

Guide technique

Les besoins d'eau chaude sanitaire *en habitat individuel et collectif*

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Préface



A l'heure où les bâtiments sont de plus en plus économes en énergie, l'eau chaude sanitaire (ECS) devient l'un des postes les plus consommateurs dans les logements récents. L'ADEME l'a anticipé et a décidé de s'attaquer au défi de l'ECS depuis 2009 en lançant le Programme d'Actions Concerté sur les Technologies de l'Energie relatives à l'Eau Chaude Sanitaire (PACTE ECS). Cinq consortiums, soit 33 partenaires au total, soutenus par l'ADEME ont participé au PACTE ECS et ont permis

d'aboutir à des technologies performantes de production d'ECS. Au-delà de ces premiers résultats concrets, le programme PACTE ECS a été aussi l'occasion de mutualiser un certain nombre de données issues des projets en particulier sur les besoins d'eau chaude sanitaire des occupants.

En effet, une meilleure connaissance des besoins s'avère cruciale aussi bien pour optimiser le dimensionnement des systèmes de production que pour l'estimation des consommations d'énergie et pour des applications en recherche et développement. Les valeurs qui sont aujourd'hui classiquement utilisées dans la profession sont relativement anciennes et divergent selon les sources. Partant d'un constat unanime de tous les acteurs de la filière, un travail transversal de capitalisation a été initié afin de réactualiser ces valeurs de besoins en habitat en cohérence avec ceux réellement observés aujourd'hui sur le terrain. L'ADEME a confié cette mission au COSTIC, qui a mutualisé et analysé les données issues de ces travaux. Par la suite, ces valeurs de besoins ont été consolidées par une analyse conséquente de relevés annuels de compteurs et de suivis instrumentés.

Aujourd'hui, l'ensemble de ces travaux ont abouti à la rédaction de ce premier guide sur les besoins d'eau chaude sanitaire, que nous mettons à disposition de l'ensemble des acteurs de la filière de l'eau chaude sanitaire. Je tiens à remercier le COSTIC pour son travail de capitalisation et de rédaction ainsi que les nombreux participants qui ont mis à disposition des données et qui ont fait de ce guide un ouvrage de référence pour la profession. Enfin, dans l'optique d'optimiser le dimensionnement des installations de production d'ECS pour une meilleure efficacité énergétique, cet ouvrage sera prochainement complété par la publication d'un deuxième volet abordant ce dimensionnement.

Marie-Christine Prémartin
Directrice Exécutive des Programmes
ADEME

Sommaire

AVANT - PROPOS	4
INTRODUCTION	5
<hr/>	
1. LES BESOINS INDIVIDUELS D'UN LOGEMENT	6
1.1. Les besoins journaliers moyens	6
1.1.1. Par personne	6
1.1.2. Par taille de ménage	7
1.1.3. Par type d'appartement	8
1.2. La part d'ECS dans le besoin total d'eau du logement	9
1.3. Les variations journalières	9
1.4. Exemples de profils	11
<hr/>	
2. LES BESOINS D'UN IMMEUBLE D'HABITATION	13
2.1. Le calcul du nombre de logements standards	13
2.2. Les besoins journaliers	14
2.2.1. Les besoins journaliers moyens	14
2.2.2. Les variations journalières	15
2.3. Les pointes de consommations	16
2.3.1. Les pointes de 10 minutes	17
2.3.2. Les pointes horaires	17
2.4. Exemples de profils	18
2.4.1. Profils journaliers maximaux	18
2.4.2. Profils horaires, hebdomadaires et mensuels moyens	19
<hr/>	
3. LES PARAMÈTRES LES PLUS INFLUENTS	22
3.1. Les taux d'occupation des logements	22
3.2. Les températures d'eau froide	23
3.3. Les systèmes d'économie d'eau et d'énergie	24
<hr/>	
4. RÉCAPITULATIF	25

Avant-propos

Dans le contexte actuel où l'eau chaude sanitaire (ECS) est devenue un véritable enjeu pour diminuer la consommation énergétique des bâtiments d'habitation, il est important de disposer de données fiables sur les besoins d'ECS. Partant du constat que les valeurs utilisées habituellement par la profession sont relativement anciennes et souvent divergentes (Recommandation ECS AICVF, Mode de calcul, Calculs pratiques de plomberie¹, ...), l'ADEME a initié des travaux afin de réactualiser ces valeurs, dans le cadre du programme de recherches PACTE ECS². Ces travaux ont été menés par le COSTIC en synergie avec les 5 consortiums participants à ce programme. Une capitalisation des suivis de consommations d'ECS menés ces dernières années, à laquelle 16 partenaires ont contribué, a été réalisée.

Plus de 15 500 relevés annuels de compteurs et 400 suivis instrumentés ont ainsi été analysés par le COSTIC afin d'établir de nouvelles valeurs de référence de besoins d'ECS en habitat.

Pour enrichir les connaissances, de nouveaux indicateurs ont été également ajoutés afin d'appréhender la variabilité des besoins.

Ce guide est le fruit de ces travaux. Cet ouvrage de référence sur les besoins d'ECS en habitat est destiné à tous les acteurs de la filière : industriels, maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, installateurs, exploitants, centres de recherche, ... Divers indicateurs sont donnés pour des applications variées : le dimensionnement des systèmes de production d'ECS individuel et collectif mais aussi la prévision des consommations énergétiques au stade de la conception, l'analyse des consommations en phase d'exploitation ou bien encore des applications de R&D... Afin de répondre au mieux aux diverses attentes, le comité de rédaction de cet ouvrage, rédigé par le COSTIC, était constitué de représentants des différents acteurs de la filière (ATLANTIC, CSTB, EDF, ENGIE, GRDF, ICO, TECSOL, UECE, UNICLIMA et USH).

L'ADEME tient à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage de référence :

- Le COSTIC pour le travail de collecte et analyse de données et la rédaction du présent guide,
- Les participants au comité de rédaction :
 - Farid Abachi, USH,
 - Olivier Broggi, GRDF,
 - Jean-François Doucet, EDF,
 - Valérie Laplagne, UNICLIMA,
 - Didier Miasik et Wanda Bouisson, ATLANTIC,
 - Daniel Mugnier et Luc Greliche, TECSOL,
 - Charles Pelé, CSTB,
 - Pierre Picard, ENGIE,
 - Nicolas Vincent, UECE,
 - Gilles Wegner, ICO.
- Les différents partenaires qui ont mis à disposition des données de suivis sur les besoins d'ECS :
 - ACD2,
 - AIGUILLON CONSTRUCTION,
 - ALDES,
 - ATLANTIC,
 - AUVERGNE HABITAT,
 - BELENOS,
 - CEREMA,
 - CHAROT,
 - CIAT,
 - COFELY,
 - EDF,
 - ENGIE,
 - OPAC DE LA SAVOIE,
 - TECSOL,
 - USH.

Remerciements

¹ Recommandation Eau Chaude Sanitaire 02.2004, AICVF - G. Baeckeroot et J-M Cadoret, Mode de calcul des installations d'eau chaude sanitaire, EDIPA - G. Dubreuil et A. Giraud, Calculs pratiques de plomberie sanitaire, EDIPA

² Le PACTE ECS est un Programme d'Actions Concerté sur les Technologies de l'Energie relatives à l'Eau Chaude Sanitaire, destinées à l'habitat individuel et collectif. Ce programme de recherche de l'ADEME, qui s'est déroulé de 2010 à 2015, avait pour objectif de faire émerger une nouvelle offre d'équipements d'ECS. Cinq consortiums regroupant des industriels, des centres de recherche, des énergéticiens, des prescripteurs et des mainteneurs ont participé à ce PACTE.

INTRODUCTION

Quel est le contenu de ce guide ?

Ce guide présente différents indicateurs permettant d'estimer les besoins d'ECS en habitat, pour des applications variées :

- Le 1^{er} chapitre porte sur les besoins d'un logement ; le terme « logement » désignant à la fois les maisons et les appartements. Dans ce chapitre sont données des valeurs de besoins moyens journaliers ainsi que des indications sur les variations de ces besoins et sur la part d'ECS dans le besoin total d'eau du logement. Des exemples de profils sont aussi présentés,
- Le 2^{ème} chapitre présente différents indicateurs à l'échelle de l'immeuble d'habitation : des valeurs de besoins journaliers moyens, minimaux et maximaux ainsi que des monotones montrant la variation de ces besoins, des valeurs de besoins de pointes sur 10 minutes ou horaires et des profils moyens journaliers, hebdomadaires ou mensuels.
- Le 3^{ème} chapitre porte sur les principaux paramètres influant sur les besoins. Dans ce chapitre sont données des valeurs moyennes de taux d'occupation et de température d'eau froide ainsi que des indications qualitatives sur l'impact des systèmes d'économie d'eau et d'énergie sur les besoins.

Pour quels usages ?

Les applications visées varient selon l'indicateur : dimensionnement des systèmes individuels de production pour les besoins d'un logement et des systèmes collectifs pour ceux à l'échelle de l'immeuble, prévisions et analyses des consommations énergétiques ou bien encore utilisations en R&D. Au début de la présentation de chaque indicateur, des exemples d'applications sont indiqués.

Pour ce qui est du dimensionnement de la production d'ECS, les travaux de révision des méthodes qui vont être entrepris et qui aboutiront à une publication (en 2017) préciseront pour chaque système, quel indicateur utiliser et comment. Le dimensionnement de la distribution d'ECS relève du NF DTU 60.11.

Comment ont été déterminés les indicateurs ?

Ils ont été établis à partir de l'exploitation de données issues d'environ 400 suivis instrumentés de maisons, appartements ou immeubles neufs ou existants, sur une année. Plus de 15 500 relevés annuels de compteurs d'eau ont également enrichi ces résultats. Ces suivis et relevés ont été effectués entre 2002 et 2015, en France métropolitaine. Selon la nature des données exploitées (volumes, énergies, températures d'eau froide et d'ECS connues ou non), la précision sur les indicateurs déterminés varie. Elle est spécifiée pour chacun d'entre eux en même temps que la taille de l'échantillon utilisé pour établir l'indicateur.

Qu'entend-on par besoins ?

Les valeurs indiquées dans cet ouvrage étant généralement issues de mesures réalisées au niveau de la production d'ECS, elles incluent, en partie, les pertes de distribution. Il ne s'agit pas des valeurs de besoins au niveau des points de puisages telles que définies dans les règles de calcul de la réglementation thermique mais des valeurs de besoins vues de la sortie de la production. Avant la présentation

de ces indicateurs, au début du 1^{er} et du 2^{ème} chapitre, une figure précise les valeurs de pertes prises en compte.

Quels sont les équipements sanitaires des logements ?

Les équipements sanitaires des logements instrumentés sont généralement « standards ». Avant d'utiliser ces résultats, il est donc nécessaire d'identifier les éventuels logements atypiques comportant des équipements très consommateurs (douches hydro, baignoires balnéo,...) qui entraînent des besoins supplémentaires.

Les valeurs de besoins sont exprimées à 40°C, pourquoi ?

Elles ont été établies pour 40°C, une température proche de la température d'usage afin d'obtenir des valeurs de besoins en litres pratiquement indépendantes de la température d'eau froide du site, contrairement aux valeurs exprimées à 55 ou 60°C. Le volume d'eau mitigée nécessaire à 40°C est pratiquement indépendant de la température d'eau froide par contre le volume à 55 ou 60°C ainsi que l'énergie nécessaires augmentent lorsque la température d'eau froide diminue.

Pour plusieurs indicateurs, des valeurs équivalentes en litres sont aussi indiquées à 55 ou 60°C, pour une température d'eau froide de 16 ou 9°C. 16°C correspond à la valeur moyenne annuelle de la température d'eau froide observée (voir chapitre 3.2.) et est donc utilisée pour le calcul des besoins moyens annuels équivalents à 55 ou 60°C. 9°C est la température minimale moyenne observée et sert à l'estimation des besoins de pointes à 55 ou 60°C pour le dimensionnement.

Les écarts types sont également indiqués, pourquoi ?

Pour mieux appréhender la variabilité des besoins moyens journaliers d'un ménage ou d'un immeuble, l'écart type obtenu est indiqué juste après la valeur moyenne. Par exemple, 56 ± 23 litres correspond à la valeur moyenne des besoins journaliers moyens par personne à 40°C \pm un écart type.

Concrètement, si pour un ménage ou un immeuble, les relevés réalisés conduisent à un besoin moyen compris entre la valeur moyenne indiquée \pm un écart type, cela signifie qu'il se situe dans la plage des « comportements moyens ». Pour une distribution gaussienne, entre la valeur moyenne et \pm un écart type, on trouve environ 68% des ménages ou immeubles considérés et 95% entre la valeur moyenne et ± 2 écarts types.

Comment utiliser ce guide ?

La mise en forme de cet ouvrage a été conçue de manière à permettre plusieurs niveaux de lecture, pour chaque indicateur :

- Un encadré en bref avec l'information essentielle pour une estimation rapide des besoins,
- Un graphe ou un tableau qui présente l'indicateur de manière un peu plus détaillée,
- Des commentaires qui décrivent les résultats présentés et donnent des informations complémentaires pour permettre une appréhension plus fine.

En fin d'ouvrage, un récapitulatif des principaux indicateurs est présenté.

1. LES BESOINS INDIVIDUELS D'UN LOGEMENT

Ce chapitre présente différents indicateurs, établis à partir de plus de 400 suivis instrumentés et 14 250 relevés annuels de compteurs, permettant d'estimer les besoins d'ECS à l'échelle d'une maison ou d'un appartement :

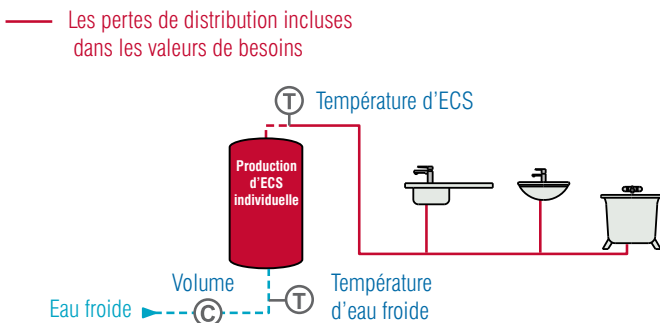
- des valeurs de besoins moyens journaliers par personne, par taille de ménage et par appartement,
- des indications sur la part d'ECS dans le besoin total d'eau du logement,
- des monotonies montrant la variation des besoins journaliers au cours d'une année,
- des exemples de profils journaliers, hebdomadaires et mensuels.

Ces valeurs sont destinées au dimensionnement des systèmes de production mais aussi à la prévision et l'analyse des consommations ou bien encore à des applications de R&D.

Elles ont été établies à partir de mesures réalisées au niveau de la production individuelle d'ECS ou à l'entrée de l'appartement (mesures de volumes et/ou d'énergies). **Elles incluent donc les pertes de distribution individuelle** jusqu'aux points de puisage, comme indiqué **figure 1**. Les pertes de distribution prises en compte sont variables, selon les longueurs, les diamètres et les températures de distribution rencontrées.

Figure 1 **Les valeurs de besoins déterminées à l'échelle d'un appartement ou d'une maison**

Exemple d'instrumentation réalisée au niveau de la production individuelle.



1.1. Les besoins journaliers moyens

Quelles applications visées ?

Connaître les besoins journaliers moyens peut être utile pour des calculs prévisionnels de consommations ou bien encore lors d'audits.

Trois types de ratios sont donnés :

- une valeur par personne pour une estimation rapide, très approximative, des besoins. Il s'agit d'une valeur moyenne déterminée pour des tailles de logements et un nombre d'occupants variables. En réalité, les besoins varient notablement en fonction du nombre d'occupants,
- des valeurs moyennes en fonction de la taille du ménage pour une estimation des besoins, notamment, en maison individuelle. En habitat individuel, le nombre de pièces reflète généralement mal le nombre d'occupants réels par contre ce dernier est généralement connu,

- des valeurs moyennes en fonction du type d'appartements dans le parc privé et social (T1, T2, T3,...).

Quel que soit le type de ratios, les valeurs de besoins journaliers moyens indiquées ont été déterminées sur une année. **Elles prennent en compte les besoins nuls durant les périodes d'absence.**

1.1.1. Par personne

En Bref

Les besoins journaliers moyens par personne sur une année sont en moyenne de **56 ± 23 litres à 40°C** soit **35 ± 14 litres à 55°C pour une température moyenne annuelle d'eau froide de 16°C .**

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, **figure 2**, sont issus de l'exploitation de 275 télésuivis sur une année, de maisons ou d'appartements, aussi bien dans le parc privé que social, situés dans différentes régions :

- 200 télésuivis de consommations d'énergie électrique de ballons électriques d'ECS, au pas horaire. L'incertitude sur les volumes à 40°C déterminés à partir de ces données est estimée de l'ordre de $\pm 35\%$ compte tenu des hypothèses considérées sur les rendements des ballons, les températures d'eau froide, d'ECS et les taux d'occupation inconnus.
- 134 télésuivis des besoins d'ECS, au pas généralement de 10 minutes. L'incertitude sur ces résultats est estimée de l'ordre ± 5 à 10% .

Pour 213 de ces télésuivis, les taux d'occupation étant inconnus, ils sont supposés égaux aux valeurs moyennes issues des statistiques USH-DEEF¹ (voir chapitre 3.1). Les valeurs moyennes de besoins ainsi obtenues sont similaires à celles déterminées pour les sites avec des taux d'occupation connus.

Ces données ont été enrichies par les résultats de 64 autres suivis provenant de sources bibliographiques² pour lesquels des hypothèses ont été faites sur les températures d'eau froide. L'incertitude sur ces résultats est estimée de l'ordre de $\pm 15\%$.

A partir de l'ensemble de ces résultats ont été déterminés les besoins journaliers moyens par personne, sur une année, à 40°C . Le volume équivalent à 55°C , indiqué, a été calculé en prenant la valeur de température moyenne annuelle d'eau froide observée de 16°C (voir chapitre 3.2.).

¹ Sources : calculs USH-DEEF, à partir des données INSEE Recensement population 2008 et Enquête nationale logement 2006 en France métropolitaine

² B. Allibe- Modélisation des consommations d'énergie du secteur résidentiel français à long terme – Rapport de thèse - 2012

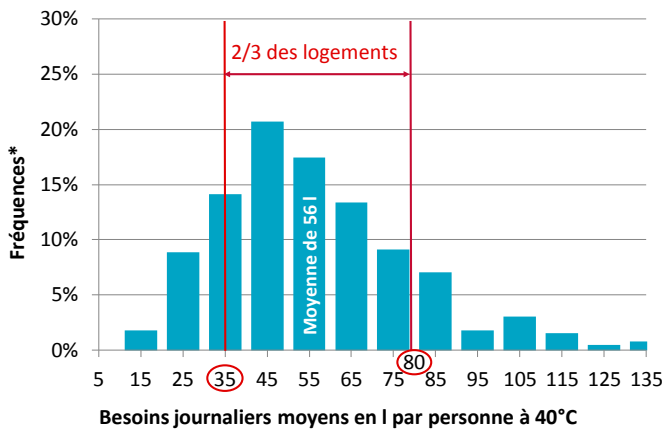
Quels résultats ?

Les besoins journaliers moyens sur une année, pour l'ensemble des 398 sites (avec des taux moyens d'occupation de 2,5 personnes) sont, en moyenne, de 56 litres à 40°C par personne. Compte tenu des incertitudes et des écarts types, ces résultats sont proches de la valeur de 33 litres à 50°C (soit 47 litres à 40°C pour une eau froide à 16°C) obtenue dans le cadre des suivis ADEME menés sur une centaine d'installations solaires individuelles.

Les analyses statistiques réalisées montrent par ailleurs que le type d'habitat (social ou privé, collectif ou individuel) n'a pas d'impact significatif sur les besoins d'ECS par ménage. Il en est de même de la région.

Figure 2 Répartition des besoins journaliers moyens par personne à 40°C

2/3 des 398 logements ayant fait l'objet d'un suivi ont un besoin moyen compris entre 35 et 80 l par jour, la valeur moyenne étant de 56 l. L'écart type est de 23 l.



* Fréquences auxquelles sont rencontrées les valeurs de besoins journaliers moyens indiquées en abscisse. Par exemple, 9% des 398 logements ont un des besoins journaliers moyens sur les 365 jours de l'année compris entre 20 et 30 l. Ces valeurs prennent en compte les besoins nuls durant les absences.

1.1.2. Par taille de ménage

En Bref

Les besoins journaliers moyens par personne sur une année diminuent en fonction de la taille du ménage. Ils varient, en moyenne, à 40°C, de 80 ± 35 litres pour une personne seule à 45 ± 20 litres pour une famille de 5 personnes.

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, **figure 3**, sont issus de l'exploitation :

- de 118 télé-suivis de besoins d'ECS sur une année de maisons ou d'appartements, aussi bien dans le parc privé que social, situés dans différentes régions. L'incertitude sur ces résultats est estimée de l'ordre ± 5 à 10%, excepté pour 23 suivis pour lesquels des hypothèses ont été faites sur les températures d'eau froide et d'ECS,
- des résultats de 64 suivis, provenant de sources bibliographiques, pour lesquels des hypothèses ont été faites sur les températures d'eau froide. L'incertitude sur ces résultats est estimée de l'ordre de ± 15%.

Quels résultats ?

Les besoins journaliers moyens par personne à 40°C, sur une année, varient, en moyenne, de 80 litres pour une personne seule à 45 litres pour une famille de 5 personnes.

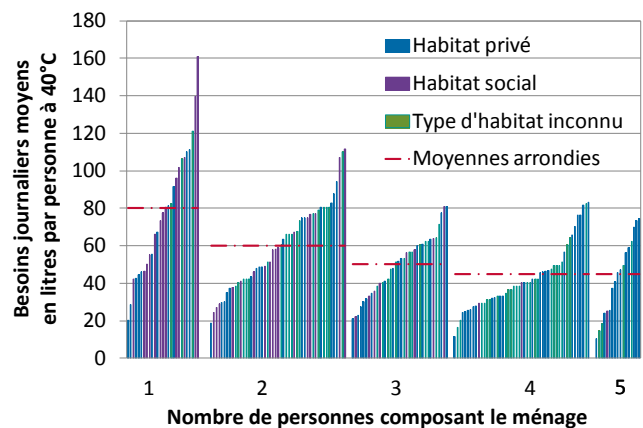
Plus la taille du ménage augmente, plus ces besoins sont, en moyenne, faibles. En effet, les ménages de 3 à 5 personnes correspondent à des familles avec des enfants qui peuvent ne pas être présents tout au long de l'année (étudiants, gardes partagées,...), d'où des besoins, en moyenne, sur l'année plus faibles. A contrario, les logements occupés par une personne peuvent avoir ponctuellement des taux d'occupation plus élevés (garde alternée, couple vivant dans deux logements,...), d'où des besoins, en moyenne, sur l'année plus importants.

D'une manière générale, les taux d'occupation des logements déclarés peuvent être très différents des taux d'occupation réels tout au long de l'année, d'où une variation importante des valeurs de besoins journaliers moyens par personne.

Le type d'habitat (social ou privé, collectif ou individuel) n'impacte pas de manière significative sur les besoins d'ECS par taille de ménages.

Figure 3 Les besoins journaliers moyens par personne à 40°C en fonction de la taille du ménage

Valeurs moyennes obtenues pour 182 logements ayant fait l'objet d'un suivi.



		Nombre de personnes composant le ménage				
		1	2	3	4	5
Taille de l'échantillon*		27	51	36	51	17
Besoins journaliers moyens en litres à 40°C ± écart type	Valeurs moyennes par personne	80 ±35	60 ±25	50 ±20	45 ±20	45 ±20
	Valeurs moyennes par ménage	80 ±35	120 ±45	150 ±50	170 ±70	220 ±105

* Nombres de ménages ayant permis de déterminer ces valeurs moyennes

1.1.3. Par type d'appartement

En Bref

Les besoins journaliers moyens à 40°C, sur une année sont, en moyenne, de 110 ± 80 litres pour un appartement T3 dans le parc social et par extrapolation de 100 l ± 70 litres pour un T3 dans le parc privé. La dispersion importante des besoins moyens journaliers d'un logement à l'autre est due en grande partie à des taux d'occupation très variables.

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, figures 4 et 5, sont issus de l'exploitation :

- de 8 550 relevés annuels de compteurs d'ECS, installés à l'entrée d'appartements du parc social, pourvus d'une production collective d'ECS. Les températures non mesurées ont été supposées en moyenne de 55°C pour l'ECS et de 16°C pour l'eau froide (voir chapitre 3.2). L'incertitude sur les valeurs de besoins obtenues est estimée de l'ordre de ± 25%. Les résultats obtenus pour les 280 T1 ne sont pas représentés figure 4,
- des statistiques USH-DEEF¹ sur les taux d'occupation des appartements (voir chapitre 3.1). A partir de ces statistiques et des valeurs moyennes de besoins par personne indiquées au chapitre précédent (chapitre 1.1.2), il a été déterminé les besoins journaliers moyens correspondants pour les différents types d'appartements.

Quels résultats ?

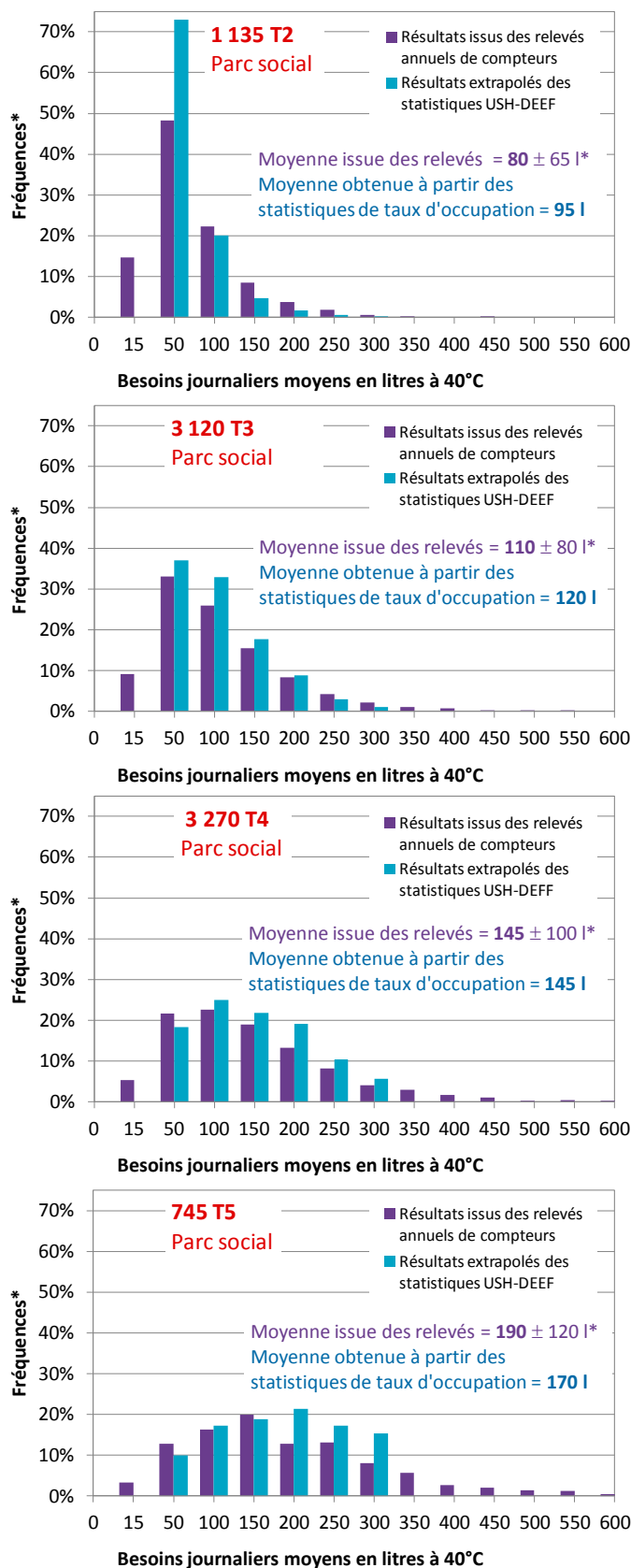
Les valeurs de besoins journaliers moyens à 40°C, issues des 8 550 relevés annuels de compteurs, varient, en moyenne, de 75 litres pour un appartement T1 à 190 litres pour un T5, dans le parc social. Pour un appartement T1 et un T2, ces valeurs sont pratiquement identiques.

Pour un même type de logement, des variations importantes des besoins journaliers moyens sont observées, comme le montre la figure 4 ainsi que le rapport écart type sur moyenne supérieur à 0,6. Cette dispersion des besoins est due, en grande partie, aux taux d'occupation très variables des appartements, comme l'illustre également la figure 4. Les résultats obtenus, à partir des données USH-DEEF¹, en multipliant les taux d'occupation variables des logements par les valeurs de besoins moyens par personne, indiquées au chapitre 1.1.2., sont dans l'ensemble relativement proches des valeurs réellement observées issues des relevés.

Les valeurs de besoins moyens des logements du parc privé, pour lesquels on dispose de peu de données de suivis, sont déterminées par extrapolation des valeurs de besoins moyens des logements du parc social, en tenant compte seulement de la différence de taux d'occupation ; le paramètre le plus influent. Les valeurs de besoins ainsi obtenues pour des T1 et T2 sont identiques dans le parc privé et social, les taux moyens d'occupation étant les mêmes. Pour des T3, T4 et T5, les besoins sont légèrement supérieurs dans le parc social par rapport au parc privé, de par une occupation moyenne plus importante dans le parc social. L'ensemble des valeurs est indiqué figure 5.

1 Sources : calculs USH-DEEF, à partir des données INSEE Recensement population 2008 et Enquête nationale logement 2006, en France métropolitaine

Figure 4 Répartition des besoins journaliers moyens à 40°C par type d'appartements dans le parc social



* Fréquences auxquelles sont rencontrées les valeurs de besoins journaliers moyens indiquées en abscisse. Par exemple, pour un appartement T2, 22% des 1135 T2 ont des besoins journaliers moyens sur les 365 jours de l'année, à 40°C, compris entre 75 et 125 l, d'après les résultats des relevés annuels de compteurs. La valeur indiquée à côté de la moyenne est l'écart type.

Figure 5 Les valeurs moyennes de besoins journaliers moyens à 40°C par type d'appartements

Les valeurs moyennes données pour les appartements du parc social sont issues des relevés annuels de 8 550 compteurs individuels. Les valeurs indiquées pour le parc privé en sont déduites, en prenant en compte la différence de taux d'occupation entre ces deux types d'habitat.

Type d'appartements	Besoins journaliers moyens en litres à 40°C*	
	Parc social	Parc privé
T1	75 ± 60	75 ± 60
T2	80 ± 65	80 ± 65
T3	110 ± 80	100 ± 70
T4	145 ± 100	110 ± 75
T5	190 ± 120	140 ± 90

* Valeurs moyennes sur 365 jours (absences éventuelles incluses) ± un écart type

1.2. La part d'ECS dans le besoin total d'eau du logement

En Bref

Les besoins d'ECS à 55°C représentent en moyenne environ **un tiers** du volume total d'eau nécessaire pour le logement sur l'année.

Quelles applications visées ?

Connaître la part d'ECS dans le besoin total d'eau peut être utile lors d'un audit pour une estimation des besoins d'ECS à partir des factures d'eau froide du logement.

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, **figure 6**, sont issus de l'exploitation de relevés annuels de compteurs individuels d'eau froide et d'ECS d'environ 5 700 appartements du parc social, desservis par des productions collectives d'ECS, en région Auvergne. La température d'ECS à l'entrée des appartements est supposée de 55°C.

Quels résultats ?

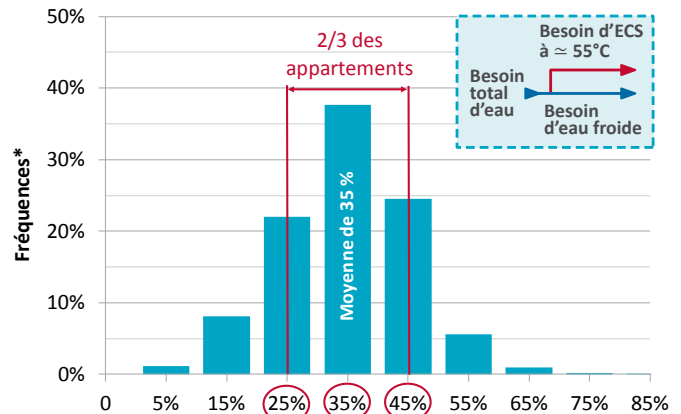
Les volumes d'ECS soutirés par un appartement représentent, en moyenne, 35% de ses besoins totaux d'eau sur l'année. Les analyses réalisées montrent que le type d'appartements (T1, T2, ...) influe peu sur cette répartition de même que le climat. Entre 2014, une année relativement chaude avec une température d'eau froide donc, à priori, plus élevée et 2013, proche de la normale, les valeurs moyennes obtenues sont similaires.

En maison individuelle, l'ECS représente une part plus faible qu'en appartement compte tenu des autres usages venant s'ajouter qui ne requièrent que de l'eau froide (arrosage,...). Une étude bibliographique¹ a estimé que dans les maisons, le pourcentage d'ECS à 55°C, dans le volume total d'eau, est de l'ordre de 28, % pour une eau froide à 15°C. Selon cette même étude, la consommation moyenne totale d'eau, par occupant, en France, est de l'ordre de **130 l par jour**.

¹ Consortium BBC PACS (CSTB, Atlantic, Armines, EDF) – Identification des besoins d'ECS – Rapport pour le PACTE ECS – Juin 2011

Figure 6 Part de l'ECS par rapport au besoin total d'eau en appartement

L'ECS représente entre 25 et 45% des besoins totaux d'eau sur l'année pour 2/3 des appartements, la valeur moyenne étant de 35%. L'écart type est de l'ordre 10%. Ces valeurs ont été établies sur un échantillon d'environ 5700 appartements du parc social.



* Fréquences auxquelles sont rencontrées les différentes proportions d'ECS indiquées en abscisse. Par exemple, 22% des 5 666 appartements de l'échantillon analysé ont des besoins d'ECS par rapport aux besoins totaux d'eau de l'appartement, sur l'année, compris entre 20 et 30%. Les besoins d'ECS sont ceux relevés sur les compteurs individuels à l'entrée des appartements (la température en ce point étant considérée d'environ 55°C).

1.3. Les variations journalières

En Bref

Les besoins d'ECS d'un même logement peuvent différer fortement d'un jour à l'autre : les temps de présence, les activités et le nombre d'occupants étant très variables. Au maximum, ils peuvent atteindre jusqu'à 5 fois, voire plus, les besoins journaliers moyens du type de logements considérés.

Durant 90% de l'année, les besoins journaliers restent inférieurs à 2,8 fois les besoins moyens dans 90% des 270 logements ayant fait l'objet d'un suivi, à l'exception des T1 et des logements occupés par une personne.

Quelles applications visées ?

Connaître la variation des besoins journaliers d'un logement peut être utile pour le dimensionnement des systèmes de production d'ECS individuelle à accumulation ou bien encore pour des applications de R&D.

Quelles données exploitées ?

Les données de besoins journaliers présentées ci-après, **figure 8**, ont été choisies à titre d'exemple, parmi celles établies à partir :

- de 171 télé-suivis des consommations d'énergie électrique de ballons électriques d'ECS, sur une année, dans des appartements du parc social. L'incertitude sur les volumes à 40°C déterminés, à partir de ces données, est estimée de l'ordre de ± 35% compte tenu des hypothèses considérées sur les rendements des ballons, les températures d'eau froide et d'ECS inconnus,

- de 94 télésuivis des besoins d'ECS, sur une année, de ménages de 1 à 5 personnes, habitant en maisons ou appartements, à la fois dans le parc privé et social. Les régions et les appareils de production sont variés (pompes à chaleur double-service, chauffe-eau thermodynamiques, micro-cogénérateurs, systèmes solaires). L'incertitude sur ces besoins est estimée de l'ordre ± 5 à 10%.

A partir de ces données, ont été déterminées les monotones des besoins journaliers à 40°C, sur une année, qui satisfont 50, 90, 95 et 100% des appartements, T1 à T5, du parc social et des ménages de 1 à 5 personnes. Les monotones présentées ci-après, sont celles :

- des appartements T3 du parc social ; le type d'appartement le plus rencontré en France,
- des ménages de 2 personnes, un nombre proche de la taille moyenne des ménages en France (voir chapitre 3.1)

Quels résultats ?

Les besoins journaliers d'un ménage varient fortement au cours de l'année, comme le montre la **figure 7**. Ils atteignent, pour l'ensemble des télésuivis, jusqu'à 7 fois les besoins moyens du type de ménages considéré.

Pour 95% de l'ensemble des logements, leurs besoins journaliers ne dépassent pas 3,7 fois les besoins moyens du type de logement considéré, durant 95% du temps.

La moitié des logements ont des besoins journaliers :

- au maximum, correspondant à 3 fois les besoins moyens du type de logement considéré,
- inférieurs à 2,3 fois ces besoins pendant 95% du temps.

Dans l'ensemble, plus la taille du logement et du ménage augmente, plus les amplitudes des variations relatives des besoins journaliers diminuent. Les plus fortes fluctuations sont observées pour les appartements T1 et les ménages d'une personne. Pendant 90% du temps, pour 90% des T1 et des ménages d'une personne, leurs besoins varient jusqu'à 3,7 fois les besoins moyens de ce type de logements ou de ménages.

Quel que soit le type de logements, les fortes variations des besoins observées d'un jour à l'autre pour un même logement résultent, pour une part importante, de leurs taux d'occupation très variables au cours de l'année (déplacements professionnels, gardes partagées, étudiants, accueil d'amis,...).

L'influence du type de production d'ECS sur les besoins journaliers maximaux n'a pas pu être déterminée à partir des données analysées. Il n'a pas pu être démontré par exemple, que la présence d'un ballon électrique avec un volume d'ECS disponible limité, conduisait à des valeurs de besoins maximaux plus faibles qu'avec d'autres systèmes, comme on peut le supposer.

Figure 7 Exemple d'évolution des besoins journaliers, au cours de l'année, observée pour un appartement T4 occupé par une famille de 4 personnes

Variation des besoins journaliers de cet appartement T4 par rapport à ses besoins moyens annuels, à 40°C. Ces valeurs sont issues d'un télésuivi.

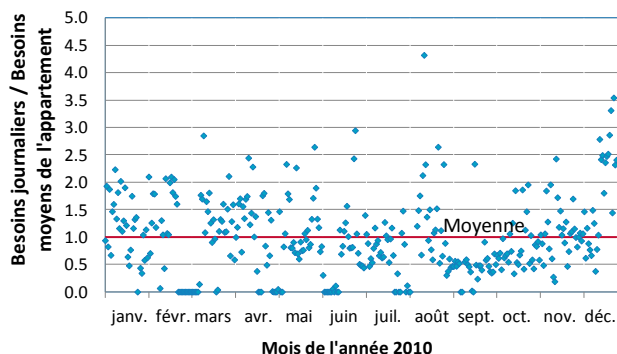
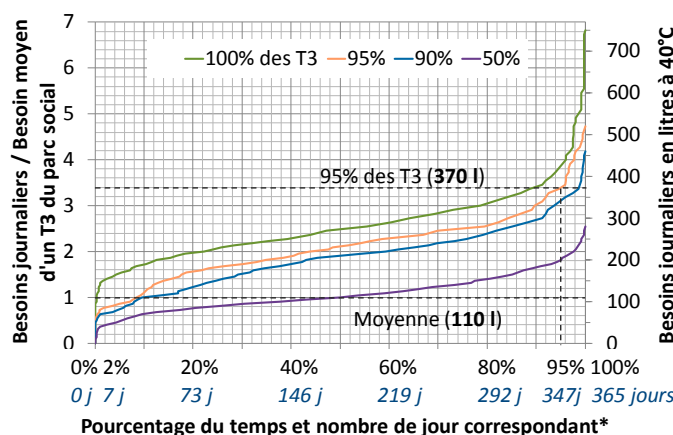
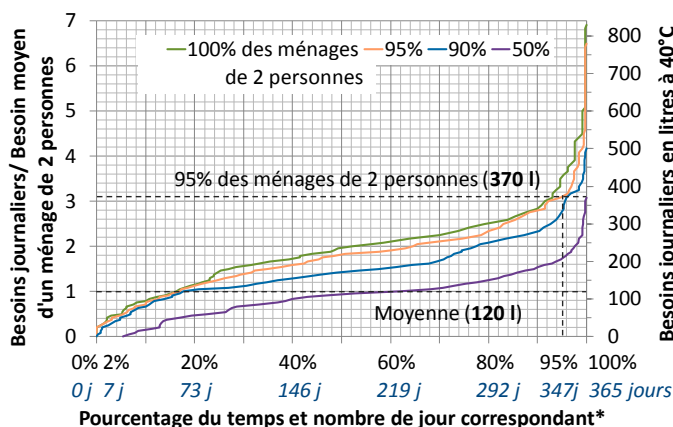


Figure 8 Les variations des besoins journaliers à 40°C observées pour 72 appartements T3 du parc social et 24 ménages de 2 personnes

Les monotones des besoins journaliers sur une année qui satisfont 100, 95, 90 et 50% des 24 ménages ou des 72 appartements T3 ayant fait l'objet d'un télésuivi.



* Nombre de jours durant lesquels les besoins journaliers de 50, 90, 95 ou 100% des ménages de 2 personnes ou des T3 sont inférieurs aux valeurs indiquées en ordonnées. Par exemple, pendant 80% du temps (292 jours), les besoins journaliers de 50% des 72 T3 sont inférieurs à 1,4 fois les besoins moyens d'un appartement T3 du parc social soit à 154 litres à 40°C.

Le trait horizontal en pointillé en partie haute indique que 95% des T3 ont des besoins journaliers inférieurs à environ 3,4 fois les besoins moyens d'un appartement T3 du parc social soit à 370 litres à 40°C pendant 95% du temps.

1.4. Exemples de profils

Quelles applications visées ?

Les exemples de profils de soutirages journaliers de ménages de 1 à 5 personnes peuvent être utilisés, par exemple, pour des applications de R&D.

Quelles données exploitées ?

Les profils journaliers présentés **figure 11** sont issus de l'analyse de 10 télésuivis d'appartements et de maisons, parmi un ensemble de 50 télésuivis. Pour sélectionner ces profils, il a été recherché les lundis et les dimanches, en dehors des périodes de congés, avec des besoins d'ECS se rapprochant des valeurs moyennes journalières par ménage, indiquées au chapitre 1.1.3, le but étant d'obtenir des profils « moyens ».

Ces profils sont au pas de temps de 10 minutes, le pas de temps d'enregistrement de ces télésuivis. Le poids d'impulsion des compteurs utilisés lors de ces suivis étant de 1 litre, les soutirages de moins de 1 litre n'apparaissent pas sur ces profils.

Les **figures 9 et 10** présentent, par ailleurs, des exemples de profils hebdomadaires et mensuels moyens de 4 ménages, choisis aléatoirement. Ces figures montrent bien la très grande variabilité d'un ménage à l'autre. Les coefficients hebdomadaires et mensuels indiqués sur ces figures représentent les variations moyennes des besoins à 40°C de ces 4 ménages, tels que décrits au chapitre 2.4.2.

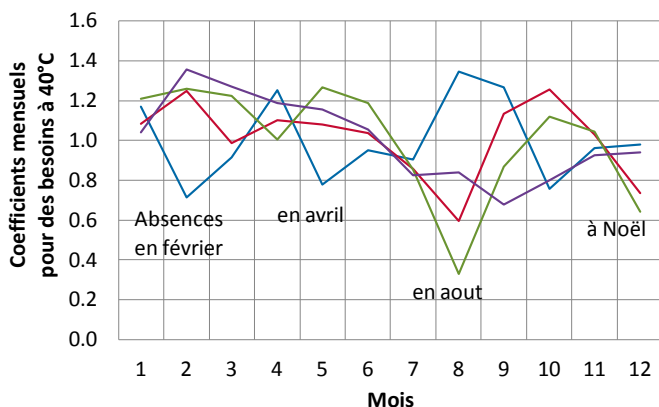
Quels résultats ?

Les profils sont très variables d'un jour à l'autre pour un même ménage et d'un ménage à l'autre.

Les profils mensuels fluctuent fortement selon les périodes de vacances choisies, comme le montre la **figure 9**. Ces variations sont plus importantes que celles observées pour un immeuble. A l'échelle de l'immeuble, les écarts sont lissés, les variations d'un logement à l'autre se compensent (voir chapitre 2.4.2).

Il en est de même des variations observées pour les profils hebdomadaires, tels que présentés **figure 10**.

Figure 9 Exemples de profils mensuels de 4 ménages

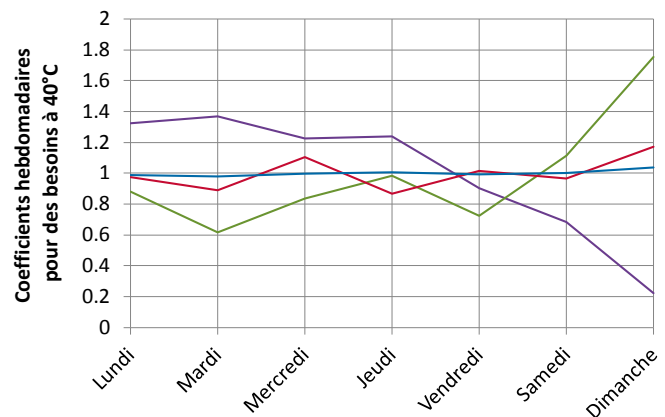


L'analyse des profils hebdomadaires d'une cinquantaine de ménages montrent que :

- le pic éventuel du mercredi est plus fréquemment observé dans les familles de 4 ou 5 personnes,
- la dispersion des besoins entre les logements et au sein d'un même ménage est plus grande le week-end qu'en semaine,
- les variations d'une semaine à l'autre sont généralement plus importantes pour un logement occupé par une personne.

Figure 10 Exemples de profils hebdomadaires moyens, sur l'année, de 4 ménages

Ces profils moyens représentent les 52 semaines de l'année. Par exemple, le dimanche, pour un des logements occupé par une personne, le coefficient est de 0,2 ce qui laisse supposer que cet occupant est vraisemblablement absent presque tous les dimanches de l'année.



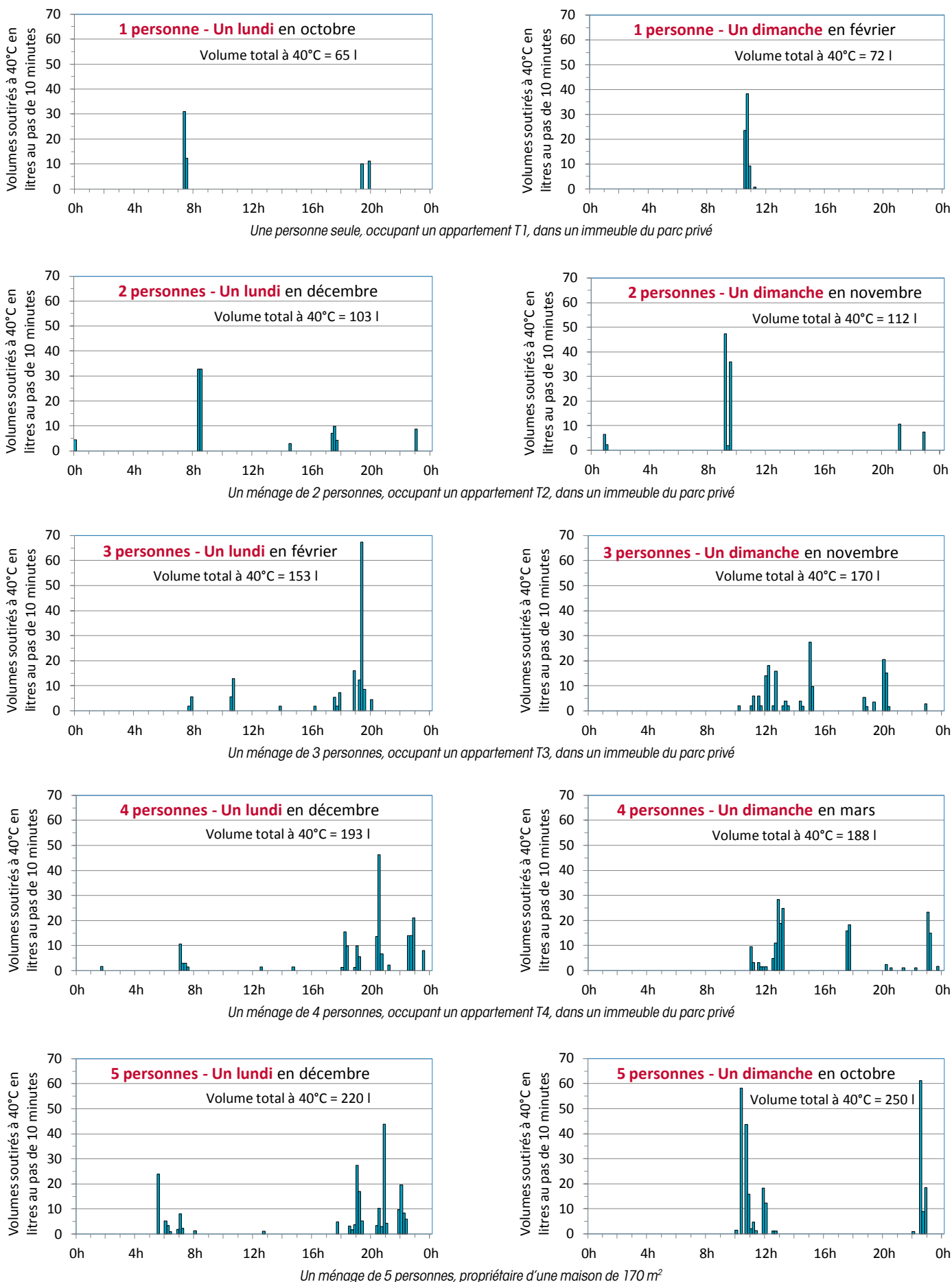
Les profils journaliers **figure 11** présentent un pic le matin et/ou le soir, correspondant vraisemblablement aux douches. Selon une enquête de l'institut BVA réalisée en 2012, 68% des français déclarent prendre une douche par jour et 11% plusieurs par jour. La pratique de la douche a maintenant supplanté celle du bain.

Les pics du matin observés **figure 11** sont plus tardifs les dimanches que les lundis.

A noter par ailleurs que les durées de soutirages sont très brèves. Dans un exemple de profils journaliers enregistrés à des pas de temps plus fins, pour une famille de 4 personnes, la durée totale des soutirages était de 31 minutes soit de 2% du temps sur une journée. 19 des 38 soutirages réalisés étaient de moins de 3 litres, d'une durée inférieure à 20 secondes, chacun, et 6 de moins de 1 litre.

Les tendances moyennes pour l'ensemble des ménages sont présentées à travers les profils horaires, hebdomadaires et mensuels à l'échelle de l'immeuble au chapitre 2.4.2.

Figure 11 Exemples de profils journaliers de besoins d'ECS à 40°C de ménages de 1 à 5 personnes, au pas de 10 minutes



2. LES BESOINS D'UN IMMEUBLE D'HABITATION

Ce chapitre présente différents indicateurs, établis à partir d'une quarantaine de suivis instrumentés et d'environ 1 250 relevés annuels de compteurs, permettant d'estimer les besoins d'ECS à l'échelle de l'immeuble :

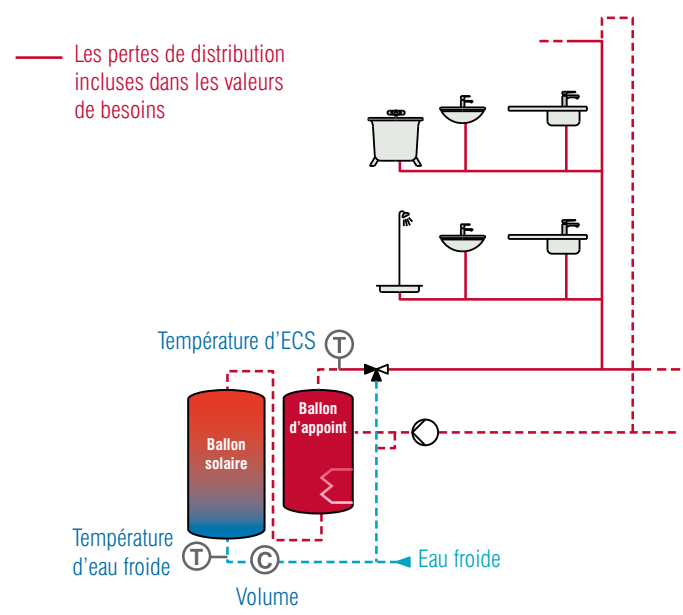
- des valeurs de besoins moyens, maximaux et minimaux ainsi que des monotones montrant la variation de ces besoins,
- des valeurs de besoins de pointes sur 10 minutes et 1 à 8 heures,
- des exemples de profils moyens journaliers, hebdomadaires et mensuels ainsi des exemples de profils journaliers maximaux au pas de temps de 10 minutes.

Ces valeurs sont destinées au **dimensionnement des systèmes de production collective** mais aussi à la prévision et l'analyse des consommations des immeubles d'habitation ou bien encore à des applications de R&D.

Elles ont été établies, pour la plupart, à partir de mesures réalisées au niveau de la production collective d'ECS. **Elles incluent donc une partie des pertes de distribution collective et individuelle** jusqu'aux points de puisage, comme indiqué **figure 12**. Ces mesures ayant été effectuées à la fois dans des immeubles neufs et existants de plusieurs dizaines d'années, les pertes de distribution prises en compte sont donc variables, selon les épaisseurs de calorifuge, les longueurs, les diamètres et les températures de distribution rencontrées.

Figure 12 Les valeurs de besoins déterminées à l'échelle de l'immeuble

Exemple d'instrumentation réalisée.



Ces valeurs de besoins d'un immeuble d'habitation sont indiquées par logement standard. La définition et le calcul du nombre de logements standards d'un immeuble sont présentés dans le premier chapitre ci-après. Seules les pointes sur 10 minutes sont déterminées en fonction du nombre de logements.

Même si les valeurs sont exprimées par logement standard, **elles diffèrent des valeurs à l'échelle du logement indiquées** au chapitre 1, compte tenu des pertes de distribution collectives qui viennent s'ajouter, des éventuels appartements inoccupés et du foisonnement entre les logements. Ainsi les variations observées à l'échelle de l'immeuble sont moins importantes qu'à l'échelle de l'appartement ; elles se compensent mutuellement.

2.1. Le calcul du nombre de logements standards

En Bref

Par définition, le logement standard est un T3 d'un immeuble du parc social.

Les équivalences considérées pour le calcul du nombre de logements standards d'un immeuble dépendent des taux moyens d'occupation. Elles diffèrent donc entre l'habitat privé et social. Ainsi un logement T3, en habitat privé, correspond à 0,9 logement standard.

Les besoins d'un immeuble sont déterminés en fonction du nombre de logements standards qu'il compte. Par définition, le logement standard est :

- un T3, le type d'appartement le plus rencontré,
- dans le parc social, le type d'habitat pour lequel les données de suivis sont les plus nombreuses,
- occupé par 2,1 personnes, correspondant aux taux moyens d'occupation d'après les statistiques USH-DEEF (voir chapitre 3.1).

Le calcul du nombre de logements standards d'un immeuble est réalisé à partir des coefficients d'équivalence indiqués dans le tableau, **figure 13**, ci-après, pour les différents types d'appartements du parc privé et social. Ces coefficients prennent en compte les écarts de taux moyens d'occupation entre ces différents logements, dont dépendent directement les besoins.

Seules les pointes sur 10 minutes sont déterminées en fonction du nombre de logements car elles varient peu selon le type d'appartements.

L'équipement sanitaire du logement (douche, baignoire,...) n'est pas pris en compte car son influence est moindre. Même si les appartements sont équipés de baignoires, les occupants prennent maintenant essentiellement des douches. L'équipement est, par ailleurs, inconnu pour les données issues de télésuivis exploitées.

Figure 13 Les coefficients d'équivalence permettant de calculer le nombre de logements standards

Par exemple, un appartement T4 dans un immeuble du parc social est considéré égal à 1,4 logement standard

Type de logements	Parc privé		Parc social	
	Taux moyen d'occupation*	Coefficient d'équivalence	Taux moyen d'occupation*	Coefficient d'équivalence
T1	1,2	0,6	1,2	0,6
T2	1,4	0,7	1,4	0,7
T3	1,9	0,9	2,1	1
T4	2,3	1,1	3	1,4
T5	2,7	1,3	3,7	1,8
T6 ou plus	2,9	1,4	3,9	1,9

* Sources : calculs USH-DEEF, à partir des données INSEE Recensement population 2008 et Enquête nationale logement 2006 en France métropolitaine.

2.2. Les besoins journaliers

2.2.1. Les besoins journaliers moyens

En Bref

Les besoins journaliers moyens d'un immeuble sur l'année sont, en moyenne, de **125 ± 50 litres à 40°C par logement standard** soit environ **70 ± 25 litres à 60°C**, pour une température moyenne annuelle d'eau froide de 16°C. Sur juillet et août, ces besoins chutent à **105 ± 45 litres à 40°C par logement standard** soit à environ **50 l ± 20 litres à 60°C**, pour une température moyenne d'eau froide de 21°C sur ces deux mois.

Quelles applications visées ?

La connaissance des besoins journaliers moyens est requise pour prévoir et analyser les consommations d'un immeuble ou bien encore pour dimensionner les systèmes de production d'ECS collective par accumulation.

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, figures 14 et 15, sont issus de l'exploitation :

- de 1 240 relevés annuels de compteurs d'eau installés à l'entrée de productions collectives d'ECS dans 730 immeubles du parc social et 510 immeubles du parc privé. Les températures non mesurées ont été supposées en moyenne de 60°C pour l'ECS et de 16°C pour l'eau froide. Les types de logements étant inconnus, le nombre de logements standards a été estimé à partir du nombre total de logements et de la surface moyenne par logement. L'erreur sur les valeurs de besoins obtenues est estimée de l'ordre de ± 30%.

- de 42 télérelevés réalisés sur au moins une année, à des pas de temps de 10 minutes, dans 34 immeubles du parc social et 8 copropriétés. L'incertitude sur ces données est estimée de l'ordre de ± 5 à 10%.

Pour chacun de ces relevés et télérelevés, effectués dans différentes régions en France métropolitaine, les valeurs de besoins journaliers moyens, sur une année, à 40°C, ont été déterminées.

Quels résultats ?

La valeur de besoins journaliers moyens par logement standard obtenue sur l'année, pour l'ensemble des sites, est, en moyenne, de 125 l à 40°C, soit environ 70 l à 60°C pour une eau froide à 16°C (température moyenne annuelle observée, voir chapitre 3.2). Cette valeur à 40°C est très proche, au regard des incertitudes, de la valeur moyenne de 110 l déterminée pour un appartement équivalent, à l'échelle du logement (un T3 du parc social, voir chapitre 1.1.3.). Ce qui différencie ces deux valeurs, c'est la prise en compte à l'échelle de l'immeuble d'une partie des pertes de distribution collective, comme explicité figure 12, et des éventuels logements inoccupés (vacants).

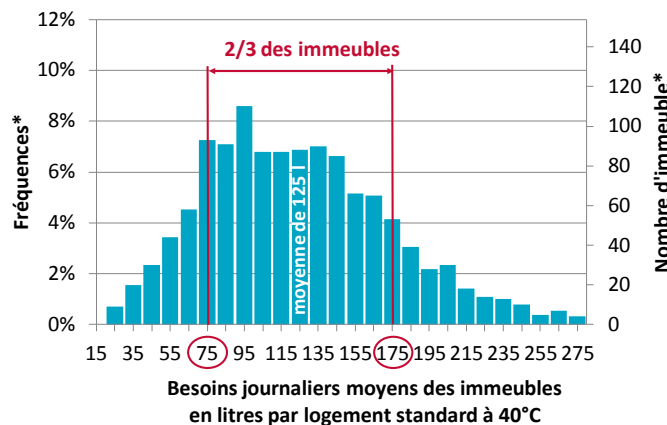
Dans les immeubles du parc privé, les besoins moyens par logement sont, en moyenne, un peu plus faibles que dans le parc social, compte tenu des taux d'occupation moindres en secteur privé. Ces besoins, exprimés par logement et non par logement standard, sont, en moyenne, sur l'année, de l'ordre de 110 l à 40°C en habitat privé et de 130 l dans le parc social.

Pour ce qui est des besoins exprimés par logement standard, cet écart est réduit compte tenu de la prise en compte des taux moyens d'occupation dans le calcul du nombre de logements standards.

A noter également que, dans certains immeubles, le nombre de logements inoccupés semble important comme le laisse supposer les très faibles valeurs de besoins journaliers moyens observées sur la figure 14 ci-après.

Figure 14 Les besoins journaliers moyens des immeubles

2/3 des 1 282 immeubles ayant fait l'objet d'un suivi ont un besoin moyen sur l'année à 40°C compris entre 75 et 175 l par jour et par logement standard. La valeur moyenne est de 125 l et l'écart type de 50 l.

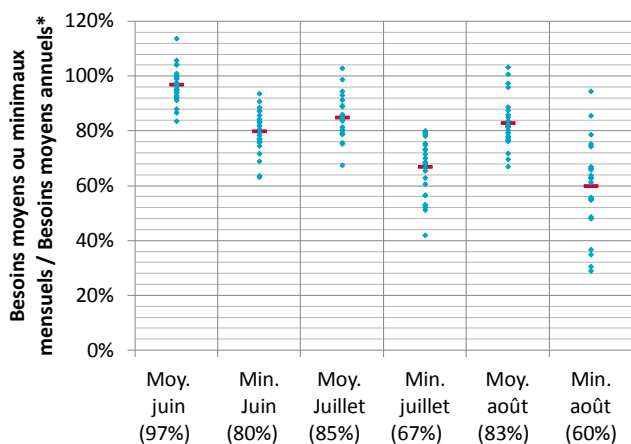


* Fréquences auxquelles sont rencontrées les valeurs de besoins journaliers moyens indiquées en abscisse. Par exemple, 7% des 1282 immeubles, soit environ 90 immeubles ont un besoin journalier moyen à 40°C, sur l'année, compris entre 120 et 130 l par logement standard. Le nombre d'immeuble correspondant aux fréquences est indiqué sur le second axe d'ordonnées.

Sur les mois de juillet et août, les besoins journaliers moyens des bâtiments sont moins élevés compte tenu des vacances estivales. Ils représentent en moyenne, sur ces 2 mois, 84% des besoins moyens sur l'année d'un immeuble, comme l'illustre la **figure 15** ci-après. En extrapolant ces résultats issus de 25 télésuivis, on obtient des besoins moyens journaliers, sur ces 2 mois, de 105 litres par logement standard à 40°C.

Figure 15 Les besoins journaliers moyens et minimaux en juin, juillet et août

Les besoins moyens et minimaux d'un immeuble, sur ces 3 mois, correspondent, en moyenne, respectivement à 88 et 69% de ses besoins moyens sur l'année, d'après les résultats de 25 télésuivis



*Valeurs de besoins moyens et minimaux sur juin, juillet et août des 25 immeubles, ayant fait l'objet d'un télésuivi, par rapport à leurs besoins moyens sur l'année. Les tirets rouges correspondent aux valeurs moyennes qui sont également indiquées entre parenthèses en abscisse.

2.2.2. Les variations journalières

En Bref

Les besoins énergétiques journaliers d'un immeuble varient, au plus, jusqu'à 2 fois ses besoins moyens, au cours de l'année.

Quelles applications visées ?

Connaître la variation des besoins journaliers d'un immeuble au cours d'une année peut être utile pour le dimensionnement des systèmes de production d'ECS collective à accumulation ou bien encore des applications de R&D.

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, **figure 16**, sont issus de l'exploitation de 3 télésuivis choisis pour la représentativité de leur monotone par rapport à 32 suivis :

- un ensemble de 269 logements standards du parc social (208 logements) présentant une faible amplitude de variation des besoins énergétiques journaliers au cours de l'année,
- un immeuble privé de 41 logements standards (52 logements) ayant une amplitude de variation moyenne,

- un ensemble de 116 logements standards (95 logements) présentant une forte amplitude de variation.

Pour chacun de ces sites, localisés dans 3 régions différentes en France métropolitaine, il a été établi la monotone de besoins énergétiques journaliers, sur une année. L'incertitude sur les valeurs, indiquées **figure 16**, est estimée de l'ordre de $\pm 15\%$.

Quels résultats ?

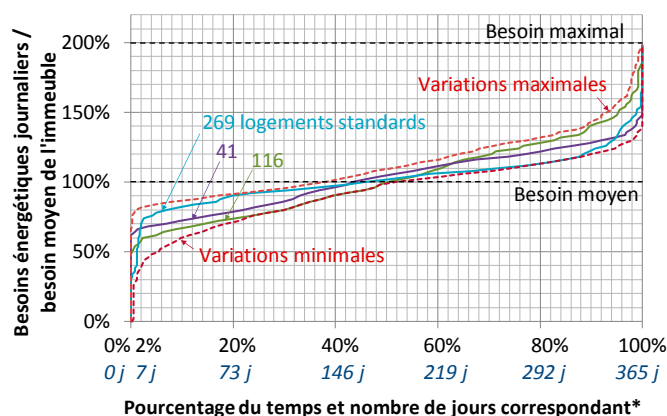
Les besoins journaliers fluctuent moins au cours de l'année, à l'échelle de l'immeuble, qu'à celle du logement, compte tenu du foisonnement :

- les besoins énergétiques journaliers d'un immeuble varient, au plus, jusqu'à 2 fois ses besoins moyens pour les 32 télésuivis analysés. Les valeurs minimales et maximales de l'ensemble des sites sont égales, en moyenne, respectivement à 0,4 et 1,7 fois les valeurs moyennes,
- les besoins journaliers maximaux d'un logement peuvent représenter jusqu'à 5 fois (voire plus) ses besoins moyens (voir chapitre 1.3).

La tendance générale est une diminution de la dispersion lorsque le nombre de logements augmente, avec toutefois des exceptions, comme l'illustre la **figure 16**. Ainsi les besoins journaliers, au cours de l'année, fluctuent moins dans l'ensemble de 269 logements standards représenté que dans celui de 116 logements.

Figure 16 Exemples types de variations des besoins énergétiques journaliers dans trois ensembles

Les trois monotones représentent les variations des besoins énergétiques journaliers, au cours de l'année, de deux ensembles du parc social et un immeuble du parc privé de respectivement 269, 116 et 41 logements standards, ayant fait l'objet de télésuivis. Les variations maximales et minimales observées sur 29 suivis sont également indiquées.



*Nombre de jours durant lesquels les besoins énergétiques journaliers de l'ensemble de logements, par rapport à ses besoins moyens journaliers annuels, sont inférieurs aux valeurs indiquées en ordonnées. Par exemple, pour le site de 269 logements standards, pendant 20% du temps (73 jours), les besoins énergétiques journaliers de cet ensemble sont inférieurs à 90% de ses besoins moyens

2.3. Les pointes de consommations

2.3.1. Les pointes de 10 minutes

En Bref

Les besoins de pointes d'un immeuble, sur 10 minutes, à 60°C, en litres, pour une température minimale moyenne d'eau froide de 9°C, peuvent être estimés à partir de l'équation suivante :

$$V_p \text{ 10 min. à } 60^\circ\text{C d'un immeuble} = 61 \times n^{0,503}$$

n étant le nombre d'appartements.

Cette équation est valide pour un nombre de logements supérieur à 10.

Quelles applications visées ?

Les valeurs de besoins de pointes sur 10 minutes indiquées sont destinées au dimensionnement des systèmes de production collective couplant échangeurs et ballons (ballons de stockage sur le primaire ou le secondaire de l'échangeur ou bien encore ballon avec un échangeur intégré). Par contre, elles ne peuvent pas être utilisées pour le dimensionnement des systèmes instantanés qui requièrent la connaissance des débits de pointe instantanés. Un des suivis sur un immeuble montre que les besoins de pointe sur 10 minutes sont inférieurs à ceux observés sur 1 minute, eux-mêmes inférieurs aux débits de pointe instantanés. Les anciennes valeurs de besoins de pointes sur 10 minutes, de la recommandation AICVF¹ par exemple, utilisées pour le dimensionnement des systèmes instantanés sont en moyenne 2,5 fois plus élevées que les valeurs de pointes sur 10 minutes indiquées, issues de suivis récents.

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, figures 17 et 18, sont issus de l'exploitation de 42 télé suivis réalisés sur au moins une année, à des pas de temps de 10 minutes (ou parfois moins), dans différentes régions en France métropolitaine. Les immeubles suivis sont essentiellement du parc social, néanmoins les résultats obtenus pour les 8 copropriétés ne montrent pas d'écarts significatifs entre le parc social et privé.

Pour chacun de ces sites ont été déterminés les volumes d'ECS à 40°C correspondants aux pointes de besoins énergétiques sur 10 minutes. L'incertitude sur les valeurs obtenues est estimée de l'ordre de ± 5 à 10%.

A partir de l'ensemble de ces résultats, une équation permettant de calculer les volumes de pointes sur 10 minutes à 40°C, qui satisfont l'ensemble des sites, a été établie, pour des usages en dimensionnement. Une autre équation a été déduite de celle-ci, pour estimer ces besoins à 60°C, en considérant l'eau froide à 9°C (valeur minimale moyenne observée, voir chapitre 3.2). Ces deux équations permettent de calculer directement les besoins de pointes d'un immeuble, en fonction de son nombre de logements, sans passer par la détermination d'un coefficient « fictif » de simultanéité. Elles sont valides pour un nombre de logements supérieur à 10.

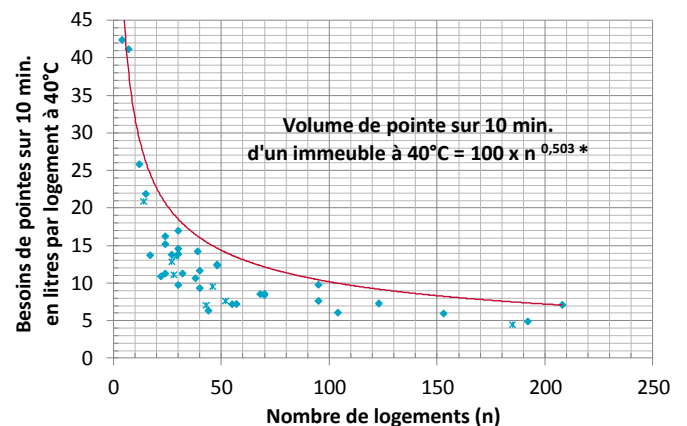
Quels résultats ?

Les besoins de pointes sur 10 minutes varient de 5 à plus de 40 litres par logement à 40°C, soit environ de 5 à plus de 30% des besoins moyens journaliers. Plus la taille de l'immeuble est importante, plus ces besoins par logement diminuent comme le montre la figure 17. Autrement dit, plus le nombre de points de puisages est élevé, plus la proportion de postes qui soutirent en même temps est faible. Ainsi, si nous supposons que ces pointes ne correspondent qu'à des douches, avec un volume de 40 l à 40°C par douche, cela signifierait qu'au maximum, 36% des appartements prennent une douche en même temps pour un immeuble de 50 logements et 25% des appartements pour un immeuble de 100 logements.

La pointe de besoins énergétiques sur 10 minutes est observée généralement un dimanche en hiver, lors du pic du soir ou du matin voire du midi.

Figure 17 Volumes soutirés à 40°C pour la pointe de besoins énergétiques sur 10 minutes

Résultats obtenus pour 42 sites ayant fait l'objet de télé suivis



* Equation de la courbe permettant d'estimer les volumes de pointes sur 10 minutes, à 40°C, en litres, pour un immeuble qui satisfait l'ensemble des sites suivis. n est le nombre d'appartements de l'immeuble. Cette équation est valide pour un nombre de logements supérieur à 10.

Les résultats obtenus pour les 8 sites en copropriété correspondent aux croix.

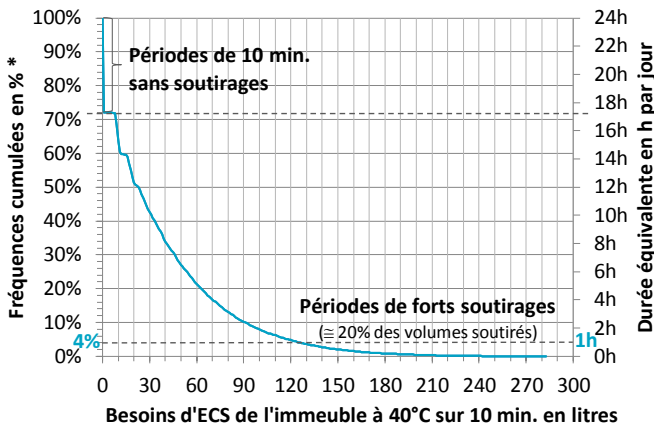
L'évolution des monotones de besoins sur 10 minutes d'un immeuble d'une quarantaine de logements, présentée figure 18 ci-après, montre que les périodes de forts puisages sont brèves. Les puisages sur 10 minutes les plus importants représentent seulement quelques pourcents du temps. Ainsi pour cet exemple, 20% du volume total de besoins est soutiré durant moins 4% du temps soit l'équivalent d'une heure par jour.

Ce constat reflète ce qui est observé au niveau d'un logement. La plupart des puisages réalisés dans un logement sont des petits soutirages qui durent généralement moins d'une minute. Seules les douches et les bains éventuels correspondent à des volumes et des durées plus élevés qui représentent néanmoins généralement moins de 1% du temps, à l'échelle du logement.

A noter par ailleurs, que plus la taille de l'immeuble augmente, plus les périodes de 10 minutes sans soutirage deviennent rares : 1 h par jour en moyenne dans un immeuble d'une centaine de logements et 10 minutes seulement pour 200 appartements.

¹ Recommandation Eau Chaude Sanitaire 02.2004, AICVF

Figure 18 Monotone des besoins sur 10 minutes d'un immeuble de 44 logements



* Fréquences durant lesquelles les besoins de l'immeuble sur 10 minutes sont supérieurs ou égaux aux valeurs indiquées en abscisse. Par exemple, 4% des besoins sur 10 minutes sont de plus de 120 l à 40°C, sur un temps qui équivaut à 1h par jour. Durant ce temps, 20% du volume total des besoins est soutiré.

2.3.2. Les pointes horaires

En Bref

Les besoins de pointes d'un immeuble sur 1 à 8 h, à 60°C, en litres, pour une température minimale moyenne d'eau froide de 9°C, peuvent être estimés à partir des équations suivantes :

- sur 1 h : $V_{p_{1h}} \text{ à } 60^\circ\text{C d'un immeuble} = 83 \times N_s^{0,708}$
- sur 2 h : $V_{p_{2h}} = 108 \times N_s^{0,773}$
- sur 3 h : $V_{p_{3h}} = 116 \times N_s^{0,815}$
- sur 4 h : $V_{p_{4h}} = 162 \times N_s^{0,789}$
- sur 5 h : $V_{p_{5h}} = 189 \times N_s^{0,784}$
- sur 6 h : $V_{p_{6h}} = 241 \times N_s^{0,758}$
- sur 7 h : $V_{p_{7h}} = 277 \times N_s^{0,75}$
- sur 8 h : $V_{p_{8h}} = 294 \times N_s^{0,762}$

N_s étant le nombre de logements standards
Ces équations sont valides pour un nombre de logements standards supérieur à 20 pour les pointes de 2 à 8 h et à 10 pour la pointe sur 1h.

Quelles applications visées ?

Les valeurs de pointes horaires sur 1 à 8 h indiquées sont destinées au dimensionnement des systèmes de production collective avec un stockage d'ECS (ballons avec échangeur intégré, accumulateurs gaz, échangeurs avec ballons d'ECS).

Quelles données exploitées ?

Les résultats présentés ci-après, figure 19, sont issus de l'exploitation de 29 télé-suivis réalisés, sur au moins une année, à des pas de temps de 10 minutes (ou parfois moins), dans différentes régions en France Métropolitaine. Pour chacun de ces sites ont été déterminés les volumes d'ECS à 40°C correspondants aux pointes de besoins énergétiques sur des durées de 1 à 8 h. L'incertitude sur les valeurs de besoins obtenues est estimée de l'ordre de ± 5 à 10%.

A partir de l'ensemble de ces résultats, des équations permettant de calculer les volumes de pointes horaires à 40°C, qui satisfont l'ensemble des sites, ont été établies pour des usages en dimensionnement. D'autres équations ont été déduites de celles-ci, pour estimer ces besoins à 60°C, en considérant l'eau froide à 9°C (valeur minimale moyenne observée, voir chapitre 3.2).

Les immeubles suivis sont essentiellement du parc social. Néanmoins, les résultats obtenus pour les 4 copropriétés et les immeubles du parc social, en fonction du nombre de logements standards, ne présentent pas d'écart significatif. La prise en compte des taux moyens d'occupation des différents types de logements, dans le calcul du nombre de logements standards permet, en effet, de limiter l'écart en fonction du type d'habitat.

Quels résultats ?

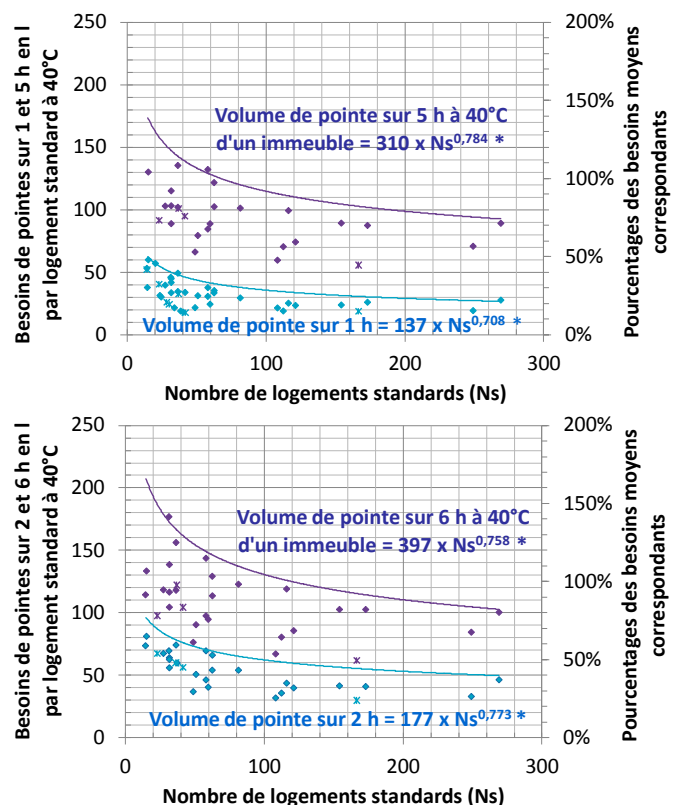
Les débits moyens par logement standard, à 40°C, varient de 32 l/h pour la pointe de 1 heure, 16 l/h pour la pointe de 8 heures. Plus la durée de la pointe est longue, plus le débit moyen soutiré est faible. Ces valeurs sont, en moyenne, 3 fois plus faibles que les anciennes valeurs de débits de pointe pluri-horaire, de la recommandation AICVF¹ par exemple.

Les évolutions des besoins de pointes horaires par logement standard présentées, figure 19 ci-après, montrent, par ailleurs, que ces besoins ont tendance à diminuer lorsque la taille de l'immeuble augmente.

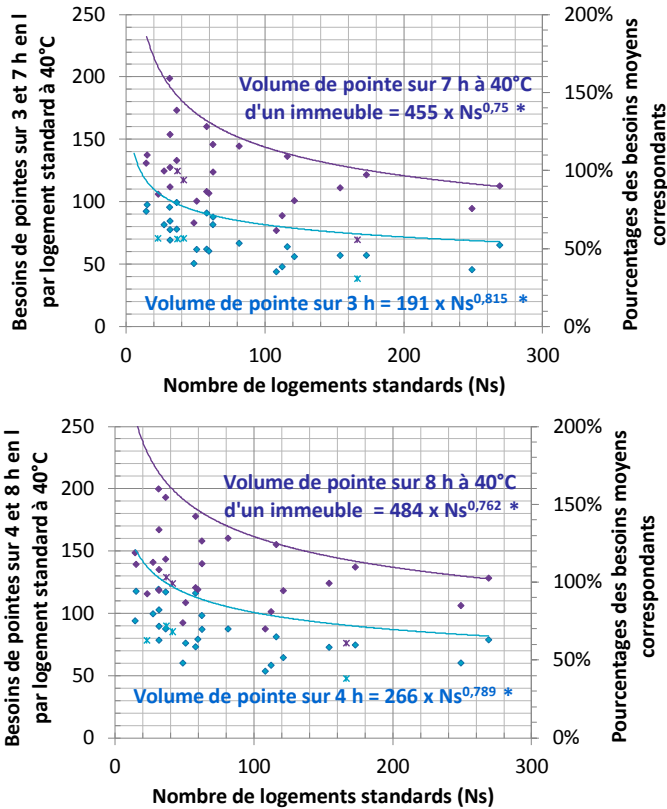
Les pointes sont généralement rencontrées un dimanche, en hiver.

Figure 19 Volumes soutirés à 40°C pour les pointes de besoins énergétiques sur 1 à 8 heures

Résultats obtenus pour 29 sites ayant fait l'objet de télé-suivis. Sur l'axe des ordonnées, à droite, sont indiqués les pourcentages des besoins moyens correspondants, en considérant un besoin moyen de 125 l à 40°C par logement standard.



1 Recommandation Eau Chaude Sanitaire 02.2004, AICVF



*Equations des courbes permettant d'estimer les volumes de pointes sur 1 à 8 h, à 40°C, en litres, pour un immeuble qui satisfait l'ensemble des sites suivis. Ns est le nombre de logements standards de l'immeuble. Ces équations sont valides pour un nombre de logements standards supérieur à 20 pour la pointe sur 2 à 8 h et à 10 pour la pointe sur 1 h. Pour cette pointe, le nombre de téléseuvis exploité est de 42. Les résultats obtenus pour les 4 sites en copropriété correspondent aux croix.

2.4. Exemples de profils

2.4.1. Profils journaliers maximaux

Quelles applications visées ?

La connaissance des profils de soutirages journaliers maximaux peut être utile pour des applications de R&D.

Quelles données exploitées ?

Les exemples de profils présentés ci-après, **figure 20**, sont issus de l'exploitation de téléseuvis réalisés, sur une année, à Strasbourg, dans 3 ensembles de 24, 48 et 208 logements du parc social (soit 31, 58 et 269 logements standards). Ces 3 profils journaliers, à des pas de temps de 10 minutes, sont représentatifs des profils maximaux obtenus pour l'ensemble des 32 sites suivis. Pour chacun de ces sites, ont été retenus les profils de la journée présentant les besoins énergétiques maximaux sur l'année. Il s'agit, pour ces 3 cas, d'un dimanche en hiver. Cela ne correspond pas, par contre, au jour où les besoins de pointe sur 10 minutes sont soutirés.

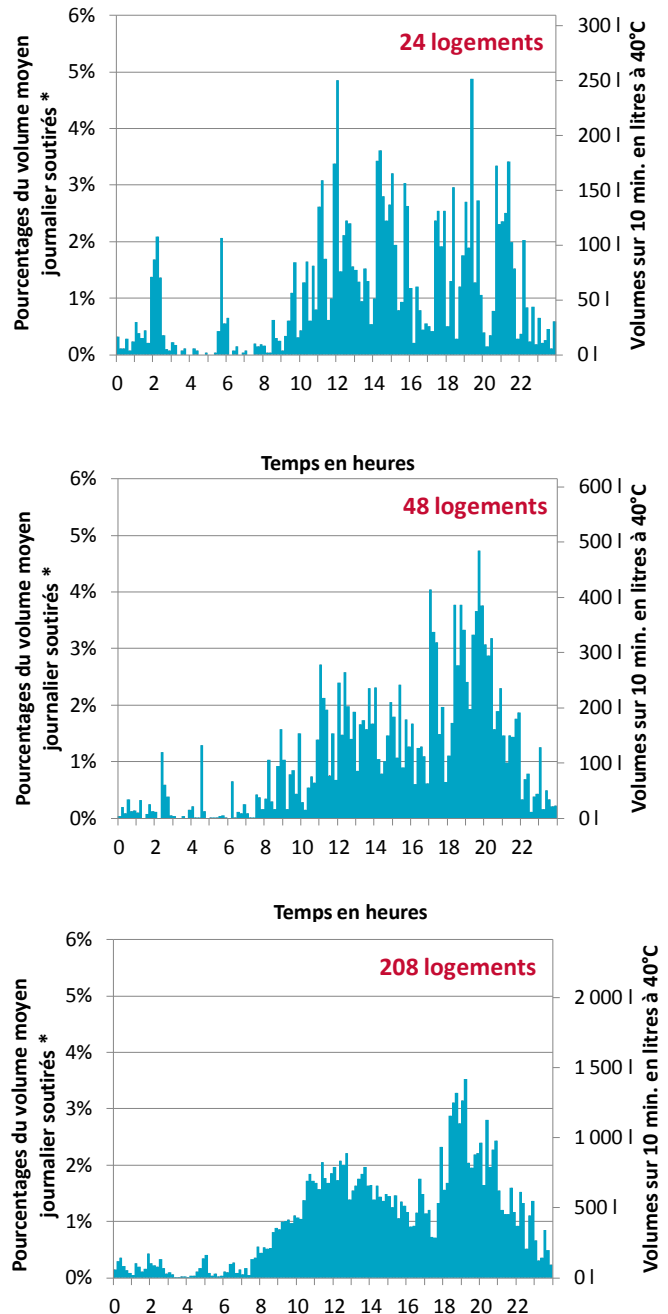
Quels résultats ?

Ces 3 exemples montrent que plus la taille de l'immeuble est faible, plus les soutirages sont discontinus et plus l'amplitude des variations de besoins d'ECS sur 10 minutes est importante. Ces soutirages plus discontinus laissent plus de temps pour la reconstitution d'un stockage, au cours de la journée.

Dans les grands ensembles, les variations sont lissées et les soutirages sont plus continus, en raison du nombre important de ménages.

Figure 20 Exemples de profils journaliers maximaux au pas de temps de 10 minutes

Profils enregistrés pour la pointe de besoins énergétiques journalière, un dimanche en hiver, dans 3 ensembles de 24, 48 et 208 logements du parc social.



*Sur la gauche, en ordonnées, sont indiqués les pourcentages des volumes soutirés sur 10 minutes, par rapport au volume journalier moyen sur l'année du site. Sur la droite, en ordonnées, sont indiqués les volumes soutirés en litres à 40°C correspondants.

2.4.2. Profils horaires, hebdomadaires et mensuels moyens

En Bref

Deux exemples de profils types moyens, au pas horaire, représentatifs du parc social et privé, sont donnés. Ils permettent, à partir des coefficients horaires, hebdomadaires et mensuels indiqués, d'établir des exemples de profils types moyens de soutirages, à 60°C, d'immeubles avec des nombres de logements variés.

Les besoins moyens horaires à 60°C sont égaux à :

$$V_m \times N_s \times C_h \times C_j \times C_m \times (40 - T_{ef_m}) / (60 - T_{ef_m})$$

Par exemple les besoins moyens à 60°C, entre 8 et 9 h un lundi en mai sont égaux à :

$$V_m \times N_s \times C_{8-9h} \times C_{lundi} \times C_{mai} \times (40 - T_{ef_{mai}}) / (60 - T_{ef_{mai}})$$

Avec :

- V_m : le besoin moyen journalier sur l'année à 40°C par logement standard (125 l)
- N_s : le nombre de logements standards de l'immeuble
- C_h et C_{8-9h} , C_j et C_{lundi} , C_m et C_{mai} : respectivement, les coefficients horaires, hebdomadaires, mensuels pour des besoins à 40°C
- T_{ef_m} et $T_{ef_{mai}}$: la température d'eau froide du mois considéré

Quelles applications visées ?

Les exemples de profils types de soutirages moyens horaires, hebdomadaires et mensuels présentés sont destinés au calcul des consommations d'énergies annuelles prévisionnelles ou bien encore à des applications de R&D. Les coefficients de répartition indiqués permettent d'établir des exemples de profils types moyens annuels de soutirages, au pas horaire, d'un immeuble du parc privé ou social. Ces profils représentent les variations moyennes des besoins sur l'année. Ils peuvent être très différents des profils horaires réels, ces derniers étant très variables d'un jour et d'un site à l'autre, comme illustré **figure 20** au chapitre précédent.

Quelles données exploitées ?

Les exemples de profils types moyens présentés ci-après, **figures 21 et 22**, sont issus de l'exploitation de deux télé-suivis réalisés sur une année dans deux ensembles du parc social, un de 81 logements standards dans les Yvelines et un autre de 269 logements standards à Strasbourg (correspondant respectivement à 70 et 208 logements). Ces deux sites ont été choisis pour la représentativité de leurs profils moyens, notamment horaires, par rapport à 32 sites suivis. Le 1^{er} exemple, **figure 21**, est représentatif des profils obtenus en copropriété et une partie des ensembles du parc social. Le 2^{ème} exemple, **figure 22**, est représentatif des profils obtenus dans une autre partie du parc social. Ce qui diffère entre ces deux profils, c'est surtout le profil horaire durant la semaine et, en particulier, le pic du matin.

Des coefficients horaires, hebdomadaires et mensuels ont été calculés pour ces deux ensembles afin de quantifier les variations moyennes de leurs besoins à 40°C. Par exemple :

- le coefficient indiqué pour le mois de mai est égal aux besoins moyens journaliers en mai divisés par les besoins journaliers moyens sur l'année de cet ensemble,
- le coefficient donné pour le dimanche correspond aux besoins moyens de tous les dimanches de l'année sur les besoins moyens journaliers sur l'année,
- le coefficient horaire indiqué pour la tranche de 0-1h est égal à la moyenne des besoins de 0 à 1h de tous les jours de l'année divisée par la moyenne des besoins journaliers sur l'année.

Ces coefficients étant déterminés pour des valeurs de besoins à 40°C, ils ne tiennent donc pas compte des variations de la température d'eau froide au cours de l'année. En effet, les besoins à 40°C sont considérés pratiquement indépendants de la température d'eau froide contrairement à ceux à 60°C.

Pour établir les besoins à 60°C à partir de ces valeurs, il est par contre nécessaire de tenir compte de la variation de la température d'eau froide durant l'année, comme indiqué ci-avant dans l'encadré « en bref ».

Quels résultats ?

Les profils mensuels et hebdomadaires obtenus pour l'ensemble des 32 télé-suivis exploités montrent que les besoins d'ECS à 40°C sont, en moyenne, :

- plus faibles durant juillet et août,
- plus élevés les dimanches.

Des similitudes existent également entre les profils horaires moyens des différents sites. Deux ou trois pics sont observés :

- le dimanche, une pointe entre 10 et 13h et le soir entre 18 et 21 h (il s'agit des horaires correspondant à la valeur maximale et non à l'ensemble de la pointe). La pointe du soir est généralement un peu plus élevée.
- le samedi, deux pics à des horaires proches de ceux observés le dimanche. Par contre, la pointe du soir est souvent plus faible,
- les autres jours de semaine, deux types de profils sont observés, comme illustrés **figures 21 et 22**, des profils avec trois pointes, dans les 4 copropriétés et une partie des immeubles du parc social et des profils avec deux pics, dans les autres immeubles du parc social. La 3^{ème} pointe est observée le matin entre 6 et 8h. Les horaires des deux autres pics le midi et le soir sont similaires à ceux indiqués pour le week-end. Par contre, pour l'ensemble des sites, y compris ceux ne comportant que 2 pointes, les soutirages en semaine débutent en moyenne 1 h plus tôt que le samedi et 2 h plus tôt que le dimanche. La pointe du midi est généralement plus faible lorsqu'il y a un pic le matin.

Dans l'ensemble le pic du soir est généralement un peu plus élevé, excepté le samedi, ce qui laisse supposer des douches prises plus majoritairement le soir.

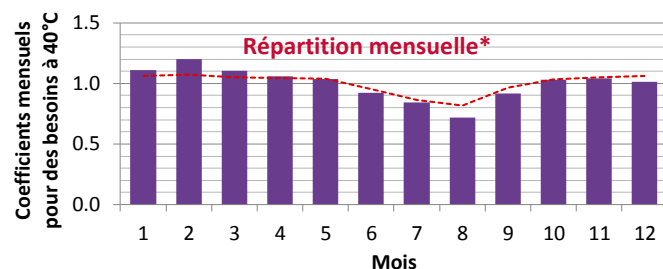
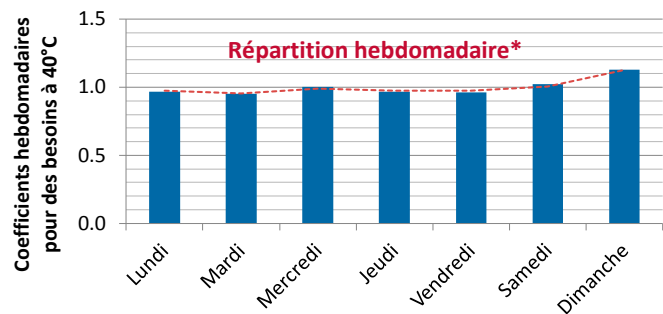
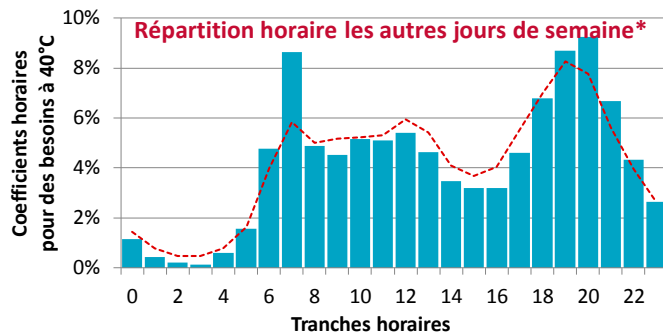
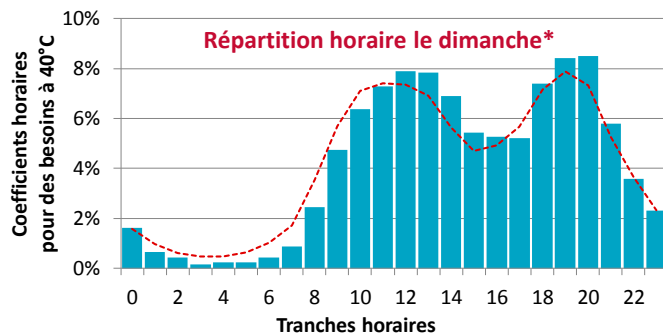
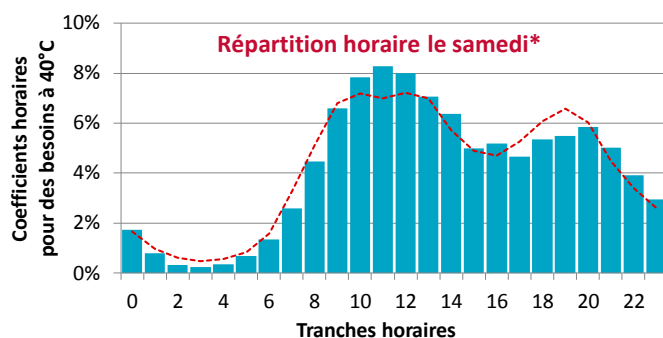
Figure 21 Premier exemple de profils types moyens de soutirages représentatifs des profils obtenus pour les copropriétés et une partie des ensembles du parc social

Cet exemple de profils types moyens pour lesquels sont indiqués les coefficients horaires, hebdomadaires et mensuels de répartition des besoins à 40°C sont ceux d'un ensemble de 81 logements standards du parc social, dans les Yvelines.

Coefficients horaires pour des besoins à 40°C pour un immeuble de 81 logements standards du parc social			
Période	Samedi	Dimanche	Autres jours de semaine
0 à 1 h	1,7%	1,6%	1,1%
1 à 2 h	0,8%	0,7%	0,4%
2 à 3 h	0,3%	0,4%	0,2%
3 à 4 h	0,2%	0,2%	0,1%
4 à 5 h	0,3%	0,2%	0,6%
5 à 6 h	0,7%	0,2%	1,6%
6 à 7 h	1,3%	0,5%	4,8%
7 à 8 h	2,6%	0,9%	8,6%
8 à 9 h	4,5%	2,4%	4,9%
9 à 10 h	6,6%	4,7%	4,5%
10 à 11 h	7,8%	6,4%	5,2%
11 à 12 h	8,3%	7,3%	5,1%
12 à 13 h	8,0%	7,9%	5,4%
13 à 14 h	7,1%	7,8%	4,6%
14 à 15 h	6,4%	6,9%	3,5%
15 à 16 h	5,0%	5,4%	3,2%
16 à 17 h	5,2%	5,3%	3,2%
17 à 18 h	4,7%	5,2%	4,6%
18 à 19 h	5,4%	7,4%	6,8%
19 à 20 h	5,5%	8,4%	8,7%
20 à 21 h	5,8%	8,5%	9,3%
21 à 22 h	5,0%	5,8%	6,7%
22 à 23 h	3,9%	3,6%	4,3%
23 à 24 h	2,9%	2,3%	2,6%
Totaux	100%	100%	100%

Coefficients mensuels pour des besoins à 40°C	
Janvier	1,11
Février	1,20
Mars	1,11
Avril	1,06
Mai	1,03
Juin	0,93
Juillet	0,84
Août	0,72
Septembre	0,92
Octobre	1,03
Novembre	1,04
Décembre	1,01
Total	12

Coefficients journaliers pour des besoins à 40°C	
Lundi	0,97
Mardi	0,95
Mercredi	1,00
Jeudi	0,97
Vendredi	0,96
Samedi	1,02
Dimanche	1,13
Total	7



*Les valeurs moyennes des coefficients obtenues pour l'ensemble des 32 sites télévisés sont indiquées en pointillé en rouge

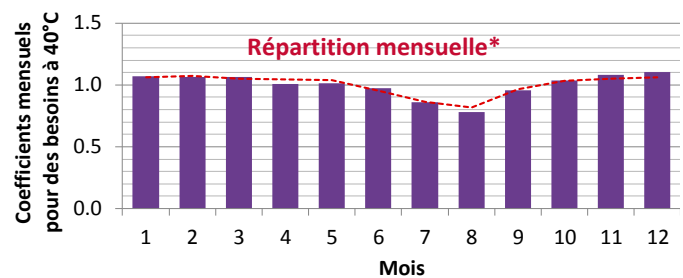
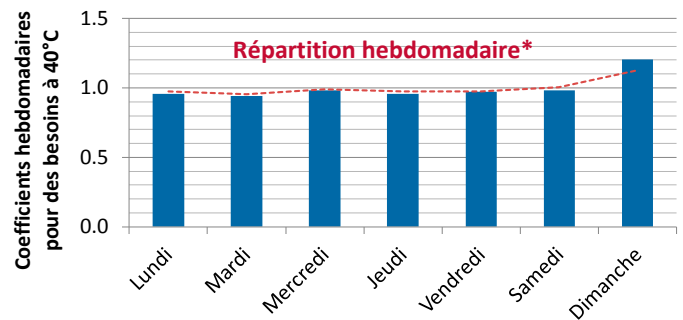
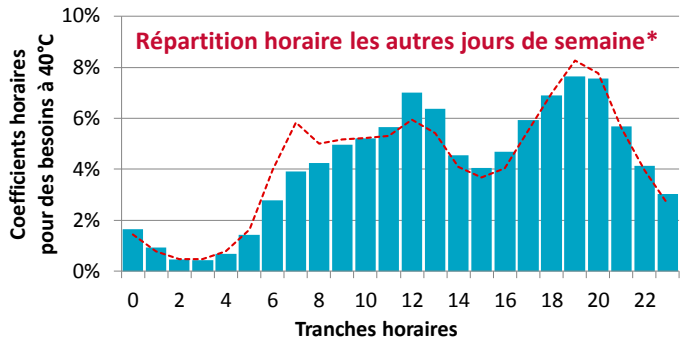
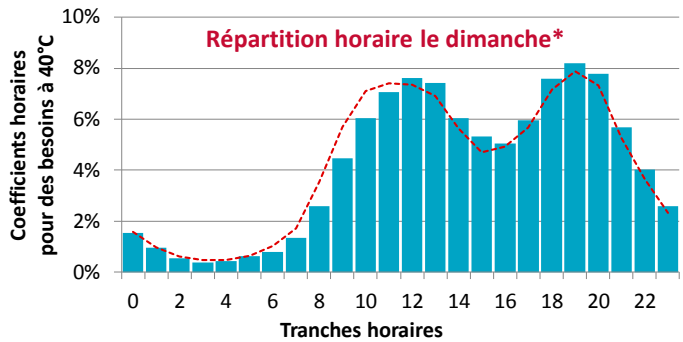
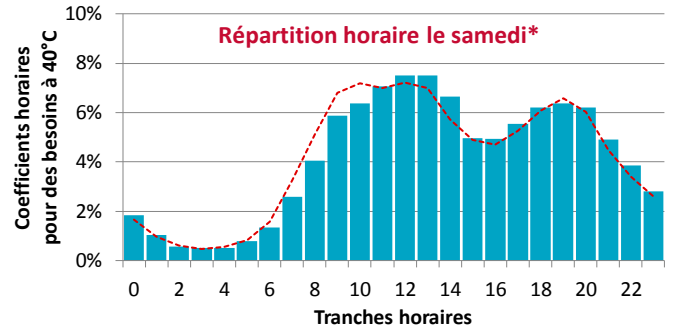
Figure 22 Deuxième exemple de profils types moyens de soutirages représentatifs des profils obtenus dans une partie des ensembles du parc social

Cet exemple de profils types moyens pour lesquels sont indiqués les coefficients horaires, hebdomadaires et mensuels de répartition des besoins à 40°C sont ceux d'un ensemble de 269 logements standards, du parc social, à Strasbourg.

Coefficients horaires pour des besoins à 40°C d'un immeuble de 269 logements standards du parc social			
Période	Samedi	Dimanche	Autres jours de semaine
0 à 1 h	1,8%	1,5%	1,7%
1 à 2 h	1,0%	1,0%	0,9%
2 à 3 h	0,6%	0,6%	0,5%
3 à 4 h	0,5%	0,4%	0,4%
4 à 5 h	0,5%	0,4%	0,7%
5 à 6 h	0,8%	0,6%	1,4%
6 à 7 h	1,3%	0,8%	2,8%
7 à 8 h	2,6%	1,3%	3,9%
8 à 9 h	4,1%	2,6%	4,3%
9 à 10 h	5,9%	4,5%	5,0%
10 à 11 h	6,4%	6,0%	5,2%
11 à 12 h	7,1%	7,1%	5,7%
12 à 13 h	7,5%	7,6%	7,0%
13 à 14 h	7,5%	7,4%	6,4%
14 à 15 h	6,6%	6,0%	4,5%
15 à 16 h	5,0%	5,3%	4,0%
16 à 17 h	4,9%	5,0%	4,7%
17 à 18 h	5,5%	6,0%	5,9%
18 à 19 h	6,2%	7,6%	6,9%
19 à 20 h	6,4%	8,2%	7,7%
20 à 21 h	6,2%	7,8%	7,6%
21 à 22 h	4,9%	5,7%	5,7%
22 à 23 h	3,9%	4,0%	4,1%
23 à 24 h	2,8%	2,6%	3,0%
Totaux	100%	100%	100%

Coefficients mensuels pour des besoins à 40°C	
Janvier	1,07
Février	1,06
Mars	1,07
Avril	1,01
Mai	1,01
Juin	0,97
Juillet	0,86
Août	0,78
Septembre	0,96
Octobre	1,03
Novembre	1,08
Décembre	1,10
Total	12

Coefficients journaliers pour des besoins à 40°C	
Lundi	0,96
Mardi	0,94
Mercredi	0,98
Jeudi	0,96
Vendredi	0,97
Samedi	0,98
Dimanche	1,21
Total	7



*Les valeurs moyennes des coefficients obtenues pour l'ensemble des 32 sites télésuivis sont indiquées en pointillé en rouge

3. LES PARAMÈTRES LES PLUS INFLUENTS

Ce chapitre donne des indications pour estimer deux paramètres dont dépendent directement les consommations et les besoins d'ECS : les taux d'occupation des logements et les températures d'eau froide. Il évoque également, de manière qualitative, l'influence des systèmes d'économie d'eau et d'énergie.

3.1. Les taux d'occupation des logements

En Bref

Les types de logement les plus rencontrés et leurs taux moyens d'occupation sont :

- une maison de 5 pièces avec 2,7 personnes
- un appartement de 3 pièces avec 2 personnes

Le nombre d'occupants par logement est le paramètre qui influe le plus sur les consommations journalières.

Les valeurs de taux d'occupation présentées dans le tableau, **figure 23** ci-après, sont données en fonction du type de logements : maisons, appartements, nombre de pièce, habitat privé ou social. Elles ont été établies à partir des données USH-DEEF, issues du recensement de la population française métropolitaine en 2008.

Deux types de valeurs sont indiqués :

- des valeurs moyennes de taux d'occupation. Par exemple, un appartement de 4 pièces est occupé en moyenne par 2,6 personnes en Métropole,
- des valeurs maximales de taux d'occupation pour 98% des logements de ce type. Par exemple, 98% des appartements de 4 pièces en Métropole sont occupés par moins de 5,2 personnes.

Figure 23 Taux moyens et maximaux d'occupation des logements en France métropolitaine

Nombre de pièces	Taux moyens / Taux maximaux d'occupation*						
	Maisons			Appartements			Tous types de logements
	Parc privé	Parc social	Tous statuts confondus	Parc privé	Parc social	Tous statuts confondus	Tous statuts confondus
1 pièce	1,4	1,2/ 2,4	1,4/2,9	1,2	1,2/2,2	1,2/2,1	1,2/2,2
2 pièces	1,5	1,3/ 2,4	1,5/2,9	1,4	1,4/2,8	1,4/2,8	1,4/2,8
3 pièces	1,9	2/4,1	1,9/3,7	1,9	2,1/4,4	2/4,1	1,9/4
4 pièces	2,3	3/ 5,7	2,4/4,6	2,3	3/5,8	2,6/5,2	2,4/4,9
5 pièces	2,6	3,5/6,4	2,7/5,1	2,7	3,7/6,8	3/5,9	2,7/5,3
6 pièces ou plus	3	4/7	3/5,7	2,9	3,9/7,2	3,1/4,5	3/5,7
Ensemble des logements	2,5	2,8/5,8	2,5/5	1,8	2,3/5,1	2/4,4	2,3/4,8

* Taux maximaux d'occupation pour 98% des logements de ce type. Par exemple, 98% des appartements de 4 pièces dans le parc social sont occupés par moins de 5,8 personnes. L'écart entre cette valeur et le taux moyen correspond à deux fois l'écart type.

Sources : calculs USH-DEEF, à partir des données INSEE Recensement population 2008 et Enquête nationale logement 2006 en France métropolitaine

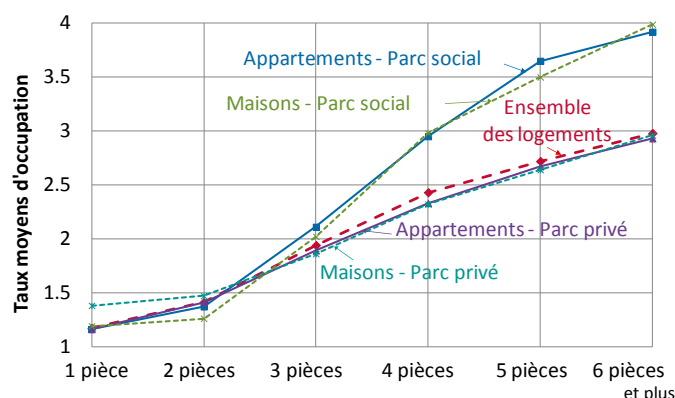
Les taux moyens d'occupation des logements sont relativement faibles, étant donné le nombre important de logements sous-occupés. Ainsi, pour un appartement de 5 pièces susceptible d'accueillir 5 personnes, le nombre d'occupant est en moyenne de 3. Les taux d'occupation sont plus élevés dans le parc social que privé, comme l'illustre le graphe **figure 24** ci-après. La sur-occupation des logements est localisée essentiellement en Ile de France.

A noter également, plus la taille du logement est importante, plus les taux d'occupation sont variables. Ainsi, 88% des appartements 1 pièce sont occupés par 1 personne et environ 20 à 30% des 4 pièces par 1, 2, 3 ou 4 personnes.

La taille moyenne des ménages diminue régulièrement depuis une quarantaine d'années. Cette baisse résulte d'une forte augmentation du nombre de personnes seules et d'une diminution du nombre de ménages d'au moins 5 personnes. Entre 2009 et 2013, la baisse était de 0,3% par an. Le nombre moyen d'occupants par logements en France est passé de 2,42 en 1999, à 2,30 en 2007 et 2,26 en 2012. En 2013, la surface moyenne des logements était de 63 m² en habitat collectif et de 112 m² en habitat individuel d'après les statistiques INSEE.

Figure 24 Taux moyens d'occupation en fonction de la taille du logement.

Les logements du parc social (maisons et appartements) représentent environ 15% du parc de logements.



*Sources : calculs USH-DEEF, à partir des données INSEE Recensement population 2008 et Enquête nationale logement 2006 en France métropolitaine

3.2. Les températures d'eau froide

En Bref

Sur l'ensemble des 100 télésuivis, en moyenne, la température d'eau froide est de :

- $16 \pm 2^\circ\text{C}$ sur l'année,
- $21 \pm 3^\circ\text{C}$ sur juillet et août,
- $9 \pm 3^\circ\text{C}$ au minimum

La température d'eau froide (T_{EF}) est un paramètre utilisé afin de déterminer, pour un volume de besoin à 40°C (V_{40}), le volume correspondant à la température de production (V_{TECS}) :

$$V_{\text{TECS}} = V_{40} \times (40 - T_{\text{EF}}) / (T_{\text{ECS}} - T_{\text{EF}})$$

T_{EF} à considérer est :

- la valeur moyenne annuelle pour un calcul de besoins annuels,
- la valeur minimale pour le dimensionnement de la production, excepté en solaire.

Quelles applications visées et quel impact de la température d'eau froide ?

La connaissance des températures d'eau froide est requise pour les calculs de consommations énergétiques annuelles et le dimensionnement des systèmes de production d'ECS.

La température d'eau froide influe sur les besoins d'ECS en litres à 55 ou 60°C et en énergie mais par contre pratiquement pas sur les volumes d'ECS à 40°C , une température proche de la température d'usage.

Par exemple, un écart de $\pm 5\text{K}$ sur la température d'eau froide conduit, pour des besoins identiques à 40°C , à une variation de $\pm 10\%$ sur les besoins à 60°C . Ainsi, un besoin moyen journalier par personne de 56 l à 40°C correspond à 60°C à 34 l pour une température d'eau froide de 10°C et à 28 l pour une eau froide à 20°C .

Une incertitude liée aux températures d'eau froide existe, par ailleurs, sur certains indicateurs déterminés dans ce guide à 40°C à partir, par exemple, de relevés de compteurs, pour lesquels les températures d'eau froide étaient inconnues. Ainsi, pour un T3 du parc social, le besoin moyen obtenu à 40°C est d'environ 110 l pour une température moyenne d'eau froide supposée de 16°C . Il serait d'environ 100 l pour une température d'eau froide de 10°C et d'environ 115 l pour une eau froide à 20°C .

Vis-à-vis des consommations d'énergie, un écart de $\pm 5\text{K}$ sur la température d'eau froide implique une variation d'environ $\pm 20\%$ de ces consommations. Ainsi, un besoin moyen journalier par personne de 56 l à 40°C correspond à un besoin énergétique annuel d'environ 570 kWh pour une température d'eau froide moyenne annuelle de 16°C et de 450 kWh pour une eau froide à 21°C .

Dans les essais normatifs, la température d'eau froide considérée est de 10°C .

Quelles données exploitées ?

Les valeurs indiquées **figure 26** sont issues d'enregistrements de températures d'eau froide, à l'entrée de productions collectives d'ECS de 32 immeubles et de productions individuelles de 65 maisons et 3 appartements, soit sur un total de 100 sites, localisés dans différentes régions en France. Seules les valeurs enregistrées durant les périodes de 10 minutes avec des soutirages sont prises en compte. Il s'agit généralement de valeurs moyennes sur 10 minutes, ce qui conduit à une surestimation des températures d'eau froide soutirée, de quelques pourcents (beaucoup de soutirages durant moins de 10 minutes). L'incertitude sur ces résultats est estimée de l'ordre de $\pm 10\%$. A noter par ailleurs, que l'emplacement de la production d'ECS est souvent inconnu.

Quels résultats ?

La température moyenne annuelle d'eau froide, sur l'ensemble des 100 télésuivis, est de 16°C . Elle est plus élevée que les valeurs de références indiquées dans le guide AICVF de 1991¹ pour 22 villes françaises, qui conduisaient à une moyenne de 11°C (valeurs de références correspondant, très probablement, à des températures de sol à 1 mètre de profondeur).

Pour ces 100 télésuivis, la température moyenne annuelle varie de 11 à 20°C . Cette variation semble plus due aux différences liées à la distribution d'eau froide en amont de la production (longueurs de canalisations depuis l'arrivée d'eau froide, calorifugeages éventuels, traversées de zones chauffées ou non, en sous-sol ou non, temps de stagnation) qu'à la différence de climat en fonction de la zone géographique.

Par exemple, la température d'eau froide moyenne annuelle constatée sur une même année est de 16°C pour une maison située dans l'Aude, de 18°C pour une autre maison en Essonne et de 13°C pour une troisième en Seine et Marne.

De même, sur 4 ensembles de 24 à 208 logements à Strasbourg, la valeur moyenne varie de 13 à 17°C sur 2011, comme l'illustre la **figure 25**. Cette même année, elle est de 16°C pour un autre immeuble de 52 logements dans le Var.

Les écarts de température, entre les différents sites, les plus importants sont observés en été, comme le montre la **figure 25**.

Ce que montre également cette figure, c'est que les températures moyennes d'eau froide ont tendance à diminuer en fonction du nombre de logements desservis. Plus le nombre de logements est important, moins l'eau froide stagne dans les canalisations et a le temps de se réchauffer à l'intérieur du bâtiment. Ceci est encore plus marqué sur les températures maximales d'eau froide observées. Les temps de stagnation n'étant toutefois pas le seul paramètre à influencer, une exception à ce constat est observée pour l'immeuble de 39 logements.

A noter par ailleurs, qu'aucun écart significatif sur les températures moyennes annuelles d'eau froide n'est constaté, au regard de ces variations, entre les mesures réalisées à l'entrée des productions collectives d'ECS en immeubles et des productions individuelles en maisons et en appartements.

¹ AICVF – Guide de l'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, conception et calcul des installations – PYC Editions - 1991

Au cours de l'année, les températures moyennes mensuelles varient de 5°C (en février) à 29°C (en août) pour l'ensemble des sites. Elles ont une évolution sinusoïdale, tout comme la température extérieure à laquelle elles sont liées.

Pour les 4 ensembles de logements à Strasbourg, on constate, par ailleurs, que les températures moyennes mensuelles d'eau froide, en hiver, sont supérieures aux températures moyennes mensuelles du sol à 1 mètre de profondeur, valeurs représentatives des températures de la distribution d'eau publique. Elles sont par contre plus proches en été.

Figure 25 Exemples d'évolutions des températures mensuelles moyennes dans 4 ensembles de logements à Strasbourg

Valeurs moyennes mensuelles des températures d'eau froide obtenues à partir des enregistrements réalisés, à l'entrée de la production d'ECS collective, pour des ensembles de 24 à 208 logements, en 2011 et valeurs moyennes mensuelles des températures de sol à 1 mètre de profondeur à Nancy, utilisées dans les calculs réglementaires.

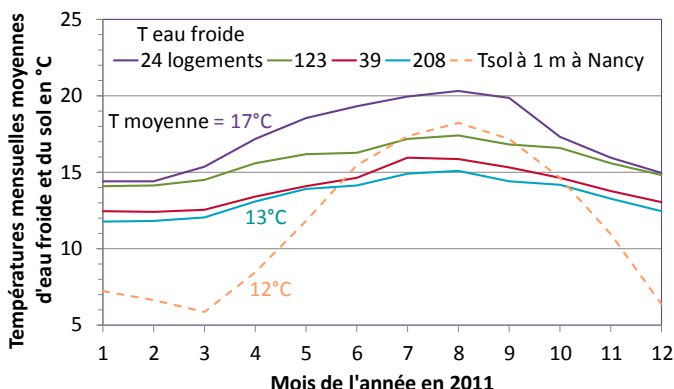


Figure 26 Les températures d'eau froide enregistrées sur 100 sites

Températures moyennes d'eau froide obtenues aussi bien en habitat individuel que collectif

Mois	Températures moyennes mensuelles d'eau froide		
	Moyennes ± écart type	Minimales*	Maximales*
Janvier	11 ± 2°C	6°C	18°C
Février	11 ± 2°C	5°C	17°C
Mars	12 ± 2°C	7°C	18°C
Avril	15 ± 2°C	9°C	20°C
Mai	17 ± 3°C	11°C	24°C
Juin	19 ± 3°C	13°C	25°C
Juillet	21 ± 3°C	14°C	28°C
Août	21 ± 3°C	14°C	29°C
Septembre	20 ± 3°C	13°C	25°C
Octobre	17 ± 2°C	12°C	22°C
Novembre	15 ± 2°C	10°C	20°C
Décembre	12 ± 2°C	8°C	19°C
Sur l'année	16 ± 2°C	11°C	20°C

* Il s'agit des valeurs minimales et maximales des températures moyennes déterminées pour les 100 sites.

Pour ce qui est des températures minimales d'eau froide, elles sont en moyenne de 9°C pour l'ensemble des téléseuils. Elles varient de 4 à 17°C selon les sites. Les observations sur ces variations sont similaires à celles indiquées précédemment pour la température moyenne annuelle.

A noter par ailleurs, que la tendance générale est à la hausse des températures d'eau froide compte tenu du réchauffement climatique.

3.3. Les systèmes d'économie d'eau et d'énergie

L'installation d'équipements sanitaires économes (mitigeurs thermostatiques, réducteurs de pression, limiteurs ou régulateurs de débit, douchettes économes, baignoires de plus faibles capacités, ...) contribue à réduire les besoins d'ECS et d'eau froide. D'après l'enquête Online réalisée par l'Institut BVA en 2013¹ (sur un échantillon de 1 000 personnes représentatives de la population française métropolitaine), des équipements économes sont déjà présents dans plus de la moitié des ménages alors que les équipements les plus consommateurs (douches hydro, balnéo,...) restent rares (8% des ménages).

Les données utilisées pour l'établissement des valeurs de besoins d'ECS dans le parc social, indiquées précédemment (relevés de compteurs individuels d'eau, suivis de ballons électriques,...) correspondent souvent à des logements équipés de dispositifs d'économie d'eau aux postes de soutirages.

L'installation de systèmes de récupération de chaleur sur les eaux grises qui viennent préchauffer l'eau froide à l'entrée de la production d'ECS et/ou de la douche n'influe pas sur les besoins d'ECS à 40°C aux points de puisages.

Dans le cas d'un système de récupération de chaleur, individuel ou collectif, préchauffant uniquement l'eau froide en entrée de production d'ECS, le volume d'ECS à fournir par la production reste identique par contre la consommation d'énergie est réduite. Le volume à 55 ou 60°C se calcule à partir des besoins d'ECS à 40°C comme indiqué au chapitre 3.2 (à partir des valeurs de températures d'eau froide données dans ce chapitre).

Dans le cas d'un système de récupération de chaleur individuel préchauffant l'eau froide à l'entrée de la douche et éventuellement en entrée de production, le volume d'ECS à produire diminue, de même que la consommation d'énergie.

A noter toutefois que les imprécisions sur l'évaluation des températures d'eau froide et sur l'évolution dans le temps des rendements de ces systèmes n'incitent pas à prendre en compte ces préchauffages dans les calculs de dimensionnement de la puissance des appareils de production d'ECS.

¹ BESC, BVA, CERTOP-CNRS, COSTIC - L'optimisation des pratiques sociales en matière d'Eau Chaude Sanitaire, un enjeu pour les politiques publiques de MDE - Rapport d'étude ADEME - 2014

4. RÉCAPITULATIF

Ce chapitre récapitule les principaux indicateurs permettant d'estimer les besoins d'ECS en habitat. Nous vous invitons à lire ce guide, pour plus de précisions sur ces indicateurs et leurs variations.

4.1. Les besoins individuels d'un logement

Les besoins d'ECS d'un même logement peuvent différer fortement d'un jour à l'autre : les temps de présence, les activités et le nombre d'occupants étant très variables. Au maximum, ils peuvent atteindre jusqu'à 5 fois, voire plus, les besoins journaliers moyens du type de logements considéré.

Figure 27 Les besoins journaliers moyens

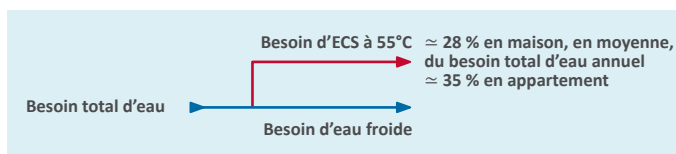
Nombre de personnes composant le ménage	Besoins journaliers moyens en litres à 40°C*	
	Par personne	Par ménage
1	80 ± 35	80 ± 35
2	60 ± 25	120 ± 45
3	50 ± 20	150 ± 50
4	45 ± 20	170 ± 70
5	45 ± 20	220 ± 105
Ensemble des ménages : 56 ± 23 litres par personne		

Type d'appartements en immeuble	Besoins journaliers moyens en litres à 40°C*	
	Parc social	Parc privé
T1	75 ± 60	75 ± 60
T2	80 ± 65	80 ± 65
T3	110 ± 80	100 ± 70
T4	145 ± 100	110 ± 75
T5	190 ± 120	140 ± 90

* Valeurs moyennes sur 365 jours (absences incluses) ± un écart type.

Les besoins d'ECS à 55°C représentent, en moyenne, environ un tiers du volume total d'eau requis pour le logement, sur l'année.

Figure 28 Part de l'ECS dans le besoin total d'eau du logement



4.3. La température d'eau froide

Figure 31 Les températures d'eau froide enregistrées sur 100 sites en habitat individuel et collectif

	Températures moyennes mensuelles et annuelles d'eau froide en °C												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année
Moyennes*	11 ± 2	11 ± 2	12 ± 2	15 ± 2	17 ± 3	19 ± 3	21 ± 3	21 ± 3	20 ± 3	17 ± 2	15 ± 2	12 ± 2	16 ± 2
Minimales**	6	5	7	9	11	13	14	14	13	12	10	8	11
Maximales**	18	17	18	20	24	25	28	29	25	22	20	19	20

* Moyennes ± un écart type **Il s'agit des valeurs minimales et maximales des températures moyennes déterminées pour les 100 sites. La valeur minimale est, en moyenne, de 9°C.

4.2. Les besoins d'un immeuble d'habitation

Les besoins énergétiques journaliers d'un immeuble varient au plus, jusqu'à 2 fois ses besoins moyens, au cours de l'année (pour les 32 suivis analysés).

Figure 29 Les coefficients d'équivalence permettant de calculer le nombre de logements standards

Type de logements	Parc privé		Parc social	
	Taux moyen* d'occupation	Coefficient d'équivalence	Taux moyen* d'occupation	Coefficient d'équivalence
T1	1,2	0,6	1,2	0,6
T2	1,4	0,7	1,4	0,7
T3	1,9	0,9	2,1	1
T4	2,3	1,1	3	1,4
T5	2,7	1,3	3,7	1,8
T6 ou plus	2,9	1,4	3,9	1,9

* Sources : calculs USH-DEEF, à partir des données INSEE Recensement population 2008 et Enquête nationale logement 2006, en France métropolitaine.

Figure 30 Les besoins moyens et de pointes

Besoins moyens et de pointes en litres à 60°C*		
Besoins moyens journaliers par logement standard	Sur l'année	70 ± 25
	Sur juillet et août	50 ± 20
Besoins de pointes d'un immeuble sur	10 min.	61 x n ^{0,503}
	1 h	83 x Ns ^{0,708}
	2 h	108 x Ns ^{0,773}
	3 h	116 x Ns ^{0,815}
	4 h	162 x Ns ^{0,789}
	5 h	189 x Ns ^{0,784}
	6 h	241 x Ns ^{0,758}
	8 h	294 x Ns ^{0,762}

* Besoins moyens ± un écart type. n est le nombre de logements et Ns est le nombre de logements standards. Les équations sont valides pour un nombre de logements supérieur à 10 pour la pointe de 10 minutes et 1 h et à 20 pour les pointes de 2 à 8 h. La température d'eau froide considérée est de 16°C pour les besoins moyens et de 9°C pour les besoins de pointe.

Guide réalisé par le COSTIC



COSTIC

Comité Scientifique et Technique
des Industries Climatiques