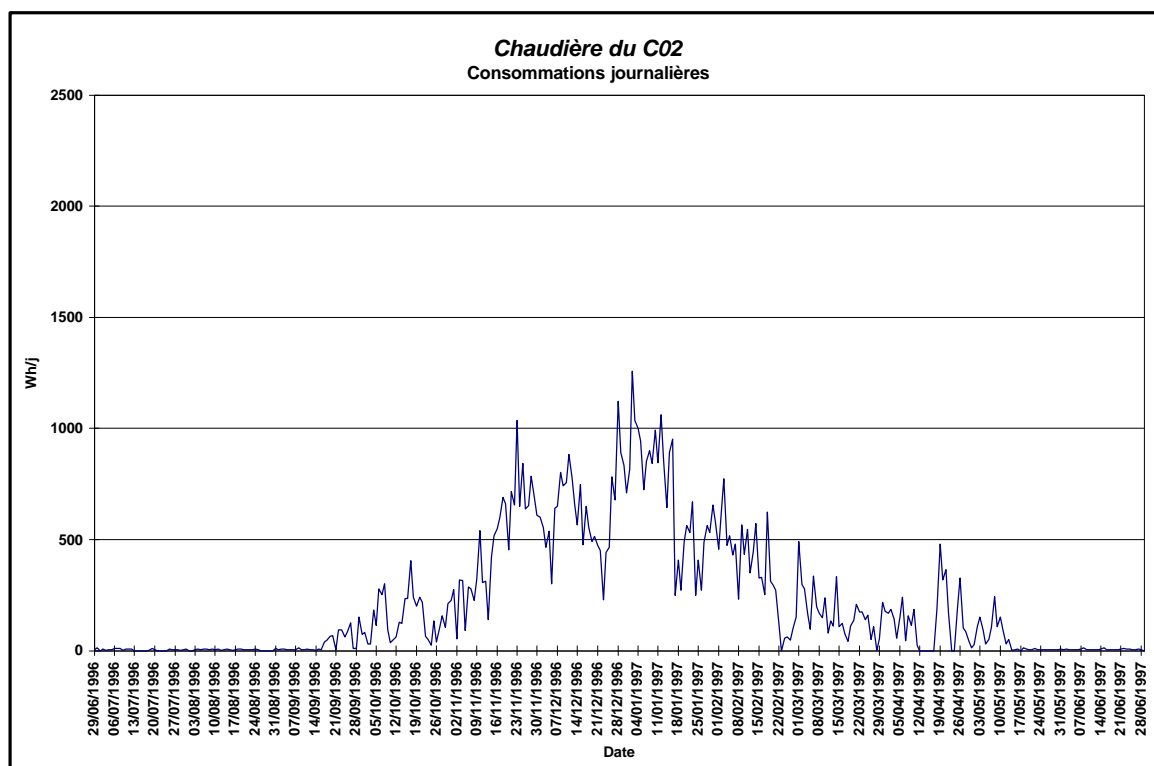


Figure 9.4 : variation de la consommation journalière d'une chaudière avec conduit de fumées (donc sans ventouse) sur une année

L'effet de la ventouse est de créer une consommation « de base » de 0,5 kWh/j toute l'année à laquelle s'ajoute en période de chauffe la consommation de la fonction chauffage. On vérifie que le circulateur est correctement asservi puisque la consommation de base est alors inchangée.

On note aussi que la consommation quotidienne maximum de ce type de chaudière peut atteindre environ 2,25 kWh. Globalement sur un an la chaudière précédente a consommé 330 kWh, dont environ 180 kWh par la ventouse.

En revanche le profil annuel de consommation de la chaudière sans ventouse est beaucoup plus proche des variations climatiques : la consommation est pratiquement nulle hors saison de chauffage (seule la fonction eau chaude sanitaire consomme un peu). La consommation quotidienne maximum ne dépasse pas 1,3 kWh, et le total annuel est de 80 kWh.

On voit que la technologie des chaudières joue un rôle très important dans la consommation finale : avec ou sans ventouse, avec ou sans veilleuse, niveau de puissance du circulateur, nature exacte des asservissements internes à la chaudière, etc.

Recommandation aux constructeurs : si la consommation électrique n'est pas la priorité d'une chaudière, elle ne doit pas pour autant être négligée, car par le jeu des tarifs respectifs des énergies, le coût de l'électricité consommée par une chaudière en logement social peut atteindre 20% du coût du combustible. Il faut donc privilégier toutes les solutions réduisant la consommation électrique, depuis la suppression de la veilleuse des chaudières à ventouse, à l'asservissement quasi systématique du circulateur au thermostat d'ambiance, en passant par le choix des composants de contrôle-commande les plus sobres, etc.

9 - 3 DISTRIBUTIONS COMPAREES DES PUISSANCES APPELLES

La figure 9.5 représente les distributions comparées des puissances appelées par l'ensemble des chaudières pendant la saison de chauffage les années un et deux.

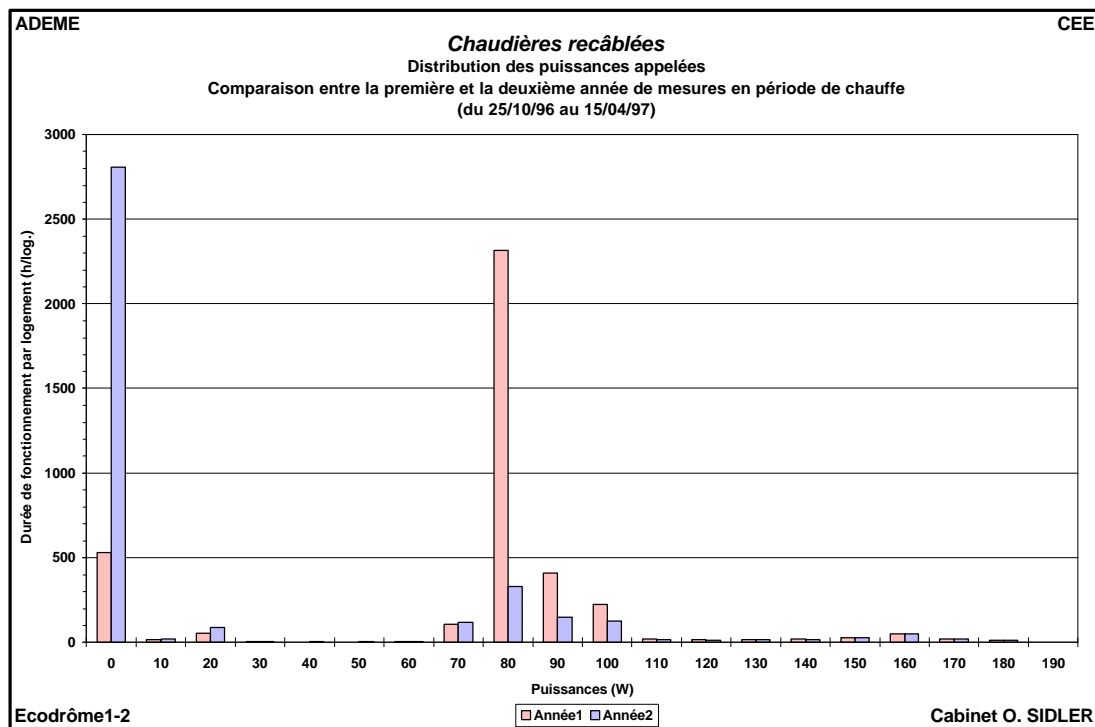


Figure 9.5 : distributions comparées des puissances appelées par les chaudières avant et après asservissement du circulateur

Alors que la première année, le mode dominant était de très loin le mode centré sur 80 W (puissance des circulateurs), il est en seconde année centrée sur la classe 0. En première année la puissance est supérieure ou égale à 65 W pendant 75% de la saison de chauffe, alors qu'en seconde année elle ne l'est que pendant moins de 18%. La consommation de la chaudière est nulle 12 % de la saison de chauffage en première année, contre 68,5% en seconde année.

L'intérêt de l'asservissement du circulateur est donc sans conteste une solution intéressante d'un point de vue Maîtrise de la Demande d'Electricité. Elle l'est pour le particulier. Elle l'est également pour le distributeur et le producteur pour lesquels, comme on l'a vu au chapitre 4, la réduction de la puissance appelée par les chaudières individuelles est précieuse aux heures de pointe du soir.

9 - 4 SAISONNALITE DES CONSOMMATIONS

Rappelons que toutes les chaudières étudiées sont du même type : double service (chauffage/eau chaude) 23kW, sans ballon de stockage. La figure 9.6 représente les variations saisonnières de la consommation journalière des chaudières murales telles qu'elles étaient la première année (chaudières asservies et non asservies mélangées). Cette situation (avant toute modification du câblage) est probablement à l'image de la situation dans le pays. On a fait figurer sur le même graphique la valeur moyenne pour l'ensemble des appareils, ainsi que la valeur particulière des deux chaudières extrêmes (n°11 et n°9). On pouvait s'en douter, la consommation électrique des chaudières est un phénomène extrêmement saisonnier. En moyenne, avec le câblage qui était en place, les consommations entre l'été et l'hiver varient dans un rapport 1 à 10.

Mais l'allure des variations est différente selon que le circulateur est ou non correctement asservi. En s'adaptant exactement aux besoins, le circulateur bien asservi connaîtra des extremums plus contrastés que le circulateur non asservi, ce qui est normal puisque celui-ci fonctionne en permanence. Les deux extrêmes de la figure 9.6 correspondent précisément à ces deux cas : pas d'asservissement dans le logement n°11, mais asservissement correct dans le logement n°9. L'une consomme 2 kWh/j en hiver, l'autre 5 à 6 fois moins.

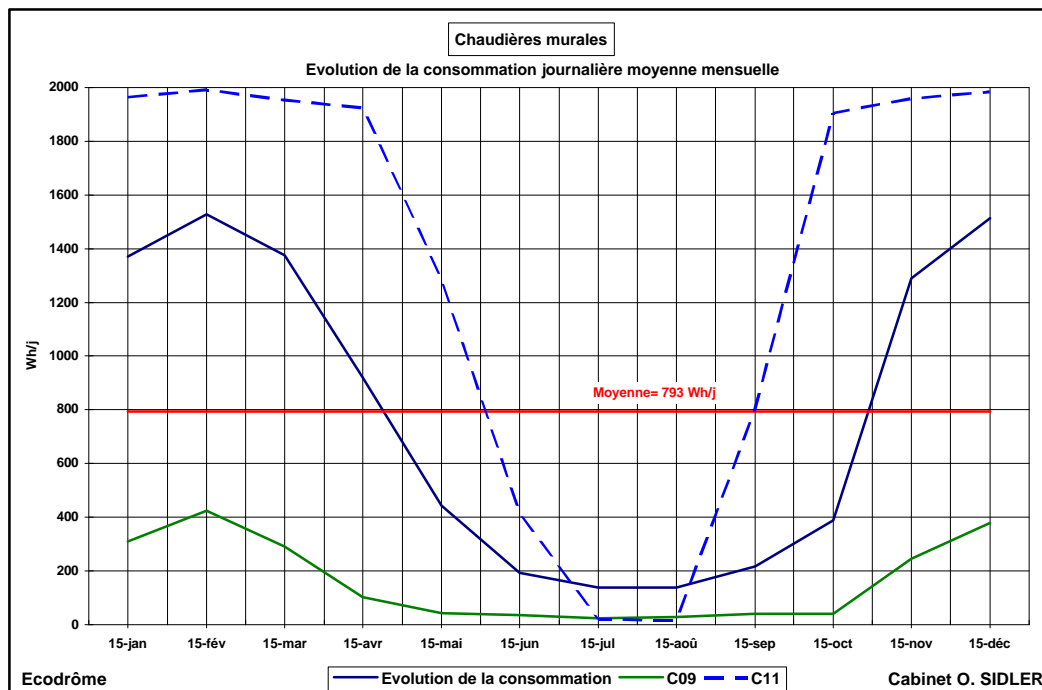


Figure 9.6 : évolution saisonnière de la consommation des chaudières.

Après les modifications de câblage, il ne restait plus la seconde année que deux catégories de chaudières :

- celles qui possédaient une ventouse avec veilleuse. Même à l'arrêt du brûleur on observe une puissance non nulle correspondant au fonctionnement du ventilateur de la ventouse (extraction des fumées).

- celles sans ventouse, ou avec ventouse mais sans veilleuse, dont on avait pu asservir le circulateur. Ces chaudières se caractérisent par l'arrêt total de la puissance appelée lorsque le brûleur est arrêté,

La saisonnalité de ces deux types de chaudières, observée durant la seconde année de mesures, est très contrastée comme le montrent les figures 9.7 et 9.8.

La figure 9.7 représente le cas des chaudières à ventouse et veilleuse. Les variations relatives de la charge sont peu importantes car même en été on observe une consommation journalière significative du ventilateur (environ 18 à 20 W). L'augmentation de la consommation relative en hiver est due au fonctionnement plus fréquent du circulateur (heureusement asservi au thermostat d'ambiance).

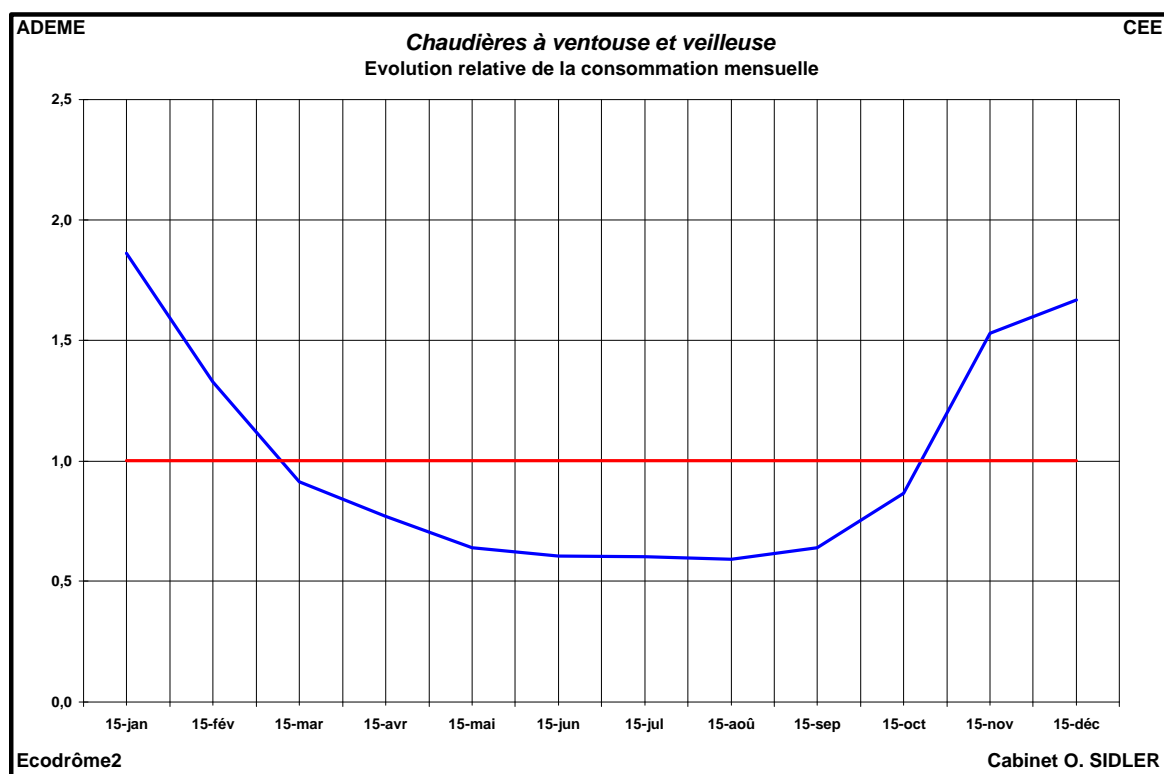


Figure 9.7 : chaudières bien asservies - saisonnalité des modèles à ventouse et veilleuse

La figure 9.8 montre le cas des chaudières sans ventouse ou avec ventouse mais sans veilleuse, correctement asservie.

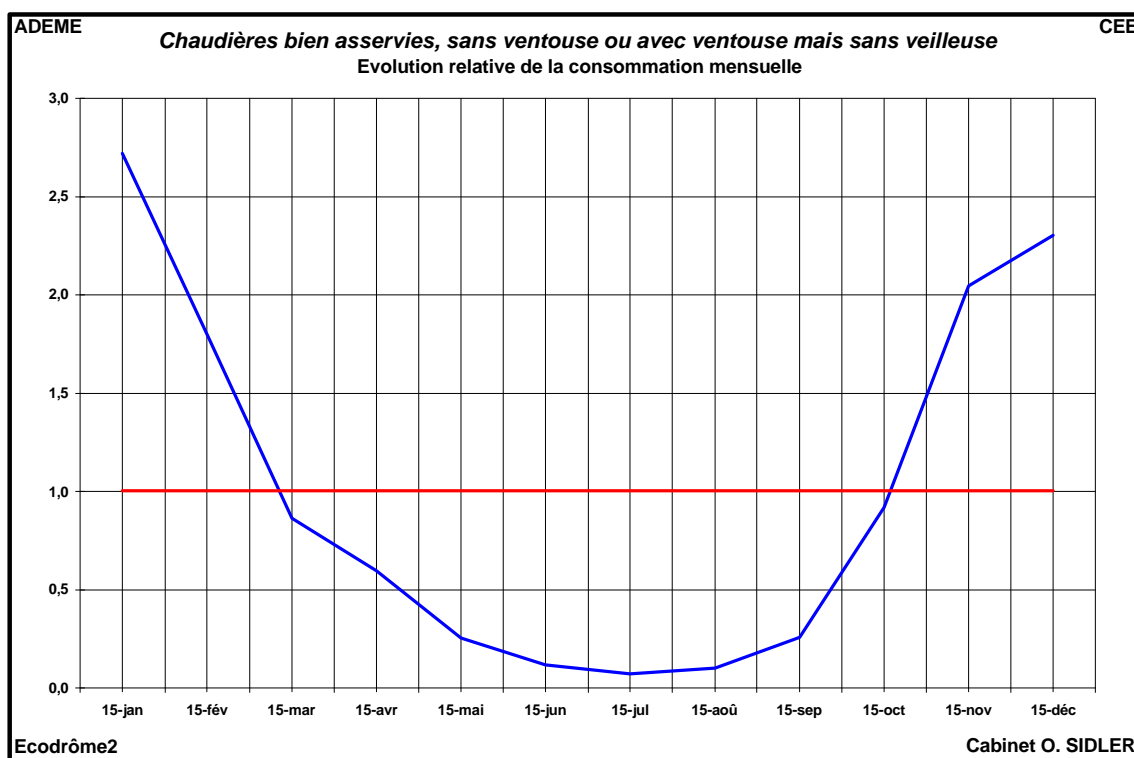


Figure 9.8 : chaudières bien asservies - saisonnalité des modèles sans ventouse, ou avec ventouse mais sans veilleuse

On observe cette fois une importante saisonnalité consécutive à la très faible consommation estivale des chaudières d'une part, et à une consommation hivernale parfaitement adaptée aux besoins (donc maximum en décembre et janvier). C'est aussi cette solution technique qui correspond aux plus faibles consommations annuelles (entre 60 et 80 kWh/an), le ventilateur de la ventouse consommant à lui seul dans les autres cas 160 kWh/an.

9 - 5 VARIATIONS MENSUELLES DE LA CHARGE HORAIRE

Les explications sur la manière dont ont été obtenues les courbes qui suivent et la façon de les interpréter figurent au § 4.2. Toutes les valeurs numériques à l'origine des figures de ce § se trouvent en annexes 2 et 3.

La figure 9.9 représente les variations mensuelles de la charge horaire des chaudières pendant la première année (données en annexe 2).

On observe que :

■ il existe dans une tranche horaire déterminée une variation annuelle des besoins horaires qui peut atteindre 1 à 14 (voir la tranche 6/7h),

■ on distingue parfaitement le profil des consommations en hiver et en été. Pour l'hiver le ralenti de nuit conduit à une réduction de la puissance appelée d'environ 40%. La tranche 6/7h est l'heure de remise en route de toutes les chaudières, avec souvent de la production d'eau chaude. C'est donc l'heure de la pointe journalière. Puis les besoins décroissent ensuite régulièrement jusqu'au soir où les soutirages d'eau chaude occasionnent une petite pointe secondaire. Pour l'été le niveau appelé est très faible et très stable au cours de la journée,

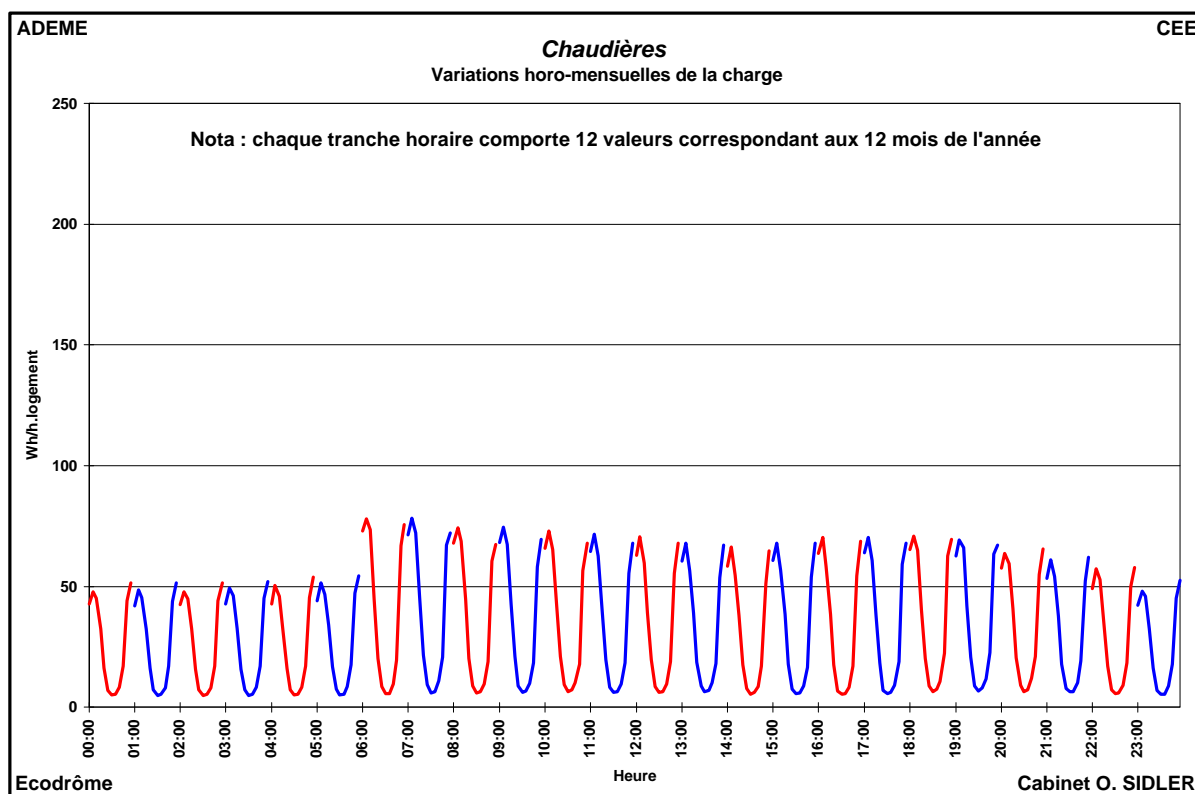


Figure 9.9 : variations mensuelles de la charge horaire des chaudières pendant la première année

Une analyse plus fine permet de déterminer les pointes spécifiques des chaudières chaque mois. On retiendra de cette analyse que :

- pour tous les mois de la saison de chauffage, l'heure de pointe spécifique des chaudières se situe entre 6 et 8h sans exception. C'est l'heure de la relance matinale du chauffage. En revanche en été, l'heure de pointe se trouve entre 19 et 21h. Elle correspond aux besoins de production d'eau chaude,
- globalement les variations de la consommation horaire au cours d'une journée ne sont pas très importantes comparées à d'autres appareils : de 1 à 1,7 dans le cas le plus défavorable,
- les besoins sont beaucoup plus stables au cours d'une journée en été qu'en hiver.

On a vu au § 4 le rôle important que jouait l'alimentation électrique des chaudières dans la charge globale (usages spécifiques seuls) de logements dotés de chaudières individuelles. La figure 9.10 permet de préciser ce rôle en représentant les variations horo-mensuelles de la contribution des chaudières à la charge globale durant la première année.

On constate que :

- cette contribution est maximum le matin en hiver entre 6 et 7h où elle représente 30 % de la charge globale,
- la contribution des chaudières en soirée se situe en hiver entre 15 et 20 %. La chaudière est le troisième poste dans la charge globale en soirée, après l'éclairage et le poste froid,

■ à l'heure de pointe du matin, **entre 11 et 12h**, la chaudière représente pour les mois les plus froids 20 % de la charge globale. **Elle est alors le second poste, avec les lave-linge, dans la charge globale, après le poste froid,**

■ en hiver la part de la chaudière dans la charge globale est croissante durant la nuit passant de 20 % à environ 30 % entre 6 et 7h (ce qui est normale car les autres usages sont peu nombreux), puis retrouve un régime de « croisière » toute la journée autour de 20 %, pour chuter en soirée vers 15 %. Ces variations s'expliquent bien si l'on considère l'évolution de la consommation des chaudières d'une part et celle des besoins globaux, plus importants le soir qu'en matinée.

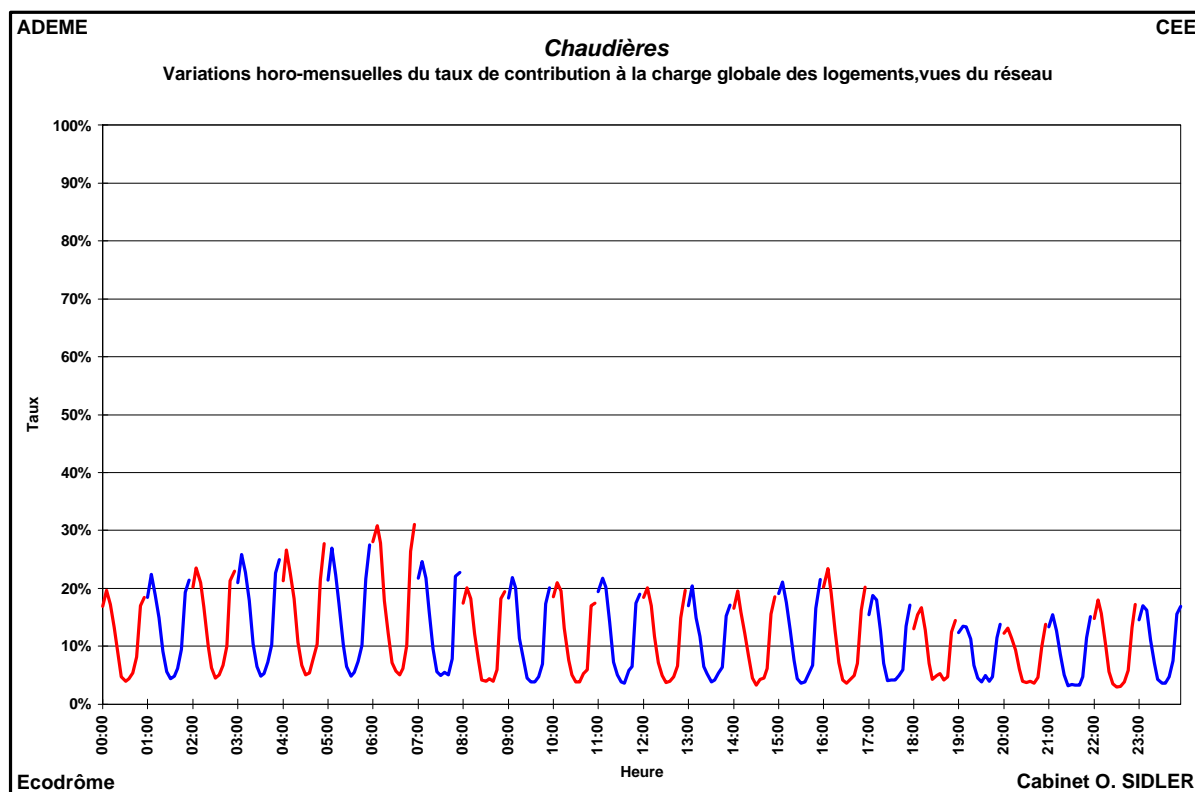


Figure 9.10 : variations horo-mensuelles de la contribution des chaudières à la charge globale.

Le rôle des chaudières dans la charge globale peut surprendre tant on a dans l'idée que leur puissance électrique est négligeable. Mais cette puissance est appelée pratiquement en permanence avec le mode de câblage actuel des circulateurs. Il en est de même du poste froid. Le mérite d'*Ecodrôme* aura été de montrer que ce ne sont pas forcément des appareils de forte puissance qui constituent la charge mais des appareils de faible puissance fonctionnant en permanence dont les meilleurs exemples sont la production de froid et l'alimentation électrique des chaudières.

La figure 9.11 représente le rapport des variations horo-mensuelles de la charge entre la seconde et la première année. On observe que :

■ le rapport est d'autant plus faible (donc « meilleur ») que la chaudière ne sert qu'au chauffage, et que l'usage chauffage est modéré : donc la nuit, en mi-journée et en mi-saison. En effet, l'asservissement du circulateur ne sert à rien lors de la production d'eau chaude d'une part, et il est pleinement bénéfique lorsque les besoins en chauffage ne sont pas très importants et que par voie de conséquence les temps d'arrêt du circulateur le sont,

■ l'asservissement du circulateur n'a pas d'effet sur la consommation en été puisque tous les usagers (de l'échantillon) l'arrêtent de mai ou juin à octobre. C'est la raison pour laquelle durant la période estivale, le rapport des charges (qui sont d'ailleurs assez faibles en cette période), est fréquemment supérieur à 1,

■ en moyenne la réduction de la charge varie entre 0.6 et 0.7 au cours de l'année, ce qui confirme les réductions de consommations observées aux paragraphes précédents.

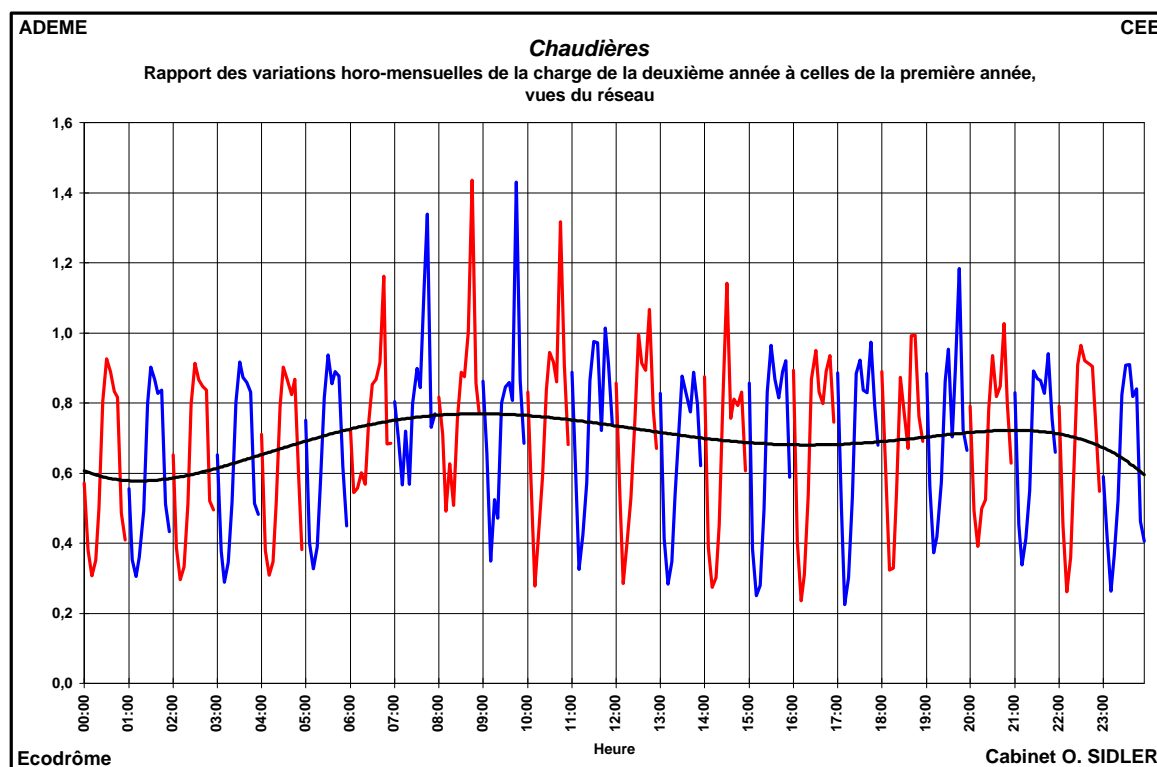


Figure 9.11 : rapport des variations de la charge des chaudières de la deuxième année à celle de la première

9 - 6 INFLUENCE DE L'ASSERVISSEMENT DES POMPES SUR LE CONFORT

On peut se demander si l'asservissement des pompes n'a pas des conséquences néfastes sur le confort dans les logements. On entend parfois dire qu'un brassage permanent devait être assuré par la pompe pour « homogénéiser » la distribution de chaleur.

Mais ceci n'est pas fondé. En effet le rôle du circulateur est avant tout de transférer la chaleur produite sur le corps de chauffe vers les émetteurs où elle doit être dissipée. A l'arrêt du brûleur, il n'y a plus rien à transférer, ce qui justifie de ne pas faire tourner la pompe. On peut toutefois accepter que celle-ci continue à tourner quelques instants après l'arrêt du brûleur afin d'évacuer la chaleur résiduelle due à l'inertie du corps de chauffe.

Au moment où le brûleur s'arrête, il y a dans toutes les tuyauteries « aller » de l'installation une eau à température uniforme. Si l'installation est bien calculée, il y a dans toutes les tuyauteries de « retour » également une température uniforme (mais évidemment différente de l'aller). Dès lors il ne sert plus à rien de vouloir brasser l'eau du circuit de chauffage, car où qu'elle soit l'eau chaude va se refroidir et transmettre sa chaleur au logement. Le brassage n'est pas utile. Dans l'esprit de ceux qui le préconisent, il s'agit implicitement de compenser un mauvais équilibre thermo-hydraulique de l'installation de chauffage. Mais ce n'est pas le rôle d'une pompe, et surtout, contrairement à ce que l'on entend parfois, cette pompe n'a nullement la faculté de compenser le mauvais équilibre.

Qu'il puisse y avoir un déficit de confort si on asservit la pompe est aussi lié à l'idée que cet asservissement va induire des trains de chaleur vers les émetteurs. Mais ceci ne correspond pas à la réalité : puisqu'il n'y a plus de production de chaleur il ne peut pas non plus y avoir de trains de chaleur (donc d'à-coups) dans la distribution.

Les graphiques des figures 9.12 et 9.13 apportent une confirmation à ce qui précède. Ils ont été établis dans le même logement, le même jour de l'année (15 janvier) l'année 1 (circulateur non asservi) et l'année 2 (circulateur asservi).

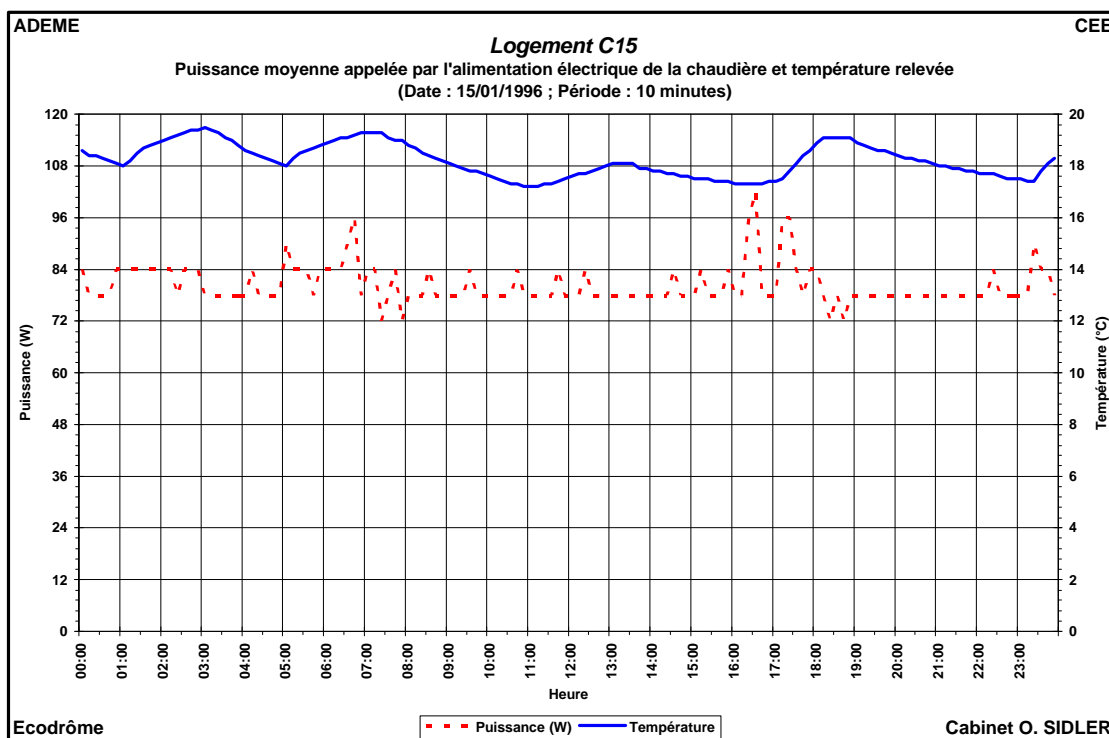


Figure 9.12 : température ambiante et consommation électrique de la chaudière 15 le 15/01/1996 (circulateur non asservi au thermostat d'ambiance)

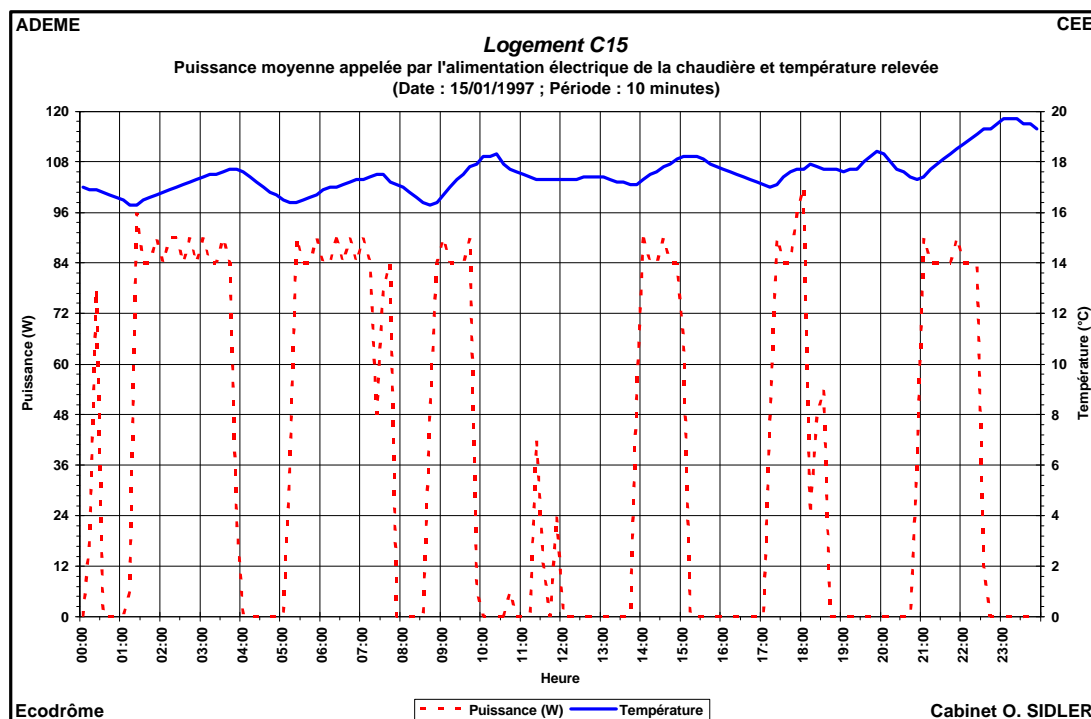


Figure 9.13 : température ambiante et consommation électrique de la chaudière 15 le 15/01/1997 (circulateur asservi au thermostat d'ambiance)

L'examen de ces graphiques, et notamment des variations de la température ambiante, montre surtout que la qualité du thermostat dans ce logement n'est pas très bonne (le différentiel est très élevé puisqu'on observe des fluctuations de température de 2°C autour de la valeur de consigne). Mais on voit surtout que la température en seconde année n'est nullement affectée par des variations plus importantes qui seraient liées aux démarrages et arrêts du circulateur.

Dans l'enquête d'opinion qui a été faite en fin d'opération, on a demandé aux usagers s'ils avaient ressenti des différences dans leur confort la seconde année : 50 % ont répondu « non », mais 40% ont répondu « oui ». Et l'une des causes (un peu inattendue) de ce « oui » est la diminution du bruit provoquée par l'asservissement du circulateur qui s'est mis à tourner beaucoup moins longtemps chaque année, et donc procurait....du silence.

En conclusion on peut affirmer de façon très claire et sans ambiguïté que l'asservissement des circulateurs de chaudières n'altère pas le confort thermique des logements mais qu'il aurait même plutôt tendance à en améliorer le confort acoustique.

9 - 7 COMMENT REDUIRE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DES CHAUDIERES INDIVIDUELLES ?

Remarque préalable : il est exact que la consommation électrique des chaudières est en partie récupérée par les logements et vient en principe en réduction de la consommation de chauffage. Mais il faut à ce sujet faire plusieurs remarques :

- cette récupération n'est possible que dans les pièces munies d'un dispositif individuel de régulation capable de couper l'alimentation du chauffage quand la consigne de température est atteinte. A défaut de ce dispositif, il n'y a aucune réduction de la quantité de combustible consommée, et seulement une élévation de la température dans les pièces,

- seules les pertes d'aubage du circulateur sont transmises directement à l'eau de chauffage. Toutes les autres consommations conduisent à un dégagement de chaleur dans la pièce où se trouve la chaudière. Si celle-ci est hors du volume chauffé, toutes les consommations électriques sont pratiquement perdues. En cas contraire on est ramené à la remarque précédente, et comme la chaudière est souvent dans la cuisine, que celle-ci est fréquemment en surchauffe, la récupération ne sera pas très efficace,

- enfin l'énergie récupérée vient certes en déduction des besoins de chauffage, mais c'est de l'électricité, donc une énergie très chère, alors que le prix des combustibles est en moyenne trois fois plus faible.

Il faut aussi rappeler que, par le jeu des tarifications, la consommation d'un circulateur mal asservi coûte aujourd'hui 15 à 20 % du montant total des frais de chauffage (combustible + électricité).

9.7.1 Les chaudières murales

L'alimentation électrique des chaudières murales sert essentiellement :

- au circulateur de l'installation de chauffage,
- au ventilateur d'extraction des fumées dans le cas des chaudières à ventouse,
- au circulateur de production d'eau chaude sanitaire lorsqu'il existe,
- au contrôle-commande de la chaudière.

Il n'y a que sur la consommation du circulateur de l'installation de chauffage que l'on peut agir pour faire de la MDE. Tous les autres postes de consommation sont liés à des choix

constructifs du fabricant et ne peuvent pas être modifiés. Mais quelles sont les consommations annuelles de ces différents postes ?

➤ le circulateur de l'installation de chauffage

Il est livré avec la chaudière et fait partie intégrante de celle-ci. Sa puissance est généralement ajustable par un plot permettant de sélectionner entre 2 ou 3 vitesses correspondant à des courbes de fonctionnement différentes. Bien souvent il est réglé en vitesse maximum, ne serait-ce que parce qu'en sortie d'usine l'habitude a été prise qu'il en soit ainsi. Mais c'est rarement la vitesse optimale et on pourrait généralement se contenter de la plus petite vitesse. Le choix de la vitesse maximum a plusieurs inconvénients majeurs d'un point de vue MDE :

↳ la pompe tournant plus vite consomme sensiblement plus d'énergie, et fait plus de bruit,

↳ le choix d'une courbe de fonctionnement inadaptée au réseau conduit à s'écarter de la zone de rendement maximum du circulateur, ce qui dégrade encore la consommation.

La première consigne est donc de choisir correctement la vitesse de la pompe de chauffage en commençant toujours par voir si la plus faible vitesse n'est pas suffisante (le mieux est évidemment de faire un calcul précis des pertes de charges).

La puissance d'un circulateur va, en fonction de la vitesse de réglage, de 30 à 80 voire 100 W. Rappelons que le rendement de ces appareils est extrêmement faible, culminant à 10 ou 13 % au maximum, mais se situant généralement autour de 5 % au point de fonctionnement effectif. Les causes de ces valeurs sont doubles. Il y a d'abord la technologie du moteur électrique asynchrone chemisé dont les pertes augmentent lorsque la puissance utile diminue. Il y a ensuite les pertes « d'aubage » liées à l'écoulement fluide autour de la turbine. Une turbine dont le profil est mal optimisé transformera l'énergie mécanique non pas en mouvement du fluide mais en chaleur (par frottement). Ces rendements (électromécanique et hydraulique) valent tous les deux au maximum entre 30 et 35 %, leur produit correspondant au rendement global de la pompe (soit environ 10 %).

Pour réduire la consommation des circulateurs il y a donc deux pistes :

■ ne les faire tourner que lorsque c'est nécessaire

C'est le principe le plus élémentaire. Il suffit pour cela d'asservir le fonctionnement du circulateur au thermostat d'ambiance. Ceci ne peut évidemment être mis en oeuvre que :

↳ s'il y a un thermostat d'ambiance,

↳ si la régulation de l'installation n'est pas assurée par une vanne trois voies motorisée avec sonde de température extérieure et sonde de départ (dispositif très rare en installation individuelle).

Dans tous les autres cas l'asservissement est possible. Il faut encore rappeler un détail pratique déjà signalé au § 9.2 apparu à l'usage : toutes les chaudières possèdent un aquastat qui sert, lorsqu'elles ne sont pas pilotées par un thermostat d'ambiance, à contrôler le niveau de la température et donc la régulation du circuit chauffage. Si on asservit le circulateur au thermostat d'ambiance, il faut bien veiller à mettre l'aquastat dans une position où il ne puisse pas nuire, c'est à dire au maximum. Faute de quoi, comme on l'a constaté, le thermostat est en demande mais l'aquastat placé trop « bas » n'autorise pas la montée de la température d'eau et coupe la chaudière. Et le circulateur continue à tourner bien que le brûleur soit à l'arrêt, puisque le thermostat, rendu impuissant, est toujours en demande....

Solution : il faut que les constructeurs asservissent la pompe au fonctionnement du brûleur et non au thermostat d'ambiance.

Quelle est l'économie escomptable par asservissement du circulateur ? Les mesures faites dans *Ecodrôme* ont montré qu'elle est, pour les chaudières murales, de l'ordre de **230 kWh/an**. D'autres configurations peuvent être évaluées par calcul. En effet le temps de fonctionnement de la pompe est le même que celui du brûleur lorsqu'il y a asservissement, et c'est la durée de la saison de chauffage en cas contraire. Or le temps de fonctionnement du brûleur est le plus souvent égal au rapport de la consommation de chauffage par la puissance du brûleur (sauf pour les brûleurs à plusieurs allures). Ce temps dépendra donc des besoins du logement (c'est à dire de sa taille, de sa qualité thermique et de la qualité des équipements techniques), et de la puissance du brûleur installé.

En supposant que dans le Sud de la France la durée de la saison de chauffe est de 170 à 180 jours (soit 4200 h), et de 210 à 230 j (soit 5300 h) dans le Nord, le brûleur fonctionnera de 325 à 1.000 h/an (à calculer de cas en cas). L'économie sera directement fonction de ces deux durées. Dans *Ecodrôme* la seule consommation des circulateurs tournant en permanence peut être estimée entre **220 à 240 kWh/an**. Après asservissement elle doit être d'environ **25 à 35 kWh/an**. Dans le nord ces consommations auraient été respectivement de **280 à 305 kWh/an** et de **35 à 45 kWh/an**.

■ améliorer le rendement des circulateurs

Cette disposition s'inscrit dans le moyen terme. L'amélioration de la technologie des circulateurs aurait beaucoup d'impact car elle serait profitable notamment aux modèles de puissance un peu plus élevée utilisés en logements collectifs et appelés à fonctionner obligatoirement 24h/24, pour lesquels même la technique de la variation de vitesse n'est souvent pas adaptée.

Des recherches et des expérimentations ont été menées en Suisse sur ce thème. Pour les moteurs électriques, la technique retenue est celle du moteur à aimant permanent. Les essais ont permis de mesurer des rendements jusqu'à 80 %. Pour les aubages, l'optimisation des profils (à la manière du calcul des aubages de grosses turbines hydrauliques aujourd'hui simplifié par l'informatique et les programmes de DAO), associée à des techniques d'usinage au laser ont conduit à des rendements maximum de 60 %. Globalement les essais faits en laboratoire ont permis de mesurer des rendements de 30 % là où on n'observe aujourd'hui que 5 %, et même de 40 % pour les pompes aujourd'hui à 10 % de rendement. **Cela signifie que la consommation des circulateurs et pompes pourrait être divisée par un facteur 4 à 6.**

☛ le ventilateur d'extraction des fumées des chaudières à ventouse

Les chaudières à ventouse n'ont pas de cheminée mais un conduit de fumées très court traversant le mur et permettant une évacuation des produits de combustion en façade. En l'absence de tirage naturel il est donc nécessaire de disposer d'un ventilateur d'extraction des fumées. Ce ventilateur doit donc tourner dès qu'il y a une flamme. Il faut alors distinguer selon que l'allumage de la chaudière est électrique ou à veilleuse. Si l'allumage est assuré par une veilleuse, celle-ci a le double inconvénient de consommer 800 à 1000 kWh de combustible/an et de nécessiter le fonctionnement permanent du ventilateur d'extraction des fumées. En revanche, si l'allumage est électrique, l'arrêt de la combustion peut être total entre deux périodes de fonctionnement du brûleur, et le ventilateur de la ventouse est alors à l'arrêt. Les deux technologies existent aujourd'hui sur le marché.

Quel est l'enjeu énergétique de cette disposition ? Les ventilateurs des ventouses consomment 18 W. Associés à un allumage par veilleuse, ils fonctionneront donc toute l'année et

consommeront ainsi **158 kWh/an**. Associés à un allumage électrique, cette consommation sera de **8 kWh/an** (cas dans *Ecodrôme*) à **20 kWh/an** (nord de la France).

➤ le circulateur de production d'eau chaude sanitaire

Dans certaines chaudières, la production de l'eau chaude s'effectue par « bain marie », technique d'échange de chaleur ne nécessitant pas de circulateur pour la production ECS. Dans les autres cas cette circulation d'eau est nécessaire. Mais la production d'eau chaude sanitaire mobilise chaque année le brûleur pendant environ une centaine d'heures. La consommation du circulateur pour l'ECS est donc très réduite et vaut entre **5 et 10 kWh/an**.

➤ le contrôle commande de la chaudière

Aucune économie n'est possible sur ce poste dont la conception et le paramétrage sont entièrement faits en usine. En permanence sous tension, ce poste consomme **30 kWh/an** sur les chaudières murales classiques.

9.7.2 Les autres chaudières

Le cas des autres chaudières n'a pas encore été étudié comme pour les chaudières murales. Le rapport sur l'opération *Ciel* en Saône et Loire (contrat SAVE n° 4.1031/93/058) avait consacré une partie à la description des consommations spécifiques aux chaudières au sol à gaz et au fioul. Mais à ce jour aucune campagne de mesure particulière n'a été menée pour évaluer plus exactement ce que consomment notamment le ventilateur des brûleurs à air soufflé, et les résistances de préchauffage du fioul. Pour le reste il n'y a pas de différence avec ce qui précède concernant notamment la consommation des circulateurs et celle du contrôle/commande. En revanche le cas des systèmes de production d'eau chaude associés à un ballon de stockage ECS conduira à des consommations plus importantes du circulateur ECS destiné dans ce cas à véhiculer la chaleur de la chaudière vers le ballon (de l'ordre de 15 à 20 kWh/an) ■

CHAPITRE 10 : ENQUETE SUR L'OPINION DES USAGERS

A la fin de l'expérience une série de questions a été posée aux usagers afin de savoir quelles critiques générales (positives ou négatives) ils formulaient sur les appareils performants. Les questions posées étaient simples et ne permettaient pas une analyse très fine des opinions. Elles ont néanmoins permis de dégager certaines tendances intéressantes, notamment pour les fabricants. Il faut rappeler que les usagers n'ont pas choisi les appareils. La sélection a été opérée uniquement à partir de critères énergétiques et fonctionnels.

10-1 NIVEAU GENERAL DE SATISFACTION

De toutes les opinions émises, deux ont qualifié de « mauvais » et six de « moyen » les appareils performants. Toutes les autres ont jugé « bon » ou « très bon » ces matériels. Le détail de ces opinions est représenté sur la figure 10.1. Les appareils les plus plébiscités sont le lave-linge, le lave-vaisselle et le congélateur armoire.

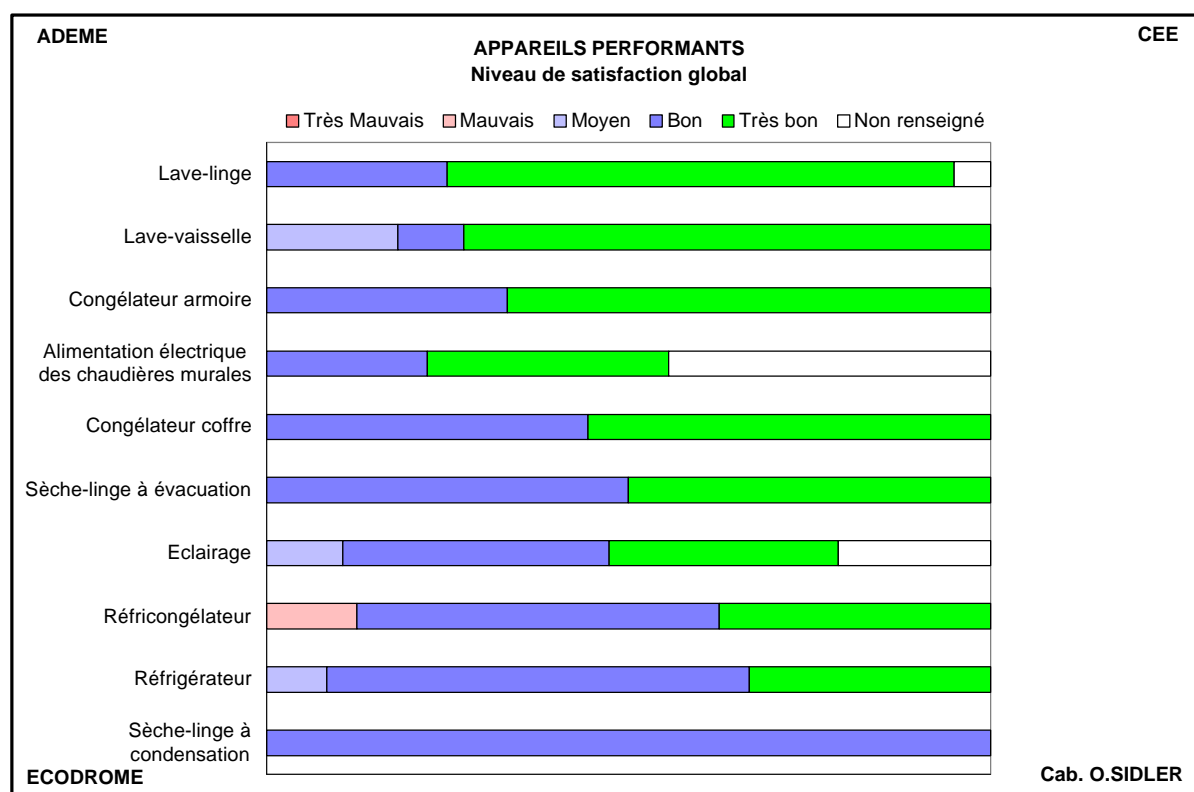


Figure 10.1 : niveau de satisfaction globale pour les appareils performants

D'une façon générale les constructeurs peuvent donc être relativement satisfaits. Mais l'approche par type d'appareil va permettre de connaître plus précisément le jugement porté par les usagers. Dans ce qui suit il leur a été demandé de choisir sur une liste ce qu'ils considéraient comme un défaut ou une qualité. Ce qui est indiqué comme « indifférent » dans les graphiques traduit seulement que le critère n'a été retenu ni comme une qualité ni comme un défaut. On a également fait figurer des critères que les usagers ont eux-mêmes mis en avant (ils correspondent souvent à des taux d'indifférence élevés puisque peu de personnes ont eu à se prononcer).

10-2 LE LAVE-LINGE

Le lave-linge est sans doute l'appareil qui a le plus séduit, tant les nouveaux matériels ont été appréciés par les utilisateurs.

Ce qui a d'abord plu, c'est la facilité d'utilisation (voir figure 10.2), puis l'efficacité et le silence. La facilité d'utilisation est due à la grande simplicité des machines proposées qui ne comportaient plus que deux touches à la place des trop nombreux programmes de lavage offerts jadis.

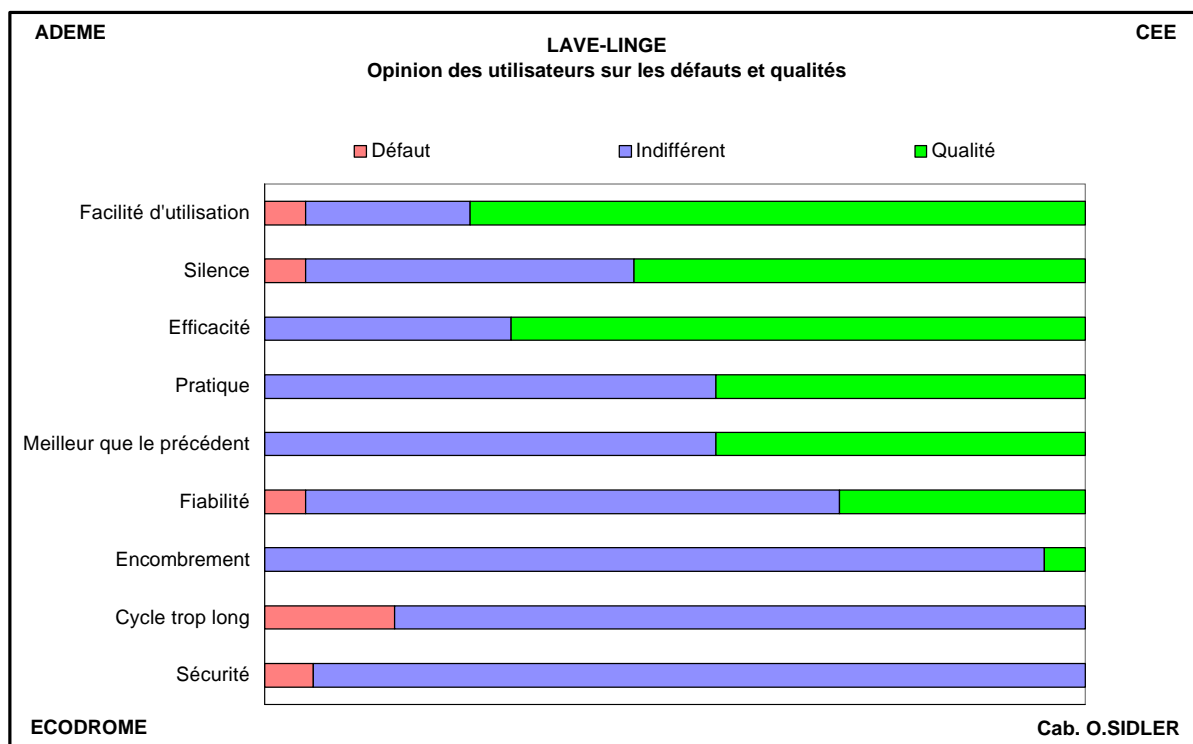


Figure 10.2 : qualités et défauts des lave-linge vus par les utilisateurs

La qualité des performances de lavage est jugée meilleure que pour l'appareil possédé précédemment par près de la moitié des usagers. Les autres ne se prononcent pas. Enfin, on remarque que l'une des caractéristiques des appareils performants, la longueur des cycles, n'a pas toujours bien été perçue par les usagers qui ont parfois considéré que cette longueur était un défaut. Certains ont même été jusqu'à penser que des cycles aussi longs devaient forcément conduire à des consommations plus importantes!

10-3 LE LAVE-VAISSELLE

Les principales qualités reconnues aux lave-vaisselle neufs sont le niveau de bruit très faible (comparé à ce que les utilisateurs avaient auparavant), l'efficacité des appareils, et leur facilité d'utilisation.

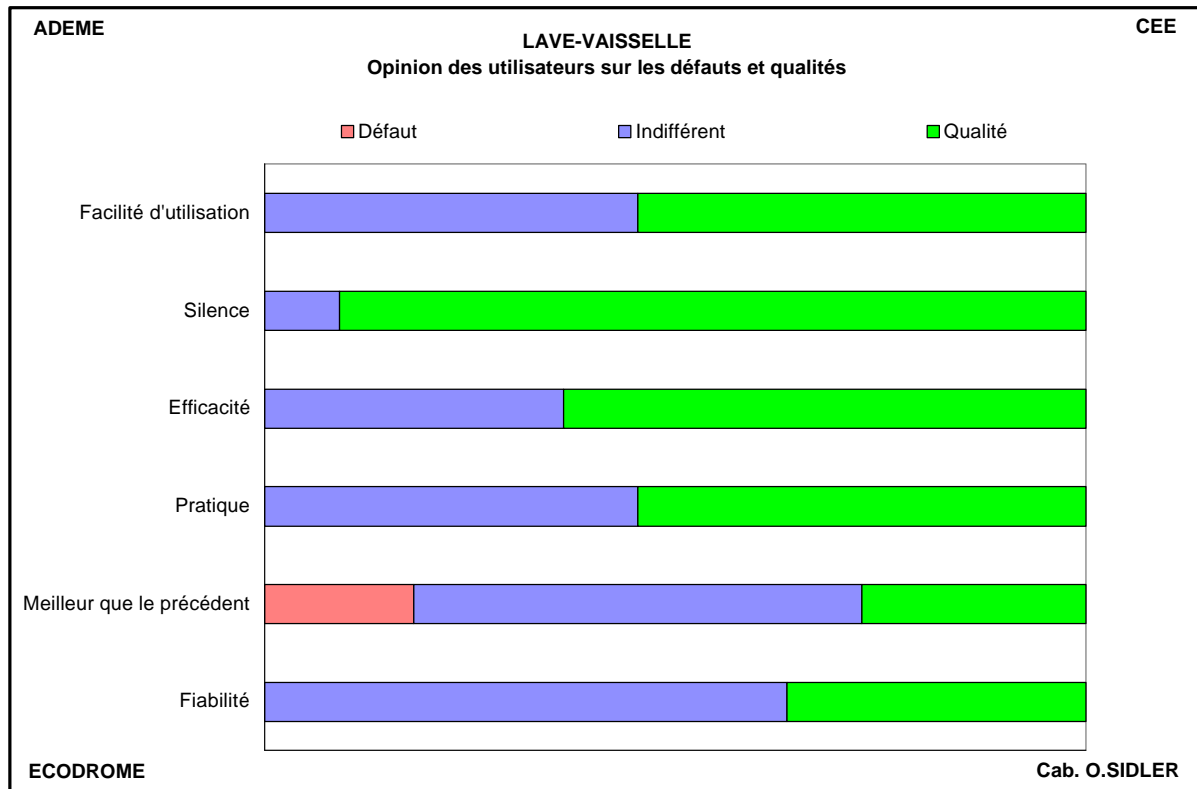


Figure 10.3 : qualités et défauts des lave-vaisselle vus par les utilisateurs

Le seul défaut retenu est la moins bonne qualité de l'appareil comparé à celui qui existait précédemment.

10-4 LES APPAREILS DE FROID

10-4-1 Les réfrigérateurs

Rappelons que les réfrigérateurs mis en place étaient du type « tout utile » et ne comportaient pas de compartiment à glaçons. C'est une condition pour améliorer les performances, mais les usagers ne l'ont pas toujours bien compris. Autre caractéristique qui a surpris et n'a pas toujours plu aux utilisateurs : la qualité des joints. En effet, lorsqu'on ferme la porte d'un réfrigérateur performant après l'avoir laissé ouverte un moment et qu'on veut la rouvrir une seconde fois de façon très rapprochée, l'intérieur de l'appareil est en dépression par suite du refroidissement de l'air chaud qui est entré lors de l'ouverture de la porte. Celle-ci est alors assez difficile à ouvrir. On peut même parfois déplacer l'appareil tellement la dépression est importante. La solution a déjà été développée par certains constructeurs : il s'agit d'une poignée pivotante qui fait levier sur la caisse du réfrigérateur et permet une ouverture aisée, quel que soit l'état de la pression intérieure.

Le problème posé par l'ouverture de la porte a souvent été évoqué lors de nos entretiens avec les usagers.

La plus grande qualité reconnue aux réfrigérateurs est, là aussi, leur faible niveau sonore. Mais leur côté « pratique » est également plébiscité, au même titre que leur efficacité et leur facilité d'utilisation (notamment grâce au dégivrage automatique).

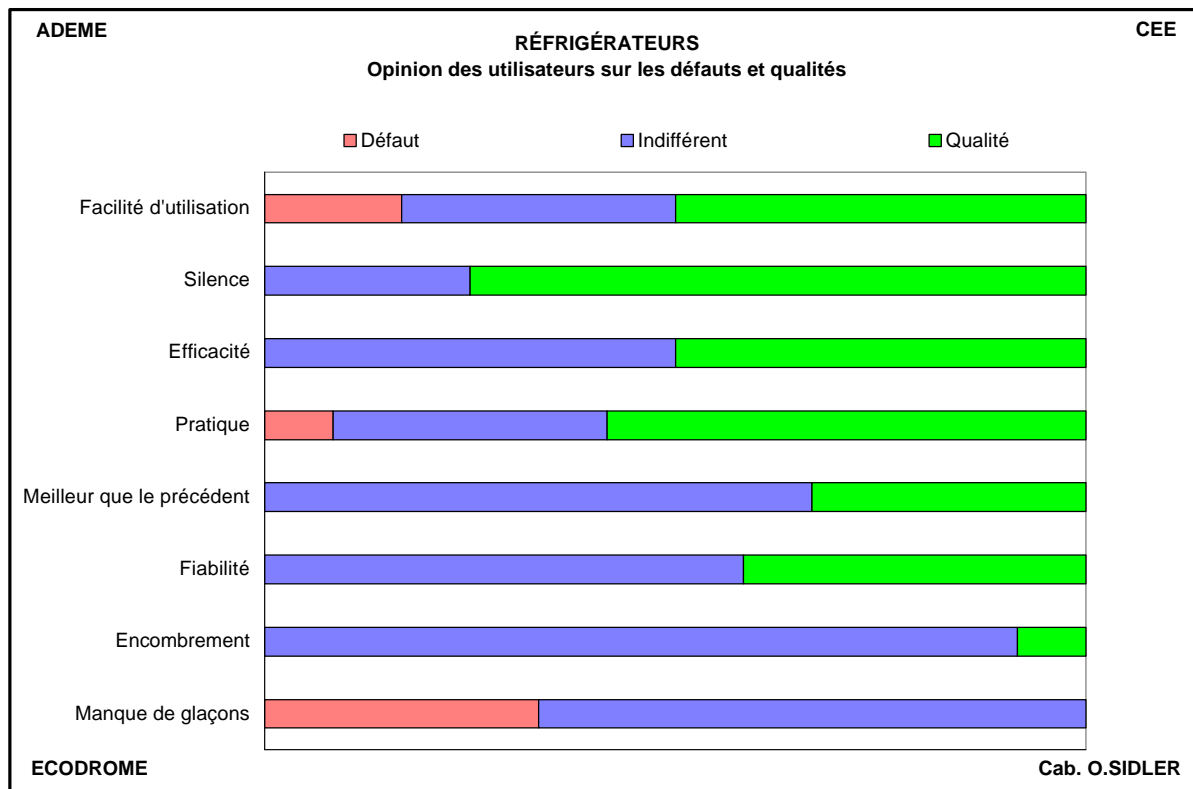


Figure 10.4 : qualités et défauts des réfrigérateurs vus par les utilisateurs

On n'est pas très surpris de constater que le principal grief fait aux réfrigérateurs performants estl'absence de glaçons. Il est probable qu'il s'agit plutôt là d'un déficit d'information et qu'il suffirait d'expliquer aux usagers pourquoi leur appareil ne comporte pas de fabrication de glace. Rappelons que chacun disposait par ailleurs d'un congélateur dans lequel il aurait parfaitement pu produire de la glace. Il s'agit donc bien d'un changement d'habitude plus que d'une gêne réelle.

10-4-2 Les réfrigérateurs-congélateurs

Ces appareils sont jugés par 40% des usagers comme faciles d'utilisation, silencieux, efficaces, meilleurs que le précédent et fiables.

En revanche, ils ont été l'objet de certaines critiques ponctuelles qui n'en font pas des appareils « incontestables ». Certaines personnes les ont trouvés peu pratiques, voire peu efficaces, et encombrants, ce qui est peut-être dû à leur largeur exceptionnelle de 66 cm au lieu des 60 cm habituels.

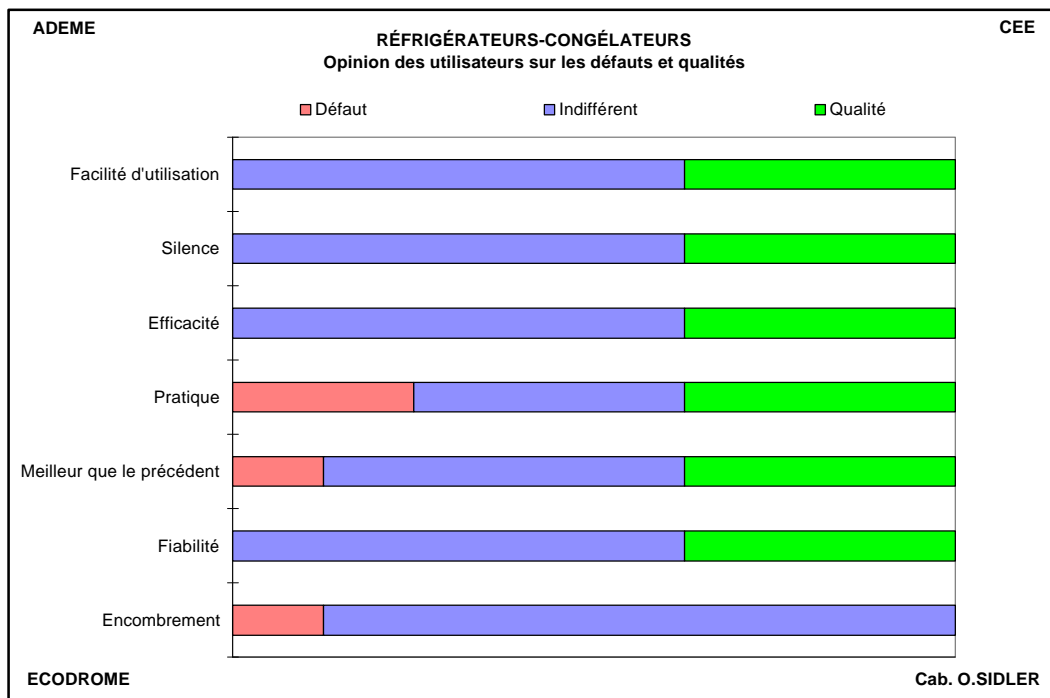


Figure 10.5 : qualités et défauts des réfrigérateurs-congérateurs vus par les utilisateurs

10-4-3 Les congélateurs-coffres

La principale qualité reconnue aux congélateurs-coffres est leur facilité d'utilisation, ce qui peut surprendre. On les trouve ensuite efficaces et pratiques. On est moins unanime, sur l'échantillon étudié, pour louer leur fiabilité...

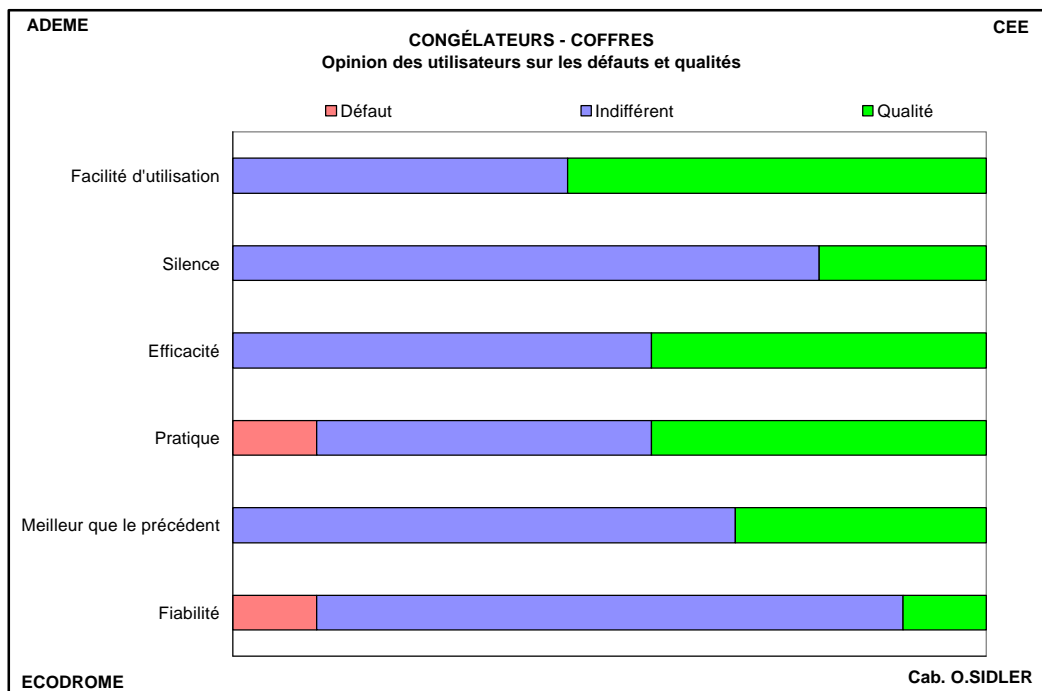


Figure 10.6 : qualités et défauts des congélateurs-coffres vus par les utilisateurs

10-4-4 Les congélateurs-armoires

Ces appareils sont d'abord jugés silencieux, à l'unanimité des utilisateurs, ce qui est suffisamment rare pour être signalé. Puis ils sont appréciés tout à la fois pour leur facilité d'utilisation, leur efficacité, leur caractère pratique et leur fiabilité. On ne leur trouve pas de défaut.

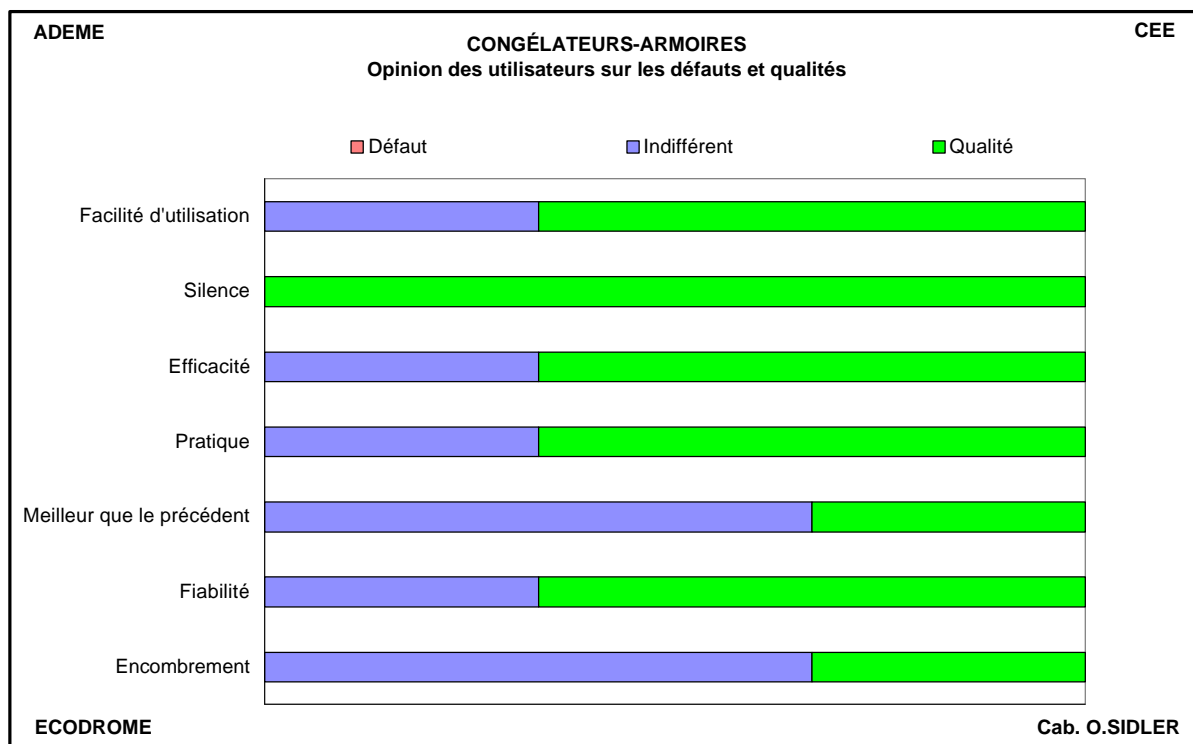


Figure 10.7 : qualités et défauts des congélateurs-armoires vus par les utilisateurs

10-5 LES SECHE-LINGE

Même en distinguant entre appareils à évacuation et appareils à condensation, on ne trouve pas de défauts majeurs à ces matériels. Les modèles à évacuation semblent néanmoins plus appréciés que les modèles à condensation : ils obtiennent tout au moins des taux de satisfaction un peu plus élevés (mais il n'y avait que deux appareils à condensation...).

Pour les modèles à évacuation, le caractère pratique et facile d'utilisation est la principale qualité, suivi par le silence et l'efficacité.

Pour les modèles à condensation, facilité, silence et efficacité sont plébiscités par 50 % des utilisateurs.

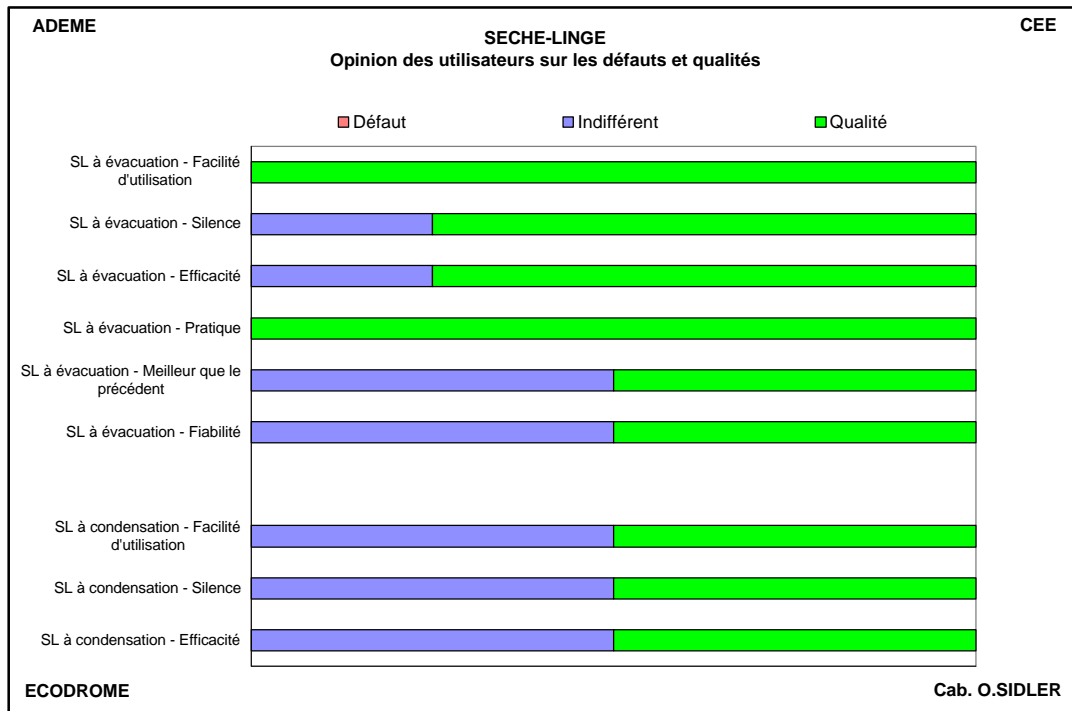


Figure 10.8 : qualités et défauts des sèche-linge vus par les utilisateurs

10-6 LES AMPOULES FLUOCOMPACTES

Les ampoules fluocompactes ont fait l'objet d'un questionnaire un peu différent car elles constituent une rupture beaucoup plus importante dans les habitudes d'usage. On a notamment établi une gradation dans les qualités et les défauts.

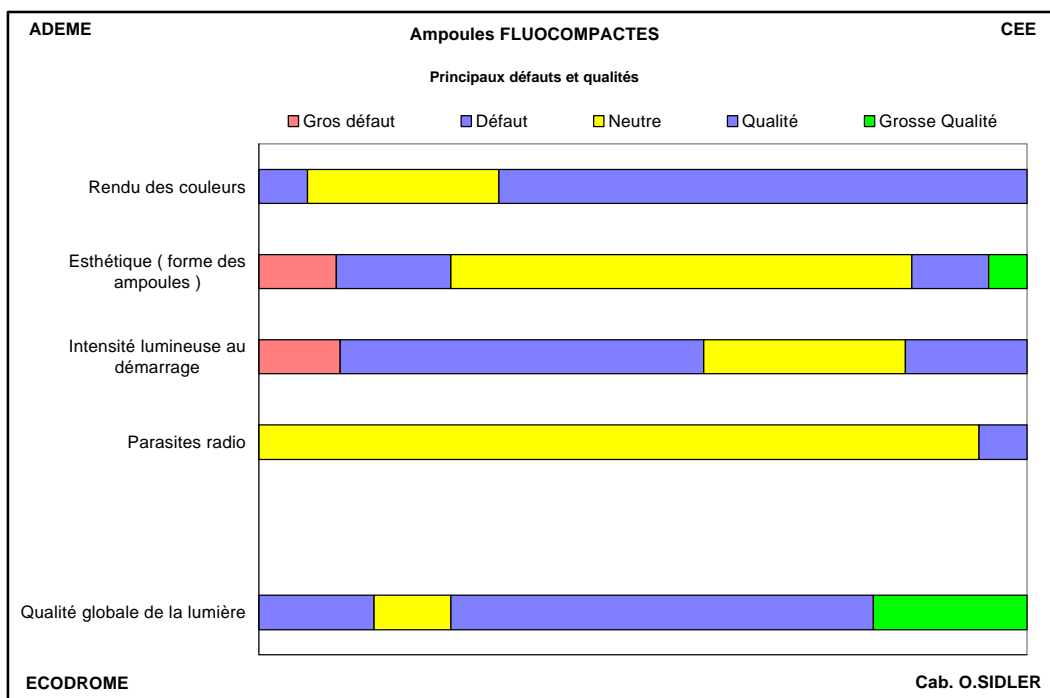


Figure 10.9 : qualités et défauts des lampes fluocompactes vues par les utilisateurs

Les lampes fluocompactes ont été unanimement appréciées pour l'économie d'électricité qu'elles ont engendrée. En revanche elles suscitent des controverses sur plusieurs de leurs caractéristiques. La principale critique qui leur est faite est le temps de latence au démarrage pour bénéficier de toute l'intensité lumineuse. Les utilisateurs ont souvent dit qu'en entrant dans une pièce ils avaient fréquemment l'impression de pénétrer dans un local en pénombre (il est vrai que l'équipement lumineux des logements suivis n'était pas surdimensionné!).

En second lieu, c'est la forme des ampoules qui est la plus critiquée. Mais là aussi, les habitudes pèsent lourd dans ce jugement.

Enfin, le rendu des couleurs et la qualité de la lumière sont assez bien appréciés, contrairement à une critique souvent véhiculée selon laquelle le rendu des couleurs serait très différent et moins bon que celui des lampes à incandescence.

10-7 LES CHAUDIERES

Les chaudières n'ont pas été changées, mais leur câblage a été modifié afin d'asservir le circulateur au thermostat d'ambiance. Il a seulement été demandé aux usagers s'ils avaient observé une différence de confort (voir § 9.6).

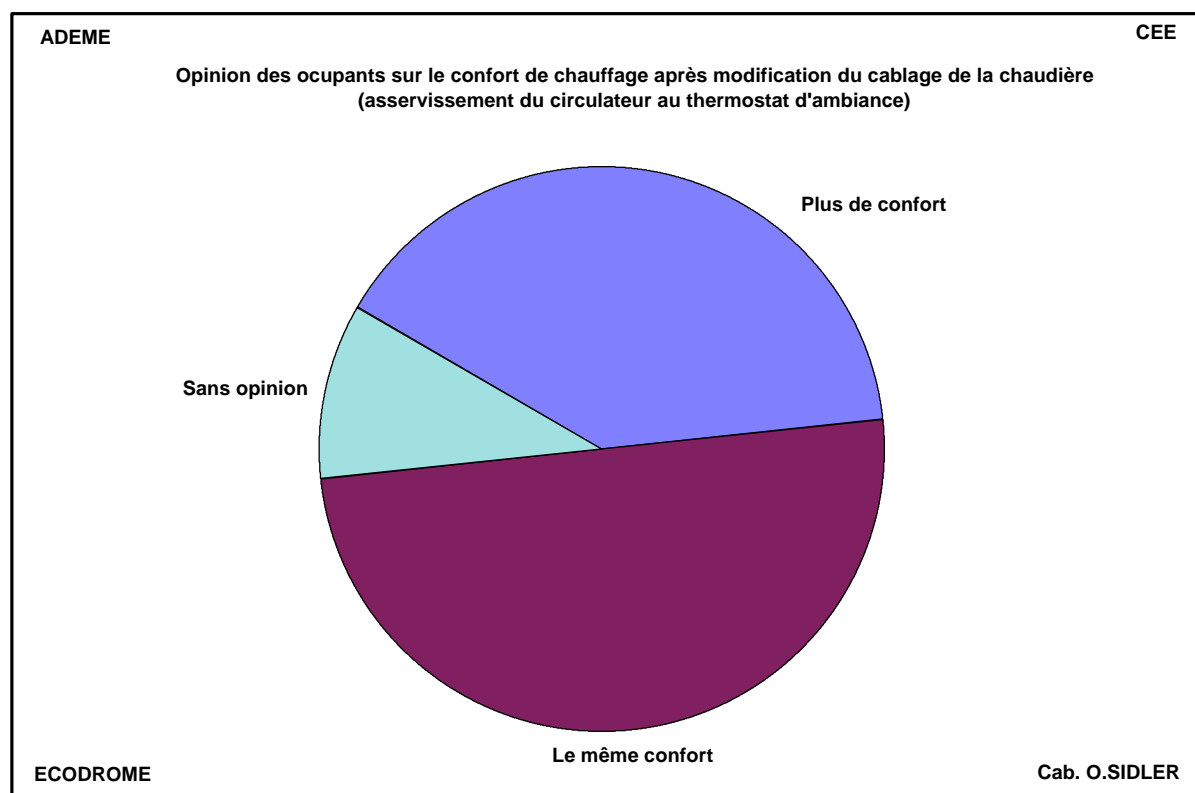


Figure 10.10 : confort de l'installation de chauffage après asservissement des circulateurs, vu par les usagers

Les utilisateurs n'ont vu aucun inconvénient dans l'asservissement des circulateurs de chaudière. Ils y ont au contraire trouvé un avantage car le confort acoustique a été amélioré : conséquence directe de la réduction de la durée de fonctionnement de la pompe.

10-8 MODIFICATIONS DU COMPORTEMENT VUES PAR LES USAGERS

Après la première année, des conseils ont été donnés aux occupants afin qu'ils modifient leurs comportements. Il est très difficile de savoir si ces changements ont bien eu lieu et d'évaluer leur impact. Ceci a pu être fait à titre exceptionnel pour l'usage de la télécommande des téléviseurs (voir § 8.1.4).

Il était donc intéressant de connaître l'avis des usagers sur les changements comportementaux qu'ils pensent avoir opérés. Des études précédentes ont déjà montré toutes les limites des évaluations de ce type, tant il est vrai que l'opinion des utilisateurs peut être assez éloignée de la réalité constatée, notamment par mesures. Trois domaines ont été examinés.

10-8-1 Appareils de froid

Une mesure efficace suggérée aux utilisateurs semble avoir obtenu leur adhésion : décongeler les produits sortis du congélateur en les plaçant dans le réfrigérateur. Plus de la moitié des usagers affirment qu'ils utilisent désormais cette technique.

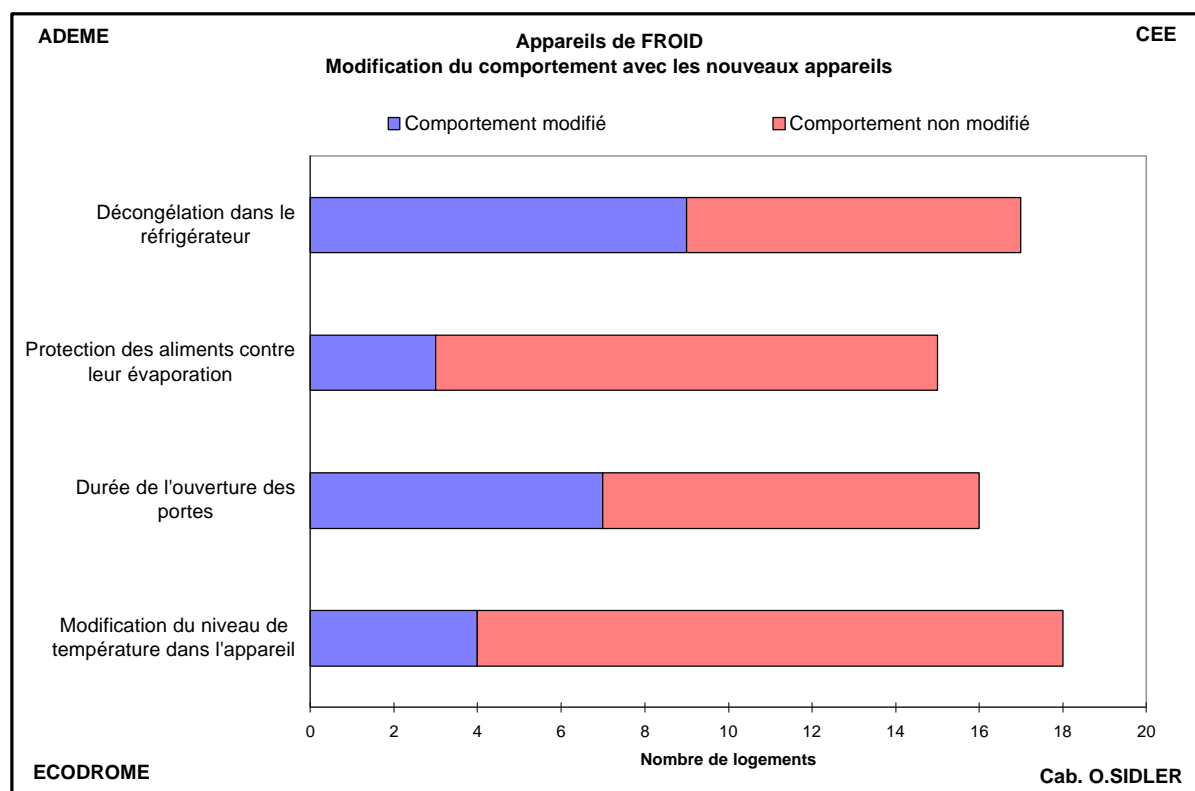


Figure 10.11 : modifications de comportement dans l'utilisation des appareils de froid, vues par les usagers

Par ailleurs, 44% des utilisateurs estiment avoir fait un effort pour réduire le temps d'ouverture des portes. On sait qu'avec les appareils performants l'ouverture des portes a un impact relatif beaucoup plus important qu'avec les appareils classiques.

Enfin les conseils pour éviter l'évaporation des aliments ou modifier le niveau de température de consigne dans les réfrigérateurs n'ont eu qu'un effet relatif.

10-8-2 Appareils de lavage

La seule question qui était posée portait sur la réduction du nombre de cycles chauds, et donc le recours à des cycles moins chauds pour les opérations aussi bien de lavage du linge que de vaisselle.

30 % des utilisateurs de lave-vaisselle et 35 % des utilisateurs de lave-linge affirment qu'ils ont réduit la température des cycles en seconde année. Cette information est difficilement contrôlable car l'identification de la température des cycles a été rendue impossible par les nouvelles machines....

10-8-3 Appareils du site audiovisuel

Le site audiovisuel présente un enjeu majeur du point de vue des changements de comportement car il est le siège de consommations de veille très importantes. Or, dans l'état actuel de la technologie, ces veilles ne peuvent disparaître que par des changements de comportement.

Douze usagers sur vingt affirment qu'ils ont supprimé l'utilisation de la télécommande sur leur téléviseur. Les autres n'ont rien dit, probablement parce qu'ils n'utilisaient pas la télécommande auparavant.

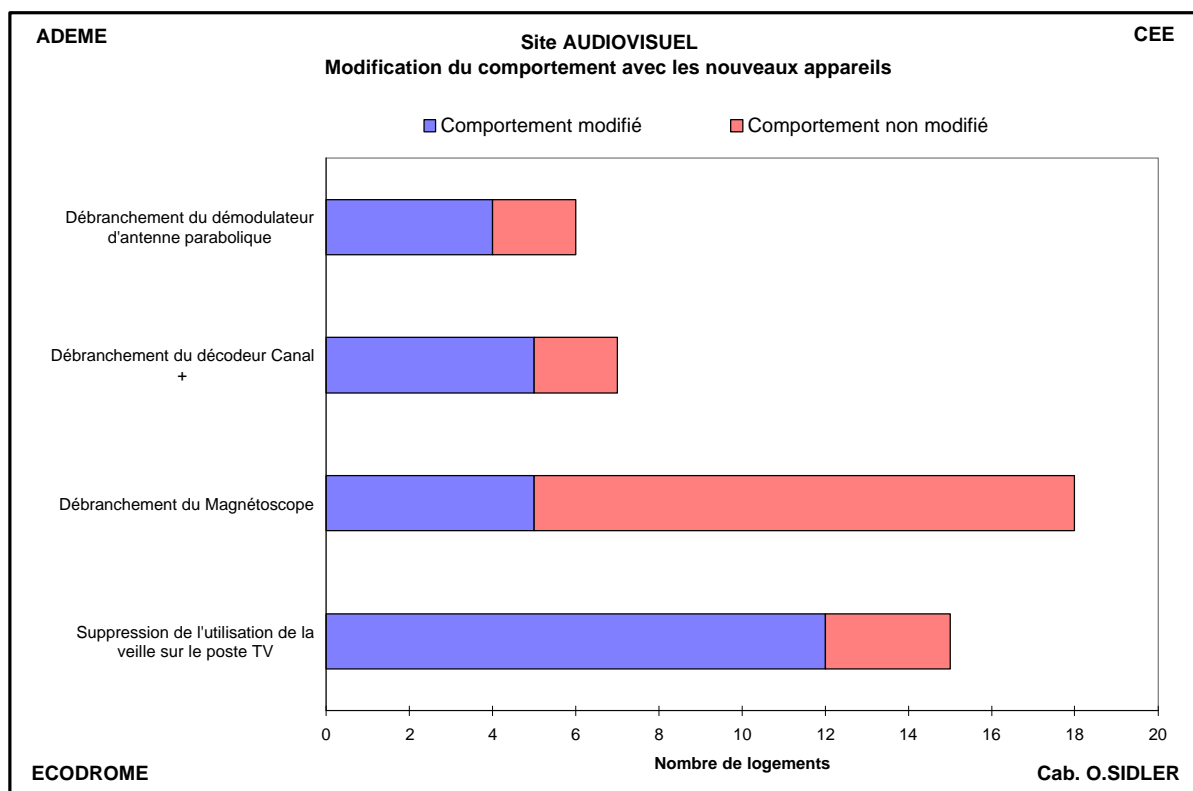


Figure 10.12 : modifications de comportement dans l'utilisation des appareils du site audiovisuel, vues par les usagers

Si on se reporte à la figure 8.12 du § 8.1.4, on s'aperçoit que seulement 10 familles ont modifié leur comportement concernant les veilles, les autres n'utilisant pas la télécommande la première année. Il n'y a donc pas franchement de divergence entre ce que les mesures ont montré et ce que les usagers affirment. En revanche la figure 8.12 apporte un complément d'information

intéressant : certes dix familles ont modifié leur comportement face à la veille des TV, mais pas en permanence! Ce qui signifie que le phénomène des veilles a été réduit mais pas supprimé, ce que pourrait laisser penser une analyse un peu rapide de l'enquête d'opinion.

Plus de 70 % des usagers de Canal + affirment avoir débranché leur appareil lorsqu'ils ne l'utilisaient pas. Cela ne concerne que cinq usagers.

De même 67% des utilisateurs du démodulateur d'antenne parabolique affirment l'avoir débranché lorsqu'ils ne l'utilisaient pas en seconde année. Cela ne concerne au total que 4 foyers, il convient donc de rester très prudent.

Enfin, le cas du magnétoscope est un peu à part : seules 28 % des familles pensent avoir débranché le magnétoscope lorsqu'elles ne l'utilisaient pas en seconde année. Ce chiffre est intéressant car, tout le monde dispose d'un magnétoscope, mais pas de Canal + ou de la parabole. Et on est peut-être plus sensibilisé au problème des veilles lorsqu'on a trois ou quatre appareils concernés, au lieu d'un. Ainsi, la pénétration des consignes pour supprimer les veilles du site audiovisuel deviendra effective seulement lorsque des dispositions plus simples que le débranchement de tous les appareils chaque soir seront en place (voir § 8.2).

En conclusion, cette enquête tend à montrer que :

- si l'information est donnée au public, celui-ci en tient compte et modifie ses comportements en tout ou partie,
- l'information est d'autant mieux retenue que l'utilisateur est gros consommateur de veille, le magnétoscope à lui seul n'étant pas considéré comme une grosse source de consommation.

Toutefois, il faut rester prudent sur ces conclusions car il apparaît souvent une différence significative entre ce que les usagers pensent avoir fait et ce qu'ils ont réellement fait. Mais même si l'on divise par deux les résultats qui précèdent, les tendances subsisteront, et elles sont intéressantes. Il restera néanmoins à évaluer comment ces changements de comportement évolueront dans le temps, et s'ils seront aussi nombreux dans cinq ans. C'est peu probable, et ceci plaide à l'évidence pour des avancées technologiques supprimant les veilles, ou permettant aisément à l'utilisateur de les supprimer ■

CHAPITRE 11 : APPROCHE ECONOMIQUE SOMMAIRE

Les résultats acquis dans *Ecodrôme* sont surprenants par leur ampleur, mais aussi par la relative simplicité avec laquelle ils ont pu être mis en oeuvre : simplement en achetant des matériels plus efficaces, plus performants, que ceux qui étaient en place. Pour économiser en moyenne 1.200 kWh/an dans chaque logement, soit près de 140 ECU/an.

Ce résultat est très important lorsqu'on le compare aux économies que l'on peut espérer faire aujourd'hui à la marge sur les consommations de chauffage. Dans tous les pays d'Europe la réglementation thermique des bâtiments est assez contraignante. Aller au-delà reste toujours souhaitable à bien des égards, mais cela devient une opération assez coûteuse à la marge.

La grande question est donc de savoir à quel prix et avec quelle rentabilité, les dispositions du projet *Ecodrôme* peuvent-elles être mises en oeuvre. Pour répondre à cette question nous aborderons successivement les cinq principales dispositions mises en place dans *Ecodrôme*, à savoir :

- renouvellement des appareils de froid,
- renouvellement des ampoules,
- renouvellement des lave-linge,
- asservissement du circulateur de la chaudière,
- suppression des veilles du site audiovisuel.

11 - 1 RENTABILITE DU RENOUVELLEMENT DES APPAREILS DE FROID

Rappel des enjeux : le renouvellement des appareils de froid dans l'opération *Ecodrôme* a permis d'économiser en moyenne 725 kWh/an dans chaque logement, ce qui représente près de 550 FF(soit 85 ECU/an). L'échelle des économies s'est étendue de 213 kWh/an à 1.740 kWh/an. Dans le premier cas, l'usager disposait d'appareils de bonne qualité (marques de renom) qui avaient un an, dans le second cas les appareils n'étaient même plus datés, et le compresseur du congélateur ne s'est jamais arrêté en un an.

Ces deux exemples extrêmes montrent bien ce dont chacun se doute : chaque cas est un cas particulier et mérite un calcul de rentabilité spécifique.

11-1-1 Identification de la problématique

D'une façon générale deux cas se présentent :

■ cas n° 1 : renouvellement d'un matériel tombé en panne

La question posée par cette situation est de savoir s'il y a un intérêt à acheter un appareil de classe énergétique A plutôt qu'un matériel de classe C, D, ou E. Le temps de retour de l'appareil performant sur le matériel qui l'est moins s'écrit :

$$t_r = (P_a - P_{ref}) / p_{kwh} (E_{ref} - E_a) \quad (\text{années})$$

où :

- t_r : temps de retour en années
- P_a : prix de l'appareil de classe A en francs TTC
- P_{ref} : prix de l'appareil de référence de classe C, D, E, etc en francs TTC
- E_{ref} : consommation annuelle réelle de l'appareil de référence en kWh/an
- E_a : consommation annuelle réelle de l'appareil de classe A en kWh/an
- p_{kwh} : prix du kWh en F TTC (pris dans tout ce qui suit égal à 0,7217 F TTC, valeur en vigueur au 1/1/1998).

Les valeurs E_{ref} et E_a seront calculées à partir des consommations normalisées réduites de 10% pour tenir compte de la différence constatée entre consommation réelle et normalisée (voir § 5.6).

■ cas n° 2 : renouvellement anticipé d'un matériel existant jugé trop consommateur

Il serait faux d'affirmer dans le cas d'un renouvellement anticipé, que la valeur à amortir est le prix d'achat de l'appareil. Car cette dépense aurait de toute façon été nécessaire quelques années plus tard, et elle n'aurait alors pas fait l'objet d'un amortissement spécifique. Tout se passe donc comme si l'utilisateur paye annuellement un coût pour le droit d'usage d'un matériel. Ce coût est égal au prix d'achat divisé par la durée de vie du matériel. Ce concept conduit à la notion de **valeur résiduelle effective** (liée à la valeur d'usage du bien et non à sa valeur marchande). Cette valeur résiduelle effective est supérieure à la valeur résiduelle marchande, car on sait qu'après 5 ans celle-ci est quasi nulle, alors que la valeur résiduelle effective s'annule à la fin de la vie du bien considéré. Cette notion permet de prendre réellement en compte ce qui se passe pour un particulier qui veut changer d'appareil de façon anticipée.

Pour remplacer l'appareil peu performant, deux possibilités s'offrent : le remplacer par un appareil ayant les mêmes performances d'origine que lui, ou le remplacer par un matériel de classe énergétique A présentant, *a priori*, un surcoût par rapport à la première possibilité.

La dépense à amortir pour cette opération de remplacement anticipé est la somme de la valeur résiduelle effective et du surcoût de l'appareil de classe A, éventuellement diminuée de la valeur résiduelle marchande.

Ce temps de retour s'exprime :

$$t_r = (V_{re} + (P_a - P_{ref}) - V_r) / p_{kwh} / (E_0 - E_a) \quad \text{en années}$$

où :

- t_r : temps de retour en années
- V_{re} : valeur résiduelle effective de l'appareil existant en francs TTC
- P_a : prix de l'appareil de classe A en francs TTC
- P_{ref} : prix de l'appareil de référence ayant les mêmes performances d'origine l'appareil à remplacer, en francs TTC
- V_r : valeur résiduelle marchande de l'appareil existant en francs TTC
- E_0 : consommation annuelle réelle de l'appareil existant en kWh/an
- E_a : consommation annuelle réelle de l'appareil de classe A en kWh/an
- p_{kwh} : prix du kWh en F TTC

que

E_0 est supposé connu. E_a sera calculé comme pour le cas n° 1 avec minoration de 10 % de la consommation normalisée.

La valeur résiduelle effective se calcule simplement à partir du prix d'achat de l'appareil, de la durée supposée de son utilisation avant mise au rebut et de son âge :

$$V_{re} = P_{achat} (1 - t_{age}/d_v)$$

où :

- V_{re} : valeur résiduelle effective en francs
- P_{achat} : prix d'achat de l'appareil en francs
- t_{age} : âge de l'appareil
- d_v : durée de vie de l'appareil avant mise au rebut

Le calcul est donc à effectuer de cas en cas, mais le tableau qui suit, destiné à fixer les idées, a été calculé avec une durée de vie de 12 ans (ce qui est la moyenne pour les appareils étudiés) :

| Age (années) | Prix d'achat en francs TTC (en ECU) | | | | | | |
|-----------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1800 (277) | 2400 (369) | 3000 (462) | 3600 (554) | 4200 (646) | 4800 (738) | 5400 (831) |
| 5 | 1050 (162) | 1400 (215) | 1750 (269) | 2100 (323) | 2450 (377) | 2800 (431) | 3150 (485) |
| 6 | 900 (138) | 1200 (185) | 1500 (231) | 1800 (277) | 2100 (323) | 2400 (369) | 2700 (415) |
| 7 | 750 (115) | 1000 (154) | 1250 (192) | 1500 (231) | 1750 (269) | 2000 (308) | 2250 (346) |
| 8 | 600 (92) | 800 (123) | 1000 (154) | 1200 (185) | 1400 (215) | 1600 (246) | 1800 (277) |
| 9 | 450 (69) | 600 (92) | 750 (115) | 900 (138) | 1050 (162) | 1200 (185) | 1350 (208) |
| 10 | 300 (46) | 400 (62) | 500 (77) | 600 (92) | 700 (108) | 800 (123) | 900 (138) |
| 11 | 150 (23) | 200 (31) | 250 (38) | 300 (46) | 350 (54) | 400 (62) | 450 (69) |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figure 11.1 : valeurs résiduelles effectives d'un bien amorti sur douze ans, en fonction de son prix d'achat et de son âge

Que l'on soit dans le cas 1 ou le cas 2, la figure 11.2 donne la valeur du temps de retour du remplacement d'un appareil de froid par un appareil performant en fonction de l'économie annuelle d'une part ($E_{ref} - E_a$ pour le cas 1, et $E_0 - E_a$ pour le cas 2), et du coût de l'opération ($P_a - P_{ref}$ pour le cas 1 et $V_{re} + (P_a - P_{ref}) - V_r$ pour le cas 2).

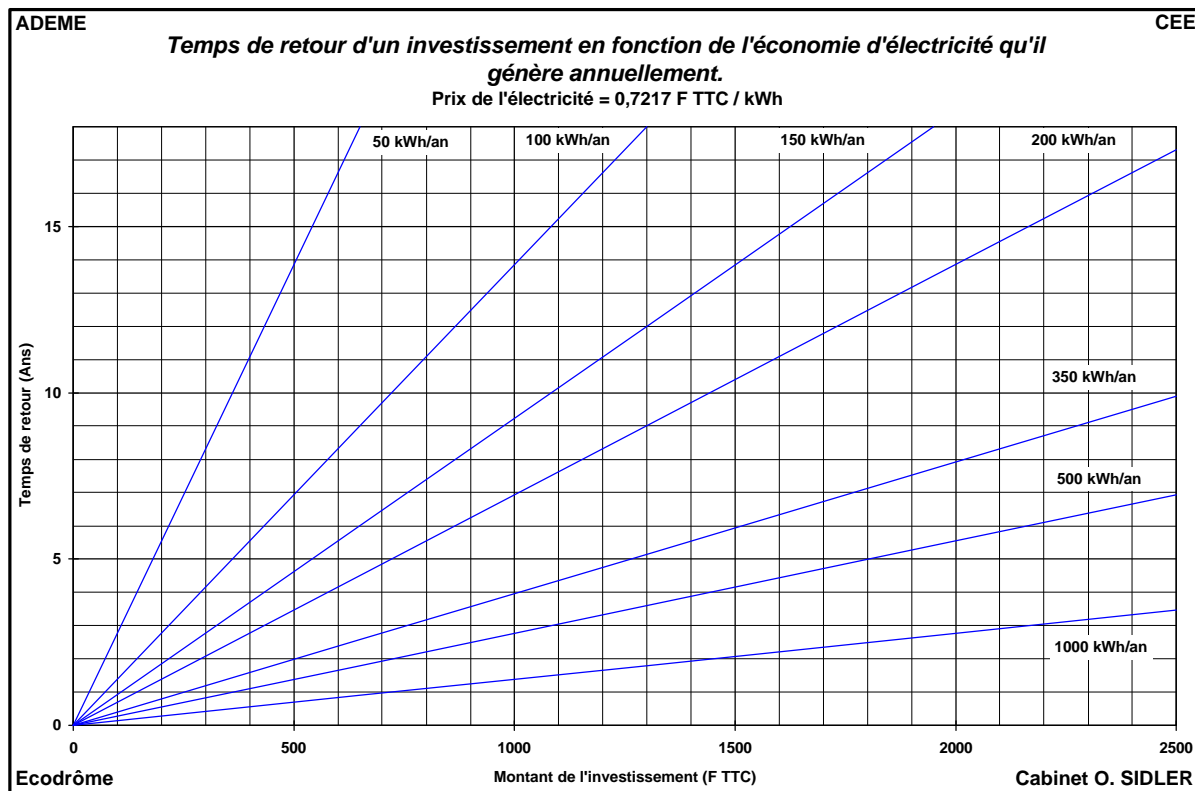


Figure 11.2 : temps de retour de l'achat d'un matériel de froid performant, en fonction de l'économie réalisée annuellement et de l'investissement

11-1-2 Caractéristiques de consommation des appareils en fonction de leur classe énergétique

L'usage du graphique de la figure 11.2 nécessite encore de préciser la consommation des appareils en fonction de leur classe. Afin de fixer les idées les tableaux qui suivent donnent pour les volumes les plus courants la valeur de la consommation normalisée. Pour faire ce calcul nous avons choisi pour chaque classe la borne haute de l'indice d'efficacité énergétique. Nous avons en effet constaté en recalculant l'indice des appareils sur le marché qu'ils étaient à plus de 90 % situés en limite haute de chaque classe. Ce faisant, nous donnons une image plus proche de la réalité.

Par ailleurs, la classe G regroupe tous les mauvais appareils à partir du moment où leur indice est supérieur à 1.25. Afin de fixer les idées nous avons choisi deux valeurs de l'indice dans la classe G : 1.5 et 2.0 qui seront notés G1 et G2. Les valeurs retenues sont donc :

| Classe | A | B | C | D | E | F | G1 | G2 |
|--|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|
| Indice d'efficacité énergétique retenu | 0.55 | 0.75 | 0.90 | 1.0 | 1.1 | 1.25 | 1.5 | 2.0 |

Figure 11.3 : valeurs des indices d'efficacité énergétiques retenues pour caractériser chaque classe énergétique

Dans ces conditions la consommation annuelle normalisée pour différents volumes et différents types d'appareils figurent dans les tableaux qui suivent. Sur la seconde ligne, entre parenthèses, nous avons fait figurer l'écart de consommation annuelle avec un appareil de classe A de même volume.

| Volume litres | Classes énergétiques | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | A | B | C | D | E | F | G1 | G2 |
| 150 | 154 | 210 | 252 (98) | 280 (128) | 308 (156) | 350 (198) | 420 (268) | 560 (408) |
| 200 | 160 | 219 | 262 (102) | 292 (132) | 321 (160) | 365 (205) | 437 (277) | 583 (423) |
| 300 | 173 | 236 | 283 (110) | 315 (142) | 346 (173) | 394 (221) | 472 (299) | 630 (457) |

Entre parenthèses : écart de consommation avec la classe A. en kWh/an

Figure 11.4 : consommation normalisée des réfrigérateurs sans compartiment basse température

| Volume litres | Classes énergétiques | | | | | | | |
|----------------|----------------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | A | B | C | D | E | F | G1 | G2 |
| 200 +50 | 298 | 406 | 488 (190) | 542 (244) | 596 (298) | 677 (379) | 813 (515) | 1084 (786) |

Entre parenthèses : écart de consommation avec la classe A. en kWh/an

Figure 11.5 : consommation normalisée des réfrigérateurs-congérateurs

| Volume litres | Classes énergétiques | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | A | B | C | D | E | F | G1 | G2 |
| 150 | 205 | 280 | 336 (131) | 373 (168) | 410 (205) | 466 (261) | 559 (354) | 746 (541) |
| 200 | 231 | 316 | 379 (148) | 421 (190) | 463 (232) | 526 (295) | 631 (400) | 842 (611) |
| 300 | 258 | 352 | 422 (164) | 469 (211) | 516 (258) | 586 (328) | 703 (445) | 937 (679) |

Entre parenthèses : écart de consommation avec la classe A. en kWh/an

Figure 11.6 : consommation normalisée des congélateurs-coffres

| Volume litres | Classes énergétiques | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | A | B | C | D | E | F | G1 | G2 |
| 150 | 241 | 329 | 394 (153) | 438 (197) | 482 (241) | 548 (307) | 657 (416) | 877 (636) |
| 200 | 269 | 367 | 440 (171) | 489 (220) | 538 (269) | 611 (342) | 734 (465) | 978 (709) |
| 250 | 297 | 405 | 486 (189) | 540 (243) | 594 (297) | 675 (378) | 810 (513) | 1080 (783) |

Entre parenthèses : écart de consommation avec la classe A. en kWh/an

Figure 11.7 : consommation normalisée des congélateurs-armoires

Toujours dans l'idée de fixer les idées, le tableau qui suit a été établi en adoptant pour chaque type d'appareil et pour chaque classe énergétique l'économie moyenne comparativement à la classe A. Ceci pour supprimer l'effet des différents volumes : une démarche plus précise peut parfaitement s'affranchir de ce qui suit et mener le calcul complet à partir de ce qui précède.

| Appareils | C | D | E | F | G1 | G2 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Réfrigérateurs | 105 | 135 | 165 | 210 | 285 | 435 |
| Réfrigérateurs-congérateurs | 190 | 244 | 298 | 379 | 515 | 786 |
| congérateurs-coffres | 150 | 190 | 232 | 295 | 400 | 610 |
| congérateurs-armoires | 170 | 220 | 270 | 340 | 465 | 710 |

Figure 11.8 : économie moyenne induite par les appareils de classe A sur les autres classes énergétiques (pour un volume moyen)

On dispose maintenant de tous les éléments pour répondre à la question posée pour chacun des deux cas évoqués précédemment.

11-1-3 Conditions de rentabilité lors du renouvellement d'un matériel tombé en panne

Rappelons que dans ce cas le problème posé est de savoir s'il est rentable d'acheter un appareil de classe énergétique A plutôt qu'un appareil moins performant.

A partir des valeurs figurant dans les tableaux qui précèdent, on peut définir quel est le surcoût maximum de l'appareil de classe A par rapport aux matériels des autres classes pour le temps de retour soit inférieur à une valeur donnée.

Les tableaux qui suivent ont été établis pour des temps de retour de 3 et de 5 ans. La comparaison avec les appareils de classe A a été bornée aux appareils de classes C, D, E.

| Appareils | Classes de référence | | |
|-----------------------------|----------------------|-----|-----|
| | C | D | E |
| Réfrigérateurs | 205 | 263 | 321 |
| Réfrigérateurs-congérateurs | 370 | 475 | 580 |
| Congérateurs-coffres | 292 | 370 | 452 |
| Congérateurs-armoires | 331 | 429 | 526 |

temps de retour de trois ans

en FF TTC

Figure 11.9 : surcoût maximal acceptable avec un temps de retour de trois ans pour un appareil de classe A comparativement à des appareils moins efficaces

| Appareils | Classes de référence | | |
|-----------------------------|----------------------|-----|-----|
| | C | D | E |
| Réfrigérateurs | 341 | 438 | 536 |
| Réfrigérateurs-congérateurs | 617 | 792 | 968 |
| Congérateurs-coffres | 487 | 617 | 753 |
| Congérateurs-armoires | 552 | 714 | 877 |

temps de retour de cinq ans

en FF TTC

Figure 11.10 : surcoût maximal acceptable avec un temps de retour de cinq ans pour un appareil de classe A comparativement à des appareils moins efficaces

On est donc ramené à la question du surcoût des appareils de classe A comparés aux appareils de classes énergétiques moins efficaces.

Les graphiques qui suivent ne prétendent pas donner une image complètement représentative de la situation. Ils ont été établis à partir des catalogues d'une vingtaine des plus gros fabricants présents sur le marché français début 1998. Nous ne disposons pas toujours de tous les prix, mais ce qui suit a le mérite d'exister malgré les imperfections qui subsistent.

Chaque graphique fait figurer le prix des appareils de chaque type en fonction de leur volume net, en distinguant leur classe énergétique. En fait cette distinction s'est bornée aux classes A et B, et à l'ensemble des autres classes sans plus de précision. Au total 450 appareils ont été pris en compte pour cette analyse. Dans le cas des réfrigérateurs-congérateurs, le volume est la somme des volumes nets de réfrigération et de congélation, sans aucune correction. Ceci est une limite dont nous avons conscience.

La figure 11.11 représente le cas des réfrigérateurs.

On observe avec surprise que les appareils de classe A ne sont jamais les plus chers. Ils sont même fréquemment parmi les appareils les moins coûteux (voir volumes de 130 à 240 litres). Non seulement les appareils de classe B sont souvent plus chers, mais de très nombreux appareils de classes bien moins efficaces sont également plus chers.

Il apparaît donc clairement que la classe énergétique n'est pas, pour les réfrigérateurs, le facteur déterminant du prix d'un appareil : toutes les suggestions diverses et variées qui entourent la démarche commerciale ont des incidences beaucoup plus importantes sur le prix que la classe énergétique. Et ceci devrait se confirmer dans le futur car le savoir faire des constructeurs les conduira d'ici peu à produire des appareils de classe A de façon banale.

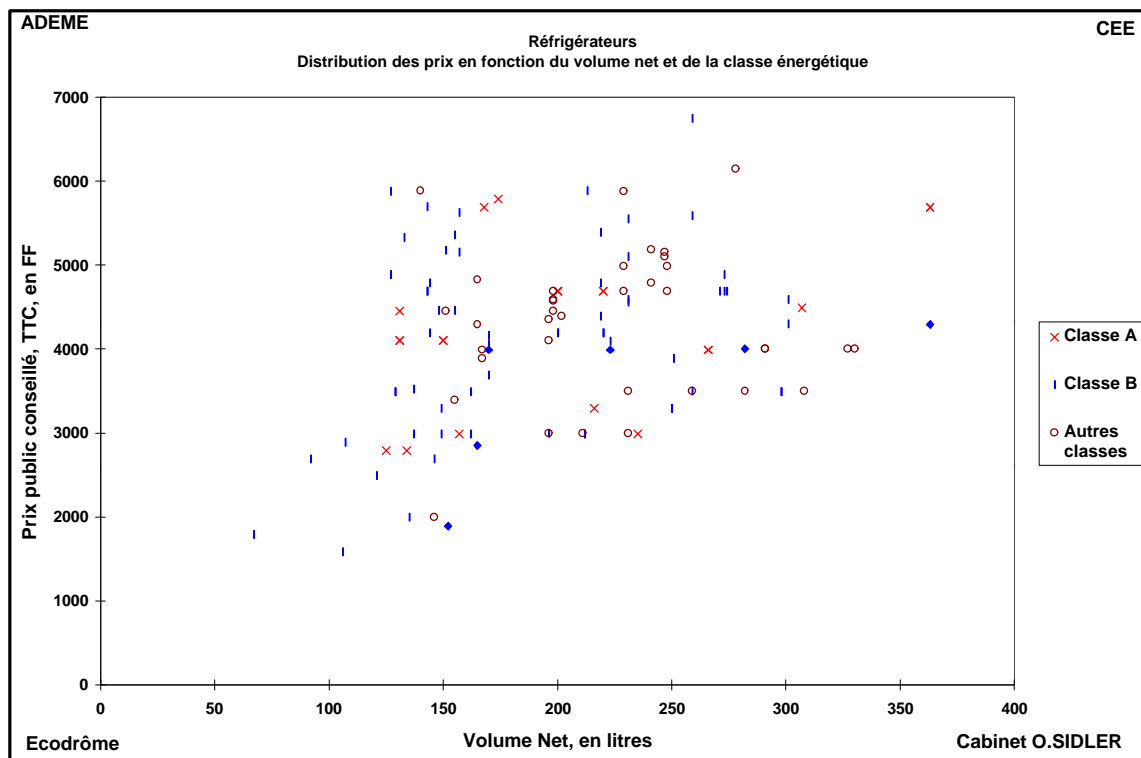


Figure 11.11 : relation entre le volume, la classe énergétique et le prix pour les réfrigérateurs

La figure 11.12 représente le cas des réfrigérateurs-congérateurs.

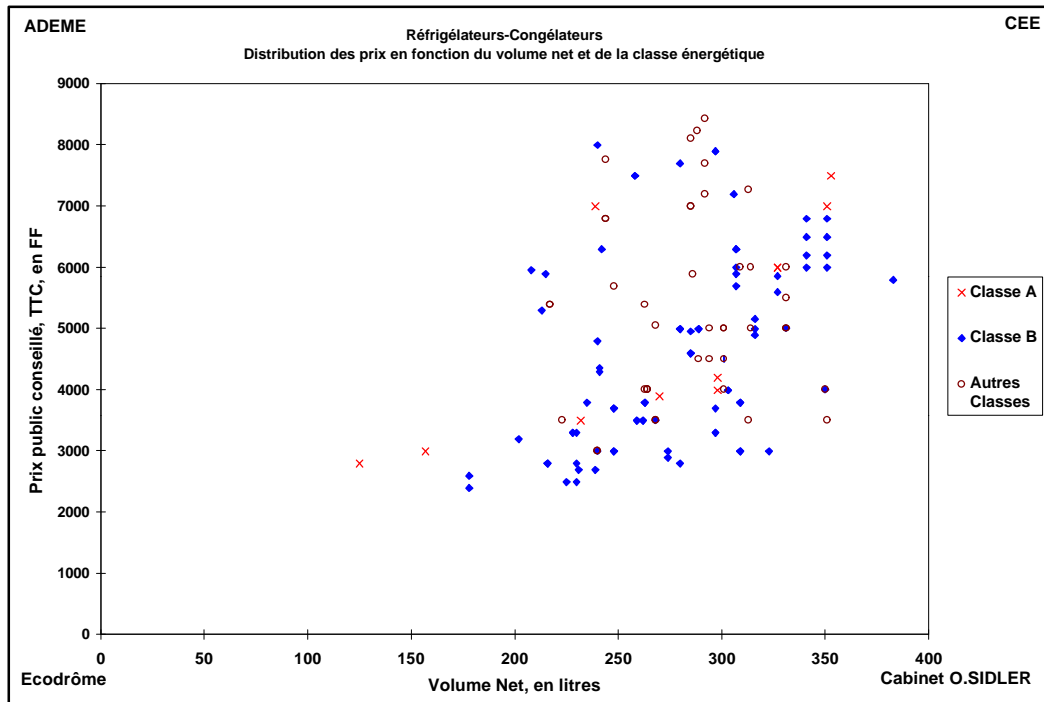


Figure 11.12 : relation entre le volume, la classe énergétique et le prix pour les réfrigérateurs-congélateurs

On peut faire pour les réfrigérateurs-congélateurs exactement la même remarque que pour les réfrigérateurs : la classe énergétique n'est nullement le paramètre déterminant du prix. Dans la gamme 250 à 300 litres on trouve aussi bien un appareil de classe A à 3.990 F qu'un appareil de classe C à 8.100 F.

La figure 11.13 présente la situation des congélateurs-coffres.

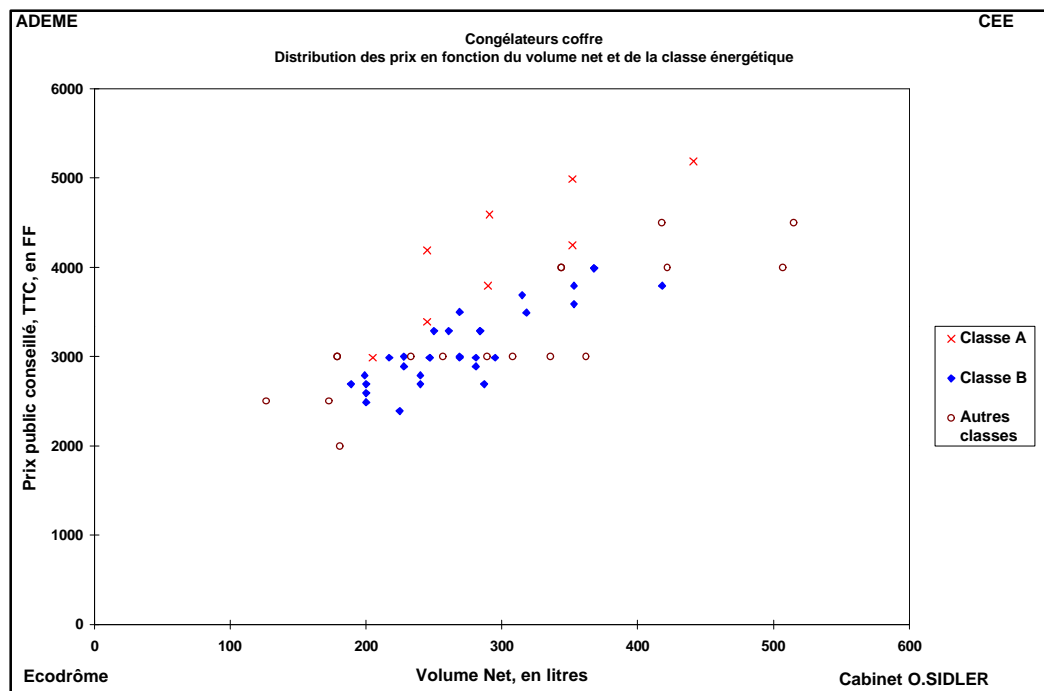


Figure 11.13 : relation entre le volume, la classe énergétique et le prix pour les congélateurs-coffres

La taille de l'échantillon est ici plus faible que pour les autres appareils, et les seuls matériels de classe A dont nous disposons appartiennent tous au même constructeur. C'est peut-être la raison qui explique les résultats différents observés pour les congélateurs-coffres. En effet c'est le seul type d'appareils pour lequel les appareils de classe A apparaissent systématiquement plus chers que toutes les autres classes énergétiques. C'est d'autant plus surprenant que le marché des congélateurs-coffres est le plus concurrentiel et le plus morcelé de tous, et c'est aussi celui où la technicité requise est peut-être la moins importante.

Quoi qu'il en soit, et jusqu'à ce que l'analyse soit étendue à un échantillon plus large, on ne peut pas conclure pour les congélateurs-coffres que la classe énergétique n'a pas d'influence sur le coût. Il conviendra donc de considérer chaque cas comme un cas particulier et d'adapter sa décision en fonction de l'offre effective au moment du choix.

La figure 11.14 traite enfin le cas des congélateurs-armoires. On retrouve pour ce type d'appareils les observations faites pour les réfrigérateurs et les réfrigérateurs-congélateurs, à savoir que la classe énergétique n'est pas l'élément structurant du prix : on trouve de nombreux appareils de classe A moins chers que des appareils de classes énergétiques moins bonnes et disposant souvent d'un volume inférieur.

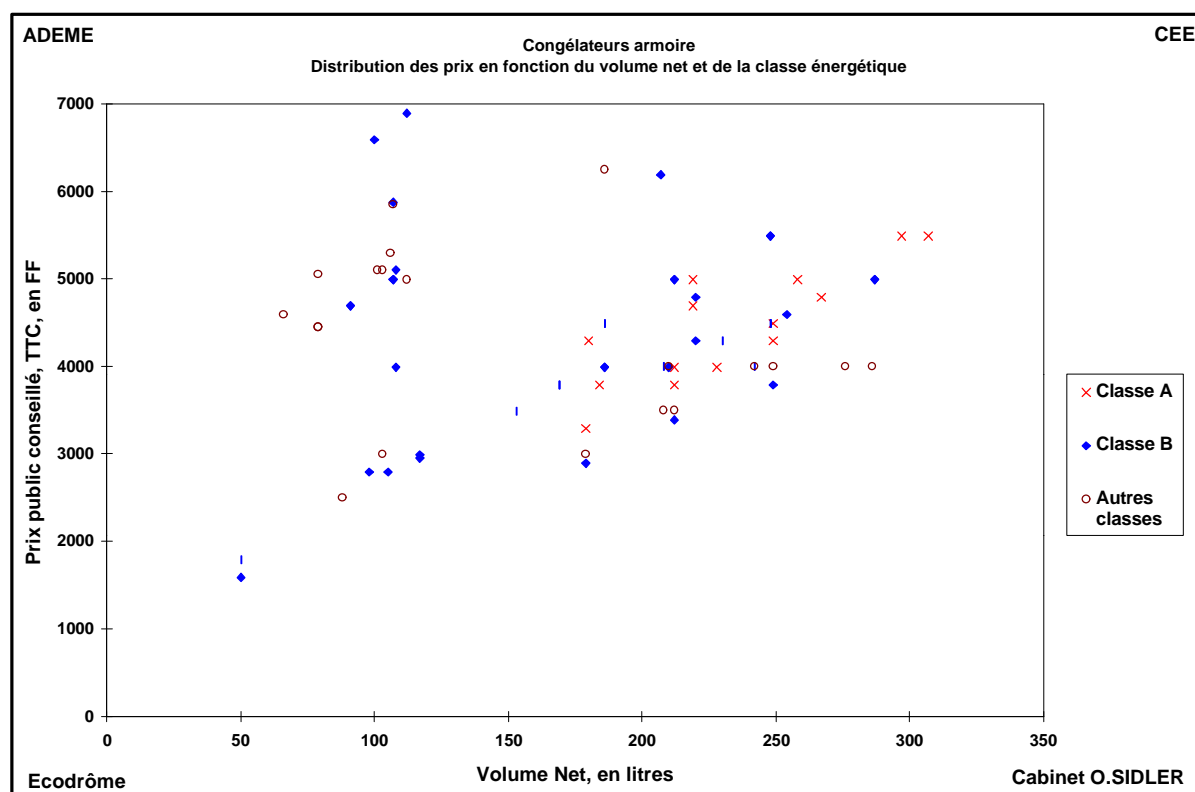


Figure 11.14 : relation entre le volume, la classe énergétique et le prix pour les congélateurs-armoires

Conclusion :

Bien d'autres facteurs que la classe énergétique structurent les prix, et le surcoût objectif de la performance (meilleure isolation, compresseur optimisé) devient un paramètre agissant au second degré dans le prix final de l'appareil. Ceci est d'autant plus vrai que les constructeurs ont fait de très

gros progrès et savent aujourd'hui accéder à la classe A par de multiples astuces de conception la plupart du temps pas très coûteuses et qui finiront d'ici peu à faire partie de la conception « ordinaire » des appareils. On observera inéluctablement pour les appareils domestiques le même phénomène que dans la construction des bâtiments neufs pour lesquels les différentes réglementations thermiques ont d'abord fortement remis en cause les habitudes et les coûts de la construction, puis ont ensuite été rapidement et définitivement intégrées dans une conception optimisée et des produits adaptés au point de ne plus générer de surcoût. La tendance observée dans cet inventaire partiel du marché des appareils de froid nous semble être une illustration de cette tendance qui va s'accroître dans les années à venir.

En conclusion, il faut d'ores et déjà considérer que les appareils de classe A ne génèrent peu ou plus de surcoût par rapport aux autres, et que dans le cas d'un renouvellement de matériel tombé en panne il faut systématiquement préférer l'appareil de classe A à tout autre. On le choisira parmi une offre chaque année un peu plus large, ce qui permettra à chacun de trouver le modèle performant qui présente en outre les suggestions complémentaires souhaitées (qui structurent le prix !).

11-1-4 Conditions de rentabilité lors du renouvellement anticipé d'un matériel

Rappelons que dans ce cas le problème posé est de savoir s'il est rentable d'acheter un appareil de classe énergétique A en remplacement de son vieil appareil trop consommateur. Plus précisément, il faut répondre à la question : quelle est la valeur maximum du coût de l'opération (c'est à dire du montant de la valeur résiduelle effective augmentée du surcoût de l'appareil de classe A comparativement à un appareil ayant les mêmes performances d'origine que l'appareil usager et diminuée de la valeur résiduelle marchande de l'appareil - voir § 11.1.1) qui assure un temps de retour donné.

A partir des éléments figurant dans les tableaux qui précèdent, on a calculé, pour des temps de retour de 3, 5 et 7 ans la valeur maximum que ne doit pas dépasser le coût de l'opération :

| Temps de retour (années) | Economie d'électricité annuelle (kWh/an) | | | | | | | |
|--------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 700 | 1000 | 1200 |
| 3 | 217 | 433 | 649 | 866 | 1083 | 1515 | 2165 | 2598 |
| 5 | 361 | 722 | 1083 | 1443 | 1804 | 2526 | 3609 | 4330 |
| 7 | 505 | 1010 | 1516 | 2021 | 2526 | 3536 | 5052 | 6062 |

en Francs TTC

Figure 11.15 : coût maximum de l'opération de remplacement anticipé d'un appareil de froid peu performant par un appareil de classe A, en fonction du temps de retour et de l'économie d'électricité annuelle générée

La rentabilité de cette opération peut maintenant être évaluée avec précision. On se référera au tableau de la figure 11.1 qui fournit les valeurs résiduelles effectives pour des appareils amortis sur 12 ans. On pourra supposer, compte tenu de ce qui précède, que le surcoût d'un appareil de classe A est nul.

A titre d'exemple, le remplacement anticipé d'un matériel par un autre économisant 400 kWh/an, avec un temps de retour de 3 ans, est possible si le coût de l'opération est inférieur à 866 F. Ceci est par exemple possible (d'après tableau de la figure 11.1) pour un appareil acheté 1.800 F et qui a 6 ans, ou pour un appareil acheté 3.200 F et qui a 9 ans, ou encore pour un appareil acheté 4.800 F et qui a 10 ans.

Lorsque l'économie est de plus de 1.000 kWh/an, l'opération de changement anticipé est rentable en moins de 3 ans si elle coûte moins de 2.165 F, ce qui est le cas pour des appareils de moins de 5 ans achetés 3.600 F maximum, ou de 6 ans achetés 4.200 F, etc.

On voit que pour de nombreux matériels même assez récents le changement anticipé peut être une opération tout à fait rentable.

11 - 2 RENTABILITE DU RENOUVELLEMENT DES AMPOULES A INCANDESCENCE

L'analyse qui suit dresse le bilan économique de la substitution d'une lampe à incandescence par une lampe fluocompacte et celui d'un ensemble de dix lampes de puissance allant de 25 à 100 W, certes moins rentable mais d'un impact plus fort, dans un logement moyen comptant 18,5 ampoules (chiffre observé dans notre projet *Ecodrôme*). Conditions économiques (tarifs de l'énergie) en vigueur au 01/01/1998.

Pour un logement, l'économie annuelle induite par les ampoules fluocompactes s'écrit :

$$P = E_1 - E_2 + E_3$$

avec :

P : économie totale en F/an

E1 : économie due à la réduction de consommation électrique des lampes

E2 : augmentation du coût du chauffage dû aux moindres apports thermiques de l'éclairage.

E3 : économie due au non-renouvellement des lampes traditionnelles toutes les 1000 h.

Ces différents termes valent :

$$\blacksquare E_1 = \Delta E \cdot p_e \quad \text{où :}$$

ΔE = économie d'électricité procurée par l'usage de lampes fluocompactes. Pour une lampe seule (100 W), elle est en moyenne de 79,1 W d'après les observations faites dans *Ecodrôme*. Pour 10 ampoules changées (soit 55 % de toutes les ampoules en place) l'économie est de 300 kWh/an (ceci est une estimation à partir du nombre d'ampoules changées et de l'économie observée dans notre projet, sachant que certaines ampoules n'ont pas fonctionné souvent).

p_e = prix de l'électricité pour l'éclairage, soit

☛ 0,7217 FTTC/kWh pour les usagers du simple tarif

☛ 0,6856 F TTC/kWh pour les usagers du double tarif (chauffage

électrique), sur la base de 87,5 % d'utilisation en heures pleines et 12,5 % en heures creuses (cette répartition a été mesurée sur une année pour chaque appareil dans le projet *Ecodrôme*).

$$\blacksquare E_2 = \Delta E \cdot a \cdot R_{rec} / R_{ch} \cdot p_{ch} \cdot \eta_1 \quad \text{où :}$$

a : part de la consommation annuelle absorbée par l'éclairage pendant la saison de chauffe. Ce coefficient a été mesuré (voir § 4.4). Il vaut 0,63.

R_{rec} : rendement de récupération des apports de chaleur « gratuits ». Ce rapport dépend de plusieurs facteurs. Pour qu'il y ait effectivement récupération d'apports gratuits, il faut

que le dispositif de régulation du chauffage soit capable de s'adapter afin de réduire l'alimentation en énergie pour maintenir constante la température de consigne dans les locaux et faire en sorte que ce soit les apports gratuits qui assurent le complément. Si les caractéristiques de l'installation de chauffage ne sont pas suffisamment performantes pour assurer cette fonction, **il n'y a aucune récupération d'apports gratuits, mais seulement élévation hétérogène de température dans la pièce sans réduction de la consommation de chauffage**. Trois éléments essentiels qualifient l'aptitude de l'installation à la récupération de chaleur :

- d'abord qu'il y ait un thermostat de régulation dans toutes les pièces du logement (thermostat d'ambiance, robinet thermostatique ou thermostat de régulation sur convecteur électrique). La hauteur à laquelle est installé ce thermostat est essentielle,
- la sensibilité du différentiel de ce thermostat,
- l'inertie thermique de la construction.

En effet, dans le cas d'espèce de la récupération de chaleur libérée par l'éclairage, la position très particulière de celui-ci, généralement à 2,4 m du sol, n'est absolument pas favorable. Toute la chaleur dégagée par les lampes crée une stratification avec des couches chaudes très stables en partie haute de la pièce, incapables de migrer vers les parties inférieures du volume chauffé. Sous plafond la température augmente effectivement. Par voie de conséquence, il devient très difficile au thermostat de percevoir un signal et de couper le fonctionnement du chauffage. Le thermostat d'ambiance d'une installation avec radiateur est placé à 1,7 m du sol. Il réagira donc très modérément. Mais il est pratiquement impossible à un robinet thermostatique, ou au thermostat d'un convecteur électrique, placé à 0,5 m du sol, de réagir à ce phénomène perturbateur situé à 2,4 m du sol. Pour récupérer la chaleur dégagée par les lampes il faudrait pouvoir casser la stratification par des brasseurs d'air...

Le degré de sensibilité du thermostat, c'est à dire sa faculté à réagir à de faibles variations de température, est le second paramètre important dans la capacité de l'installation à prendre en compte les perturbations. Tous les systèmes électromécaniques sont « hors jeu » car trop imprécis. Les thermostats sont répartis en deux classes de qualité : A et B. Pour les premiers le différentiel est supérieur à un degré, pour les seconds il est inférieur. Seule une partie des installations neuves construites aujourd'hui est équipée de thermostat de type B. Pour le reste du parc de logements existants, la plupart ne sont même pas régulés pièce par pièce, sauf pour le chauffage électrique, mais pour celui-ci, les différentiels posés dans la majorité des cas n'étaient pas de grande qualité et ne peuvent, à la lumière de ce qui précède, prétendre pouvoir détecter les perturbations de température générées 2 m plus haut.

L'inertie thermique du bâtiment, lorsqu'elle est suffisante, va corriger un peu la difficulté des systèmes à récupérer les apports. En effet, elle va stocker dans les masses une partie de la surchauffe qu'elle pourra ensuite restituer au local, essentiellement par rayonnement. Mais ceci est un « épiphénomène » qui ne corrigera pas les insuffisances des systèmes régulateurs.

Pour toutes ces raisons, nous proposons d'adopter pour le rendement de récupération les valeurs suivantes :

- *logement avec régulation pièce par pièce*

1 - Inertie thermique moyenne ou forte (au sens de la définition donnée par le CSTB)

* chauffage à eau chaude (robinets thermostatiques ≤ 1 m du sol) : 0,35 (thermostat type B); 0,15 (thermostat type A),

* convecteurs électriques : 0,25 (thermost. B); 0,10 (thermost. A),

2 - Inertie faible ou très faible

- * chauffage à eau chaude : 0,15 (thermost. B); 0,05 (thermostat type A)
- * chauffage électrique : 0,10 (thermostat B); 0,05 (thermostat type A)

- *logement sans régulation pièce par pièce*
le rendement de récupération est nul.

Ceci démontre déjà qu'il paraît difficile de faire des règles générales pour la détermination de la rentabilité des lampes fluocompactes. On notera que selon que les lampes sont placées dans des logements récents ou anciens, le rendement de récupération sera non nul dans le premier cas, mais voisin de zéro dans le second.

Afin néanmoins de fixer les idées, nous avons adopté les valeurs intermédiaires suivantes :

- chauffage par combustibles : **0,15**
- chauffage électrique : **0,10**

R_{ch} : rendement global sur pcs de l'installation de chauffage. On prendra 0,72 pour les systèmes de chauffage à combustibles et 0,95 pour les systèmes électriques.

p_{ch} : prix du kWh_{pcs} de l'énergie de chauffage aux heures où a lieu l'éclairage. Pour les combustibles courants, on adoptera :

- gaz : 0,1796 F TTC/ kWh_{pcs} (0.0276 ECU)-abonnement individuel, niveau 1
- fioul : 0,2172 F TTC/kWh_{pcs} ,(0.334 ECU) - tarif C1 pour particuliers
- électricité : 0,6856 F TTC/kWh, (0.105 ECU) - idem que pour l'éclairage.

η_l : rendement thermique des lampes qui est le rapport de l'énergie thermique récupérée émise par une lampe, à l'énergie électrique qu'elle a absorbée. Les pertes sont constituées par la fraction du rayonnement électromagnétique qui a été perdue par les ouvrants (fenêtres) et qui n'a donc pas pu être absorbée par les parois internes du local et se thermaliser. La valeur adoptée est de 0,9.

$$\blacksquare E_3 = N \cdot D_u / D_v \cdot P_1 \quad \text{où :}$$

- N : nombre d'ampoules changées
- D_u : durée annuelle moyenne d'utilisation des ampoules (1000 h pour une ampoule seule, et 680 h (moyenne observée) en moyenne pour les dix ampoules ensembles)
- D_v : durée de vie des ampoules traditionnelles (1000 h)
- P₁ : prix unitaire d'une ampoule traditionnelle (5 F).

Les lampes fluocompactes se trouvent aujourd'hui en grandes surfaces à des prix inférieurs à 100 F TTC, soit 15 ECU, (marques de qualité uniquement). On adoptera néanmoins le prix de 100 F pour les calculs. Mais les ampoules HBI (voir § 6.6) valent déjà moins de 40 FF (6 ECU). Les calculs présentés ici ont été réalisés avec le prix de 35 F/ampoule (soit 5.4 ECU).

Dans les tableaux qui suivent figurent chacun des trois termes E1, E2, E3, le total de l'économie annuelle, ainsi que le temps de retour brut (rapport prix d'achat / économie annuelle). En dernière colonne on a porté le taux de rendement que constituerait l'achat d'une lampe, par analogie à un placement financier. On a distingué les ampoules traditionnelles et les ampoules HBI.

➤ Cas d'une lampe de 20 W en substitution d'une lampe de 100 W :

| Energie | E1 | - E2 | E3 | Total | Temps de retour (année) | Taux de rendement (%) |
|-------------|-------|--------|------|-------|-------------------------|-----------------------|
| Gaz | 57,01 | - 1,68 | 5,00 | 60,33 | 1,7 | 19,7 |
| Fioul | 57,01 | - 2,02 | 5,00 | 59,99 | 1,7 | 19,6 |
| Electricité | 54,16 | - 3,23 | 5,00 | 55,93 | 1,8 | 18,8 |

Ampoules fluocompactes traditionnelles En F TTC/an

| Energie | E1 | - E2 | E3 | Total | Temps de retour (année) | Taux de rendement (%) |
|-------------|-------|--------|------|-------|-------------------------|-----------------------|
| Gaz | 57,01 | - 1,68 | 5,00 | 60,33 | 0,58 (7 mois) | 32,9 |
| Fioul | 57,01 | - 2,02 | 5,00 | 59,99 | 0,58 (7 mois) | 32,9 |
| Electricité | 54,16 | - 3,23 | 5,00 | 55,93 | 0,63 (7,5 mois) | 31,9 |

Ampoules fluocompactes HBI En F TTC/an

➤ cas d'un ensemble de dix ampoules de puissances différentes :

| Energie | E1 | - E2 | E3 | Total | Temps de retour (année) | Taux de rendement (%) |
|-------------|--------|---------|-------|--------|-------------------------|-----------------------|
| Gaz | 216,51 | - 6,38 | 34,05 | 244,18 | 4,1 | 9,2 |
| Fioul | 216,51 | - 7,69 | 34,05 | 242,87 | 4,1 | 9,1 |
| Electricité | 205,68 | - 12,27 | 34,05 | 227,46 | 4,4 | 8,6 |

Ampoules fluocompactes traditionnelles En F TTC/an

| Energie | E1 | - E2 | E3 | Total | Temps de retour (année) | Taux de rendement (%) |
|-------------|--------|---------|-------|--------|-------------------------|-----------------------|
| Gaz | 216,51 | - 6,38 | 34,05 | 244,18 | 1,4 | 21,4 |
| Fioul | 216,51 | - 7,69 | 34,05 | 242,87 | 1,4 | 21,4 |
| Electricité | 205,68 | - 12,27 | 34,05 | 227,46 | 1,5 | 20,6 |

Ampoules fluocompactes HBI En F TTC/an

L'analyse de ces résultats montrent que :

➤ pour une ampoule seule

Le temps de retour brut est de **1,7 ans** si le chauffage du logement est assuré par combustibles et de **1,8 ans** lorsqu'il l'est par chauffage électrique. Si, par analogie, l'achat d'une ampoule est comparé à un placement financier, le taux de rendement de ce placement est de **19,6 %** lorsque le chauffage est assuré par combustibles et de **18,8 %** lorsqu'il l'est par l'électricité. Il n'existe assurément que peu de placements financiers de ce niveau, et on pourrait conseiller à tous les titulaires d'un compte à la caisse d'épargne d'investir dans les ampoules fluocompactes s'ils veulent gagner plus.

Avec les ampoules HBI il n'y a plus aucune raison d'acheter des lampes à incandescence : cette fois **le temps de retour brut est de quelques mois (7 ou 8)**, et de toute façon le coût de l'ampoule (35 FF, soit 5,4 ECU) est inférieur au coût des dix ampoules à incandescence nécessaires pendant la durée de vie de l'ampoule fluocompacte! **Quant au taux du placement financier équivalent il est de près de 33%, ce qui est un record et fait de la lampe fluocompacte le seul placement financier à la portée de tous, qui soit sûr et à des taux de rendement supérieurs aux meilleurs taux de la bourse!**

➤ pour un ensemble de dix ampoules

La puissance des dix ampoules est variée (de 5 à 20 W), mais le prix est le même pour toutes. La rentabilité est donc inférieure à ce qui précède, mais cette solution correspond à un double objectif qui est de faire des économies importantes sur la facture énergétique (pour l'occupant), et de réduire de façon conséquente la puissance de pointe à 20 h en hiver. En effet, à cette heure fonctionnent la majorité des points lumineux d'un logement, même ceux qui ne sont sollicités qu'une heure ou deux chaque jour. Pris individuellement ils n'offrent donc pas la même rentabilité qu'une ampoule utilisée trois ou quatre heures/jour. En revanche, cette stratégie « de masse » permet une réduction importante de la pointe.

Globalement, le temps de retour brut (avec ampoules fluocompactes traditionnelles) est alors de **4,1 ans** si le logement est chauffé par combustibles, et de **4,4 ans** s'il est chauffé à l'électricité. Identifié à un placement financier, l'achat de dix ampoules fluocompactes conduit à un taux de rendement de **9,1 %** si le chauffage est assuré par combustibles, et de **8,6 %** s'il est assuré par l'électricité. Cela reste un taux très intéressant comparé aux valeurs rencontrées aujourd'hui sur les marchés financiers.

Avec l'ampoule HBI, le temps de retour est de **1,4 ans**, et le taux du placement financier équivalent est encore de plus de **21 %!**

Le remplacement d'au moins dix ampoules dans un logement, bien que d'une rentabilité moindre pour l'investisseur, est la solution la plus intéressante pour la collectivité. Mais l'arrivée de la lampe HBI sur le marché va révolutionner les données économiques et il n'y aura plus aucune barrière à investir dans le changement de l'ensemble des ampoules d'un logement : cela fera tout simplement partie d'une saine gestion financière.

Afin de réduire aussi le coût du renouvellement des lampes fluocompactes et de leur impact environnemental, il faut également inciter les fabricants à mettre à la disposition du public des systèmes permettant de ne changer que les ampoules et de conserver le ballast électronique dont la durée de vie est cinq fois plus grande.

11 - 3 RENTABILITE DU RENOUVELLEMENT DES LAVE-LINGE

11-3-1 Evaluation des économies financières dues à l'usage d'appareils performants

L'achat d'un lave-linge performant induit trois types d'économie :

■ une économie directe d'électricité. Cette économie a été mesurée dans le projet *Ecodrôme*. Elle vaut en moyenne 69 kWh/an, mais peut aller dans certains cas jusqu'à plus de 285 kWh/an (voir figure 7.1 au § 7.1.2),

■ une économie directe d'eau, puisque les machines performantes consomment en moyenne 60l/cycle contre environ 120 l/cycle pour les machines anciennes (estimation). Comme les ménages font en moyenne 260 cycles/an, l'économie totale d'eau est de 15,6 m³/an,

■ une économie indirecte sur l'énergie nécessaire au séchage du linge. En effet les machines performantes essorent à des vitesses allant jusqu'à 1.300 t/mn dans *Ecodrôme* (mais il existe aujourd'hui des appareils essorant à 1.600 t/mn), ce qui a pour effet d'obtenir du linge beaucoup moins humide, nécessitant donc moins d'énergie pour sécher et séchant plus vite. Cette économie doit être évaluée différemment selon le mode de séchage du linge, et l'énergie de chauffage du logement. Il existe en effet trois moyens principaux de faire sécher du linge :

- à l'extérieur,
- dans le logement, mais de façon naturelle,
- dans le logement, avec un sèche-linge électrique

Evaluons d'abord l'enjeu énergétique annuel du séchage du linge avec une machine traditionnelle essorant à 400 t/min, en supposant qu'il y a 3,5 kg de linge/cycle, 260 cycles de lavage/an, 75 % de synthétiques et 25% de coton lavé, que l'énergie thermique nécessaire au séchage est de 0,75 kWh/kg d'eau. Au total on lave 910 kg de linge (sec)/an et il y a 710 litres d'eau à évaporer, ce qui représente **530 kWh/an**.

Le passage d'un essorage à 400 t/mn à un essorage à 1.100 t/mn réduit de 30 % la masse d'eau dans les textiles, mais tous les textiles ne supportent pas cette vitesse. Si on suppose qu'à 600 t/mn la réduction d'eau n'est que de 10%, la réduction du volume d'eau à évaporer est de 105 litres/an, soit 79 kWh/an.

Si on suppose que 40% du linge est séché en extérieur (l'été) pour les usagers pratiquant l'hiver le séchage naturel dans leur logement, et que 43,75 % du linge est séché au sèche-linge (le reste étant séché en extérieur) pour les utilisateurs de sèche-linge (valeur observée dans *Ecodrôme* - voir figure 7.30), on arrive à une réduction des besoins thermiques de séchage naturel à l'intérieur du logement de 47 kWh/an dans le premier cas et à une réduction des besoins électriques (compte tenu du rendement du sèche-linge) de 46 kWh/an. Cette valeur est assez en accord avec la valeur mesurée de 52 kWh/an (voir § 7.3.2 et 7.3.5).

Si l'on distingue la nature du système de chauffage (électrique ou gaz) et la présence ou non d'un sèche-linge électrique, on obtient des économies annuelles qui sont celles du tableau de la figure 11.16. Le prix de l'eau a été pris égal à 10 F TTC/m³.

On observe que les économies varient peu et qu'elles se situent entre 220 et 245 F/an. Mais les économies faites sur l'eau apparaissent aussi comme la principale source d'économie financière puisque avec un prix (très modéré) de l'eau de 10 F/m³, elles représentent 70 % de l'économie financière totale. Si, dans l'avenir, ce prix augmente comme prévu jusqu'à 25 F/m³, l'économie d'eau représentera 84 % de l'économie globale et la principale vocation des lave-linge performants sera surtout de réduire la consommation d'eau plus que celle d'électricité.

| Nature des Economies | Chauffage électrique | | Chauffage au gaz | |
|----------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Sans sèche-linge | Avec sèche-linge | Sans sèche-linge | Avec sèche-linge |
| Electricité (LL) | 47,80 | 47,80 | 49,80 | 49,80 |
| Eau | 156,00 | 156,00 | 156,00 | 156,00 |
| Chauffage | 27,13 | 7,50 | 11,72 | 3,24 |
| Electricité (SL) | 0 | 32,54 | 0 | 33,20 |
| Total | 230,93 | 243,84 | 217,52 | 242,24 |

En F TTC/an

Figure 11.16 : économie totale induite par l'utilisation de lave-linge performants**11-3-2 Conditions de rentabilité lors du renouvellement d'un matériel tombé en panne**

L'analyse des conditions de rentabilité est la même que celle développée au § 11.1. Mais on ne dispose pas encore de données similaires à celles des appareils de froid sur le prix et la classe énergétique des lave-linge. En conséquence on ne peut pas établir les mêmes règles de sélection. Il faudrait notamment connaître les consommations d'eau et d'électricité des modèles de classes énergétiques B à E. Car il est probable que les modèles de ces classes sont meilleurs que ceux observés la première année dans *Ecodrôme*. Mais si on suppose que l'économie vaut seulement la moitié des valeurs calculées précédemment (soit 115 F/an), et que le surcoût d'un appareil de classe A est de 500 F, on voit que le temps de retour est inférieur à 5 ans. Et si le prix de l'eau est de 15 ou 20 F, le temps de retour diminue d'autant.

Bien que les informations statistiques nous manquent encore, il est fort probable que l'achat d'un lave-linge performant en remplacement d'un appareil tombé en panne est une opération rentable dans un délai de 2 à 5 ans.

11-3-3 Conditions de rentabilité lors du renouvellement anticipé d'un matériel

La méthode utilisée pour répondre à cette question fait appel à la notion de valeur résiduelle effective (liée à l'usage) et qui a été développée au § 11.1.1.

En simplifiant et en prenant une économie annuelle de 240 F/an induite par l'achat d'un lave-linge performant, il faudra simplement que le coût de l'opération (c'est à dire valeur résiduelle effective diminuée de la valeur résiduelle marchande (éventuelle) et augmentée du surcoût de l'appareil performant par rapport à un appareil ayant les mêmes caractéristiques d'origine que le matériel à changer) ne dépasse pas une valeur égale à $240 \times tr$, tr étant le temps de retour en années.

A titre d'exemple, un appareil de 10 ans d'âge acheté 4.200 F a une valeur résiduelle effective de 700F. S'il est remplacé par un matériel ayant un surcoût de 500 F par rapport au coût actuel d'un matériel équivalent au matériel changé, le montant de l'opération sera de 1.200 F, et le temps de retour sera de 5 ans avec un prix de l'eau de 10 F/m³, mais de seulement 3 ans si le prix de l'eau est de 20 F/m³.

On voit que la rentabilité du remplacement anticipé d'un lave-linge est moins aisée que pour les appareils de froid. Hormis les inconnues qui règnent encore sur le surcoût des matériels, deux facteurs expliquent cette tendance. D'abord le coût des lave-linge, généralement plus chers que les appareils de froid ordinaires, et surtout le montant des économies, en tous cas dans l'état actuel du prix de l'eau. Mais comme la hausse de celui-ci est programmé, on peut penser qu'il y a peu d'ici à ce que le remplacement des lave-linge par des matériels performants soit une opération très rentable.

11 - 4 RENTABILITE DE L'ASSERVISSEMENT DU CIRCULATEUR DE LA CHAUDIERE

L'asservissement du circulateur de la chaudière au thermostat d'ambiance peut se faire :

- soit lors de la visite annuelle d'entretien pour les usagers qui ont un contrat de maintenance. Dans ce cas l'opération, qui dure cinq minutes ne coûte absolument rien. L'exploitant pourrait même être accusé de n'avoir pas optimisé le fonctionnement de l'installation les années précédentes...

Evidemment dans ce cas de figure, le temps de retour est immédiat, la rentabilité de l'opération excellente!

- soit lors d'une intervention pour une panne ou une mise au point quelconque de l'installation de chauffage, l'usager ne possédant pas de contrat de maintenance. On est ramené à la situation précédente : l'opération ne coûte alors rien,

- soit sur intervention particulière d'une entreprise ne se déplaçant que pour cela (cas d'un usager n'ayant pas de contrat de maintenance et dont l'installation n'est pas en panne). Tout dépendra alors du coût de la facture qui ne devrait tout de même pas dépasser 200 ou 250 F TTC. L'économie induite étant de 165 F/an, le temps de retour de cette solution est d'environ 1,5 années.

On peut donc affirmer que d'une façon générale, l'asservissement du circulateur au thermostat d'ambiance ne coûtera rien. La rentabilité de cette opération est donc totale.

11 - 5 RENTABILITE DE LA SUPPRESSION DES VEILLES DU SITE AUDIOVISUEL

Dans l'état actuel de la technologie et de la conception des logements, on peut supprimer la veille du site audiovisuel de deux façons :

- en débranchant chaque fois qu'on ne les utilise pas l'ensemble des prises de courant alimentant tous les appareils. Le coût de l'opération étant nul, celle-ci est très rentable. Mais personne ne pourra s'astreindre à ce type de contraintes très longtemps...

- en utilisant une barrette de prises multiples commandées par un interrupteur. Tous les appareils seront alimentés à partir de la barrette. Celle-ci coûte environ 45 F (7 ECU) en grande surface. L'économie que l'on peut escompter dépend des appareils connectés, mais peut aller de 200 à 650 kWh/an, ce qui induit une économie de 145 à 470 F (de 22 à 72 ECU). Le temps de retour de l'opération va de 1 à 3,5 mois...C'est donc là aussi une opération extrêmement rentable et que chacun peut mettre en oeuvre chez lui dès demain sans l'aide d'un spécialiste.

11 - 6 SURCOUT PAR LOGEMENT DANS L'OPERATION ECODROME

L'opération *Ecodrôme* elle-même n'a pas présenté de surcoût puisque plusieurs constructeurs ont accompagné et aidé notre démarche. Mais on peut se demander quel serait le surcoût pour un particulier désirant réaliser la même opération, et au-delà, quelle serait la rentabilité de ce surcoût global.

Nous nous bornerons à analyser seulement le cas des appareils qui ont le plus significativement permis de réduire la consommation d'électricité. Nous laisserons donc de côté les

lave-linge (dont on a vu que l'économie portait surtout sur la consommation d'eau) et les sèche-linge pour lesquels nous pensons que la solution la plus rentable reste, à chaque fois que c'est possible, de s'en passer en faisant sécher son linge à l'extérieur ou dans des espaces prévus à cet effet.

Il reste donc quatre postes : le froid, l'éclairage, les chaudières et les veilles du site audiovisuel :

■ *le froid*

La question de savoir si le poste froid présentait ou non un surcoût à long terme a été évoquée au § 11.1. Nous avons conclu qu'il n'y avait plus, à notre avis de surcoût identifiable lié à la classe énergétique. Mais soyons pessimiste pour cette évaluation et adoptons un surcoût de 500 F (77 ECU) pour l'ensemble du poste froid (il y avait en moyenne 1,6 appareils/logement).

■ *l'éclairage*

En moyenne 18 ampoules ont été changées dans chaque logement. On trouve aujourd'hui dans les grandes surfaces des lampes de la même marque que celle utilisées dans *Ecodrôme* au prix de 81 F (12.5 ECU). Le surcoût par ampoule est donc d'environ 75 F (11.5 ECU), ce qui porte à 1.350 F (208 ECU) le surcoût total de ce poste avec des ampoules fluocompactes traditionnelles.

Mais l'arrivée de la lampe HBI va tout changer : elle vaudra moins de 35 F (5.4 ECU). Le surcoût maximum sera donc de 30 F/ampoule (4.6 ECU), et donc de 540 F/logement (83 ECU).

■ *asservissement du circulateur*

On a vu (§ 11.4) que le surcoût de cette opération était nul.

■ *suppression des veilles du site audiovisuel*

Le surcoût a été évalué au § précédent : il vaut 45 F (6.9 ECU).

Le tableau qui suit dresse le bilan global, avec et sans l'ampoule HBI :

| | Lampes fluocompactes traditionnelles | Lampes fluocompactes HBI |
|-------------------------|---|---|
| Froid | 0 à 500 F (0 à 77 ECU) | 0 à 500 F (0 à 77 ECU) |
| Eclairage | 1350 F (208 ECU) | 540 F (83 ECU) |
| Chaudière | 0 | 0 |
| Veille site audiovisuel | 45 F (6.9 ECU) | 45 F (6.9 ECU) |
| Total | 1395 à 1895 F (214.9 à 291.9 ECU) | 585 F à 1085 F (89.9 à 166.9 ECU) |

Figure 11.17 : surcoût des matériels mis en oeuvre dans Ecodrôme

Si l'on retire les lave-linge et les sèche-linge, l'économie moyenne par logement est de 1.105 kWh/an.

Cela signifie que le surcoût d'investissement a été, en fonction du type d'ampoules :

■ **de 1.26 à 1.71 F par kWh économisé annuellement** avec comme référence les lampes fluocompactes traditionnelles, soit au prix du kWh électrique, des temps de retour globaux de 21 à 28 mois

■ **de 0.53 à 0.98 F par kWh économisé annuellement** pour les lampes fluocompactes **HBI**, soit des temps de retour globaux de 8.8 à 16.6 mois !

Depuis le premier choc pétrolier il y a eu très peu d'investissements de maîtrise de l'énergie qui aient eu des temps de retour aussi courts. **La maîtrise de la demande électrique du secteur domestique est un secteur où les investissements devraient se multiplier très rapidement dans l'avenir, car ce sont les investissements les plus rentables qui existent aujourd'hui.** Mais ils ne se développeront que si cette information est relayée vers le grand public qui ignore tout de ce gisement. Les agences de l'énergie de chacun des pays membres doivent relayer l'information et mettre en place des campagnes de promotion de l'électroménager performant. Les fabricants ont aussi intérêt à ce que cette information circule, et peut-être devraient-ils s'associer avec plus de conviction dans cette dynamique nouvelle. Nous avons le sentiment qu'ils ne sont pas eux-mêmes tout à fait convaincus de l'intérêt de leur matériel dans le marché français actuel. Mais l'ensemble des analyses qui précèdent et le positionnement de la question de l'électroménager dans la facture énergétique des logements neufs devraient leur faire prendre conscience de l'intérêt qu'ils ont, et avec eux le public et le producteur d'électricité, à encourager et à promouvoir un matériel qui n'a que trop tardé à s'imposer jusqu'à présent.

Toutes les analyses de ce rapport illustrent un fait saillant : la Maîtrise de la Demande d'Electricité dans le secteur résidentiel est une opération qui profite sans exception à tous les acteurs, depuis le particulier jusqu'au producteur d'électricité en passant par les fabricants et la collectivité! Pour tous, l'opération présente une rentabilité économique forte. Alors pour quelles raisons autres que de l'ignorance, ce marché ne se développe-t-il pas de façon fulgurante? Ignorance des particuliers sous-informés et qui ne savent rien du sujet, ignorance du producteur qui croit encore que la MDE entraînera la chute de ses ventes (alors que c'est tout à la fois la base d'une meilleure gestion de ses ressources, la clé de la satisfaction de ses clients, et les germes d'une stratégie crédible sur le marché international sur lequel il a pris des participations), ignorance enfin de l'offre constituée des fabricants et des distributeurs qui n'ont encore à ce jour bâti aucun argumentaire vraiment sérieux à destination du public. On ne pourra pas éternellement expliquer la différence des marchés français et allemand par la seule conscience plus forte des problèmes environnementaux outre-Rhin. Peut-être le projet *Ecodrôme* aura-t-il pu convaincre les uns et les autres du bien fondé de la démarche. Il aura en tous cas permis d'évaluer les enjeux avec précision, faisant ainsi reculer, bien modestement, le mur de l'ignorance ■

CHAPITRE 12 : CONSEILS PRATIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE LOGEMENTS NEUFS

Ce qui précède à montrer tout l'intérêt qu'il y avait à utiliser un équipement électroménager performant. Il est exact que la majorité des décisions pour cela appartient à l'utilisateur final : c'est lui qui choisira ou non d'acheter un appareil de froid ou un lave-linge de classe A. Mais si on réfléchit, on s'aperçoit que la conception des logements joue un rôle très important dans la réduction potentielle des consommations électrodomestiques. Pour deux raisons : d'abord parce que des consommations électriques peuvent être parfois évitées ; ensuite parce que certaines dispositions pourront permettre à l'usager qui le désire d'accéder au gisement d'économie, alors que si ces dispositions ne sont pas prises il ne pourra tout simplement pas, ou alors très difficilement, accéder à ce gisement.

En d'autres termes, il y a des logements qui pourront conduire à de faibles consommations électriques et d'autres qui ne le pourront jamais. Voici quelques exemples de dispositions qui nous paraissent intéressantes et favorables aux économies d'électricité :

- les appareils de froid performants ne font plus 60 cm de large mais fréquemment 66 cm à cause de l'épaisseur d'isolant. Or à partir du 3/9/1999 tous les appareils de classes E, F, G (les plus mauvais sur l'échelle des classes A à G actuellement en vigueur) seront 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 cuisine. Enjeux : de 250 à 500 kWh/an/appareil, soit 180 à 360 F (28 à 56 ECU),

- pour éliminer les veilles du site audiovisuel (jusqu'à 650 kWh/an) il faut débrancher chaque jour l'ensemble des prises alimentant le magnétoscope, 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 : 200 à 650 kWh/an soit 150 à 470 F (23 à 72 ECU),

- 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. Enjeux : transfert de 180 à 200 kWh/an soit une économie d'environ 85 à 95 F/an (13 à 15 ECU),

- les chaudières individuelles doivent, chaque fois que c'est possible, c'est à dire dans 99% des cas, être câblées de façon à ce que le circulateur soit asservi au thermostat d'ambiance. S'il s'agit de chaudière murale à ventouse, il faut choisir des modèles sans veilleuse, car celles-ci obligent le ventilateur de la ventouse à fonctionner en permanence (160 kWh/an). Enjeux : 230 à 350 kWh/an, soit 170 à 250 F (26 à 38 ECU),

■ la consommation des sèche-linge est une des consommations d'électricité les 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 semble une solution très économe. Pour ne pas coûter au locataire, le séchage du linge devra être fait à l'extérieur des logements, sinon l'énergie de séchage sera fournie par le système de chauffage du logement. L'idéal serait des espaces naturellement ventilés et chauffés (par le soleil, les conduits de fumée, la proximité d'une chaufferie, etc.). Enjeux : 500 kWh/an, soit 360 F(55 ECU).

■ Mais on peut aller encore plus loin : pourquoi ne pas développer des ensembles lavage/séchage naturel du linge dans des espaces collectifs des immeubles. Une ou plusieurs machines à laver très performantes et à longue durée de vie (fonctionnant avec des pièces de monnaie) disponibles individuellement (la clé est chez le concierge). L'espace de séchage, basé sur les mêmes considérations que précédemment, est accessible aussi au moyen d'une clé. Avantages : on gagne de la place dans les logements (à 5 000 F/m²), on évite l'investissement d'un lave-linge (2 500 à 5 000 F) et celui d'un sèche-linge. Cela existe déjà dans des pays comme la Suisse, les Etats-Unis et le Canada.

■ En logement locatif, les maîtres d'ouvrage ont encore d'autres moyens : le poste froid est le premier poste de consommation électroménagère : 1 000 kWh/an. Or cette consommation peut chuter à 275 kWh/an (soit une économie de 550 F/an) en utilisant des appareils performants de classe énergétique A. Mais pourquoi ne pas commencer à livrer des cuisines tout équipées, comme dans les logements sociaux en Suisse? On aurait alors la possibilité de choisir des appareils de froid performants (qui pourront être négociés à des prix très intéressants), ce que ne fera pas le locataire moyen, on allégera les investissements que devra consentir l'occupant pour s'équiper, et on lui fera faire une économie importante. Surcoût à la construction du logement : de 2 à 5000 F maximum selon la nature des matériels.

■ Bien que l'éclairage ne soit jamais dans les prérogatives d'un maître d'ouvrage social, on pourrait commencer à y réfléchir, surtout avec l'avènement de la **lampe fluocompacte HBI**. En effet, pourquoi ne pas songer dès aujourd'hui à équiper tous les logements neufs avec dix ampoules HBI? Surcoût par logement : environ 300 ou 400 F TTC. Gain pour les locataires : environ 300 kWh/an soit 215 F/an. Les ampoules resteraient propriété des offices et seraient soumises aux rigueurs de l'état des lieux.

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 de francs 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.

L'étape suivante viendra lorsque les constructeurs de pompes et de moto-ventilateurs auront mené à bien des recherches permettant d'augmenter le rendement actuellement dérisoire de leur matériel. Il faudra alors impérativement installer des appareils à haut rendement ■

CONCLUSION

Le projet *Ecodrôme* a permis de mieux connaître le fonctionnement des appareils électrodomestiques. Il a notamment été possible, grâce à l'instrumentation sur une année d'avoir des données très précises sur la saisonnalité des usages. On a aussi pu étudier avec intérêt la courbe de charge globale et sa structure, ce qui a permis de mettre en évidence le rôle particulier de quelques usages à certaines heures de la journée.

Mais l'aspect le plus important d'*Ecodrôme* est d'avoir permis une évaluation in situ des gisements d'économie obtenus par substitution de matériels performants aux matériels existants. Cette évaluation était nécessaire car elle a permis une intégration de tous les phénomènes réels non connus et donc non maîtrisés en laboratoire. Mais l'avantage de l'expérimentation in situ est aussi d'avoir pu identifier des problèmes dont on ne soupçonnait même pas vraiment l'existence, des difficultés pratiques dont il faudra tenir compte, des réactions humaines méconnues face à la Maîtrise de la Demande d'Electricité. Cette évaluation a le mérite d'intégrer tous les paramètres aléatoires non maîtrisables et de fournir des éléments précieux pour bâtir des stratégies nouvelles de MDE. Il ressort notamment de cette étude que l'essentiel des gisements peut être atteint par seulement quatre postes :

- le froid représente le principal gisement d'économie, et de très loin,
- l'éclairage est probablement le second gisement, mais ce gisement sera d'amplitude variable en fonction de la latitude des sites,
- l'asservissement correct des circulateurs de chaudières est le premier gisement « surprise » de cette étude. Ce n'est pas le moindre, et surtout c'est un gisement dont l'accès est quasiment gratuit, puisque la modification de câblage, qui consiste en une simple permutation de fils sur le bornier des chaudières, peut être effectuée lors des visites annuelles d'entretien,
- la suppression des veilles, notamment autour du site audiovisuel, est le second gisement « surprise » révélé par *Ecodrôme*. C'est un gisement dont l'importance est fonction des équipements de chaque logement. Là aussi il s'agit d'un gisement dont l'accès est pratiquement gratuit et qui peut aller jusqu'à 600 kWh/an.

Le gisement des veilles n'a pas été réellement exploré dans *Ecodrôme* pour des questions matérielles et de délai. On peut donc conclure qu'avec les quatre axes d'action proposés ci-dessus, le gisement par famille est probablement au moins égal aux 1.200 kWh/an mesurés dans l'expérimentation.

Sur ces bases là, et avec toute la prudence qu'imposent les exercices de généralisation, on peut se demander quels seraient les enjeux d'une stratégie de Maîtrise de la Demande d'Electricité dans un pays comme la France si les résultats d'*Ecodrôme* étaient mis en oeuvre. Les évaluations ont été faites sur les parcs d'appareils et non sur le nombre de logements en France, ce qui doit

conduire à une meilleure précision de l'évaluation. Nous avons pris les économies unitaires mesurées dans l'expérience pour chaque type d'appareils.

Le tableau qui suit fournit une évaluation, à l'échelle française, des gisements pour chaque type d'usage.

| Appareils | Valeurs mesurées : Economie moyenne par logement (kWh/an) | Valeurs calculées : Gisement national (TWh/an) |
|--------------------------|---|--|
| Froid | 725 | 12,00 |
| Eclairage | 340 | 7,72 |
| Chaudières individuelles | 227* | 1,21 |
| Magnétoscopes | 118* | 1,75 |
| Décodeurs Canal+ | 96* | 0,48 |
| Démodulateurs satellite | 95* | 0,95 |
| Lave-linge | 70 | 1,42 |
| Sèche-linge | 56 | 0,22 |
| TV (veille) | de 0 à 145 - moyenne rapportée au parc : 21* | 0,67 |
| Total | 1727 à 1872 kWh/an | 26,42 TWh/an |

* Economies immédiatement mobilisables : 536 à 681 kWh/an/logt et 5,1 TWh/an pour la France

On a porté en colonne 2 les valeurs mesurées dans *Ecodrôme*. Mais rappelons que le gisement national n'est pas le produit de ces mesures par le nombre de logements français.

Il apparaît que le gisement le plus important, et de très loin, est le poste froid avec 12 TWh/an. Il représente à lui seul 45% du gisement total. Mais en second se trouve l'éclairage avec 7,7 TWh/an. A eux deux ces postes représentent près des trois quarts du gisement total. C'est donc à l'évidence là que les efforts les plus importants devraient être portés pour faire progresser la Maîtrise de la Demande d'Electricité. Pour l'industrie du froid ce serait une cause intéressante à condition que les professionnels sachent la mener à bien, que ce soit dans ses relations avec le public (diffusion de l'étiquette label énergie) ou dans la politique sur les prix des appareils de classes A et B : l'écueil serait évidemment une stratégie commerciale dans laquelle l'option énergie *a priori* demandée par le public ne serait présente que sur les appareils « haut de gamme » ou sur les appareils chers. Il est certain que des actions avec les distributeurs devront être menées afin qu'eux mêmes perçoivent l'intérêt général de cette opération.

L'avènement d'un nouveau type d'ampoules fluo compactes est peut-être la vraie révolution qui attend le secteur de l'éclairage. Car cette ampoule qui efface tous les inconvénients des anciennes générations et qui de surcroît divise le prix des ampoules par un facteur d'au moins deux et demi va faire des LBC l'éclairage obligé de demain. Obligé pour des questions énergétiques, mais aussi pour des raisons économiques, car il n'y aura plus aucun avantage à acheter des lampes à incandescence, ce sera anti-économique.

Il paraît donc essentiel que les politiques nationales s'appuient sur cet élément nouveau qui devrait bouleverser demain toutes les stratégies actuelles.

Le tableau qui précède met aussi en évidence deux autres points importants :

■ il existerait en France, selon nos calculs, un gisement de 5,1 TWh/an immédiatement mobilisable sans pratiquement aucune dépense. Ce gisement recouvre la récupération des veilles du site audiovisuel et l'asservissement correct des circulateurs de chaudières,

■ le gisement national total des économies d'électricité dans le secteur domestiques (privé) des usages spécifiques de l'électricité serait de 26,4 TWh/an, soit environ la moitié du secteur.

Ces chiffres doivent évidemment être pris avec toute la prudence qu'exige l'exercice de généralisation des résultats obtenus sur un échantillon très restreint, mais ils ont le mérite considérable de s'appuyer sur des valeurs mesurées, bien réelles, qui plus est en logement social, et non sur des évaluations plus ou moins empiriques et trop souvent minorées ou majorées en fonction du point de vue à défendre. C'est bien la grande force de cette étude dans l'océan de ses faiblesses, celle d'avoir permis de préciser ce qui n'était auparavant soit pas du tout connu, soit connu avec une approximation de 50 voire 100%. Ainsi, même sans prétendre à une représentativité absolue (plusieurs milliers de logements auraient été nécessaires pour cela) l'expérimentation a permis de se rapprocher de la réalité avec un degré de précision beaucoup plus grand que toutes les évaluations véhiculées jusque là. Elle a aussi permis la découverte de phénomènes insoupçonnés qui pourront enfin être pris en compte dans les scénarii et les évaluations de demain.

Enfin il est un dernier aspect essentiel de ce projet : les économies d'électricité mesurées sont des économies d'un accès excessivement bon marché.

Sans attendre que des stratégies nationales soient mises en place, le département où s'est déroulé le projet en France, la Drôme, s'est déjà mobilisé autour des résultats très prometteurs de *Ecodrôme* pour lancer l'opération MDE 26 à laquelle sont associés l'ADEME, la Région Rhône-Alpes, le Conseil Général de la Drôme, Electricité de France, le Cedral et le Cabinet O.Sidler. L'objectif est de mettre en place à l'échelle d'une population de 400.000 habitants, une campagne de promotion de l'électroménager et de l'éclairage performants, accompagnée d'une campagne sur les circulateurs de chaudières et sur les veilles. Le travail a été effectué en direction des usagers bien sûr, afin que la demande se renforce, mais aussi en direction des distributeurs, des professionnels du bâtiment, des maîtres d'oeuvre et d'ouvrage afin que l'offre soit également en phase avec une demande améliorée. Il faut souhaiter que d'autres initiatives de cet ordre soient mises en place afin que soit enfin élaborée une stratégie de Maîtrise de la Demande d'Electricité efficace ■

Annexe 1: Liste des conseils fournis aux occupants après la première année

CONSEILS POUR ECONOMISER L'ENERGIE

ECODROME

Voici quelques conseils pour réduire votre consommation d'énergie, sans pour autant devoir vous priver. Suivez-les avec soin, nous aurons des résultats encore plus intéressants avec votre participation active!

■ Télévision

☛ N'utilisez jamais la veille de votre téléviseur. Elle vous sert à la télécommande mais peut consommer autant d'énergie que le téléviseur lui-même. Economie : jusqu'à 100 kWh/an.

☛ Lorsque vous ne regardez pas la télévision, essayez dans la mesure du possible de couper l'alimentation électrique :

- du décodeur Canal Plus (il consomme 90 à 180 kWh/an),

- du démodulateur satellite (130 kWh/an) surtout si vous n'avez pas besoin de son horloge,

- de l'amplificateur d'antenne.

Pour cela le mieux est de les brancher sur des prises multiples munies d'interrupteur.

☛ Le magnétoscope consomme chaque année presque autant d'énergie que la télévision (environ 150 kWh), alors qu'il ne marche que quelques heures par semaine. Débranchez-le si vous ne l'utilisez pas, car sinon il reste en veille permanente.

■ Lave-linge

☛ Attendez que la machine soit pleine pour la mettre en route. Selon les fabricants, pour mettre 5 kg de linge il ne faut pas hésiter à le tasser.

☛ Faites des lessives à la plus basse température possible. Sur les nouvelles machines c'est vous qui réglez la température. Un cycle à 30/40°C consomme trois fois moins d'énergie qu'un cycle à 90°C.

☛ Vous pouvez également ajuster la vitesse d'essorage. Essorez à la vitesse la plus élevée compatible avec la nature du linge lavé : le linge sortira plus sec. Si vous avez un sèche-linge vous ferez une économie d'énergie importante.

■ Lave-vaisselle

☛ Attendez que la machine soit pleine pour la mettre en marche. Il vaut mieux nettoyer les plats à la main car ils prennent beaucoup de place. Ne rincez jamais la vaisselle avant de la

mettre dans l'appareil car cela consomme inutilement beaucoup d'eau. En revanche, vous pouvez utiliser la fonction de rinçage du lave-vaisselle.

☛ Utilisez la touche éco et les programmes à 50°C. Vous économiserez jusqu'à 45% par rapport aux cycles longs.

☛ Faites sécher la vaisselle à l'air libre et évitez d'utiliser la fonction séchage du lave-vaisselle.

■ Sèche-linge

☛ En un an un sèche-linge consomme en moyenne plus de deux fois plus qu'un lave-linge. Il faut donc essayer de s'en passer le plus possible, en faisant sécher le linge à l'extérieur quand c'est possible, ou même à l'intérieur.

☛ Vous pouvez aussi présécher le linge à l'air libre et n'utiliser le sèche-linge que pour parfaire le séchage. Vous diviserez ainsi sa consommation par 3 ou 4.

☛ Essorez votre linge à la vitesse la plus rapide possible. C'est vous qui la réglez sur les nouveaux lave-linge. Le linge sera plus sec.

■ Réfrigérateur

☛ Il est inutile d'avoir des températures inférieures à +5°C dans un réfrigérateur. Vous consommerez inutilement plus si vous maintenez +2°C par exemple.

☛ N'introduisez jamais d'aliments encore chauds dans le réfrigérateur. Laissez-les d'abord refroidir à l'extérieur.

☛ Quand vous sortez un ingrédient ou une bouteille du réfrigérateur afin d'en prélever une partie seulement (lait, jus de fruit, etc.), remettez immédiatement le produit dans l'appareil après avoir effectué votre prélèvement, sinon il se sera réchauffé quand vous le remettrez.

☛ Couvrez tous les plats cuisinés afin d'empêcher l'humidité de s'en échapper. Sinon vos aliments se dessècheront et il y aura formation de givre dans le réfrigérateur.

☛ Si vous n'avez pas de système de dégivrage automatique, dégivrez fréquemment (dès qu'il y a 0,5 cm) car le givre augmente votre consommation. Ainsi, la présence de 3 cm de givre double la consommation d'énergie pour assurer la même température dans l'appareil.

☛ Laissez la porte du réfrigérateur ouverte le moins longtemps possible lors des opérations de chargement et de déchargement. Sinon, chaleur et humidité (donc givre) pénètrent dans l'appareil et l'obligent à consommer plus.

☛ Chauffez le plus modérément possible la pièce où se trouve le réfrigérateur, car sa consommation est directement liée à la température ambiante. S'il fait 23°C au lieu de 18°C dans la pièce, la consommation du réfrigérateur sera supérieure de 38% .

☛ Nettoyez une fois par an la grille qui est à l'arrière du réfrigérateur. C'est par là que la chaleur extraite de l'appareil peut s'évacuer dans la pièce. Encrassée, cette grille ne peut plus bien évacuer la chaleur et l'appareil consomme plus.

■ Congélateurs

La plupart des principes donnés pour le réfrigérateur s'appliquent au congélateur. Notez en plus :

- ☛ Placez de préférence le congélateur dans un local non chauffé (garage, cave, etc.)
- ☛ Ne dégivrez jamais (sauf cas extrême) vos aliments dans le four à micro-ondes. Placez les plutôt dans le réfrigérateur. C'est plus long, il faut s'y prendre à l'avance, mais vous ferez une importante économie d'énergie (pas de consommation du micro-ondes, et plus faible consommation du réfrigérateur!).

■ Lampes basse consommation

- ☛ Les lampes que vous avez maintenant consomment 4 à 5 fois moins que vos anciennes et leur durée de vie est de 10.000 heures (au lieu de 1000 heures pour les vôtres).
- ☛ Au démarrage leur intensité lumineuse n'est que la moitié de l'intensité maximale. Il faut une minute et demie pour atteindre cette intensité maximale. Ne soyez donc pas surpris.
- ☛ Eteignez toujours toutes les lumières dans les pièces inoccupées ou les pièces que vous quittez. C'est un bon moyen de faire des économies!
- ☛ N'utilisez jamais ces ampoules sur des variateurs de courant.

■ Lampes halogènes

- ☛ Elles créent une lumière d'ambiance agréable mais leur puissance est 25 à 50 fois plus élevée que celles des nouvelles lampes qui sont maintenant chez vous. L'halogène est une source de lumière qui dépense beaucoup trop d'électricité. Essayez de le remplacer par autre chose.

■ Four à micro-ondes

- ☛ Globalement cet appareil n'est pas si économe qu'on le croit. Dans la plupart des cas il consomme autant que n'importe quel four, et peut même dans certaines utilisations consommer plus. Si vous disposez d'un four à gaz utilisez-le de préférence au four à micro-ondes. Réservez celui-ci à ses utilisations spécifiques. Evitez de cuire des aliments contenant beaucoup d'eau (comme les légumes).

- ☛ Ne jamais cuire de grandes portions dans le micro-ondes, ou des aliments devant cuire dans beaucoup d'eau. Les aliments qui cuisent le plus rapidement et le plus économiquement au micro-ondes sont ceux qui contiennent des graisses ou des sucres.

- ☛ Ne décongelez jamais vos aliments dans le micro-ondes (voir § congélateur) ■

ANNEXE 2**Variations horo-saisonnnières de la charge vues du réseau, pour l'ensemble d'un logement et par appareil****Première année (appareils existants)**

Dans les pages qui suivent se trouve l'ensemble des valeurs de la charge vues du réseau. Il s'agit des consommations globales moyennées par le nombre de logement du panel d'observation.

Cette annexe intéresse donc le producteur ou le distributeur d'électricité car elle caractérise *un ensemble de logements* et tient compte du taux d'équipement moyen de chaque type d'appareils.

Exemple : en juillet à 14 h 00, la consommation du lave-vaisselle est de 15.51 Wh/h. Cela signifie que dans une région où il y aurait 5 millions de logements supposés avoir le même taux d'équipement en lave-vaisselle que dans notre échantillon d'*Ecodrôme*, la consommation des lave-vaisselle dans cette tranche horaire pour l'ensemble des logements serait de $15.51 \times 5.000 = 77.550$ kWh.

Sous le chiffre principal des tableaux se trouve une valeur exprimée en % qui est la part de l'usage étudié dans la charge globale des usages spécifiques du logement vue du réseau. En réalité la charge globale est un peu supérieure à celle annoncée, car celle-ci a été établie en ajoutant les usages mesurés, ce qui représente environ 80 % de la charge globale réelle.

Exemple : en juillet à 14 h00, la charge globale est de 300.08 Wh/h par logement. La part du lave-vaisselle dans cette charge est donc de $15.51/300.08$, soit 5.17 %.

Rappel des taux d'équipement de l'échantillon :

| Appareils | Année 1 | Année 2 |
|----------------------|---------|---------|
| Lave-linge | 95 | 100 |
| Lavante séchante | 5 | 0 |
| Lave-vaisselle | 35 | 35 |
| Sèche-linge | 35 | 35 |
| TV | 100 | 100 |
| Réfrigérateur | 15 | 60 |
| Réfrigongels - Combi | 65 | 20 |
| Réfrigongels - Duo | 15 | 20 |
| No frost | 5 | 0 |
| Congélateur coffre | 35 | 45 |
| Congélateur armoire | 25 | 15 |
| Chaudière | 100 | 100 |
| VMC | 95 | 95 |

Taux d'équipement de l'échantillon en %

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Charge globale

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 218.94 | 195.98 | 178.08 | 174.55 | 170.15 | 179.40 | 249.18 | 352.23 | 441.72 | 418.23 | 403.65 | 379.87 | 372.13 | 374.53 | 345.68 | 311.83 | 321.89 | 422.79 | 499.04 | 514.96 | 503.94 | 421.53 | 331.50 | 249.09 |
| Févr | 208.51 | 197.52 | 181.73 | 180.51 | 180.56 | 188.60 | 252.01 | 337.81 | 414.96 | 385.15 | 394.59 | 369.06 | 382.03 | 362.75 | 348.91 | 313.36 | 310.69 | 403.86 | 491.99 | 523.91 | 488.37 | 425.42 | 343.53 | 244.54 |
| Mars | 217.94 | 206.74 | 185.58 | 182.16 | 175.29 | 181.47 | 249.25 | 350.54 | 421.71 | 377.82 | 381.01 | 336.07 | 347.02 | 358.46 | 310.63 | 281.50 | 275.06 | 317.83 | 388.30 | 472.01 | 471.06 | 400.34 | 330.18 | 257.06 |
| Avr | 220.91 | 195.33 | 182.66 | 172.24 | 169.85 | 176.84 | 222.57 | 274.25 | 359.04 | 353.19 | 331.54 | 293.12 | 314.70 | 327.38 | 294.17 | 280.57 | 275.88 | 280.44 | 297.43 | 330.67 | 394.70 | 399.64 | 321.01 | 258.79 |
| Mai | 205.57 | 193.49 | 169.66 | 161.24 | 158.10 | 171.18 | 194.66 | 232.62 | 292.84 | 310.93 | 315.01 | 299.72 | 297.51 | 318.55 | 260.20 | 255.28 | 256.72 | 266.62 | 284.14 | 315.86 | 356.20 | 365.82 | 315.95 | 239.27 |
| Juin | 223.02 | 187.66 | 167.25 | 162.75 | 158.07 | 164.27 | 174.12 | 224.13 | 310.32 | 291.00 | 281.92 | 252.72 | 267.39 | 281.88 | 264.59 | 250.10 | 255.45 | 253.54 | 284.67 | 278.23 | 324.43 | 341.70 | 313.82 | 250.94 |
| Juil | 237.86 | 214.37 | 202.31 | 191.10 | 182.07 | 192.02 | 188.60 | 214.36 | 262.35 | 299.35 | 296.69 | 285.78 | 291.54 | 328.38 | 300.08 | 273.54 | 270.55 | 261.24 | 265.44 | 300.65 | 297.10 | 318.75 | 333.83 | 275.30 |
| Août | 221.76 | 202.45 | 190.73 | 185.29 | 181.89 | 186.30 | 198.67 | 205.50 | 254.22 | 310.17 | 338.78 | 303.34 | 301.11 | 307.65 | 281.29 | 264.06 | 254.41 | 271.76 | 274.81 | 295.62 | 305.80 | 334.40 | 332.28 | 268.25 |
| Sept | 215.80 | 192.81 | 169.74 | 162.08 | 158.10 | 164.41 | 209.74 | 289.73 | 339.34 | 301.82 | 291.15 | 280.20 | 312.55 | 311.46 | 278.41 | 248.83 | 237.13 | 252.61 | 325.23 | 381.09 | 430.33 | 399.81 | 326.98 | 260.99 |
| Oct | 218.59 | 189.91 | 178.44 | 174.02 | 172.86 | 176.22 | 221.30 | 299.63 | 359.20 | 293.93 | 323.57 | 315.28 | 308.86 | 328.27 | 305.81 | 260.20 | 251.39 | 326.91 | 465.36 | 488.94 | 482.89 | 413.36 | 324.49 | 248.95 |
| Nov | 226.11 | 196.92 | 180.17 | 175.59 | 180.40 | 196.15 | 252.33 | 329.04 | 378.04 | 376.93 | 345.02 | 320.03 | 369.06 | 345.41 | 303.57 | 279.63 | 310.02 | 440.22 | 499.35 | 515.25 | 495.00 | 422.00 | 350.81 | 259.61 |
| Déc | 231.84 | 206.91 | 190.39 | 185.21 | 189.04 | 196.68 | 245.10 | 333.09 | 380.58 | 397.98 | 433.71 | 402.58 | 374.58 | 406.89 | 345.48 | 320.32 | 353.67 | 430.96 | 512.76 | 505.83 | 475.02 | 409.59 | 341.01 | 267.34 |

Consommation horaire (en Wh/h)

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Froid

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 99.67 45.52% | 99.24 50.64% | 97.28 54.63% | 99.11 56.78% | 96.11 56.49% | 96.97 54.05% | 95.32 38.25% | 96.52 27.40% | 100.15 22.67% | 100.19 23.96% | 100.19 24.82% | 101.43 26.70% | 110.64 29.73% | 106.39 28.41% | 102.83 29.75% | 101.95 32.69% | 103.61 32.19% | 104.38 24.69% | 108.77 21.80% | 112.11 21.77% | 112.06 22.24% | 108.23 25.68% | 102.60 30.95% | 100.58 40.38% |
| Févr | 96.41 46.24% | 96.02 48.61% | 94.67 52.09% | 93.79 51.96% | 95.50 52.89% | 94.52 50.12% | 93.94 37.28% | 95.94 28.40% | 96.96 23.37% | 99.32 25.79% | 96.78 24.53% | 98.91 26.80% | 106.65 27.92% | 105.03 28.95% | 100.86 28.91% | 99.50 31.75% | 98.55 31.72% | 104.49 25.87% | 106.40 21.63% | 108.04 20.62% | 107.92 22.10% | 104.20 24.49% | 101.52 29.55% | 100.48 41.09% |
| Mars | 99.51 45.66% | 99.86 48.30% | 97.59 52.59% | 98.98 54.34% | 96.00 54.77% | 96.95 53.42% | 96.10 38.56% | 99.38 28.35% | 100.66 23.87% | 98.59 26.09% | 102.82 26.99% | 103.35 30.75% | 109.31 31.50% | 109.93 30.67% | 102.91 33.13% | 104.76 37.21% | 105.43 38.33% | 106.65 33.56% | 111.15 28.63% | 108.71 23.03% | 115.00 24.41% | 107.66 26.89% | 104.77 31.73% | 103.57 40.29% |
| Avr | 107.17 48.51% | 106.08 54.31% | 104.89 57.42% | 100.71 58.47% | 100.39 59.11% | 103.85 58.72% | 103.73 46.61% | 100.28 36.57% | 103.16 28.73% | 102.38 28.99% | 108.44 32.71% | 108.86 37.14% | 112.36 35.70% | 113.72 34.74% | 111.65 37.95% | 111.74 39.83% | 111.65 40.47% | 113.58 40.50% | 115.60 38.87% | 119.41 36.11% | 119.92 30.38% | 116.26 29.09% | 111.03 34.59% | 108.70 42.00% |
| Mai | 110.59 53.80% | 112.24 58.01% | 107.67 63.46% | 105.97 65.72% | 103.06 65.19% | 106.53 62.23% | 105.64 54.27% | 105.73 45.45% | 103.38 35.30% | 107.53 34.58% | 107.74 34.20% | 112.38 37.50% | 119.24 40.08% | 119.13 37.40% | 114.71 44.08% | 113.25 44.36% | 116.97 45.56% | 117.06 43.91% | 121.44 42.74% | 123.44 39.08% | 128.04 35.95% | 121.51 33.22% | 113.97 36.07% | 111.10 46.43% |
| Juin | 119.46 53.56% | 114.52 61.03% | 112.82 67.46% | 112.89 69.36% | 110.41 69.85% | 110.04 66.99% | 108.30 62.20% | 109.20 48.72% | 110.43 35.59% | 110.44 37.95% | 115.77 41.06% | 113.94 45.09% | 129.35 48.37% | 125.50 44.52% | 123.28 46.59% | 121.71 48.66% | 125.09 48.97% | 127.07 50.12% | 131.71 46.27% | 134.97 48.51% | 136.88 42.19% | 132.06 38.65% | 125.35 39.94% | 121.84 48.55% |
| Juil | 152.03 63.92% | 144.62 67.46% | 143.53 70.95% | 140.48 73.51% | 134.17 73.69% | 137.73 71.73% | 129.74 68.79% | 132.76 61.93% | 135.32 51.58% | 135.51 45.27% | 140.84 47.47% | 149.78 52.41% | 160.15 54.93% | 162.57 49.51% | 159.16 53.04% | 158.38 57.90% | 162.46 60.05% | 160.55 61.46% | 161.87 60.98% | 167.41 55.68% | 170.56 57.41% | 168.65 52.91% | 162.63 48.72% | 154.45 56.10% |
| Août | 141.18 63.66% | 140.78 69.54% | 138.92 72.84% | 136.05 73.43% | 133.34 73.31% | 130.41 70.00% | 134.42 67.66% | 129.70 63.11% | 129.15 50.80% | 135.43 43.66% | 136.84 40.39% | 141.12 46.52% | 156.09 51.84% | 154.80 50.32% | 152.18 54.10% | 153.26 58.04% | 153.97 60.52% | 152.01 55.94% | 154.95 56.38% | 163.85 55.43% | 161.19 52.71% | 157.58 47.12% | 151.30 45.53% | 148.78 55.46% |
| Sept | 113.92 52.79% | 113.34 58.78% | 110.42 65.05% | 111.05 68.52% | 108.98 68.93% | 108.19 65.80% | 111.26 53.05% | 107.11 36.97% | 107.10 31.56% | 110.68 36.67% | 112.26 38.56% | 113.66 40.56% | 127.65 40.84% | 122.42 39.31% | 119.87 43.06% | 115.65 46.48% | 121.75 51.34% | 123.03 48.70% | 124.69 38.34% | 128.74 33.78% | 133.73 31.08% | 124.89 31.24% | 120.44 36.83% | 118.00 45.21% |
| Oct | 115.09 52.65% | 110.58 58.23% | 109.76 61.51% | 110.30 63.38% | 107.58 62.23% | 107.49 61.00% | 106.92 48.31% | 110.40 36.85% | 107.22 29.85% | 109.41 37.22% | 111.49 34.46% | 115.80 36.73% | 126.49 40.95% | 123.15 37.51% | 119.42 39.05% | 118.72 45.63% | 114.79 45.66% | 124.77 38.17% | 120.90 25.98% | 125.21 25.61% | 132.50 27.44% | 121.87 29.48% | 116.53 35.91% | 116.29 46.71% |
| Nov | 101.82 45.03% | 97.27 49.40% | 94.89 52.67% | 95.70 54.50% | 98.87 54.81% | 96.22 49.06% | 91.76 36.36% | 97.54 29.64% | 102.64 27.15% | 98.28 26.07% | 99.01 28.70% | 101.98 31.87% | 114.22 30.95% | 106.50 30.83% | 103.38 34.05% | 102.31 36.59% | 106.00 34.19% | 106.74 24.25% | 105.74 21.18% | 110.89 21.52% | 115.77 23.39% | 108.15 25.63% | 101.01 28.79% | 102.38 39.44% |
| Déc | 97.89 42.22% | 93.61 45.24% | 93.14 48.92% | 95.18 51.39% | 95.37 50.45% | 90.62 46.07% | 92.39 37.70% | 96.15 28.87% | 94.21 24.75% | 95.86 24.09% | 95.49 22.02% | 100.41 24.94% | 107.13 28.60% | 101.43 24.93% | 99.61 28.83% | 99.62 31.10% | 100.61 28.45% | 99.97 23.20% | 104.58 20.40% | 108.99 21.55% | 108.55 22.85% | 105.48 25.75% | 97.97 28.73% | 101.85 38.10% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Lave-linge

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 0.06 0.03% | 0.05 0.03% | 0.15 0.08% | 0.07 0.04% | 1.40 0.82% | 2.02 1.13% | 14.24 5.71% | 37.26 10.58% | 84.54 19.14% | 81.15 19.40% | 97.79 24.23% | 71.37 18.79% | 55.42 14.89% | 51.39 13.72% | 54.14 15.66% | 33.78 10.83% | 28.71 8.92% | 34.27 8.11% | 32.00 6.41% | 19.89 3.86% | 17.33 3.44% | 5.52 1.31% | 2.58 0.78% | 0.33 0.13% |
| Févr | 0.01 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 9.47 3.76% | 29.44 8.71% | 70.60 17.01% | 58.12 15.09% | 84.86 21.51% | 74.76 20.26% | 79.00 20.68% | 43.62 12.02% | 57.09 16.36% | 37.14 11.85% | 27.93 8.99% | 32.09 7.95% | 30.69 6.24% | 29.01 5.54% | 12.34 2.53% | 4.26 1.00% | 1.73 0.50% | 1.55 0.63% |
| Mars | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 1.07 0.59% | 16.65 6.68% | 65.16 18.59% | 98.66 23.40% | 76.78 20.32% | 104.75 27.49% | 61.13 18.19% | 64.82 18.68% | 58.34 16.28% | 33.79 10.88% | 36.56 12.99% | 25.47 9.26% | 28.65 9.01% | 33.37 8.59% | 21.47 4.55% | 14.55 3.09% | 7.41 1.85% | 2.17 0.66% | 1.41 0.55% |
| Avr | 1.18 0.53% | 0.90 0.46% | 0.14 0.08% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.02 0.01% | 18.10 8.13% | 47.61 17.36% | 82.73 23.04% | 82.57 23.38% | 86.68 26.14% | 66.25 22.60% | 67.68 21.51% | 49.32 15.07% | 44.01 14.96% | 41.24 14.70% | 31.48 11.41% | 26.46 9.44% | 26.40 8.88% | 34.10 10.31% | 17.55 4.45% | 8.41 2.10% | 1.85 0.58% | 3.44 1.33% |
| Mai | 0.10 0.05% | 0.29 0.15% | 0.29 0.17% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 1.87 1.09% | 14.85 7.63% | 34.39 14.78% | 67.06 22.90% | 82.12 26.41% | 84.09 26.69% | 71.38 23.82% | 60.26 20.25% | 52.93 16.62% | 42.48 16.33% | 39.90 15.63% | 36.80 14.33% | 32.57 12.22% | 31.15 10.96% | 31.27 9.90% | 27.40 7.69% | 5.25 1.44% | 3.20 1.01% | 1.13 0.47% |
| Juin | 0.35 0.16% | 0.40 0.21% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.75 0.46% | 8.80 5.05% | 39.13 17.46% | 81.81 26.36% | 78.77 27.07% | 77.21 27.39% | 60.63 23.99% | 44.35 16.59% | 37.42 13.28% | 44.71 16.90% | 38.63 15.45% | 45.98 18.00% | 29.03 11.45% | 42.90 15.07% | 25.55 9.18% | 36.92 11.38% | 18.70 5.47% | 8.33 2.65% | 3.06 1.22% |
| Juil | 2.29 0.96% | 0.32 0.15% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 6.24 3.31% | 26.26 12.25% | 53.36 20.34% | 57.72 19.28% | 56.38 19.00% | 51.99 18.19% | 50.78 17.42% | 37.14 11.31% | 43.53 14.51% | 22.30 8.15% | 28.15 10.40% | 22.51 8.62% | 18.16 6.84% | 37.75 12.56% | 26.71 8.99% | 15.34 4.81% | 9.21 2.76% | 2.08 0.76% |
| Août | 0.39 0.18% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 4.30 2.31% | 7.85 3.95% | 17.42 8.48% | 53.67 21.11% | 69.83 22.51% | 81.32 24.00% | 79.81 26.31% | 61.06 20.28% | 40.59 13.19% | 28.95 10.29% | 26.16 9.91% | 20.77 8.16% | 37.05 13.63% | 27.09 9.86% | 19.68 6.66% | 16.83 5.50% | 4.87 1.46% | 1.39 0.42% | 3.53 1.32% |
| Sept | 0.17 0.08% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 15.00 7.15% | 55.28 19.08% | 90.43 26.65% | 72.49 24.02% | 75.82 26.04% | 61.84 22.07% | 60.99 19.51% | 47.35 15.20% | 44.98 16.16% | 39.32 15.80% | 30.32 12.79% | 26.62 10.54% | 33.84 10.40% | 25.50 6.69% | 16.29 3.79% | 6.72 1.68% | 4.58 1.40% | 2.13 0.82% |
| Oct | 0.18 0.08% | 0.00 0.00% | 1.26 0.71% | 0.04 0.02% | 5.50 3.18% | 2.48 1.41% | 18.78 8.49% | 46.62 15.56% | 89.39 24.89% | 63.35 21.55% | 84.53 26.12% | 67.61 21.44% | 53.95 17.47% | 40.18 12.24% | 44.44 14.53% | 36.64 14.08% | 30.72 12.22% | 31.56 9.65% | 29.05 6.24% | 14.28 2.92% | 6.99 1.45% | 3.11 0.75% | 1.84 0.57% | 1.32 0.53% |
| Nov | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 2.49 1.38% | 13.48 6.87% | 20.66 8.19% | 32.42 9.85% | 68.78 18.19% | 80.08 21.25% | 72.86 21.12% | 60.51 18.91% | 71.69 19.43% | 40.08 11.60% | 39.88 13.14% | 28.76 10.28% | 25.71 8.29% | 34.03 7.73% | 27.11 5.43% | 26.90 5.22% | 16.24 3.28% | 4.40 1.04% | 1.27 0.36% | 0.95 0.37% |
| Déc | 0.78 0.34% | 2.19 1.06% | 0.12 0.06% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 5.96 3.03% | 10.45 4.26% | 29.15 8.75% | 60.39 15.87% | 73.54 18.48% | 95.62 22.05% | 87.12 21.64% | 54.78 14.62% | 60.37 14.84% | 44.49 12.88% | 29.28 9.14% | 30.03 8.49% | 23.55 5.46% | 25.08 4.89% | 18.46 3.65% | 11.33 2.39% | 9.33 2.28% | 4.43 1.30% | 1.74 0.65% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Lave-vaisselle

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 6.42 2.93% | 7.36 3.76% | 1.09 0.61% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 7.70 2.19% | 37.61 8.51% | 37.20 8.89% | 16.99 4.21% | 21.29 5.60% | 17.01 4.57% | 40.19 10.73% | 28.95 8.37% | 18.47 5.92% | 14.12 4.39% | 14.06 3.33% | 10.89 2.18% | 6.72 1.30% | 15.03 2.98% | 26.92 6.39% | 9.24 2.79% | 6.58 2.64% |
| Févr | 3.81 1.83% | 3.19 1.62% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 2.90 0.86% | 38.19 9.20% | 53.16 13.80% | 28.70 7.27% | 8.36 2.27% | 15.70 4.11% | 40.60 11.19% | 19.53 5.60% | 15.80 5.04% | 8.83 2.84% | 33.24 8.23% | 22.64 4.60% | 12.00 2.29% | 20.52 4.20% | 34.96 8.22% | 19.48 5.67% | 5.72 2.34% |
| Mars | 0.94 0.43% | 7.28 3.52% | 2.69 1.45% | 0.57 0.31% | 1.44 0.82% | 0.00 0.00% | 0.02 0.01% | 21.90 6.25% | 54.02 12.81% | 34.97 9.26% | 9.63 2.53% | 14.30 4.26% | 11.63 3.35% | 39.47 11.01% | 39.42 12.69% | 19.52 6.93% | 15.47 5.62% | 12.28 3.86% | 10.21 2.63% | 8.97 1.90% | 12.08 2.56% | 24.11 6.02% | 7.76 2.35% | 5.87 2.28% |
| Avr | 7.87 3.56% | 1.52 0.78% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 9.55 3.48% | 37.06 10.32% | 34.23 9.69% | 18.99 5.73% | 8.83 3.01% | 9.76 3.10% | 39.16 11.96% | 23.14 7.87% | 11.42 4.07% | 16.92 6.13% | 15.42 5.50% | 10.14 3.41% | 3.75 1.13% | 6.26 1.59% | 26.56 6.65% | 12.06 3.76% | 13.11 5.07% |
| Mai | 7.57 3.68% | 13.02 6.73% | 2.71 1.60% | 0.04 0.02% | 0.00 0.00% | 0.50 0.29% | 1.60 0.82% | 5.91 2.54% | 22.82 7.79% | 28.61 9.20% | 21.56 6.84% | 17.56 5.86% | 12.16 4.09% | 41.62 13.07% | 12.45 4.78% | 18.28 7.16% | 13.80 5.38% | 9.38 3.52% | 9.75 3.43% | 9.70 3.07% | 16.16 4.54% | 22.43 6.13% | 14.96 4.73% | 13.17 5.50% |
| Juin | 21.56 9.67% | 9.21 4.91% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 3.48 1.55% | 34.90 11.25% | 21.97 7.55% | 12.72 4.51% | 10.13 4.01% | 7.12 2.66% | 25.66 9.10% | 18.74 7.08% | 14.49 5.79% | 10.98 4.30% | 10.71 4.22% | 14.42 5.07% | 12.64 4.54% | 16.54 5.10% | 22.25 6.51% | 12.91 4.11% | 12.07 4.81% |
| Juil | 3.71 1.56% | 6.29 2.93% | 2.79 1.38% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 4.29 2.00% | 10.08 3.84% | 26.34 8.80% | 19.22 6.48% | 6.34 2.22% | 3.34 1.15% | 39.53 12.04% | 15.51 5.17% | 11.04 4.04% | 4.24 1.57% | 3.42 1.31% | 5.14 1.94% | 3.68 1.22% | 6.54 2.20% | 9.61 3.01% | 10.97 3.29% | 5.83 2.12% |
| Août | 0.00 0.00% | 1.68 0.83% | 0.00 0.00% | 1.05 0.57% | 1.17 0.64% | 0.79 0.42% | 2.94 1.48% | 1.22 0.59% | 5.04 1.98% | 14.11 4.55% | 20.62 6.09% | 6.11 2.01% | 3.86 1.28% | 14.87 4.83% | 14.35 5.10% | 9.76 3.70% | 6.55 2.57% | 8.18 3.01% | 6.61 2.41% | 6.43 2.18% | 3.41 1.12% | 13.02 3.89% | 28.14 8.47% | 8.42 3.14% |
| Sept | 5.98 2.77% | 5.44 2.82% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.04 0.02% | 10.45 3.61% | 35.28 10.40% | 24.66 8.17% | 12.49 4.29% | 11.65 4.16% | 8.75 2.80% | 25.45 8.17% | 25.01 8.98% | 12.11 4.87% | 3.99 1.68% | 7.41 2.93% | 11.16 3.43% | 17.71 4.65% | 16.35 3.80% | 32.71 8.18% | 17.90 5.47% | 10.20 3.91% |
| Oct | 1.80 0.82% | 1.26 0.66% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.61 0.28% | 20.29 6.77% | 46.57 12.97% | 18.55 6.31% | 27.51 8.50% | 13.40 4.25% | 10.00 3.24% | 28.56 8.70% | 23.51 7.69% | 10.07 3.87% | 7.49 2.98% | 11.83 3.62% | 14.70 3.16% | 12.19 2.49% | 14.81 3.07% | 21.39 5.17% | 10.65 3.28% | 2.78 1.12% |
| Nov | 9.07 4.01% | 5.72 2.90% | 2.07 1.15% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.01 0.00% | 5.02 1.53% | 30.74 8.13% | 30.30 8.04% | 21.08 6.11% | 15.40 4.81% | 19.20 5.20% | 38.51 11.15% | 16.65 5.48% | 12.05 4.31% | 12.15 3.92% | 12.69 2.88% | 8.41 1.68% | 4.85 0.94% | 21.37 4.32% | 36.16 8.57% | 30.89 8.81% | 10.24 3.94% |
| Déc | 6.38 2.75% | 1.65 0.80% | 2.26 1.19% | 0.04 0.02% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.68 0.28% | 11.13 3.34% | 15.70 4.13% | 21.29 5.35% | 33.40 7.70% | 13.33 3.31% | 15.33 4.09% | 50.76 12.48% | 25.00 7.24% | 6.86 2.14% | 15.34 4.34% | 12.45 2.89% | 10.25 2.00% | 8.25 1.63% | 17.99 3.79% | 19.74 4.82% | 9.03 2.65% | 5.98 2.24% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Sèche-linge

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 5.68 1.61% | 17.60 3.98% | 36.38 8.70% | 34.86 8.64% | 40.07 10.55% | 35.14 9.44% | 27.65 7.38% | 31.13 9.01% | 25.49 8.17% | 19.30 6.00% | 35.62 8.43% | 23.66 4.74% | 22.24 4.32% | 17.77 3.53% | 10.20 2.42% | 1.37 0.41% | 0.00 0.00% |
| Févr | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 6.88 2.04% | 20.16 4.86% | 16.39 4.26% | 32.13 8.14% | 43.83 11.88% | 28.23 7.39% | 20.97 5.78% | 33.57 9.62% | 28.09 8.96% | 22.42 7.22% | 30.22 7.48% | 30.64 6.23% | 18.88 3.60% | 12.96 2.65% | 6.36 1.49% | 1.03 0.30% | 0.00 0.00% |
| Mars | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.23 0.09% | 6.17 1.76% | 20.16 4.78% | 23.40 6.19% | 26.04 6.83% | 26.38 7.85% | 31.66 9.12% | 25.91 7.23% | 20.17 6.49% | 9.67 3.44% | 9.85 3.58% | 22.92 7.21% | 26.57 6.84% | 20.83 4.41% | 11.87 2.52% | 2.04 0.51% | 0.15 0.05% | 0.00 0.00% |
| Avr | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 1.81 0.66% | 19.66 5.48% | 26.01 7.36% | 11.68 3.52% | 11.01 3.76% | 22.54 7.16% | 16.82 5.14% | 15.24 5.18% | 19.79 7.05% | 18.10 6.56% | 18.95 6.76% | 19.61 6.59% | 15.29 4.62% | 12.90 3.27% | 9.06 2.27% | 2.23 0.69% | 0.00 0.00% |
| Mai | 0.33 0.16% | 0.07 0.04% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 1.05 0.45% | 9.31 3.18% | 3.21 1.03% | 16.31 5.18% | 17.86 5.96% | 17.80 5.98% | 14.10 4.43% | 5.46 2.10% | 5.40 2.12% | 11.82 4.60% | 16.94 6.35% | 17.30 6.09% | 17.48 5.53% | 10.51 2.95% | 5.44 1.49% | 4.03 1.28% | 1.53 0.64% |
| Juin | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.52 0.23% | 5.89 1.90% | 9.91 3.41% | 5.56 1.97% | 2.88 1.14% | 10.11 3.78% | 11.07 3.93% | 5.99 2.26% | 9.76 3.90% | 9.79 3.83% | 14.59 5.75% | 9.20 3.23% | 2.11 0.76% | 7.00 2.16% | 4.89 1.43% | 1.88 0.60% | 0.67 0.27% |
| Juil | 0.00 0.00% | 0.20 0.09% | 2.62 1.30% | 1.15 0.60% | 0.05 0.03% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 2.89 1.10% | 9.24 3.09% | 3.33 1.12% | 4.37 1.53% | 1.09 0.37% | 2.54 0.77% | 3.88 1.29% | 6.90 2.52% | 3.65 1.35% | 1.93 0.74% | 0.84 0.32% | 5.00 1.66% | 1.92 0.65% | 0.00 0.00% | 0.88 0.26% | 0.79 0.29% |
| Août | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 2.24 1.09% | 3.59 1.41% | 14.07 4.54% | 18.70 5.52% | 6.65 2.19% | 8.52 2.83% | 14.03 4.56% | 10.12 3.60% | 4.16 1.58% | 5.95 2.34% | 5.01 1.84% | 3.30 1.20% | 7.39 2.50% | 10.23 3.35% | 6.70 2.00% | 1.26 0.38% | 0.17 0.06% |
| Sept | 1.42 0.66% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 10.25 3.54% | 25.23 7.44% | 22.26 7.38% | 20.20 6.94% | 25.22 9.00% | 35.46 11.35% | 29.98 9.63% | 17.84 6.41% | 14.66 5.89% | 16.01 6.75% | 14.92 5.91% | 33.53 10.31% | 30.40 7.98% | 9.63 2.24% | 7.91 1.98% | 4.51 1.38% | 4.42 1.69% |
| Oct | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.82 0.37% | 12.33 4.12% | 18.75 5.22% | 19.59 6.66% | 22.44 6.94% | 42.70 13.54% | 31.67 10.25% | 43.10 13.13% | 36.22 11.84% | 19.77 7.60% | 18.46 7.34% | 32.53 9.95% | 37.53 8.06% | 20.97 4.29% | 26.31 5.45% | 23.39 5.66% | 3.90 1.20% | 0.00 0.00% |
| Nov | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 1.77 0.70% | 2.34 0.71% | 5.41 1.43% | 26.30 6.98% | 25.61 7.42% | 23.90 7.47% | 33.71 9.13% | 27.04 7.83% | 27.65 9.11% | 21.37 7.64% | 29.19 9.42% | 46.25 10.51% | 37.17 7.44% | 35.49 6.89% | 22.48 4.54% | 9.58 2.27% | 4.74 1.35% | 0.67 0.26% |
| Déc | 2.93 1.26% | 1.81 0.87% | 0.52 0.27% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 4.72 1.42% | 17.31 4.55% | 29.20 7.34% | 40.06 9.24% | 44.76 11.12% | 35.03 9.35% | 30.20 7.42% | 29.85 8.64% | 33.27 10.39% | 36.29 10.26% | 32.81 7.61% | 41.84 8.16% | 26.49 5.24% | 14.62 3.08% | 8.47 2.07% | 4.61 1.35% | 1.52 0.57% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Téléviseurs

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 21.31 9.73% | 12.71 6.49% | 8.23 4.62% | 6.52 3.74% | 5.69 3.34% | 5.38 3.00% | 8.00 3.21% | 16.51 4.69% | 19.54 4.42% | 19.30 4.61% | 22.08 5.47% | 19.88 5.23% | 29.69 7.98% | 37.25 9.95% | 30.44 8.81% | 24.87 7.98% | 24.36 7.57% | 33.70 7.97% | 42.18 8.45% | 49.00 9.52% | 56.15 11.14% | 56.84 13.48% | 49.01 14.78% | 29.88 12.00% |
| Févr | 18.86 9.05% | 13.22 6.69% | 9.54 5.25% | 7.46 4.13% | 6.00 3.32% | 5.65 3.00% | 8.15 3.23% | 16.91 5.01% | 23.14 5.58% | 21.89 5.68% | 21.98 5.57% | 20.37 5.52% | 29.26 7.66% | 35.14 9.69% | 32.61 9.35% | 26.73 8.53% | 26.60 8.56% | 36.67 9.08% | 43.10 8.76% | 49.12 9.38% | 57.30 11.73% | 56.92 13.38% | 47.55 13.84% | 29.48 12.06% |
| Mars | 19.84 9.10% | 13.32 6.44% | 9.69 5.22% | 6.97 3.83% | 5.61 3.20% | 5.36 2.95% | 7.62 3.06% | 16.44 4.69% | 19.90 4.72% | 20.18 5.34% | 18.70 4.91% | 17.95 5.34% | 27.17 7.83% | 30.22 8.43% | 27.61 8.89% | 22.50 7.99% | 22.84 8.30% | 31.27 9.84% | 37.03 9.54% | 47.37 10.04% | 54.63 11.60% | 55.35 13.83% | 46.71 14.15% | 28.73 11.18% |
| Avr | 18.64 8.44% | 13.28 6.80% | 9.53 5.22% | 7.02 4.08% | 6.17 3.63% | 5.77 3.26% | 7.25 3.26% | 12.68 4.62% | 21.57 6.01% | 22.12 6.26% | 20.03 6.04% | 19.03 6.49% | 25.83 8.21% | 29.51 9.01% | 26.26 8.93% | 21.25 7.57% | 21.44 7.77% | 25.04 8.93% | 31.13 10.47% | 38.47 11.63% | 48.92 12.39% | 53.17 13.30% | 45.52 14.18% | 28.77 11.12% |
| Mai | 17.37 8.45% | 10.00 5.17% | 6.90 4.07% | 5.09 3.16% | 4.75 3.00% | 4.69 2.74% | 5.53 2.84% | 14.03 6.03% | 18.83 6.43% | 18.21 5.86% | 16.13 5.12% | 16.74 5.59% | 23.89 8.03% | 28.27 8.87% | 24.41 9.38% | 20.62 8.08% | 19.34 7.53% | 26.64 9.99% | 28.91 10.17% | 34.76 11.01% | 46.11 12.95% | 52.90 14.46% | 44.02 13.93% | 25.74 10.76% |
| Juin | 18.23 8.17% | 11.69 6.23% | 7.43 4.44% | 5.42 3.33% | 4.59 2.90% | 4.39 2.67% | 5.47 3.14% | 16.30 7.27% | 20.81 6.71% | 16.49 5.67% | 15.81 5.61% | 15.54 6.15% | 25.41 9.50% | 29.96 10.63% | 25.62 9.68% | 20.40 8.16% | 18.20 7.12% | 23.33 9.20% | 26.32 9.25% | 30.18 10.85% | 42.74 13.17% | 48.04 14.06% | 43.01 13.71% | 26.45 10.54% |
| Juil | 18.32 7.70% | 10.89 5.08% | 7.01 3.46% | 5.35 2.80% | 4.63 2.54% | 5.00 2.60% | 4.48 2.38% | 6.39 2.98% | 13.69 5.22% | 21.44 7.16% | 23.83 8.03% | 20.43 7.15% | 26.45 9.07% | 33.72 10.27% | 28.78 9.59% | 26.74 9.78% | 22.20 8.21% | 20.87 7.99% | 23.08 8.69% | 28.02 9.32% | 30.46 10.25% | 33.87 10.63% | 35.48 10.63% | 26.06 9.47% |
| Août | 17.37 7.83% | 10.93 5.40% | 7.58 3.97% | 5.92 3.20% | 4.99 2.74% | 4.68 2.51% | 4.32 2.17% | 6.46 3.14% | 14.13 5.56% | 24.81 8.00% | 27.69 8.17% | 19.40 6.40% | 22.88 7.60% | 34.39 11.18% | 27.99 9.95% | 24.37 9.23% | 21.13 8.31% | 20.39 7.50% | 26.01 9.46% | 32.89 11.13% | 34.79 11.38% | 41.08 12.28% | 41.25 12.41% | 26.93 10.04% |
| Sept | 19.27 8.93% | 12.99 6.74% | 8.26 4.87% | 5.16 3.18% | 4.23 2.68% | 3.94 2.40% | 6.82 3.25% | 16.86 5.82% | 17.05 5.02% | 16.35 5.42% | 16.09 5.53% | 13.93 4.97% | 25.01 8.00% | 31.88 10.24% | 23.90 8.58% | 19.88 7.99% | 19.09 8.05% | 23.83 9.43% | 29.10 8.95% | 35.87 9.41% | 49.64 11.54% | 56.20 14.06% | 46.36 14.18% | 28.63 10.97% |
| Oct | 20.81 9.52% | 11.55 6.08% | 7.84 4.39% | 5.85 3.36% | 4.93 2.85% | 5.12 2.91% | 7.28 3.29% | 19.80 6.61% | 23.72 6.60% | 20.25 6.89% | 17.90 5.53% | 15.87 5.03% | 26.91 8.71% | 34.35 10.46% | 28.83 9.43% | 22.40 8.61% | 19.37 7.71% | 27.36 8.37% | 38.12 8.19% | 47.09 9.63% | 54.11 11.21% | 58.73 14.21% | 49.87 15.37% | 31.60 12.69% |
| Nov | 21.85 9.66% | 13.32 6.76% | 9.43 5.23% | 7.08 4.03% | 6.04 3.35% | 5.77 2.94% | 8.05 3.19% | 18.19 5.53% | 23.00 6.08% | 20.60 5.47% | 18.71 5.42% | 19.20 6.00% | 29.52 8.00% | 39.04 11.30% | 31.79 10.47% | 27.18 9.72% | 24.84 8.01% | 33.17 7.53% | 42.60 8.53% | 48.45 9.40% | 57.33 11.58% | 60.06 14.23% | 48.61 13.86% | 32.23 12.41% |
| Déc | 22.15 9.55% | 16.55 8.00% | 11.95 6.28% | 8.47 4.57% | 7.04 3.72% | 6.45 3.28% | 8.38 3.42% | 15.05 4.52% | 21.66 5.69% | 24.20 6.08% | 26.26 6.05% | 25.04 6.22% | 32.72 8.74% | 42.86 10.53% | 33.66 9.74% | 29.37 9.17% | 27.86 7.88% | 35.00 8.12% | 43.68 8.52% | 47.72 9.43% | 52.64 11.08% | 53.79 13.13% | 47.11 13.81% | 31.18 11.66% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Eclairage

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 26.47 12.09% | 12.54 6.40% | 7.41 4.16% | 4.21 2.41% | 2.60 1.53% | 8.60 4.79% | 33.71 13.53% | 83.93 23.83% | 77.66 17.58% | 39.53 9.45% | 28.92 7.16% | 23.25 6.12% | 26.59 7.14% | 19.45 5.19% | 13.12 3.79% | 19.56 6.27% | 38.14 11.85% | 107.34 25.39% | 188.32 37.74% | 209.17 40.62% | 188.65 37.44% | 126.47 30.00% | 88.27 26.63% | 46.84 18.81% |
| Févr | 20.46 9.81% | 13.00 6.58% | 6.88 3.78% | 4.53 2.51% | 2.82 1.56% | 9.56 5.07% | 34.75 13.79% | 74.76 22.13% | 54.80 13.21% | 24.24 6.29% | 19.64 4.98% | 14.76 4.00% | 16.61 4.35% | 12.65 3.49% | 7.30 2.09% | 10.63 3.39% | 24.46 7.87% | 62.60 15.50% | 154.54 31.41% | 205.93 39.31% | 183.34 37.54% | 123.37 29.00% | 82.15 23.91% | 37.82 15.47% |
| Mars | 31.98 14.67% | 19.19 9.28% | 8.74 4.71% | 6.04 3.32% | 4.48 2.55% | 9.63 5.31% | 31.16 12.50% | 37.26 10.63% | 23.51 5.57% | 20.35 5.39% | 17.30 4.54% | 15.80 4.70% | 13.55 3.91% | 11.98 3.34% | 8.46 2.72% | 9.70 3.45% | 13.98 5.08% | 28.36 8.92% | 75.66 19.48% | 173.45 36.75% | 180.27 38.27% | 123.01 30.73% | 87.53 26.51% | 47.55 18.50% |
| Avr | 28.65 12.97% | 16.63 8.52% | 9.47 5.19% | 5.54 3.22% | 4.08 2.40% | 8.36 4.73% | 25.84 11.61% | 30.39 11.08% | 23.47 6.54% | 17.79 5.04% | 14.42 4.35% | 10.04 3.43% | 11.09 3.52% | 11.50 3.51% | 9.52 3.24% | 11.27 4.02% | 12.76 4.62% | 17.24 6.15% | 28.27 9.51% | 52.49 15.87% | 120.87 30.62% | 120.78 30.22% | 86.22 26.86% | 48.19 18.62% |
| Mai | 23.74 11.55% | 11.81 6.10% | 7.27 4.28% | 5.14 3.19% | 5.22 3.30% | 12.36 7.22% | 15.40 7.91% | 21.24 9.13% | 21.47 7.33% | 18.70 6.02% | 17.50 5.55% | 14.45 4.82% | 14.64 4.92% | 12.67 3.98% | 10.34 3.97% | 9.63 3.77% | 11.54 4.49% | 17.01 6.38% | 27.59 9.71% | 49.05 15.53% | 77.68 21.81% | 111.62 30.51% | 90.00 28.49% | 41.66 17.41% |
| Juin | 24.90 11.17% | 13.31 7.09% | 8.50 5.08% | 5.80 3.57% | 4.34 2.74% | 10.45 6.36% | 11.14 6.40% | 14.96 6.67% | 16.12 5.20% | 12.73 4.38% | 12.96 4.60% | 9.10 3.60% | 9.19 3.44% | 9.13 3.24% | 6.41 2.42% | 6.42 2.57% | 6.94 2.72% | 10.43 4.11% | 20.06 7.05% | 32.36 11.63% | 43.40 13.38% | 77.00 22.53% | 83.53 26.62% | 48.02 19.14% |
| Juil | 23.95 10.07% | 14.27 6.66% | 9.04 4.47% | 6.80 3.56% | 5.80 3.19% | 11.98 6.24% | 9.32 4.94% | 6.06 2.83% | 8.97 3.42% | 9.66 3.23% | 14.27 4.81% | 14.23 4.98% | 10.82 3.71% | 12.35 3.76% | 11.74 3.91% | 10.36 3.79% | 12.03 4.45% | 13.21 5.06% | 15.15 5.71% | 19.17 6.37% | 21.45 7.22% | 51.51 16.16% | 75.55 22.63% | 48.10 17.47% |
| Août | 25.28 11.40% | 11.44 5.65% | 6.84 3.58% | 4.62 2.49% | 4.68 2.57% | 8.31 4.46% | 11.19 5.63% | 9.61 4.68% | 9.96 3.92% | 12.44 4.01% | 13.42 3.96% | 11.92 3.93% | 9.27 3.08% | 8.70 2.83% | 8.09 2.88% | 8.59 3.25% | 7.87 3.09% | 10.17 3.74% | 15.18 5.52% | 22.94 7.76% | 39.45 12.90% | 72.92 21.81% | 70.85 21.32% | 42.78 15.95% |
| Sept | 35.65 16.52% | 21.41 11.10% | 11.93 7.03% | 6.34 3.91% | 5.30 3.35% | 12.66 7.70% | 35.94 17.14% | 47.61 16.43% | 23.33 6.87% | 13.69 4.54% | 11.64 4.00% | 10.15 3.62% | 12.16 3.89% | 10.12 3.25% | 6.73 2.42% | 6.46 2.60% | 6.43 2.71% | 16.74 6.63% | 51.05 15.70% | 98.10 25.74% | 160.51 37.30% | 129.35 32.35% | 92.18 28.19% | 57.63 22.08% |
| Oct | 34.55 15.81% | 20.33 10.70% | 13.59 7.61% | 11.66 6.70% | 8.86 5.13% | 15.20 8.62% | 36.61 16.54% | 38.76 12.94% | 24.55 6.83% | 14.84 5.05% | 12.86 3.97% | 11.44 3.63% | 10.82 3.50% | 9.89 3.01% | 6.65 2.17% | 7.10 2.73% | 14.77 5.87% | 51.15 15.65% | 174.46 37.49% | 215.82 44.14% | 198.00 41.00% | 137.11 33.17% | 94.87 29.24% | 50.24 20.18% |
| Nov | 27.07 11.97% | 14.37 7.30% | 7.41 4.12% | 4.87 2.77% | 6.16 3.42% | 10.16 5.18% | 35.52 14.08% | 73.18 22.24% | 50.94 13.47% | 27.84 7.39% | 20.12 5.83% | 14.57 4.55% | 17.03 4.61% | 13.70 3.97% | 9.14 3.01% | 13.59 4.86% | 33.98 10.96% | 119.32 27.11% | 188.18 37.68% | 200.64 38.94% | 181.29 36.62% | 124.49 29.50% | 87.37 24.91% | 43.48 16.75% |
| Déc | 30.53 13.17% | 18.64 9.01% | 10.35 5.43% | 6.93 3.74% | 5.99 3.17% | 11.39 5.79% | 29.14 11.89% | 73.39 22.03% | 69.55 18.27% | 46.14 11.59% | 39.16 9.03% | 27.90 6.93% | 25.77 6.88% | 22.02 5.41% | 19.06 5.52% | 24.46 7.64% | 43.93 12.42% | 125.39 29.09% | 182.71 35.63% | 192.11 37.98% | 174.26 36.68% | 122.79 29.98% | 90.98 26.68% | 51.61 19.30% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

Alimentation électrique des chaudières murales

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 36.93 16.87% | 36.06 18.40% | 35.94 20.18% | 36.49 20.91% | 36.25 21.30% | 38.41 21.41% | 69.99 28.09% | 76.63 21.76% | 76.85 17.40% | 76.58 18.31% | 75.13 18.61% | 73.73 19.41% | 68.58 18.43% | 63.41 16.93% | 57.49 16.63% | 59.73 19.15% | 65.03 20.20% | 65.32 15.45% | 64.99 13.02% | 63.31 12.29% | 61.83 12.27% | 56.17 13.33% | 49.19 14.84% | 36.29 14.57% |
| Févr | 41.04 19.68% | 44.17 22.36% | 42.78 23.54% | 46.65 25.84% | 48.10 26.64% | 50.89 26.98% | 77.76 30.86% | 83.23 24.64% | 83.38 20.09% | 84.20 21.86% | 82.83 20.99% | 80.37 21.78% | 76.60 20.05% | 74.07 20.42% | 68.18 19.54% | 66.17 21.12% | 72.66 23.39% | 75.64 18.73% | 75.79 15.40% | 70.55 13.47% | 64.20 13.15% | 66.00 15.51% | 62.09 18.07% | 41.43 16.94% |
| Mars | 37.57 17.24% | 39.01 18.87% | 39.02 21.03% | 41.45 22.75% | 39.66 22.63% | 40.51 22.32% | 69.32 27.81% | 76.21 21.74% | 76.98 18.25% | 75.73 20.04% | 74.15 19.46% | 68.02 20.24% | 58.90 16.97% | 53.32 14.87% | 49.45 15.92% | 49.47 17.57% | 52.78 19.19% | 57.32 18.03% | 64.66 16.65% | 63.00 13.35% | 53.50 11.36% | 50.80 12.69% | 51.95 15.73% | 41.85 16.28% |
| Avr | 29.22 13.23% | 29.10 14.90% | 30.74 16.83% | 30.71 17.83% | 31.05 18.28% | 30.86 17.45% | 39.67 17.82% | 43.91 16.01% | 43.49 12.11% | 40.15 11.37% | 43.46 13.11% | 41.40 14.12% | 36.74 11.67% | 38.21 11.67% | 36.09 12.27% | 35.80 12.76% | 35.37 12.82% | 35.59 12.69% | 38.18 12.84% | 37.24 11.26% | 36.90 9.35% | 34.04 8.52% | 32.16 10.02% | 28.58 11.04% |
| Mai | 17.49 8.51% | 17.78 9.19% | 16.82 9.91% | 16.79 10.41% | 16.86 10.66% | 17.28 10.09% | 23.74 12.20% | 22.27 9.57% | 22.28 7.61% | 24.73 7.95% | 23.96 7.61% | 21.66 7.23% | 21.31 7.16% | 20.82 6.54% | 21.50 8.26% | 19.42 7.61% | 18.37 7.16% | 18.89 7.08% | 20.02 7.05% | 21.05 6.66% | 21.71 6.09% | 18.57 5.08% | 17.72 5.61% | 16.96 7.09% |
| Juin | 10.54 4.73% | 10.55 5.62% | 10.50 6.28% | 10.58 6.50% | 10.67 6.75% | 10.66 6.49% | 12.47 7.16% | 12.72 5.68% | 12.74 4.11% | 13.03 4.48% | 14.35 5.09% | 12.82 5.07% | 13.32 4.98% | 15.04 5.34% | 12.02 4.54% | 10.99 4.39% | 10.49 4.11% | 10.38 4.09% | 12.14 4.26% | 12.40 4.46% | 12.93 3.99% | 10.86 3.18% | 11.03 3.51% | 10.77 4.29% |
| Juil | 9.28 3.90% | 9.40 4.38% | 9.14 4.52% | 9.17 4.80% | 9.29 5.10% | 9.29 4.84% | 10.84 5.75% | 10.65 4.97% | 10.32 3.93% | 11.57 3.87% | 11.20 3.77% | 10.95 3.83% | 10.83 3.71% | 12.63 3.85% | 9.74 3.25% | 9.82 3.59% | 9.72 3.59% | 10.77 4.12% | 13.07 4.92% | 11.36 3.78% | 10.97 3.69% | 10.87 3.41% | 9.93 2.97% | 9.86 3.58% |
| Août | 9.70 4.37% | 9.76 4.82% | 9.68 5.08% | 9.74 5.26% | 9.83 5.40% | 10.10 5.42% | 10.19 5.13% | 11.14 5.42% | 11.07 4.35% | 11.97 3.86% | 12.81 3.78% | 10.88 3.59% | 11.72 3.89% | 12.74 4.14% | 12.06 4.29% | 10.18 3.86% | 10.44 4.10% | 11.17 4.11% | 14.52 5.28% | 14.58 4.93% | 12.14 3.97% | 10.72 3.21% | 10.15 3.05% | 9.88 3.68% |
| Sept | 11.66 5.40% | 11.79 6.11% | 11.50 6.78% | 11.72 7.23% | 11.75 7.43% | 12.07 7.34% | 13.05 6.22% | 14.56 5.03% | 13.42 3.95% | 14.27 4.73% | 15.31 5.26% | 16.22 5.79% | 14.56 4.66% | 16.71 5.37% | 12.61 4.53% | 13.12 5.27% | 11.70 4.93% | 12.45 4.93% | 13.49 4.15% | 15.09 3.96% | 15.60 3.63% | 12.95 3.24% | 12.41 3.80% | 12.27 4.70% |
| Oct | 17.90 8.19% | 18.01 9.48% | 17.78 9.96% | 17.83 10.25% | 17.81 10.30% | 18.01 10.22% | 22.43 10.14% | 23.48 7.84% | 21.31 5.93% | 20.22 6.88% | 19.30 5.96% | 20.72 6.57% | 20.45 6.62% | 21.04 6.41% | 19.00 6.21% | 17.52 6.73% | 17.64 7.02% | 19.29 5.90% | 21.72 4.67% | 23.11 4.73% | 22.12 4.58% | 19.58 4.74% | 18.73 5.77% | 18.51 7.44% |
| Nov | 38.48 17.02% | 38.16 19.38% | 38.39 21.31% | 39.76 22.64% | 38.60 21.40% | 42.50 21.67% | 66.64 26.41% | 72.53 22.04% | 68.79 18.20% | 65.07 17.26% | 58.57 16.98% | 55.83 17.45% | 55.19 14.95% | 52.56 15.22% | 47.30 15.58% | 46.35 16.58% | 50.13 16.17% | 59.46 13.51% | 62.38 12.49% | 59.25 11.50% | 49.06 9.91% | 48.28 11.44% | 46.50 13.26% | 40.32 15.53% |
| Déc | 42.87 18.49% | 44.31 21.42% | 43.79 23.00% | 46.36 25.03% | 52.36 27.70% | 54.18 27.55% | 75.96 30.99% | 75.65 22.71% | 73.89 19.42% | 79.75 20.04% | 75.72 17.46% | 76.20 18.93% | 73.47 19.61% | 69.47 17.07% | 64.29 18.61% | 69.12 21.58% | 71.46 20.21% | 73.89 17.15% | 74.32 14.49% | 69.67 13.77% | 65.31 13.75% | 61.76 15.08% | 58.70 17.21% | 45.10 16.87% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau (première année)

VMC

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 28.08 12.83% | 28.02 14.30% | 27.98 15.71% | 28.15 16.13% | 28.10 16.51% | 28.02 15.62% | 27.92 11.20% | 28.00 7.95% | 27.77 6.29% | 27.90 6.67% | 27.69 6.86% | 28.85 7.59% | 29.06 7.81% | 28.80 7.69% | 27.58 7.98% | 27.98 8.97% | 28.62 8.89% | 28.10 6.65% | 28.23 5.66% | 32.52 6.32% | 35.12 6.97% | 31.18 7.40% | 29.24 8.82% | 28.59 11.48% |
| Févr | 27.92 13.39% | 27.92 14.14% | 27.86 15.33% | 28.08 15.56% | 28.14 15.58% | 27.98 14.84% | 27.94 11.09% | 27.75 8.21% | 27.73 6.68% | 27.83 7.23% | 27.67 7.01% | 27.70 7.51% | 29.98 7.85% | 30.67 8.45% | 29.77 8.53% | 29.30 9.35% | 29.24 9.41% | 28.91 7.16% | 28.19 5.73% | 30.38 5.80% | 29.79 6.10% | 29.35 6.90% | 27.98 8.14% | 28.06 11.47% |
| Mars | 28.10 12.89% | 28.08 13.58% | 27.85 15.01% | 28.15 15.45% | 28.10 16.03% | 27.95 15.40% | 28.15 11.29% | 28.02 7.99% | 27.82 6.60% | 27.82 7.36% | 27.62 7.25% | 29.14 8.67% | 29.98 8.64% | 29.29 8.17% | 28.82 9.28% | 29.32 10.42% | 29.24 10.63% | 30.38 9.56% | 29.65 7.64% | 28.21 5.98% | 29.16 6.19% | 29.96 7.48% | 29.14 8.83% | 28.08 10.92% |
| Avr | 28.18 12.76% | 27.82 14.24% | 27.89 15.27% | 28.26 16.41% | 28.16 16.58% | 27.98 15.82% | 27.98 12.57% | 28.02 10.22% | 27.90 7.77% | 27.94 7.91% | 27.84 8.40% | 27.70 9.45% | 28.70 9.12% | 29.14 8.90% | 28.26 9.61% | 28.06 10.00% | 28.16 10.21% | 28.16 10.04% | 28.10 9.45% | 29.92 9.05% | 31.38 7.95% | 31.36 7.85% | 29.94 9.33% | 28.00 10.82% |
| Mai | 28.38 13.81% | 28.28 14.62% | 28.00 16.50% | 28.21 17.50% | 28.21 17.84% | 27.95 16.33% | 27.90 14.33% | 28.00 12.04% | 27.69 9.46% | 27.82 8.95% | 27.72 8.80% | 27.69 9.24% | 28.21 9.48% | 29.01 9.11% | 28.85 11.09% | 28.78 11.27% | 28.08 10.94% | 28.13 10.55% | 27.98 9.85% | 29.11 9.22% | 28.59 8.03% | 28.10 7.68% | 28.05 8.88% | 27.98 11.69% |
| Juin | 27.98 12.55% | 27.98 14.91% | 28.00 16.74% | 28.06 17.24% | 28.06 17.75% | 27.98 17.03% | 27.94 16.05% | 27.82 12.41% | 27.62 8.90% | 27.66 9.50% | 27.54 9.77% | 27.68 10.95% | 28.54 10.67% | 28.10 9.97% | 27.82 10.51% | 27.70 11.08% | 27.98 10.95% | 28.00 11.04% | 27.92 9.81% | 28.02 10.07% | 28.02 8.64% | 27.90 8.17% | 27.78 8.85% | 28.06 11.18% |
| Juil | 28.28 11.89% | 28.38 13.24% | 28.18 13.93% | 28.15 14.73% | 28.13 15.45% | 28.02 14.59% | 27.98 14.84% | 27.95 13.04% | 27.72 10.57% | 27.87 9.31% | 27.62 9.31% | 27.69 9.69% | 28.08 9.63% | 27.90 8.50% | 27.74 9.24% | 28.00 10.24% | 28.10 10.39% | 27.98 10.71% | 28.13 10.60% | 28.26 9.40% | 28.49 9.59% | 28.90 9.07% | 29.18 8.74% | 28.13 10.22% |
| Août | 27.84 12.55% | 27.86 13.76% | 27.71 14.53% | 27.91 15.06% | 27.88 15.33% | 27.71 14.87% | 27.76 13.97% | 27.71 13.48% | 27.61 10.86% | 27.51 8.87% | 27.38 8.08% | 27.45 9.05% | 27.71 9.20% | 27.53 8.95% | 27.55 9.79% | 27.58 10.44% | 27.73 10.90% | 27.78 10.22% | 27.15 9.88% | 27.86 9.42% | 27.76 9.08% | 27.51 8.23% | 27.94 8.41% | 27.76 10.35% |
| Sept | 27.73 12.85% | 27.84 14.44% | 27.63 16.28% | 27.81 17.16% | 27.84 17.61% | 27.55 16.76% | 27.63 13.17% | 27.61 9.53% | 27.50 8.10% | 27.42 9.08% | 27.34 9.39% | 27.53 9.83% | 27.97 8.95% | 27.55 8.85% | 27.47 9.87% | 27.63 11.10% | 27.84 11.74% | 27.61 10.93% | 28.37 8.72% | 29.68 7.79% | 28.58 6.64% | 29.08 7.27% | 28.60 8.75% | 27.71 10.62% |
| Oct | 28.26 12.93% | 28.18 14.84% | 28.21 15.81% | 28.34 16.29% | 28.18 16.30% | 27.92 15.84% | 27.85 12.58% | 27.95 9.33% | 27.69 7.71% | 27.72 9.43% | 27.54 8.51% | 27.74 8.80% | 28.57 9.25% | 28.00 8.53% | 27.74 9.07% | 27.98 10.75% | 28.15 11.20% | 28.42 8.69% | 28.88 6.21% | 30.27 6.19% | 28.05 5.81% | 28.18 6.82% | 28.10 8.66% | 28.21 11.33% |
| Nov | 27.82 12.30% | 28.08 14.26% | 27.98 15.53% | 28.18 16.05% | 28.24 15.65% | 28.02 14.29% | 27.92 11.06% | 27.82 8.45% | 27.74 7.34% | 28.46 7.55% | 29.06 8.42% | 28.64 8.95% | 28.50 7.72% | 27.98 8.10% | 27.78 9.15% | 28.02 10.02% | 28.02 9.04% | 28.56 6.49% | 27.76 5.56% | 28.78 5.59% | 31.46 6.36% | 30.88 7.32% | 30.42 8.67% | 29.34 11.30% |
| Déc | 28.31 12.21% | 28.15 13.60% | 28.26 14.84% | 28.23 15.24% | 28.28 14.96% | 28.08 14.28% | 28.10 11.46% | 27.85 8.36% | 27.87 7.32% | 28.00 7.04% | 28.00 6.46% | 27.82 6.91% | 30.35 8.10% | 29.78 7.32% | 29.52 8.54% | 28.34 8.85% | 28.15 7.96% | 27.90 6.47% | 30.30 5.91% | 34.14 6.75% | 30.32 6.38% | 28.23 6.89% | 28.18 8.26% | 28.36 10.61% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

ANNEXE 3

Variations horo-saisonnères de la charge vues du réseau, pour l'ensemble d'un logement et par appareil

Seconde année (appareils performants)

Il est recommandé de se reporter aux explications figurant en première page de l'annexe 2 et qui explique à quoi correspondent les valeurs figurant dans les tableaux qui suivent.

L'annexe 2 fournissait les valeurs pour la première année de mesures. L'annexe 3 est consacrée aux valeurs de la seconde année de mesures.

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Charge globale

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 116.79 | 96.17 | 87.71 | 83.33 | 84.71 | 88.36 | 127.76 | 187.98 | 237.38 | 265.15 | 278.75 | 272.25 | 262.28 | 263.75 | 221.12 | 189.04 | 206.72 | 265.12 | 284.91 | 265.31 | 274.38 | 251.29 | 194.10 | 143.56 |
| Févr | 109.47 | 93.45 | 83.66 | 78.90 | 76.46 | 82.23 | 119.26 | 180.48 | 266.32 | 253.34 | 267.11 | 262.52 | 220.92 | 214.96 | 198.79 | 161.79 | 164.87 | 204.16 | 236.22 | 248.05 | 244.06 | 217.64 | 172.42 | 138.17 |
| Mars | 107.18 | 90.97 | 80.02 | 75.42 | 73.58 | 76.08 | 118.91 | 171.60 | 247.17 | 208.73 | 217.53 | 193.85 | 196.92 | 203.03 | 183.47 | 151.33 | 141.67 | 161.62 | 200.30 | 224.01 | 230.17 | 205.24 | 163.86 | 125.24 |
| Avr | 108.32 | 88.10 | 80.00 | 73.83 | 73.61 | 76.04 | 104.21 | 129.40 | 234.07 | 209.73 | 207.87 | 179.02 | 206.28 | 195.02 | 154.40 | 136.82 | 139.17 | 136.60 | 148.61 | 155.87 | 203.30 | 205.89 | 169.53 | 133.55 |
| Mai | 106.10 | 92.43 | 81.49 | 77.11 | 76.47 | 79.37 | 100.60 | 135.09 | 213.08 | 183.46 | 205.05 | 178.38 | 183.38 | 198.30 | 151.96 | 151.71 | 132.06 | 139.60 | 161.75 | 167.35 | 198.16 | 204.03 | 173.35 | 130.71 |
| Juin | 108.84 | 93.44 | 87.48 | 85.26 | 82.34 | 85.88 | 94.75 | 151.34 | 191.75 | 175.57 | 174.34 | 184.16 | 177.62 | 191.02 | 163.31 | 148.73 | 132.92 | 141.67 | 166.75 | 182.30 | 209.71 | 203.94 | 168.00 | 139.33 |
| Juil | 110.42 | 101.16 | 89.83 | 86.08 | 87.12 | 86.61 | 103.59 | 124.18 | 148.96 | 157.01 | 168.67 | 161.76 | 185.40 | 206.52 | 150.87 | 138.41 | 138.87 | 141.78 | 138.60 | 162.27 | 169.33 | 172.90 | 168.36 | 132.25 |
| Août | 112.54 | 100.07 | 90.06 | 86.38 | 84.28 | 84.77 | 96.89 | 130.21 | 141.18 | 172.43 | 179.78 | 179.36 | 170.91 | 186.92 | 154.92 | 144.61 | 139.98 | 156.39 | 163.59 | 182.77 | 183.98 | 183.06 | 161.18 | 133.19 |
| Sept | 102.96 | 89.01 | 81.44 | 79.75 | 78.50 | 82.10 | 106.94 | 179.48 | 218.97 | 178.15 | 199.70 | 178.12 | 193.45 | 206.46 | 167.37 | 135.22 | 132.19 | 158.18 | 188.89 | 201.56 | 257.65 | 231.48 | 180.10 | 131.55 |
| Oct | 108.90 | 96.79 | 87.34 | 82.94 | 82.12 | 85.25 | 122.08 | 186.14 | 253.22 | 223.07 | 204.48 | 192.40 | 189.47 | 217.59 | 178.83 | 158.44 | 154.97 | 185.17 | 214.74 | 255.68 | 273.18 | 227.29 | 174.92 | 131.59 |
| Nov | 109.38 | 96.25 | 88.06 | 83.43 | 83.74 | 92.09 | 130.89 | 201.38 | 277.00 | 263.10 | 268.85 | 245.74 | 240.87 | 245.23 | 225.09 | 196.58 | 201.70 | 248.27 | 275.65 | 268.16 | 269.28 | 235.85 | 187.91 | 129.63 |
| Déc | 117.22 | 103.34 | 90.43 | 89.08 | 82.48 | 86.24 | 136.44 | 190.56 | 276.94 | 250.43 | 228.83 | 271.07 | 261.05 | 250.98 | 233.63 | 207.26 | 214.83 | 229.77 | 267.19 | 259.94 | 248.69 | 233.39 | 188.27 | 136.16 |

Consommation horaire (en Wh/h)

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Froid

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 30.53 26.14% | 29.39 30.57% | 28.36 32.34% | 28.07 33.69% | 27.61 32.59% | 27.19 30.77% | 28.25 22.11% | 29.47 15.68% | 28.68 12.08% | 29.66 11.19% | 29.57 10.61% | 31.28 11.49% | 35.50 13.54% | 35.92 13.62% | 31.64 14.31% | 32.53 17.21% | 32.52 15.73% | 32.70 12.33% | 33.50 11.76% | 37.20 14.02% | 39.26 14.31% | 35.08 13.96% | 33.96 17.50% | 31.48 21.93% |
| Févr | 30.68 28.03% | 31.02 33.19% | 29.66 35.45% | 29.63 37.55% | 28.06 36.70% | 29.63 36.03% | 28.35 23.78% | 30.18 16.72% | 30.61 11.49% | 31.30 12.35% | 31.15 11.66% | 31.42 11.97% | 36.06 16.32% | 36.50 16.98% | 33.32 16.76% | 33.02 20.41% | 32.95 19.99% | 34.19 16.75% | 34.64 14.66% | 36.45 14.69% | 39.19 16.06% | 36.21 16.64% | 35.21 20.42% | 33.36 24.15% |
| Mars | 33.33 31.10% | 32.21 35.41% | 31.46 39.32% | 31.13 41.28% | 30.25 41.11% | 30.02 39.46% | 30.01 25.24% | 32.74 19.08% | 32.09 12.98% | 31.70 15.19% | 32.43 14.91% | 34.13 17.60% | 39.39 20.00% | 37.07 18.26% | 36.23 19.75% | 35.30 23.32% | 35.80 25.27% | 36.97 22.88% | 37.03 18.49% | 38.82 17.33% | 43.01 18.68% | 37.54 18.29% | 37.80 23.07% | 34.44 27.50% |
| Avr | 33.60 31.02% | 33.03 37.49% | 31.61 39.51% | 30.39 41.16% | 30.20 41.02% | 30.97 40.74% | 29.49 28.30% | 31.48 24.33% | 30.86 13.18% | 31.26 14.91% | 33.81 16.26% | 32.62 18.22% | 38.63 18.73% | 37.81 19.39% | 36.30 23.51% | 34.93 25.53% | 35.76 25.70% | 36.73 26.89% | 37.96 25.54% | 39.37 25.26% | 42.56 20.93% | 39.68 19.27% | 36.88 21.75% | 36.55 27.37% |
| Mai | 38.71 36.49% | 38.21 41.34% | 37.24 45.70% | 35.94 46.60% | 35.34 46.22% | 34.66 43.66% | 35.40 35.19% | 36.38 26.93% | 36.85 17.29% | 36.01 19.63% | 38.47 18.76% | 40.20 22.53% | 47.92 26.13% | 45.78 23.08% | 42.81 28.17% | 41.49 27.35% | 41.92 31.74% | 42.37 30.35% | 45.46 28.10% | 48.87 29.20% | 51.59 26.04% | 48.27 23.66% | 43.61 25.16% | 42.32 32.38% |
| Juin | 45.89 42.17% | 44.10 47.20% | 42.43 48.51% | 42.61 49.98% | 40.40 49.07% | 41.15 47.92% | 39.96 42.17% | 42.81 28.29% | 42.16 21.99% | 42.42 24.16% | 44.59 25.57% | 47.29 25.68% | 53.47 30.10% | 53.12 27.81% | 49.28 30.18% | 49.27 33.13% | 50.55 38.03% | 51.33 36.23% | 53.05 31.82% | 57.18 31.37% | 60.28 28.75% | 56.89 27.89% | 51.17 30.46% | 49.30 35.39% |
| Juil | 47.45 42.97% | 45.09 44.57% | 43.72 48.67% | 43.38 50.40% | 42.00 48.21% | 41.55 47.98% | 40.99 39.57% | 41.50 33.42% | 41.38 27.78% | 42.53 27.09% | 44.26 26.24% | 46.64 28.83% | 53.75 28.99% | 52.90 25.62% | 51.07 33.85% | 49.87 36.03% | 50.47 36.34% | 52.11 36.75% | 51.76 37.35% | 56.74 34.97% | 57.37 33.88% | 57.90 33.49% | 52.75 31.33% | 49.89 37.72% |
| Août | 47.62 42.31% | 45.56 45.53% | 43.34 48.12% | 42.56 49.28% | 42.24 50.11% | 41.57 49.04% | 40.47 41.76% | 41.02 31.50% | 41.52 29.41% | 42.44 24.61% | 43.09 23.97% | 44.75 24.95% | 51.41 30.08% | 51.95 27.79% | 48.58 31.36% | 47.88 33.11% | 48.39 34.57% | 50.10 32.04% | 51.35 31.39% | 54.52 29.83% | 59.13 32.14% | 56.57 30.91% | 51.74 32.10% | 49.23 36.96% |
| Sept | 38.60 37.49% | 37.24 41.83% | 36.39 44.69% | 35.60 44.64% | 35.20 44.84% | 35.54 43.29% | 34.26 32.03% | 36.85 20.53% | 35.82 16.36% | 35.14 19.72% | 37.91 18.98% | 38.50 21.61% | 44.02 22.76% | 41.61 20.15% | 41.45 24.77% | 40.25 29.77% | 41.10 31.09% | 42.91 27.13% | 41.87 22.17% | 46.48 23.06% | 49.23 19.11% | 45.62 19.71% | 41.63 23.12% | 40.32 30.65% |
| Oct | 35.81 32.88% | 35.74 36.92% | 34.75 39.79% | 34.50 41.60% | 33.23 40.47% | 33.37 39.14% | 34.38 28.16% | 34.31 18.43% | 34.85 13.76% | 34.79 15.60% | 35.55 17.38% | 36.54 18.99% | 40.88 21.57% | 40.51 18.62% | 37.18 20.79% | 37.76 23.83% | 38.46 24.82% | 38.82 20.96% | 39.07 18.19% | 42.98 16.81% | 45.32 16.59% | 42.63 18.75% | 39.16 22.39% | 37.85 28.77% |
| Nov | 34.31 31.37% | 32.81 34.09% | 32.07 36.42% | 31.79 38.10% | 30.65 36.61% | 31.59 34.31% | 31.54 24.10% | 32.23 16.01% | 32.65 11.79% | 33.94 12.90% | 32.76 12.19% | 36.67 14.92% | 38.47 15.97% | 39.59 16.14% | 36.33 16.14% | 36.26 18.45% | 36.47 18.08% | 36.68 14.78% | 38.37 13.92% | 39.62 14.77% | 42.87 15.92% | 39.43 16.72% | 36.60 19.48% | 34.79 26.84% |
| Déc | 32.42 27.66% | 31.72 30.70% | 30.55 33.78% | 30.61 34.36% | 29.70 36.01% | 29.94 34.71% | 29.95 21.95% | 30.75 16.14% | 29.80 10.76% | 31.49 12.57% | 31.94 13.96% | 33.42 12.33% | 37.45 14.34% | 37.65 15.00% | 35.47 15.18% | 33.50 16.16% | 34.22 15.93% | 35.18 15.31% | 35.23 13.18% | 38.78 14.92% | 40.74 16.38% | 37.61 16.12% | 35.32 18.76% | 34.23 25.14% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Lave-linge

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 4.06 3.47% | 1.81 1.88% | 0.58 0.67% | 0.33 0.40% | 1.26 1.49% | 0.38 0.43% | 7.97 6.24% | 24.43 13.00% | 60.44 25.46% | 61.91 23.35% | 73.66 26.43% | 59.26 21.77% | 46.24 17.63% | 41.27 15.65% | 34.40 15.56% | 31.10 16.45% | 27.16 13.14% | 23.40 8.83% | 20.73 7.28% | 14.61 5.51% | 18.08 6.59% | 7.69 3.06% | 4.16 2.14% | 1.64 1.14% |
| Févr | 2.03 1.86% | 1.89 2.02% | 1.66 1.99% | 0.44 0.55% | 0.12 0.15% | 0.13 0.16% | 9.71 8.14% | 29.77 16.50% | 78.98 29.66% | 70.22 27.72% | 89.84 33.63% | 89.60 34.13% | 47.67 21.58% | 40.58 18.88% | 38.03 19.13% | 34.23 21.16% | 26.63 16.15% | 32.45 15.90% | 22.98 9.73% | 23.27 9.38% | 14.65 6.00% | 8.20 3.77% | 1.56 0.91% | 1.47 1.06% |
| Mars | 2.16 2.01% | 3.18 3.49% | 1.54 1.92% | 0.26 0.34% | 0.06 0.09% | 0.06 0.08% | 9.26 7.79% | 32.22 18.77% | 78.14 31.61% | 68.83 32.97% | 83.51 38.39% | 65.00 33.53% | 48.06 24.40% | 37.45 18.44% | 46.53 25.36% | 37.20 24.58% | 29.02 20.48% | 25.25 15.62% | 28.72 14.34% | 16.62 7.42% | 7.46 3.24% | 4.38 2.13% | 0.64 0.39% | 0.95 0.76% |
| Avr | 2.64 2.44% | 2.64 2.99% | 3.60 4.50% | 0.81 1.09% | 0.94 1.28% | 0.22 0.28% | 7.36 7.07% | 15.74 12.16% | 70.21 30.00% | 68.07 32.46% | 75.83 36.48% | 52.64 29.41% | 53.82 26.09% | 40.70 20.87% | 28.91 18.72% | 31.28 22.86% | 25.55 18.36% | 19.40 14.20% | 17.17 11.55% | 15.14 9.72% | 13.32 6.55% | 2.83 1.38% | 1.31 0.77% | 0.42 0.31% |
| Mai | 0.61 0.58% | 1.37 1.49% | 0.53 0.65% | 0.36 0.46% | 0.95 1.25% | 0.42 0.53% | 13.48 13.40% | 28.88 21.38% | 70.21 32.95% | 48.51 26.44% | 64.63 31.52% | 51.64 28.95% | 39.09 21.31% | 28.58 14.41% | 17.99 11.84% | 23.43 15.45% | 16.68 12.63% | 20.31 14.55% | 21.92 13.55% | 18.70 11.18% | 15.15 7.65% | 10.74 5.26% | 1.59 0.92% | 0.73 0.56% |
| Juin | 0.96 0.88% | 1.44 1.54% | 1.14 1.30% | 0.38 0.44% | 1.45 1.76% | 1.39 1.62% | 9.76 10.30% | 35.69 23.58% | 51.37 26.79% | 50.07 28.52% | 47.43 27.21% | 37.46 20.34% | 33.52 18.87% | 28.85 15.10% | 23.16 14.18% | 21.98 14.78% | 11.18 8.41% | 16.85 11.90% | 26.30 15.77% | 21.90 12.01% | 20.38 9.72% | 6.56 3.22% | 1.43 0.85% | 1.21 0.87% |
| Juil | 1.45 1.31% | 2.14 2.11% | 2.06 2.30% | 0.54 0.62% | 3.97 4.56% | 1.31 1.52% | 19.90 19.21% | 27.26 21.95% | 34.18 22.95% | 30.42 19.38% | 51.40 30.47% | 38.56 23.84% | 40.71 21.96% | 43.59 21.11% | 16.21 10.74% | 17.62 12.73% | 20.15 14.51% | 19.64 13.86% | 14.36 10.36% | 12.63 7.78% | 8.31 4.91% | 7.09 4.10% | 3.93 2.33% | 1.40 1.06% |
| Août | 0.58 0.51% | 0.65 0.65% | 0.31 0.34% | 0.22 0.26% | 0.16 0.19% | 0.90 1.06% | 7.72 7.97% | 25.15 19.31% | 28.68 20.31% | 47.28 27.42% | 44.76 24.90% | 45.98 25.64% | 38.71 22.65% | 30.42 16.27% | 17.16 11.08% | 20.05 13.86% | 19.92 14.23% | 25.14 16.08% | 17.24 10.54% | 19.37 10.60% | 9.88 5.37% | 3.52 1.92% | 0.65 0.40% | 1.29 0.97% |
| Sept | 2.38 2.31% | 1.12 1.26% | 0.34 0.42% | 1.17 1.46% | 1.92 2.45% | 2.83 3.44% | 12.54 11.72% | 45.11 25.13% | 57.12 26.09% | 53.49 30.03% | 56.62 28.35% | 48.80 27.40% | 43.68 22.58% | 36.02 17.44% | 26.42 15.78% | 21.21 15.68% | 13.83 10.46% | 19.81 12.52% | 23.38 12.38% | 19.09 9.47% | 17.48 6.78% | 3.97 1.71% | 0.64 0.36% | 0.37 0.28% |
| Oct | 1.06 0.98% | 2.37 2.45% | 1.35 1.54% | 0.34 0.41% | 2.20 2.67% | 1.58 1.85% | 14.05 11.51% | 30.12 16.18% | 69.00 27.25% | 57.42 25.74% | 59.91 29.30% | 53.62 27.87% | 40.38 21.31% | 34.10 15.67% | 23.23 12.99% | 19.25 12.15% | 24.31 15.69% | 26.96 14.56% | 24.20 11.27% | 16.79 6.57% | 15.94 5.83% | 4.62 2.03% | 3.44 1.97% | 0.72 0.55% |
| Nov | 2.23 2.04% | 1.74 1.81% | 2.03 2.30% | 0.53 0.63% | 0.15 0.18% | 0.15 0.16% | 11.78 9.00% | 35.47 17.62% | 74.25 26.80% | 64.06 24.35% | 66.98 24.91% | 64.60 26.29% | 44.50 18.48% | 34.55 14.09% | 27.18 12.08% | 16.48 8.38% | 21.67 10.74% | 32.43 13.06% | 17.83 6.47% | 14.90 5.56% | 8.54 3.17% | 1.55 0.66% | 1.30 0.69% | 2.21 1.71% |
| Déc | 2.85 2.43% | 2.25 2.18% | 0.92 1.02% | 0.78 0.87% | 1.08 1.31% | 0.26 0.30% | 13.41 9.83% | 34.83 18.28% | 84.55 30.53% | 63.42 25.32% | 52.23 22.83% | 57.85 21.34% | 44.95 17.22% | 32.19 12.82% | 35.10 15.03% | 34.11 16.46% | 22.39 10.42% | 18.97 8.26% | 24.37 9.12% | 19.79 7.61% | 16.07 6.46% | 3.60 1.54% | 1.37 0.73% | 2.24 1.64% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Lave-vaisselle

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 4.61 3.95% | 2.82 2.93% | 0.56 0.64% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.66 0.52% | 8.13 4.33% | 11.85 4.99% | 30.58 11.53% | 37.70 13.53% | 35.47 13.03% | 20.67 7.88% | 42.57 16.14% | 27.71 12.53% | 11.16 5.91% | 10.23 4.95% | 8.52 3.21% | 14.76 5.18% | 4.48 1.69% | 19.15 6.98% | 28.43 11.32% | 9.25 4.77% | 11.90 8.29% |
| Févr | 8.29 7.57% | 5.64 6.04% | 1.79 2.14% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 6.55 3.63% | 30.71 11.53% | 26.78 10.57% | 32.36 12.11% | 20.42 7.78% | 15.43 6.99% | 23.19 10.79% | 25.33 12.74% | 4.78 2.95% | 6.02 3.65% | 10.67 5.23% | 7.81 3.31% | 7.28 2.94% | 19.48 7.98% | 22.55 10.36% | 8.73 5.07% | 13.97 10.11% |
| Mars | 4.25 3.96% | 3.02 3.32% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.84 0.70% | 15.76 9.18% | 42.22 17.08% | 21.97 10.52% | 21.71 9.98% | 16.78 8.66% | 21.02 10.68% | 33.64 16.57% | 22.04 12.01% | 12.59 8.32% | 10.77 7.61% | 17.30 10.70% | 11.39 5.68% | 4.81 2.15% | 10.05 4.36% | 24.56 11.97% | 12.78 7.80% | 7.69 6.14% |
| Avr | 3.47 3.20% | 0.70 0.80% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 3.34 3.21% | 6.20 4.79% | 40.48 17.29% | 26.39 12.58% | 17.88 8.60% | 6.61 3.69% | 25.56 12.39% | 35.36 18.13% | 17.96 11.63% | 7.67 5.60% | 11.93 8.57% | 10.72 7.84% | 11.37 7.65% | 3.42 2.19% | 17.93 8.82% | 27.54 13.37% | 10.73 6.33% | 9.29 6.96% |
| Mai | 5.30 4.99% | 2.74 2.96% | 0.04 0.05% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 1.01 1.27% | 1.31 1.31% | 7.67 5.68% | 35.52 16.67% | 25.21 13.74% | 19.65 9.58% | 12.74 7.14% | 12.41 6.77% | 40.95 20.65% | 16.63 10.94% | 9.84 6.49% | 4.52 3.42% | 2.50 1.79% | 8.05 4.98% | 5.55 3.32% | 20.15 10.17% | 25.00 12.25% | 18.32 10.57% | 9.50 7.27% |
| Juin | 4.18 3.84% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 17.33 11.45% | 36.90 19.25% | 20.79 11.84% | 16.03 9.19% | 16.69 9.06% | 12.67 7.14% | 22.77 11.92% | 12.24 7.49% | 11.15 7.50% | 5.93 4.46% | 6.89 4.86% | 6.37 3.82% | 5.53 3.03% | 22.86 10.90% | 28.66 14.05% | 15.72 9.36% | 13.81 9.91% |
| Juil | 2.67 2.42% | 3.72 3.68% | 0.12 0.13% | 0.97 1.13% | 1.22 1.40% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 11.48 9.25% | 19.41 13.03% | 23.95 15.25% | 9.42 5.58% | 7.76 4.80% | 11.77 6.35% | 23.81 11.53% | 9.70 6.43% | 6.32 4.57% | 6.35 4.57% | 6.03 4.25% | 3.98 2.87% | 7.28 4.49% | 15.24 9.00% | 19.86 11.49% | 18.96 11.26% | 8.01 6.06% |
| Août | 0.71 0.63% | 1.90 1.90% | 1.06 1.17% | 0.69 0.80% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 2.18 2.25% | 12.04 9.25% | 13.26 9.39% | 17.88 10.37% | 18.29 10.17% | 19.14 10.67% | 10.86 6.35% | 24.95 13.35% | 14.54 9.38% | 7.22 5.00% | 7.14 5.10% | 11.14 7.12% | 18.54 11.33% | 15.13 8.28% | 10.45 5.68% | 11.65 6.36% | 8.75 5.43% | 5.75 4.32% |
| Sept | 0.04 0.04% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 12.40 6.91% | 45.40 20.74% | 23.40 13.13% | 31.89 15.97% | 12.52 7.03% | 13.38 6.92% | 37.84 18.33% | 23.37 13.96% | 8.83 6.53% | 5.65 4.28% | 15.05 9.52% | 15.34 8.12% | 4.23 2.10% | 20.87 8.10% | 36.82 15.91% | 19.64 10.91% | 9.15 6.95% |
| Oct | 4.19 3.85% | 1.17 1.21% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 13.48 7.24% | 47.63 18.81% | 32.80 14.70% | 15.17 7.42% | 1.75 0.91% | 1.95 1.03% | 42.70 19.63% | 27.79 15.54% | 16.73 10.56% | 11.97 7.72% | 19.09 10.31% | 20.80 9.69% | 11.41 4.46% | 27.03 9.90% | 31.90 14.03% | 9.20 5.26% | 4.84 3.68% |
| Nov | 0.08 0.07% | 2.44 2.54% | 0.16 0.18% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 2.44 2.65% | 0.17 0.13% | 13.08 6.50% | 37.45 13.52% | 26.78 10.18% | 25.52 9.49% | 15.09 6.14% | 10.61 4.41% | 23.73 9.68% | 29.56 13.13% | 20.91 10.64% | 16.56 8.21% | 14.76 5.95% | 17.52 6.35% | 7.11 2.65% | 32.19 11.95% | 31.11 13.19% | 16.18 8.61% | 4.14 3.19% |
| Déc | 9.09 7.76% | 7.28 7.05% | 0.88 0.97% | 1.36 1.53% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 0.00 0.00% | 7.31 3.83% | 29.31 10.58% | 24.88 9.94% | 20.46 8.94% | 20.17 7.44% | 18.50 7.09% | 33.19 13.22% | 33.21 14.22% | 22.34 10.78% | 12.87 5.99% | 5.22 2.27% | 12.55 4.70% | 3.20 1.23% | 8.76 3.52% | 25.56 10.95% | 14.91 7.92% | 7.64 5.61% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Sèche-linge

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 0.19 0.16% | 0.17 0.18% | 0.16 0.18% | 0.16 0.19% | 0.15 0.17% | 0.14 0.16% | 0.14 0.11% | 5.46 2.91% | 9.06 3.82% | 16.97 6.40% | 22.69 8.14% | 30.38 11.16% | 35.40 13.50% | 19.46 7.38% | 16.86 7.63% | 7.57 4.01% | 18.21 8.81% | 49.87 18.81% | 36.69 12.88% | 14.94 5.63% | 6.21 2.26% | 6.89 2.74% | 1.86 0.96% | 1.30 0.91% |
| Févr | 0.10 0.09% | 0.09 0.10% | 0.09 0.11% | 0.09 0.11% | 0.09 0.12% | 0.09 0.11% | 0.09 0.07% | 4.87 2.70% | 11.19 4.20% | 16.68 6.58% | 19.23 7.20% | 24.52 9.34% | 25.55 11.56% | 24.19 11.25% | 23.10 11.62% | 16.69 10.32% | 20.47 12.42% | 26.49 12.98% | 27.47 11.63% | 17.25 6.96% | 10.11 4.14% | 3.06 1.40% | 1.33 0.77% | 0.15 0.11% |
| Mars | 0.22 0.20% | 0.17 0.19% | 0.16 0.20% | 0.16 0.22% | 0.16 0.22% | 0.16 0.21% | 0.15 0.13% | 2.24 1.31% | 8.53 3.45% | 12.52 6.00% | 14.99 6.89% | 12.86 6.64% | 17.96 9.12% | 21.29 10.49% | 10.82 5.90% | 6.56 4.34% | 4.73 3.34% | 11.47 7.10% | 28.63 14.29% | 19.22 8.58% | 17.15 7.45% | 4.50 2.19% | 0.65 0.40% | 0.25 0.20% |
| Avr | 0.18 0.17% | 0.17 0.20% | 0.15 0.18% | 0.15 0.20% | 0.15 0.20% | 0.15 0.19% | 0.12 0.12% | 0.83 0.64% | 16.91 7.22% | 15.47 7.38% | 17.84 8.58% | 24.20 13.52% | 18.70 9.06% | 10.59 5.43% | 9.61 6.22% | 7.63 5.57% | 8.97 6.45% | 6.66 4.88% | 8.24 5.54% | 6.05 3.88% | 6.13 3.01% | 2.05 0.99% | 4.27 2.52% | 0.31 0.23% |
| Mai | 0.16 0.15% | 0.17 0.18% | 0.14 0.17% | 0.14 0.19% | 0.14 0.19% | 0.14 0.18% | 0.21 0.21% | 6.90 5.11% | 10.55 4.95% | 16.26 8.86% | 24.04 11.73% | 17.54 9.83% | 15.91 8.67% | 11.71 5.91% | 12.64 8.32% | 19.70 12.98% | 12.13 9.18% | 10.37 7.43% | 12.17 7.52% | 9.52 5.69% | 8.75 4.42% | 4.29 2.10% | 1.47 0.85% | 0.18 0.14% |
| Juin | 0.19 0.17% | 0.18 0.20% | 0.17 0.19% | 0.17 0.19% | 0.18 0.21% | 0.19 0.22% | 0.53 0.56% | 1.56 1.03% | 4.41 2.30% | 8.01 4.56% | 9.37 5.38% | 27.13 14.73% | 13.01 7.32% | 14.90 7.80% | 14.55 8.91% | 5.61 3.77% | 4.60 3.46% | 1.93 1.36% | 7.06 4.23% | 14.24 7.81% | 12.73 6.07% | 7.32 3.59% | 1.52 0.90% | 1.80 1.29% |
| Juil | 0.02 0.02% | 0.02 0.02% | 0.02 0.02% | 0.02 0.02% | 0.34 0.39% | 2.66 3.07% | 0.10 0.09% | 1.02 0.82% | 6.20 4.16% | 4.22 2.69% | 6.17 3.66% | 11.14 6.89% | 14.53 7.84% | 13.91 6.74% | 7.24 4.80% | 6.18 4.47% | 5.16 3.72% | 3.64 2.57% | 4.19 3.02% | 11.21 6.91% | 10.83 6.40% | 0.59 0.34% | 0.08 0.05% | 0.02 0.02% |
| Août | 0.14 0.12% | 0.10 0.10% | 0.08 0.09% | 0.08 0.10% | 0.08 0.10% | 0.08 0.09% | 0.84 0.87% | 5.65 4.34% | 6.66 4.72% | 4.60 2.67% | 12.40 6.90% | 12.78 7.13% | 8.00 4.68% | 6.90 3.69% | 10.46 6.75% | 12.93 8.94% | 7.90 5.64% | 13.83 8.84% | 14.97 9.15% | 22.00 12.04% | 16.57 9.01% | 5.32 2.90% | 2.80 1.74% | 0.18 0.14% |
| Sept | 0.48 0.47% | 0.29 0.32% | 0.29 0.35% | 0.28 0.35% | 0.29 0.38% | 0.43 0.53% | 3.33 3.12% | 5.34 2.97% | 14.37 6.56% | 7.66 4.30% | 14.49 7.26% | 21.18 11.89% | 22.48 11.62% | 16.79 8.13% | 12.13 7.25% | 6.05 4.48% | 14.42 10.91% | 12.01 7.59% | 28.84 15.27% | 22.87 11.35% | 22.04 8.56% | 9.07 3.92% | 4.09 2.27% | 2.17 1.65% |
| Oct | 0.33 0.31% | 0.36 0.37% | 0.30 0.34% | 0.29 0.35% | 0.29 0.36% | 2.73 3.20% | 3.02 2.47% | 7.62 4.09% | 9.38 3.70% | 18.58 8.33% | 21.45 10.49% | 32.60 16.95% | 26.74 14.11% | 21.08 9.69% | 21.27 11.89% | 20.48 12.93% | 15.33 9.89% | 20.58 11.11% | 26.93 12.54% | 28.89 11.30% | 25.77 9.43% | 7.23 3.18% | 4.01 2.29% | 0.80 0.61% |
| Nov | 0.22 0.20% | 0.20 0.21% | 0.20 0.23% | 0.21 0.25% | 0.21 0.25% | 0.21 0.23% | 0.21 0.16% | 9.45 4.69% | 16.40 5.92% | 27.31 10.38% | 42.05 15.64% | 31.37 12.76% | 44.12 18.32% | 38.88 15.85% | 32.83 14.58% | 27.44 13.96% | 21.44 10.63% | 26.13 10.52% | 37.37 13.56% | 33.36 12.44% | 13.27 4.93% | 8.65 3.67% | 1.98 1.05% | 0.26 0.20% |
| Déc | 0.25 0.22% | 0.24 0.23% | 0.24 0.26% | 0.24 0.27% | 0.24 0.29% | 0.22 0.26% | 1.73 1.27% | 4.46 2.34% | 18.76 6.78% | 16.65 6.65% | 18.60 8.13% | 49.20 18.15% | 47.88 18.34% | 35.23 14.04% | 30.58 13.09% | 20.64 9.96% | 28.29 13.17% | 24.47 10.65% | 27.14 10.16% | 23.04 8.86% | 12.23 4.92% | 5.42 2.32% | 3.20 1.70% | 0.61 0.45% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Téléviseurs

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 16.63 14.24% | 7.77 8.08% | 3.43 3.91% | 1.80 2.15% | 1.23 1.45% | 1.01 1.14% | 2.70 2.11% | 9.53 5.07% | 16.04 6.76% | 18.36 6.93% | 17.38 6.24% | 16.88 6.20% | 30.61 11.67% | 38.36 14.54% | 28.64 12.95% | 23.48 12.42% | 25.47 12.32% | 37.54 14.16% | 43.15 15.14% | 52.65 19.84% | 58.86 21.45% | 59.76 23.78% | 50.35 25.94% | 30.03 20.92% |
| Févr | 15.47 14.13% | 7.01 7.50% | 3.64 4.35% | 1.77 2.24% | 1.14 1.49% | 0.96 1.17% | 2.47 2.07% | 7.95 4.40% | 15.28 5.74% | 17.00 6.71% | 13.96 5.23% | 13.46 5.13% | 23.68 10.72% | 28.66 13.33% | 22.37 11.25% | 16.82 10.40% | 18.16 11.01% | 25.74 12.61% | 33.91 14.35% | 43.93 17.71% | 50.16 20.55% | 52.10 23.94% | 42.99 24.93% | 27.06 19.59% |
| Mars | 17.45 16.28% | 7.27 7.99% | 4.20 5.25% | 2.13 2.82% | 1.49 2.03% | 1.38 1.82% | 2.88 2.42% | 10.64 6.20% | 16.26 6.58% | 15.98 7.66% | 12.29 5.65% | 11.94 6.16% | 22.84 11.60% | 27.59 13.59% | 23.45 12.78% | 16.88 11.16% | 18.76 13.24% | 25.49 15.77% | 29.05 14.50% | 45.45 20.29% | 52.07 22.62% | 53.29 25.96% | 44.80 27.34% | 26.89 21.47% |
| Avr | 17.25 15.93% | 7.18 8.15% | 3.90 4.88% | 2.32 3.14% | 1.94 2.63% | 1.65 2.18% | 2.92 2.80% | 7.69 5.94% | 15.98 6.83% | 16.57 7.90% | 14.13 6.80% | 14.92 8.33% | 24.49 11.87% | 27.64 14.17% | 21.45 13.89% | 15.72 11.49% | 16.41 11.79% | 22.00 16.11% | 27.54 18.53% | 37.13 23.82% | 46.64 22.94% | 53.57 26.02% | 46.79 27.60% | 28.39 21.26% |
| Mai | 15.50 14.61% | 7.57 8.19% | 4.09 5.02% | 2.23 2.89% | 1.68 2.20% | 1.58 1.99% | 2.59 2.57% | 8.69 6.43% | 15.16 7.12% | 13.71 7.47% | 12.40 6.05% | 13.18 7.39% | 23.97 13.07% | 29.56 14.91% | 22.86 15.05% | 18.22 12.01% | 16.93 12.82% | 22.73 16.28% | 29.69 18.36% | 35.46 21.19% | 45.05 22.73% | 49.13 24.08% | 44.32 25.57% | 25.98 19.88% |
| Juin | 15.27 14.03% | 7.56 8.09% | 4.72 5.39% | 3.26 3.83% | 1.83 2.23% | 2.27 2.65% | 2.22 2.35% | 10.52 6.95% | 14.28 7.44% | 12.59 7.17% | 13.29 7.62% | 13.17 7.15% | 23.17 13.04% | 29.35 15.37% | 23.88 14.62% | 20.13 13.54% | 20.09 15.12% | 23.07 16.28% | 28.97 17.37% | 35.27 19.35% | 41.89 19.98% | 49.25 24.15% | 42.44 25.27% | 26.10 18.73% |
| Juil | 15.21 13.77% | 9.64 9.53% | 5.32 5.92% | 2.66 3.09% | 1.80 2.07% | 1.73 2.00% | 1.85 1.79% | 3.76 3.02% | 8.92 5.99% | 15.71 10.01% | 16.70 9.90% | 16.34 10.10% | 22.68 12.24% | 30.12 14.58% | 26.04 17.26% | 19.55 14.12% | 17.78 12.80% | 19.82 13.98% | 21.87 15.78% | 28.46 17.54% | 31.96 18.87% | 35.66 20.62% | 35.61 21.15% | 23.28 17.61% |
| Août | 16.55 14.71% | 9.71 9.70% | 5.57 6.18% | 4.15 4.81% | 2.86 3.39% | 2.37 2.79% | 2.93 3.02% | 5.90 4.53% | 11.29 8.00% | 19.04 11.04% | 18.13 10.08% | 14.75 8.23% | 20.65 12.08% | 31.60 16.90% | 24.69 15.94% | 17.18 11.88% | 16.45 11.75% | 15.86 10.14% | 18.25 11.15% | 24.38 13.34% | 31.87 17.32% | 36.77 20.09% | 33.28 20.65% | 22.48 16.88% |
| Sept | 14.24 13.83% | 7.81 8.77% | 3.94 4.84% | 2.15 2.69% | 1.57 2.00% | 1.28 1.55% | 4.22 3.94% | 14.40 8.02% | 15.59 7.12% | 14.85 8.34% | 13.44 6.73% | 13.49 7.57% | 24.63 12.73% | 31.19 15.11% | 24.07 14.38% | 17.78 13.15% | 16.42 12.42% | 23.16 14.64% | 26.05 13.79% | 41.36 20.52% | 52.81 20.50% | 57.15 24.69% | 46.40 25.76% | 25.21 19.16% |
| Oct | 15.34 14.09% | 8.81 9.10% | 4.73 5.41% | 2.67 3.22% | 1.51 1.83% | 1.28 1.50% | 3.91 3.20% | 12.90 6.93% | 16.75 6.61% | 15.25 6.84% | 14.46 7.07% | 15.16 7.88% | 25.99 13.71% | 29.40 13.51% | 23.61 13.20% | 18.85 11.90% | 18.14 11.71% | 26.06 14.08% | 32.76 15.25% | 46.70 18.26% | 51.27 18.77% | 55.11 24.25% | 46.57 26.62% | 26.44 20.09% |
| Nov | 16.19 14.81% | 6.85 7.12% | 3.17 3.60% | 1.18 1.41% | 0.85 1.02% | 0.84 0.92% | 3.32 2.54% | 10.91 5.42% | 15.03 5.43% | 18.37 6.98% | 15.00 5.58% | 14.42 5.87% | 25.97 10.78% | 33.18 13.53% | 27.40 12.17% | 19.57 9.95% | 21.16 10.49% | 31.49 12.68% | 38.79 14.07% | 47.42 17.68% | 52.88 19.64% | 55.10 23.36% | 46.11 24.54% | 26.88 20.74% |
| Déc | 17.46 14.89% | 9.79 9.48% | 5.48 6.05% | 3.77 4.23% | 1.94 2.36% | 1.47 1.71% | 3.35 2.45% | 7.70 4.04% | 13.07 4.72% | 19.45 7.77% | 18.57 8.11% | 19.08 7.04% | 27.45 10.51% | 36.75 14.64% | 28.67 12.27% | 23.24 11.21% | 25.38 11.81% | 34.44 14.99% | 40.39 15.12% | 48.68 18.73% | 53.65 21.57% | 54.19 23.22% | 46.34 24.61% | 28.01 20.57% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Eclairage

| Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Mois | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 11.63 9.96% | 6.21 6.46% | 3.25 3.70% | 1.04 1.25% | 0.69 0.81% | 2.79 3.16% | 9.50 7.43% | 21.59 11.49% | 20.66 8.70% | 13.87 5.23% | 7.46 2.67% | 5.39 1.98% | 6.38 2.43% | 5.57 2.11% | 3.76 1.70% | 3.90 2.06% | 7.00 3.39% | 27.38 10.33% | 50.47 17.71% | 57.07 21.51% | 54.48 19.86% | 37.21 14.81% | 26.63 13.72% | 17.78 12.38% |
| Févr | 9.13 8.34% | 4.13 4.42% | 2.27 2.72% | 1.12 1.41% | 0.70 0.91% | 3.07 3.73% | 8.40 7.04% | 15.34 8.50% | 12.65 4.75% | 8.00 3.16% | 5.09 1.91% | 3.80 1.45% | 4.03 1.82% | 3.20 1.49% | 2.45 1.23% | 2.64 1.63% | 3.01 1.83% | 9.04 4.43% | 35.43 15.00% | 51.56 20.79% | 49.04 20.09% | 36.55 16.79% | 26.04 15.10% | 16.87 12.21% |
| Mars | 9.97 9.31% | 5.32 5.85% | 2.98 3.72% | 1.58 2.10% | 1.10 1.49% | 3.17 4.17% | 8.96 7.53% | 6.80 3.96% | 4.30 1.74% | 3.47 1.66% | 4.11 1.89% | 3.14 1.62% | 2.92 1.48% | 2.97 1.46% | 2.78 1.52% | 2.21 1.46% | 1.87 1.32% | 3.90 2.42% | 16.74 8.36% | 46.51 20.76% | 50.12 21.78% | 34.45 16.78% | 24.69 15.07% | 15.75 12.57% |
| Avr | 12.48 11.52% | 5.59 6.34% | 2.32 2.89% | 1.33 1.80% | 1.29 1.75% | 2.94 3.87% | 9.15 8.78% | 7.80 6.02% | 4.45 1.90% | 2.98 1.42% | 2.83 1.36% | 2.51 1.40% | 1.95 0.95% | 1.49 0.77% | 1.47 0.95% | 1.27 0.93% | 1.34 0.96% | 1.97 1.44% | 5.51 3.71% | 11.04 7.08% | 29.15 14.34% | 36.65 17.80% | 28.71 16.94% | 19.92 14.91% |
| Mai | 8.82 8.32% | 5.24 5.67% | 2.62 3.22% | 1.53 1.99% | 1.19 1.56% | 3.74 4.71% | 5.94 5.90% | 6.06 4.49% | 5.53 2.60% | 4.31 2.35% | 3.87 1.89% | 2.64 1.48% | 3.72 2.03% | 2.48 1.25% | 1.28 0.84% | 1.32 0.87% | 1.80 1.36% | 2.99 2.14% | 5.44 3.36% | 8.78 5.25% | 17.99 9.08% | 28.22 13.83% | 24.97 14.40% | 14.95 11.44% |
| Juin | 5.61 5.16% | 3.50 3.75% | 2.52 2.88% | 1.95 2.29% | 1.77 2.15% | 4.17 4.86% | 4.94 5.21% | 5.43 3.59% | 5.07 2.64% | 3.45 1.97% | 3.73 2.14% | 3.36 1.83% | 3.73 2.10% | 3.06 1.60% | 2.34 1.43% | 3.30 2.22% | 3.16 2.37% | 3.98 2.81% | 6.15 3.69% | 9.13 5.01% | 12.69 6.05% | 16.87 8.27% | 17.68 10.53% | 10.04 7.21% |
| Juil | 6.88 6.23% | 3.84 3.79% | 2.32 2.58% | 1.97 2.29% | 1.33 1.53% | 2.83 3.27% | 3.61 3.49% | 1.68 1.36% | 2.04 1.37% | 2.64 1.68% | 2.50 1.48% | 3.04 1.88% | 3.23 1.74% | 3.15 1.53% | 1.84 1.22% | 1.57 1.14% | 1.91 1.38% | 2.59 1.82% | 4.43 3.19% | 7.13 4.40% | 7.18 4.24% | 14.44 8.35% | 19.50 11.58% | 12.70 9.60% |
| Août | 10.03 8.91% | 5.37 5.36% | 3.30 3.66% | 1.93 2.24% | 2.27 2.69% | 3.31 3.91% | 5.96 6.15% | 3.09 2.37% | 2.31 1.63% | 3.16 1.83% | 3.58 1.99% | 3.69 2.06% | 2.65 1.55% | 2.59 1.38% | 2.54 1.64% | 2.53 1.75% | 3.41 2.43% | 3.00 1.92% | 5.37 3.29% | 8.93 4.89% | 18.09 9.83% | 31.94 17.45% | 26.54 16.47% | 17.18 12.90% |
| Sept | 9.24 8.97% | 4.62 5.19% | 2.45 3.00% | 2.25 2.82% | 1.64 2.09% | 3.39 4.13% | 12.66 11.84% | 21.05 11.73% | 9.55 4.36% | 4.29 2.41% | 4.49 2.25% | 4.16 2.34% | 3.23 1.67% | 2.18 1.06% | 1.79 1.07% | 2.40 1.78% | 3.34 2.53% | 6.70 4.24% | 12.01 6.36% | 26.06 12.93% | 54.01 20.96% | 40.02 17.29% | 28.12 15.61% | 16.01 12.17% |
| Oct | 9.44 8.67% | 5.07 5.24% | 3.39 3.88% | 2.12 2.56% | 1.28 1.55% | 2.50 2.93% | 12.83 10.51% | 28.48 15.30% | 17.17 6.78% | 7.48 3.35% | 4.76 2.33% | 3.89 2.02% | 3.83 2.02% | 3.31 1.52% | 2.78 1.55% | 1.79 1.13% | 3.05 1.97% | 6.77 3.66% | 21.33 9.93% | 52.64 20.59% | 56.76 20.78% | 39.25 17.27% | 27.53 15.74% | 17.18 13.06% |
| Nov | 9.40 8.60% | 4.72 4.90% | 2.49 2.83% | 1.31 1.57% | 0.91 1.09% | 2.55 2.76% | 10.52 8.04% | 19.32 9.59% | 14.55 5.25% | 8.58 3.26% | 5.57 2.07% | 4.73 1.92% | 5.00 2.08% | 5.53 2.26% | 4.64 2.06% | 5.15 2.62% | 9.38 4.65% | 32.11 12.93% | 50.22 18.22% | 53.90 20.10% | 51.76 19.22% | 35.40 15.01% | 24.68 13.13% | 14.74 11.37% |
| Déc | 9.47 8.08% | 4.80 4.65% | 2.83 3.13% | 1.96 2.20% | 1.31 1.59% | 2.14 2.48% | 8.10 5.93% | 19.61 10.29% | 16.72 6.04% | 12.20 4.87% | 7.81 3.42% | 6.50 2.40% | 7.00 2.68% | 4.98 1.99% | 3.75 1.61% | 4.81 2.32% | 10.46 4.87% | 32.87 14.31% | 47.25 17.68% | 51.38 19.77% | 48.15 19.36% | 38.23 16.38% | 27.08 14.38% | 17.17 12.61% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale

Charge mensuelle moyenne vue du réseau

Alimentation électrique des chaudières murales

| Mois | Heures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| Janv | 21.06 18.03% | 20.02 20.81% | 23.40 26.67% | 23.75 28.50% | 25.71 30.35% | 28.82 32.61% | 50.62 39.62% | 61.54 32.74% | 62.77 26.44% | 65.95 24.87% | 62.41 22.39% | 65.49 24.05% | 58.69 22.38% | 52.48 19.90% | 50.29 22.74% | 51.14 27.05% | 58.07 28.09% | 57.84 21.82% | 57.77 20.28% | 55.97 21.10% | 48.82 17.79% | 46.52 18.51% | 38.84 20.01% | 21.40 14.91% |
| Févr | 15.60 14.25% | 15.59 16.68% | 16.57 19.81% | 17.64 22.35% | 18.16 23.75% | 20.36 24.76% | 42.32 35.49% | 57.87 32.07% | 59.19 22.22% | 55.36 21.85% | 47.66 17.84% | 51.52 19.63% | 40.43 18.30% | 30.62 14.24% | 26.36 13.26% | 25.35 15.67% | 29.34 17.79% | 37.42 18.33% | 46.22 19.56% | 39.74 16.02% | 31.66 12.97% | 29.92 13.75% | 28.04 16.26% | 17.21 12.45% |
| Mars | 11.49 10.72% | 11.87 13.05% | 11.52 14.40% | 11.92 15.81% | 12.23 16.62% | 13.21 17.36% | 38.63 32.49% | 43.11 25.12% | 37.74 15.27% | 26.37 12.63% | 20.49 9.42% | 22.02 11.36% | 16.79 8.53% | 15.04 7.41% | 13.50 7.36% | 12.38 8.18% | 12.43 8.77% | 12.90 7.98% | 20.85 10.41% | 23.47 10.48% | 20.95 9.10% | 17.13 8.35% | 13.56 8.28% | 11.03 8.81% |
| Avr | 10.24 9.46% | 10.45 11.86% | 10.24 12.80% | 10.58 14.32% | 10.75 14.60% | 11.99 15.77% | 23.85 22.89% | 31.61 24.43% | 27.26 11.65% | 21.03 10.03% | 17.63 8.48% | 17.56 9.81% | 14.73 7.14% | 13.23 6.79% | 10.86 7.03% | 10.00 7.31% | 11.00 7.90% | 10.69 7.83% | 12.55 8.45% | 15.56 9.99% | 18.38 9.04% | 14.03 6.81% | 11.54 6.81% | 10.35 7.75% |
| Mai | 8.71 8.21% | 8.77 9.49% | 8.59 10.54% | 8.70 11.29% | 8.71 11.39% | 9.88 12.45% | 13.46 13.38% | 12.66 9.37% | 11.32 5.31% | 11.66 6.36% | 14.14 6.89% | 12.37 6.93% | 11.26 6.14% | 11.19 5.64% | 9.75 6.41% | 9.63 6.35% | 9.84 7.45% | 10.00 7.17% | 10.92 6.75% | 12.05 7.20% | 11.39 5.75% | 10.20 5.00% | 10.76 6.21% | 8.84 6.76% |
| Juin | 8.49 7.80% | 8.41 9.00% | 8.35 9.55% | 8.49 9.96% | 8.44 10.25% | 8.68 10.11% | 9.18 9.69% | 10.16 6.71% | 9.61 5.01% | 10.42 5.94% | 12.03 6.90% | 11.09 6.02% | 9.86 5.55% | 10.84 5.68% | 9.89 6.05% | 9.15 6.15% | 9.10 6.84% | 9.18 6.48% | 10.60 6.36% | 10.70 5.87% | 10.12 4.82% | 9.68 4.75% | 10.03 5.97% | 8.88 6.37% |
| Juil | 8.59 7.78% | 8.48 8.38% | 8.35 9.29% | 8.41 9.77% | 8.38 9.62% | 8.70 10.05% | 9.24 8.92% | 9.58 7.71% | 9.15 6.14% | 9.78 6.23% | 10.58 6.27% | 10.70 6.61% | 10.78 5.81% | 11.08 5.37% | 11.12 7.37% | 9.48 6.85% | 9.23 6.65% | 9.95 7.02% | 10.08 7.27% | 10.82 6.67% | 10.26 6.06% | 9.45 5.47% | 9.59 5.69% | 8.95 6.77% |
| Août | 8.64 7.68% | 8.47 8.47% | 8.39 9.31% | 8.50 9.84% | 8.52 10.11% | 8.64 10.19% | 8.84 9.12% | 9.41 7.22% | 9.68 6.86% | 10.27 5.96% | 11.74 6.53% | 10.57 5.90% | 10.71 6.26% | 10.57 5.65% | 9.13 5.89% | 8.84 6.12% | 8.68 6.20% | 9.35 5.98% | 9.72 5.94% | 10.27 5.62% | 9.93 5.40% | 9.27 5.06% | 9.34 5.80% | 8.98 6.74% |
| Sept | 9.71 9.43% | 9.75 10.96% | 9.76 11.99% | 10.06 12.62% | 9.69 12.34% | 10.75 13.09% | 11.94 11.17% | 16.44 9.16% | 13.47 6.15% | 11.51 6.46% | 13.18 6.60% | 11.71 6.57% | 13.02 6.73% | 12.94 6.27% | 10.23 6.11% | 10.68 7.90% | 9.35 7.07% | 10.33 6.53% | 13.37 7.08% | 13.59 6.74% | 13.24 5.14% | 10.71 4.63% | 11.33 6.29% | 10.03 7.63% |
| Oct | 14.61 13.42% | 15.06 15.56% | 14.88 17.03% | 14.84 17.89% | 15.47 18.83% | 15.79 18.53% | 26.05 21.34% | 31.44 16.89% | 30.63 12.10% | 28.93 12.97% | 25.42 12.43% | 21.01 10.92% | 21.81 11.51% | 18.68 8.59% | 15.08 8.43% | 15.61 9.85% | 15.68 10.12% | 18.76 10.13% | 21.59 10.05% | 27.37 10.71% | 22.68 8.30% | 18.42 8.10% | 16.93 9.68% | 15.56 11.83% |
| Nov | 18.70 17.10% | 19.51 20.27% | 19.98 22.68% | 20.42 24.48% | 22.78 27.20% | 26.34 28.60% | 45.54 34.79% | 52.99 26.31% | 59.00 21.30% | 56.37 21.42% | 53.22 19.79% | 50.89 20.71% | 43.07 17.88% | 41.85 17.06% | 39.31 17.46% | 42.70 21.72% | 46.89 23.25% | 46.94 18.91% | 47.55 17.25% | 42.84 15.97% | 39.27 14.58% | 36.42 15.44% | 33.10 17.61% | 18.61 14.36% |
| Déc | 17.53 14.95% | 19.17 18.55% | 21.69 23.98% | 22.34 25.08% | 19.95 24.19% | 24.37 28.25% | 51.95 38.07% | 58.16 30.52% | 56.91 20.55% | 54.60 21.80% | 51.53 22.52% | 56.23 20.75% | 49.20 18.85% | 43.07 17.16% | 38.98 16.68% | 40.60 19.59% | 53.24 24.78% | 50.23 21.86% | 51.32 19.21% | 46.33 17.82% | 41.06 16.51% | 40.75 17.46% | 32.18 17.09% | 18.29 13.43% |

Consommation horaire (en Wh/h) et part de cette consommation dans la charge globale