

## Les lutins et le coût de l'eau chaude

Le prix réel de l'eau chaude est souvent sujet à débat. Lorsque le chauffage et la fourniture de l'eau chaude sanitaire sont assurés par la même chaudière, c'est en cherchant à définir son coût réel que l'on mesure toute la difficulté qu'il y a parfois à comprendre les choses et le long chemin qu'il faut parcourir pour les appréhender. C'est aussi à cette occasion que l'on mesure la nécessité d'un débat contradictoire constructif entre les acteurs de la rénovation énergétique.

### Tribune libre

L'échange de points de vue entre le conseiller syndical Balendard et son syndic le prouve.

#### **Balendard**

« Mon syndic persiste à considérer que le prix de l'eau chaude peut être évalué à 6 euros/m<sup>3</sup>. Je crains que ce montant soit nettement plus élevé. Que pourrais-je faire pour essayer de le convaincre que cette évaluation est très inférieure à la réalité ? »

#### **Les LT**

« Le convaincre, dans un premier temps par les chiffres, que cela est impossible. Étant donné que l'eau froide est à 4 euros/m<sup>3</sup> et qu'il faut 50 kWh à environ 0,1 euro/kWh pour élever la température de ce m<sup>3</sup> d'eau froide, on arrive à 9 euros/m<sup>3</sup> puisque de l'eau chaude, c'est avant tout de l'eau froide que l'on réchauffe. »

#### **Balendard**

« Ayant des notions sur la chaleur spécifique de l'eau, je comprends votre raisonnement mais je crains de ne pas pouvoir le convaincre ainsi. »

#### **Les LT**

« Dans ce cas, demandez au responsable de votre conseil syndical de vérifier avec le comptable du syndic le volume de fioul ou de gaz consommé en été, au moment où la consommation de combustible est à imputer uniquement à la fourniture d'eau chaude. Le comptable ne peut établir sa comptabilité que s'il connaît les volumes d'eau et de combustible consommés, leurs montants et les dates des factures qu'il honore. Bien qu'il ne fasse pas de comptabilité analytique comme le fait un expert-comptable, vous devriez pouvoir le convaincre vu qu'il ne fait que rarement des erreurs de calcul »

## Le prix réel de l'eau chaude

Les gestionnaires de copropriétés sous-estiment trop souvent le coût réel de l'eau chaude lorsque la génération d'eau chaude est collective et non privative. Le syndic, au courant de la comptabilité de la copropriété, puisque c'est lui qui l'établit, devrait mieux sensibiliser les copropriétaires sur le coût réel de l'eau chaude qu'il ne le fait. Il a parfois tendance à minimiser son coût. Peut-être parce qu'il facture séparément l'eau chaude et le combustible qui a servi à la chauffer. Il lui est pourtant facile d'expliquer en termes simples que les « dépenses » constituées par le coût des combustibles doivent équilibrer les « recettes » constituées par le paiement des charges courantes. Il ne le fait généralement pas, ce qui entraîne parfois des conflits avec les copropriétaires. Il a pourtant connaissance, au travers de sa comptabilité, de la consommation de FOD ou de gaz naturel en été à partir des relevés GDF, ce qui lui permet, lorsque la production

## Les coups de gueules des Lutins

de l'eau chaude et le chauffage est assurée par la même chaudière, d'évaluer le coût réel de l'eau chaude sanitaire. Cette évaluation est possible puisqu'il a connaissance des relevés et des tarifs pratiqués. Ceci que la consommation soit indiquée en litres de fioul ou en m<sup>3</sup> de gaz naturel, heureusement parfois convertis en kWh. L'essentiel est que les chiffres soient exacts et qu'ils ne correspondent pas à des prévisions de consommation mais à une consommation réelle. C'est ainsi qu'ayant une vue de la consommation globale en termes de kWh ainsi que du volume d'eau chaude consommé, soit statistiquement par rapport au volume d'eau froide soit de préférence à l'aide d'un compteur collectif implanté sur le réseau ECS, le syndic peut évaluer le coût de l'eau chaude. Il peut aussi le faire lorsque la génération collective est électrique. Il pourrait ainsi prouver que les estimations faites par des « professionnels » sur les anciens équipements sont, la plupart du temps, sous-estimées. Malheureusement, il ne le fait pas. Ainsi, force est de constater que le tandem formé par un syndic et le prestataire assurant la maintenance de la chaufferie entretient, par manque de concertation, ignorance ou indifférence, un flou technique desservant les intérêts de la copropriété au lieu de les préserver. Ce tandem pense pouvoir définir uniquement le coût de l'eau chaude en prenant comme base le prix de l'eau froide (4 € le m<sup>3</sup>), les frais de relevé et d'entretien des compteurs (lorsqu'ils existent) et le coût de l'énergie thermique nécessaire pour élever sa température (environ 1 kWh par degré centigrade et par m<sup>3</sup>). On arrive ainsi à un prix approximatif du m<sup>3</sup> d'eau chaude à 60 degrés compris entre 6 et 8 €/m<sup>3</sup> selon que le mode de chauffage est électrique ou provient de la combustion. En pratique, le coût réel de l'eau chaude est beaucoup plus important et peut atteindre voire dépasser 25 € le m<sup>3</sup>. Cette différence importante provient du fait que l'on maîtrise mal :

- Les déperditions thermiques dans les tuyauteries de distribution ECS qui sont parfois très longues dans les immeubles. Ces déperditions, souvent très importantes, sont aggravées en raison de la boucle d'eau chaude. Elles proviennent des pertes calorifiques en ligne par défaut de calorifugeage. Souvent négligées, ces pertes peuvent être évaluées à l'aide de nombreux *programmes* suivant que les tuyauteries sont isolées ou non. Dans ce dernier cas, le coefficient de déperdition de 10 watt/m<sup>2</sup> et °C donne une bonne idée des déperditions. Ces pertes peuvent atteindre 3 fois l'énergie utile nécessaire pour chauffer l'eau (52 kWh/m<sup>3</sup>). Ces pertes, dilapidées l'été, participent heureusement au chauffage des locaux en hiver soit pendant une période d'environ 240 jours pour la région parisienne.
- Les pertes engendrées par une mauvaise combustion pendant la saison chaude ou en mi-saison, lorsque la ou les chaudières surpuissantes fonctionnant en tout ou rien en n'assurant que la production d'eau chaude sanitaire. Ces pertes sont parfois aggravées avec les anciens brûleurs des chaudières individuelles lorsque le chauffagiste n'entretient pas correctement les trappes télécommandées qui obturent l'arrivée d'air froid de combustion pendant les temps morts, ces trappes étant même parfois démontées.

Pour conclure, on sous-estime trop souvent le coût réel de l'eau chaude. Les syndics facturent l'eau chaude en prenant comme base le relevé des compteurs individuels. Cette facture partielle, qui néglige souvent les pertes ci-dessus, ne comprend généralement que le coût de l'eau froide majoré de l'énergie théorique ayant servi à la réchauffer et des frais fixes d'entretien et de relevé des compteurs. Ce qui semble a priori logique conduit souvent à une grave erreur d'appréciation. La dépense réelle engendrée par les déperditions thermiques dans les tuyauteries de distribution majorées des pertes éventuelles provoquées par une mauvaise combustion pendant la saison

## Les coups de gueule des Lutins

chaude pouvant parfois doubler voire tripler, si ce n'est plus, la dépense réelle par rapport à la facture partielle du syndic qui ne tient pas compte de ces pertes. Il n'en demeure pas moins que celles-ci restent à la charge des copropriétaires. Et ceci que l'on soit dans le cas de la combustion du fait d'une facturation séparée des combustibles ou dans le cas d'une génération électrique collective les déperditions par défaut de calorifugeage étant incluses dans les relevés des compteurs EDF.

Nous allons maintenant évoquer le cas de deux immeubles. Le premier équipé de chaudières à gaz ayant un Nb de lot inférieur à 50, le deuxième équipé de deux anciennes chaudières à fioul ayant un Nb de lot supérieur à 50. *Avec le gaz dans une copropriété de 48 studios*

	Consommation Totale (kWh)	Consommation Hiver (kWh)	Consommation Eté (kWh)	Dont quantités en deuxième tranche	Débit maximum
JAN	83 808	83 808	0	0	4 055
FÉV	70 453	70 453	0	0	3 774
MAR	62 058	62 058	0	0	3 103
AVR	39 325	7 150	32 175	0	1 788
MAI	14 390	0	14 390	0	771
JUN	12 905	0	12 905	0	645
JUI	9 415	0	9 415	0	415
AOÛ	12 336	0	12 336	0	638
SEP	11 298	0	11 298	0	565
OCT	22 030	0	22 030	0	1 066
NOV	55 193	0	9 516	0	2 855
DÉC	72 895	72 895	0	0	3 645
CUMUL	466 106	296 364	124 065	0	4 055

*Le tableau indique le besoin thermique d'un immeuble comprenant 48 petits lots de 25 m<sup>2</sup> et (surface habitable totale de 1 350 m<sup>2</sup>). La consommation énergétique pour le gaz naturel s'exprime ici avantagusement en kWh.*

La mise en œuvre de la rénovation thermique est facilitée lorsque le syndic communique le relevé mensuel des consommations de gaz en kWh (figure ci-dessus). Elle est encore plus facilitée lorsque les tableaux de chiffres sont réalisés selon l'année thermique début juillet à fin juin et non pas l'année calendaire comme indiqué ici. Dans le cas présent, le besoin moyen mensuel en énergie pour assurer l'eau chaude sanitaire est, d'après le tableau ci-dessus, proche de 60 000 kWh pour la période allant de mai à septembre. Sur la base d'un prix du kWh gaz relativement bon marché voisin de 7 cts d'euro, la dépense mensuelle pour assurer la fourniture de l'eau chaude sanitaire est donc de 4220 €. L'idéal est d'installer un compteur d'eau froide collectif sur l'arrivée ECS. Lorsque l'on connaît la consommation annuelle d'eau froide pour l'immeuble, 3 000 m<sup>3</sup> dans le cas présent, on estime statistiquement que sa consommation d'eau chaude est égale au 1/3 de la consommation d'eau froide soit dans le cas présent d'une consommation mensuelle en ECS de 1000 m<sup>3</sup>. On peut donc estimer dans le cas présent que le coût de l'eau chaude pour l'utilisateur est sensiblement égal à 4,2 €/m<sup>3</sup> puisque de l'eau chaude, c'est avant tout de l'eau froide à 4 euros/m<sup>3</sup> dont on augmente la température. Augmentation de température qui dans le cas présent revient à environ 8,2 €/m<sup>3</sup>.

*Avec le fioul dans une copropriété de 70 appartements*

Concernant le fioul, il suffit au comptable de noter pour chaque livraison, la quantité de fioul livré, la date de livraison et le montant de la facture. L'exemple qui suit correspond à un grand immeuble de 70 lots consommant approximativement 4 m<sup>3</sup> d'eau chaude par jour (volume calculé sur la base du même rapport *eau froide / eau chaude* de 3 et d'une consommation annuelle d'eau froide proche de 4500 m<sup>3</sup>). Compte tenu d'une consommation journalière de fioul pendant l'été voisine de 165 litres, alors que la chaudière ne délivre de d'énergie que pour l'ECS c'est, sur la base d'une énergie primaire à 0,1 €/kWh (PCI de 10 kWh/litre et 1 € le litre de FOD)

## Les coups de gueules des Lutins

une dépense pour chauffer ces 4 m<sup>3</sup> d'eau chaude telle que le coût final de l'eau chaude pour l'utilisateur est à 41+4 = 45 € le m<sup>3</sup> ! (Ceci pour de l'eau froide à 4 euros le m<sup>3</sup>).

### *Le grand gâchis*

Les lutins thermiques, qui savent que 52 kWh suffisent pour chauffer un m<sup>3</sup> d'eau froide de 10 à 60 °C, mesurent le grand gâchis que peut constituer un dispositif de chauffage qui en consomme au bas mot 10 fois plus du fait des déperditions dans les tuyauteries et du mauvais rendement de chaudières surdimensionnées fonctionnant en tout ou rien.

Ils estiment aussi qu'espérer plus de justice sociale avec un système qui prévoit des relevés de consommation sur les compteurs individuels, ceci en payant le personnel faisant les relevés, entretenant ou en remplaçant à grands frais les compteurs, relève de l'utopie lorsque le taux de facturation est 10 fois inférieur au coût réel\*. Il y a heureusement, selon eux, une solution à ce difficile problème : réduire le coût de l'énergie thermique dans le même rapport avec le chauffage thermodynamique et un COP compris entre 3 et 5. Le syndic ne résout assurément pas le fond du problème lorsqu'il propose de majorer arbitrairement le prix de l'eau chaude à 12 euros le m<sup>3</sup>, selon la consommation du logement ou la bonne volonté de l'occupant à laisser l'accès pour le relevé.

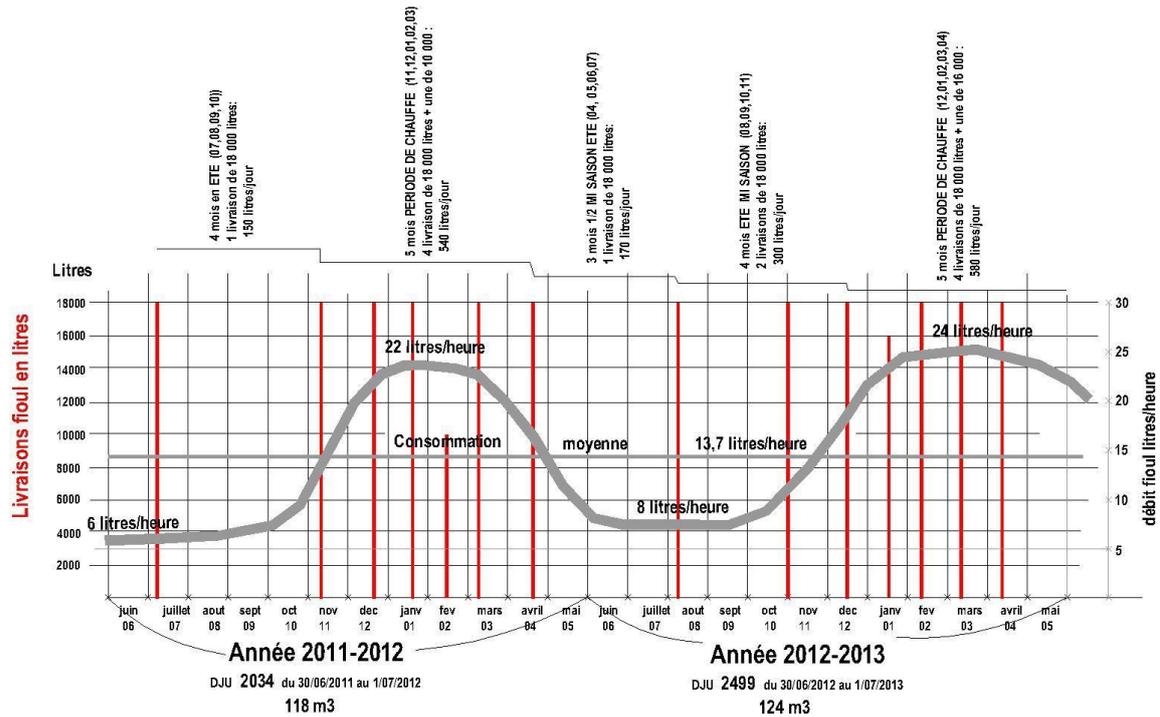
Dans le cas plus simple où l'eau chaude collective est préparée électriquement, il suffit de prévoir un compteur électrique dédié au circuit ECS pour connaître la dépense.

Dans les cas extrêmes et afin de mettre le syndic devant ses responsabilités, l'idée de créer un « *ordre des syndics* », comme cela a été les cas pour les médecins, pourrait faire petit à petit son chemin. Dans ce cas, les syndics qui sauront se mettre au service de leur client en établissant une comptabilité plus analytique et moins obscure et qui communiqueront les documents relatifs à la véritable consommation d'énergie primaire au conseil syndical, éviteront alors les reproches de leur hiérarchie.

*\*L'auteur fait remarquer que ces chiffres correspondent au « cas pratique » et à l'immeuble qu'il habite.*

*Les « recettes » devant équilibrer les « dépenses », le syndic, au courant de la comptabilité de la copropriété puisque c'est lui qui l'établit, devrait expliquer pourquoi il est obligé de facturer l'eau chaude à son coût réel. Faute d'être conseillé valablement par les « pros », il ne le fait généralement pas.*

## Les coups de gueule des Lutins



Il faut préciser toutefois qu'il n'est pas facile de définir les consommations instantanées à partir des quantités de fioul livrées par le fournisseur. Particulièrement lorsqu'on ignore avec précision ce qu'il reste dans la cuve au moment de la livraison. Les quantités de FOD livrées sont dans le cas ci-dessus de 18 m<sup>3</sup> si le volume total de la cuve de 30 m<sup>3</sup> le permet. Cela serait pourtant bien utile pour calculer le besoin en puissance maximum en hiver et minimum en été lorsque la chaufferie ne sert qu'à l'ECS. Il est vraisemblable que la quantité livrée en mi-février 2012 a dû être limitée à 10 m<sup>3</sup> en raison du volume de fioul restant dans la cuve. Même constat mi-janvier 2013 avec une livraison limitée à 16 m<sup>3</sup>. Dans ces conditions, on peut déterminer la consommation exacte entre ces deux dates :  $5 \times 18\,000 + 16\,000 = 106\,000$  litres, soit une consommation moyenne de  $106\,000/11 = 9,63$  m<sup>3</sup> par mois (13,15 litres/h). Le DJU entre ces deux dates espacées de 335 jours est, d'après Sofratherm, de 1 772 °C et, selon toute vraisemblance pour la température légale, de 19 °C à l'intérieur des appartements. En raison d'une absence d'équilibrage efficace et de la nécessité de mettre l'immeuble en surchauffe à environ 22,5 °C au lieu de 19 pour satisfaire les occupants, cela qui conduit à majorer le DJU « officiel » de  $335 \times 3,5 = 1\,172$ , soit un DJU réel de  $1\,772 + 1\,172 = 2\,945$  et à une différence de température moyenne entre l'intérieur et l'extérieur à  $2\,945/335 = 8,8$  °C. Si l'on estime que l'on doit assurer le confort de 20 °C jusqu'à -10 °C avec un équilibrage hydraulique de qualité, alors la puissance utile est sensiblement égale à  $131,5 \times (30/8,8) = 448$  kW, ceci sans tenir compte du fait que ce chiffre est à revoir à la baisse en raison de l'amélioration du rendement qui peut résulter d'une énergie perdue dans les gaz brûlés moindre avec les chaudières à condensation. Le résultat obtenu ci-dessus semble être corroboré par l'expérience. En effet, à l'occasion d'une panne sur une des deux chaudières, le fonctionnement avec une seule des deux chaudières de 400 kW, fonctionnant en mode tout ou rien pendant 75 % du temps, a suffi à assurer le besoin maximum au plus froid de l'hiver. Qui plus est, le rendement d'une ancienne chaudière fonctionnant en tout ou rien est loin d'être excellent. Cela explique pourquoi la puissance thermique maximum réellement envoyée sur le réseau hydraulique est notablement inférieure à ce qui est indiqué sur les plaques d'identification des chaudières. Un retard dans le branchement gaz du « cas pratique », situé à Boulogne-Billancourt en raison de Roland Garros, a permis d'affiner la consommation en été : elle est en fait proche de 4,8 l/h, ce qui correspond à une puissance moyenne de 48 kW dédiée uniquement à l'ECS.

### Exemple pour une maison individuelle avec chaudière

Avec une chaudière assurant à la fois le chauffage et la fourniture de l'eau chaude sanitaire, le besoin chauffage est nul lorsque l'on est en mi-saison et en été, période pendant laquelle la chaudière n'assure que la fourniture de l'ECS. Si pendant cette période, une chaudière de 30 kW se remet en marche une fois par heure alors que le besoin en eau chaude est nul et si elle met à cette occasion 10 minutes pour remettre le ballon d'eau chaude en température, l'énergie fournie par la chaudière en une heure, à savoir  $W = P \times t = 30 \times (10/60) = 5$  kWh est perdue, ce qui correspond, si le besoin ECS est nul pendant une journée entière, à une perte de 120 kWh. Quand on sait qu'il faut 50 kWh pour fournir 1 m<sup>3</sup> d'eau chaude, soit environ 5 kWh pour fournir 100 litres d'eau chaude, quantité suffisante pour assurer trois douches confortables, on mesure tout l'intérêt qu'il peut y avoir en mi-saison à couper l'alimentation électrique du brûleur en ne remettant en marche la chaudière qu'une dizaine de minutes avant de prendre les douches. Ceci quitte à imposer de prendre les douches dans un ou deux créneaux horaires en prévoyant un programmateur sur l'alimentation électrique. Par exemple, de 21 heures à 5 heures du matin et de 9 heures du matin à 17 heures, soit au total les deux tiers du temps (deux fois huit heures). Les économies réalisées sur les bases de fonctionnement ci-dessus peuvent être importantes :

- 14 000 kWh pour un coefficient d'occupation de 100 % et une période de chauffe de 240 jours ;
- 3 600 kWh pour une occupation en été limitée à un mois.

## Coup de gueule des lutins

### Pour la petite histoire

Balendard lisait dernièrement un article technique sur un petit guide à usage des responsables de copropriétés et des syndicats. Ce guide intitulé « Le Bilan énergétique simplifié » est édité sous la signature conjointe de l'ARC (Association des responsables de copropriété), de l'Ademe et de l'Anah, du Conseil régional d'Île-de-France, et d'un agent immobilier : le groupe Foncia. Il était question dans cet article de l'avantage que l'on peut retirer d'un circuit dit « bouclé » pour éviter qu'une personne n'ait à soutirer tout une colonne d'eau froide avant d'avoir de l'eau chaude. C'était un peu le cas dans son immeuble, bien que le problème soit inversé : ses tuyauteries d'eau chaude sanitaire et d'eau froide étant parfois dans la même gaine isolante, cela l'obligeait parfois à perdre pas mal d'eau chaude avant de pouvoir disposer d'eau froide bonne à boire.

Bref, cet article concernant les pertes thermiques sur le circuit d'eau sanitaire l'a intéressé pour la raison que cet immeuble dépense grosso modo 150 litres de fioul pour produire quelque 1 000 litres d'eau chaude à 60 °C pendant la période estivale, lorsque l'immeuble se vide et que tout le monde, ou presque, est en vacances. Balendard n'avait pas très bien compris en quoi consistait ce circuit « bouclé ». Il a donc communiqué à ses amis les lutins thermiques la copie de la page 21 de ce manuel, pour en savoir plus (article intitulé « Pour aller plus loin »). La réaction des lutins a été très vive : « Il convient plutôt de renommer cet article "Pour aller moins loin", ont-ils dit. Ceci en faisant remarquer qu'en confondant puissance et énergie, en ignorant la chaleur spécifique de l'eau de 1 calorie/g et °C, base du calcul et l'équivalent mécanique de la calorie de 4,18 joules, on arrivait inexorablement à un résultat faux. « On peut se tromper de 10 à 20 %, ont-ils renchéri, mais se tromper de 300 %, cela fait beaucoup. » Ils ont vaguement évoqué l'affront fait à James Prescott Joule et aux Anglais. Bref, ils étaient furieux. « Ils feraient bien de retourner à l'école », m'ont-ils dit. Ils ont fait observer que « ce n'est pas avec de tels articles que l'on allait apaiser les relations déjà bien difficiles entre les copropriétés et les syndicats ». Ils ont donc écrit à l'ARC.

À l'attention de la rédaction

Madame, Monsieur,

Je viens de recevoir votre petite revue « Le bilan énergétique simplifié » à usage des responsables de copropriétés et des syndicats. Je vous en remercie. Je tiens à vous signaler qu'une grossière erreur s'est glissée dans la rédaction de ce petit manuel à la page 21. Le rédacteur de cet article confond puissance et énergie, oublie de mentionner la chaleur spécifique de l'eau de 1 calorie/gramme et °C qui est la base du calcul, il oublie aussi de mentionner l'équivalent mécanique de la calorie de 4,18 joules et il arrive en conséquence à un résultat faux.

Pour aller plus loin :

Si vous êtes très pointilleux et voulez appliquer la méthode la plus juste, lisez cet encart.

La quantité de combustible nécessaire pour la production d'un mètre cube d'eau chaude sanitaire peut se calculer de la manière suivante, si la température de départ d'eau chaude sanitaire est connue :

$$P = (T - 11) \times 0,86 \times 3\,600 / 1\,000$$

P est la quantité d'énergie en kWh (pour l'obtenir en MWh, remplacez le chiffre 1 000 de l'équation par 1 000 000)

T est la température de production d'eau chaude sanitaire en degré Celsius.

11 est la température moyenne de l'eau froide distribuée en degré Celsius sur l'année.

0,86 est le coefficient de transformation de calories en watts.

3 600 est le coefficient de transformation de secondes en heures (1 heure fait 3 600 secondes).

Le résultat est 3 fois supérieur à la réalité (151 kWh au lieu de 56 kWh), ce qui n'est pas rien. Je ne pense pas que c'est ainsi que vous allez apaiser les relations entre les syndicats et les conseils syndicaux qui ont déjà bien du mal à se comprendre.

À votre disposition,

Conseil supérieur des lutins thermiques

Encore moins loin ?

Il s'agit toujours du calcul de l'énergie nécessaire pour réchauffer 1 m<sup>3</sup> d'eau froide. Suite à la lettre du Conseil supérieur des lutins thermiques, l'ARC avait pourtant promis de corriger ses erreurs. Comme elle ne l'a pas fait, et que l'erreur persiste, les lutins thermiques m'ont demandé d'intervenir, ce que je fais ci-après.

**BON A SAVOIR**

La méthode la plus simple est d'appliquer un forfait global moyen annuel par m<sup>3</sup> :

L'énergie dépensée pour produire 1 m<sup>3</sup> d'eau chaude à 60°C sera de l'ordre 120 kWh PCI, correspondant approximativement aux quantités facturées suivantes :

- 12 litres de fioul domestique
- 131 kWh PCS (118 kWh PCI) de gaz
- 0,14 tonnes de vapeur CPCU(1) (96 kWh PCI)

*Le nouveau guide de l'ARC*

Exemple correspondant à notre immeuble

Nous souhaitons réchauffer 4 m<sup>3</sup> d'eau froide en une heure.

Question : quelle est la puissance nécessaire ?

Réponse : énergie nécessaire :  $4 \times 52,25 = 209$  kWh. Soit pour fournir cette énergie en une heure, une puissance de 209 kW et non de 480 kW !

Les lutins thermiques savent que l'Association des responsables de copropriété (ARC) est au service des copropriétés et cherche à défendre leurs intérêts. Étant donné qu'il faut rajouter au prix de l'eau froide le prix de l'énergie nécessaire pour la réchauffer afin d'obtenir celui de l'eau chaude, ils craignent que les chiffres de l'ARC ne servent de base de facturation par les syndicats ! C'est pour cette raison qu'ils m'ont demandé de faire passer le message :

Je crois me rappeler que c'est l'eau qui a servi de base de réflexion pour établir la chaleur spécifique de la matière. Elle est pour l'eau de 1 calorie/g/°C, ou, compte tenu de l'équivalent mécanique de la calorie de 4,18 joules /g/°C (Puisque 1 calorie = 4,18 joules selon Prescott).

Ce qui revient à dire que 1 kcal = 4,18 kJ

Compte tenu de la densité de l'eau égale à 1, un m<sup>3</sup> d'eau pèse 1 000 kg ;

- pour élever 1 m<sup>3</sup> d'eau d'un degré il faut donc  $1\ 000 \times 4,18 = 4\ 180$  kJ ;

- pour l'élever de 10 à 55 °C soit de 45 °C, il en faut  $4\ 180 \times 45 = 188\ 100$  kJ.

Les kWh et les kJ sont des énergies ( $W = P \times t$  ou énergie = puissance x temps).

Un kWh est l'énergie produite par une puissance d'un kW pendant une heure ou l'énergie produite par un kW pendant 3 600 secondes :

- une puissance de 1 joule/s correspond à un watt ;

- une puissance de 1 kJ/s correspond à 1 000 joule/s ou à 1 kW ;

- l'énergie produite par 1 kW pendant une seconde est donc de 1 kJ ;

- l'énergie produite par 1 kW pendant une heure est de 3 600 kJ ;

- **1 kWh correspond donc à 3 600 kJ.**

## Les coups de gueule des Lutins

Pour réchauffer 1 m<sup>3</sup> d'eau froide, il faut donc :  $188 \times 100/3 \times 600 = 52,25 \text{ kWh}$  et non 120 kWh  
Réponse de l'ARC :

Vous avez raison, il est très important de connaître précisément l'énergie nécessaire au réchauffage de l'eau. Vous avez également raison, dans des conditions idéales, il faut 52,25 kWh pour chauffer un m<sup>3</sup> d'ECS à 55 °C. Mais, et vous l'auriez compris si vous aviez lu l'annexe 5 du guide jusqu'au bout, il faut prendre en compte le rendement global de l'installation d'ECS. C'est-à-dire rendement de la production et le rendement de distribution est en moyenne de 50 %, ceci est en grande partie dû au bouclage. C'est pour cela que nous arrivons à un ratio moyen de 120 kWh/m<sup>3</sup>. Nous avons bien conscience que ce chiffre peut varier, mais dans un bilan énergétique simplifié, on ne va pas expliquer comment estimer les pertes en lignes.

## Les pertes d'énergie thermiques dans les réseaux ECS

Pour un immeuble de six étages comprenant 66 appartements, il y a pour simplifier 11 appartements par étage. Sauf petit studio rarissime comme celui d'un gardien avec une cuisine proche de la salle de bains, l'architecte prévoit souvent deux colonnes montantes par appartement. La cuisine et la salle de bains, trop éloignées l'une de l'autre, sont alors alimentées par deux réseaux différents (voir page 390). Les tuyauteries d'alimentation des salles de bains ont le diamètre le plus important, souvent 2 pouces (50 mm), avec une surface par mètre de longueur de tuyauterie voisine de 0,157 m<sup>2</sup>, alors que pour la cuisine le diamètre n'est que de 1 pouce (25 mm), avec une surface par mètre de longueur de tuyauterie limitée à 0,08 m<sup>2</sup>. Dans chacune de ces deux colonnes montantes, un circuit de bouclage de petit diamètre, un demi-pouce (15 mm) de surface 0,047 m<sup>2</sup>/m linéaire assure la fonction préchauffage. Avec 2,5 m de hauteur de plafond et 25 cm de plancher en béton, on arrive à une longueur pour chaque colonne de  $6 \times 2,8 = 16,8 \text{ m}$ . Compte tenu du nombre de colonnes, la surface totale d'échange dans les gaines verticales est de  $185 \times (0,157 + 0,08) + 370 \times 0,047 = 61 \text{ m}^2$ . Avec un coefficient moyen de déperdition dans les tuyauteries ECS en acier de faible épaisseur non isolées voisin de 10 watts/m<sup>2</sup> et °C (voir aussi programme), c'est une déperdition de :  $P = 10 \times 61 \times (55-20) = 21 \text{ 350 watts}$ , soit un peu plus de 20 kW avec de l'eau sanitaire à 55 °C et une température de 20 °C dans les appartements. Cette puissance est perdue en permanence dans le réseau ECS.

Tableau 1. Pertes de chaleur dans les tuyauteries

Coefficients d'émission de chaleur k des tubes nus et calorifugés

Diam. ext. tube nu (mm)	k tube nu (w/m.K)	Épaisseur de calorifuge 25 mm		Épaisseur de calorifuge 50 mm		Perte de chaleur Q (W/m) pour un écart moyen des températures de 50 K*		
		k tube calorifugé (w/m.K)	Coefficient de réduction de chaleur	k tube calorifugé (w/m.K)	Coefficient de réduction de chaleur	Tube nu	Épaisseur calorifuge 25 mm	Épaisseur calorifuge 50 mm
10	0,48	0,15	0,31	0,11	0,23	24,0	7,5	5,5
20	0,86	0,20	0,23	0,15	0,17	43,0	10,0	7,5
30	1,22	0,26	0,21	0,18	0,15	61,0	13,0	9,0
40	1,56	0,31	0,20	0,21	0,13	78,0	15,5	10,5
50	1,89	0,36	0,19	0,24	0,13	94,5	18,0	12,0
60	2,22	0,41	0,18	0,27	0,12	111,0	20,5	13,5
70	2,53	0,46	0,18	0,30	0,12	126,5	23,0	15,0
80	2,85	0,51	0,18	0,33	0,12	142,5	25,5	16,5
90	3,16	0,56	0,18	0,36	0,11	158,0	28,0	18,0
100	3,46	0,61	0,18	0,38	0,11	173,0	30,5	19,0

\*Écart moyen des températures entre l'eau qui circule dans le tube et l'ambiance autour du tube. Pour un écart moyen différent, l'émission par mètre de tube est proportionnelle au rapport des écarts de température.  
Référence des calculs : formules proposées par le CSTB dans le cadre de la RT 2000.

Le tableau ci-dessus, extrait de la revue « Chaud Froid Performance » N° 750 de novembre 2011 conduit sensiblement au même résultat :

Salle de bains 50 mm  $11 \times 17 \text{ m} \times 94,5 \text{ W/m} \times 35/50 = 12 \text{ 300 watts}$   
Cuisines 25 mm  $11 \times 17 \times 50 \times 35/50 = 6 \text{ 500 watt}$   
Bouclage 15 mm  $11 \times 17 \times 43 \times 35/50 = 5 \text{ 600 watt}$

Total : environ 25 kW

## Les coups de gueules des Lutins

L'estimation des pertes en ligne qui précède ne concerne que les déperditions dans les tuyauteries verticales non isolées et ne prend pas en compte les déperditions dans les tuyauteries horizontales hors bâti ! Rien que pour les tuyauteries verticales, la déperdition annuelle en énergie thermique du réseau ECS non isolé est de l'ordre de **175 000 kWh** pour un immeuble consommant 110 m<sup>3</sup> de fioul/an. Ceci alors que le besoin réel n'est que de l'ordre de 1 500 x 52 = 78 000 kWh ! (Consommation annuelle d'eau chaude de l'ordre de 1 500 m<sup>3</sup> alors qu'il faut 52 kWh/m<sup>3</sup> pour réchauffer l'eau froide.) Cette puissance n'est heureusement pas totalement perdue l'hiver dans la mesure où les gaines verticales participent au chauffage des locaux. Par contre, elle est totalement perdue l'été en augmentant inutilement la température dans les pièces de vie et en diminuant notre confort. Et à cette déperdition dans les tuyauteries verticales s'ajoute celle des tuyauteries horizontales plus grosses et situées hors bâti !

### Comment réduire la douloureuse ?

Deux méthodes sont envisageables pour réduire significativement le prix de l'eau chaude sanitaire dans un immeuble, sans recourir au ballon d'eau chaude sanitaire individuel souvent trop encombrant :

- Supprimer les déperditions thermiques dans les tuyauteries avec une génération électrique instantanée en ligne *individuelle* du type *Dafi* ou similaire. Cette solution, peu encombrante par rapport au ballon d'eau chaude sanitaire, supprime les pertes en ligne du fait de la proximité entre la génération et l'utilisation. Elle présente par contre l'inconvénient de surcharger le réseau électrique aux heures de pointe avec une génération par effet Joule ayant des performances modestes ( $COP = 1$ ).
- Réduire le coût de l'énergie thermique en conservant les déperditions en ligne induite par le circuit de distribution du circuit collectif à l'aide d'un chauffage thermodynamique lui aussi *collectif*. Cette deuxième solution perturbe moins les habitudes de la copropriété. En effet, lorsqu'un copropriétaire installe le premier système en raccordant le dispositif de génération électrique en aval du compteur d'eau froide et ferme son robinet d'arrivée d'eau chaude, il perturbe les habitudes comptables du syndic qui se voit obligé de demander à son comptable de modifier sa procédure de facturation afin de respecter la sacro-sainte règle française qui stipule que chacun d'entre nous doit payer ce qu'il consomme, ni plus ni moins. Le fait que les deux solutions consomment une quantité d'énergie primaire comparable alors que les déperditions dans les tuyauteries restent importantes avec la dernière solution est dû au fait que les performances sont bien supérieures ( $2 < COP < 8$ ).

### Tribune libre

*Les informations communiquées par de nombreux constructeurs de PAC puis par l'Ademe ont incité la revue CFP à faire état dans un supplément de juin 2013 relatif à l'eau chaude sanitaire puis à nouveau en septembre 2015, qu'il semble envisageable de réduire la consommation en énergie primaire (EP) pour la fourniture de l'ECS à 15 kWh par m<sup>2</sup> habitable. Les Lutins observent à cette occasion une confusion regrettable entre deux formes d'énergie puisqu'à ce niveau on devrait parler d'énergie finale plutôt que d'énergie primaire dans la mesure où l'énergie consommée pour fournir l'eau chaude sanitaire ne dépend que du rendement du dispositif de génération thermique et des pertes thermiques en ligne du circuit ECS et est totalement indépendante des pertes pendant le transport de l'énergie primaire vers les lieux de consommation (Voir la page 528 du lexique sur les termes de la rivière et de l'énergie). Le chiffre de 15 kWh par m<sup>2</sup> habitable ne manque toutefois*

## Les coups de gueule des Lutins

*pas d'intérêt. En effet si l'on compare ce chiffre aux 50 kWh/m<sup>2</sup> tous besoins énergétiques confondus de la RT2012, on constate qu'il ne représente sensiblement que le 1/3 d'un besoin global en énergie finale sérieusement revu à la baisse. Les Lutins observent aussi, compte tenu de la surface habitable de l'immeuble objet du « cas pratique » (5000 m<sup>2</sup>) et sur la base d'une consommation annuelle en ECS de cet immeuble voisine de 1500 m<sup>3</sup>, que l'énergie nécessaire pour assurer la production est à minima et en négligeant les pertes de 1500 x 50 kWh = 75 000 kWh puisque l'on sait qu'il faut sensiblement 50 kWh pour élever 1 m<sup>3</sup> d'eau froide à 10°C à la température de l'ECS. Soit compte tenu de sa surface habitable 75 000/5000 = 15 kWh/m<sup>2</sup>. La valeur de 15 kWh par m<sup>2</sup> habitable annoncée par CFP nous permet de constater que dans le cadre du « cas pratique » la consommation en énergie finale pour produire l'ECS avec la combustion ou l'effet joule est voisine de l'énergie minima nécessaire pour réchauffer l'eau froide dans un circuit sans déperditions avec une génération ayant un rendement de 100 %. Pour situer l'immeuble objet de cette étude en termes de consommation énergétique dans ce contexte, il suffit de diviser les quelque 400 000 kWh consommés annuellement par cet immeuble pour produire l'ECS par les 5000 m<sup>2</sup> habitable. On arrive compte tenu des mauvais rendements et des déperditions thermiques en ligne au chiffre catastrophique de 80 kWh/m<sup>2</sup> soit sensiblement 5 fois plus d'énergie que l'objectif à atteindre. Certes le maître d'ouvrage du « cas pratique » a constaté qu'après passage au gaz et avec un rendement proche de 100 %, la consommation en énergie finale pour assurer la fourniture de l'ECS était réduite à environ 250 000 kWh. Au travers de ces chiffres, on comprend tout l'intérêt que l'on peut retirer d'une génération thermodynamique pour la production ECS qui permettrait avec un COP relativement modeste de 3 de diviser par 3 la consommation en énergie finale et d'atteindre l'objectif de 15 kWh par m<sup>2</sup> habitable (50/3=16,6 kWh/m<sup>2</sup> proche de l'objectif à atteindre. Le principe de conservation de l'énergie permet de mieux comprendre ces systèmes de génération ECS consommant 15 kWh par m<sup>2</sup> habitable avec un COP qui serait voisin de 3 en prélevant une quantité d'EnR qui serait sensiblement le double de l'EF payante. À noter que le COP d'un tel système avec 10°C à la source froide (PAC eau eau) et une température moyenne à la source chaude de (10+60)/2 = 35°C ne saurait excéder le COP théorique de  $T_c/(T_c-T_f) = (273+35)/[(273+35)-(273+10)] = 308/25 = 12$  ce chiffre étant à revoir à la baisse lorsque la température dépasse 35°C. On mesure au travers de ces chiffres tout le potentiel thermique des générations de chaleur thermodynamiques !*

*On ne construit rien de solide en ignorant le réel.*