Commission des Communautés Européennes

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

CABINET CONSEIL OLIVIER SIDLER
Ingénierie énergétique
FRANCE - 26160 FELINES S/RIMANDOULE
TEL & FAX : (33) 75.90.18.54

ETUDE EXPERIMENTALE DES APPAREILS ELECTROMENAGERS A HAUTE EFFICACITE ENERGETIQUE PLACES EN SITUATION REELLE

PROJET *ECODROME*

PROGRAMME SAVE

CONTRAT N° 4.1031/S/94-093

RAPPORT INTERMEDIAIRE

Juillet 1996

Opération réalisée en partenariat avec l'ADEME, TEM Electroménager, EDF, AEG, OSRAM

TABLE DES MATIERES

1 - LE CONTEXTE GENERAL 3

2 - RAPPEL DES OBJECTIFS POURSUIVIS ET DES CARACTERISTIQUES DE L'OPERATION 7
2.1 Les partenaires financiers 7
2.2 Les objectifs 8
2.3 Le système de mesures DIACE 9
2.4 Selection des logements 10
2.5 Organisation de la campagne de mesures 11
2.6 Le traitement informatique des données 12

3 - ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX 13
3.1 Modifications méthodologiques 13
3.1.1 Durée des campagnes de mesures 13
3.1.2 Nouvel échéancier 13
3.1.3 Etat actuel d'avancement des travaux 13
3.2 Les changements de matériels 14
3.3 Les conseils aux locataires 17

4 - LES PREMIERS RESULTATS 19
4.1 Consommation d'électricité annuelle des logements 19
4.2 Structure de la consommation des logements 21
4.2.1 Structure de la consommation de chaque logement 21
4.2.2 Structure de la consommation pour un utilisateur possédant tous les usages 24
4.2.3 Structure de la consommation de l'échantillon vue du réseau 25
4.3 Consommation annuelle des différents appareils 26
4.3.1 Les réfrigérateurs et réfrigérateurs-congélateurs 26
4.3.2 Les congélateurs 28
4.3.3 Les lave-linge 30
4.3.4 Les lave-vaisselle 31
4.3.5 Les sèche-linge 33
4.3.6 Les téléviseurs 34
4.3.7 L'éclairage 36
4.3.7.1 Eclairage général 36
4.3.7.2 Caractéristiques des ampoules en place 38
4.3.7.3 Eclairage halogène 39
4.2.8 L'alimentation électrique des chaudières murales 41
4.2.8.1 Généralités 41
4.2.8.2 Consommation annuelle des chaudières murales 43

4.2.9 La ventilation mécanique contrôlée (VMC) 45

5 - LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS **47**
5.1 Résultats comparés des différentes campagnes de mesures européennes 47
5.2 Intérêts des habitants pour cette première campagne de mesures 50

ANNEXES
Annexe 1 : Liste des conseils d'utilisation donnés aux usagers 52
Annexe 2 : Bilans de consommation individuels des logements 56

CHAPITRE 1 : LE CONTEXTE GENERAL

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 et les rejets de toutes sortes, CO2, SO2 ou Nox 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 d'impayés.

Allonger cette liste n'est pas utile. Depuis quelques années tous les gouvernements qui se sont succédé 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 n'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 emprisonné 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 récente[1], 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 refaits 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'appareils, 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 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.

[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

☛ 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 acquiert une sorte de « culture énergétique » qui deviendrait le moteur raisonné de ses choix, un peu à la manière anglo-saxonne.

CHAPITRE 2 : RAPPEL DES OBJECTIFS POURSUIVIS ET DES CARACTERISTIQUES DE L'OPERATION

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 Conseil Olivier SIDLER (Ingénierie énergétique) un audit de ses cents 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. 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 représente 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 Conseil Olivier SIDLER à proposer à la Commission des Communautés Européennes, 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**,
- ☛ **TEM Electroménager** (constructeur de matériels électroménagers)
- ☛ **AEG** (constructeur de matériels électroménagers),
- ☛ le producteur/distributeur d'électricité **EDF**,
- ☛ **OSRAM** (éclairage).

Depuis, deux autres partenaires industriels nous ont rejoints : **Liebherr** et **Arthur Martin** (Groupe Electrolux).

Enfin , **Rhônalpénergie** a accepté dès l'origine du projet de contribuer au financement de la diffusion des travaux et des résultats.

Cette équipe très homogène s'est révélé présenter des compétences très 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 sont assurés par le **Cabinet Conseil 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 appareils. 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 95 logements ont été suivi pendant un mois. Ceci a offert une première approche très intéressante précisant 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 (95 unités). Pour certains usages (éclairage, chaudières), seules les mesures sur un an peuvent fournir des données fiables,
- la consommation du poste éclairage n'a pas du tout pu être abordée car elle nécessitait une approche expérimentale plus compliquée et supposant l'intervention d'un électricien. Certains usages n'était pas du tout abordé (comme la ventilation mécanique contrôlée),
- 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 aux questions qui précèdent. L'expérimentation se propose pour cela de suivre la consommation d'énergie des principaux appareils électroménagers de vingt logements pendant un an, circuits d'éclairage inclus. Après cette période d'un an, tous les appareils en place, ainsi que les ampoules classiques, ont été retirés. On leur a substitué des matériels parmi les plus performants sur le marché européen actuellement. Les mesures seront alors à nouveau conduites pendant un an avec ces nouveaux matériels.

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. On disposera ainsi d'une base de données concernant aussi bien les appareils traditionnels que les appareils performants. On connaîtra les modes d'utilisation, les niveaux de consommations de ces deux types d'appareils en situation réelle d'utilisation.

- la seconde année les lave-vaisselle performants seront munis pendant six mois d'une alimentation eau froide, puis pendant les six derniers mois d'une alimentation eau chaude. On mesurera la quantité d'énergie thermique non électrique substituée à l'électricité dans cette dernière configuration.

- mesurer la quantité d'énergie supplémentaire qu'a dû 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 (puisqu'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 éléments permettraient alors de déterminer avec précision les économies d'électricité induites par la mise en place d'appareils électroménagers à haute efficacité et la quantité supplémentaire d'énergie thermique d'origine non électrique qu'il faudrait mobiliser pour arriver à ce résultat. Ces données sont essentielles pour bâtir des stratégies réalistes prenant correctement en compte les flux d'énergie électrique économisée, les flux d'énergie thermique supplémentaire 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 sera d'un intérêt certain pour les fabricants qui pourront ainsi orienter plus précisément l'axe des améliorations futures à apporter.

2 - 3 LE SYSTEME DE MESURES DIACE

Développé par la société Landis et Gyr 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 reste nécessaire pour être certain que tout s'est déroulé normalement.

- il effectue non seulement la mesure de la consommation d'énergie et de la tension, mais aussi celle de la puissance appelée.

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.

2 - 4 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 le long de 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.
- présence d'au moins 3 ou 4 personnes afin de disposer d'un nombre suffisant d'appareils à observer,
- 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.

2 - 5 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 10 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.

Chaque prise fournit toutes les dix minutes une mesure de la tension, de l'énergie et de la puissance, celle-ci étant calculée à partir de la consommation d'énergie observée sur les dix secondes précédant l'interrogation de la prise compteuse. 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 éventuelles de température dans les logements d'un hiver à l'autre afin de faire une correction sur la consommation de chauffage dans les bilans qui permettront de déterminer le transfert énergétique (moins d'électricité, plus de gaz) dû à l'adoption des appareils performants.

Comme il a déjà été indiqué, la durée totale du suivi est de deux ans. La première année permet d'étudier les appareils existants dans les logements. La seconde année est consacrée à l'analyse des matériels performants et permet d'évaluer les gains et les transferts énergétiques induits.

2 - 6 LE TRAITEMENT INFORMATIQUE DES DONNEES

Le traitement des données pose des difficultés importantes liées à la masse d'informations collectées. Ce ne sont pas moins de **quarante neuf millions de mesures** qui auront été faites à la fin de l'expérience. Pour que ces mesures puissent être manipulées facilement il fallait construire une vraie base de données relationnelle, seul outil capable de gérer dans des temps acceptables les nombreuses requêtes nécessaires aux analyses. Il a fallu pour cela commencer par créer un outil informatique, GEDCADE, dont le rôle était de permettre le remplissage de la base de données à partir des millions d'enregistrements dont on disposait, tout en respectant l'architecture de cette base. Ceci a mobilisé un ingénieur informaticien pendant près de cinq mois. Après quoi il a fallu encore instruire la base de données, ce qui est en cours et prendra encore plusieurs semaines, compte tenu des nombreux contrôles à effectuer.

La base complètement renseignée aura un volume d'environ **800 mega-octets**, et lorsqu'on ajoutera les requêtes et les documents d'analyse, ce volume dépassera les **1000 mega-octets.**

Par précaution on a construit deux tables différentes dans la base, l'une très lourde avec tous les enregistrements à dix minutes, et l'autre avec seulement les totaux horaires de l'énergie. L'intérêt était de gagner du temps lors du traitement. En effet la plupart des analyses de consommation ne nécessitent pas les mesures à dix minutes et peuvent parfaitement être réalisées avec le pas de temps de l'heure. En revanche toutes les analyses de cycles ou de puissances nécessitent le pas de temps à dix minutes.

Il faut signaler une particularité du traitement des données qui pourra expliquer certaines anomalies apparentes dans les résultats. Lors de la collecte des mesures entre le concentrateur et les prises compteuses il arrive parfois que l'information ne puisse pas parvenir au concentrateur, généralement parce que la prise ne peut répondre à la suite de perturbations électriques qui gênent le fonctionnement par courants porteurs. Le fichier comporte alors des codes d'erreur qu'il faut évidemment éliminer de la base de données. Comme on dispose néanmoins du cumul des consommations puisque la prise, même si elle n'a pas transmis ses données, a continué de compter, on reconstitue tous les enregistrements manquants par une valeur égale au cumul divisé par le nombre d'enregistrements manquants.

Cette disposition permet de faire des bilans de consommation complets et sans difficultés puisque le total n'est pas affecté par cette reconstitution des enregistrements. En revanche, il n'est pas possible de faire des analyses horaires par exemple, ou l'étude de cycles, avec ces valeurs reconstituées. C'est la raison pour laquelle elles sont repérées dans la base de données ce qui permet de ne pas les prendre en compte lors de certaines analyses.

A l'heure actuelle, la base de données regroupant les mesures de la première année n'est pas encore exploitable, tous les fichiers n'ayant pas encore été entrés. Toutefois, des résultats pourront quand même être présentés dans ce qui suit car l'ensemble des index des prises compteuses a pu être relevé manuellement sur chaque site à la fin de la première année. Ces index sont identiques à ceux de n'importe quel compteur. Ils permettent donc de connaître les consommations annuelles de chaque appareil.

CHAPITRE 3 : ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

3 - 1 MODIFICATIONS METHODOLOGIQUES

3-1-1 Durée des campagnes de mesures

Dans la proposition faite à la Communauté Européenne, il était prévu de choisir les 20 logements à instrumenter parmi 32 logements qui avaient déjà servi à une étude des consommations deux ans plus tôt et qui avaient été présélectionnés. Malheureusement, sur ces 32 locataires, seuls deux ont accepté l'expérience. Il a donc fallu trouver d'autres familles (voir § 2.4), ce qui a pris du temps compte tenu des critères de sélection contraignant qui étaient retenus.

Mais la méthodologie était elle-même remise en cause par ce changement. La proposition initiale prévoyait en effet de suivre les logements avec le matériel existant pendant seulement 3,5 mois compte tenu de la connaissance que l'on avait des équipements (suite à l'étude effectuée deux ans plus tôt). En revanche, on ne disposait d'aucune donnée particulière pour les nouveaux logements sélectionnés, si bien qu'il a paru scientifiquement plus sérieux d'entreprendre des campagnes non pas de trois mois et demie mais d'une année complète avec les matériels existants. En outre, cette disposition permettait d'accéder à des informations très intéressantes, notamment sur les variations intersaisonnières de consommation (éclairage, sèche-linge, etc.). Elle a donc été adoptée malgré le retard qu'elle conférait au projet car elle nous a semblé apporter une bien meilleure assise scientifique aux résultats.

3-1-2 Nouvel échéancier

Compte tenu de ce qui vient d'être évoqué, l'échéancier général du projet devra être recalé en prenant en compte un retard général d'environ six mois. En effet , malgré le retard de près de neuf mois induit par l'allongement de la période de mesures, nous pensons pouvoir réduire à six mois le retard global grâce à une bonne maîtrise de l'opération et de ses différentes phases techniques.

3-1-3 Etat actuel d'avancement des travaux

A l'heure actuelle (juillet 1996), la première année de mesures est terminée et les relevés de comptage sont en cours de stockage dans la base de données.

Le changement des matériels a été effectué à la fin du mois de juin. Tous les matériels performants et toutes les ampoules économes sont désormais en place et la seconde année de mesures a débuté il y a environ un mois. Des conseils pour une utilisation économe et rationnelle des appareils ont été fournis aux locataires de façon individuelle.

Comme il a été précisé au § 2.6, à la fin de la première année de mesures l'index des compteurs de chaque prise a été relevé, ce qui a permis de faire des bilans de consommation globaux sur une année, sans l'usage de la base de données qui n'est pas encore opérationnelle et qui permettra d'accéder à beaucoup plus d'informations.

3 - 2 LES CHANGEMENTS DE MATERIELS

L'amélioration de la consommation électrique des locataires s'appuie sur plusieurs mesures :

☛ remplacement des matériels électroménagers existants par des appareils choisis parmi les plus performants d'Europe.

☛ modification de certaines dispositions très consommatrices d'électricité : asservissement des pompes de chauffage, suppression des éclairages halogènes, etc.

☛ diffusion de conseils d'utilisation aux usagers (voir § 3.3).

Seuls les téléviseurs suivis la première année n'ont pas été changés car les modèles en vente aujourd'hui sont plutôt plus consommateurs que ceux existant il y a cinq ans. Ils possèdent en effet de nombreux dispositifs périphériques assez consommateurs.

La logistique de cette opération a été assez lourde. Au total ce ne sont pas moins de 74 appareils qui ont été changés. Nous avons été aidés dans ce travail par **France Electro-Service** mis à notre disposition par notre partenaire **TEM Electroménager**. Grâce à quoi nous avons pu mettre en service beaucoup plus facilement tous les appareils et surtout donner aux usagers toutes les informations nécessaires au fonctionnement des machines.

Tous les matériels changés ont été choisis parmi les plus performants d'Europe :

■ Les réfrigérateurs et réfrigérateurs-congélateurs

Tous les appareils sélectionnés sont de classe énergétique A. C'est certainement sur ce poste que les économies les plus importantes seront accomplies.

Il faut signaler que les deux constructeurs danois contactés (Gram et Vestfrost) ont refusé de participer à ce projet en mettant à notre disposition des appareils. Ceux que nous avons acquis ont dû être payés (matériels Gram). A signaler que le fameux Gram Ler 200 n'existe plus. Il a été retiré de la fabrication par Gram qui lui substitue un autre modèle consommant 40 % de plus que le précédent mais qui reste en classe A (l'indice d'efficacité énergétique passe de 0,35 à 0,49).

■ Les congélateurs

Il faut distinguer les congélateurs coffres et les congélateurs armoires. Pour les premiers, le marché comportent de nombreux modèles de classe A. Nous n'avons donc pas eu de difficultés pour trouver des matériels très performants. Tous les appareils installés sont de classe énergétique A.

En revanche il semble que seul Vestfrost en Europe possède un modèle de congélateur armoire de classe énergétique A. Comme ce constructeur n'a pas voulu s'associer au projet, nous ne disposons en définitive que de matériel de classe B pour les congélateurs armoires, ce qui reste malgré tout les meilleurs matériels en Europe, exception faite du modèle Vestfrost.

■ Les lave-linge

La principale économie sur les lave-linge sera due à la réduction des volumes d'eau utilisés. Mais les machines installées permettent également un ajustement des quantités d'eau mise en oeuvre grâce à une pesée du linge en début d'opération. On peut donc s'attendre à une double source d'économie.

■ Les lave-vaisselle

Pour ces appareils l'économie viendra aussi de la réduction des volumes d'eau nécessaires.

Pendant les six premiers mois de la seconde année, les lave-vaisselle seront, comme auparavant, raccordés à l'alimentation eau froide. Puis les six derniers mois cette alimentation sera modifiée afin d'être assurée par de l'eau chaude. Un compteur de chaleur sera placé sur l'arrivée d'eau chaude. On pourra ainsi, par comparaison avec les périodes analogues de l'année de référence, faire les bilans énergétiques complets avec les deux systèmes d'alimentation et ainsi déterminer si l'un des deux est meilleur.

■ L'éclairage

Ce secteur est un de ceux où la réduction de consommation sera la plus importante. Mais il faut distinguer deux types d'éclairage :

☛ *l'éclairage par lampes à incandescence*

Toutes les lampes à incandescence ont été remplacées par des ampoules fluo-compactes ayant au moins la même puissance lumineuse. Ce choix peut se discuter et on peut se demander s'il était raisonnable de remplacer toutes les ampoules, quelle que soit leur durée annuelle de fonctionnement. Mais l'objet de cette expérimentation est de juger de l'impact physique des économies d'électricité potentiellement réalisables aujourd'hui, sans tenir compte des conditions économiques actuelles qui ne sont que le reflet d'un marché pour l'instant très peu actif. Ces conditions peuvent changer très vite avec l'intérêt que particuliers et pouvoirs publics pourraient porter demain aux matériels performants.

Il faut encore signaler que tous les éclairages néon et les tubes fluo (notamment en cuisine et en salle de bains) n'ont pas été changés, pas plus que quelques ampoules à incandescence placées dans des luminaires ou des appliques rendant impossible la pose des ampoules fluo-compactes. **Notons à ce sujet qu'il reste beaucoup d'efforts à effectuer de la part des constructeurs de luminaires pour faire en sorte que les lampes fluo-compactes puissent pénétrer dans tous les types d'appareils. Dans de très nombreux cas nous n'avons pas pu remettre le couvercle des appareils lumineux, et c'est grâce à la gentillesse des habitants que nous avons pu laisser l'installation en l'état « pour la bonne cause de l'expérimentation** ».

☛ *l'éclairage par lampes halogènes*

A la fin de la première année de mesures un certain nombre de conseils ont été prodigués aux locataires (voir § 3.3). Des graphiques leur permettaient de voir la part de la consommation de chaque appareil dans le bilan électrique annuel. Tous ceux qui utilisaient fréquemment l'éclairage halogène furent surpris de découvrir la part très importante de ce dispositif dans la facture globale. Spontanément, sans que nous soyons intervenus, ces locataires ont manifesté le désir de remplacer cet éclairage par un autre système moins consommateur. Dans une famille, ce choix a même été fait peu de temps avant le changement

de matériels, à partir d'une initiative toute personnelle de l'occupant qui a remplacé son halogène par une lampe de...40 W au motif que cela dépensait trop d'électricité. Dans d'autres familles les halogènes ont été remplacés par plusieurs ampoules fluo-compactes fournissant sensiblement la même lumière.

Ce comportement est intéressant. Il semble montrer que les gens sont préoccupés par la consommation de leurs appareils, qu'ils tiennent compte des remarques qui leur sont faites et qu'ils sont prêts à se passer de dispositifs qu'ils jugent trop consommateurs même si ceux-ci sont à la mode.

■ Les sèche-linge

Il y a *a priori* peu à gagner sur les sèche-linge puisqu'il s'agit toujours de faire fonctionner une résistance chauffante pour évaporer de l'eau.

Mais à la réflexion deux pistes nous ont semblé dignes d'intérêt :

- fournir aux utilisateurs de sèche-linge des lave-linge dont la vitesse d'essorage est la plus élevée possible. Les machines choisies peuvent tourner à 1300 t/min. De la sorte, la quantité d'eau à évaporer pourra être réduite jusqu'à 30 % si la machine d'origine n'essorait qu'à 400 t/min.

- remplacer les sèche-linge existant par des appareils récents comportant une régulation automatique permettant d'arrêter le fonctionnement de l'appareil dès que le degré hygrométrique de l'air extrait atteint un certain seuil. Cette disposition simple permettra de limiter le gaspillage actuel puisque toutes les machines en place ne disposent que de programmateurs à minuterie qui n'ont pas pour vocation d'optimiser l'arrêt de l'appareil.

■ L'alimentation électrique des chaudières murales

Nous avons déjà mis en évidence (voir rapport final contrat SAVE n°4.1031/93.58 de l'opération CIEL) le rôle essentiel du câblage électrique des chaudières dans leur niveau de consommation électrique. Dans la grande majorité des cas, ce câblage n'est pas fait de façon correcte et le circulateur de la chaudière fonctionne 24h/24 induisant des consommations exorbitantes et inutiles.

Grâce au soutien actif du Maître d'Ouvrage des logements (l'ODH 26), nous avons pu faire modifier dans tous les logements où c'était possible, le câblage électrique de la chaudière. Sur les chaudières les plus anciennes (environ 15 ans) il n'y a parfois rien à faire car la conception de la chaudière ne permet pas les modifications de câblage. En revanche sur les chaudières récentes, toutes les possibilités sont offertes pour les modifications. Remarquons néanmoins que si les chaudières sont mal raccordées aujourd'hui c'est essentiellement parce que les installateurs ne sont pas sensibilisés et pas informés.

■ L'alimentation électrique des périphériques de la T.V.

L'étude déjà évoquée plus haut a aussi mis en évidence l'importance des consommations « de veille » des principaux appareils associés au téléviseur : le téléviseur lui-même (jusqu'à 20 W), mais aussi le magnétoscope (15 à 20 W), le décodeur Canal Plus (8 à 10 W), les démodulateurs d'antenne satellite (environ 15 W), les amplificateurs d'antenne individuelle (2 W). Nous avons donc examiné cas par cas ces problèmes avec chaque locataire. La plupart du temps le magnétoscope n'est pas utilisé de façon programmée. Il est donc sans inconvénients de le débrancher, ce que chacun a accepté (du moins en théorie). Lorsque des décodeurs étaient utilisés nous avons proposé de brancher tous les appareils sur un bloc prises avec interrupteur, de façon à pouvoir couper toutes les alimentations en dehors des périodes d'utilisation.

L'ensemble de ces dispositions est assez simple mais nécessite une certaine rigueur d'utilisation de la part de l'occupant : rien ne sert d'avoir des interrupteurs s'ils ne sont pas utilisés...L'expérience montrera dans quelle mesure les usagers sont capables de s'astreindre à cette discipline.

3 - 3 LES CONSEILS AUX LOCATAIRES

Au moment des changements de matériels nous nous sommes entretenus avec tous les locataires. Ces entretiens ont en moyenne duré une heure. Dans un premier il leur a été remis des documents sur les consommations que nous avions observées dans leur logement pendant l'année écoulée.

Ces documents comportaient d'abord un diagramme de répartition des différents postes de consommation, accompagné de la mesure de la consommation totale. La figure 3.1 donne un exemple de ce diagramme.

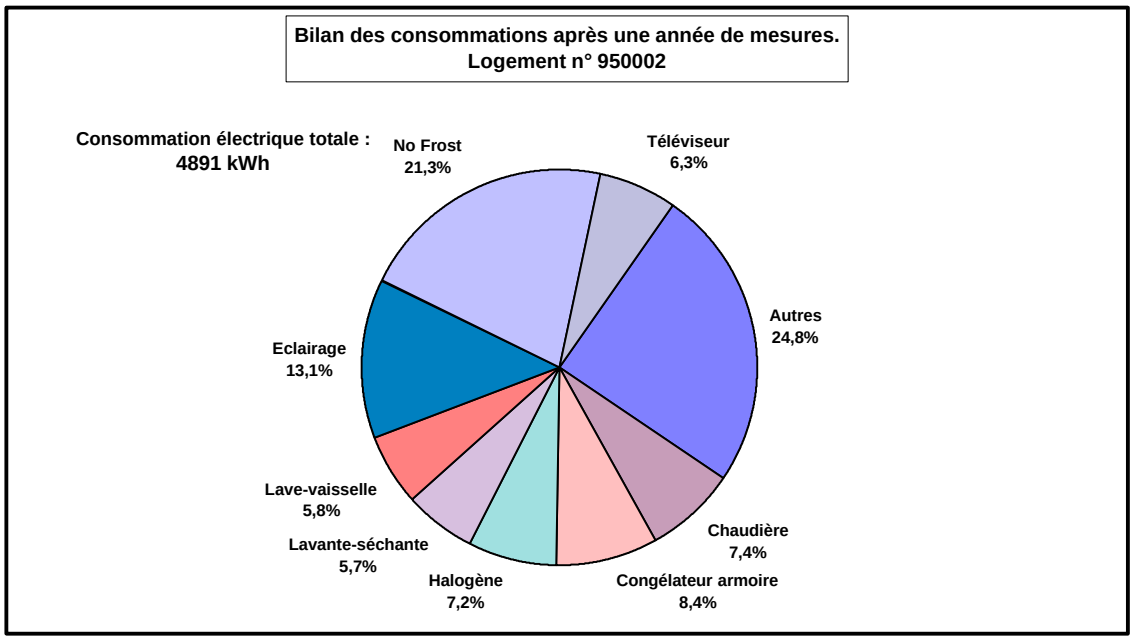


Figure 3.1 : exemple de bilan de consommation remis à chaque locataire

Les usagers ont été très intéressés et très surpris par les résultats présentés. D'une façon générale on a mis en évidence de façon assez systématique :

- la part prépondérante du poste froid,
- le rôle de l'éclairage qui arrive souvent en seconde position après le poste froid,
- la part des auxiliaires comme l'alimentation électrique des chaudières et celle de la ventilation mécanique contrôlée.

Afin de sensibiliser encore mieux les usagers, on a fourni à chacun d'eux un diagramme présentant le coût de chaque poste de consommation exprimé en francs par an. Un exemple est donné par la figure 3.2.

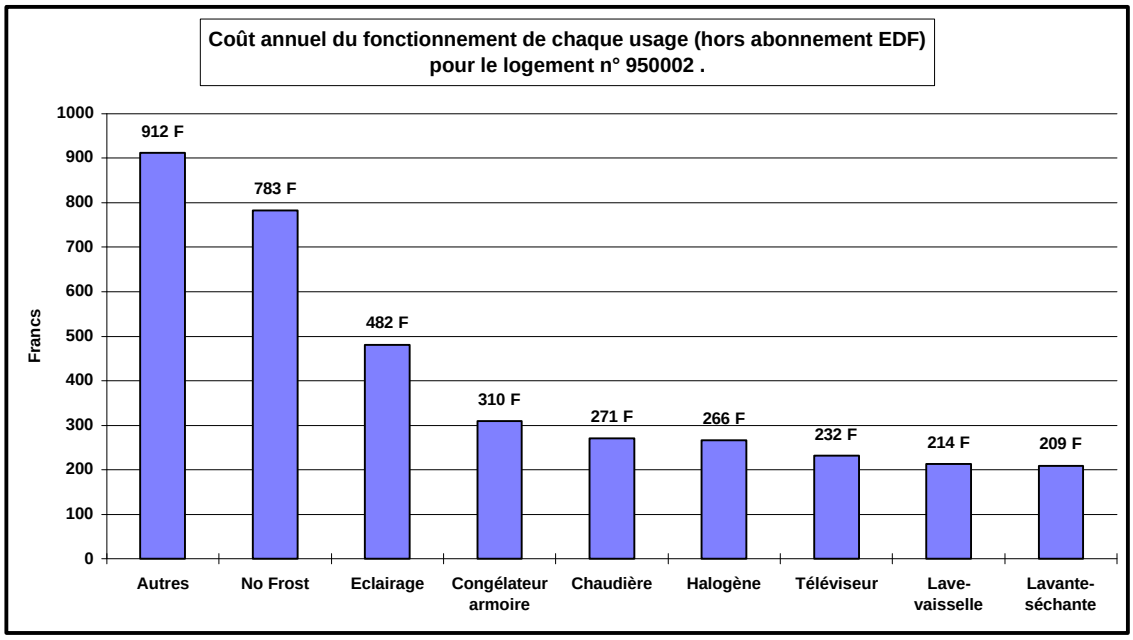


Figure 3.2 : bilan des dépenses occasionnées par la consommation électroménagère (exemple de document remis aux usagers)

Dans un second temps nous avons commenté aux locataires une liste de conseils destinés à économiser l'électricité grâce à une modification de leur comportement. Cette liste figure en annexe 1.

C'est à la suite de cet entretien que le problème de l'éclairage halogène évoqué au § précédent était abordé par les locataires. Nous n'avons jamais cherché à les influencer, les laissant seuls juges des choix qu'ils ont faits, nous bornant à rester à leur disposition pour toute précision qu'ils jugeaient utiles.

Il faut relever le grand intérêt des locataires pour les résultats que nous leur avons présentés. Ceci constitue une surprise, tant est répandue l'idée que les français ne sont pas concernés par les économies d'électricité. Depuis que nous leur avons signalé l'existence de l'étiquette énergétique, ils la recherchent systématiquement, surpris d'ailleurs de ne pas la trouver chez certains grands distributeurs en infraction...

CHAPITRE 4 : LES PREMIERS RESULTATS

Comme il a été signalé précédemment, la base de données concernant la première année de mesures n'est pas encore exploitable. Elle est en cours de constitution et comportera environ 400 Mo de données lorsqu'elle sera complète.

Néanmoins, le relevé d'index des prises compteuses que nous avons effectué manuellement sur chaque site à la fin de la première année nous a permis de connaître la consommation annuelle de l'ensemble des appareils. En même temps, nous avons relevé les compteurs EdF de chaque logement, ce qui nous a permis de connaître la consommation annuelle d'électricité.

C'est à partir de ces éléments qu'ont été établies les analyses qui vont suivre. Il est bien évident qu'elles ne possèdent pas la richesse des travaux qui pourront être menés avec l'ensemble des données au pas de temps de dix minutes. Mais elles permettent déjà de mettre en évidence certains phénomènes très intéressants.

4 - 1 CONSOMMATION D'ELECTRICITE ANNUELLE DES LOGEMENTS

La figure 4.1 donne la consommation annuelle électrique totale des logements du panel étudié. Rappelons qu'il s'agit, à très peu de chose près, de la consommation d'électricité à usage spécifique. En effet à l'exception de deux ou trois logements qui utilisent marginalement un peu d'électricité pour la cuisine, un appoint chauffage en salle de bains et

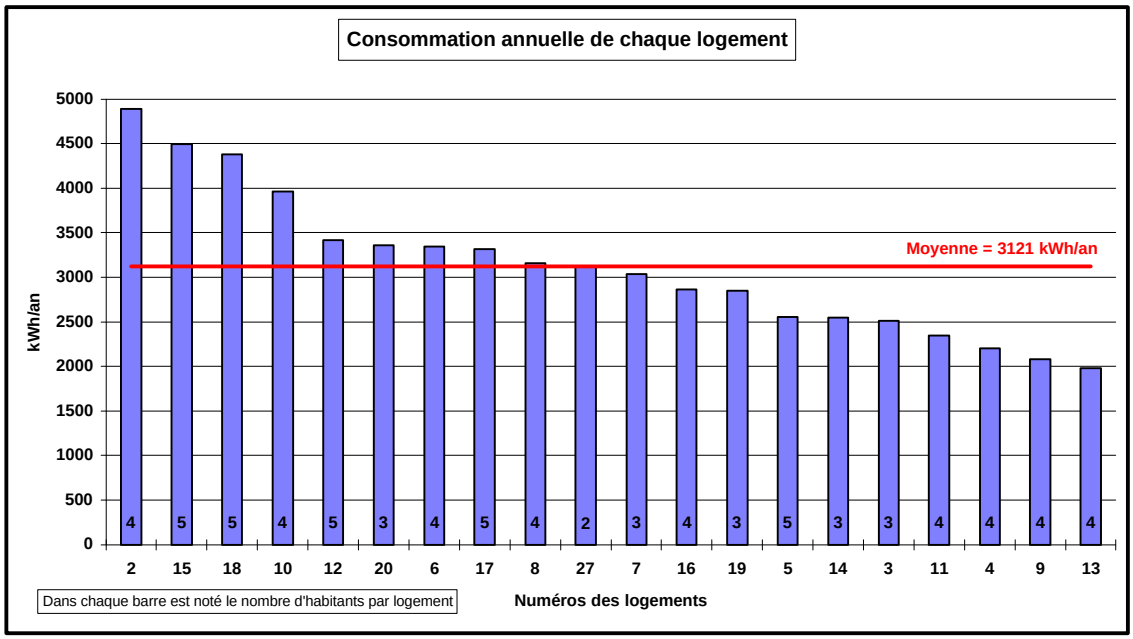


Figure 4.1 : Consommation annuelle d'électricité des différents logements du panel

un aquarium, tous les autres logements utilisent l'électricité uniquement à des usages spécifiques.

La consommation annuelle moyenne de ces usages spécifiques est de 3121 kWh/an, ce qui est un peu supérieur à la moyenne nationale mais s'explique par le fait que le nombre de personnes par logement est en moyenne de 3.9, valeur elle-même supérieure à la valeur nationale.

La figure 4.2 représente la consommation annuelle par an et par personne pour chaque logement. La plage de variation est de 1 à 3 mais la taille des familles va de 2 à 5 personnes par foyer, ce qui est un facteur explicatif important.

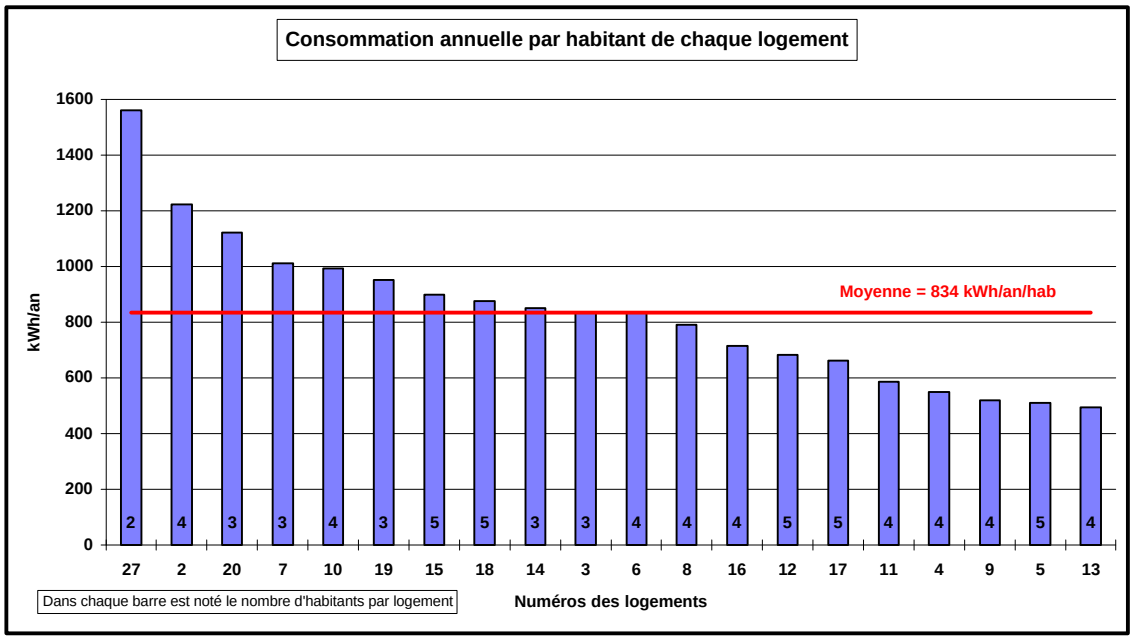


Figure 4.2 : Consommation annuelle par habitant et par an pour chaque logement du panel

Il est intéressant de remarquer que cette consommation semble évoluer par paliers, un premier palier se situant autour de 500 kWh/hab/an et un second autour de 850 kWh/hab/an.

En moyenne, la consommation annuelle par an et par habitant est de 834 kWh. Mais il est plus intéressant, comme le fait la figure 4.3, de représenter la valeur moyenne de la consommation annuelle par personne en fonction du nombre de personnes dans la famille.

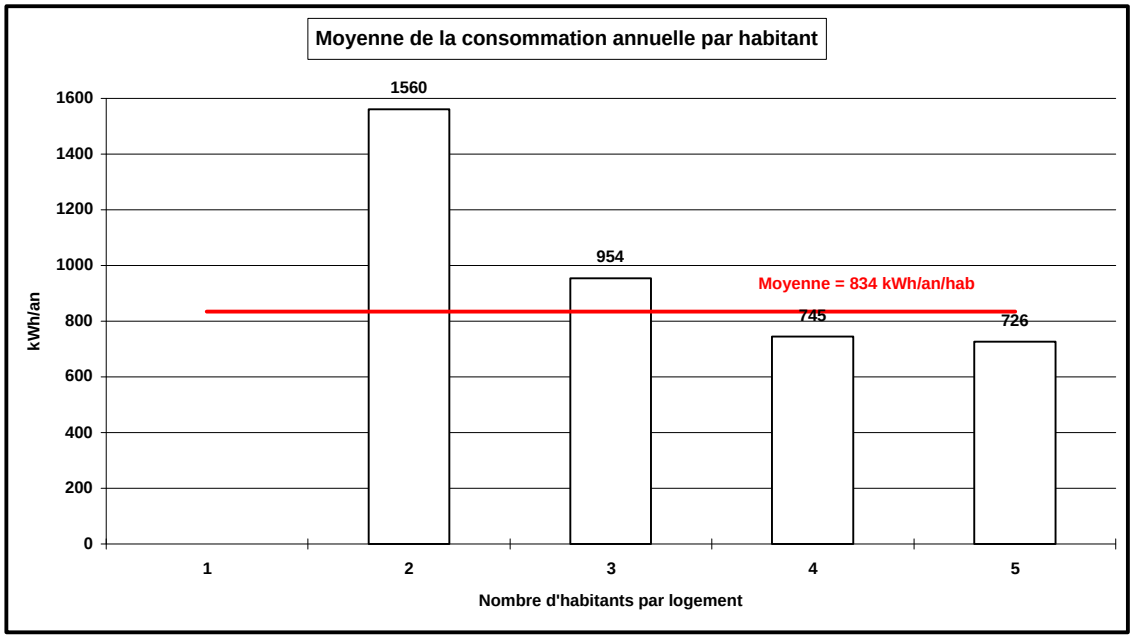


Figure 4.3 : consommation annuelle moyenne par personne en fonction du nombre de personnes dans la famille

Il semble qu'à partir de 4 personnes la valeur de cette consommation est assez stable.

4 - 2 STRUCTURE DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS

4-2-1 Structure de la consommation de chaque logement

Pour chaque logement a été établi un bilan global sur une année, avec répartition des différents postes de consommation. L'ensemble des documents relatifs à ces bilans individuels figure en annexe 2. On remarque dans ces graphiques la présence d'un poste « autres ». Il regroupe pour chaque logement toutes les consommations qui n'ont pas été mesurées au cours de l'expérimentation. Il s'agit en général des usages divers comme le magnétoscope et tous les auxiliaires de la télévision (décodeurs, amplificateurs d'antenne, etc.), l'aspirateur, le fer à repasser, la cafetière, mais aussi l'éclairage assuré à partir des prises de courant non commandées par les circuits « lumière », ainsi que de façon marginale la cuisson (un peu de plaques électriques, des micro-ondes), voire même dans un cas un appoint chauffage en salle de bains.

L'analyse de ces résultats fait apparaître quelques caractéristiques fortes dont certaines ont déjà été évoquées dans ce qui précède :

☛ la consommation annuelle moyenne des usages spécifiques de l'électricité est, sur les vingt logements de l'échantillon, de **3121 kWh**,

☛ la part prépondérante revient au poste froid dans tous les logements sans exception. La contribution de ce poste varie de 21,3 % à 43,3 %, mais elle est **en moyenne de 31,3 %,** soit pratiquement le tiers de la consommation totale,

☛ le rôle de l'éclairage dans ce bilan : il arrive en second et représente en moyenne 11,3 % de la consommation globale. Or la mesure de la consommation d'éclairage a été effectuée en piégeant les circuits directement au tableau d'abonné. Il s'ensuit que nous n'avons pas pu mesurer la consommation des lampes branchées sur des prises de courant. Or dans certains logements l'éclairage est fait essentiellement par ce moyen et non à partir des luminaires. Afin de fixer les idées, nous avons instrumenté une lampe sur prise de courant. Sa contribution annuelle a été de 1,5 %. **Il est donc probable que la part de l'éclairage dans le bilan global des logements est très proche de 15 %, ce qui renforce sa place de second poste de consommation.**

Notons encore que la contribution moyenne de l'éclairage relevée dans les vingt logements varie de 5,4 % (logement utilisant surtout des lampes sur prises de courant) à 20,3%.

☛ La part de l'éclairage halogène n'a pas manqué de surprendre ceux qui en possédaient un : elle vaut en moyenne de 4,5 % de la consommation du logement. Mais ce type d'éclairage est très diversement utilisé : certains ne connaissent que lui et y recourent abondamment, alors que d'autres semblent s'en méfier et l'utilisent avec parcimonie. Il s'ensuit que la contribution de l'éclairage halogène dans le bilan électrique annuel des logements qui le possèdent varie de 0,2 à 8,5 %. Dans ce dernier cas l'éclairage halogène représente une consommation près de cinq fois supérieure à celle des circuits d'éclairage mesurée par ailleurs. C'est aussi dans ce logement que le locataire a pris la décision peu avant la fin de la première année de mesures de supprimer cette source lumineuse pour la remplacer par une source classique de faible puissance.

☛ L'un des grands enseignements de cette expérimentation est la découverte de la consommation électrique réelle absorbée par l'alimentation des chaudières murales à gaz. En moyenne 9,4 % de la consommation électrique du logement. Personne ne pouvait imaginer que cette alimentation consomme plus d'énergie que les lave-linge, les lave-vaisselle ou les téléviseurs! Dans de très nombreux logements ce poste arrive en seconde position derrière le poste froid. Or si les chaudières à gaz absorbent autant d'électricité c'est tout simplement parce que leur raccordement n'est pas fait correctement et que dans la majorité des cas, la pompe du chauffage tourne 24h/24 au lieu d'être asservie au thermostat d'ambiance. Il y a donc là un important gisement d'économie à exploiter. Nous en voulons pour preuve que dans un logement où la chaudière est correctement raccordée sa contribution n'a été que de 2,8 %, alors qu'*a contrario*, dans un autre logement où elle fonctionne très mal, elle a absorbé 21,3 % de la consommation totale.

☛ Dans un seul logement (n° 950014) nous avons également instrumenté la ventilation mécanique contrôlée. Son fonctionnement a été parfaitement conforme à ce que le fabricant indique dans ses notices techniques : 30 W en marche normale, et en moyenne sur l'année 35 W à cause des régimes de pointe sollicités aux heures des repas. On n'aurait donc pas dû avoir de surprise. Pourtant, le résultat, même prévisible, est surprenant : dans le logement étudié, la ventilation mécanique (qui est une ventilation simple flux tout à fait ordinaire) a absorbé 12,2% de la consommation électrique totale du logement (soit 310 kWh/an).

En schématisant on peut donc dire que la consommation des chaudières et de la ventilation mécanique représente entre 18 et 20 % de la consommation d'électricité spécifique des logements. Or ceci est dû certes au mauvais raccordement des chaudières, mais aussi aux rendements déplorables des aubages de pompes et de ventilateurs (globalement le rendement usuel des petites pompes de chauffage se situe entre 2 et 13 %, celui des ventilateurs étant entre 10 et 15 %). Compte tenu du nombre important de ces appareils, on peut se demander si une recherche ne serait pas nécessaire pour améliorer les performances des aubages. L'enjeu énergétique parait très important.

☛ Le sèche-linge apparaît comme un appareil très consommateur. Mais on constate deux types de comportement, comme pour l'éclairage halogène. Il y a ceux qui ne connaissent que lui, quelles que soient la saison ou les conditions climatiques extérieures. Pour ceux-là la contribution du sèche-linge dans le bilan global est de 15 % et peut représenter jusqu'à deux fois et demie la consommation du lave-linge. Et puis il y a ceux qui utilisent très peu le sèche-linge parcequ'ils s'en méfient. Ainsi une famille ne l'a-t-elle utilisé qu'une seule fois en un an. Globalement, tous types d'usages confondus, le sèche-linge absorbe en moyenne 7,8 % de la consommation électrique des logements qui en disposent.

☛ Il faut évoquer les lave-linge et les lave-vaisselle qui ne représentent finalement pas une part aussi importante que ce que l'on imaginait, entre 8 et 8,5 %. On verra plus loin que leur niveau de consommation n'est pas si élevé que ce que l'on attendait *a priori*, ce qui conduira peut-être à revoir certaines stratégies de Maîtrise de la Demande Electrique.

☛ Quant à la télévision, bien que de plus en plus regardée (environ 7 heures/j pour l'échantillon observé), elle ne représente jamais en moyenne que 7,2 % de la consommation totale des logements. Ceci est dû aux progrès faits dans la consommation des appareils, progrès qui semblent avoir régressé depuis quelques années, notamment avec la croissance des exigences des utilisateurs (Dolby stéréo, veille active, décodeurs intégrés, etc.). Tous les fabricants consultés nous ont assurés qu'il n'y avait pas de progrès à espérer des systèmes actuels, et que seul l'avènement des téléviseurs plats, d'ici 2000, pourrait amener une amélioration de consommation de 30 à 40 %.

Signalons pour terminer que la part de la télévision dans la consommation totale des logements varie quand même de 3,0 à 23,3 %.

☛ On peut enfin remarquer que les trois principaux postes de consommation électrique dans notre échantillon, à savoir la production de froid, l'éclairage et l'alimentation électrique des chaudières à gaz sont aussi ceux pour lesquels des solutions techniques très performantes existent déjà : appareils de classe A pour le froid, lampes fluo-compactes pour l'éclairage, et modification du raccordement électrique des chaudières murales. **Il apparaît donc d'ores et déjà, sans même aller plus loin dans l'expérimentation, qu'un gisement d'économies extrêmement important existe dans le secteur domestique, et qu'il est immédiatement mobilisable par les techniques disponibles.**

A titre de synthèse voici le tableau récapitulatif donnant la valeur des contributions minimum, maximum et moyenne pour les principaux usages suivis :

Appareils	Contribution minimum (%)	Contribution maximum (%)	Contribution moyenne (%)
Poste froid	21,3	43,3	31,3
Eclairage	1,8	17,8	11,3
Chaudières	2,8	21,3	9,4
Lave-linge	3,5	17,3	8,5
Lave-vaisselle	3,6	15,2	8,3
Sèche-linge	0,1	15,2	7,8
Téléviseurs	3,0	23,3	7,2
Halogènes	0,2	8,5	4,5
Autres	15,7	48,8	27,8

Figure 4.4 : Contribution minimale, maximale et moyenne des différents usages dans la consommation électrique des logements observés.

4-2-2 Structure de la consommation pour un utilisateur possédant tous les usages

On peut imaginer le cas où tous les consommateurs posséderaient l'ensemble des usages qui ont été étudiés, ceux qui ne le sont pas étant regroupés dans un poste « autres » qu'il convient impérativement de conserver dans la représentation faute de surestimer les usages identifiés. Pour établir cette structure, il faut sommer la consommation électrique moyenne de chacun des usages observés (et du poste « autres ») : on obtient une consommation totale théorique de 3833 kWh représentant la consommation annuelle du logement fictif. Notons déjà que cela correspondrait à une hausse de 23 % par rapport à la consommation actuelle.

La figure 4.5 représente la répartition des différents usages dans ce contexte.

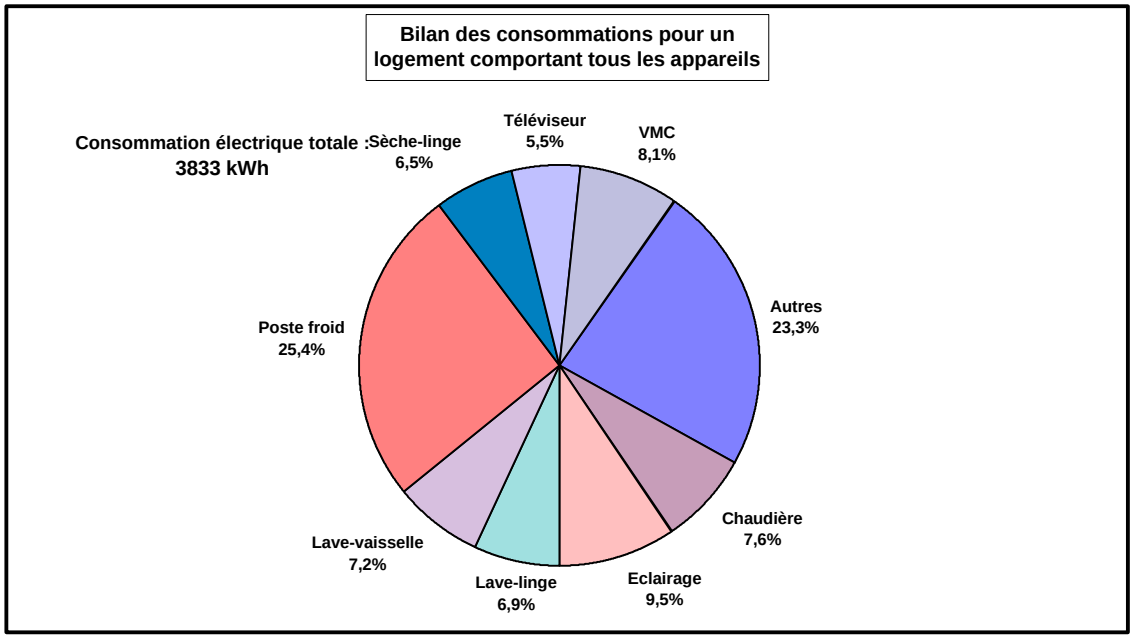


Figure 4.5 : Répartition des consommations pour un logement qui posséderait tous les usages

On constate que les contributions des différents appareils diminuent par rapport à ce qu'elles étaient dans le § précédent. C'est tout à fait légitime puisque le nombre d'usages supposés exister étant supérieur, la contribution relative de chacun baisse. Les valeurs auxquelles on arrive indiquent ce vers quoi on tendrait si les marchés se saturaient et que tous les usagers possèdent l'ensemble des équipements disponibles aujourd'hui.

Notons cependant que dans ce contexte un peu particulier, le poste froid représenterait encore plus du quart de la consommation alors que la ventilation mécanique et la chaudière absorberaient toujours près de 16 % du total.

4-2-3 Structure de la consommation de l'échantillon vue du réseau

Cette représentation consiste à cumuler l'ensemble des consommations électriques observées sur les logements de l'échantillon pendant un an et à référer à ce total la consommation cumulée des usages de chaque type. Là aussi il est essentiel de traiter le poste « autres » qui ne doit en aucun cas être négligé faute de surestimer le taux des usages identifiés. On obtient ainsi une image de l'usage final de l'électricité distribuée. Ceci n'est évidemment valable **que pour l'échantillon étudié** et n'a donc guère de valeur statistique.

On observe sur la figure 4.6 que la contribution des appareils ordinairement utilisés dans tous les logements (chaudières, postes "froid", téléviseurs, éclairage, lave-linge) est sensiblement la même que sur la figure 4.4, alors que pour les appareils que l'on ne trouve *a priori* pas dans tous les logements, le taux de cette contribution est beaucoup plus faible sur la figure 4.6 que sur la figure 4.4, ce qui est logique et dépend directement du mode de calcul de ces deux entités.

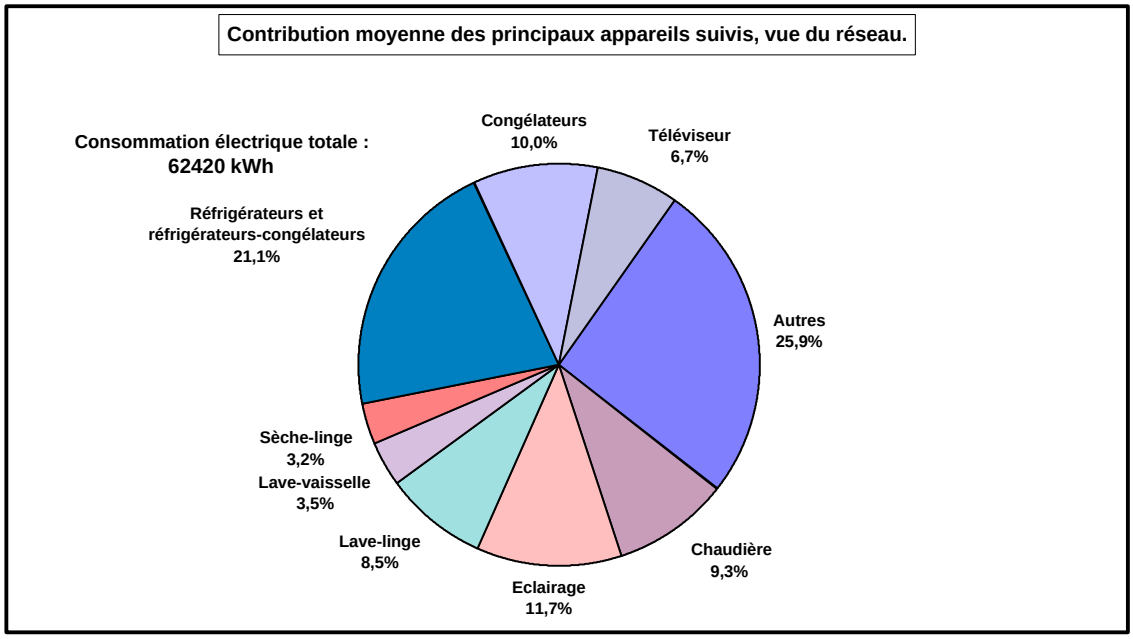


Figure 4.6 : Contribution des principaux appareils suivis, vue du réseau

On retrouve évidemment sur ce graphique l'ensemble des tendances déjà présentées précédemment.

4 - 3 CONSOMMATION ANNUELLE DES DIFFERENTS APPAREILS

Remarque : Dans ce qui suit nous ferons souvent référence aux résultats mis en évidence dans trois autres campagnes de mesures européennes (pour plus de détails voir § 5.1) : celle de ***Nutek*** en Suède, celle du ***CCE*** au Portugal, et l'opération ***CIEL*** que nous avons nous même conduit avec l'ADEME en France dans le cadre du programme SAVE.

4-3-1 Les réfrigérateurs et réfrigérateurs-congélateurs

Quatre-vingts pour-cent des appareils de l'échantillon sont des réfrigérateurs-congélateurs, le reste étant des réfrigérateurs. Les figures qui suivent présentent simultanément les résultats des deux types d'appareils.

La figure 4.7 représente la consommation annuelle. Il faut d'abord donner une précision concernant le logement n°16. Les locataires, malgré les accords que nous avions passés ensemble, ont changé leur réfricongel après 182 jours (soit exactement 6 mois), pour le remplacer par un réfrigérateur. L'index de la prise compteuse a été relevé lors de ce changement si bien que l'on a pu établir la consommation des appareils (pour 6 mois chacun) :

- réfricongel : 310,4 kWh, soit une consommation annuelle de 620,8 kWh
- réfrigérateur : 137,7 kWh, soit une consommation annuelle de 275,3 kWh.

La figure 4.7 intègre la valeur de la consommation annuelle globale de chacun de ces deux appareils, ce qui est évidemment fictif mais permet de bien tenir compte des deux appareils qui ont été placés dans ce logement n°16.

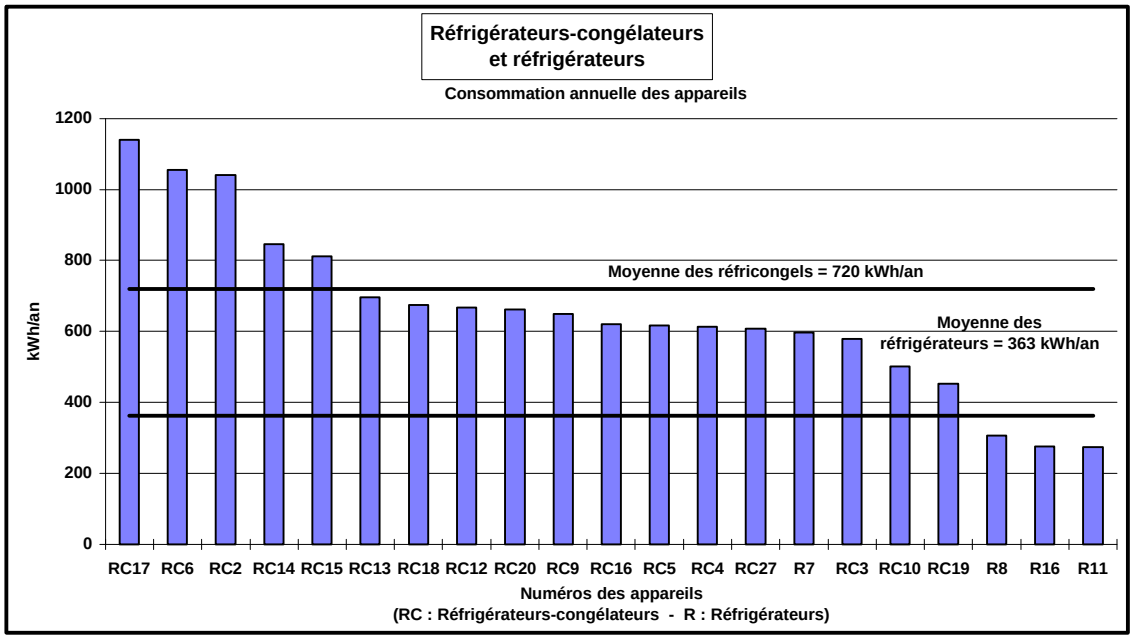


Figure 4.7 : Consommation annuelle des réfrigérateurs et réfrigérateurs-congélateurs

La consommation annuelle des réfrigérateurs est de **363 kWh/an**. Certes l'échantillon (quatre unités) n'est pas très représentatif, mais il est intéressant de rapprocher ce résultat de la valeur trouvée dans l'opération ***CIEL*** : 373 kWh/an. Il semble y avoir une bonne concordance entre les deux séries de mesures, certainement parce que tous les réfrigérateurs ont des volumes compris entre 200 et 220 litres.

La consommation moyenne annuelle des réfrigérateurs-congélateurs est de **720 kWh/an**. Cette valeur est à rapprocher des 581 kWh/an mesuré dans ***CIEL*** (soit un écart de 24 %), des 622 kWh/an mesurés au Portugal par l'équipe du ***CCE***, ou encore des 763 kWh/an mesurés en Suède par l'équipe ***Nutek***. Ces écarts seront expliqués dans le rapport final, à la lumière des données complémentaires (volume, situation des appareils, etc.) et lorsque la base de données sera opérationnelle.

La figure 4.8 représente la consommation par an et par habitant. Elle est de **103 kWh/an/hab** pour les réfrigérateurs et de **190 kWh/an/hab** pour les réfrigérateurs-congélateurs.

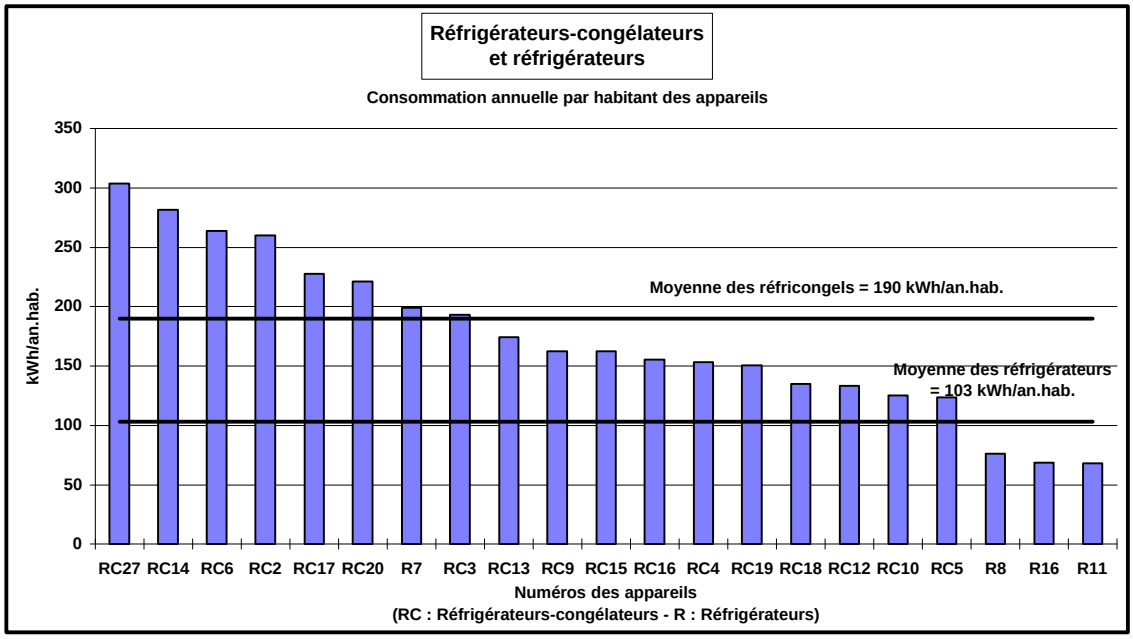


Figure 4.8 : Consommation par habitant et par an des réfrigérateurs et réfrigérateurs-congélateurs

4-3-2 Les congélateurs

La figure 4.9 représente la consommation annuelle des congélateurs de l'échantillon.

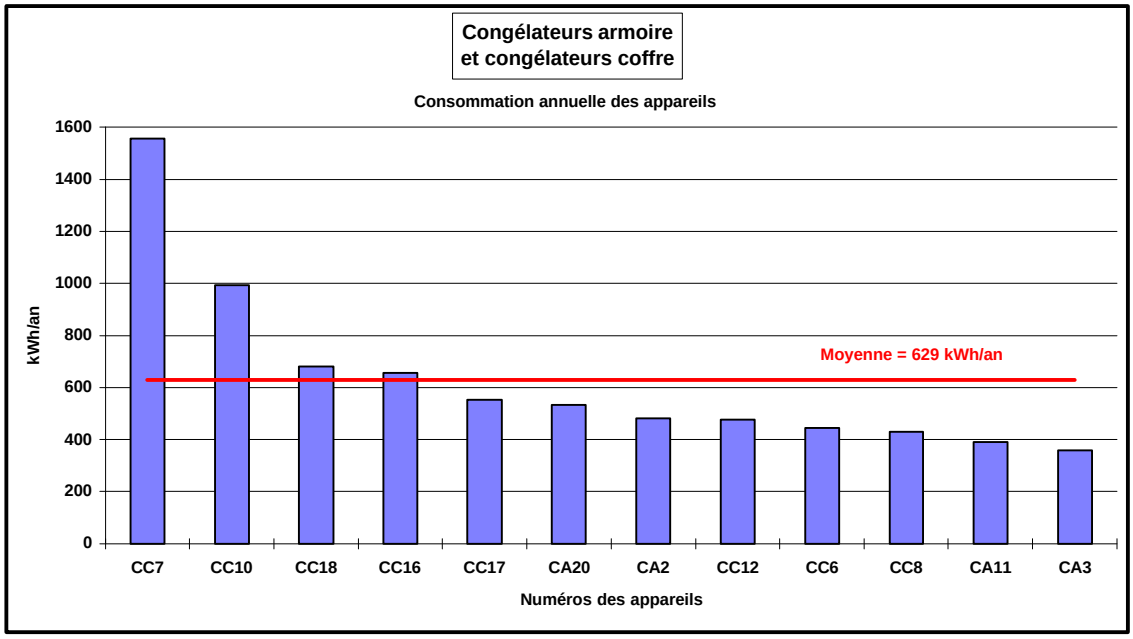


Figure 4.9 : Consommation annuelle des congélateurs

Il faut immédiatement faire une remarque concernant les appareils n°7 et 10. Ils sont représentatifs de situations fréquentes en France où existent encore des matériels qui devraient être décrétés hors normes! Le congélateur n°7 ne s'est pas arrêté de fonctionner un seul instant en un an. Il a absorbé 170 W en permanence. Ils ne possédaient plus de charnières et lors de sa fermeture il fallait ajuster le couvercle pour qu'il vienne se placer à peu près sur l'orifice du coffre. Tout comme le congélateur n°10, c'est un appareil acheté d'occasion par des familles ayant peu de moyens. Mais son coût annuel d'exploitation (sous forme d'électricité) représente plus que son prix d'achat (sur le marché de l'occasion) : 1.100 F/an.

Une autre particularité mérite d'être relevée : le congélateur n°20 n'a qu'un volume de 65 litres et il a malgré tout consommé plus de 500 kWh dans l'année. On réalise toute la marge d'économie qui existe quand on sait que les appareils de classe A de 200 litres absorbent aujourd'hui 180 kWh/an.

La consommation moyenne de l'échantillon s'élève à **629 kWh/an**, valeur à rapprocher des 617 kWh/an mesurés dans l'opération ***CIEL***. Les études définitives permettront d'affiner cette comparaison, notamment en établissant une corrélation avec les volumes. On attend également avec impatience la possibilité qui sera offerte, comme pour les réfrigérateurs, de déterminer quelles sont les variations de consommation en fonction de la période de l'année.

La figure 4.10 représente la consommation des congélateurs par an et par personne. On observe à nouveau l'anomalie de consommation des appareils n°7 et 10. Mais ce graphique met en évidence un nouvel avatar fréquemment rencontré dans les appareils de production de froid, et plus particulièrement les congélateurs, essentiellement lorsqu'ils sont achetés d'occasion : le surdimensionnement. A titre d'exemple l'appareil n°7 a un volume de 475 l pour...3 personnes.

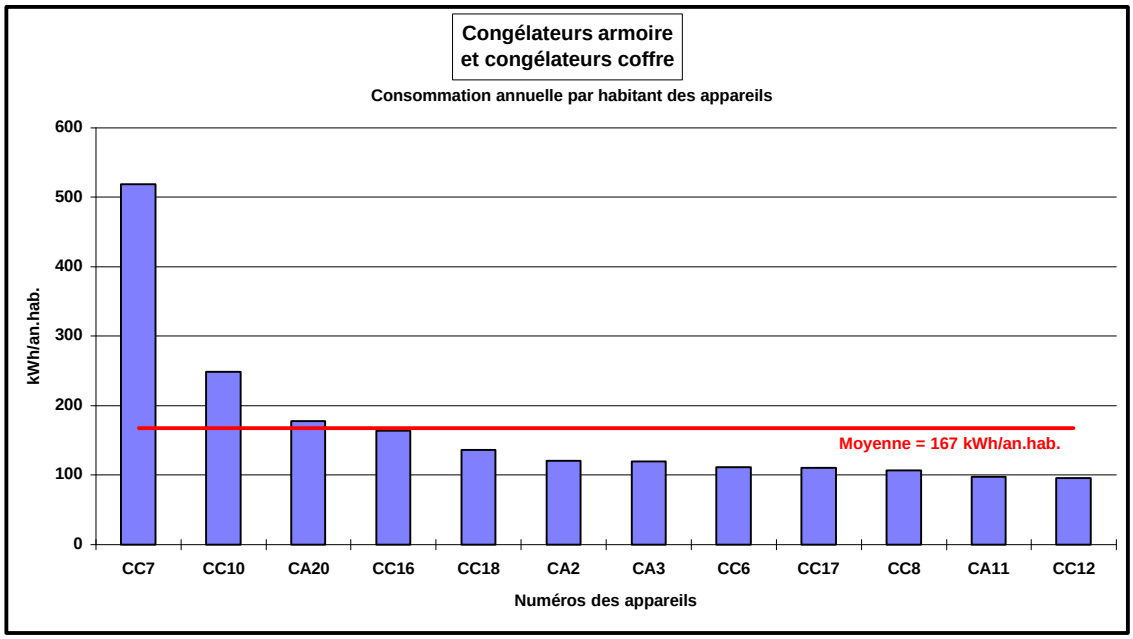


Figure 4.10 : consommation par habitant et par an des congélateurs

Il est également intéressant d'observer que le troisième appareil par ordre de consommation est le n°20, celui-là même dont le volume n'est que de 65 l, et que le quatrième (le n°16) est également un appareil douteux, aux charnières refaites par son propriétaire et à l'âge plus qu'incertain. Cette précision est intéressante car si on exclut ces quatre appareils quelque peu hors normes, on s'aperçoit que la consommation des congélateurs est sensiblement constante et vaut environ 120 kWh/an/hab. Mais un parc est aussi constitué d'appareils aux performances douteuses, si bien que sur l'ensemble de l'échantillon observé, la consommation moyenne des congélateurs est de **167 kWh/an/hab**.

4-3-3 Les lave-linge

La figure 4.11 représente la consommation annuelle des lave-linge de l'échantillon. On note une dispersion des consommations de 1 à près de 6, très voisine de celle déjà observée dans l'expérimentation ***CIEL*** (1 à 7). La consommation annuelle est de **263 kWh/an**. Elle diffère assez peu des mesures faites dans ***CIEL*** où l'on avait observé une consommation de 235 kWh. C'est donc semble-t-il une première confirmation intéressante d'un résultat qui avait alors paru surprenant car plus faible que prévu.

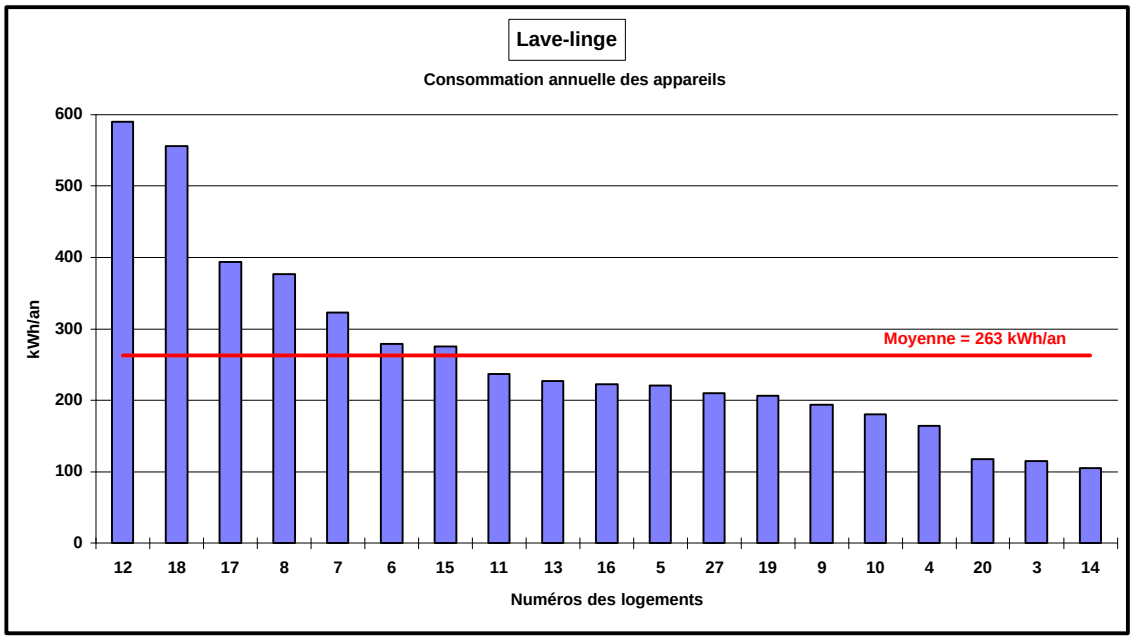


Figure 4.11 : Consommation annuelle des lave-linge

L'étude des variations saisonnières de consommation sera un thème intéressant d'exploration lorsque la base de données sera entièrement constituée.

La figure 4.12 représente la consommation des lave-linge par an et par personne. La dispersion est encore de trois, attestant cette fois des grandes différences d'habitude dans l'usage du lave-linge.

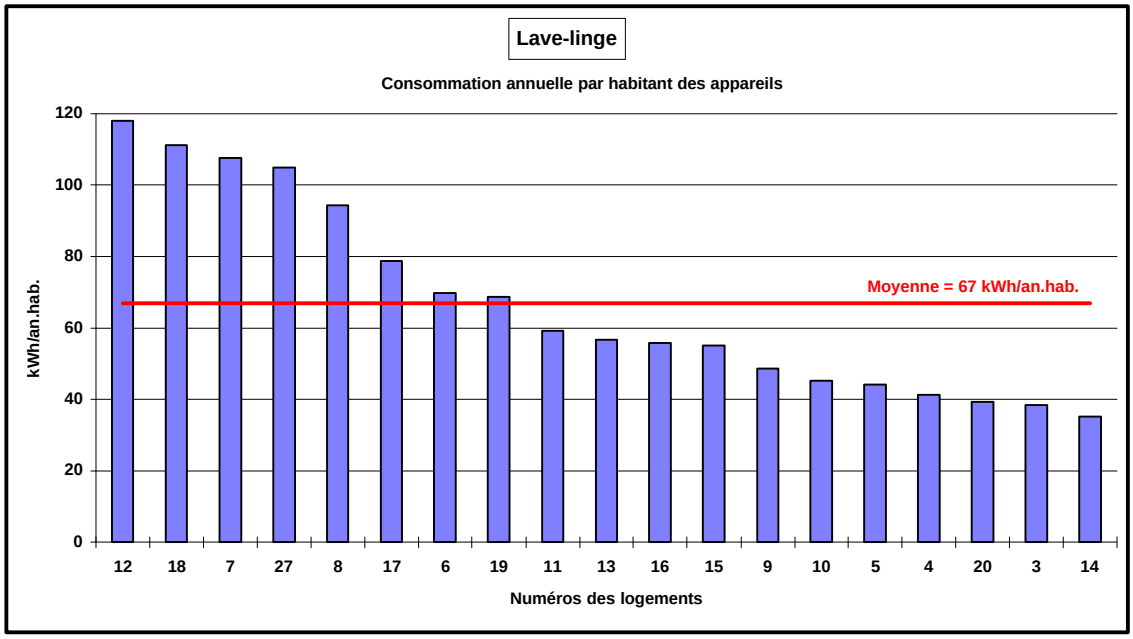


Figure 4.12 : consommation par habitant et par an des lave-linge

On note aussi avec intérêt que la valeur moyenne est de **67 kWh/an/pers**, alors que dans l'expérimentation ***CIEL*** elle était de 72 kWh/an/pers. Ainsi il faut remarquer les nuances entre ces deux enquêtes : dans le projet ***ECODROME*** les lave-linge consomment annuellement 12% de plus que dans l'expérimentation ***CIEL***. En revanche la consommation annuelle par habitant y est plus faible de 7 % car la taille des familles est un peu plus importante. Il est donc délicat de ne donner qu'un seul indicateur pour caractériser un appareil électroménager : la consommation annuelle n'est pas suffisante pour les machines à laver, mais la consommation par habitant est d'autant plus faible que la famille est importante. Elles ne permettent donc ni l'une ni l'autre à elles seules de caractériser l'échantillon.

4-2-4 Les lave-vaisselle

La figure 4.13 représente la consommation annuelle des différents lave-linge de l'échantillon. Il est frappant de remarquer que la dispersion est assez faible : seulement de 1 à 1,5.

La consommation moyenne est de **293 kWh/an**, valeur à comparer aux 262 kWh/an mesurés dans ***CIEL***.

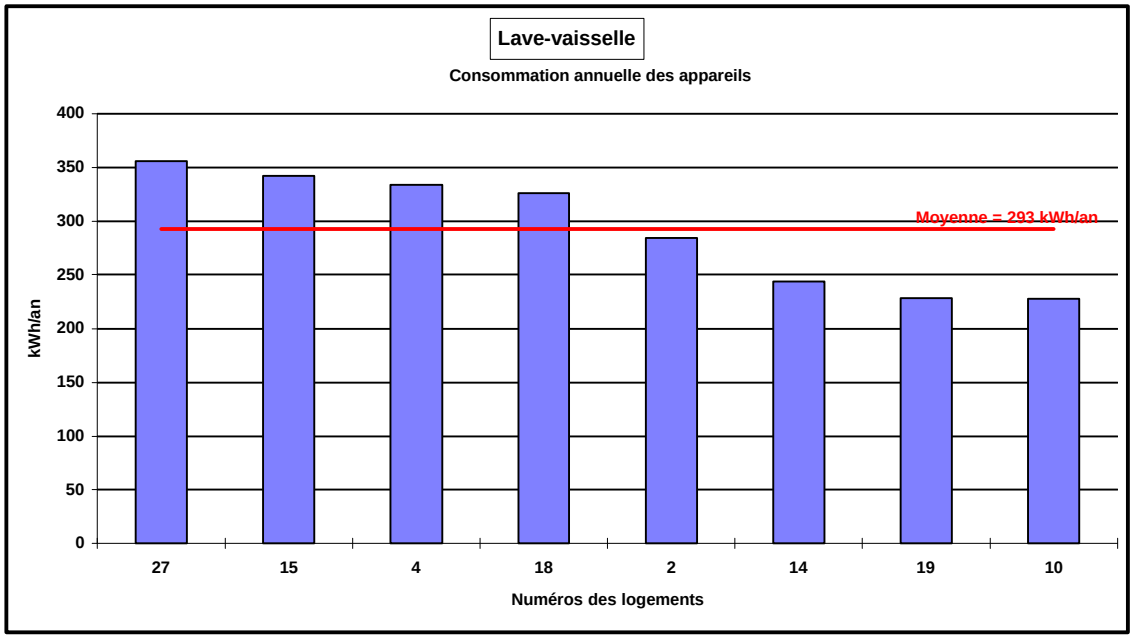


Figure 4.13 : Consommation annuelle des lave-vaisselle

La figure 4.14 est intéressante : elle représente la consommation annuelle par personne des lave-vaisselle. Si l'on exclut le cas du logement 27 pour lequel une famille de deux personnes utilise son appareil quotidiennement sans attendre qu'il soit plein, on s'aperçoit que cette consommation est assez peu variable. Mais l'échantillon est trop étroit pour pouvoir tirer des conclusions générales.

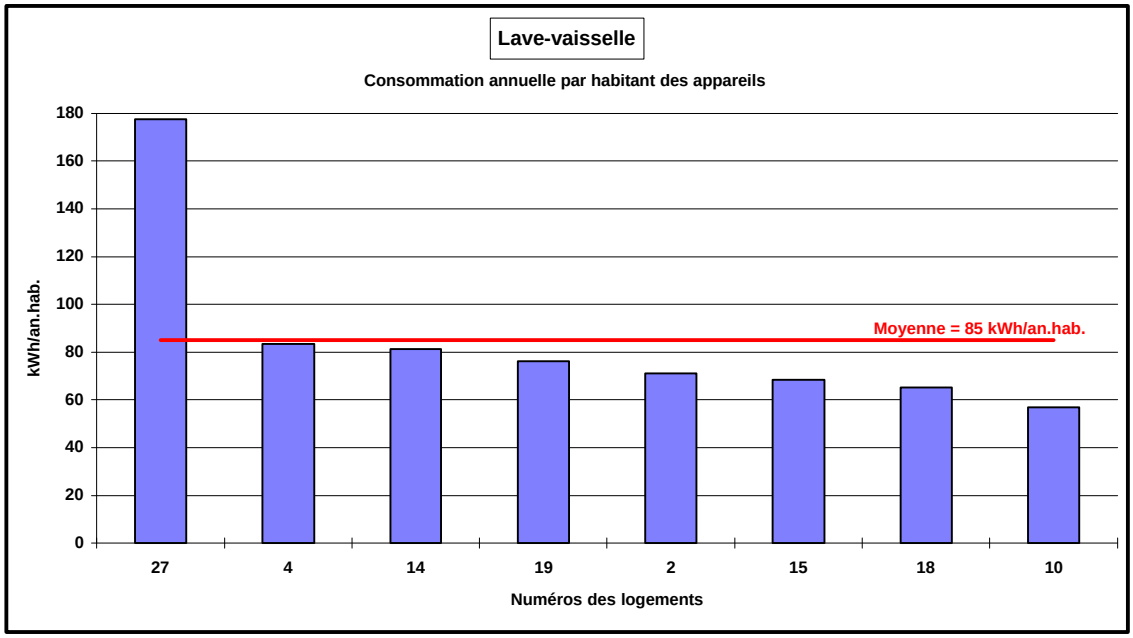


Figure 4.14 : consommation par habitant et par an des lave-vaisselle

Notons encore que la valeur moyenne de la consommation annuelle par habitant sur l'ensemble de l'échantillon est de **85 kWh/an/hab**, valeur qui n'est plus que de **72 kWh/an/hab** si l'on exclut le logement 27. Cette valeur est à rapprocher de la valeur moyenne trouvée dans l'opération ***CIEL*** sur un échantillon plus large et qui faisait état de 71 kWh/an/hab. Il y a donc là encore une très bonne concordance dans les résultats de ces enquêtes.

4-2-5 Les sèche-linge

Nous avions déjà observé dans la campagne de mesures ***CIEL*** que le sèche-linge était un appareil un peu à part : soit très utilisé, soit peu ou pas utilisé, ce qui conduit à des plages de consommation importantes, allant dans notre cas de 1 à 250! Nous avions également noté l'absence de cycles types et de grandes variations dans la consommation des cycles d'un utilisateur à l'autre. Le nombre restreint d'appareils du présent échantillon ne permet pas d'établir des généralités, mais il permet quand même de confirmer, en tout cas pour ce qui est de la plage de variation des consommations annuelles, les tendances observées dans l'opération Ciel.

La figure 4.15 représente la consommation annuelle des sèche-linge de l'échantillon. La consommation moyenne, qui n'a pas dans notre cas grande valeur significative, est de 251 kWh/an. Il est plus intéressant d'éliminer les trois appareils du panel qui n'ont pratiquement pas fonctionné. Dans ce cas la consommation moyenne est de **379 kWh/an**, valeur à comparer aux 480 kWh observés dans ***CIEL***. Une des raisons de cette différence est peut-être tout simplement que la Drôme où se déroule la présente expérimentation est une région beaucoup plus ensoleillée que la Saône et Loire où s'est déroulée l'opération ***CIEL***. Par voie de conséquence, les périodes où le séchage peut se faire de façon naturelle y sont plus nombreuses.

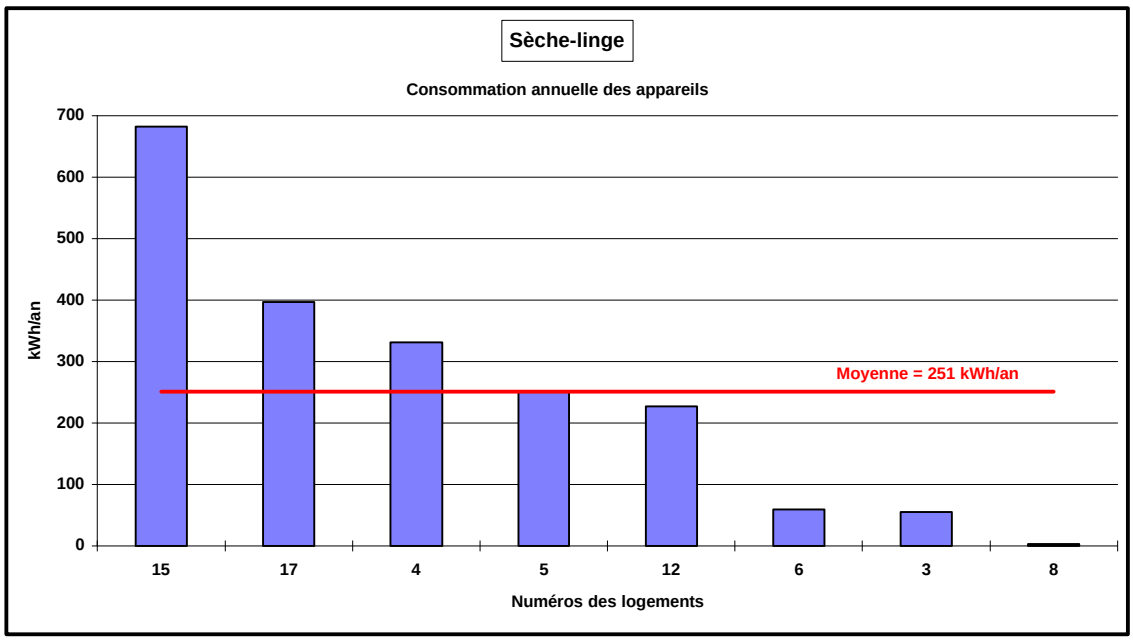


Figure 4.15 : Consommation annuelle des sèche-linge

La figure 4.16 représente la consommation des sèche-linge par an et par personne. Sur l'ensemble de l'échantillon la valeur moyenne est de **53 kWh/an/hab**, mais si l'on exclut là aussi les trois appareils qui n'ont que peu servi, la valeur moyenne passe à **79 kWh/an/hab**.

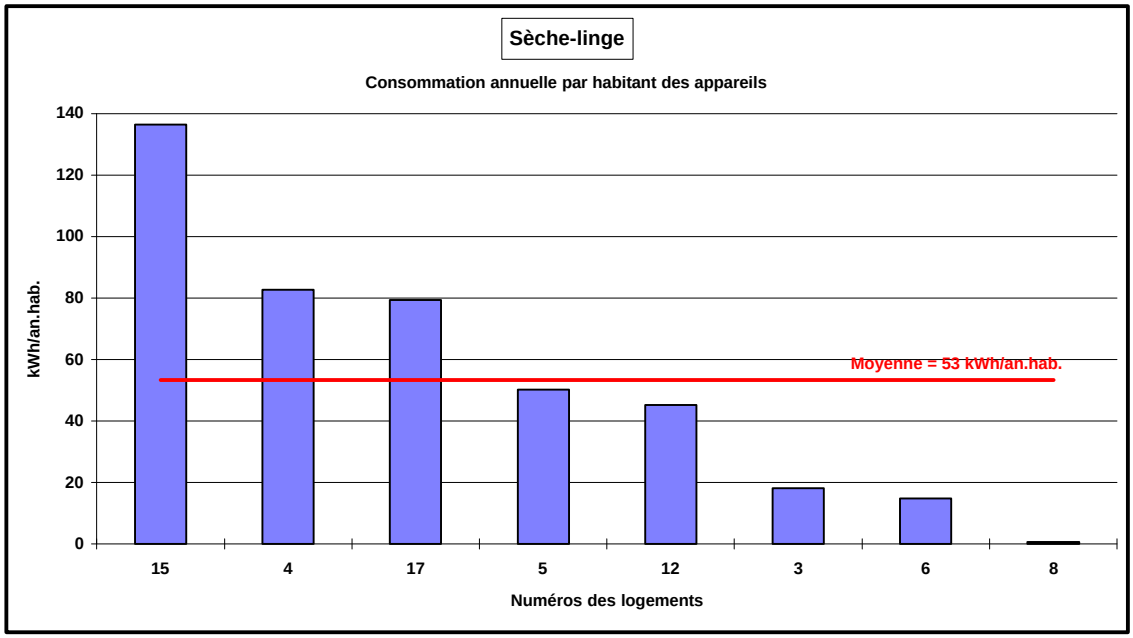


Figure 4.16 : consommation par habitant et par an des sèche-linge

On constate que pour les cinq principaux appareils, la plage de consommation est la même, que l'on examine la consommation annuelle totale ou la consommation par an et par personne.

4-2-6 Les téléviseurs

Tous les téléviseurs ont été suivis dans cette expérience avec l'espoir qu'il existerait, la seconde année, des modèles économes en énergie à tester. Malheureusement ce n'a pas été le cas puisqu'il n'y a pas aujourd'hui de téléviseurs plus économes que d'autres.

Le suivi des appareils est toutefois assez instructif. Sur les vingt foyers instrumentés, il n'y en a qu'un où nous n'avons pas pu suivre le téléviseur seul car il était couplé à deux magnétoscopes. Sa consommation s'en trouve donc augmentée de façon importante, sans pour autant que nous puissions déterminer la valeur de cette surconsommation (logement n°13).

La figure 4.17 représente la consommation annuelle des différents téléviseurs. Seuls les téléviseurs principaux ont été suivis. Afin de pouvoir se rapprocher de la réalité, on conviendra de corriger la consommation du logement n°13 en réduisant d'une puissance continue de 20 W sa consommation (pour simuler le fonctionnement des deux magnétoscopes, ce qui conduit à une réduction annuelle de 175 kWh et porte la consommation du téléviseur de ce logement à 290 kWh/an). Dans ces conditions on constate que la plage de variation des consommations est de 1 à 4 et que la consommation moyenne corrigée est de **203 kWh/an** (211 kWh/an lorsque la consommation du logement n°13 n'est pas corrigée).

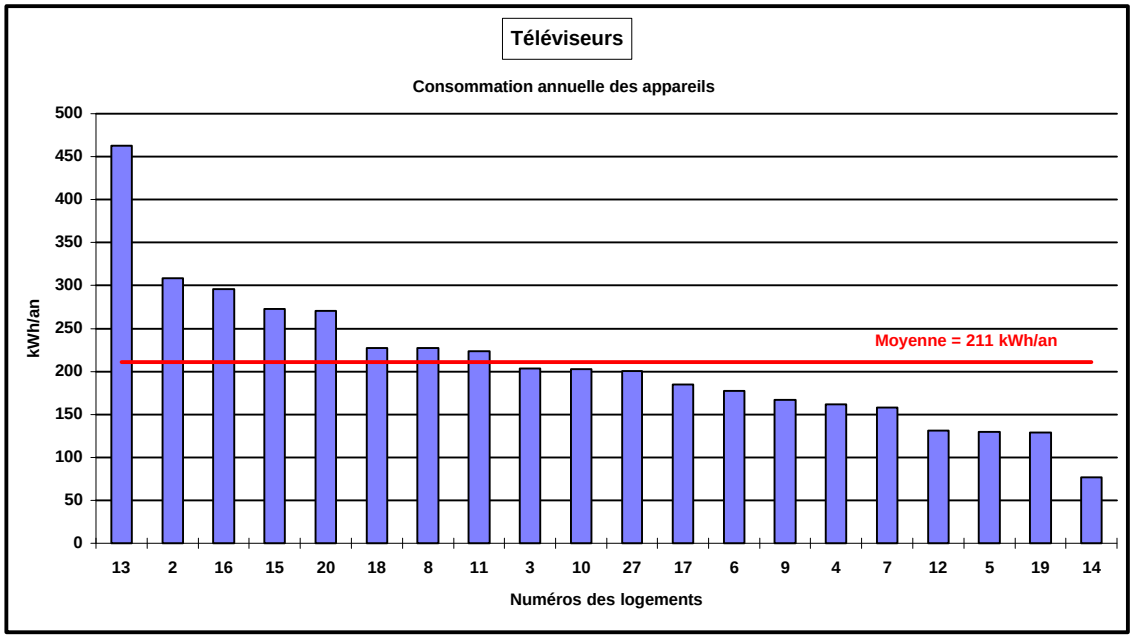


Figure 4.17 : Consommation annuelle des téléviseurs

Cette valeur est à rapprocher des 140 kWh observés dans l'opération Ciel sur les téléviseurs principaux. La différence est très importante et plutôt surprenante puisqu'elle correspond à un écart de 45 %. Dans l'état actuel de la base de données il n'est pas possible d'augmenter les investigations, notamment pour étudier l'influence de la veille sur les consommations. Il faut en effet rappeler que dans l'opération ***CIEL*** très peu d'appareils étaient en veille, alors que dans l'opération ***ECODROME***, il semble que 20 à 25 % sont en veille continue. Mais il semble aussi, ce qui devra être confirmé, que le temps de marche de la télévision est très différent dans les deux opérations. Il était de 5,15 h dans ***CIEL*** et semble être de 7,2 h dans ***ECODROME***. L'écart est de 40 % et pourrait expliquer à lui seul la différence. Une des raisons de la différence des durée d'utilisation est peut-être le nombre moyen d'occupants : il est de 3,9/famille dans la Drôme et de 3,25 seulement dans ***CIEL***.

Cela montre que les études sur le téléviseur doivent être poursuivies afin de déterminer les facteurs qui sont à l'origine de tels écarts d'écoute : milieu sociologique, catégorie socio-professionnelle, âge des occupants, nombre de personnes dans la famille, etc.

Il convient donc d'être encore un peu réservé sur le niveau exact de consommation des téléviseurs. Rappelons aussi que l'étude menée au Portugal par le ***CCE*** conduit à une consommation annuelle des téléviseurs de 154 kWh qui se situe entre les deux valeurs que nous avons mesurées (140 et 203 kWh).

La figure 4.18 représente la consommation des téléviseurs par an et par habitant. La plage s'étend de 1 à 4. La valeur moyenne sans correction est de **56 kWh/an/hab**, mais si l'on corrige la consommation du logement n°13 comme indiqué précédemment, la moyenne se réduit à **53 kWh/an/hab**, valeur à rapprocher des 43 kWh/an/hab observés dans l'opération ***CIEL*** soit un écart de seulement 23 %.

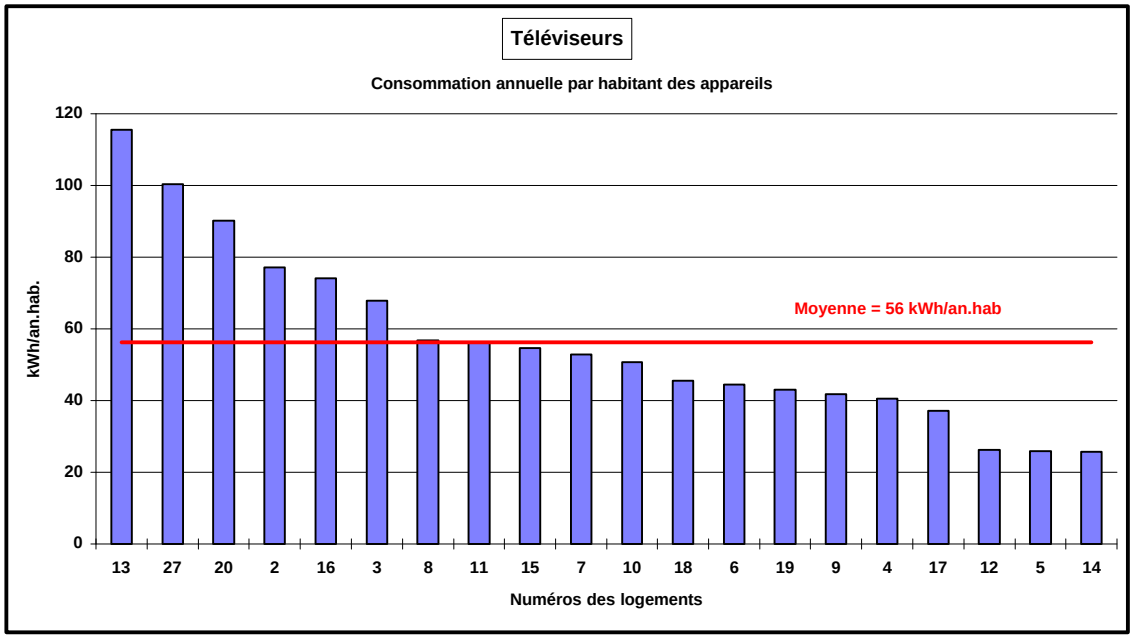


Figure 4.18 : consommation par habitant et par an des téléviseurs

4-2-7 L'éclairage

4.2.7.1 Eclairage général

L'opération ***ECODROME*** est originale parce qu'elle mesure, semble-t-il pour la première fois, la consommation des circuits lumineux piégés directement au tableau d'abonné, et sur une année complète. Il faut insister sur le fait que seuls les circuits dédiés à la lumière sont comptabilisés, et que toutes les lampes fonctionnant sur des prises de courant (à moins que celles-ci ne soient elles-mêmes commandées par des circuits « lumière ») échappent à la comptabilité. L'influence de cette disposition est très variable d'un logement à l'autre car certains s'éclairent presque exclusivement par les circuits lumineux, alors que d'autres ne supportent que les lumières d'ambiance procurées par des éclairages par lampes sur prise de courant. **Il faut donc bien garder à l'esprit que les valeurs mesurées sont des valeurs minimales et que les consommations réelles sont supérieures à ces valeurs**.

Nous avons par ailleurs suivis la plupart des lampes halogènes placées dans les logements, ainsi qu'une lampe sur prise de courant afin d'en évaluer l'impact.

Si l'on tient compte de l'ensemble de ces mesures (circuits « lumière » + éclairages halogènes + une lampe sur prise de courant), on arrive à une consommation annuelle moyenne de **365 kWh/an** représentant 11,4 % de la consommation totale des logements. A titre indicatif la lampe sur prise de courant qui a été suivie a consommé 36 kWh représentant 1,5 % de la consommation totale du logement où elle était et 15 % de la consommation des circuits « lumière ». **Il est donc probable que la part de la consommation moyenne de l'éclairage dans les logements est d'au moins 15 %, représentant pour un logement de 75 à 80 m2 une consommation annuelle d'environ 500 kWh**.

Encore faut-il garder à l'esprit que ces valeurs ont été mesurées dans un département du Sud de la France où le soleil est plutôt plus généreux que dans le reste du pays, ce qui

signifie selon toute probabilité, que la consommation annuelle d'électricité relative à l'éclairage sera plutôt voisine de 600 kWh dans les autres départements français, valeur représentant plus de 20 % de la consommation d'électricité spécifique des ménages.

La figure 4.19 représente la consommation annuelle d'éclairage (avec halogènes) dans les logements de l'échantillon. On observe à nouveau une grande dispersion puisque les valeurs sont dans une plage de 1 à 10. Relevons aussi que les logements n°2, 15 et 20 sont les trois plus gros consommateurs d'éclairage halogène de l'échantillon, ce qui les place plutôt en tête du panel des consommations globales.

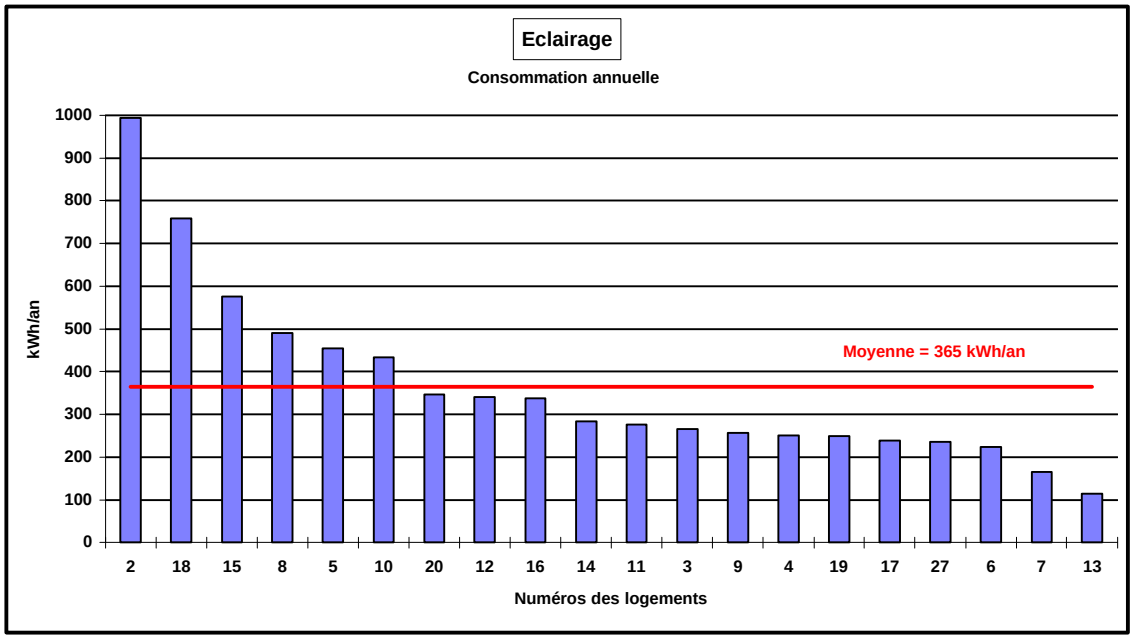


Figure 4.19 : Consommation annuelle de l'éclairage

La figure 4.20 fournit la consommation générale d'éclairage par an et par habitant. La plage est à nouveau de 1 à 10 et curieusement les deux logements aux extrémités de cette plage sont les mêmes que sur la figure 4.19. Le logement n°2 arrive en tête, or il a la particularité de disposer en cuisine d'un éclairage halogène à titre d'éclairage principal et dans le salon d'un second éclairage halogène.

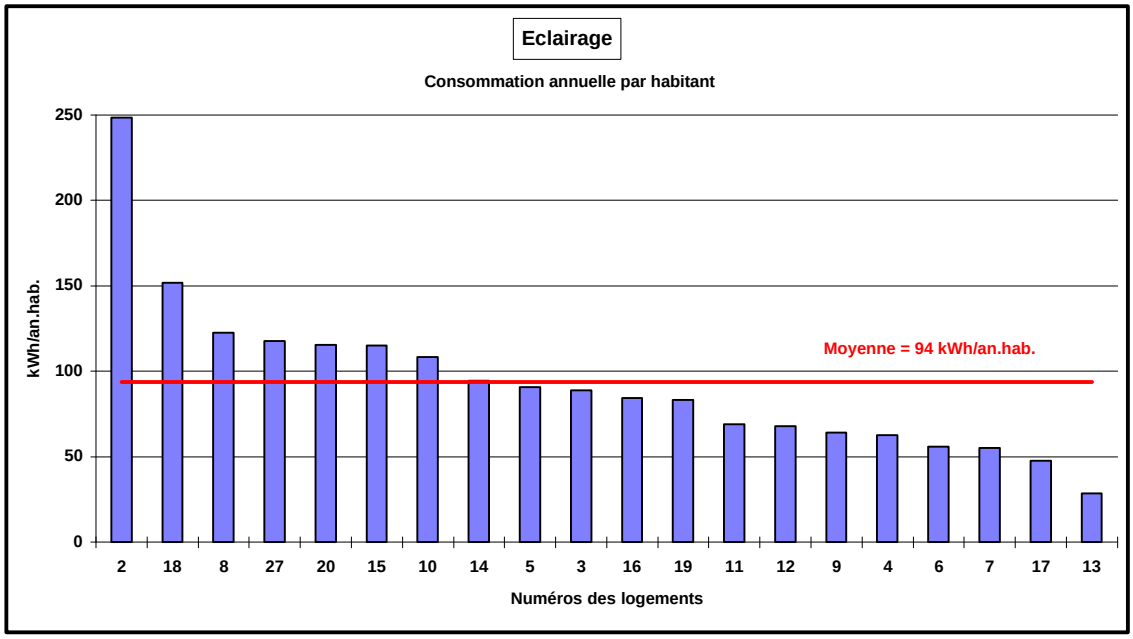


Figure 4.20 : consommation par habitant et par an de l'éclairage

4.2.7.2 Caractéristiques des ampoules en place

A l'occasion de cette expérimentation nous avons dû relever les caractéristiques de l'ensemble des ampoules de chaque logement. Ainsi y a-t-il en moyenne **18,5 ampoules par logements** (pour des logements dont la surface moyenne est d'environ 75 m2), soit environ **1 ampoule/ 4 m2**, la valeur minimum étant 10 ampoules et la valeur maximum 26. La puissance moyenne installée (avec des ampoules à incandescence) est de 1027 W/logement, soit **13,7 W/m2**, ce qui correspond à peu près à **des flux lumineux installés de 150 lumens/m2**. La valeur minimale est de 685 W et la valeur maximale de 1570 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 240 W/logement. A quoi il faut encore ajouter la présence de néons ou de tubes fluo dans une famille sur trois avec une puissance moyenne (rapportée à l'ensemble des logements) de 36 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 4.21 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.

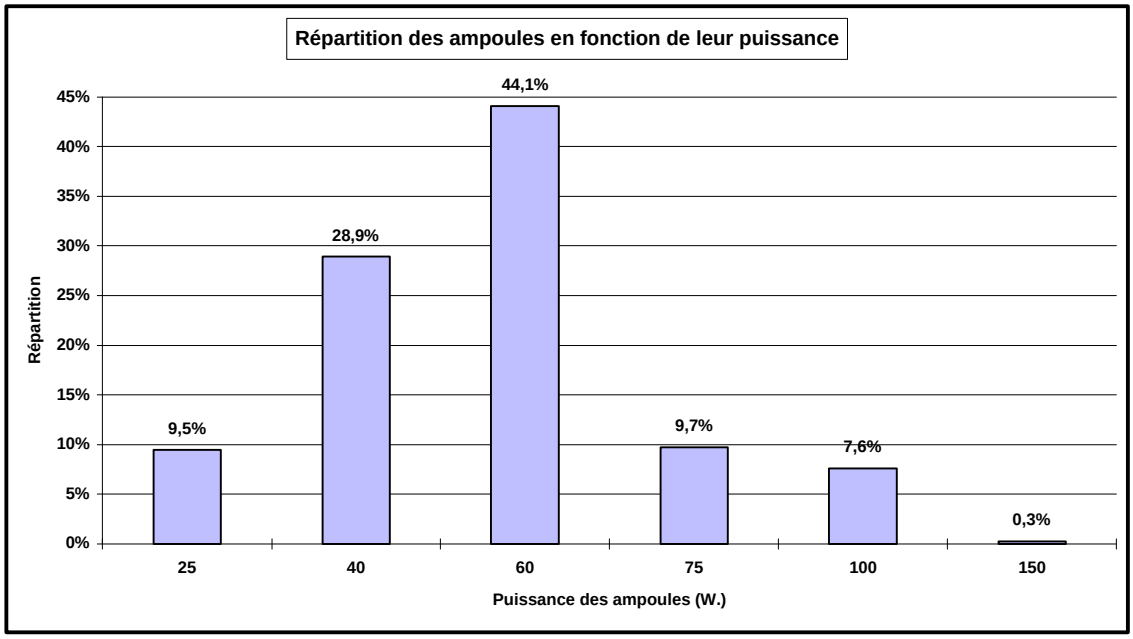


Figure 4.21 : répartition des ampoules en place en fonction de leur puissance

4.2.7.3 Eclairage halogène

Sept appareils halogènes ont été suivis pendant la première année. On est frappé de constater à quel point les différences sont importantes dans l'utilisation de cet appareil. Certaines familles basent tout leur éclairage sur lui : c'est le cas du logement n°20 dans lequel la consommation de l'halogène est 4,73 fois plus importante que celle de tous les autres circuits d'éclairage réunis. A l'opposé, d'autres familles ne l'utilisent pratiquement pas, comme le logement n°9 où la consommation de l'halogène est 74 fois plus faible que celle de tous les autres circuits « lumière » réunis. Il en est un peu de l'éclairage halogène comme du sèche-linge : certains ne connaissent que lui, mais d'autres s'en méfient sans pour autant pouvoir dire exactement pourquoi, pressentant généralement des coûts qu'ils ne maîtrisent et n'expliquent pas.

La figure 4.22 représente la consommation annuelle des halogènes de l'échantillon.

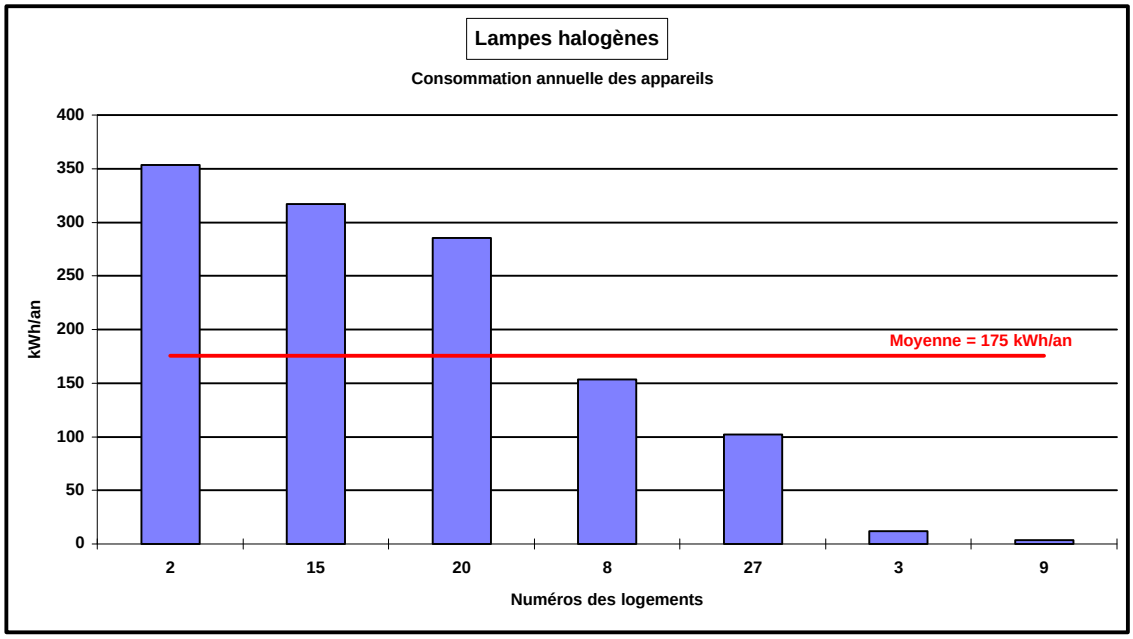


Figure 4.22 : Consommation annuelle des halogènes

La consommation moyenne est de 175 kWh/an, tous foyers confondus. Si l'on exclut les deux logements qui n'utilisent presque pas l'halogène, cette moyenne passe à 242 kWh/an, c'est à dire sensiblement la même consommation que celle d'un lave-vaisselle ou d'un lave-linge. Mais cette valeur est surtout à rapprocher des 365 kWh/an/logement consommés en moyenne par l'ensemble des circuits « lumière » instrumentés dans l'opération (donc notamment avec les halogènes). 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 à 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 éclairages plus économes. Car tous ont dit la même chose : ils aiment bien la lumière produite par ce type d'éclairage, mais ils ignoraient totalement que cela puisse consommer et coûter aussi cher. On retrouve ici le problème de l'information des utilisateurs déjà évoqué à plusieurs reprises et qui semble bien l'une des clés de voûte de la MDE dans le secteur résidentiel.

Examinons pour terminer la figure 4.23 qui représente la consommation de l'éclairage halogène par personne et par an.

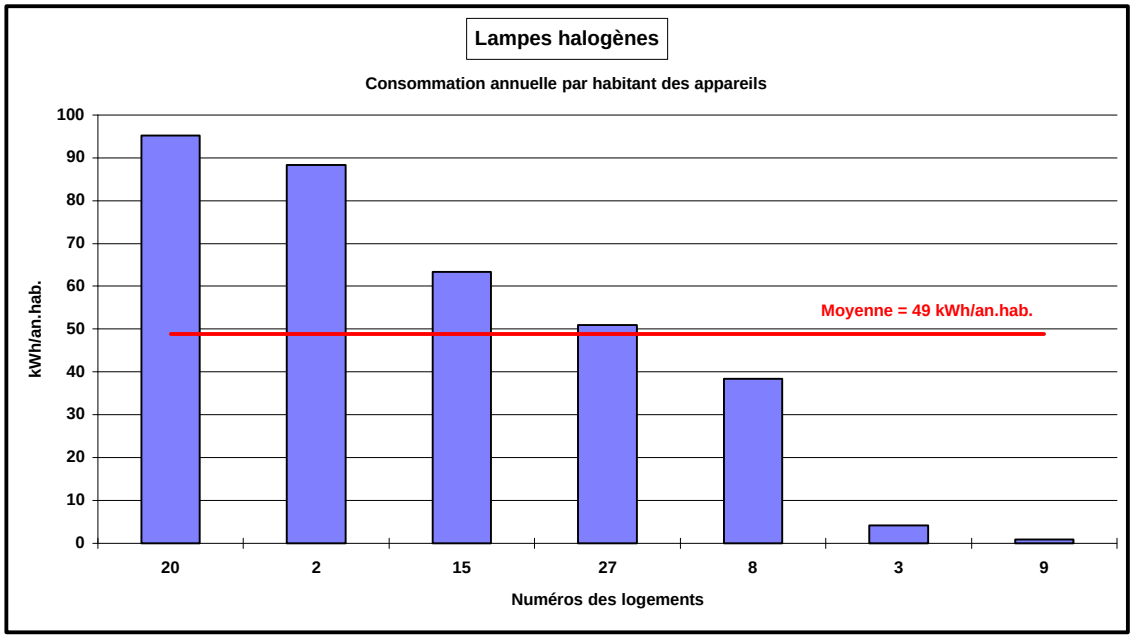


Figure 4.23 : consommation par habitant et par an des halogène

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 (après correction) pour les lave-vaisselle, de 79(après correction) 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 exclus**.

4-2-8 L'alimentation électrique des chaudières murales

4-2-8-1 Généralités

Les chaudières murales sont très répandues en France. Elles fonctionnent au gaz naturel ou au butane/propane et assurent souvent à la fois le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire de façon instantanée,ou par le biais d'un ballon de stockage.

Quel que soit leur type ou leur marque, elles nécessitent un raccordement électrique qui a pour fonction :

☛ **l'alimentation du circulateur du circuit de chauffage**. Sa puissance peut varier de 50 à 100 W, la majorité des appareils ayant une puissance de 80 W. Les circulateurs ont un très mauvais rendement. Au point de fonctionnement optimal de la courbe débit/pression il ne dépasse pas 13 ou 14 %, et dès que l'on s'écarte de ce point, le rendement chute assez vite pour atteindre aux extrémités de la courbe des valeurs voisines de 2 %. Où vont les 98 % de pertes? Environ 10 à 30 % sont liés au rendement du moteur électrique.

Celui-ci s'échauffe et la chaleur est dissipée dans le local où il se trouve. Pour le reste il s'agit de pertes dues au mauvais rendement d'aubage de la turbine. Le profil de ces aubages est extrêmement simplifié pour des raisons économiques. La turbine se conduit alors comme un brasseur de fluide, ce qui a pour effet principal d'échauffer l'eau plus que de la mettre en mouvement. Pour fixer les idées, faire circuler 400l/h dans une installation avec une perte de charge de 4 m CE nécessite théoriquement....4,4 W. Avec un circulateur de 80 W le rendement sera de 5,5 %.

☛ **allumage, contrôle de la flamme et régulation du brûleur**. Toutes ces fonctions sont très peu consommatrices d'énergie. Au total elles ne nécessitent qu'environ 10W.

☛ **ventilateur des chaudières à ventouse**. Les chaudières à ventouse possèdent un conduit de fumée horizontal débouchant à l'extérieur après avoir directement traversé le mur. Ce conduit court comporte deux tubulures concentriques, l'une servant au rejet de la fumée et l'autre à l'admission d'air neuf qui se trouve ainsi préchauffé. Mais l'absence de longueur et surtout de hauteur de l'évacuation de fumée rend le tirage très aléatoire, et impose la présence d'un ventilateur dont la puissance est d'environ 20 W, parfois 30. Dans les modèles de chaudières les plus anciens, il fonctionne 24h/24, quel que soit l'état (marche/arrêt) de la chaudière. Dans les modèles récents, il tourne pendant la marche du brûleur, mais lorsque celui-ci est éteint, il peut être arrêté (si l'allumage est de type électrique) ou fonctionner à vitesse réduite (si l'allumage est fait par veilleuse).

☛ **circulateur de la production d'eau chaude sanitaire**. La production d'eau chaude peut se faire soit par « bain marie », soit par le biais d'un échangeur. Seul le second cas nécessite le recours à un circulateur.

La production avec ballon de stockage rend obligatoire la présence d'un circulateur.

Bien que variés, les besoins en électricité d'une chaudière murale devraient être intrinsèquement très faibles, du moins peut-on l'imaginer. On devrait en principe constater que la consommation électrique est directement liée au temps de fonctionnement du brûleur, donc varier beaucoup d'une période à l'autre de l'année. Seule l'analyse de la base de données (lorsqu'elle sera opérationnelle) permettra une recherche très fine sur ce caractère très saisonnier des consommations.

Néanmoins, l'approche technique qui précède et l'observation effectuée pendant la première année de mesures ont permis de mettre en évidence le principal problème des chaudières murales (et d'ailleurs de tous les autres types de chaudières individuelles) : la nature de l'asservissement des différents organes électriques de la chaudière. De cet asservissement peuvent naître des écarts annuels de consommation électrique considérables comme nous l'avons constaté.

Il existe plusieurs façons d'asservir les organes d'une chaudière murale. Certains asservissements sont faits en usine et ne peuvent être modifiés pour des raisons fonctionnelles ou des raisons de sécurité. D'autres sont à réaliser lors de l'installation de la chaudière.

■ Asservissement du circulateur du réseau chauffage

Cette opération doit être réalisée lors de l'installation. La plupart des chaudières offrent les trois possibilités suivantes :

☛ ***le circulateur n'est asservi à rien. Il fonctionne 24h/24***. C'est le pire des cas. Si l'utilisateur ne pense pas à mettre la chaudière en position « été » en période estivale, le circulateur tournera 8760 heures/an et consommera 700 kWh. Si la chaudière est mise en position « été » le circulateur fonctionnera environ 5550 h/an et consommera 450 kWh.

☛ ***le circulateur est asservi à l'horloge programmable***. Il ne fonctionne environ que 16h/j. C'est un peu mieux que précédemment. Sans la position « été » le circulateur consommera 470 kWh, et seulement 300 kWh avec la position été.

☛ ***le circulateur est asservi au thermostat d'ambiance***. Dans ce cas il s'arrête dès que le brûleur s'arrête. **C'est la meilleure solution**. Rien ne s'y oppose, surtout si l'installation est correctement conçue. En effet quand le brûleur ne produit plus de chaleur il est parfaitement inutile de faire tourner une pompe dont le rôle est de transférer la chaleur vers les émetteurs! Dans ce cas le circulateur ne fonctionnera plus que 250 à 400 h /an et consommera 20 à 32 kWh/an.

■ **Asservissement du circulateur de la production d'eau chaude sanitaire**

☛ ***il n'y a pas d'asservissement possible.*** Ce circulateur est asservi en usine, et cet asservissement ne peut pas être modifié car il est nécessaire. La pompe fonctionne environ 100 h par an, ce qui représente 8 à 10 kWh. Le mieux est de disposer d'une chaudière produisant l'eau chaude par bain marie (donc sans circulateur).

■ **Asservissement du ventilateur de la ventouse**

☛ ***il n'y a pas d'asservissement possible du ventilateur de la ventouse*** autre que celui fait en usine (logique non modifiable). Préférer les chaudières à allumage électrique.

4.2.8.2 Consommation annuelle des chaudières murales

Nous avons suivi quatorze chaudières murales pendant une année complète. Les résultats méritent d'être examinés de près car ils confirment et précisent toutes les tendances et les hypothèses développées dans ce qui précède. La figure 4.24 représente la consommation annuelle de l'ensemble des chaudières du panel.

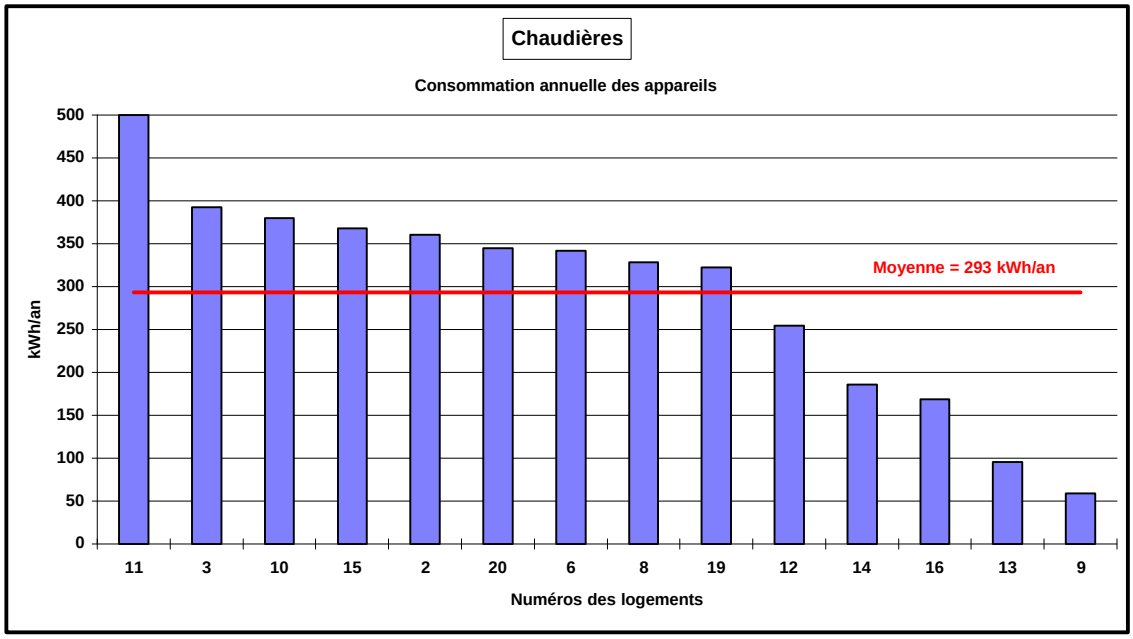


Figure 4.24 : Consommation annuelle des chaudières gaz murales

Sur une année complète les consommations pour des chaudières ayant toutes exactement les mêmes caractéristiques (23 kW de puissance thermique, double service) vont de 59 kWh/an à 501 kWh/an soit une plage de 1 à 8,5. Dans ce dernier cas, la chaudière a même été le premier poste de consommation électrique du logement, place d'ordinaire réservée aux appareils de production de froid. La chaudière la moins consommatrice des deux est une chaudière à ventouse, allumage électrique, asservie au thermostat d'ambiance, avec production d'eau chaude par bain marie. C'est la configuration optimale.

La consommation médiane de l'échantillon est de 336 kWh/an, et la consommation moyenne de 293 kWh/an, ce qui est très élevé et atteste que l'asservissement des appareils est souvent très mal fait. **Si l'on se réfère à la consommation moyenne annuelle d'un lave-linge, la consommation d'une chaudière murale est 15 % plus importante.** Ceci est une surprise considérable et met en évidence, selon nous, un gisement d'économie important d'accès très aisé et très rentable puisque dans un premier temps il ne nécessite que des modifications de branchement électrique.

La figure 4.25 fait apparaître que la consommation moyenne annuelle par personne des chaudières murales varie de 15 à 131 kWh soit une plage pratiquement de 1 à 9. En moyenne, la consommation est de 78 kWh/an/hab. Cette valeur place l'alimentation des chaudières murales juste après les appareils de production de froid et l'éclairage, mais devant tous les autres appareils ménagers classiques.

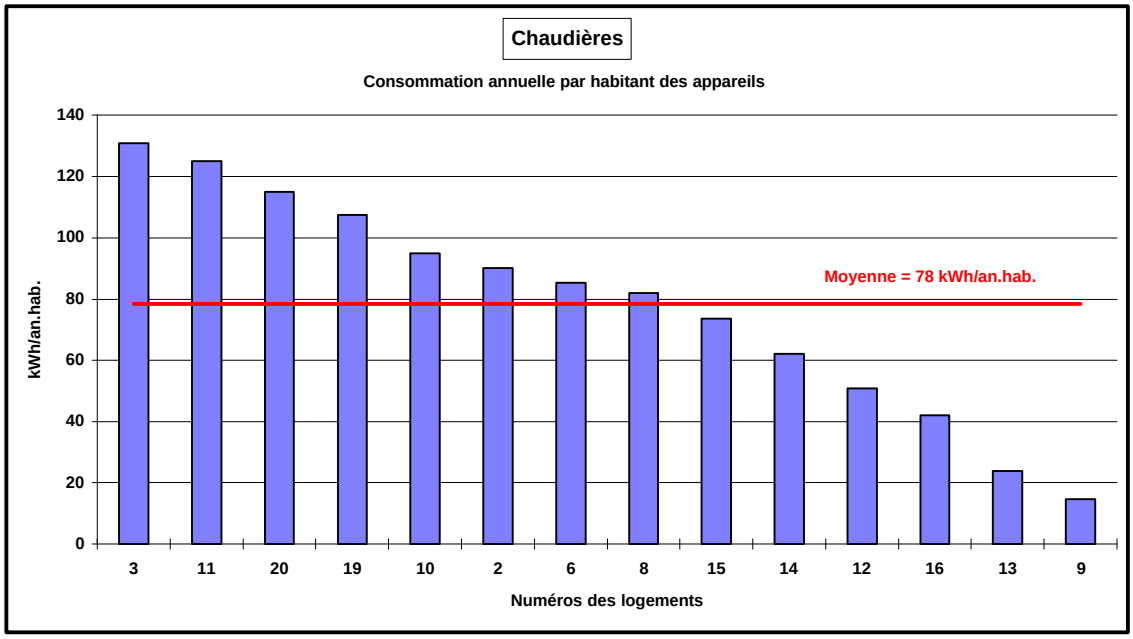


Figure 4.25 : consommation par habitant et par an des chaudières gaz murales

4-2-9 La ventilation mécanique contrôlée (VMC)

A titre indicatif nous avons instrumenté la ventilation mécanique contrôlée sur l'un des logements de l'opération. Toutes les autres ventilations du panel expérimental sont du même type, et leur consommation ne doit que peu différer de ce que nous avons constaté.

Rappelons pour mémoire qu'il existe principalement trois grands types de VMC :

☛ la ventilation simple flux. C'est de très loin la plus répandue. Elle comporte un ventilateur qui extrait l'air du logement 24h/24 à débit en principe constant, avec toutefois la possibilité d'augmenter ponctuellement le débit en cuisine aux heures des repas.

☛ la ventilation double flux. Elle est assez rare et consiste tout à la fois en un soufflage et une extraction d'air du logement. Elle comporte donc toujours deux ventilateurs. Elle fonctionne 24h/24.

☛ la ventilation hygroréglable. Relativement récente sur le marché elle se répand très vite. C'est une ventilation de type simple flux mais qui module les débits d'air extraits en fonction des besoins détectés par des capteurs d'humidité. Elle fonctionne 24h/24 mais dans une plage de débit très variable.

Le suivi effectué pendant un an a été mené sur une VMC simple flux. Le débit soufflé est de 180 m3/h et **la consommation d'électricité a été de 311 kWh en un an. A titre de comparaison, cet appareil anodin dont on ne parle jamais consomme donc annuellement 20 % de plus qu'un lave-linge**. La puissance appelée en continue est de 30 W, mais compte tenu de l'utilisation du régime accéléré à certains moments de la journée, la puissance annuelle moyenne (et continue) est de 35 W. Ces résultats ne sont pas vraiment une surprise puisque ces valeurs correspondent à celles que donnent les fabricants.

En revanche, il faut revenir sur le rendement des ventilateurs : dans le cas précédent, le débit pulsé est de 180 m3/h avec une dépression de 80 Pa ce qui correspond à des besoins théoriques de 4 W. Or la puissance du moteur est de 30 à 35 W. Le rendement global de l'ensemble motoventilateur vaut donc environ 10 à 13 %.

La ventilation mécanique est quasi généralisée dans les logements neufs en France. Il existe donc des millions de ventilateurs dont le rendement est proche de 10 % et dont la principale fonction est ... de faire de l'air chaud. Malheureusement cette chaleur n'est pas récupérable puisqu'elle est rejetée avec l'air extrait à l'extérieur du logement.

En conclusion, la consommation électrique de la ventilation n'a jamais été prise en compte car c'est un poste considéré comme marginal dans la mesure où il appelle moins qu'une ampoule de 40 W. Mais il fonctionne 8760h/an. Or en un an, la VMC consomme plus qu'un lave-linge, qu'un lave-vaisselle ou qu'un téléviseur. Comme pour les chaudières, la VMC pose le problème du rendement dérisoire des pompes et ventilateurs, certes peu consommateurs en soi, mais qui existent à des millions d'exemplaires et fonctionnent 24h/24.

CHAPITRE 5 : LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS

Compte tenu de l'état d'avancement de la base de données en cours de constitution, les analyses qui précèdent ne sont évidemment qu'une première approche globale des consommations annuelles de chaque type d'appareil. Les appareils suivis pendant cette première année d'instrumentation sont des appareils classiques, n'ayant pas de performances énergétiques particulières. L'objet de cette étude consiste à analyser et évaluer les gisements d'économie d'électricité qui peuvent être induits par l'utilisation d'appareils électroménagers à haute performance énergétique, par toutes les dispositions dans les branchements électriques des appareils améliorant le fonctionnement de ceux-ci, et par toutes les recommandations aux usagers. Il est donc impossible, à mi parcours de cette étude, après une première année de mesures sur les appareils existant dans les logements, de pouvoir donner des éléments de réponse allant dans le sens des conclusions finales.

En revanche nous avons pu dégager une réflexion intéressante sur la consommation et le comportement des appareils en place, réflexion permettant dans certains cas de mettre en oeuvre des phénomènes nouveaux ou mal estimés comme la consommation électrique des chaudières à combustible, et permettant dans d'autres cas de préciser ou de confirmer les résultats obtenus dans le projet Ciel déjà évoqué mené dans le cadre du programme SAVE avec le concours de l'ADEME.

A mi parcours de cette étude il nous semble que deux types d'enseignements peuvent être tirés :

5 - 1 Résultats comparés des différentes campagnes de mesures européennes

La campagne qui vient d'être menée dans le cadre du projet ***ECODROME*** est intéressante car elle a porté sur une année complète de mesures, ce qui 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 afin de déterminer les axes de convergence et ceux où des différences importantes pourraient nécessiter des analyses et des enquêtes complémentaires.

Le domaine des campagnes de mesures in situ a peu fait l'objet d'investigations jusqu'à présent. La principale raison en est la lourdeur et la complexité des systèmes de mesures, et nous devons en cela beaucoup au système DIACE de la société Landis et Gyr qui s'est avéré un précieux atout.

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

- L'etude 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 electicity in detached houses » publié en 1995 par ***Nutek***.

- l'expérimentation ***CIEL*** que nous venons récemment d'achever 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 720 appareils qui ont été suivis pendant un mois chacun. Mesure de la puissance et de l'énergie toutes les dix minutes.

Le tableau de la figure 5.1 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 évidemment 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***.

A l'examen du tableau de la figure 5.1 il ressort notamment :

- ***Réfrigérateurs*** : les valeurs extrêmes observées entre Suède et Portugal sont dans un rapport de 1 à 1,8. Il faudrait analyser la taille des appareils d'une part, et la température ambiante des locaux où se trouvent les appareils. En revanche, il existe une excellente concordance (écart de 2,8 %) entre les deux études faites en France.

- ***Réfrigérateurs-congélateurs*** : il existe une relativement bonne cohérence d'ensemble de toutes les mesures dont les valeurs extrêmes ne sont séparées que par un écart de 31 %. Le résultat des deux campagnes françaises est en revanche surprenant et mérite une recherche des causes. C'est peut-être *a priori* la campagne ***CIEL*** qui semblerait présenter des valeurs un peu sous-estimées.

- ***Congélateurs*** : les valeurs observées en Suède sont beaucoup plus élevées que toutes les autres. Les principales raisons semblent être que la très grande majorité des congélateurs suédois est placée à l'intérieur des volumes chauffés et que la température de ces volumes en hiver est plus élevée qu'en France (et probablement qu'au Portugal). L'écart entre les valeurs extrêmes est de 69 %, mais si l'on exclut les valeurs suédoises obtenues dans un contexte un peu particulier (et sur des appareils plus grands), il n'est plus que de 18 %. Relevons encore la très grande cohérence des valeurs relevées dans les deux enquêtes françaises puisque l'écart est inférieur à 2 %.

- ***Lave-linge*** : la plage des valeurs extrêmes est de 1 à 2,17. Le résultat obtenu au Portugal est très surprenant car il est très faible. Mais le lavage du linge est un des secteurs où les habitudes culturelles jouent le plus d'influence (fréquence de lavage, température utilisée, etc.), tout comme la nature des textiles les plus courants. On a mis en évidence que les consommations suédoises étaient notamment dues à des fréquences de lavage plus élevées

Appareils	**Type de**	***Nutek***	***CCE***	***CIEL***	***ECODROME***

	consommation	(Suède)	(Portugal)	(France)	(France)
Réfrigérateurs	**annuelle (kWh/an)**	485	274	373	363*
	/an/hab (kWh/an/hab)				103*
Réfrigérateurs-congélateurs	**annuelle (kWh/an)**	763	622	581	720*
	/an/hab (kWh/an/hab)				190*
Congélateurs	**annuelle (kWh/an)**	1048	729	617	629
	/an/hab (kWh/an/hab)				167
Lave-linge	**annuelle (kWh/an)**	315	145	235	263
	/an/hab (kWh/an/hab)	100		72	67
Lave-vaisselle	**annuelle (kWh/an)**	568[1]	284	262	293
	/an/hab (kWh/an/hab)			71	72*
Sèche-linge	**annuelle (kWh/an)**	372		480	379*
	/an/hab (kWh/an/hab)				79*
TV	**annuelle (kWh/an)**		152	140	203*
	/an/hab (kWh/an/hab)			43	53*
Eclairage	**annuelle (kWh/an)**				365/500
	/an/hab (kWh/an/hab)				94/129
Halogène	**annuelle (kWh/an)**			311	242*
	/an/hab (kWh/an/hab)				68*
Chaudières murales	**annuelle (kWh/an)**				293
	/an/hab (kWh/an/hab)				78

***** Après correction (voir chapitre 4)

Figure 5.1 Résultats comparés des différentes campagnes de mesures européennes

[1] L'alimentation des L.V. se fait en Suède par de l'eau chaude produite par électricité. Ce résultat ne peut donc pas être comparé aux autres.

qu'en France et à une utilisation plus importante des cycles chauds. Notons enfin la particularité des deux études françaises : la consommation annuelle de l'une est inférieure de 11 % à celle de l'autre, mais dans le même temps sa consommation par habitant est supérieure de 7,5 %.

- ***Lave-vaisselle*** : la consommation des lave-vaisselle suédois ne peut pas être comparée avec celle des autres appareils car l'alimentation y est faite avec de l'eau chaude produite par de l'électricité. Il s'ensuit que tous les remplissages sont faits à l'eau chaude, même ceux qui auraient dû être faits à l'eau froide, d'où d'importantes surconsommations dans la mesure où la source énergie est l'électricité.

Pour les trois autres campagnes de mesures les résultats extrêmes ne sont séparés que de 12 %, et ce sont les deux campagnes françaises qui constituent les extrêmes. Mais lorsqu'on examine les consommations par habitant de ces deux campagnes elles sont les mêmes à 1,4 % près, dénotant une excellente concordance.

- ***Sèche-linge*** : les valeurs extrêmes sont séparées de 29 %. A notre avis, trop de paramètres agissent sur la consommation des sèche-linge pour que l'on puisse déjà tenter de tirer des conclusions : taille de la charge, nature des textiles, fréquence de la pratique du séchage à l'air libre, etc. Nous pensons que des études spécifiques devraient être conduites sur cet appareil qui apparaît en revanche déjà comme un des plus gros consommateurs du secteur résidentiel.

- ***Téléviseurs*** : les valeurs extrêmes sont celles des deux enquêtes françaises qui sont séparées de 45 %. Il semble que la durée d'utilisation est la principale cause de cet écart (40 % de plus dans un cas que dans l'autre), et cette différence semble d'autant plus importante que la taille de la famille est grande, ce que traduit en partie la consommation par habitant qui ne diverge que de 23 % entre les deux enquêtes. Là aussi un complément d'étude pourrait s'imposer pour préciser l'influence de ces différents paramètres.

Les autres usages mentionnés dans le tableau n'ont pas été validés dans les autres enquêtes et n'appellent donc pas de remarques particulières.

5 - 2 Intérêt des habitants pour cette première campagne de mesures

Il est très intéressant d'observer le comportement et l'intérêt que les occupants de l'opération ***ECODROME*** ont porté à ce projet. Ils ont été associés dès l'origine afin de les motiver pour qu'ils acceptent le déménagement de tous leurs appareils la seconde année. Mais au fil de nos entretiens, au fil des vicissitudes du projet, leurs questions se sont multipliées et se sont faites plus précises. A l'évidence leur intérêt s'est éveillé, et très vite bon nombre d'entre eux sont devenus « acteurs » de l'opération, allant jusqu'à rechercher dans les magasins la fameuse étiquette européenne énergie label. Au moment du changement de matériels toutes les familles sans exception ont souhaité que nous leur commentions leur consommation de l'année écoulée. Certains ont immédiatement pris des initiatives que nous n'avions même pas sollicitées, concernant notamment la suppression des éclairages halogènes.

Il est certain que ces familles, pour avoir accepté d'être cobayes de cette expérimentation, avaient probablement déjà une approche plutôt ouverte aux questions énergétiques ou à celle des charges, mais quoi qu'il en soit nous avons été surpris de constater à quel point elles ont développé une réelle préoccupation et un réel intérêt pour le sujet. Certains ont tout simplement découvert que tous les appareils électroménagers vendus

n'avaient pas forcément les mêmes performances énergétiques. Pour eux, la consommation de tous les réfrigérateurs d'un même volume ne pouvait qu'être sensiblement identique d'un appareil à l'autre. « Maintenant que nous savons que ça existe, nous allons acheter de manière différente » nous ont dit certains. Cette phrase est importante et elle prouve à l'évidence que le véritable maillon manquant dans le développement de la MDE est la sensibilisation et l'information du public. Tous les fabricants nous ont dit leur crainte de lancer sur le marché français des appareils performants au motif que les Français ne sont pas concernés par les questions énergétiques et la consommation de leurs appareils. L'expérience que nous vivons montre que c'est inexact et que les Français sont parfaitement sensibles à condition qu'on prenne le soin de leur expliquer les enjeux. C'est une leçon importante et qui mérite d'être médité dans un pays où l'opinion du public en matière énergétique n'a jamais été beaucoup prise en compte. Mais aucune stratégie ambitieuse de MDE se fera sans l'adhésion publique, si bien qu'il conviendrait rapidement de rendre mature et adulte cette opinion publique au moyen de campagnes de sensibilisation intelligentes. Puissent les résultats définitifs de cette expérimentation contribuer à cette sensibilisation...

ANNEXE 1

LISTE DES CONSEILS D'UTILISATION DONNES AUX USAGERS

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 dessécheront 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).

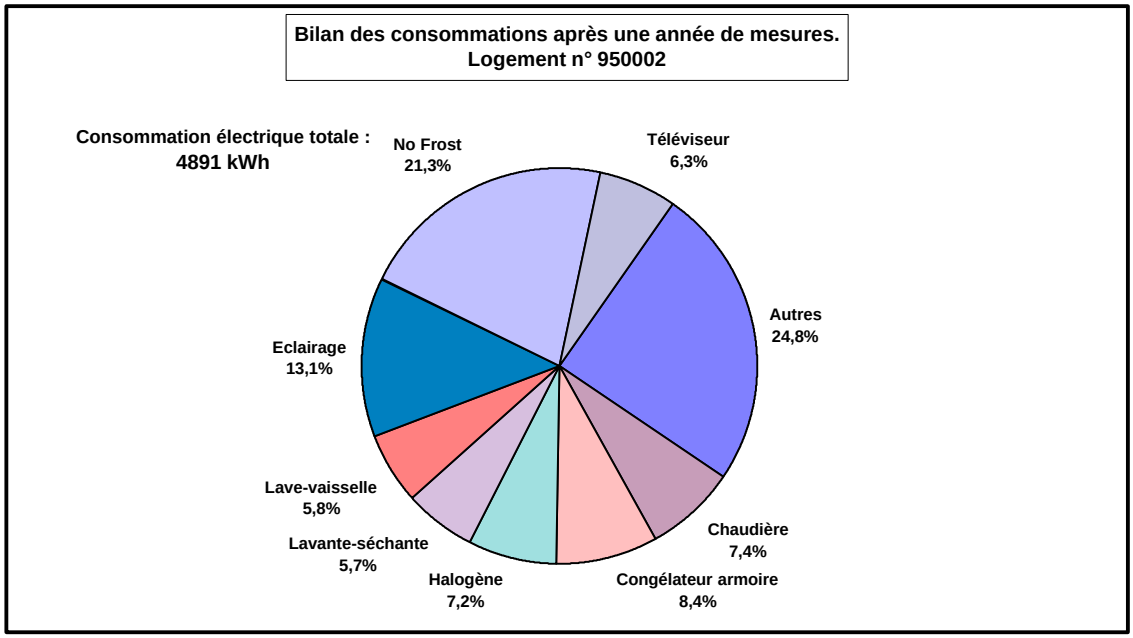
Si vous avez besoin d'une précision quelconque, n'hésitez pas à m'appeler :

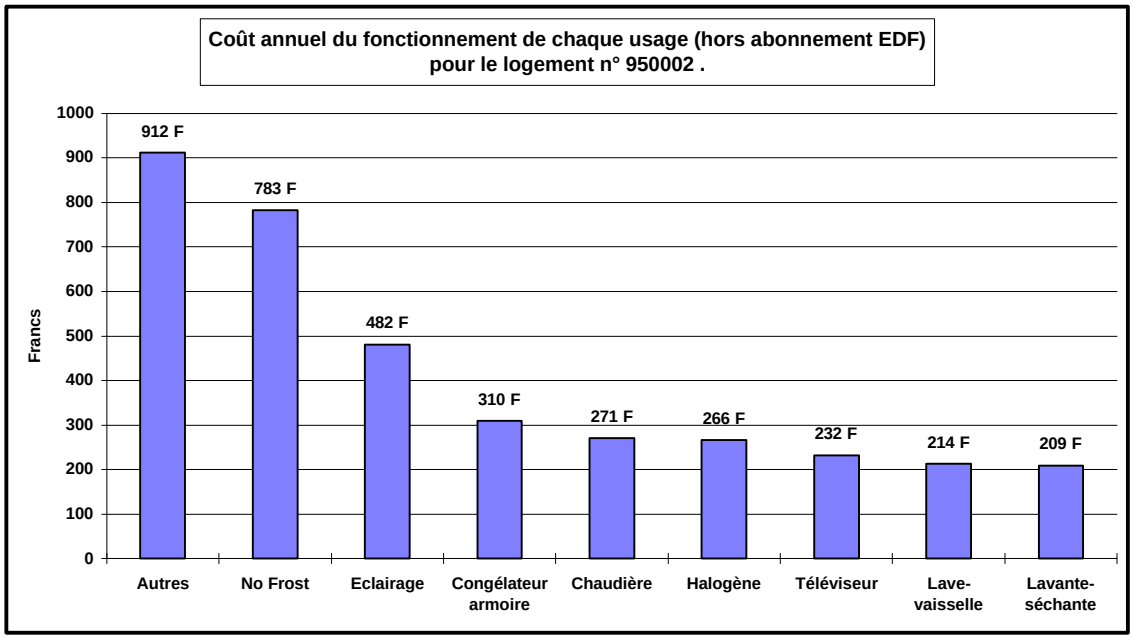
Olivier SIDLER - 75.90.18.54

....et merci de suivre tous ces conseils d'économie pour mener à bien notre expérience commune!

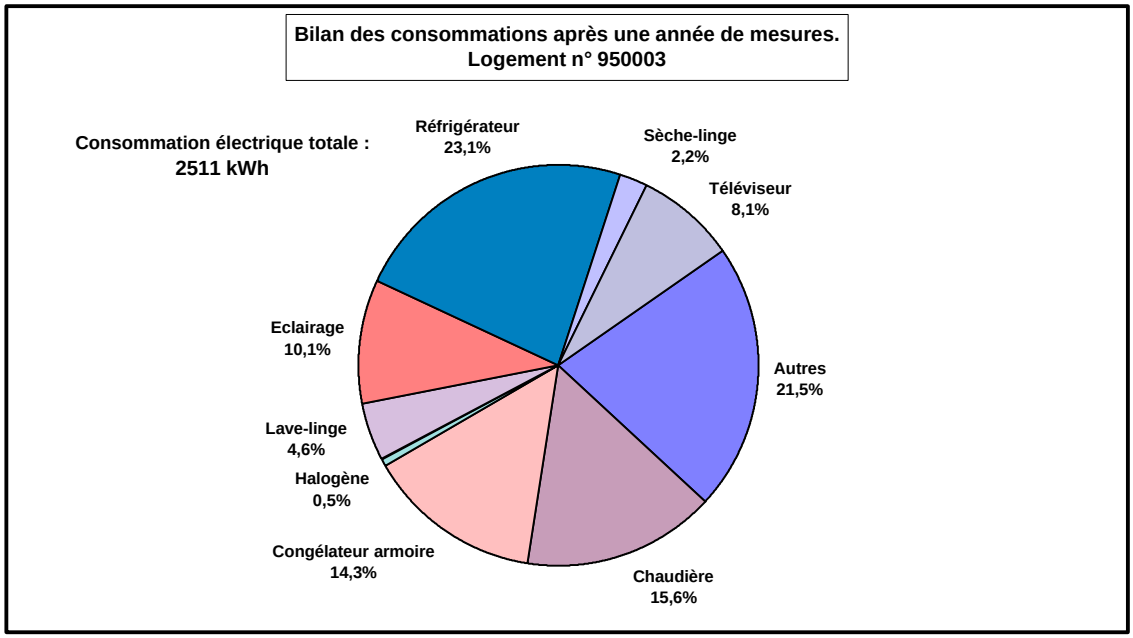
ANNEXE 2

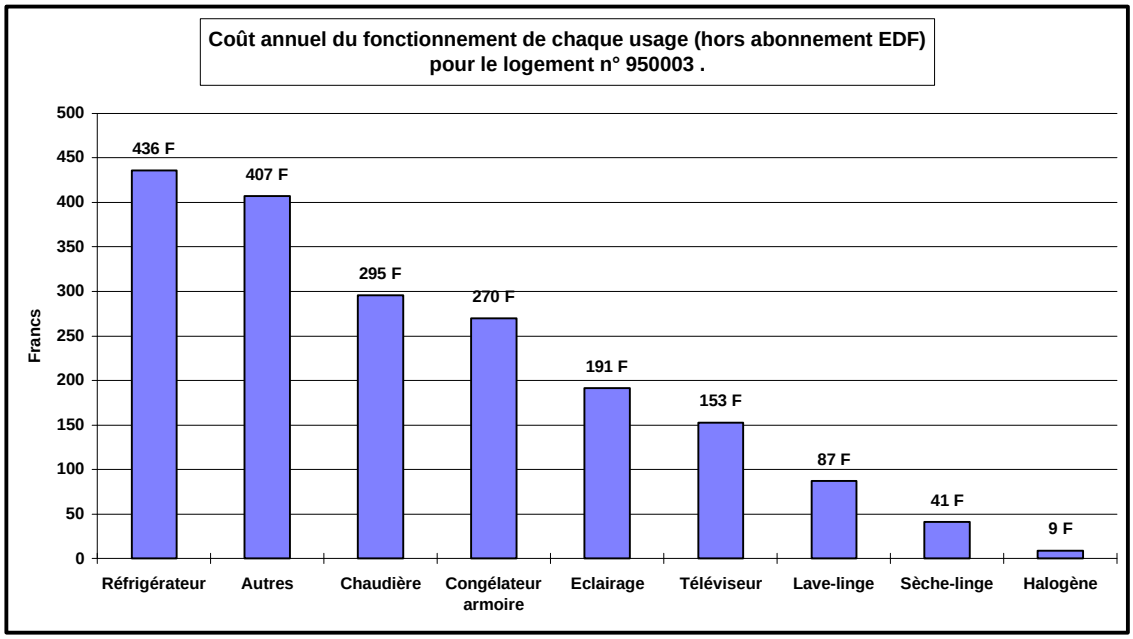
BILANS DE CONSOMMATION INDIVIDUELS DES LOGEMENTS



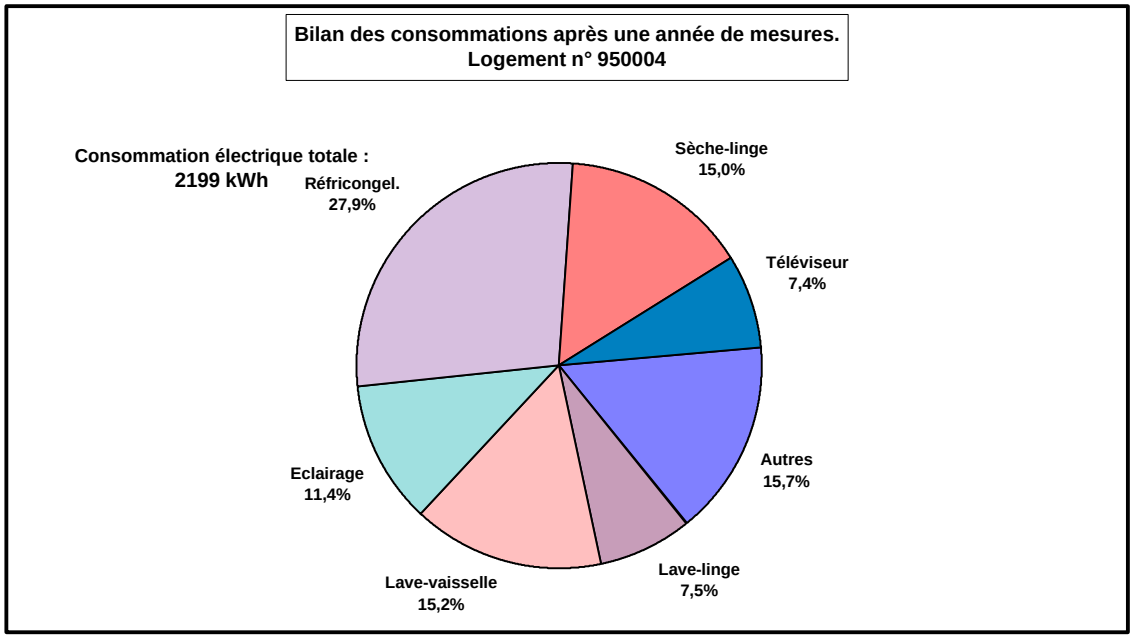


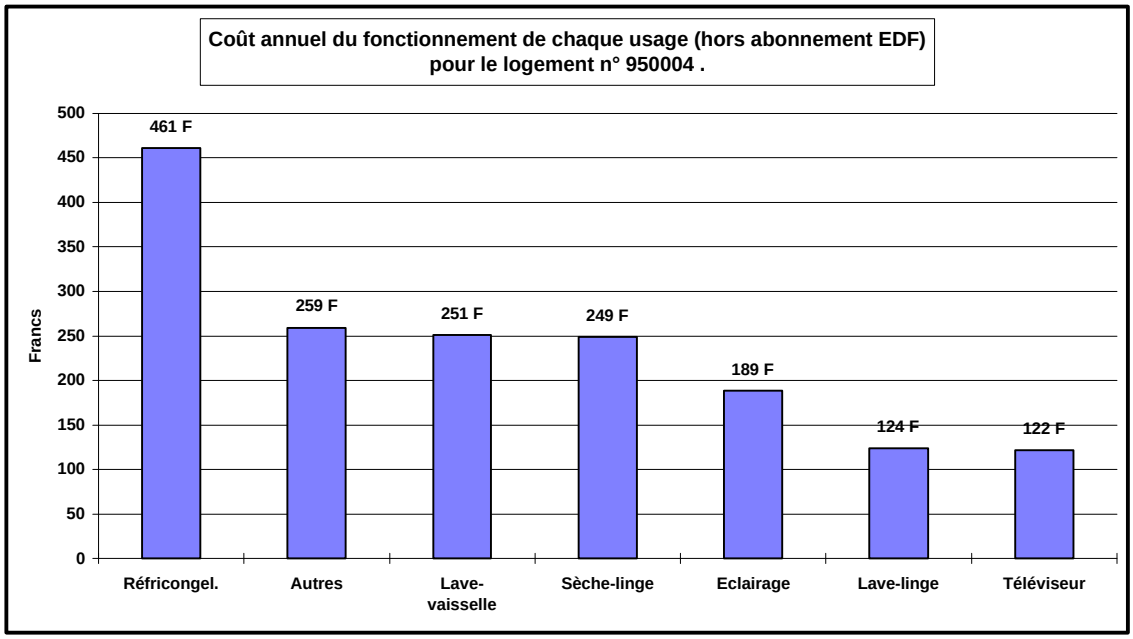
Logement n°950002



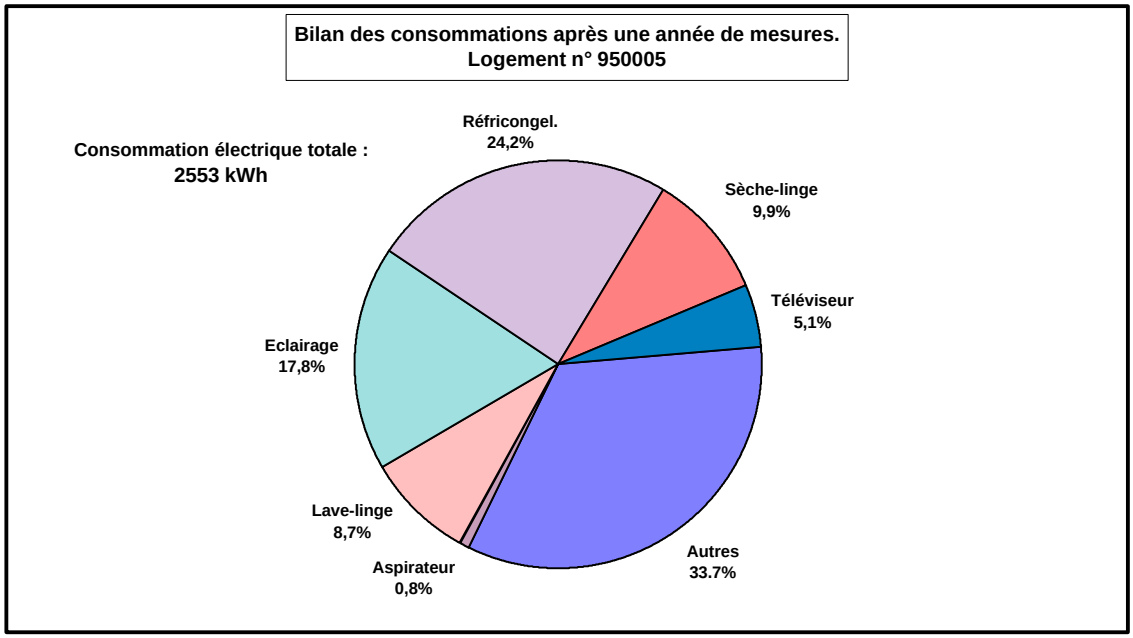


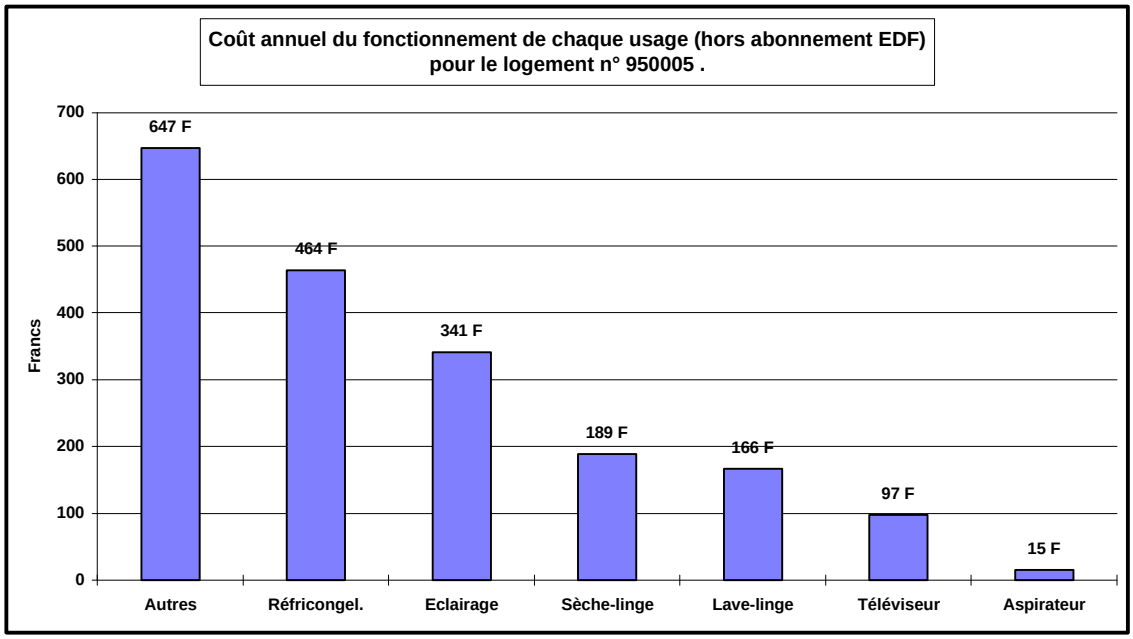
Logement n°950003



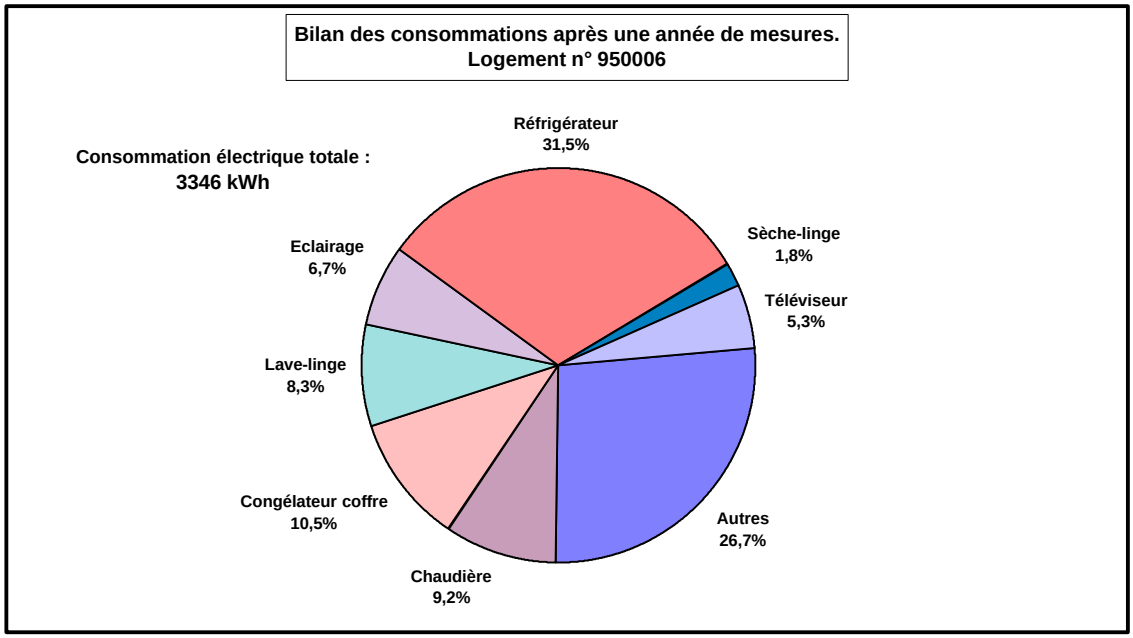


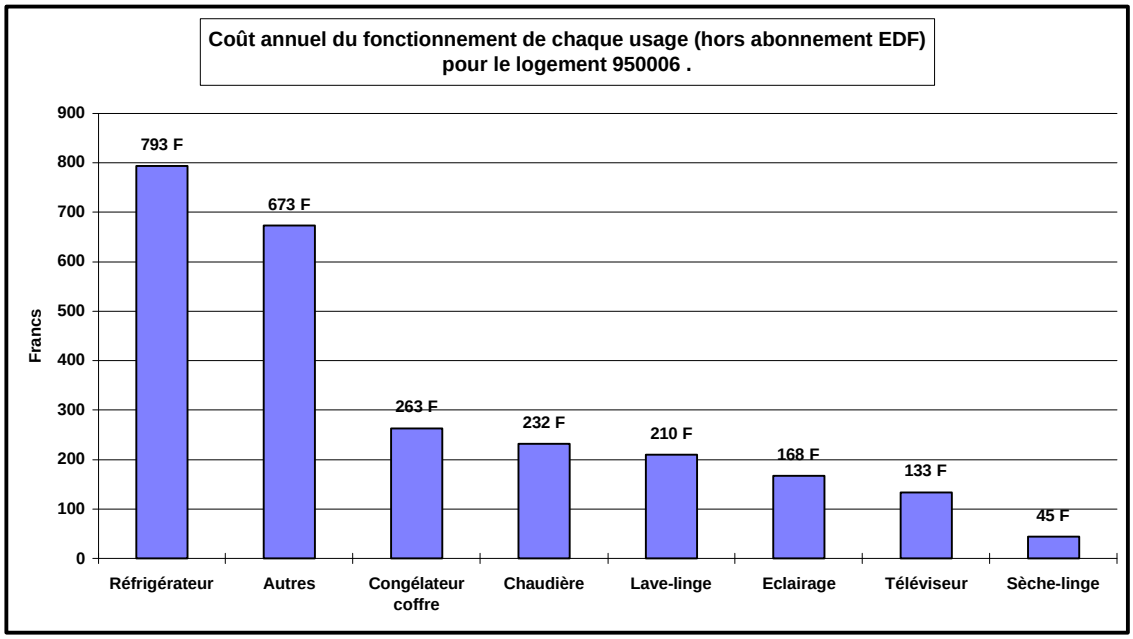
Logement n°950004



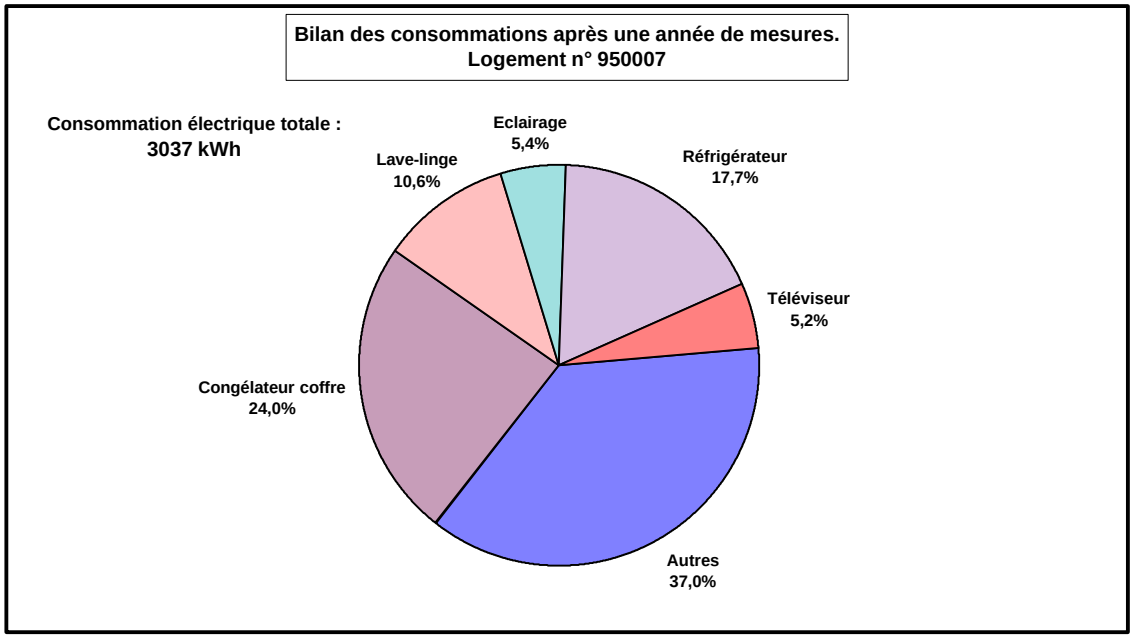


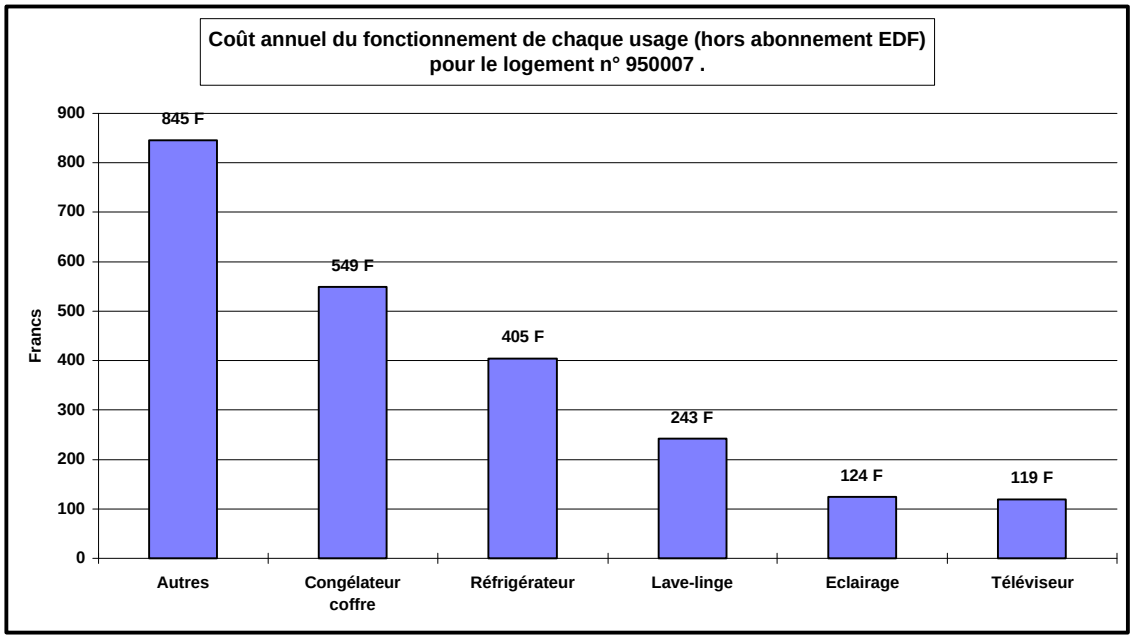
Logement n°950005



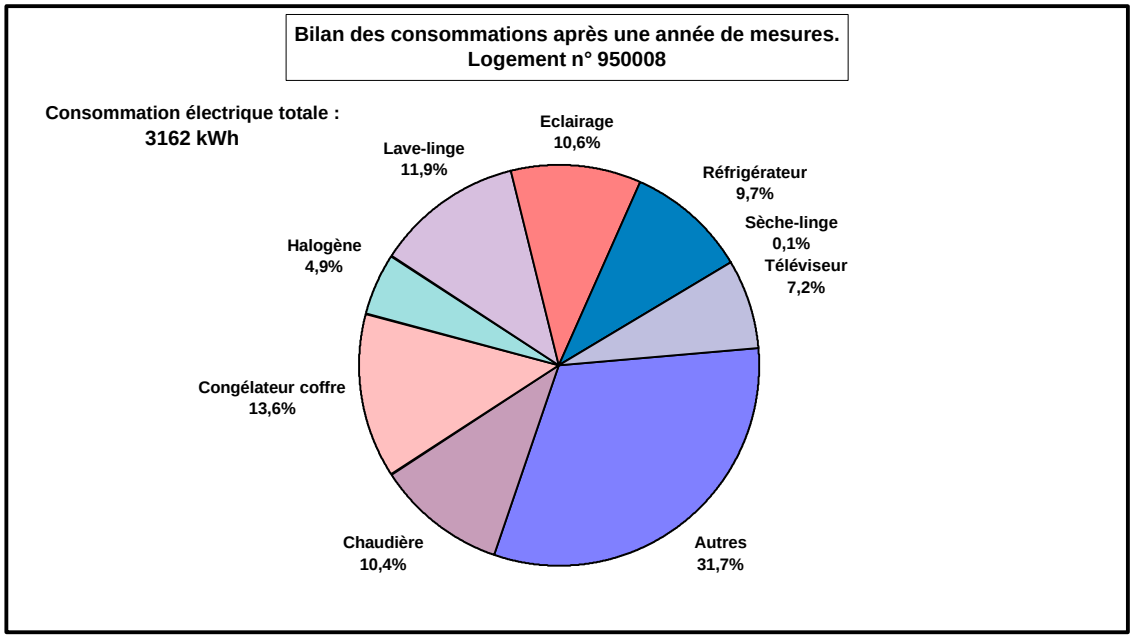


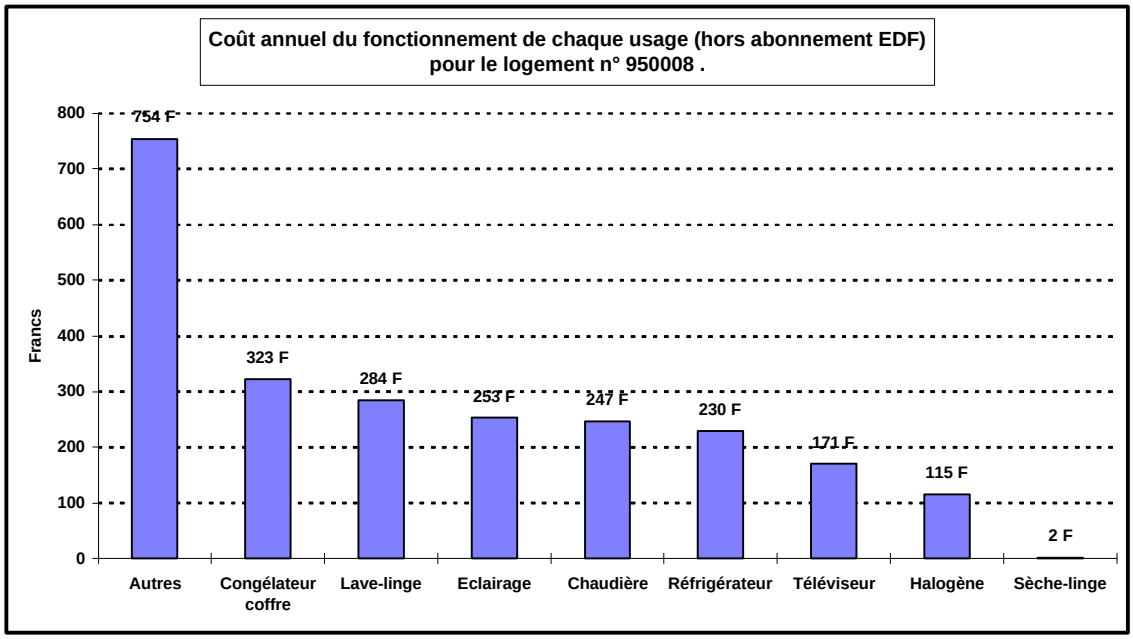
Logement n°950006



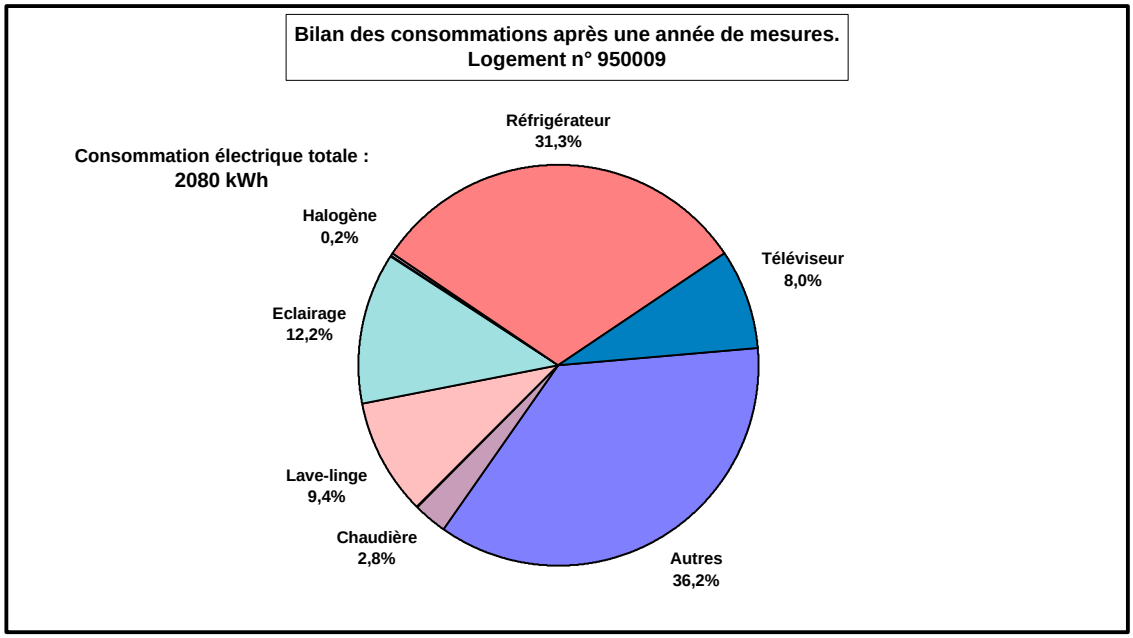


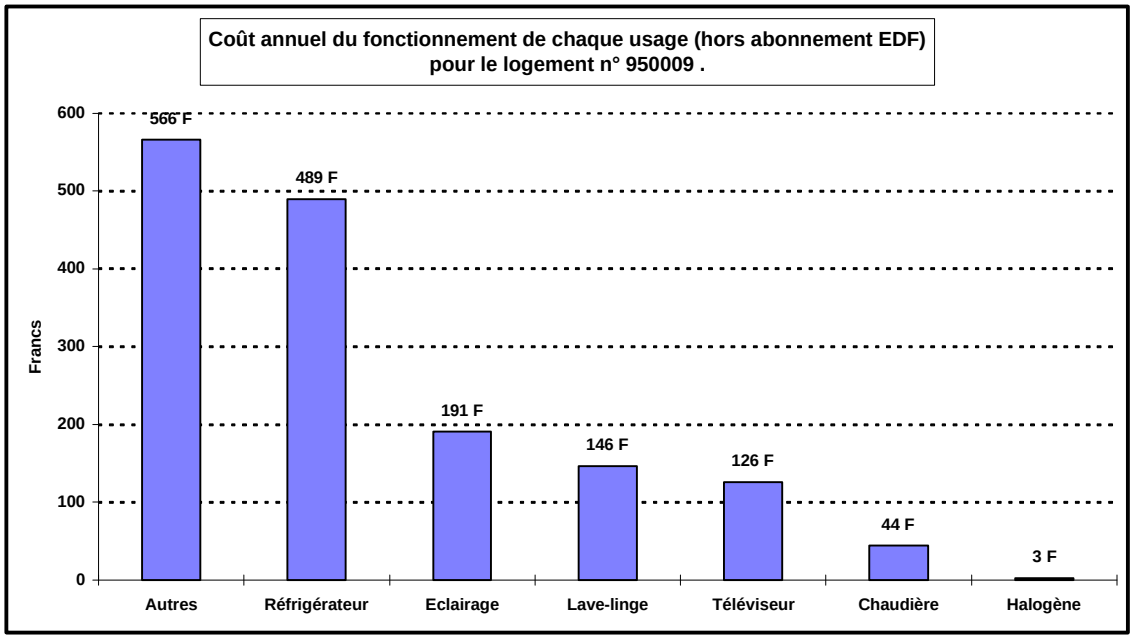
Logement n°950007



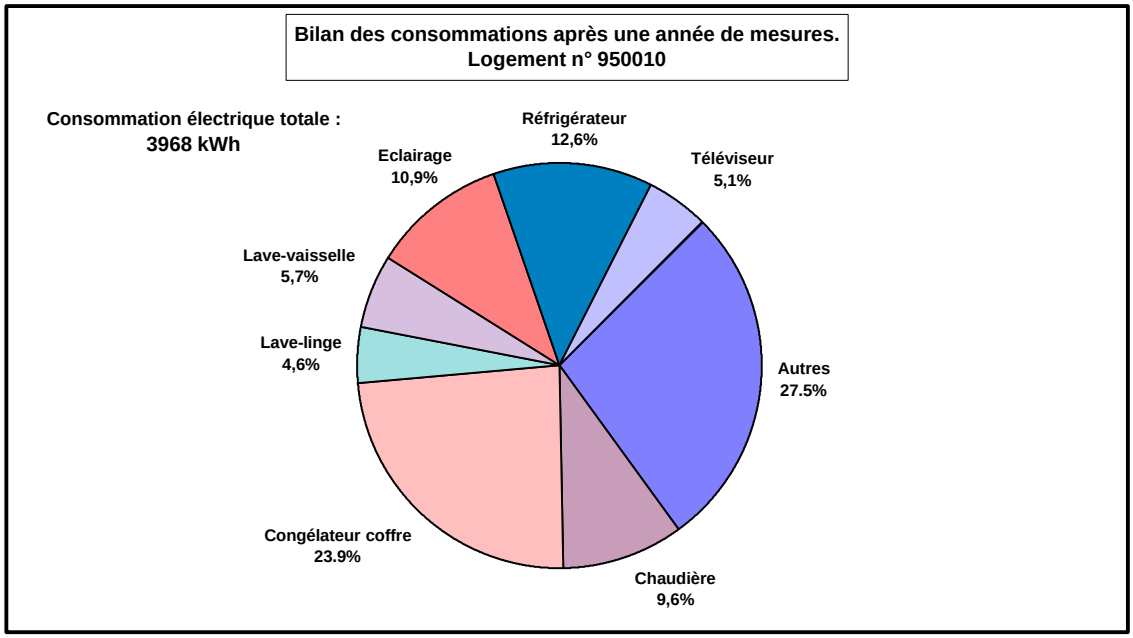


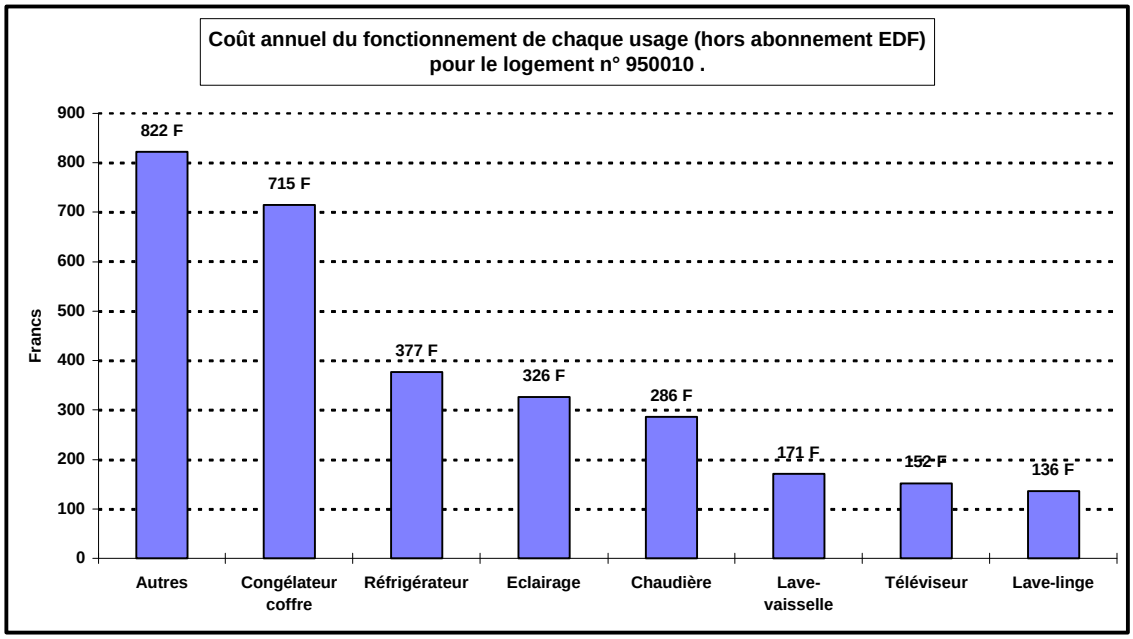
Logement n°950008



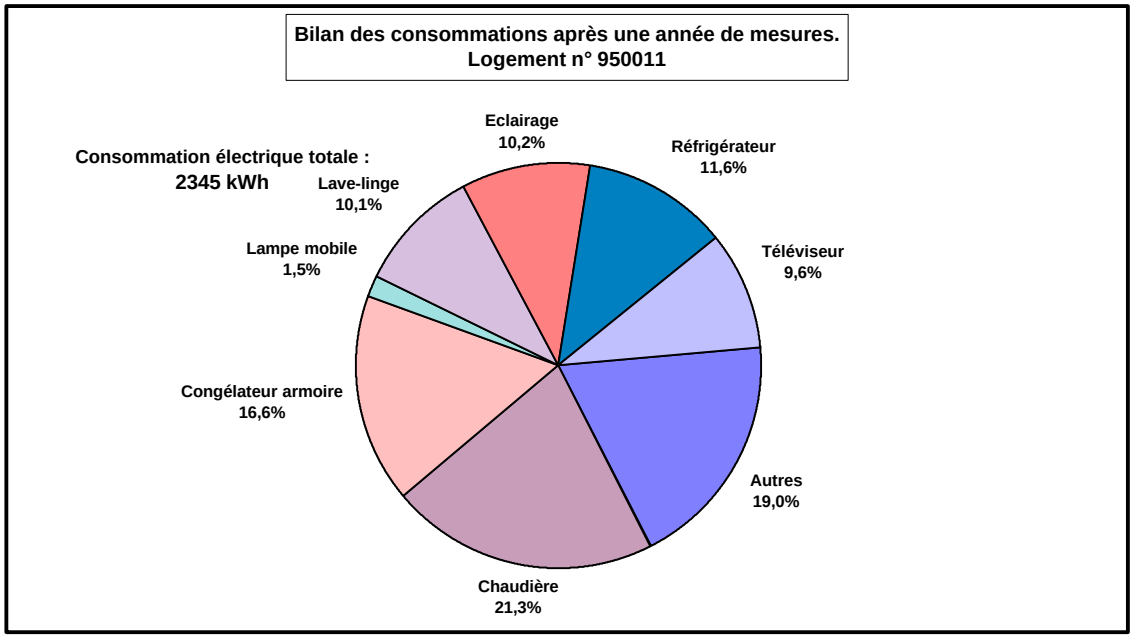


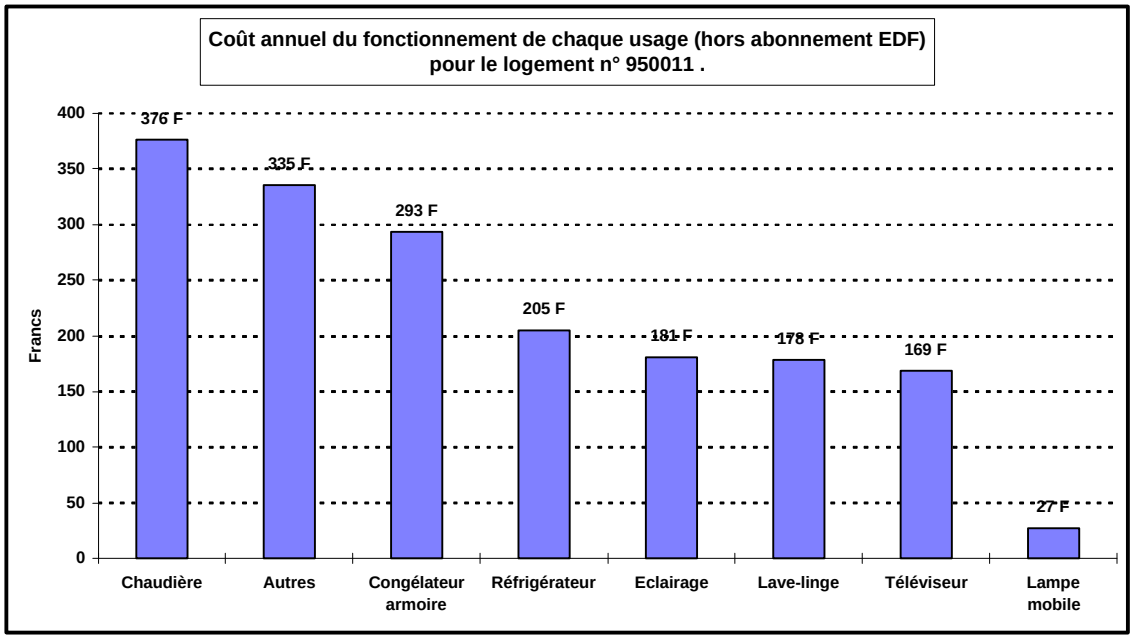
Logement n°950009



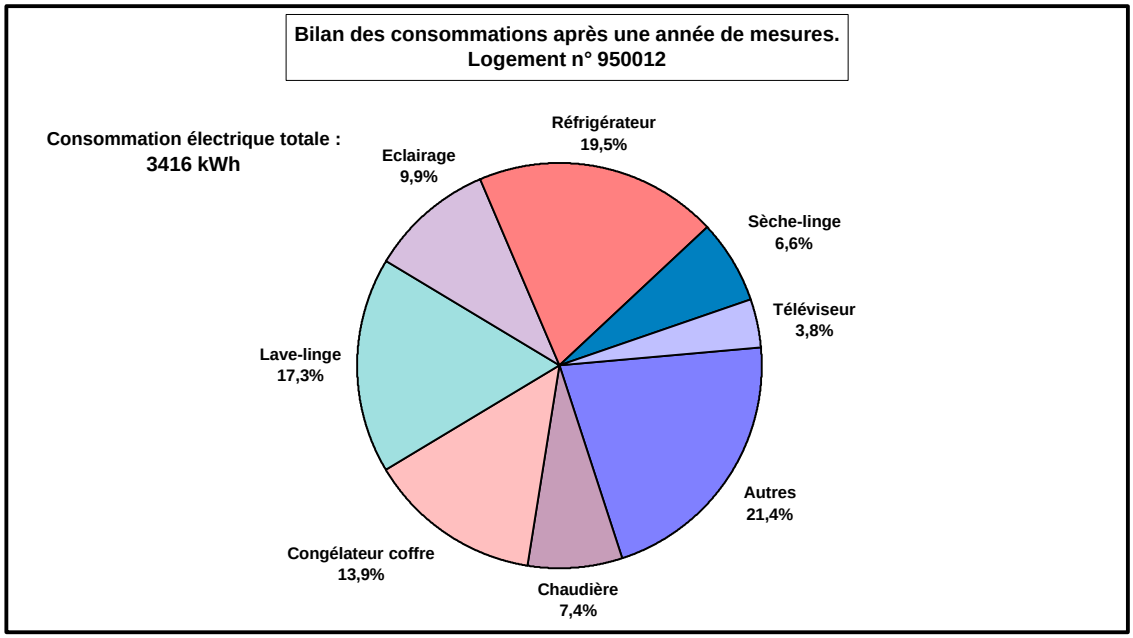


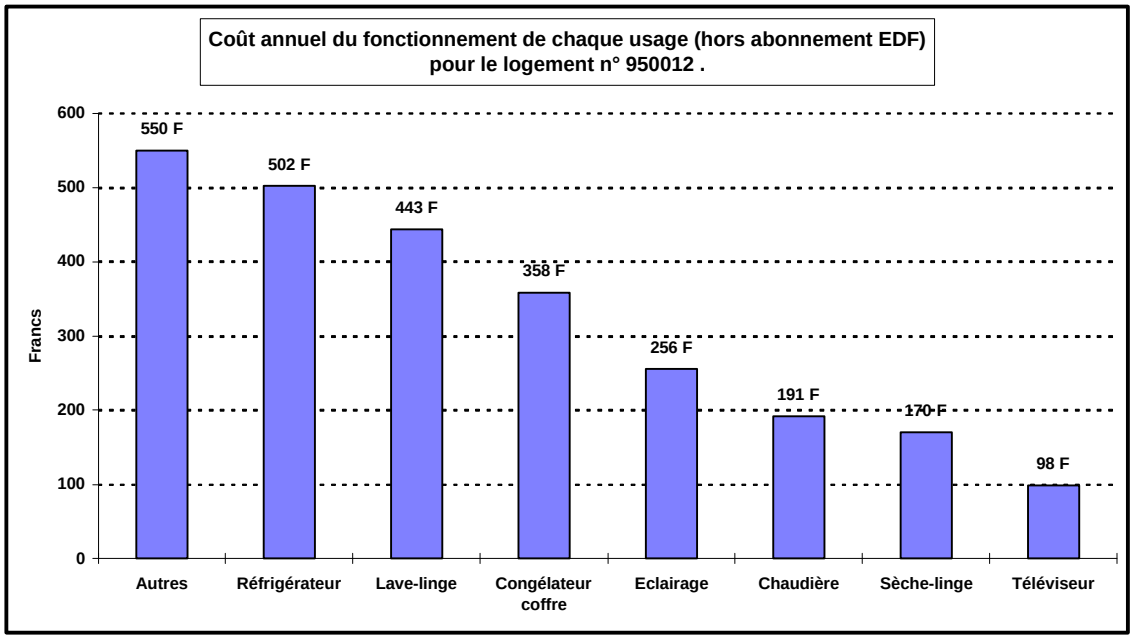
Logement n°950010



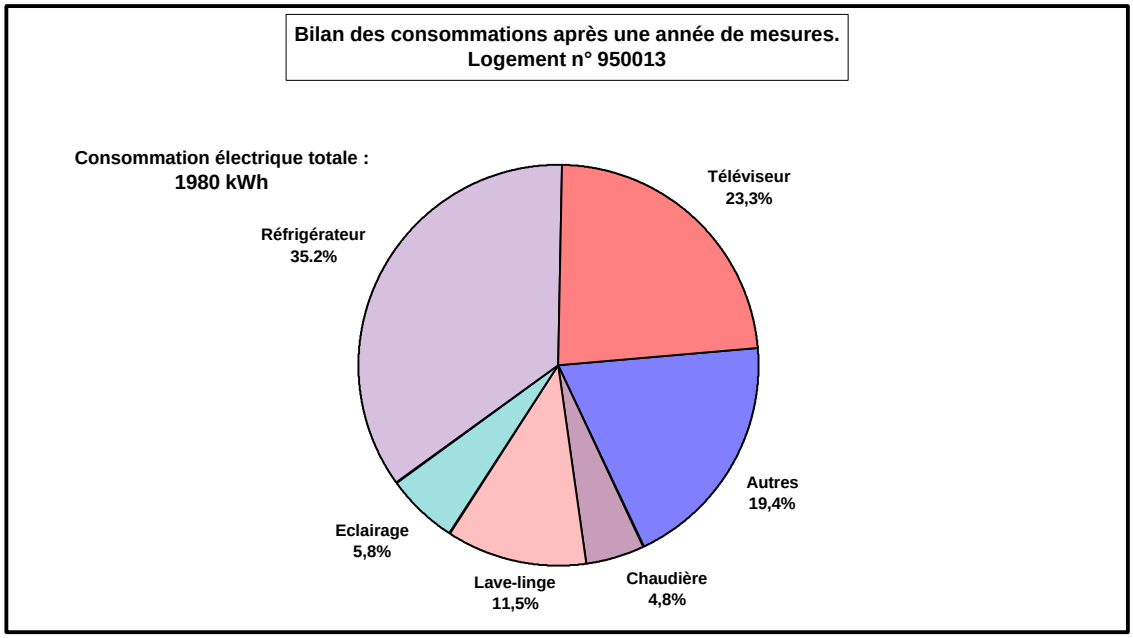


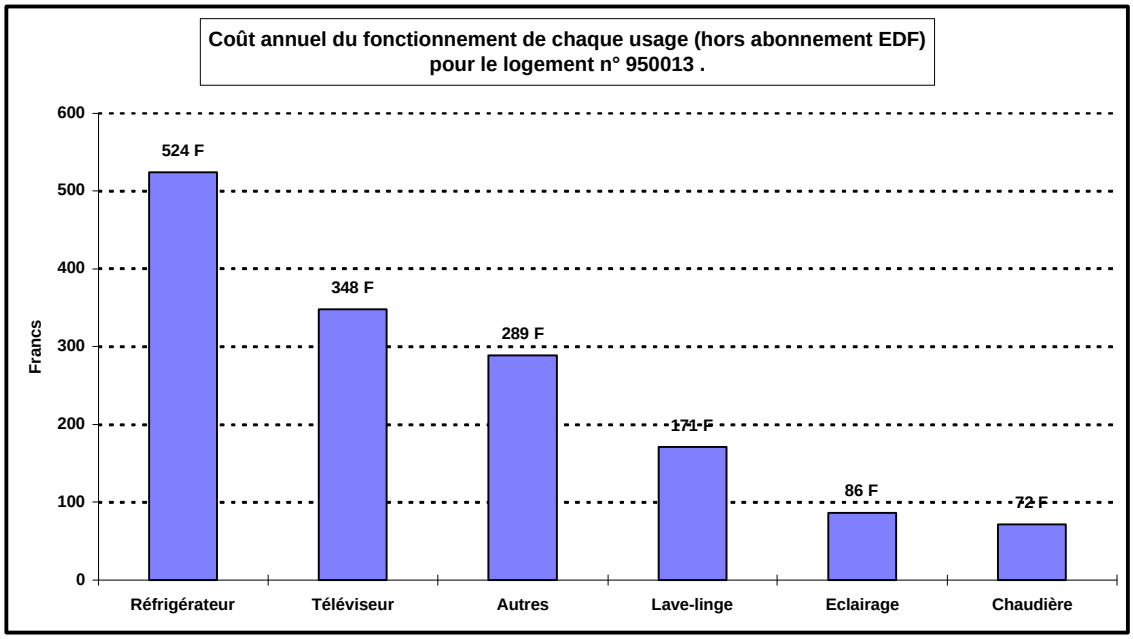
Logement n°950011



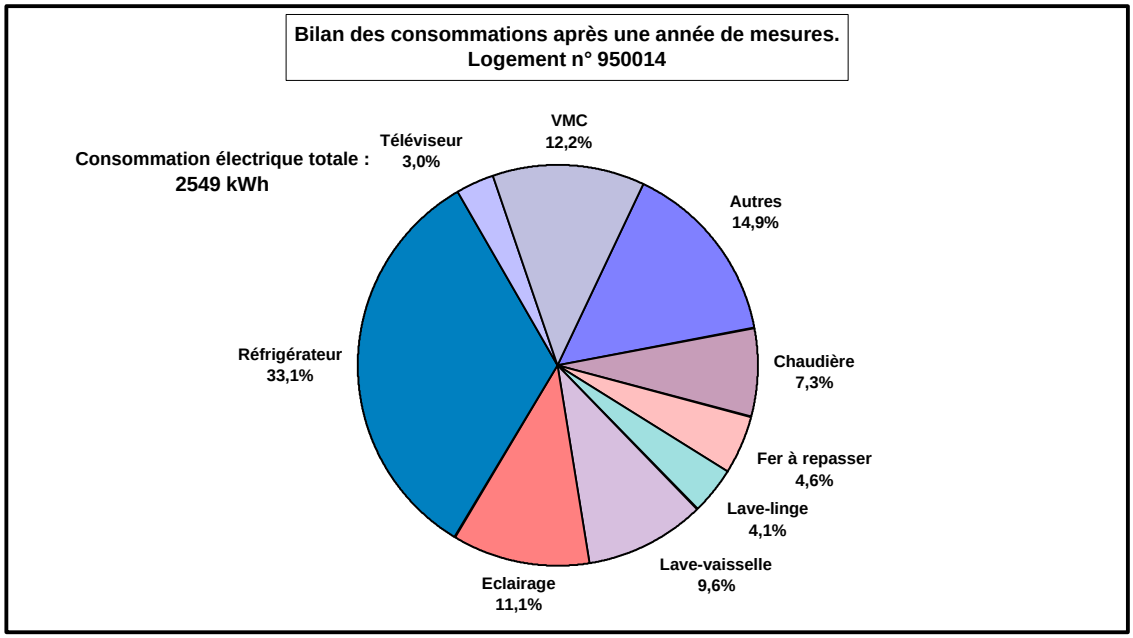


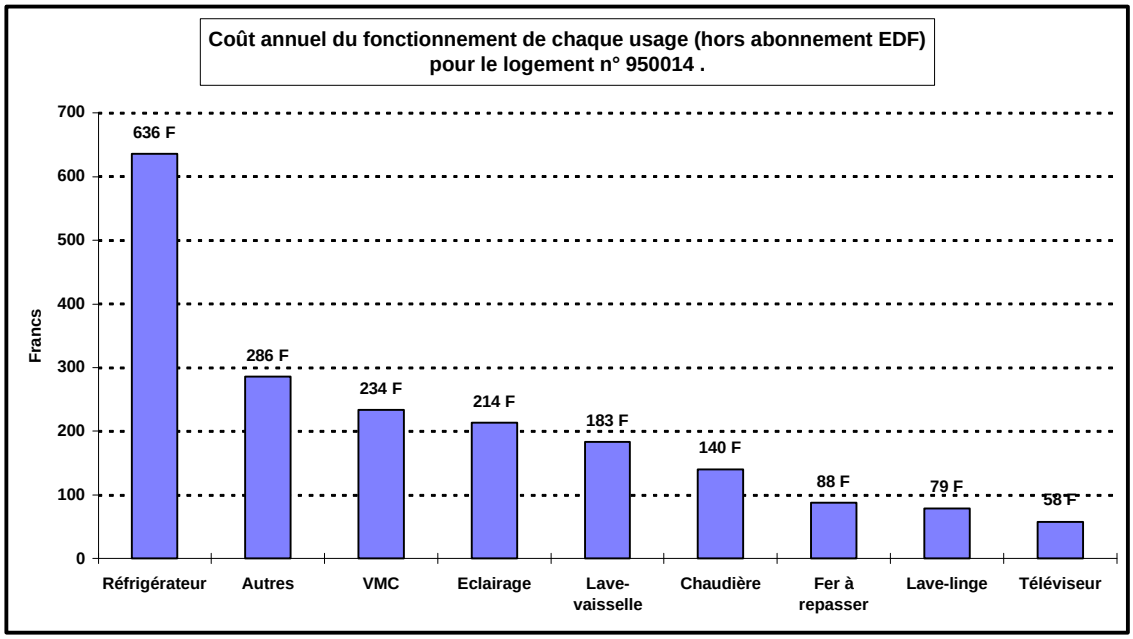
Logement n°950012



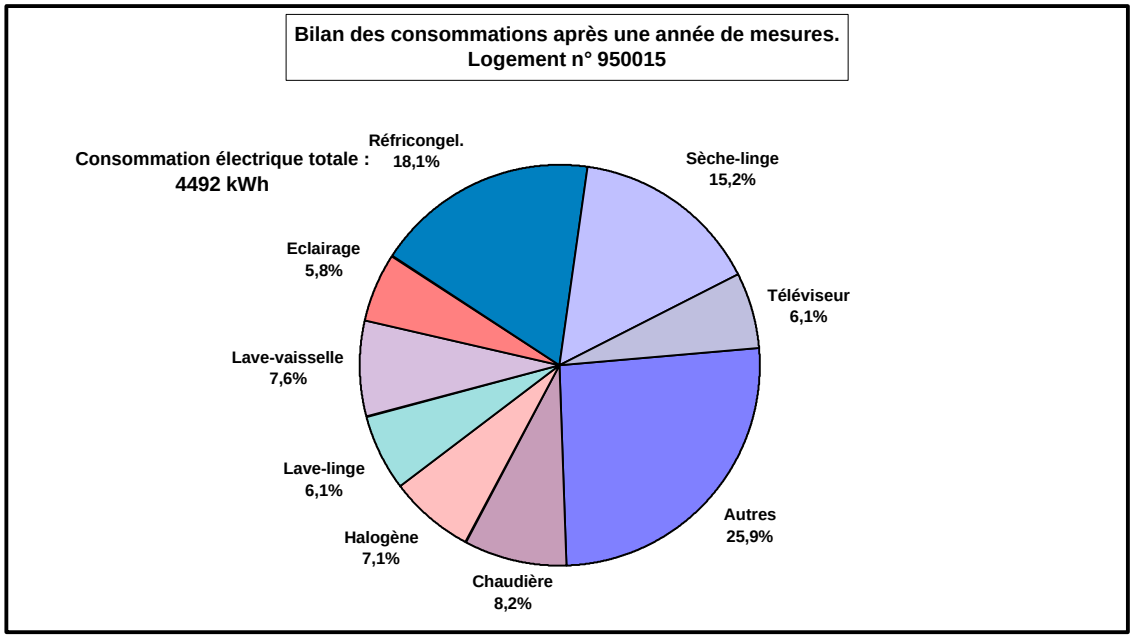


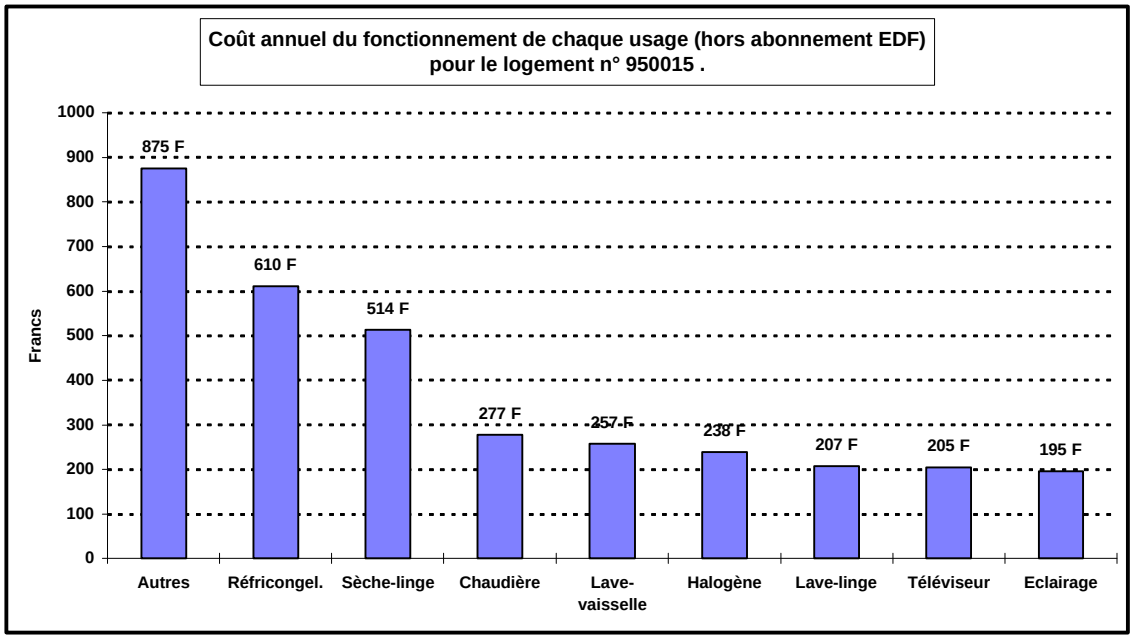
Logement n°950013



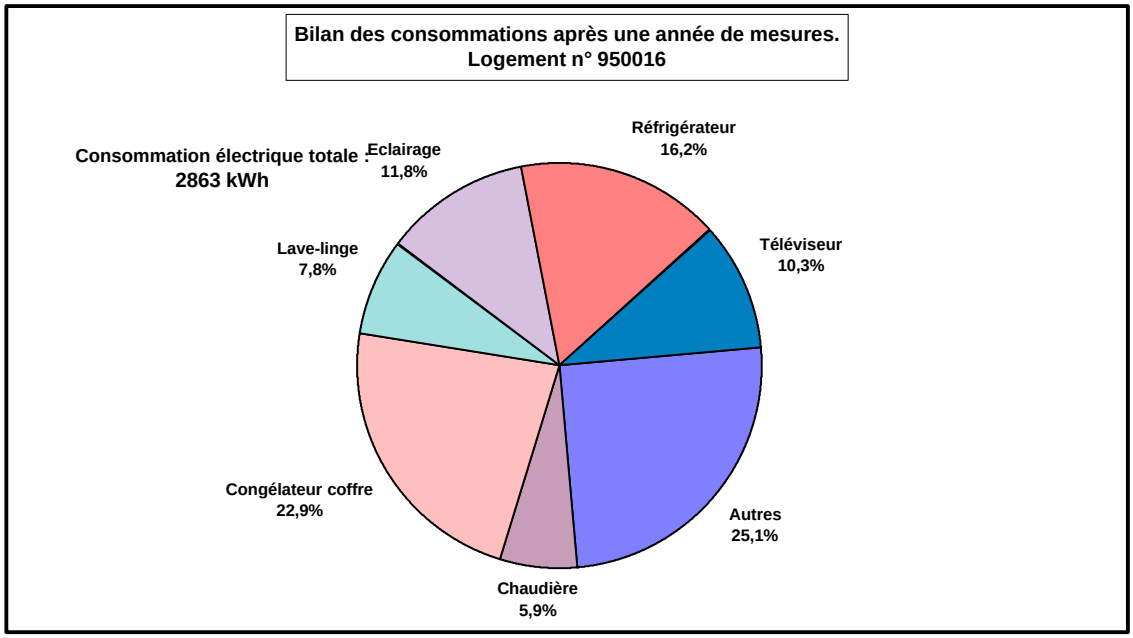


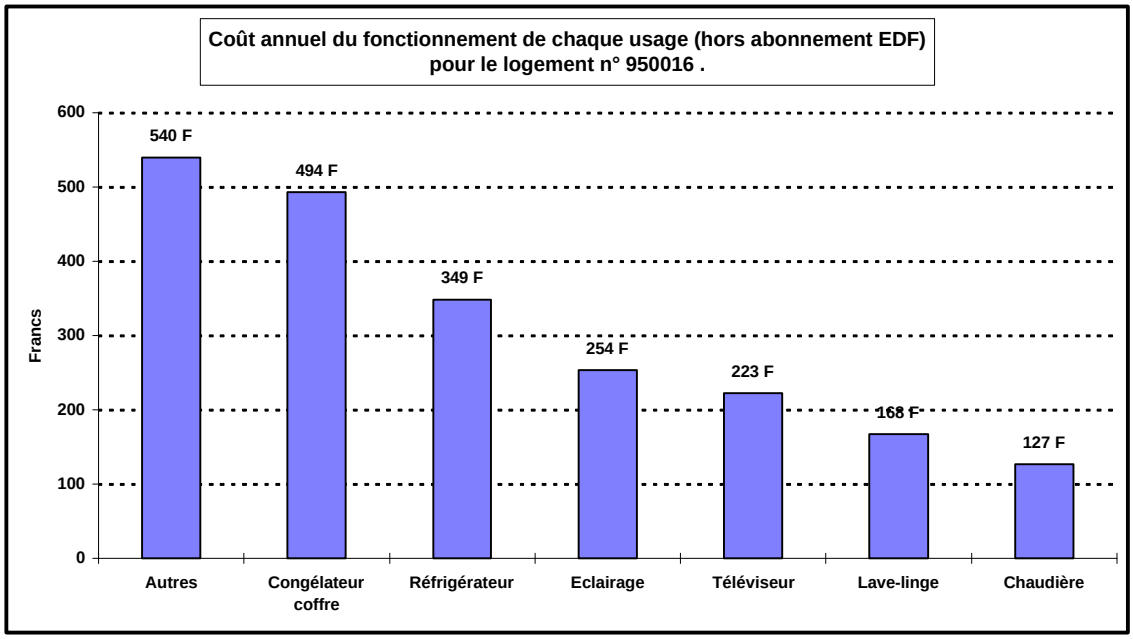
Logement n°950014



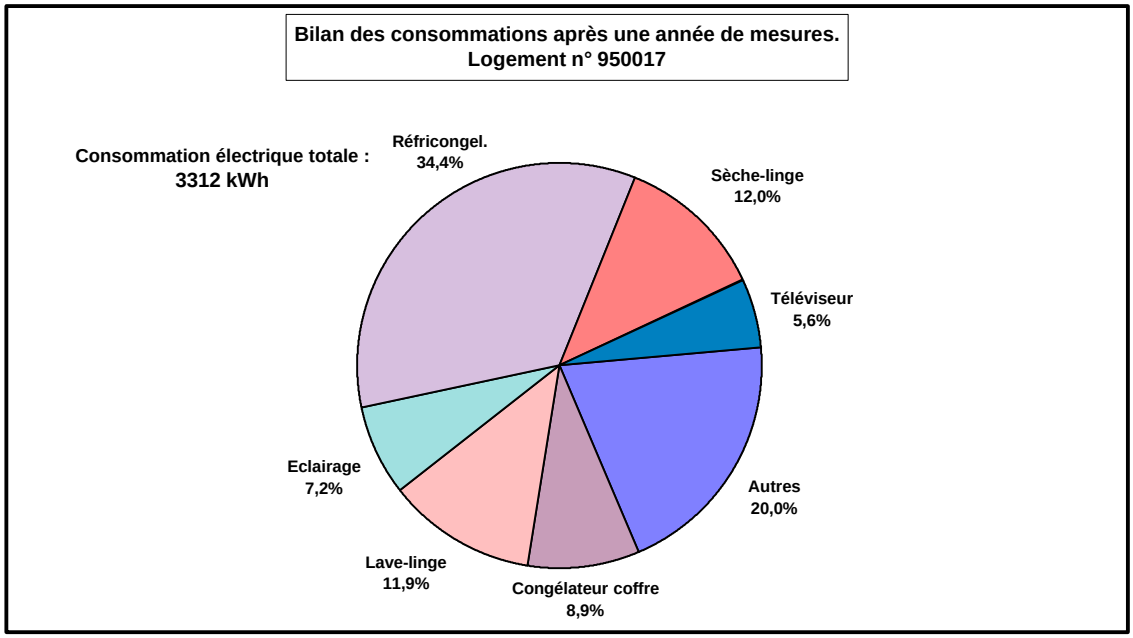


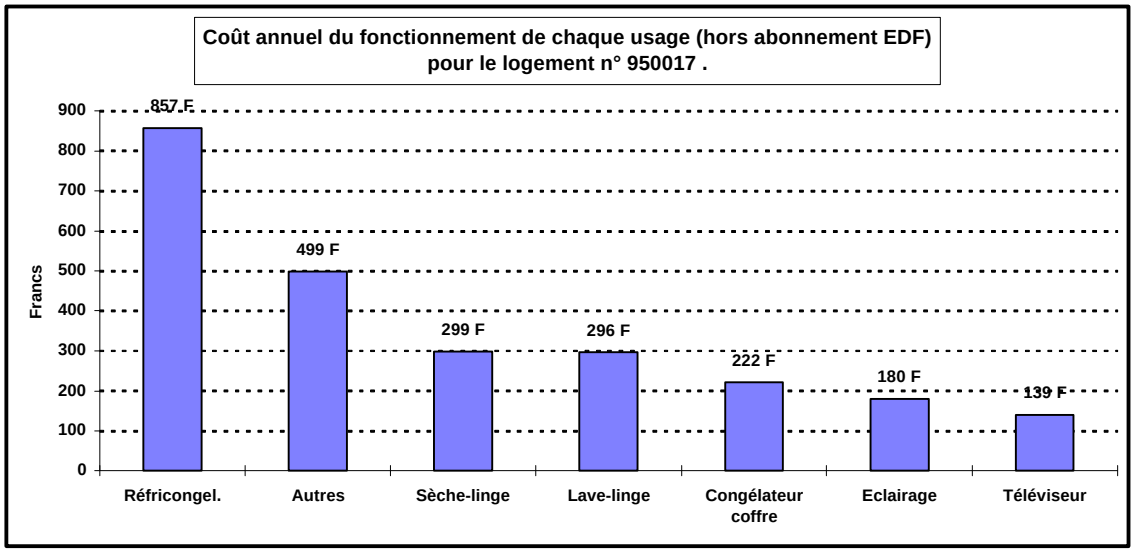
Logement n°950015



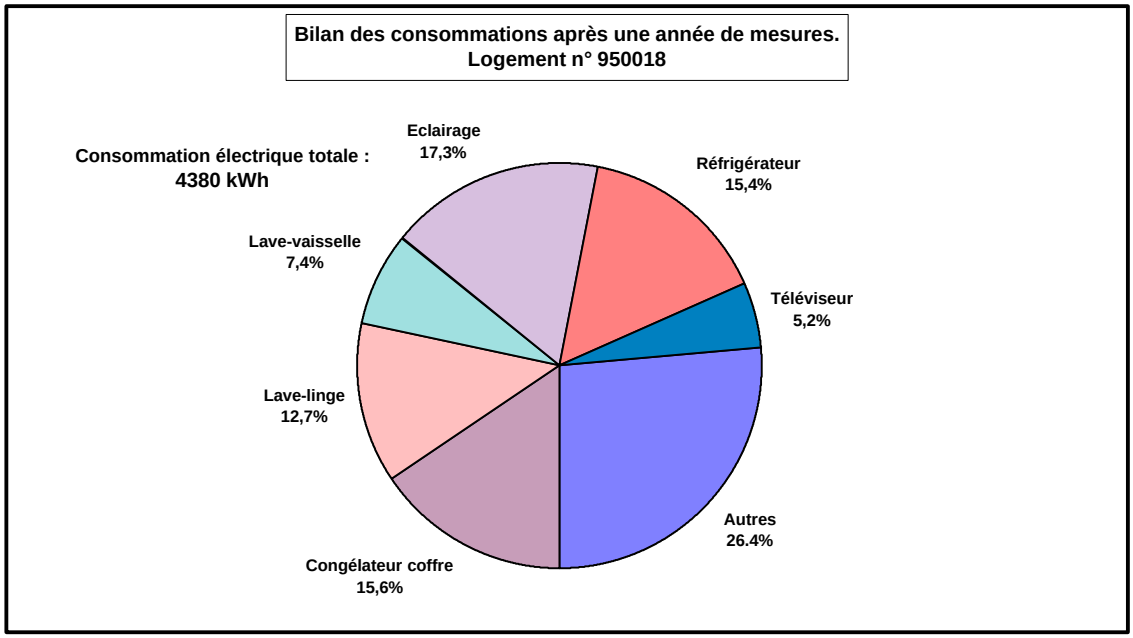


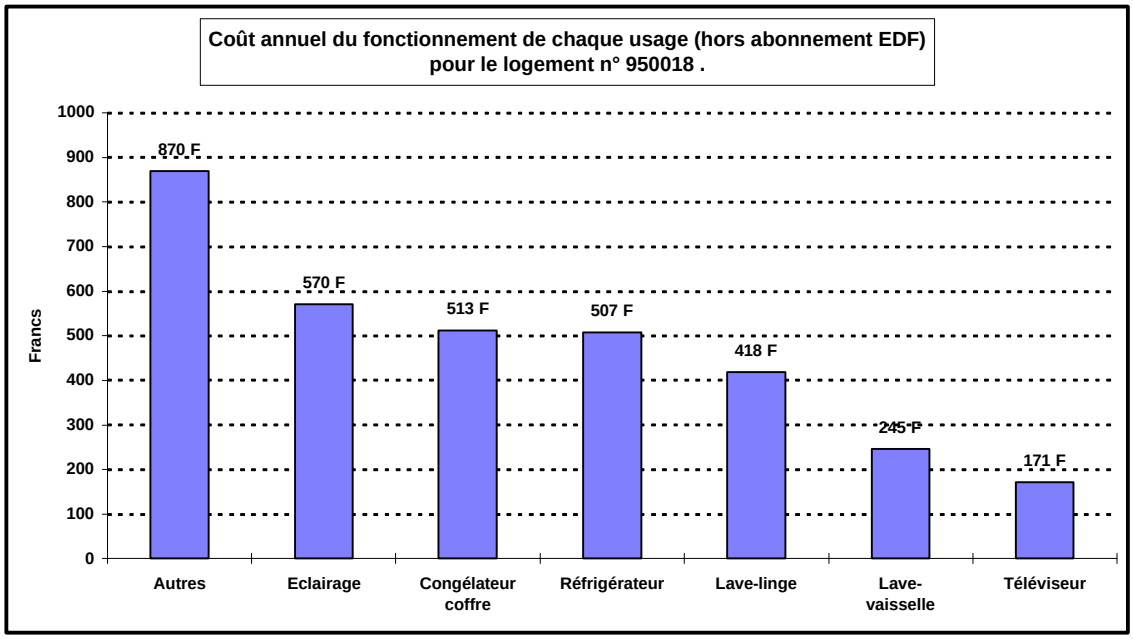
Logement n°950016



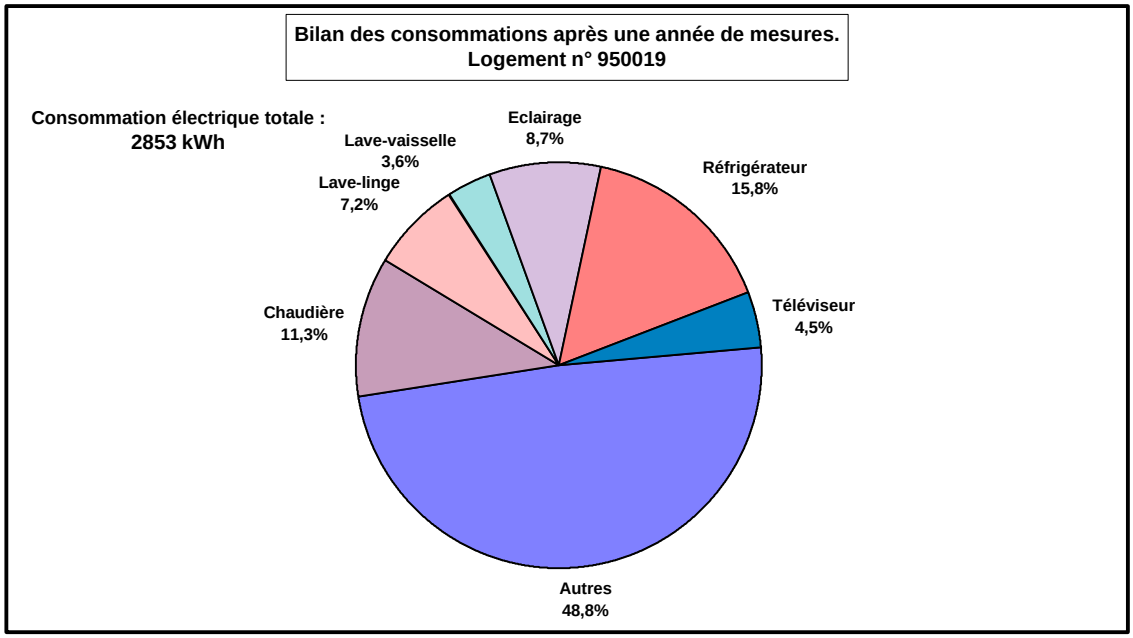


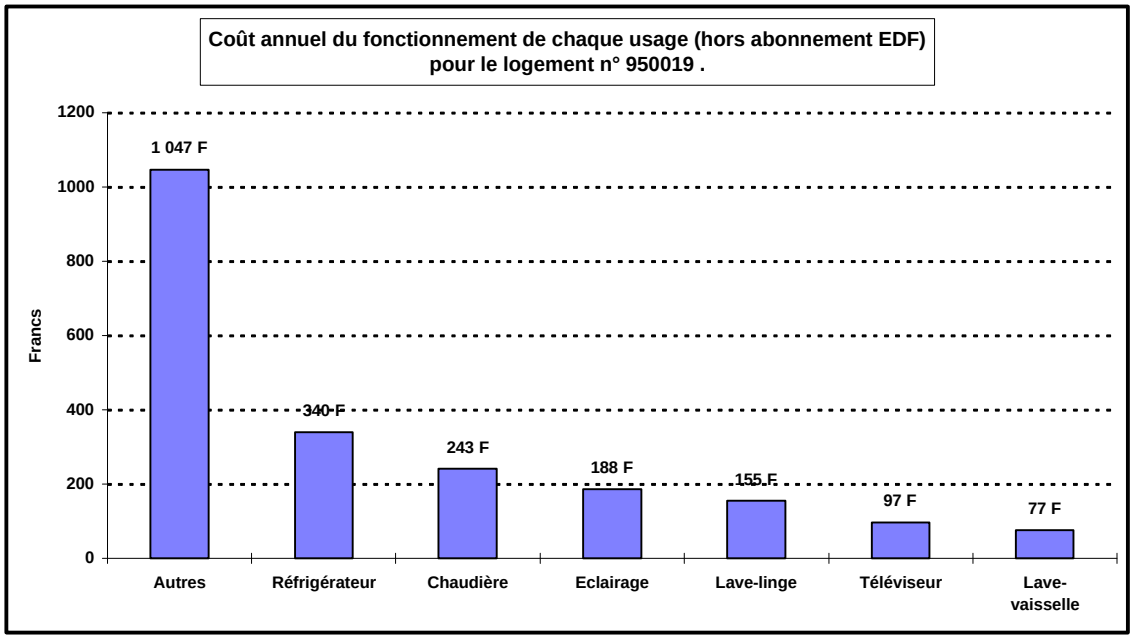
Logement n°950017



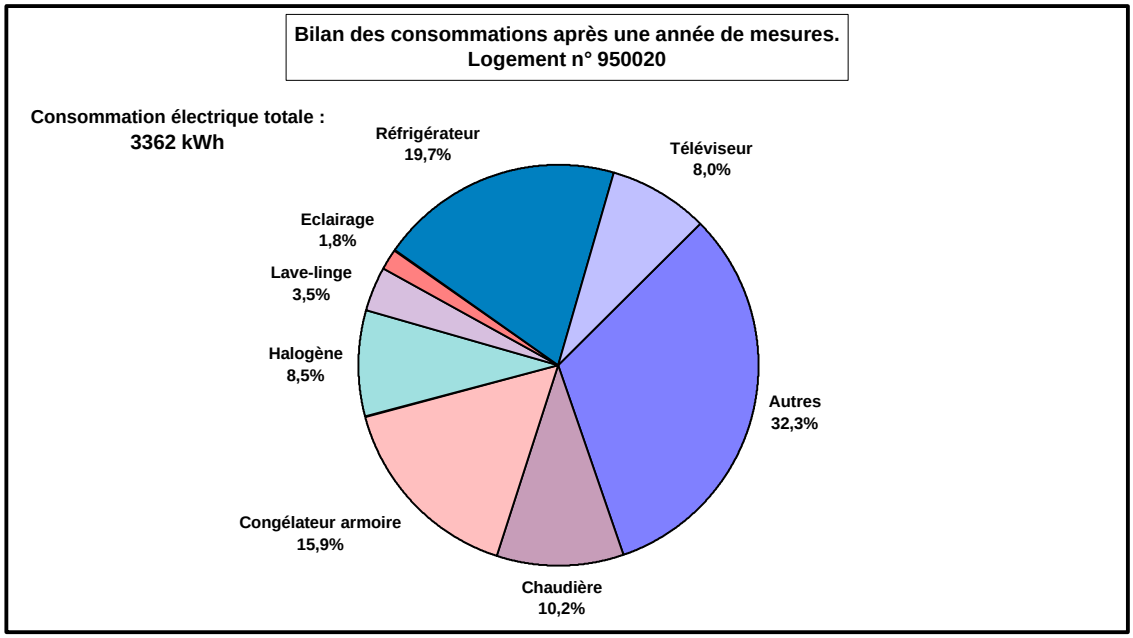


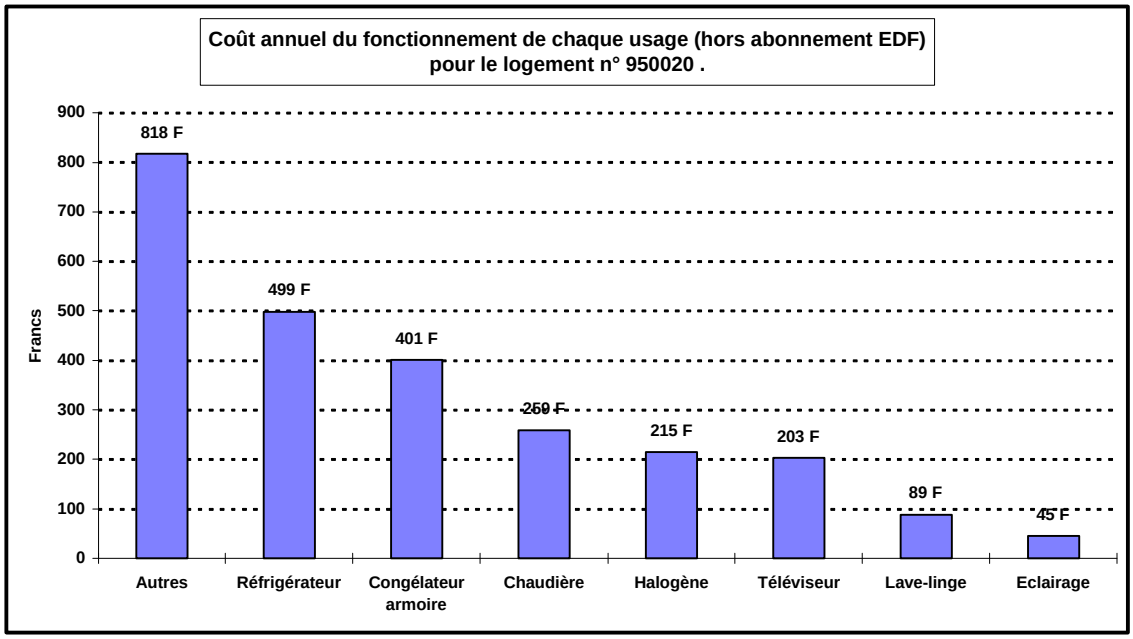
Logement n°950018



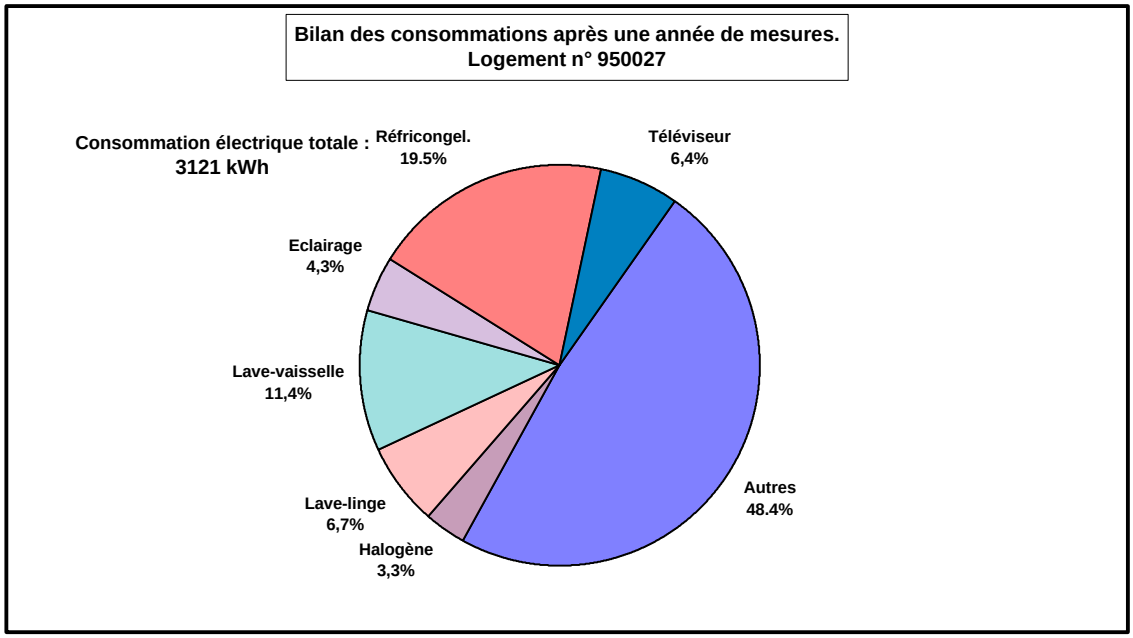


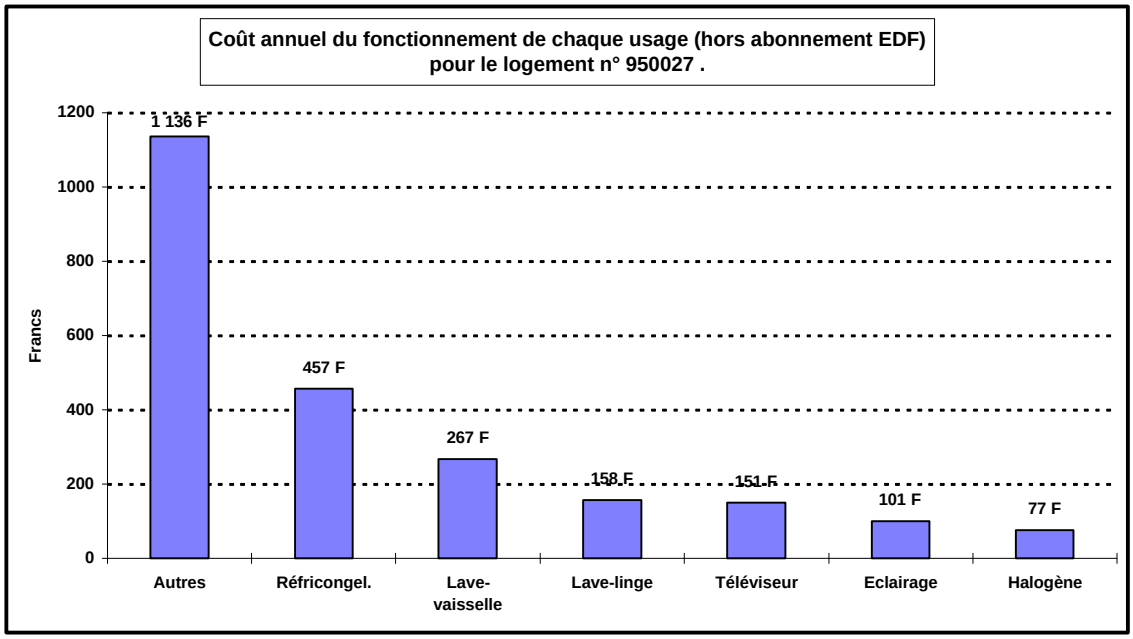
Logement n°950019





Logement n°950020





Logement n°950027