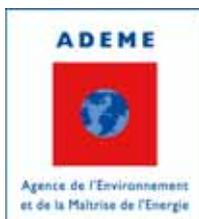


**OPAC DE L'ISERE/ REVEL (38)
Résidence Le Claret**

**Evaluation des performances énergétiques et
environnementales de bâtiments démonstrateurs à
haute performance énergétique en Région Rhône
Alpes**

Avril 2012

**Rapport de campagne de mesure - Rapport
ANNEE 1**



**Maître d'ouvrage de l'étude :
Direction régionale Rhône-Alpes de l'ADEME**

**Etude suivie par Hakim HAMADOU
hakim.hamadou@ademe.fr**

E N E R T E C H

Ingénierie énergétique et fluides

F - 26160 FELINES S/RIMANDOULE

☎ 04 75 90 18 54 - contact@enertech.fr

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
INTRODUCTION	4
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE L'OPERATION ET DE L'EVALUATION	5
1.1 Présentation de l'opération	5
1.2 Présentation de la campagne d'évaluation et de mesure	7
CHAPITRE 2 : EVALUATION DE LA QUALITE DE L'ENVELOPPE BÂTIE	8
2.1 Test à la porte soufflante	8
2.1.1 Appartements du Rez-de-chaussée.....	8
2.1.2 Appartements du 1 ^{er} étage	8
CHAPITRE 3 : EVALUATION DE LA QUALITE DES AMBIANCES	9
3.1 Evaluation de la qualité de l'air	9
3.1.1 Dioxyde de carbone.....	9
3.1.2 Radon	10
3.2 Etude du confort d'hiver	10
3.2.1 Courbes des fréquences cumulées des températures moyennes.....	10
3.2.2 Températures par type de pièce.....	12
3.2.3 Etude de l'hygrométrie.....	13
3.2.4 Evaluation du confort	14
3.3 Etude du confort d'été	15
3.3.1 Courbes des fréquences cumulées des températures moyennes.....	15
3.3.2 Etude détaillée de la semaine la plus chaude	16
3.3.3 Evaluation du confort	17
CHAPITRE 4 : ETUDE DE LA VENTILATION	19
4.1 Rappel des caractéristiques de la ventilation	19
4.2 Etude des débits et du fonctionnement des moto ventilateurs	19
CHAPITRE 5 : ETUDE DU CHAUFFAGE	21
5.1 Rappel des caractéristiques de l'installation	21
5.2 Caractéristiques météorologiques de l'année d'évaluation	22
5.2.1 Température extérieure	22
5.3 Consommation annuelle	22
5.3.1 Consommation globale (chauffage et ECS appoint)	22
5.3.2 Consommation utile de chauffage.....	24
5.4 Puissances utiles appelées	26
5.5 Paramètres influant sur la consommation	26
5.5.1 Fonctionnement réel de la régulation centrale	26
5.5.2 Comportement des occupants.....	27

CHAPITRE 6 : ETUDE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE.....	30
6.1 Rappel des caractéristiques de l'installation et étude des dysfonctionnements	30
6.2 Consommation annuelle	34
6.2.1 Production solaire.....	34
6.2.2 Appoint ECS	35
6.3 Etude des puisages.....	35
6.3.1 Volume annuel puisé.....	35
6.3.2 Débits de puisage	37
6.3.3 Evolution des puisages au cours du temps	38
6.3.4 Etudes des températures de départ et de retour d'ECS solaire.....	39
CHAPITRE 7 : ELECTRICITE DES SERVICES GENERAUX	41
7.1 Production photovoltaïque	41
7.2 Consommation globale.....	41
7.3 Evolution de la consommation au cours du temps	42
7.4 Etude des usages	44
7.4.1 Chaufferie.....	44
7.4.2 Ventilation.....	47
7.4.3 Eclairage.....	48
7.5 Puissances appelées	49
CHAPITRE 8 : ELECTRICITE DES PARTIES PRIVATIVES	51
8.1 Consommation globale.....	51
8.2 Structure de la consommation globale	51
8.3 Puissances de veille.....	53
CHAPITRE 9 : LES CHIFFRES CLES	54
9.1 Consommation totale	54
9.2 Tableau récapitulatif des principales caractéristiques techniques	56
CHAPITRE 10 : PRECONISATIONS	57

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'Appel à Projet « PREBAT – Bâtiments démonstrateurs », l'ADEME a souhaité mettre place une évaluation des résultats effectifs sur certaines opérations lauréates. Notre bureau d'études a été missionné pour conduire une analyse approfondie des qualités techniques des bâtiments notamment au travers d'une campagne de mesures d'une durée de 2 ans.

Celle-ci concerne les consommations, la qualité de l'air, le confort hygrothermique et le fonctionnement des installations de ventilation, chauffage, eau chaude sanitaire (ECS) et électriques. A partir de ces mesures, des indicateurs généraux de consommation, confort et fonctionnement peuvent être dégagés. Une analyse de ces résultats permet de caractériser le bâtiment vis-à-vis des objectifs envisagés à l'origine, et de mettre en évidence des dysfonctionnements pénalisants.

L'équipe se place donc dans une approche constructive, en partant de l'a priori que chaque maître d'œuvre a tenté de faire de son mieux, tout en sachant que les savoirs et les pratiques ne sont peut-être pas encore au niveau des ambitions qui sont les nôtres collectivement aujourd'hui.

Le présent rapport intermédiaire décrit les principaux résultats issus de la première année de mesure réalisée sur la résidence « Le Claret » (OPAC de l'Isère) située à Revel entre le 14/09/2010 et le 13/09/2011. Il s'agit du premier Bâtiment Basse Consommation (BBC) livré par l'OPAC 38. L'accent sera mis sur les dysfonctionnements relevés, accompagnés des préconisations destinées à rapprocher le fonctionnement de l'installation de son régime nominal.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE L'OPERATION ET DE L'EVALUATION

1.1 Présentation de l'opération

Projet	Intitulé du projet	Résidence Le Claret - Construction de 7 logements			
	Localisation	Revel (38)			
	Maître d'Ouvrage	OPAC 38			
	Livraison	Juin 2008			
	SHAB	487 m ²	SHON	549 m ²	
	Nombre logements	7	Nombre d'étage	R+1	
Equipe de maîtrise d'oeuvre	Architecte	DEDALES			
	Economiste	BETREG I G			
	BE fluides	GTI			
	AMO HQE	TERRE ECO - AGEDEN			
Enveloppe	Procédé constructif	Ossature bois (façade sud) / béton isolation par l'extérieur (autres façades)			
	Murs extérieurs	20 cm de laine de verre sous bardage en 2 couches croisées			
		U =	0,192 W/m ² .K Même U pour les 2 types de parois		
	Plancher bas	12 cm polyuréthane continu sur terre plein			
		U =	0,164 W/m ² .K		
	Toiture	30 cm laine de verre en faux plafond donnant sur combles non aménagés			
		U =	0,132 W/m ² .K		
	Ponts thermiques	Traitement classique.			
	Menuiseries	Vitrage	Triple	Cadre	Bois
		Occultations :			
Uw =		1,1 W/m ² .K	Surface en tableau	65,2 m ²	
A*		Non connu		Soit 13,4 % de la SHAB	
Systèmes	Chauffage	Chaudière Gaz condensation modulante collective			
		Puissance installée	12 à 65 kW soit 25 à 133 W/m ² SHAB		
		Emission	Radiateurs acier - Régime 65/55		
		Régulation terminale	robinets thermostatiques		
	Ventilation	Double flux. Echangeur à plaques			
		Débit de pointe	1000 m ³ /h	Efficacité échangeur	90%
	ECS	Solaire avec appoint gaz par la chaudière			
		Capteurs solaires	12 m ²		
Photovoltaïque	7,3 kWc (54 m ²)				
Performance	Objectif / label	BBC Effinergie 2005			
	Calcul RT 2005	Cep = 58,1 kW.h _{ep} /m ² SHON			



Figure 1.1 : Photographie de la façade nord du bâtiment



Figure 1.2 : Photographie de la façade sud du bâtiment

1.2 Présentation de la campagne d'évaluation et de mesure

Général	Test à la porte soufflante	Test réalisé le 8/06/10 Nb de logements testés : 3		
	Diagnostic infra rouge	N		
	Quantité COV	N		
	Quantité CO2	O Nb de logements suivis : 2		
	Données météo	Température	N	
		Humidité	N	
		Ensoleillement	N	
		Vitesse vent	N	
Logements Nb de logements suivis : 5 Nb de personnes suivies : 11	Compteur électrique	O		
	Compteur EF	O		
	Compteur ECS	O		
	Eclairage	O		
	Température salon	O		
	Température chambre	O		
	Ouverture fenêtre	O		
	Poste informatique	O		
	Poste audiovisuel	O		
	Four	O		
	Lave-linge	O		
	Poste froid	O		
	Services généraux	Compteur électrique général	O	
Compteur électrique chaufferie		O		
Eclairage extérieur		O		
Eclairage garage		O		
Eclairage comble et local technique		O		

Caractéristiques de la campagne de mesure :

- Durée : deux ans (le présent rapport porte sur la première année allant du 14/09/2010 au 13/09/2011)
- Nombre de mesureurs posés : 148
- Pas de temps de la mesure : 10 minutes
- Traitement des données : en base de données relationnelle avec outil de traitement puissant.

CHAPITRE 2 : EVALUATION DE LA QUALITE DE L'ENVELOPPE BÂTIE

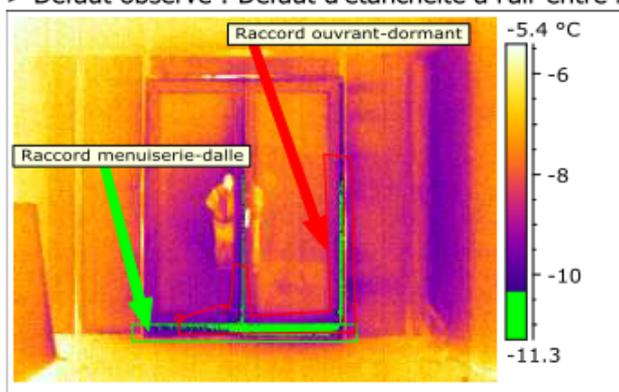
2.1 Test à la porte soufflante

La valeur $Q_{4Pa-surf}$ globale moyenne de ce bâtiment, évaluée à partir de la perméabilité à l'air mesurée sur les trois appartements testés s'élève à $0,85 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$. Il existe sur les valeurs de Q_4 une relativement faible dispersion (0.624 / 0.953 / 0.97). La valeur de n_{50} (débit sous 50 Pa) vaut 2,4 et présente une importante dispersion entre logements (1 / 3,20 / 3,00). Ce bâtiment respecte la réglementation fixée pour les bâtiments collectifs BBC ($Q_4 < 1,0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$) mais le résultat obtenu est très loin de l'objectif allemand « Passivhaus » (n_{50} de 0,6 vol/h). Il est même assez médiocre pour un bâtiment performant.

Le défaut principal d'étanchéité est localisé dans les appartements du premier étage. Il s'agit d'une mauvaise jonction entre le plancher haut sous combles, les murs à ossatures bois et le mur de refend. D'autres fuites ont été relevées entre l'ouvrant et le dormant des fenêtres ainsi qu'au niveau des pareclozes et des portes d'entrée. Les photos suivantes sont issues du rapport de test à la porte soufflante intermédiaire réalisé par l'entreprise Energie Positive le 16 décembre 2009. Elles illustrent ces défauts d'étanchéité.

2.1.1 Appartements du Rez-de-chaussée

> Défaut observé : Défaut d'étanchéité à l'air entre l'ouvrant et le dormant



2.1.2 Appartements du 1^{er} étage

Problème de jonction entre les combles et les murs à ossatures bois



CHAPITRE 3 : EVALUATION DE LA QUALITE DES AMBIANCES

3.1 Evaluation de la qualité de l'air

3.1.1 Dioxyde de carbone

Des capteurs de CO₂ ont été installés dans le séjour de deux logements entre le 09/02/2011 et le 25/05/2011.

La valeur maximale atteinte est de 1884 ppm pour le logement 5 et de 2011 ppm pour le logement 1. En valeur moyenne, le taux de CO₂ mesuré pendant l'ensemble de la période est de **555 ppm** pour le logement 5 et de **696 ppm** pour le logement 1.

Le seuil règlementaire (1300 ppm) a été dépassé pendant 0.4 % du temps (soit 10 heures) pour le logement 5 et 1.2% du temps (30 heures) pour le logement 1 ce qui dénote une bonne qualité d'air (figure 4.1.1). On note cependant un seuil assez élevé autour de 800 ppm pour le logement 1.

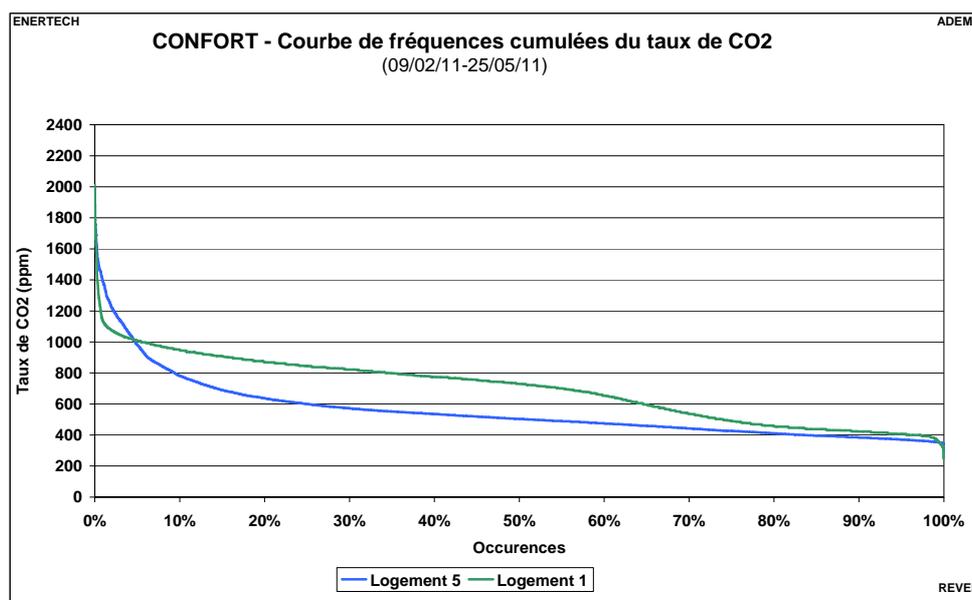


Figure 3.1.1 : Fréquences cumulées des taux de CO₂ mesurés dans le logement suivi

La figure 3.1.2 représentant l'évolution de la concentration en CO₂ au cours d'une journée ainsi que l'ouverture des fenêtres montre que le taux de CO₂ augmente sensiblement le soir, probablement du fait de l'activité humaine. On dépasse même le seuil réglementaire. Comme on le verra au chapitre 4 la ventilation du bâtiment ne fonctionne pas correctement, il n'y a donc pas un renouvellement d'air satisfaisant.

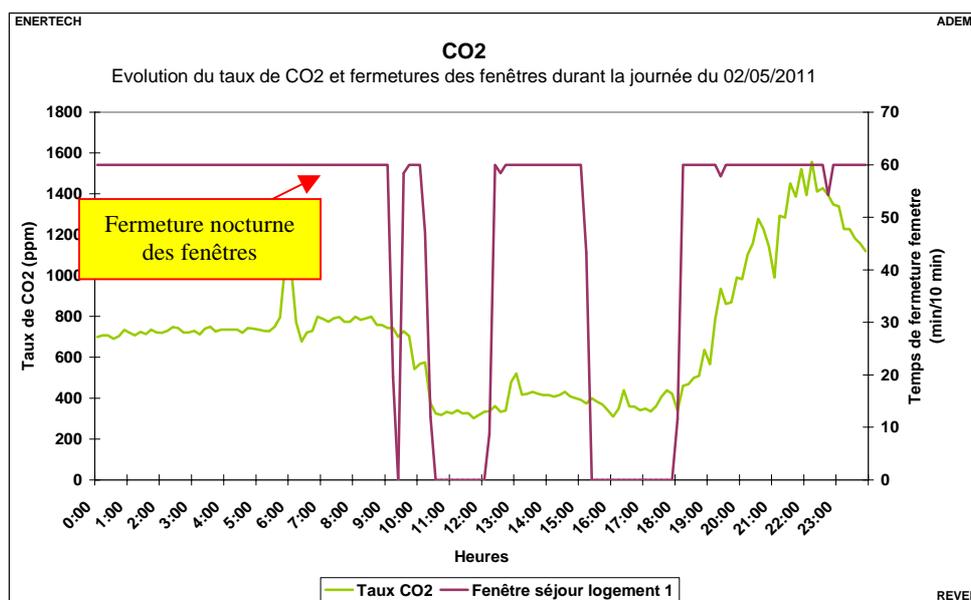


Figure 3.1.2 : Evolution du taux de CO₂ le 04/05/10 dans le logement 1 (dysfonctionnement de la CTA)

3.1.2 Radon

La mesure du radon (pose de films piégeant le radon durant la saison de chauffe) a été effectuée pendant l'hiver 2011 avec l'aide de la CRIIRAD dans 4 logements (sondes dans les séjours et les chambres). Les concentrations mesurées sont comprises entre moins de 10 Bq/m³ et 63 Bq/m³, se situant ainsi dans les niveaux les plus faibles que l'on puisse s'attendre à mesurer en intérieur (10 à 100 Bq/m³).

Mesure radon (Bq/m ³)	Logement 1	Logement 2	Logement 3	Logement 4
Séjour	<10	29 +/- 9	59 +/- 13	63 +/- 13
Chambre	<17	-	40 +/- 11	39 +/- 11

3.2 Etude du confort d'hiver

Dans ce paragraphe on définit « l'hiver » comme la période allant du **01 décembre 2010** au **28 février 2011**. En effet, il s'agit des mois les plus froids de notre période de mesures pendant lesquels le chauffage fonctionne et nous nous intéressons aux températures maintenues dans le bâtiment « sous charge ».

3.2.1 Courbes des fréquences cumulées des températures moyennes

La figure 3.2.1 représente la courbe des fréquences cumulées des températures moyennes mesurées dans trois des logements instrumentés (nous avons rencontré des problèmes de mesure sur le 4^{ème} logement).

Les températures moyennes sont calculées de la façon suivante :

- La température a été suivie dans deux pièces de chaque logement instrumenté, en principe le séjour et une chambre. On calcule la moyenne de ces deux valeurs. On ne prend en compte que les périodes pour lesquelles on possède des données pour les deux pièces. Quand on ne possède des données que pour la chambre sur toute la période, on élimine le logement. Par contre, on conserve ceux dans lesquels on a seulement les mesures du séjour sur toute la période.
- On calcule la valeur moyenne en pondérant par la surface des logements.

Cette méthode élimine les phénomènes extrêmes qu'on peut observer ponctuellement dans certaines pièces des logements.

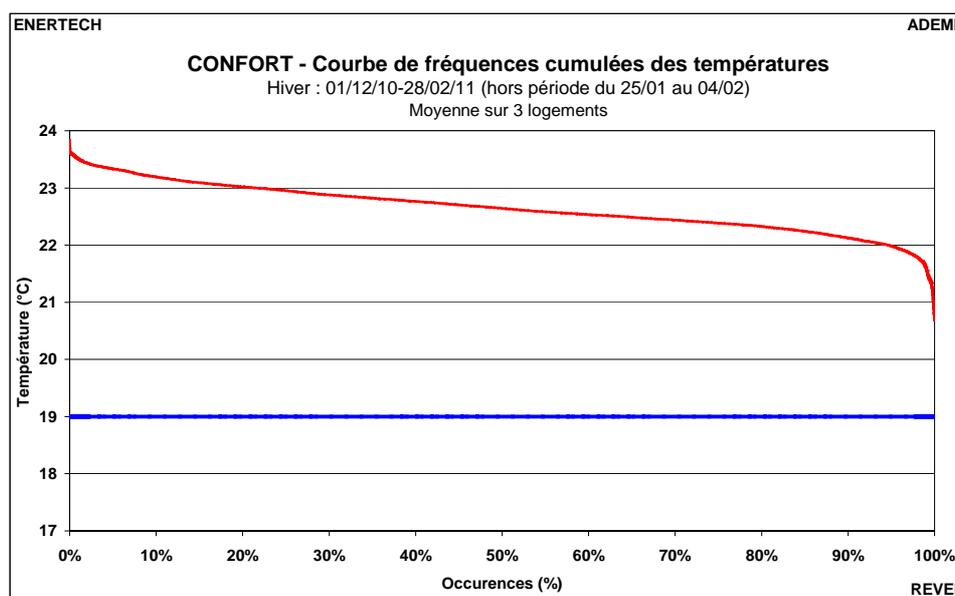


Figure 3.2.1 : Fréquences cumulées des températures intérieures des logements suivis

La température moyenne des logements étudiés vaut **22,7 °C** pour la période d'hiver. La courbe des fréquences cumulées de la figure 3.2.1 révèle que la température minimum observée est de 20,7°C ce qui est largement au-dessus du niveau réglementaire de 19°C et qu'elle dépasse 22°C pendant plus de 95% !

HIVER	Température (°C)	Moyenne logements
	Moyenne	22,7
	Minimale	20,7
	Maximale	23,8

Figure 3.2.2 : Températures moyennes et extrêmes mesurées dans les logements instrumentés en hiver

La figure 3.2.3 montre que les températures maintenues dans le logement 2 sont très supérieures : il fait plus de 24°C la moitié du temps !

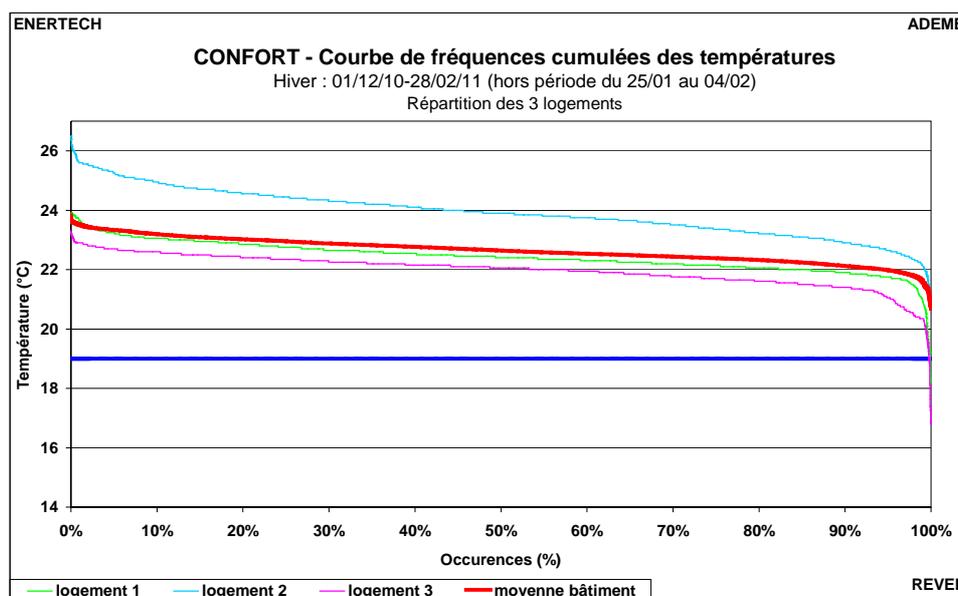


Figure 3.2.3 : Fréquences cumulées des températures moyennes des logements suivis

Rappelons qu'en hiver, la température à l'intérieur des logements dépend de :

- La **température de consigne** effectivement choisie par les occupants,
- La **qualité de la régulation terminale** de l'installation de chauffage (l'alimentation était-elle bien coupée dès la température de consigne atteinte?). Une mauvaise régulation contribuera à des dérives de la température intérieure au-delà de la température de consigne,
- Les **apports de chaleur** internes (consommations d'électricité spécifique, émission des personnes, pertes des réseaux de distribution d'eau chaude et de chauffage) et dus à l'ensoleillement qui chauffent l'intérieur des logements.

Vraisemblablement, les températures mesurées à 22-23°C témoignent d'un choix de consigne élevée de la part des occupants, ce ne sont pas les apports seuls qui permettent d'atteindre de tels niveaux moyens en hiver. On peut aussi s'interroger sur la régulation et sur la loi d'eau de la chaufferie qui permettent aux usagers d'atteindre ces températures élevées.

Nous rappelons que la température réglementaire de chauffage est de 19°C. Sans le respect de cette consigne il est très difficile d'atteindre les objectifs de consommation de chauffage. Il ne sera pas étonnant d'observer alors de fortes dérives. Ainsi, 1°C de température de chauffage en plus entraîne dans un bâtiment à faibles consommations une surconsommation de chauffage de l'ordre de **10-15%**.

3.2.2 Températures par type de pièce

En moyenne, les températures des séjours sont légèrement supérieures à celles des chambres. Cependant, pour le logement 2, le maximum est atteint dans la chambre.

HIVER						
Température (°C)	Logement 1		Logement 2		Logement 3	
	Séjour	Chambre	Séjour	Chambre	Séjour	Chambre
Moyenne	22.9	21.9	23.6	24.3	22.6	21.3

Figure 3.2.4 : Températures moyennes et extrêmes mesurées dans les pièces de chaque logement suivi - Hiver

3.2.3 Etude de l'hygrométrie

On a mesuré l'hygrométrie dans les séjours. Comme pour les températures, on calcule la valeur moyenne en pondérant par la surface des logements. Nous n'avons pas de station météorologique sur site donc nous n'avons pu mesurer l'humidité extérieure.

L'étude de l'hygrométrie intérieure montre que l'humidité relative dans les logements est assez variable en hiver (figure 3.2.5), mais ceci est tout à fait normal. Cependant, en limitant les situations d'extrême humidité le bâtiment fournit une ambiance confortable grâce au chauffage qui, en élevant la température de l'air, réduit la valeur du degré hygrométrique. En moyenne, l'hygrométrie est un peu supérieure à 45%.

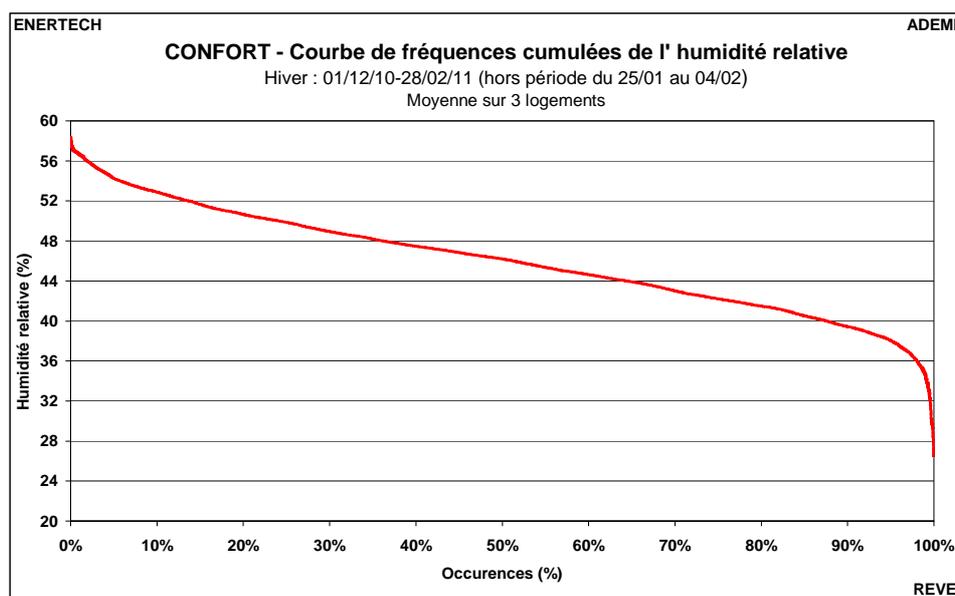


Figure 3.2.5 : Fréquences cumulées de l'humidité relative moyenne mesurée dans les logements suivis pendant les jours les plus froids ([déc-fév])

Comme en atteste le graphique de la figure 3.2.6, le logement 1 possède une teneur en eau très supérieure à celle des autres logements. Il s'agit également du logement dans lequel on a relevé des teneurs en CO₂ assez élevées (paragraphe 3.1.1). Ces observations s'expliquent probablement par un mauvais renouvellement d'air qu'on analysera dans le chapitre 4.

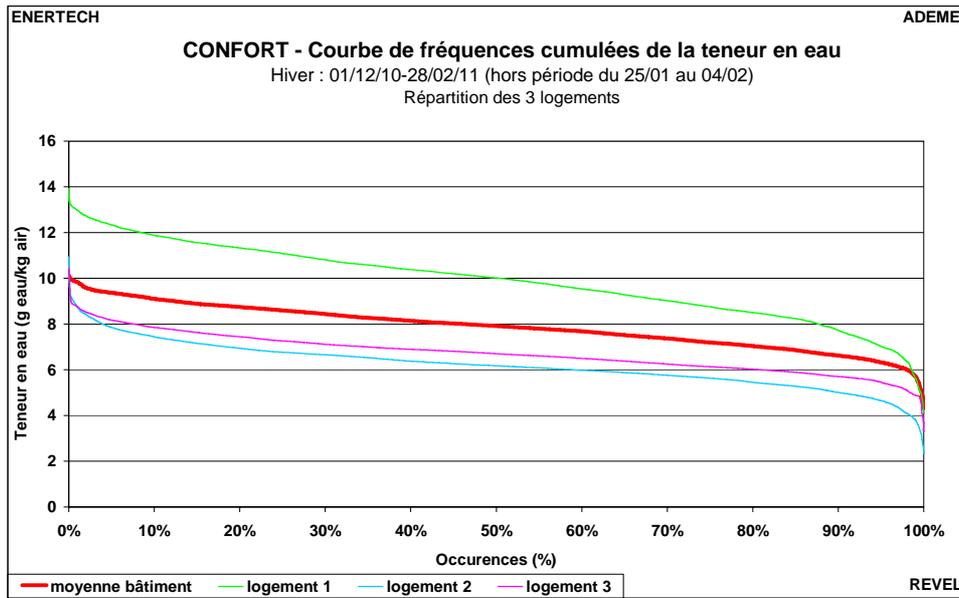


Figure 3.2.6 : Fréquences cumulées des teneurs en eau des logements suivis

3.2.4 Evaluation du confort

Le graphique de la figure 3.2.7 présente l'évaluation du confort selon la méthode des polygones inscrits sur le diagramme de l'air humide. Les polygones proposés par le COSTIC (Centre d'Etudes et de Formation Génie Climatique Equipement Technique du Bâtiment) et l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) servent de référence. Le nuage de points est l'ensemble des couples (humidité spécifique/température intérieure) observés au pas de temps de 10 minutes en valeur moyenne pendant l'hiver pour les valeurs moyennes du bâtiment.

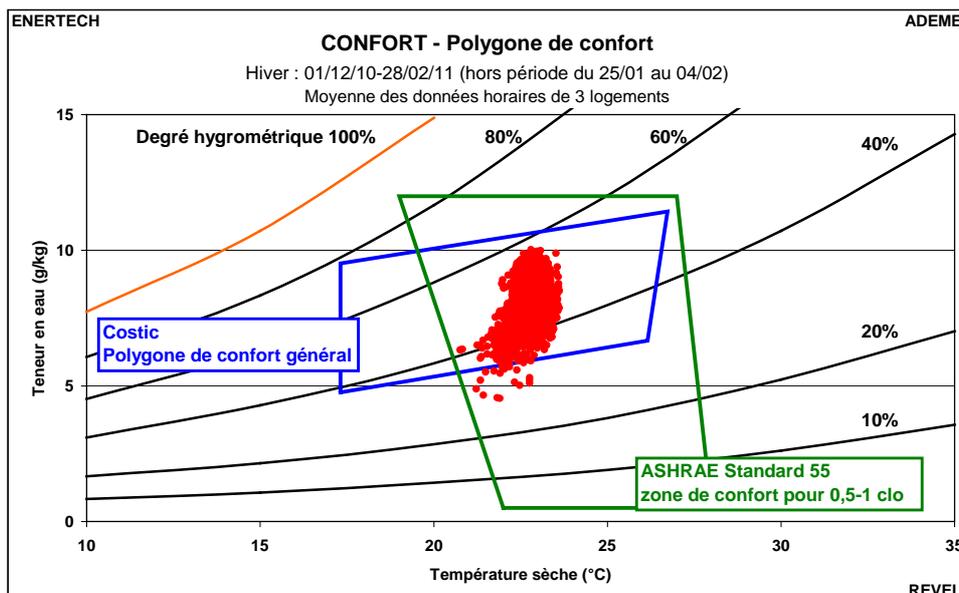


Figure 3.2.7 : Polygone de confort

Il apparaît qu'avec les références considérées l'immeuble fournit un confort très satisfaisant. Rappelons nous cependant que les températures maintenues sont très élevées, largement supérieures à la valeur réglementaire. Remarquons que l'ASHRAE ne conçoit presque aucune situation confortable en dessous de 20°C. On voit ici la limite de ces méthodes qui ne prennent pas en compte les récents développements des bâtiments à faible consommation d'énergie et la difficulté à quantifier rigoureusement la subjectivité de la notion de confort. Le grand spécialiste du confort, le danois O.Fanger, définit les conditions de confort comme celles satisfaisant 80% des membres d'un échantillon. Il reste donc 20% d'insatisfaits !

3.3 Etude du confort d'été

Dans ce paragraphe on définit « l'été » comme la période allant du **15 juin 2011** au **15 septembre 2011**.

3.3.1 Courbes des fréquences cumulées des températures moyennes

La courbe des fréquences cumulées des températures est présentée sur la figure 3.3.1. Les températures moyennes sont calculées de la même façon que pour l'hiver. Sur cette période, nous possédons des données exploitables pour 4 logements. On supprime, pour cette analyse, les données des périodes de vacances (repérées grâce à l'étude de la consommation électrique globale du logement).

On constate que la température moyenne ne dépasse pas 26°C pendant l'été, ce qui traduit un très bon confort. La moyenne se situe à **23,2°C**. Le bâtiment ne comprend pas de système de rafraîchissement mais se situe en montagne à 650 m d'altitude, ce qui peut expliquer ce niveau très acceptable de température.

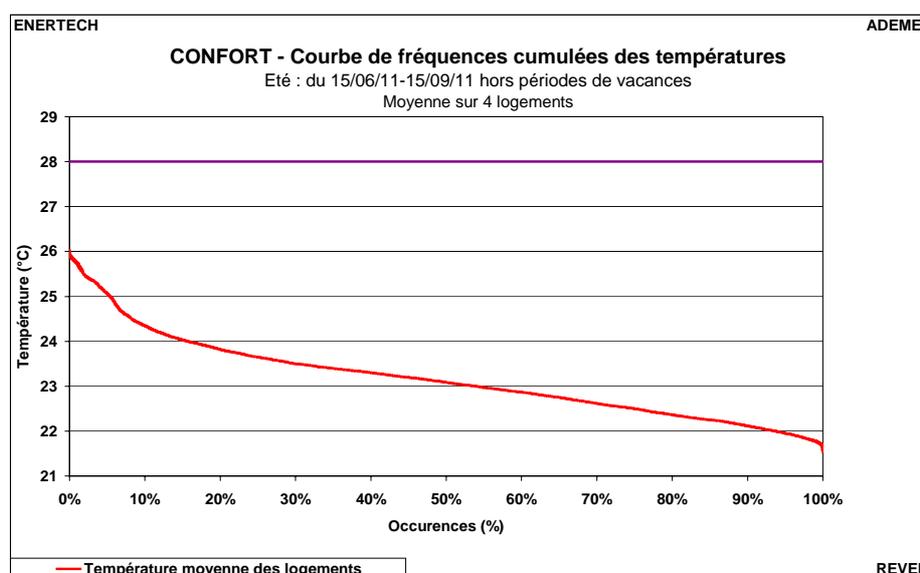


Figure 3.3.1 : Fréquences cumulées de la température moyenne mesurée dans les logements suivis

ETE	Température (°C)	
	Moyenne	23,2
	Minimale	21,5
	Maximale	26,0

Figure 3.3.2 : Températures moyennes dans les logements durant l'été

L'analyse de l'évolution moyenne journalière (figure 3.3.3) de la température montre qu'elle évolue peu au cours de la journée (entre 22,9 °C et 23,3 °C). L'inertie du bâtiment semble jouer son rôle de stabilisateur. Il capte les apports internes diurnes en limitant les surchauffes. Il les relâche la nuit pour maintenir une température quasi constante.

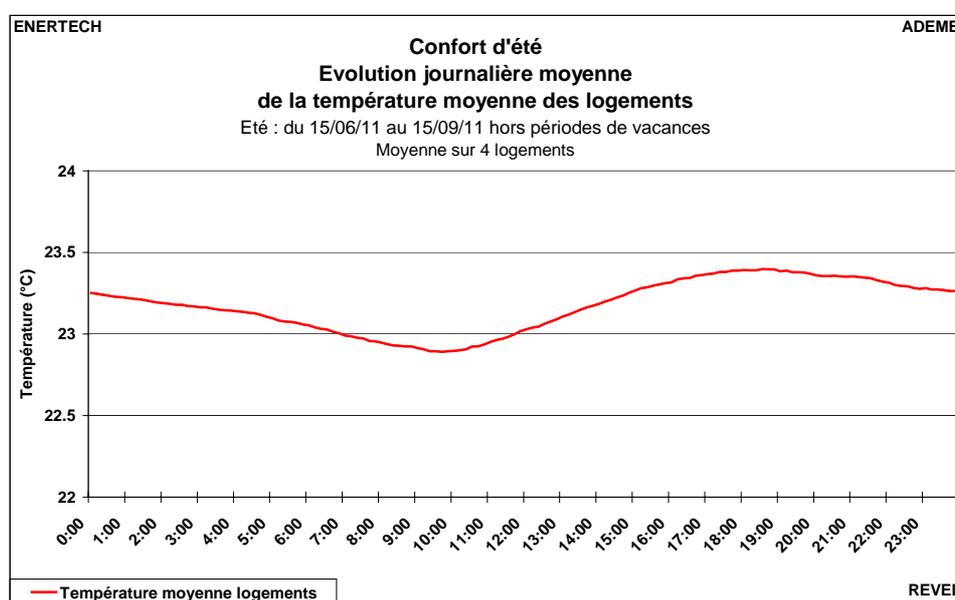


Figure 3.3.3 : Evolution de la température moyenne mesurée dans les logements suivis - Eté

3.3.2 Etude détaillée de la semaine la plus chaude

Nous pouvons aussi étudier le comportement des logements lors de la semaine la plus chaude de l'année (voir figure 3.3.4), la semaine 34. Nous vérifions que dans tous les logements la température intérieure est toujours inférieure à 28 °C. Il y a un écart de l'ordre de 2 degrés entre les logements les plus « frais » et les plus « chauds ». On remarque que le logement 1 présente des températures plus faibles que le logement 3 alors que ces deux appartements ont la même configuration, sont voisins et se situent au même étage. Cela laisse supposer une meilleure gestion des ouvrants dans le premier cas. Ainsi, dans le logement 3, la fenêtre du salon est ouverte quasiment systématiquement durant la journée et fermée la nuit ce qui n'est pas optimal.

On pourra noter, d'autre part, un déphasage des pics de température maximale durant la journée notamment entre les logements 2 et 4. Ceux-ci sont explicables si on considère l'orientation des pièces étudiées. En effet, pour le logement 4, le séjour, dans lequel la mesure de température a été effectuée, bénéficie de 2 orientations : sud et ouest. Il est donc soumis à un apport solaire plus fort le soir c'est pour cela que la température est maximale en fin d'après-midi (voir figure 3.3.4). Quant au logement 2, son salon, situé au sud du bâtiment, reçoit un rayonnement solaire plus tôt. Le maximum de température se produit donc plus tôt.

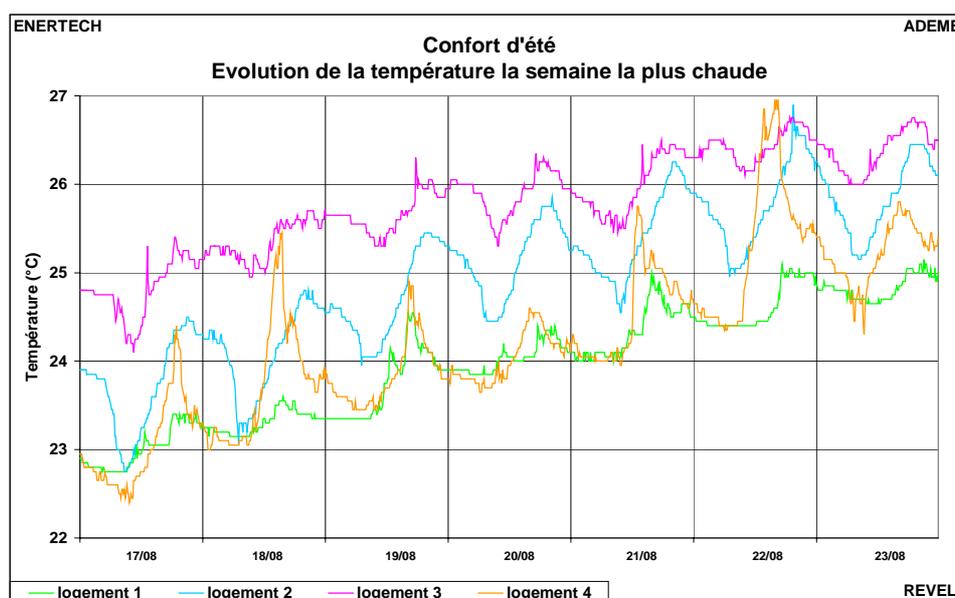


Figure 3.3.4 : Evolution de la température mesurée dans les logements suivis au cours de la semaine la plus chaude

3.3.3 Evaluation du confort

L'analyse des polygones de confort (figure 3.3.5) montre que le confort est globalement très satisfaisant. Les situations d'inconfort sont dues à une teneur en eau dans l'air trop élevée, donc à un degré hygrométrique trop important (ce qui correspond, en été, aux jours orageux). Quel que soit le niveau du débit d'air de ventilation dans un logement, il est impossible de combattre significativement un excès de l'humidité absolue puisque celle-ci est directement fixée par la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air extérieur. Seul un climatiseur peut condenser cette vapeur et assécher l'air intérieur. Mais son défaut est sa consommation d'énergie, et c'est aussi la raison pour laquelle on cherche à se passer de lui dans les bâtiments performants....

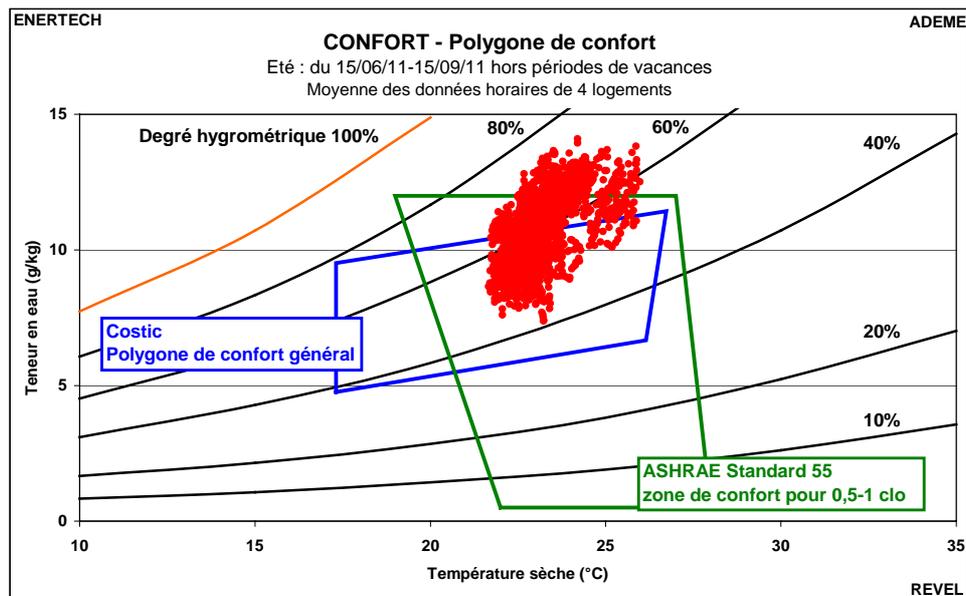


Figure 3.3.5 : Polygones de confort d'été

Le confort d'été peut être atteint dans les bâtiments performants moyennant une bonne conception prévoyant une forte inertie thermique, ce qui évite les montées trop importantes de la température la journée. Mais cela nécessite aussi un refroidissement des structures la nuit (grâce la plupart du temps à une bonne ventilation naturelle nocturne), une gestion « avisée » des apports solaires par occultation des ouvrants, et surtout un choix très raisonné des appareils électroménagers (des appareils ni trop nombreux ni trop consommateurs). Mais il est évident que tout ceci repose sur un comportement adapté des usagers sans lequel on assistera à des dérives rédhibitoires.

CHAPITRE 4 : ETUDE DE LA VENTILATION

4.1 Rappel des caractéristiques de la ventilation

La ventilation mise en œuvre est de type double flux avec ventilateurs à vitesse variable régulée à ΔP constant. La centrale de traitement d'air, de marque Atlantic, est située dans les combles. Elle est équipée d'un échangeur à plaques préchauffant l'air neuf en hiver et le refroidissant en été. (voir figure 4.1.1).

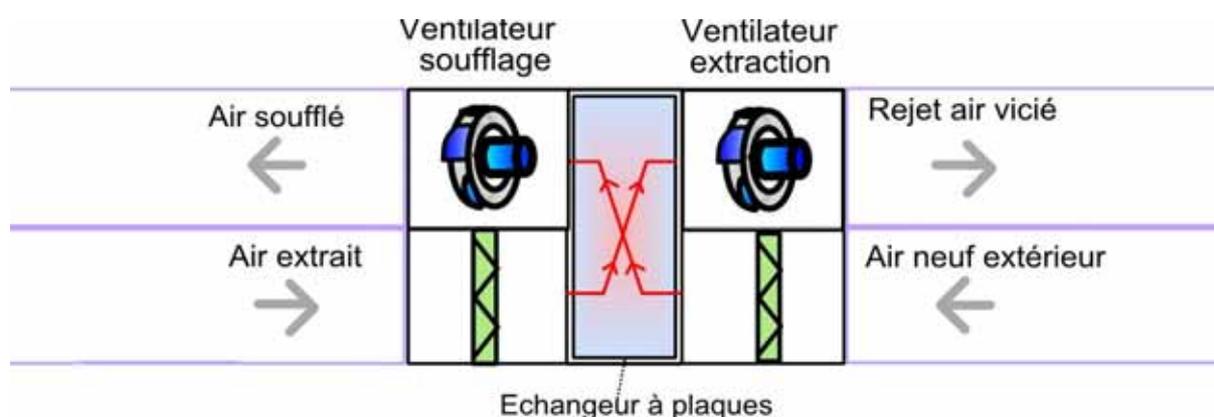


Figure 4.1.1 Schéma de principe de l'installation de ventilation

L'installation fonctionne classiquement à débit d'air extrait variable en fonction de la position des bouches d'extraction non temporisées (clapet actionné par une tirette à ficelle) en cuisine. Le débit de pointe théorique est de **1000 m³/h** (selon le CCTP).

4.2 Etude des débits et du fonctionnement des moto ventilateurs

Au cours de la campagne de mesure, il est apparu que la VMC double flux ne fonctionnait pas correctement. Des mesures instantanées au niveau de la centrale et des bouches des logements instrumentés ont révélé des débits faibles, voire nuls et dans tous les cas très inférieurs aux débits règlementaires. La puissance absorbée par les ventilateurs était d'ailleurs très basse (environ 55W). Lors d'une de nos visites, nous avons réglé le débit à 700 m³/h (valeur préconisée par le bureau d'études) ce qui a conduit à augmenter la puissance électrique à 270 watts. Nous avons ensuite remesuré les débits aux bouches de trois logements. Dans le logement le plus proche du caisson (logement du R+1 Est) les mesures sont très supérieures aux valeurs règlementaires. Dans les deux autres habitations, les débits d'extraction restent inférieurs aux valeurs règlementaires. Preuve que le réseau aéraulique n'est pas du tout équilibré.

Débit Soufflage (m ³ /h) (Avant/après Réglage)	Cuisine		Séjour	Chambres			Salle de Bains	WC
	Petit débit	Grand débit		1	2	3		
Théorique T3 (Min/Max)	45	105	30/90	30/30	30/30		30/30	15/15
Théorique T4 (Min/Max)	45	120	45/105	30/30	30/30	15/15	30/30	30/30
Logement 1 (T4)	0 NM ⁽¹⁾	10/ NM ⁽¹⁾	0	15/ NM ⁽¹⁾	17/ NM ⁽¹⁾	NM ⁽¹⁾	0	0
Logement 2 (T2)	0 NM ⁽¹⁾	0/ NM ⁽¹⁾	18	15/ NM ⁽¹⁾	NM ⁽¹⁾	NM ⁽¹⁾	0	0
Logement 3 (T3)	11/25	22/37	14/45	12/45	15/35	NM ⁽¹⁾	0/26	0/10
Logement 4 (T4)	12/23	23/37	16/35	0/0	15/33	18/40	0/10	0
Logement 5 (T3)	NM ⁽¹⁾ /45	NM ⁽¹⁾ /50	NM ⁽¹⁾ /110	NM ⁽¹⁾ /32	NM ⁽¹⁾ /25	NM ⁽¹⁾	NM ⁽¹⁾ /40	NM ⁽¹⁾ /75

1 : NM = non mesuré

Figure 4.2.1 : Débits extrêmes mesurés

Cependant la gêne acoustique dans les logements était telle que nous avons dû réduire à nouveau ce débit. Il semble donc que l'installation soit *a minima* mal équilibrée, voire mal conçue (fortes pertes de charge). Nous nous interrogeons par exemple sur la prise en compte de notre remarque du compte rendu d'analyse DCE (document du 04 avril 2009) concernant le choix de l'angle des coudes et piquages (45° au lieu de 90° indiqués dans le CCTP). Il est aussi étonnant d'observer dans certains cas des débits très supérieurs aux valeurs réglementaires car les réseaux de soufflage et d'extraction sont en théorie équipés (mais l'ont-ils été réellement ?) d'organes de régulation (module de régulation à débit constant –MR- en amont des bouches de soufflage et bouches d'extraction autorégulées).

Il paraît nécessaire de procéder rapidement à un examen des réseaux afin de s'assurer que tous les organes d'équilibrage ont bien été mis en place. Il faudra alors procéder à un équilibrage soigneux, puis à un réglage du niveau de débit, et vérifier alors que toutes les bouches fonctionnent bien à leur débit nominal.

Un autre élément pouvant expliquer le dysfonctionnement du système de ventilation est sa déprogrammation consécutif à un arrêt de l'alimentation par des occupants que le bruit de l'installation gênait. Une nouvelle programmation va être effectuée par l'installateur afin de voir si cette coupure brutale est à l'origine du dysfonctionnement de la VMC.

La consommation durant la période de mesure s'élève à 426 kWh/an ou encore 60,9 kWh/lgt/an ou **0,87 kWh/m²_{shab}/an**. Cette valeur extrêmement faible traduit bien que l'installation a très mal fonctionné (très faible débit). A titre de comparaison, les valeurs les plus faibles observées dans des installations double flux ayant fonctionné de manière nominale est de 3,8 kWh/m²_{shab}/an soit 4 fois plus. Nos appareils de mesures ne sont pas capables d'enregistrer des débits aussi faibles, nous n'avons pas donc pas pu suivre l'évolution des débits au cours de l'année.

CHAPITRE 5 : ETUDE DU CHAUFFAGE

5.1 Rappel des caractéristiques de l'installation

Le chauffage et l'appoint ECS sont assurés par une chaudière propane à condensation De Dietrich 130-65 EcoNOX Plus munie d'un brûleur modulant de 18 à 100% de la puissance (18 à 65 kW). La puissance maximale est supérieure de 18% à la puissance nominale demandée dans le CCTP (55kW), qui est elle-même supérieure de 77% à la puissance maximale nécessaire (31 kW, voir notre compte rendu d'analyse DCE daté du 14 avril 2009). Au final, la puissance installée est 2,1 supérieure à la puissance nécessaire, ce qui va profondément dégrader le rendement d'exploitation de l'installation !

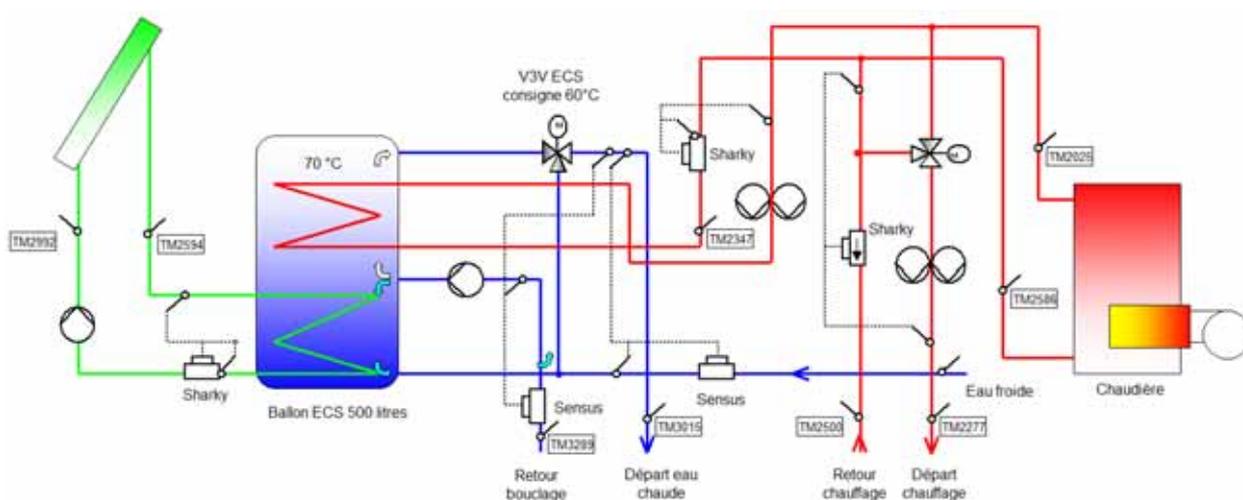


Figure 5.1.1 : Schéma de principe de la chaufferie

Les logements sont équipés de radiateurs acier (régime 65/55°C) munis de têtes thermostatiques dans toutes les pièces sauf dans les salles de bains.



Figure 5.1.2 : Vue générale de la chaufferie

5.2 Caractéristiques météorologiques de l'année d'évaluation

5.2.1 Température extérieure

Comme nous ne disposons pas d'une station météo sur site, nous avons utilisé les données météorologiques (température extérieure et insolation) de Grenoble (localité la plus proche dans laquelle nous possédons une station météo). Les degrés jours unifiés base 18 s'élèvent, à Grenoble, pour l'année considérée à 2273 (dont 2203 au cours de la saison de chauffe « chauffagiste »), soit 15% de moins que les DJU trentenaires (station météo d'Ebeyns).

La période de chauffe correspond à la période pendant laquelle la pompe de chauffage fonctionne. Ici, elle s'étend du 21 Septembre 2010 au 17 Juin 2011, soit 269 jours.

5.3 Consommation annuelle

5.3.1 Consommation globale (chauffage et ECS appoint)

La consommation annuelle de gaz s'élève à $2\,202\text{m}^3$. Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) du propane est égal à $13,8\text{ kWh}_{\text{PCS}}/\text{kg}$ soit $25,9\text{ kWh}_{\text{PCS}}/\text{m}^3$ à pression atmosphérique de 1013 mbar et une température de base de 15°C . Ce pouvoir calorifique n'est pas constant au cours de l'année car il dépend de la température du gaz (considérée égal à celle de la température extérieure). D'autre part, étant en altitude (650 m), la pression du gaz consommée sera différente par rapport à la valeur de base au niveau de la mer. Aussi, nous aurons un coefficient PCS ajusté au cours de l'année (en faisant néanmoins l'hypothèse d'une pression atmosphérique constante à Revel égale à 938 mbar et une pression de distribution de 37 mbar). Ainsi, la consommation globale en énergie finale (en amont de la chaudière) corrigée en fonction de l'altitude et de l'évolution de la température extérieure vaut **56 573 kWh_{PCS}/an** soit **116,3 kWh_{PCS}/an/m²_{Shab}**. Cette valeur est proche des consommations mesurées pour des bâtiments performants suivis récemment. A noter cependant qu'ici la centrale de ventilation a mal fonctionné ce qui entraîne une consommation de chauffage moins importante.

Sur la figure 5.3.1, on peut distinguer clairement une période de consommation supérieure correspondant à la période de chauffe et une seconde où la consommation est plus faible et assez stable (consommation uniquement de l'appoint ECS).

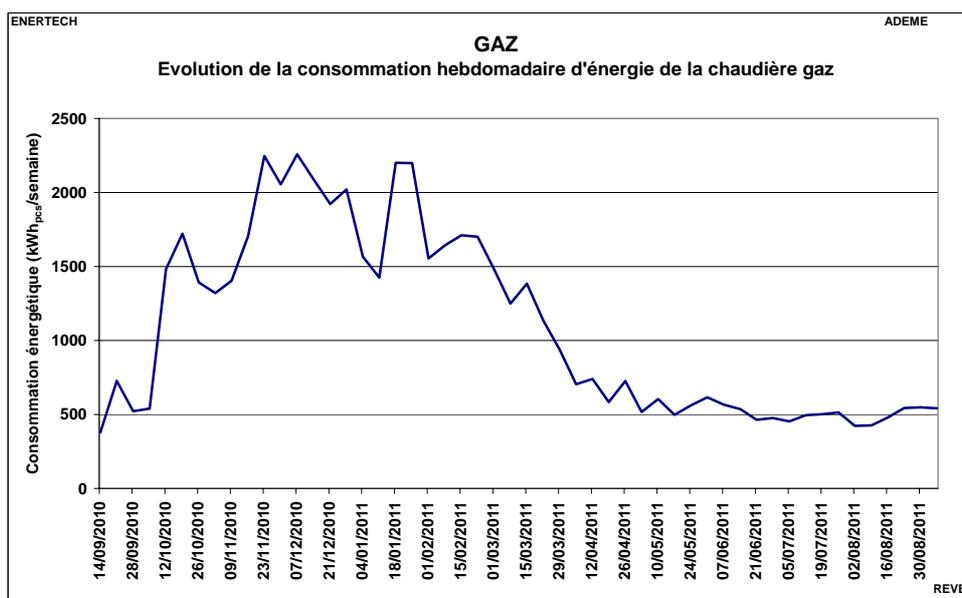


Figure 5.3.1 : Evolution hebdomadaire de la consommation globale (chauffage et ECS appoint)

En temps normal, on étudie la puissance fournie par la chaudière au moyen des compteurs de chaleur placés en sortie de celle-ci (analyse de la puissance utile fournie). Mais, comme on le verra dans ce qui suit, le compteur de chaleur du chauffage a été posé à l'envers et n'a donc jamais fonctionné. Afin de pouvoir néanmoins faire l'analyse des puissances appelées, nous avons donc utilisé le compteur gaz en amont de la chaudière, ce qui a conduit à une analyse en énergie finale et non en énergie utile. Il faudra donc réduire les valeurs obtenues de la valeur du rendement de génération (facteur 0,9 environ) pour avoir les puissances en énergie utile.

La puissance maximale ainsi observée (figure 5.3.2) vaut 61 kW au pas de temps de 10 minutes (soit 55 kW utile). Elle n'a été atteinte que 20 minutes dans l'année... Elle n'a aucune signification physique face à l'inertie des besoins globaux du bâtiment. En revanche, la valeur horaire maximale est beaucoup plus intéressante : elle est de 31 kW (moyenne horaire glissante), soit 28 kW utile. Plus de 98% du temps la puissance appelée (moyenne sur 10 minutes) est inférieure à 16 kW (14,4 kW utile), soit 22% de la puissance maximale installée.

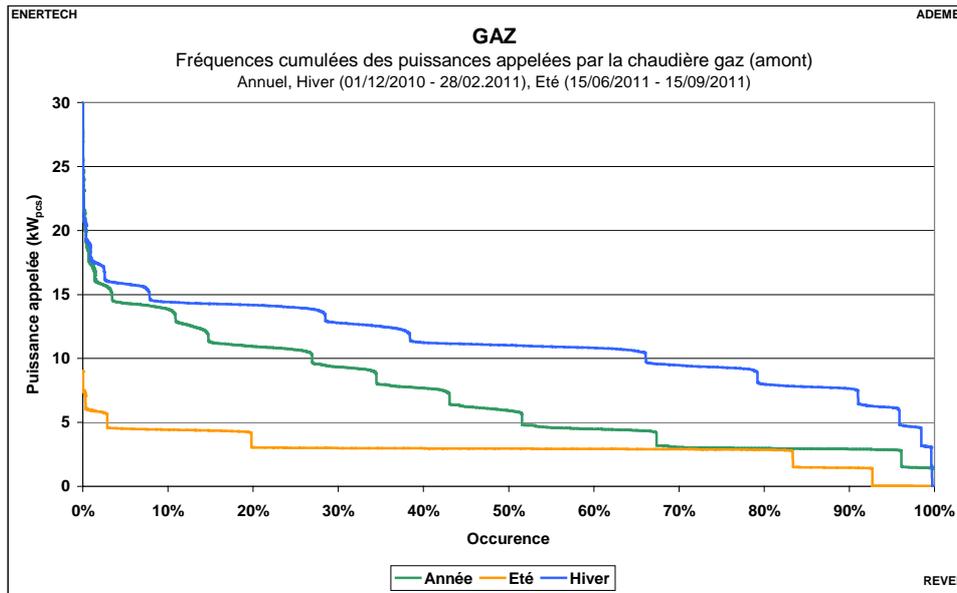


Figure 5.3.2 : Fréquences cumulées des puissances (moyenne à 10 minutes) de consommation globale (chauffage+ECS) en énergie finale (gaz)

5.3.2 Consommation utile de chauffage

On dispose de deux compteurs de chaleur pour les réseaux de chauffage et d'appoint ECS (énergie utile). Durant l'année 1, le compteur de chaleur pour le chauffage n'a pas fonctionné. En effet :

1- Son compteur volumétrique est monté à l'envers comme en atteste la photographie de la figure 5.3.3. L'indication du sens est pourtant bien indiquée sur le corps du compteur....

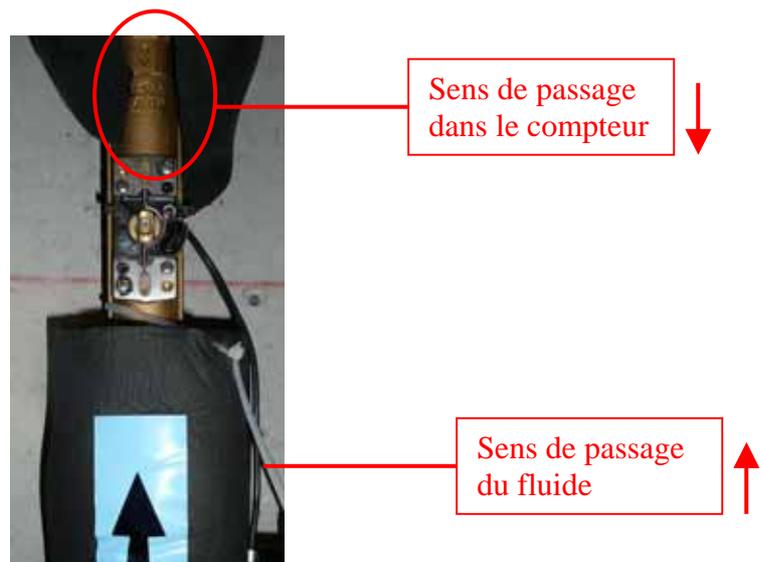


Figure 5.3.3 : Montage inversé du compteur volumétrique du compteur de chaleur

2- La sonde retour de ce compteur de chaleur est située après le départ bypass de la vanne 3 voies chauffage (voir schéma de la fig 5.1.1). Elle est donc placée de façon incorrecte, car elle devrait être au niveau du compteur lui-même. Ce faisant, elle est très influencée par la température retour du circuit de charge ECS (figure 5.1.1 et 5.3.4) d'une part, et si la vanne 3 voies se ferme totalement elle ne mesure plus du tout la température de retour chauffage d'autre part. Pour le vérifier, nous avons fait les tests suivants :

mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vanne A (cf figure 5.3.4)	Ouverte	Fermée	Fermée	Ouverte	Ouverte	Ouverte	Ouverte	Ouverte	Ouverte
Circulateur ECS	marche	marche	marche	Arrêt	Arrêt	marche	marche	marche	marche
T départ chauffage	40,2	39	37,5	39,9	40,5	40,2	40,7	40,6	41
T retour chauffage	67,9	43,7	40,5	35,8	38,9	45,7	52,8	55,7	65,2

On observe une indication correcte de la sonde de température retour chauffage uniquement lorsque le circulateur ECS est arrêté (mesures 4 et 5). Dans les autres cas, le compteur de chaleur, du fait du mauvais positionnement de la sonde, enregistre une température de retour supérieure à celle de départ !

Mais deux erreurs de conception semblent à la base de cette observation : d'une part le mauvais positionnement de la sonde, mais aussi l'absence de clapet anti retour sur le tronçon aval chauffage (en lieu et place de la sonde de température retour du compteur par exemple), ce qui permet en réalité une circulation d'eau du retour de l'appoint ECS (assez chaud) par le circuit chauffage qui court-circuite la chaudière, ce qui doit d'ailleurs aussi poser un problème à la production ECS. Cela explique les températures supérieures à 55 ou 60°C observées lorsque le circulateur ECS tourne et que la vanne A est ouverte, valeur que l'on ne trouve pas lorsque la vanne A est fermée, bien que le circulateur ECS tourne.



Figure 5.3.4 : Sonde de retour du circuit de chauffage

Pour avoir une mesure correcte de la consommation d'énergie de chauffage, il faut donc remettre le compteur volumétrique dans le bon sens, déplacer la sonde retour dans le piquage disponible avant le tronçon de bipasse de la vanne 3 voies (figure 5.3.5), et poser un clapet anti retour sur les retours chauffage et ECS avant leur piquage pour retour commun.



Figure 5.3.5: Photographie du positionnement correct de la sonde de température retour du compteur de chaleur chauffage.

5.4 Puissances utiles appelées

N'ayant pas de donnée au niveau du compteur de chaleur chauffage durant l'année 1, nous ne pouvons pas effectuer d'études sur les puissances utiles appelées.

5.5 Paramètres influant sur la consommation

5.5.1 Fonctionnement réel de la régulation centrale

La sonde de contact que nous avons placée sur le départ chauffage a été endommagée suite à une fuite dans la chaufferie. De plus nous n'avons pas mesuré la première année la température extérieure sur site. Nous ne sommes donc pas en mesure de tracer la loi d'eau effective. De plus, la nature de cette loi essentielle pour le bon fonctionnement et la performance de l'installation n'est pas décrite dans le CCTP ce qui est très regrettable pour la bonne conduite de l'installation.

Sur le graphique de la figure 5.5.1 nous avons représenté la loi d'eau à partir des données du début de la seconde année de mesures (du 07/10/2011 au 24/11/2011).

Cette loi est sensiblement calée sur un départ à 55 °C pour $T_{\text{ext}} = -10^{\circ}\text{C}$, et un départ à 22°C pour $T_{\text{ext}} = 20^{\circ}\text{C}$. Mais on ne sait pas à quoi comparer ces valeurs faute de précision.

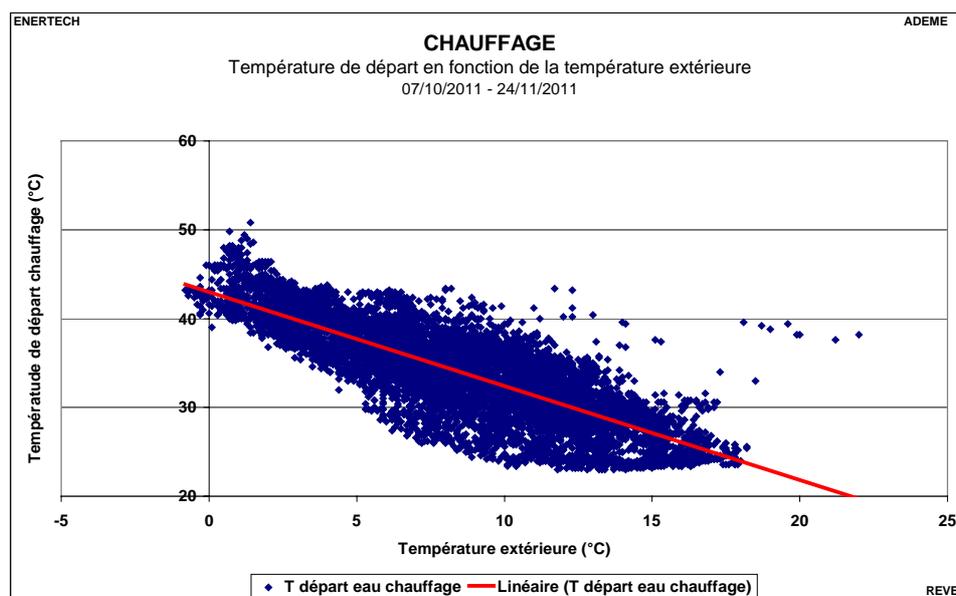


Figure 5.5.1: Loi de chauffe pratique de la chaudière gaz à condensation (année 2)

Nous avons relevé dans le régulateur la programmation suivante :

- Température de consigne jour : **20 °C**
- Température de consigne nuit : **20 °C**
- Plage jour : **de 6 h à 22 h**

Comme les températures de consigne jour et nuit sont identiques, la programmation d'un réduct de nuit entre 22 h et 6 h est inopérante. Cela n'est pas réellement un problème parce que les réduits deviennent de moins en moins intéressants dans des bâtiments très performants. L'inertie interne des bâtiments est généralement très élevée si bien que la température varie très peu durant la nuit.

5.5.2 Comportement des occupants

5.5.2.1 Ouverture des fenêtres

La figure 5.5.2 représente les durées journalières moyennes d'ouverture des fenêtres pendant la période la plus froide de l'hiver (01 décembre 2010 au 28 février 2011). Précisons que nos capteurs nous permettent seulement de savoir, au pas de temps de 10 minutes, si les fenêtres sont ouvertes ou non, mais nous ignorons l'importance de l'ouverture.

En moyenne les menuiseries suivies sont ouvertes 1 heure 24 minutes par jour sur la période la plus froide de l'année et 1 heure 44 minutes par jour pendant la saison de chauffe complète. Les durées d'ouvertures importantes s'observent essentiellement dans deux logements (chambre du logement 4 (plus de 7 h/j) et séjour du logement 1 (plus de 5 h/j)). Si on ne considère pas ces deux valeurs, la moyenne vaut 25 minutes par jour.

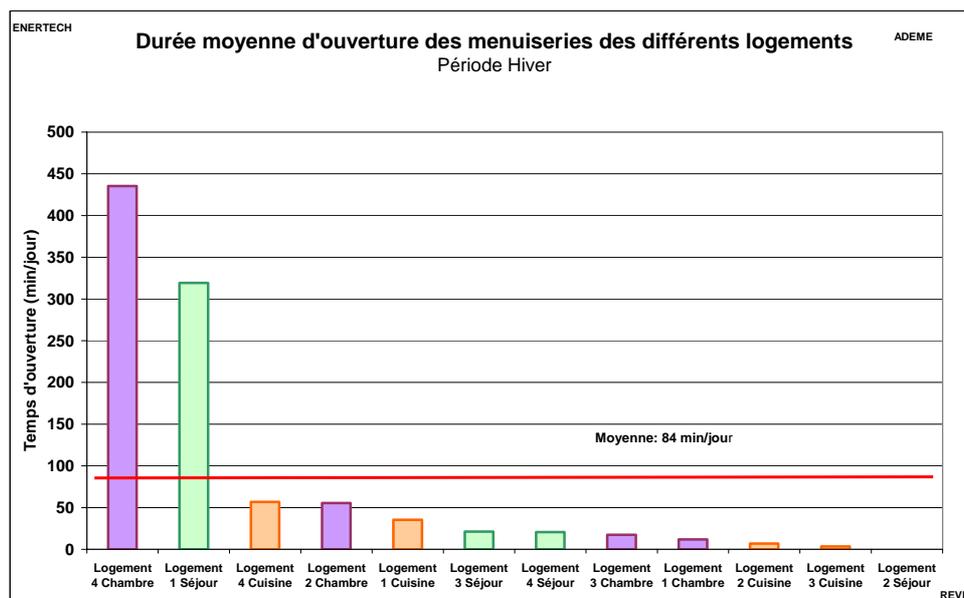


Figure 5.5.2: Durées moyennes d'ouverture des fenêtres des logements suivis

On entend très souvent dire qu'il n'est pas recommandé d'ouvrir les fenêtres dans un immeuble bénéficiant d'une ventilation double flux. Ceci est complètement faux. Il est parfaitement possible à tous les habitants d'ouvrir les fenêtres un quart d'heure par jour. Ceci permet de renouveler rapidement l'air d'une pièce, sans présenter d'inconvénients pour la consommation de chauffage. En revanche, si la fenêtre est ouverte pendant une durée plus importante, la qualité de l'air n'en est pas améliorée pour autant mais l'air sert de caloporteur et refroidit méthodiquement le bâtiment et ses structures. Cette situation dégrade considérablement la consommation de chauffage et elle doit être évitée à tout prix.

Il convient alors de bien sensibiliser les occupants sur le comportement à observer. On peut aussi rappeler qu'en cas de surchauffe, il faut commencer par baisser le thermostat avant d'ouvrir les fenêtres. Mais attention : les bâtiments très performants ont tellement d'inertie qu'une action sur le thermostat n'est visible que 24 heures après. Cela doit également faire partie des informations à fournir aux usagers.

5.5.2.2 Séchage du linge

Dans un logement, on trouve un sèche linge. La consommation électrique moyenne française d'un sèche linge vaut 408 kWh_{elec}/an. Dans tous les autres cas, le séchage du linge est réalisé par étendage dans le logement en hiver. L'impact énergétique du séchage du linge à l'air libre est important. En moyenne les Français font 242 cycles/an de lavage, avec en moyenne deux kilos et demi de linge sec générant 2,5 litres d'eau à évaporer. Sachant qu'il faut 1,7 kWh pour évaporer 2,5 kg d'eau, la surconsommation pendant la période de chauffe pour l'évaporation de l'eau est estimée à 254 kWh/an/logements soit des besoins en chaleur de 3,5 kWh/an/m²_{Shab}. Ramenés à la consommation d'énergie finale (hypothèses de rendement de régulation de 85 %, d'émission de 95% et de génération de 70 %), **le séchage du linge pèse 6,2 kWh_{ep}/an/m²_{Shab}** sur la consommation de chauffage.

5.5.2.3 Apports électrodomestiques

La consommation électrodomestique est aussi un déterminant important des consommations de chauffage. La nature de l'équipement, la manière de l'utiliser font partie des « comportements » de l'utilisateur susceptibles de modifier de manière significative les consommations de chauffage. L'arrêt ou le maintien en marche des appareils, la quantité de veilles sont des éléments sensibles.

La consommation électrique surfacique moyenne des logements **pendant la saison de chauffe** est de **20,9 kWh_{él}/m²_{Shab} avec des extremums de 15,6 et 28,4 kWh_{él}/m²_{Shab}**. Cette consommation est légèrement supérieure à la valeur moyenne nationale. En effet, la consommation moyenne annuelle dans les logements suivis vaut 27,7 kWh_{él}/m²_{Shab} alors que la moyenne nationale est de 25 kWh_{él}/m²_{Shab}.

La conséquence directe de cette légère « sur consommation » est une contribution un peu plus importante des apports internes au chauffage ou à l'élévation de température (si la régulation terminale n'est pas performante et ne permet pas de récupérer les apports internes).

CHAPITRE 6 : ETUDE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

6.1 Rappel des caractéristiques de l'installation et étude des dysfonctionnements

Sur la figure 6.1.1. nous reprenons le schéma de l'installation.

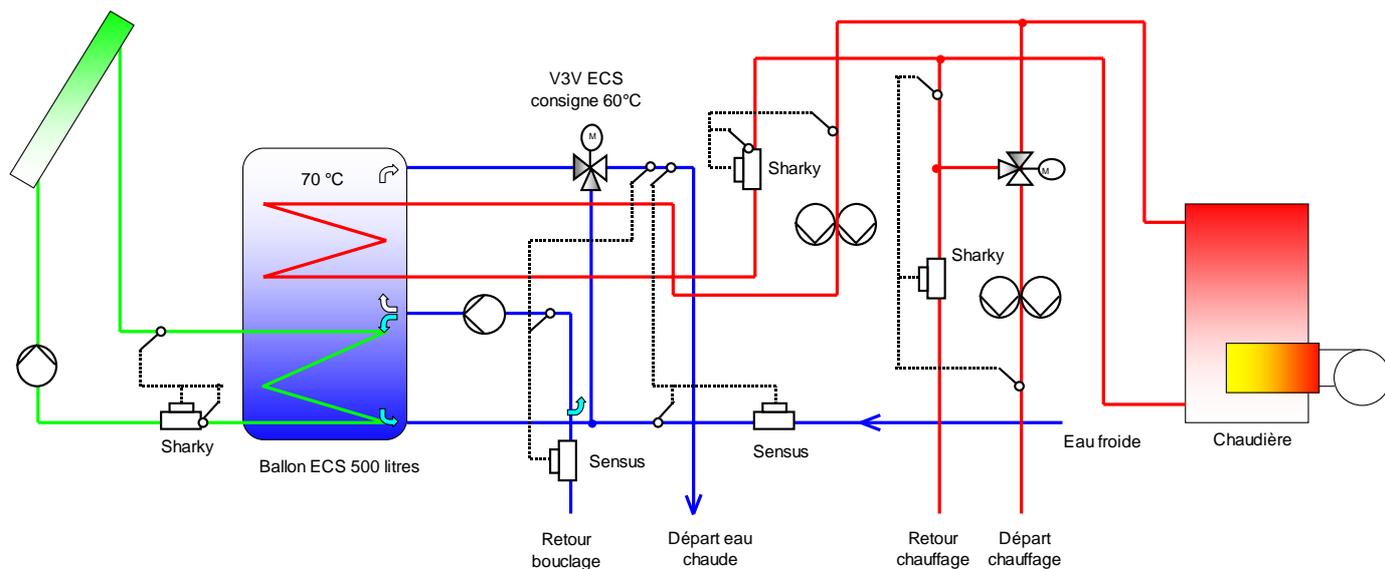


Figure 6.1.1: Représentation schématique de l'installation de production chauffage / ECS

On peut faire les commentaires suivants :

- 1- Les températures de consigne, à savoir ballon ECS 70°C et départ ECS 60°C, sont trop élevées. Cela génère des pertes très importantes, et il existe des risques de brûlure : elle doit être au maximum de 55°C, ce qui est en conformité avec la réglementation anti-légionellose.
- 2- Le volume de stockage ECS (500 litres : volume solaire : 320 litres / volume appoint : 180 litres) est trop faible. Ainsi comme on le voit sur le graphique de la figure 6.1.2 pour un jour type, lorsque les puisages sont importants la température de départ ECS chute (dans l'exemple à 17°C...).

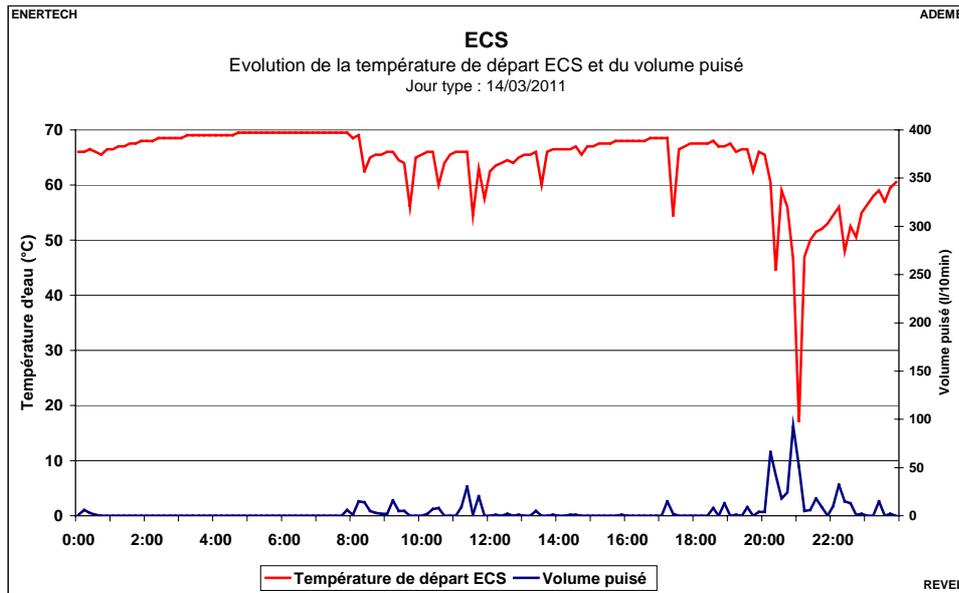


Figure 6.1.2 : Evolution de la température de départ ECS et du volume puisé – jour type : 14/03/2011

Sur le graphique de la figure 6.1.3 on a représenté la température minimale de départ ECS ainsi que le volume puisé pour chaque jour de l'année de mesures. Plus les puisages sont importants plus la chute de température de départ ECS est forte. La courbe n'est cependant pas linéaire : la chute varie en fonction de la production solaire et de l'importance des puisages simultanés.

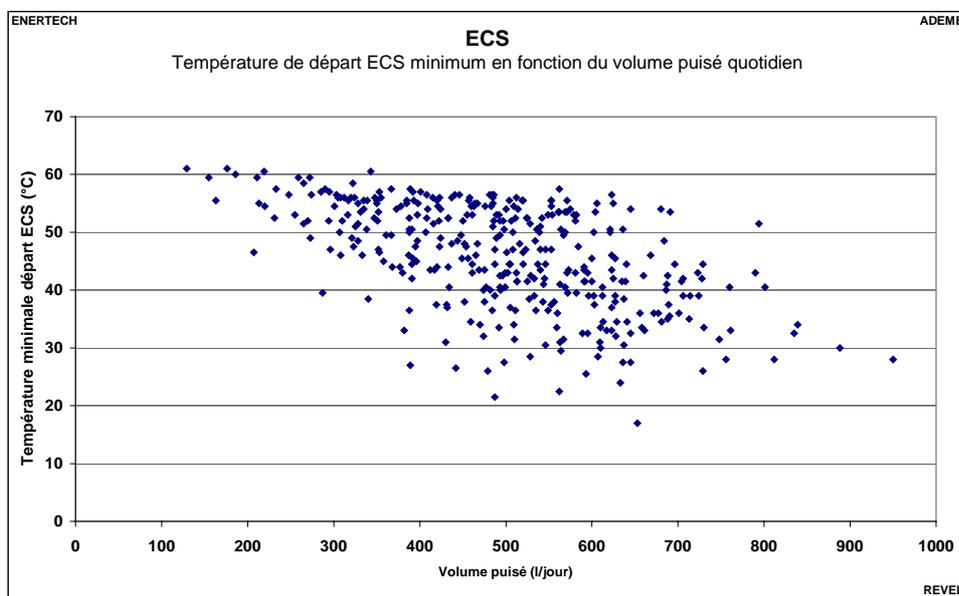


Figure 6.1.3 : Température de départ ECS minimum en fonction du volume puisé quotidien

Nous sommes donc fréquemment dans une situation de production d'ECS quasi instantanée (et non à accumulation) et l'échangeur n'est probablement pas dimensionné

pour délivrer une puissance suffisante. Il paraît donc nécessaire de recalculer le volume de stockage nécessaire et d'ajouter un ballon supplémentaire.

- 3- Il manque une liaison hydraulique entre le retour de boucle (entre la pompe et le ballon) et l'arrivée froide de la vanne trois voies ECS. De ce fait, dans une installation traditionnelle, en l'absence de soutirage, la vanne trois voies veut mitiger mais il n'y a pas d'eau arrivant sur le tronçon eau froide de la vanne trois voies. Le départ est momentanément à la température du ballon (70°C...) puis finalement la vanne va totalement se fermer n'autorisant plus de circulation dans le bouclage, jusqu'à ce qu'un soutirage vienne débloquent la situation. En l'état, une fois la vanne fermée, la température va chuter de manière inexorable. Si personne ne soutire d'eau pendant plusieurs heures (la nuit), voire plus longtemps, la température peut descendre à une valeur proche de celle de la température ambiante en chaufferie.

Quand la liaison hydraulique existe entre le retour de boucle et l'arrivée froide, si la consigne est par exemple à 55 °C, que le retour bouclage est à 50 °C et que la température de consigne du ballon est à 70 °C, la vanne trois voies va mélanger 75 % du débit à 50°C et 25 % du débit à 70 °C pour faire 100 % à 55 °C. Elle se ré-ouvre donc effectivement coté froid.

Mais l'installation présente n'est pas tout à fait traditionnelle en ce sens que le ballon est un ballon mixte solaire et appoint. Et comme il manque là aussi un clapet anti-retour interdisant à l'eau du bouclage ECS de ressortir par l'arrivée d'eau froide (en l'absence de soutirage), la vanne trois voies de mitigeage du départ ECS est alimenté par l'eau du bas du ballon solaire (voir alinéa 3 ci-dessous), lequel est lui même alimenté par l'eau chaude du retour de boucle ! D'où deux conséquences : l'eau de départ ECS est bien mitigée et les problèmes évoqués précédemment n'ont pas lieu, mais la partie eau chaude solaire du ballon est remplie d'eau chaude de la boucle (à une température beaucoup plus élevée) et le chauffe eau solaire est donc incapable de fonctionner correctement. C'est bien ce que fait apparaître la figure 6.1.4 sur laquelle on observe que 83% du temps la température de départ ECS est supérieure à 60°C et 7% de l'année elle est supérieure à 70°C ! Les risques de brûlures sont donc majeurs.

Le tronçon manquant doit donc être rajouté d'urgence. Signalons qu'il faut alors aussi prévoir un clapet anti retour sur l'alimentation eau froide, en amont du nouveau piquage, afin que l'eau chaude du retour de boucle ne puisse pas revenir dans le bas du ballon ECS par le réseau eau froide, et à la place de l'eau froide ! Mais ce qui suit montre que cela ne suffira pas.

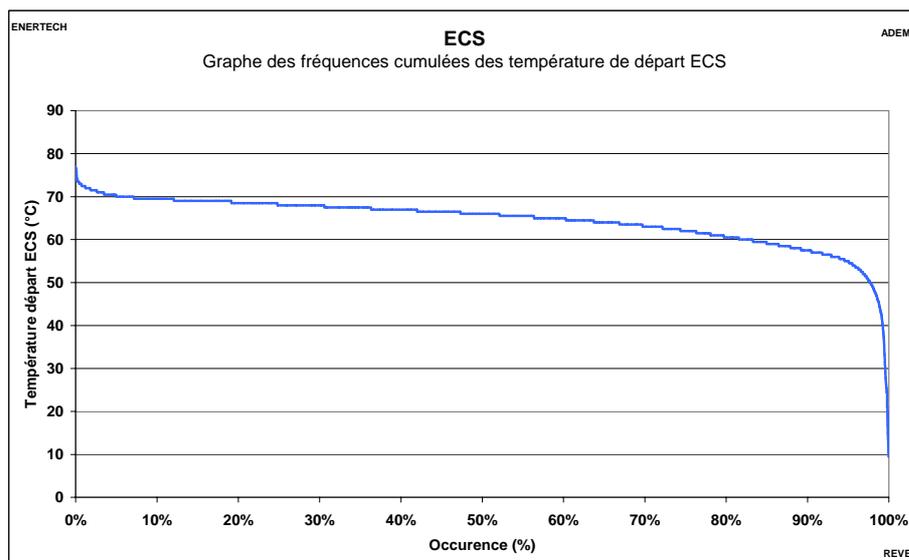


Figure 6.1.4: Fréquences cumulées des températures de départ ECS

- 4- Des mesures ponctuelles en bas de ballon montrent qu'en l'absence de soutirage, on observe une circulation parasite (représentée sur le schéma de la figure 6.1.1 par les flèches ). Ainsi, la vanne 3 voies, dont la consigne est de 60 °C, mélange de l'eau chaude à 70 °C provenant du ballon de stockage avec de l'eau de retour du bouclage. Il n'y a donc plus de stratification dans le ballon (le bas est toujours à environ 60°C), le circuit solaire fonctionne peu et avec un rendement dégradé.

Pour que l'installation fonctionne correctement, outre les travaux précédemment décrits, il faudrait encore rajouter un clapet anti-retour sur l'alimentation eau froide en bas du ballon de façon à interdire une circulation d'eau en sens contraire (passage d'eau chaude sortant du ballon).

- 5- A l'exception du premier mois de mesure la pompe de charge ECS appoint a fonctionné en continu. Il peut y avoir deux explications : soit la pompe a été mise en marche forcée ou la consigne de température ECS est trop élevée et elle n'est jamais atteinte. Ceci génère d'importantes pertes inutiles de chaleur, mais conduit surtout à une surconsommation d'électricité importante en chaufferie. Par ailleurs, l'une des conséquences est que pendant la majorité du temps, l'écart de température entre le départ et le retour de ce circuit est très faible (moins d'un degré), ce qui est normal puisque la pompe tourne inutilement sans qu'il y ait un besoin. L'énergie consommée n'est donc pas totalement comptabilisée par le compteur de chaleur. Ainsi le fabricant indique qu'il faut un écart de température d'au moins 3 degrés pour que le comptage soit effectif. Le fait que cette pompe de charge tourne en permanence n'a donc que des inconvénients : pertes de chaleur accrues, consommation d'électricité très élevée, et impossibilité d'effectuer un comptage dans les périodes de petites demandes compensant les petits puisages ou les pertes de chaleur du ballon.
- 6- La température de retour à la chaudière qui résulte du mélange du retour ECS à température élevée (la pompe fonctionne en continu à un débit élevé) avec le retour chauffage à basse température est en moyenne sur l'année de 71°C. On est seulement 1% du temps en dessous de 40°C (3% en dessous de 50°C) ; la chaudière

ne condense donc pratiquement jamais (figure 6.1.5). Il ne servait donc à rien d'en poser une....

Pour améliorer cette situation, il faudrait impérativement asservir le fonctionnement de la pompe d'appoint ECS à la température dans le ballon : enclenchement par exemple lorsque la température du ballon atteint 55°C, déclenchement lorsqu'elle atteint 60°C. A ce moment là, en l'absence de fonctionnement de cette pompe (environ 4700 h/an), le retour à la chaudière serait à la température du retour chauffage, donc bas, et il y aurait condensation.

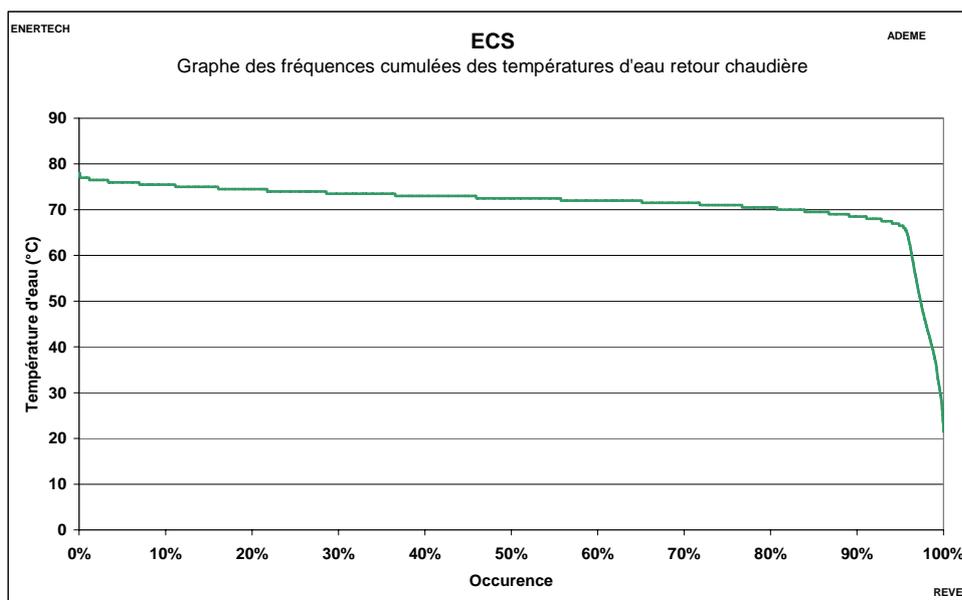


Figure 6.1.5: Fréquences cumulées des températures de retour à la chaudière

- 7- Deux compteurs de chaleur Sensus ont été installés, par INES Education, en fin de première année afin de mesurer :
- La totalité de l'énergie (solaire et appoint) envoyé dans l'installation ECS
 - La quantité de chaleur perdue par la boucle
- L'analyse des ces données sera incluse dans le rapport de deuxième année.

6.2 Consommation annuelle

6.2.1 Production solaire

Le compteur de chaleur solaire placé côté primaire de l'installation (car avec un ballon mixte solaire/appoint il est impossible de mesurer les apports solaires en sortie ballon), indique une production annuelle de 983 kWh soit **2,0 kWh/m²_{Shab}/an** ou **82 kWh/m² de capteurs** (correction faite du rapport approximatif -0,91- de la chaleur massique du fluide antigel par rapport à celle de l'eau, le compteur n'étant pas étalonné pour du glycol). Ce résultat est très médiocre, notamment si on compare à la valeur prévue dans le CCTP (466kWh/m² de capteurs). Cela peut provenir du dysfonctionnement décrit dans le paragraphe 6.1 (réchauffage du bas du ballon par la circulation parasite).

Lors d'une visite où l'installation solaire fonctionnait nous avons relevé un débit de 240 l/h, soit 20 l/h.m² de capteurs ce qui paraît faible. D'ailleurs, le débit théorique prévu par le CCTP est de 600l/h. Or le circulateur est actuellement en vitesse 3, on ne peut donc pas augmenter ce débit. Il faudra s'assurer, une fois que la circulation parasite réchauffant le bas du ballon aura été supprimée, que ce sous-dimensionnement ne nuit pas aux performances de l'installation solaire.

6.2.2 Appoint ECS

Comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe 6.1 le fonctionnement continu de la pompe de charge appoint ECS fait que l'écart entre le départ et le retour de ce circuit n'est pas suffisant pour pouvoir mesurer la consommation d'énergie. En effet, on constate sur la figure 6.2.2 que plus de 80% du temps, le ΔT est inférieur à 3°C. En premier lieu, et malgré le mode de fonctionnement permanent, cela dénote surtout un débit bien trop élevé de cette pompe qui pourrait travailler avec de plus faibles vitesses et donc aussi de plus faibles consommations électriques.

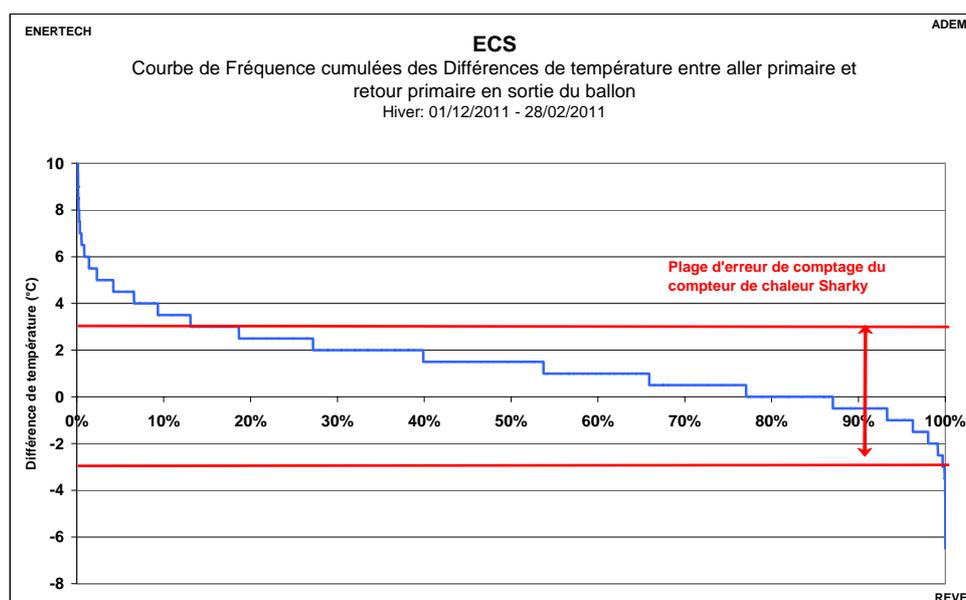


Figure 6.2.1 : Fréquences cumulées de la différence de température entre aller et retour primaire ECS

6.3 Etude des puisages

6.3.1 Volume annuel puisé

Il est intéressant de rapporter les résultats observés dans la présente étude, à un niveau de température standard qui permet de les comparer avec les valeurs couramment utilisées dans le dimensionnement des installations et les méthodes réglementaires.

On a donc rapporté les volumes mesurés à la température de référence de 55°C. On s'appuie pour cela sur les températures d'eau froide et de départ d'eau chaude mesurées.

La consommation totale annuelle volumétrique d'ECS est de 180,9 m³ à une température moyenne de départ (au moment des puisages) de 60,1°C soit 208,7 m³ à 55°C pour l'année de suivi. Cette consommation conduit à une valeur de 29,8 m³/an/logement (à 55°C) ou encore **81,7 litres/jour/logement à 55°C**, ou encore **1,17 litres/jour/m²_{Shab} à 55°C**. Comme il y a 21 personnes dans le bâtiment, on peut aussi en déduire que la consommation observée est de **27,2 litres d'eau chaude à 55°C/pers/j**.

Dans les calculs effectués à la conception dans le CCTP, il était prévu 35 litres d'eau chaude à 55°C/pers/j soit 730 litres par jour alors qu'en réalité, ce sont seulement 571 litres par jour qui ont été consommés, soit une surestimation de 27%. On voit cependant sur le graphique de la figure 6.3.1 qu'il s'agit du bâtiment de logements sociaux parmi l'échantillon suivi récemment dans lequel les consommations sont les plus faibles.

Au regard des autres campagnes de mesures effectuées, il semble donc incontestable qu'on est en présence d'une surestimation récurrente des besoins d'eau chaude sanitaire. Il est difficile de dire si l'écart constaté aujourd'hui entre la mesure et la théorie a pour origine une certaine sobriété des utilisateurs, la mise en œuvre effective de matériels hydro économes, ou une erreur d'évaluation dans la méthode d'estimation des besoins.

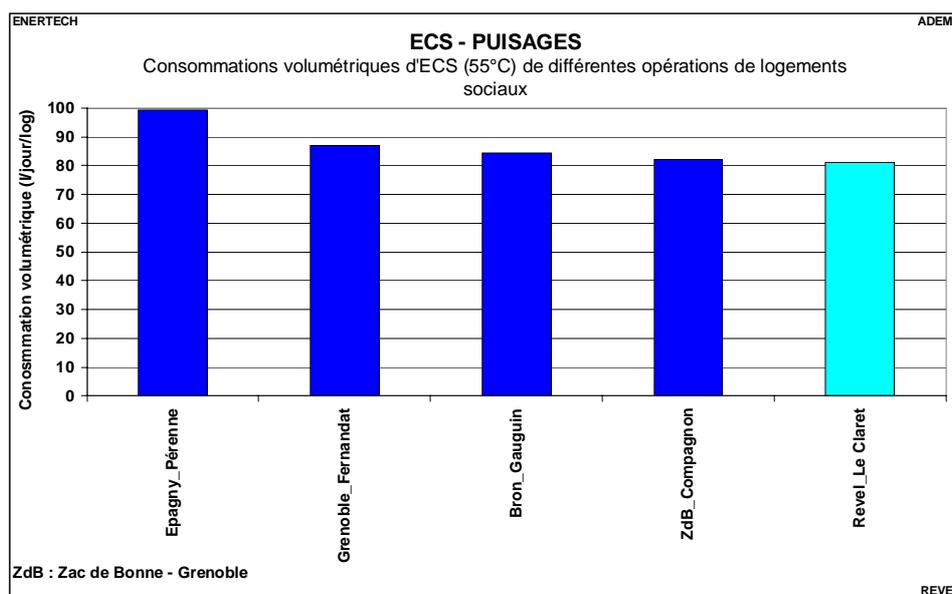


Figure 6.3.1: Comparaison des consommations volumétriques d'eau chaude sanitaire (ramenées à 55°C) pour différentes opérations ayant fait l'objet de campagnes de mesures

Le tableau qui suit compare les débits mesurés (en litres/min) aux différents points de puisage avec les objectifs assignés. On constate que des limiteurs de débit n'ont été installés systématiquement que sur les douches. Le suivi de chantier doit normalement servir à vérifier ces débits, car beaucoup de professionnels ne savent pas encore aujourd'hui ce qu'est exactement un limiteur de débit qu'ils confondent avec des mousseurs....En effet ces derniers ne procurent pas d'économies contrairement aux limiteurs auto-régulés qui sont équipés d'un réducteur de débit qui permettent de diviser par plus de deux la consommation d'eau et ce quelle que soit la pression.

En changeant les équipements mis à tort en place sur cette opération, on devrait pouvoir réduire de façon importante les consommations d'eau chaude sanitaire.

	Douche	Evier cuisine	Lavabo Salle de bains
Objectif	7	6	4,5
Logement 1	6	9	13
Logement 2	9	13	8
Logement 3	7.2	10	9
Logement 4	9.6	7	7

Figure 6.3.2 Comparaison des débits de puisage d'eau chaude sanitaire visés et mesurés sur les divers points de puisage

6.3.2 Débits de puisage

6.3.2.1 Débits de puisage mesurés

La figure 6.3.3 représente les courbes de fréquences cumulées des puisages d'ECS à 55°C au pas de temps de 10 minutes et au pas de temps horaire. On remarque que le débit maximal à 10 minutes est de 185,2 litres à 55°C soit **26,4 litres/10min/logement** ou encore 8,8 litres/10min/personne. Cette valeur a été atteinte 1 fois au cours de l'année.

Si on raisonne au pas de temps horaire (en additionnant les volumes puisés au cours d'une heure grâce à une somme glissante), la valeur maximale atteinte est de 343 litres/heure (le 18/02/2010) à 55°C soit **49 litres/heure/logement**, ou encore 16,3 litres/h/personne à 55°C (pour 21 personnes).

Les débits **maximaux** observés pendant 99% du temps sur une année sont respectivement de 60 litres en 10 minutes et 143 litres en une heure. Soit respectivement 32% de la pointe annuelle à 10 minutes et 42% de la pointe annuelle à l'heure. Or 1% du temps représente en moyenne 14 minutes par jour. Compte tenu de l'inertie du volume de stockage, il est parfaitement admissible de considérer les débits atteints pendant 99% du temps comme élément de dimensionnement plutôt que les débits extrêmes atteints au cours d'une année car cela conduit à une optimisation des équipements de production d'eau chaude sanitaire se traduisant par une réduction très sensible des volumes de stockage mais surtout des puissances de chauffage installées. Ceci a également pour conséquence une réduction des coûts des installations.

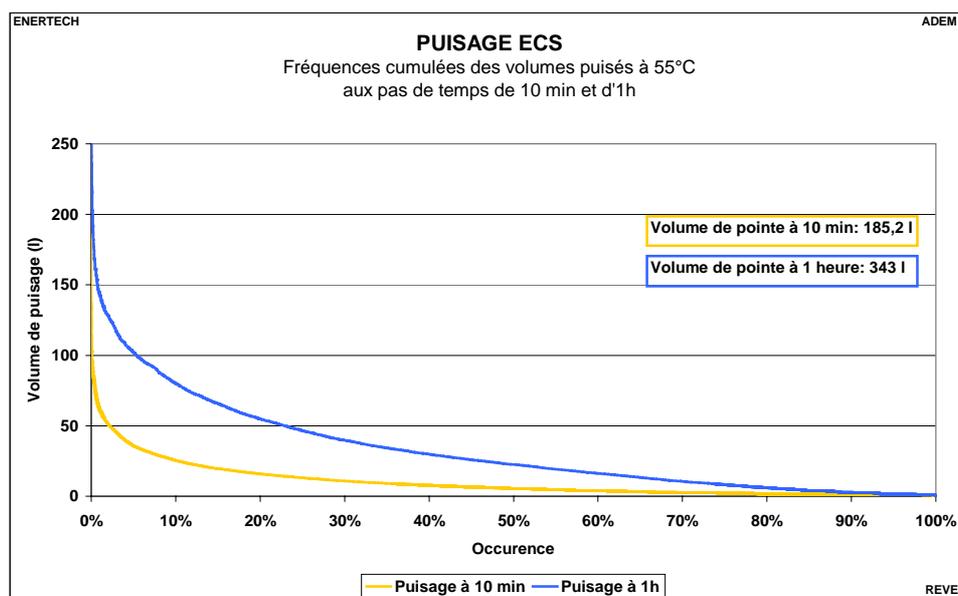


Figure 6.3.3 : Fréquences cumulées des volumes d'ECS puisés à 55°C

6.3.2.2 Comparaison des débits de puisage mesurés et calculés

Le dimensionnement d'une installation ECS, et en particulier des équipements de production et de stockage, s'effectue à partir de l'évaluation théorique des débits de pointe sur 10 minutes et sur une heure. C'est un calcul statistique reposant sur la probabilité de puisages simultanés dans l'ensemble des logements desservis. Dans le cas de cette installation, les données théoriques de débit de pointe ne sont pas indiquées dans le CCTP. Nous les avons donc recalculés.

Le débit de pointe théorique à 10 minutes est de 200 l à 55°C. Lors de la campagne de mesures, on a mesuré un débit de pointe pendant 10 minutes de 185 l à 55°C soit **8% de moins que le calcul théorique**. Encore faut-il préciser que ceci concerne un événement unique au cours de l'année. Si on se préoccupait du débit à 10 minutes maximum observé pendant 99% de l'année, la valeur serait de 60 litres et le facteur de réduction, par rapport au débit théorique, de 3,3 fois moins.

Quant au débit horaire théorique, il est de 490 l/h à 55°C. Or on a mesuré un débit de 343 litres à 55°C soit **0,7 fois moins**.

Les débits théoriques sont certes supérieurs aux valeurs réellement atteintes. Cependant l'écart est faible en comparaison des résultats obtenus lors de récentes campagnes de mesures où on observe un facteur de près de 3 entre la mesure et la théorie. Le bâtiment étudié ici présente des débits de pointe très importants. Peut-être est-ce dû à l'absence des matériels hydro-économiques (limiteurs de débit), mais c'est peut-être plus probablement dû à une configuration dans laquelle il y a peu de logements, et où le foisonnement n'est pas très important, notamment parce que par le fait du hasard, il se trouve peut-être que tous les occupants utilisent la douche exactement aux mêmes heures chaque jour.

6.3.3 Evolution des puisages au cours du temps

On vérifie que les besoins d'eau chaude sont globalement moindres dans les mois d'été et maximum en hiver. On peut entre autre distinguer de manière nette les périodes de vacances (notamment lors de la période de Noël et la première quinzaine d'août) montrant ainsi la variabilité de l'usage. Mais les résultats d'un seul bâtiment ne peuvent pas être généralisables parce qu'ils dépendent trop de la manière particulière dont les gens vivent, travaillent, et prennent leurs vacances.

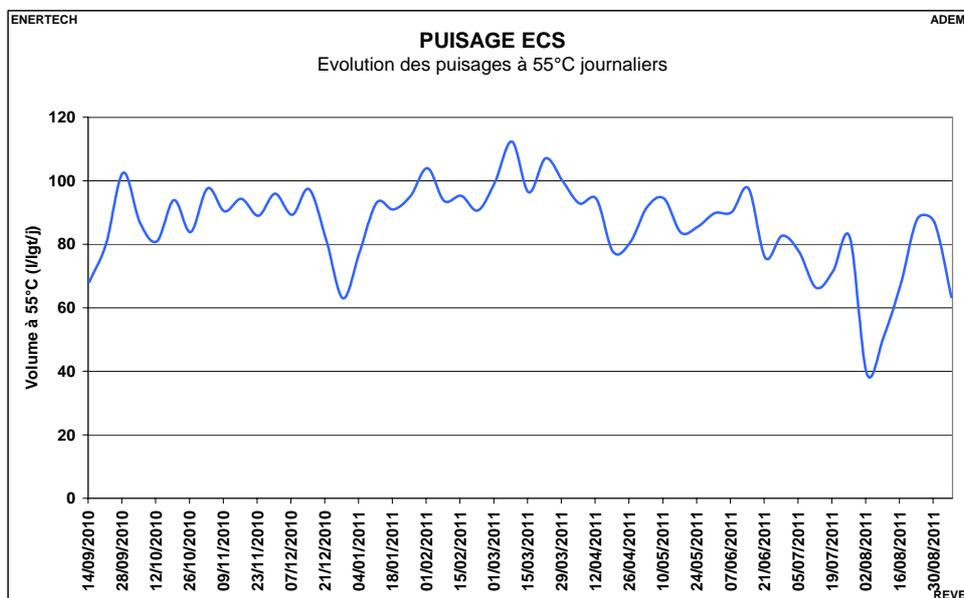


Figure 6.3.4 : Evolution des puisages d'ECS journalière en moyenne hebdomadaire

6.3.4 Etudes des températures de départ et de retour d'ECS solaire

L'évolution des températures de départ solaire (correspondant à la température en sortie des capteurs solaires et donc en entrée ECS solaire du ballon) et de retour solaire (correspondant à l'entrée des capteurs solaires et donc à la sortie ECS solaire du ballon, située en bas de ballon) fait apparaître des périodes de fonctionnement anormal. Ces grandeurs sont représentées sur le graphique de la figure 6.3.5.

Entre le 13 février et le 13 avril 2011, la vitesse de la pompe de circulation a augmenté ce qui aurait dû en principe améliorer le rendement des capteurs solaires. Or, on constate durant cette période que la production de chaleur est nulle (pas de consommation mesurée par le compteur de chaleur) ce qui peut s'expliquer par un manque de purge du circuit (bulle d'air en haut du capteur).

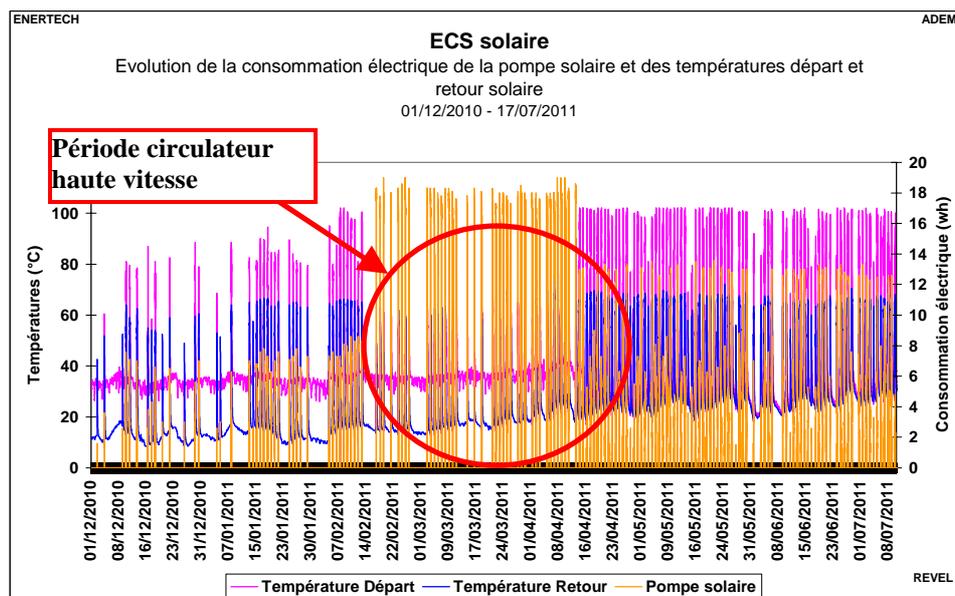


Figure 6.3.5 : Evolution des températures départ et retour solaire d'ECS solaire

D'autre part, on observe tout au long de l'année le dysfonctionnement décrit dans le paragraphe 6.1, à savoir une circulation parasite entraînant une déstratification et donc une température élevée en bas de ballon. Le système solaire travaille alors à haute température, plage de fonctionnement où le rendement est le plus faible. Un tel fonctionnement est peu productif et ce notamment pour la période hivernale. De plus, la pompe solaire n'est mise en marche que si la température en sortie de capteur dépasse la température en bas du ballon de stockage. Si cette dernière a une valeur élevée, le capteur mettra plus de temps pour dépasser la consigne, d'où un démarrage retardé.

CHAPITRE 7 : ELECTRICITE DES SERVICES GENERAUX

7.1 Production photovoltaïque

Le bâtiment est équipé de 54m² de panneaux photovoltaïques (type PV Siliken SLK60P6L de puissance unitaire 220Wc), soit un total de 7,3kWc intégrés à la toiture. Cependant, l'installation n'a toujours pas été raccordée par ErDF et ne produit donc pas. Nous voudrions souligner ici le caractère scandaleux de ces installations non raccordées souvent plusieurs années après la fin des travaux. Cette situation est inacceptable et dénote malheureusement une mauvaise volonté qui devient une « marque de fabrique ». Il est vraiment temps que les choses changent à l'heure où l'Europe s'engage résolument dans la voie des énergies renouvelables.

7.2 Consommation globale

La consommation électrique totale des services généraux est de 3 245 kWh_{él}/an soit **6,7 kWh_{él}/an/m²_{Shab}** ou encore **463 kWh_{él}/an/logement**.

Ce résultat est bien inférieur aux valeurs observées lors de récentes campagnes de mesures (cf. graphique de la figure 7.2.1) et à la moyenne du parc HLM français (700 kWh/logt/an). Il fait partie des consommations les plus basses observées à ce jour dans des bâtiments récents dotés d'un équipement électrique important (chaufferie collective, éclairage de secours, etc.), et notamment de ventilation mécanique double flux. Cependant, on a vu précédemment que cette dernière ne fonctionne pas correctement ce qui explique en grande partie ce résultat. D'autres part l'accès aux logements se fait par coursives extérieures. Il n'y a donc pas de consommation d'éclairage de parties communes (escaliers, halls, circulations), ni d'ascenseur. Il n'y a pas non plus de parking souterrain.

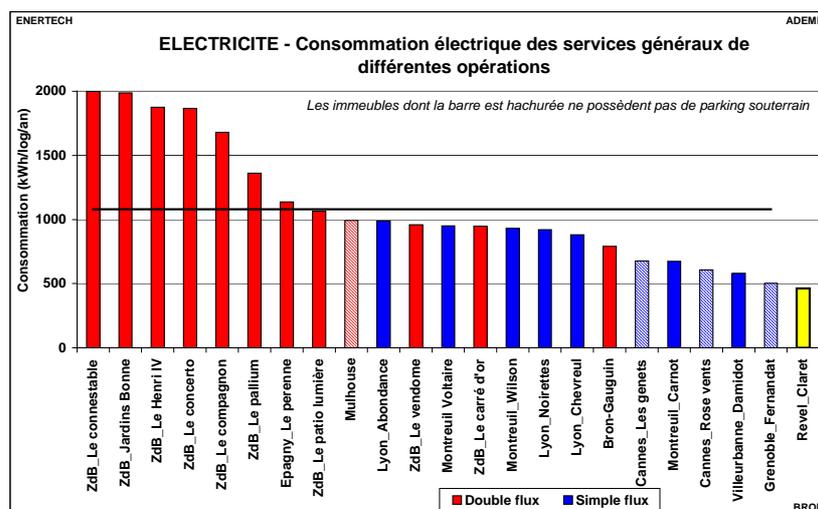


Figure 7.2.1: Consommations électriques comparées des services généraux de différents bâtiments récents (en kWh_{él}/an/logement)

La figure 7.2.2 donne la répartition des consommations électriques des services généraux par poste. On remarque que la chaufferie et la ventilation (malgré son dysfonctionnement) sont les principaux usages avec respectivement 2247 kWh/an (69 %) et 424 kWh/an (13 %). Le poste éclairage extérieur vient en troisième position avec 210 kWh/an (7%).

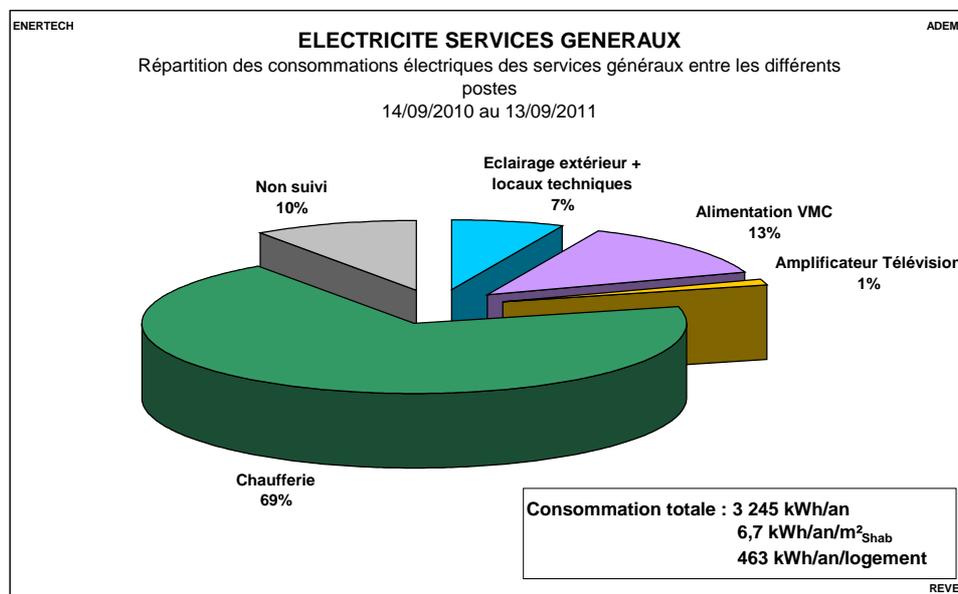


Figure 7.2.2: Répartition par postes des consommations des services généraux

7.3 Evolution de la consommation au cours du temps

La figure 7.3.1 représente l'évolution mensuelle des consommations moyennes journalières des services généraux. On remarque qu'en hiver la consommation est relativement stable à environ 8.5 kWh/jour, et qu'elle baisse un peu en été, à environ 7 kWh/jour (à l'exception du poste « non suivi »). L'écart entre l'été et l'hiver est faible ce qui est étonnant car, la chaufferie étant le poste principal, les charges d'été se résument à la production d'eau chaude sanitaire.

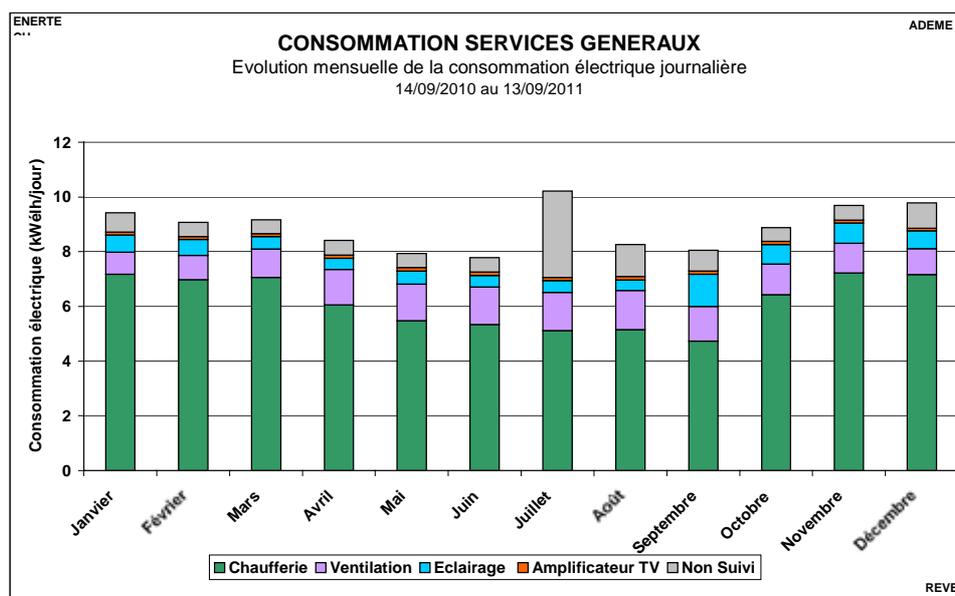


Figure 7.3.1 : Evolution de la consommation électrique des services généraux au cours de l'année de suivi (en kWh/jour)

La figure 7.3.2 représente la structure de la courbe de charge journalière moyenne des services généraux.

Les consommations sont relativement stables au cours d'une journée ce qui n'est, énergétiquement parlant, pas réellement bon signe car l'usage du logement est normalement variable. En effet, on peut remarquer que durant la nuit (typiquement, entre 1 h et 5h du matin, au moment où *a priori* les activités des usagers sont minimales), on n'observe aucune réduction franche de la consommation. On observe un « talon » important (1,7 kW à 4 heures) dû essentiellement à la chaufferie mais aussi à la VMC et à l'éclairage extérieur. On peut d'ailleurs se demander pourquoi ce dernier n'est pas nul (ou presque) au milieu de la nuit.

On ne remarque pas de baisse de consommation significative en chaufferie durant la nuit alors que l'on pourrait s'attendre à une diminution due à la non utilisation d'ECS. En effet, on verra par la suite que la production ECS, dont la consommation d'électricité associée (pompes, chaudière) devrait être très faible la nuit, fonctionne en continu.

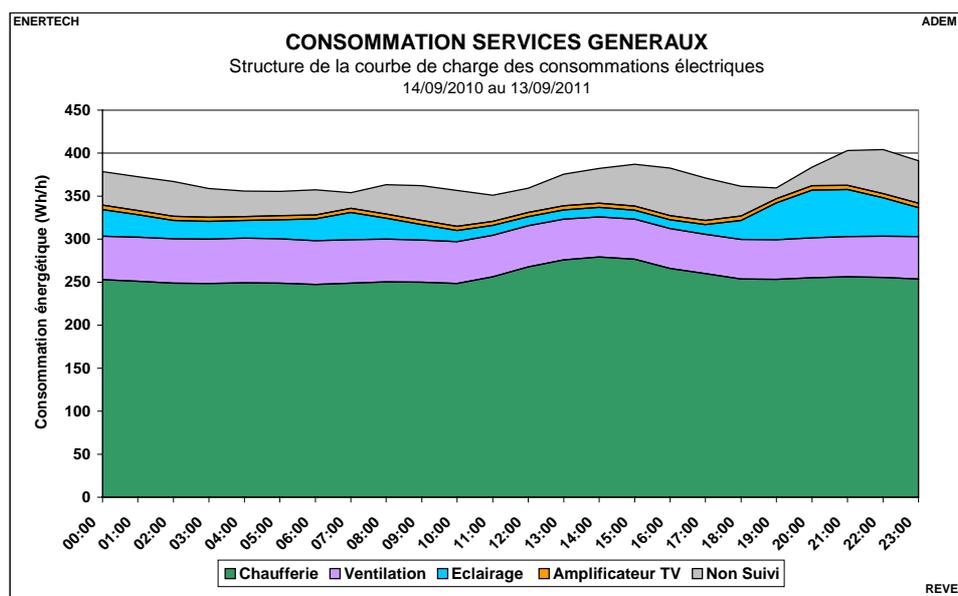


Figure 7.3.2 : Structure de la courbe de charge journalière moyenne des services généraux

7.4 Etude des usages

7.4.1 Chauffage

Les différents usages consommant de l'électricité dans la chaufferie sont :

- La pompe double de chauffage (instrumentée),
- La pompe double ECS appoint (instrumentée),
- La pompe de bouclage ECS (instrumentée),
- La pompe du circuit solaire (instrumentée)
- La chaudière (instrumentée),
- Un traçage électrique pour la mise hors gel des canalisations d'eau froide,
- La régulation : régulation de chauffage, contacteurs...

La consommation annuelle de la chaufferie est de 2247 kWh/an soit **4,6 kWh/an/m²_{Shab}** ou encore **321 kWh/an/logement**.

A titre de comparaison, la chaufferie de l'immeuble « rue Damidot » à Villeurbanne (17 logements sociaux), en tout point comparable avec celle-ci (condensation, solaire, etc) ne consomme que 153 kWh/an/logement soit deux fois moins. En faisant le ratio entre la consommation électrique de la chaufferie et la consommation d'énergie primaire (gaz) qu'elle transforme, on constate un écart du simple au double entre les deux bâtiments avec **39,7 kWh_{élec}/MWh_{ep}** pour l'opération de Revel et **19,8 kWh_{élec}/MWh_{ep}** pour l'opération Damidot. L'installation ne semble pas donc pas très optimisée.

La figure 7.4.1 représente la structure de la consommation d'électricité de la chaufferie.

C'est la pompe de bouclage ECS qui a la consommation la plus importante avec 917 kWh_{élec}/an (40 %), soit 131 kWh_{élec}/an/logt !!! A titre de comparaison, dans un immeuble

collectif de 22 logements sociaux (donc *a priori* moins favorable à cause de la taille) en région lyonnaise, la pompe de bouclage ECS ne consomme que 339 kWh_{élec}/an (22 logements), soit 15,4 kWh_{élec}/an/logt, c'est à dire 8,5 fois moins !!!!

Cette pompe possède 3 vitesses mais est déjà réglée en vitesse minimum (vitesse 1), on ne peut donc pas réduire sa puissance, à moins de la changer.

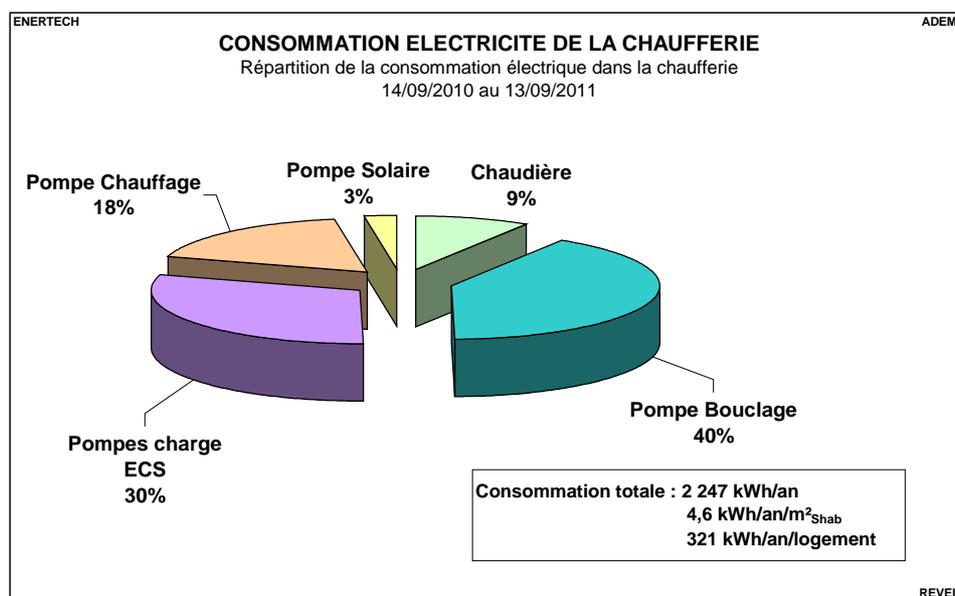


Figure 7.4.1 : Répartition de la consommation de la chaufferie entre les différents auxiliaires

On est aussi frappé par le poids de la pompe de charge ECS (mais on a vu qu'elle fonctionnait en permanence ce qui avait de gros inconvénients par ailleurs), et par le niveau de consommation très faible de la pompe solaire (65 kWh/an) attestant probablement d'un fonctionnement très intermittent tout à fait anormal mais dû assurément au réchauffage du ballon solaire par le retour de boucle, ce qui interdit évidemment le recours à la partie solaire.

On a représenté sur la figure 7.4.2 la structure de la courbe de charge journalière moyenne du 01/12/2010 au 28/02/2011 des postes de consommation de la chaufferie.

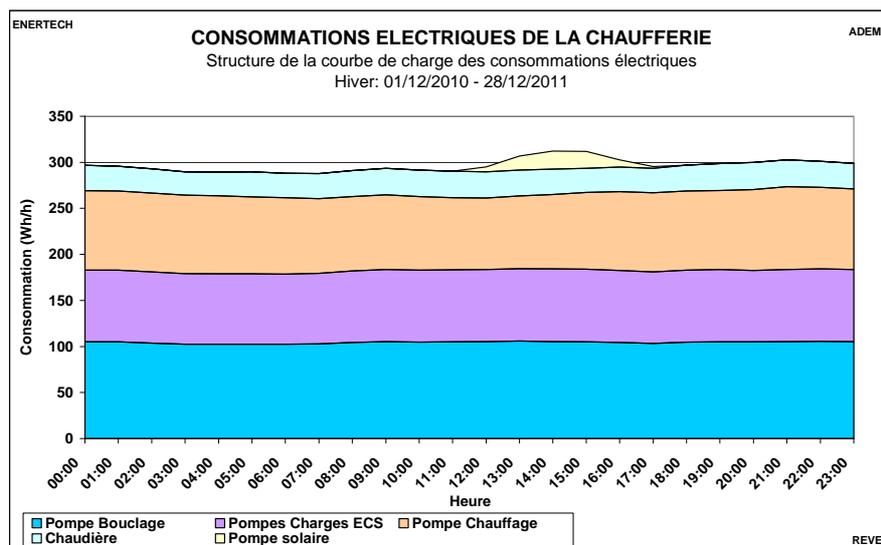


Figure 7.4.2 : Structure de la courbe de charge de la chaufferie sur la saison d'hiver

On remarque :

- Un fonctionnement permanent de la pompe bouclage d'ECS ce qui est normal. Mais un niveau de puissance anormalement élevé sur une installation d'aussi petite taille : 100 W pour 7 logements, alors qu'il existe des bâtiments comme l'un de ceux de la ZAC de Bonne à Grenoble (43 logements) dans lequel la pompe de bouclage ne fait que 32 W, soit 19 fois moins par logement. Là aussi il est donc possible de faire beaucoup mieux si on se souvient que le débit de la pompe de bouclage se calcule à partir des pertes de chaleur de la boucle, en acceptant généralement une chute de température de 5°C entre départ et retour. Il s'ensuit que plus le réseau de bouclage est isolé, plus le débit de bouclage est faible, et donc plus la puissance de la pompe et sa consommation le sont aussi....
- **Un fonctionnement permanent de la pompe de charge appoint ECS à puissance constante.** C'est une anomalie majeure car son fonctionnement devrait être asservi à une température de consigne du ballon d'appoint. On a donc actuellement une puissance d'environ 80 W absorbée 8 760 heures par an !
- Une faible durée quotidienne de marche de la pompe solaire (entre 13h et 16h en hiver). Ceci confirme ce qui a été avancé précédemment. Il s'agit là d'un grave dysfonctionnement privant le bâtiment des apports solaires des capteurs.
- Un fonctionnement à puissance quasi constante de la pompe de chauffage. Il n'y a donc aucune variation de vitesse, bien que la régulation terminale se fasse en principe par des robinets thermostatiques.
- Une puissance constante de l'ordre de 20/30 W correspondant à la régulation de la chaufferie et au contrôle/commande de la chaudière.

On observe, en été, la même décomposition, hormis la pompe de chauffage (figure 7.4.3). Cette dernière est arrêtée du 17/06/2011 au 29/09/2011. On peut s'interroger sur la nécessité de chauffer au mois de juin car il semble qu'à cette période, il n'existe plus aucun besoin de chauffage depuis longtemps. Ceci occasionne des consommations électriques inutiles.

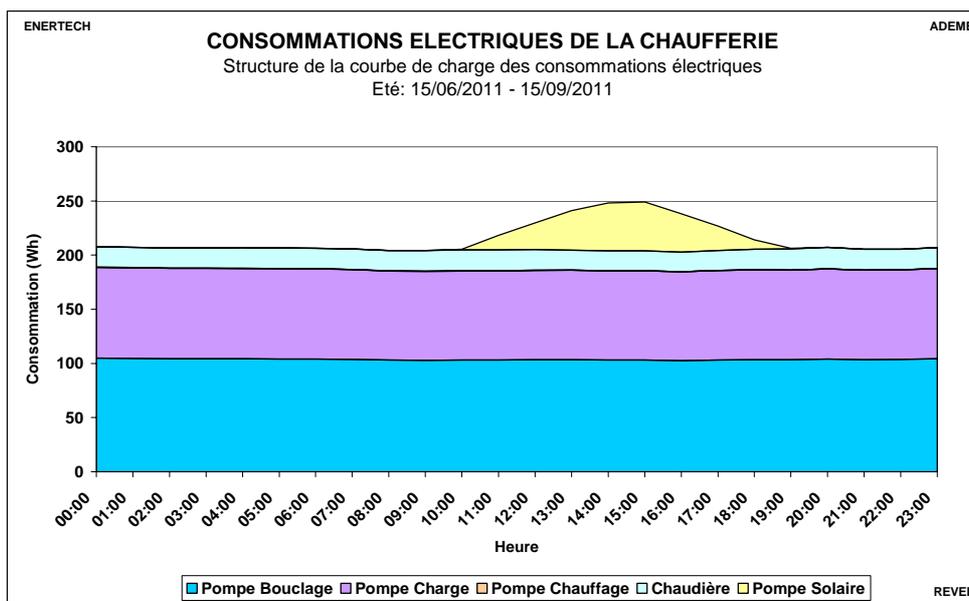


Figure 7.4.3: Structure de la courbe de charge de la chaufferie sur la saison d'été

De façon logique au vu des remarques précédentes, il existe peu de variations de consommation au cours de l'année (cf. figure 7.4.4).

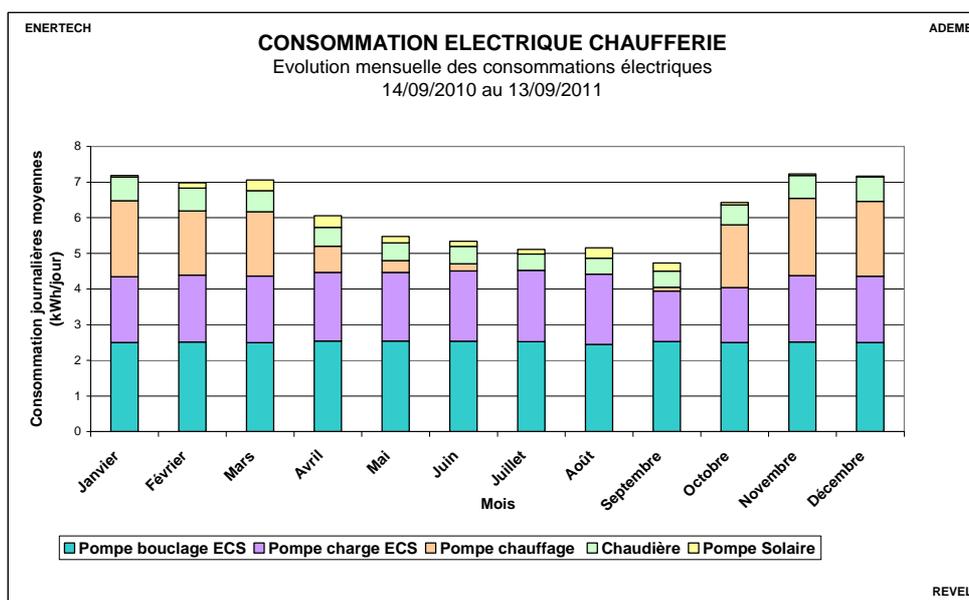


Figure 7.4.4 : Evolution mensuelle des consommations journalières électriques (en kWhél) de la chaufferie

7.4.2 Ventilation

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre 4, l'installation de ventilation ne fonctionne pas, les débits de soufflage et d'extraction au niveau du caisson sont pratiquement nuls. Il était donc légitime que la consommation soit anormalement basse.

Rappelons que lorsque le débit d'un ventilateur à vitesse constante chute, la puissance absorbée chute aussi.

7.4.3 Eclairage

L'éclairage extérieur représente 7 % de la consommation totale des services généraux avec **210 kWh_{él}/an** soit **0.43 kWh_{él}/an/m²_{Shab}** ou encore **30 kWh_{él}/logement/an**. Il se décompose en deux circuits :

- Eclairage en façade du bâtiment
- Eclairage des garages.

Les luminaires en façade sont équipés d'ampoules à incandescence. Ils intègrent une cellule photosensible et un détecteur de présence hyperfréquence (à l'intérieur). Mais pourquoi avoir mis de l'incandescence, technologie appelée rapidement à disparaître du marché puisqu'une Directive Européenne les aura fait totalement interdire à la vente en 2016 ? C'est une technologie très consommatrice qui ne devrait plus être utilisée.

L'éclairage en façade de l'immeuble est le plus consommateur avec 80% (soit 351 Wh_{él}/an/m²_{Shab}) de la consommation du poste éclairage. On observe sur la courbe de charge de la figure 7.4.5 des pics de consommations lors des pointes d'activités le matin (7h-10) et le soir (17h-23). 40% de la consommation de cet usage correspond à une veille liée à la consommation des détecteurs de présence et crépusculaire (7,8 watts en permanence).

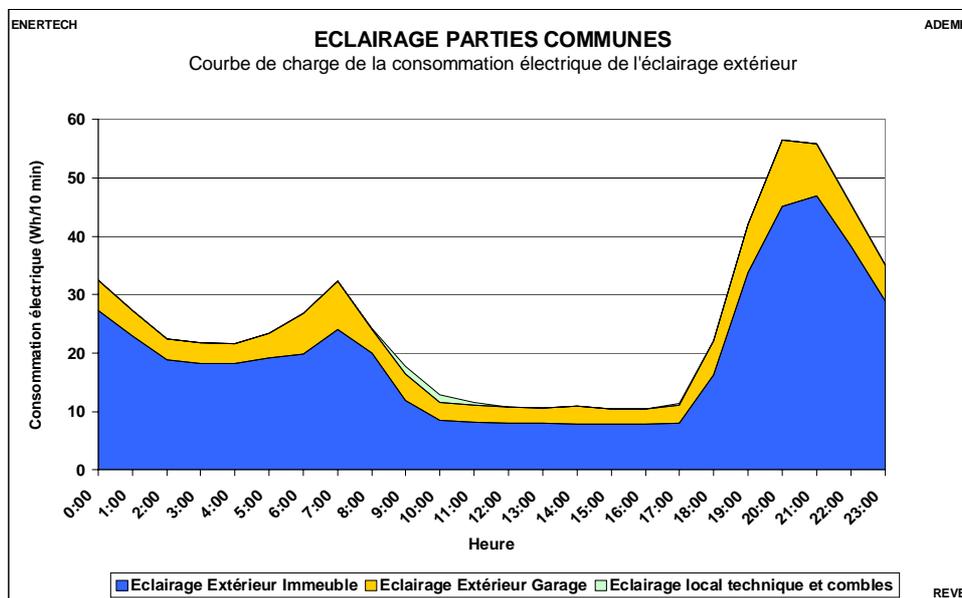


Figure 7.4.5: Courbe de charge moyenne journalière des circuits d'éclairage extérieur

On remarque des consommations d'éclairage importantes, en dehors des périodes de pointes (par exemple au milieu de la nuit). Elles s'expliquent par des passages d'habitants à toute heure et des temporisations après dernière détection des luminaires en façade trop importantes (jusqu'à une demi heure !).

7.5 Puissances appelées

La figure 7.5.1 représente la courbe de fréquences cumulées des puissances électriques appelées par les services généraux sur une année complète. La puissance maximale atteinte sur 10 minutes vaut **2520 W, soit 5,2 W/m²_{SHAB}**, ou encore 360 W/logement, à l'exception de ce pic les valeurs maximales observées s'élèvent à 600 W, soit 1,2 W/m²_{SHAB} soit aussi 86 W/logt. Ces valeurs peuvent paraître faibles, mais elles ne le sont pas si on les compare à d'autres opérations déjà réalisées, comme cet immeuble de 22 logements sociaux en région lyonnaise, dans lequel la puissance maximale atteinte en 10 minutes est de 4,3 kW, soit 195 W/logement, et la puissance maximale atteinte 99% du temps 3,1 kW (soit 136 W/logt) et qui est pourtant équipé d'une VMC double flux fonctionnant normalement, d'un ascenseur, d'un parc de stationnement en sous sol, de multiples blocs d'éclairage de secours, d'une chaufferie gaz, mais pas de capteurs solaires.

Or la VMC de l'immeuble étudié ici ne fonctionne pas et consomme donc anormalement peu. A contrario, une grande rigueur dans la remise en ordre du fonctionnement des différentes pompes et de l'éclairage extérieur devrait permettre de réduire la consommation. Tout reste à faire sur cette opération....

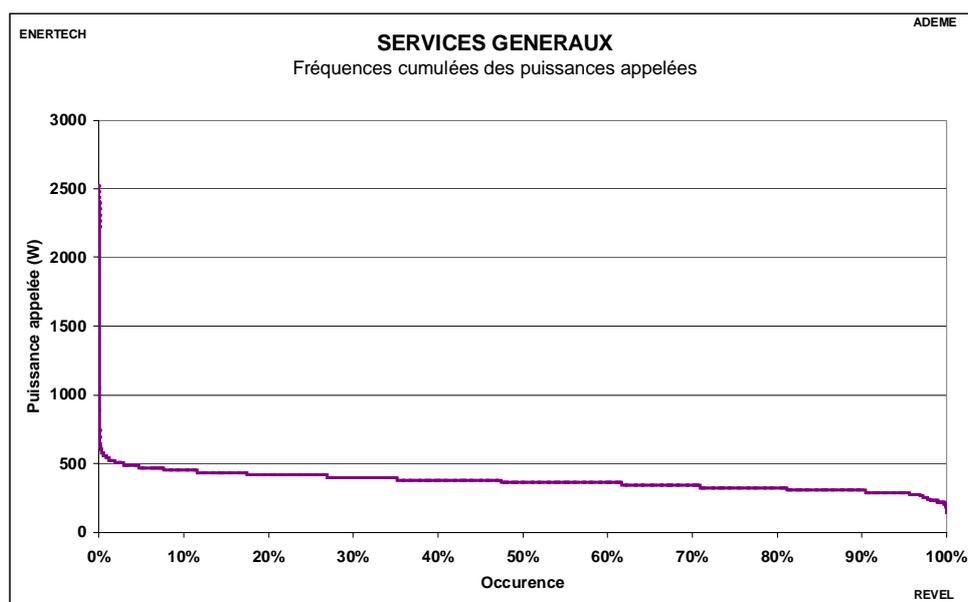


Figure 7.5.1 : Courbe de fréquences cumulées des puissances électriques appelées par les services généraux

Ces valeurs sont beaucoup plus faibles que les puissances généralement souscrites. Mais attention ! Les valeurs que nous déterminons ici sont en fait des consommations d'énergie pendant 10 minutes, traduites en puissances moyennes sur ces 10 minutes. Il est évident que les puissances appelées à chaque instant ont dépassé ces valeurs moyennes. Ici, l'abonnement est un Tarif Bleu d'EDF, et donc c'est la puissance apparente à chaque instant qui doit être prise en compte (ce qui ne permet pas d'utiliser directement les résultats qui précèdent.) En revanche, lorsque l'abonnement est un tarif Jaune, alors le mode de calcul de la puissance est identique à notre mesure et les résultats peuvent être utilisés directement.

Ce qui précède montre, quel que soit le type d'abonnement, qu'il est possible de diminuer de façon importante la puissance souscrite. Il est très vraisemblable ici que la puissance apparente n'a pas dépassé 3 kVA (notamment parce qu'il n'y a pas d'ascenseur). L'abonnement est à reconsidérer en fonction de cette observation.

La figure 7.5.2 représente la structure des puissances appelées par les différents usages lors des 10 plus importants appels de puissance des services généraux (en dehors de la journée exceptionnelle du 14 décembre 2010 -branchement temporaire d'un appareil de forte puissance-). Les différentes dates et heures où ont lieu les pointes sont les suivantes :

Le 25/01/2011 à 20 :20

Le 16/09/2010 à 21 :50

Le 26/01/2011 à 20 :30

Le 30/07/2011 à 04 :30

Le 10/11/2010 à 20 :00

Le 07/08/2011 à 05 :50

Le 10/07/2011 à 00 :20

Le 06/12/2010 à 20 :50

Le 10/12/2010 à 13 :50

Le 25/10/2010 à 00 :10

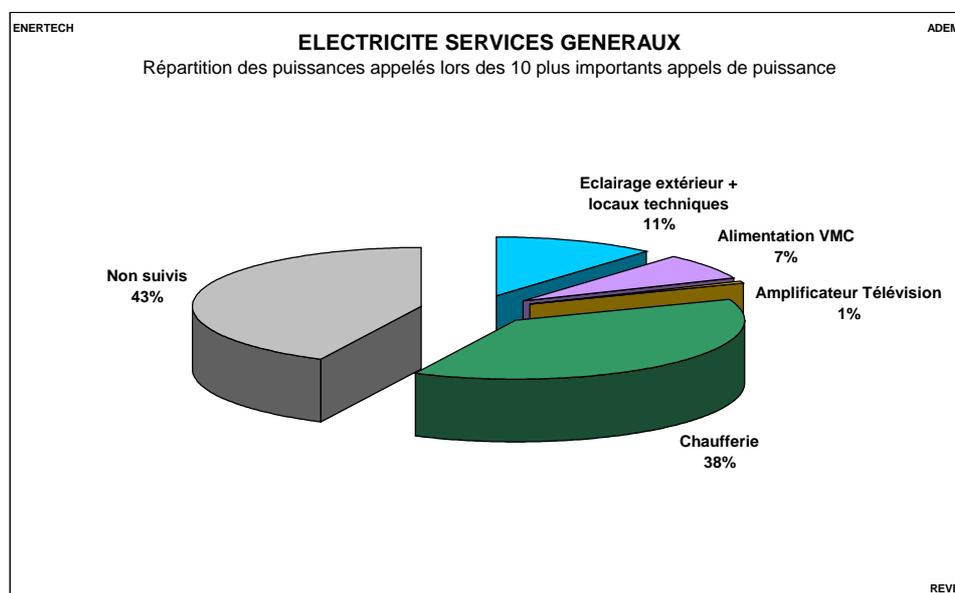


Figure 7.5.2 : Répartition par poste des 10 appels de puissances les plus importants (hormis journée du 14 décembre 2010)

On observe que lors des pointes de puissance, la part des usages non suivis est, avec 43%, la plus importante. Il y a donc par moment des équipements de fortes puissances branchés sur les prises électriques des services généraux.

De manière pratique, il y a beaucoup de choses à faire pour améliorer le niveau de puissance souscrite :

- supprimer l'incandescence sur l'éclairage extérieur et le remplacer par des sources performantes,
- asservir la pompe de charge appoint ECS à la température dans le ballon,
- calorifuger mieux la boucle ECS afin de réduire ses pertes et donc le débit de la pompe et sa puissance qu'il faudra re-régler,
- faire fonctionner la pompe de chauffage à débit variable,
- remettre en route correctement la VMC et la faire fonctionner à débit variable.

CHAPITRE 8 : ELECTRICITE DES PARTIES PRIVATIVES

8.1 Consommation globale

La consommation annuelle moyenne des logements est de **2 038 kWh_{él}/an** avec des extremums de 1096 et 2 719 kWh/an. En raisonnant en terme de consommation surfacique (surface des logements), la moyenne se situe à **27.7 kWh_{él}/an/m²_{Shab logement}** avec des valeurs maximale et minimale de 38,6 et 21 kWh_{él}/an/m²_{Shab logement}. Cette valeur est supérieure de 11% à la consommation moyenne française qui est, en logement collectif, de 25 kWh_{él}/an/m²_{Shab}.

On avance souvent que les références de consommation à la surface ne tiennent pas compte de la réalité, à savoir le nombre d'occupants. On ne connaît pas ici la consommation d'électricité des 7 logements. Mais si on suppose que la valeur moyenne trouvée ici est représentative, alors on peut aussi en déduire que la consommation d'électricité des parties privatives est de **627 kWh_{él}/pers/an** (en prenant en compte le nombre d'occupants théorique des 4 logements mesurés soit 13 personnes). Toujours en référence à l'immeuble de 22 logements sociaux en région lyonnaise, la consommation surfacique y est de 22,1 kWh_{él}/an/m²_{Shab} et la consommation par habitant de 537 kWh_{él}/pers/an.

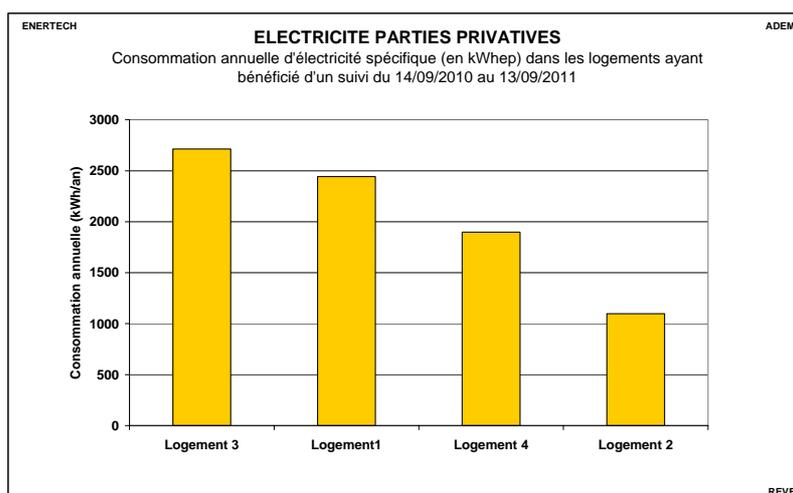


Figure 8.1.1 : Consommation annuelle d'électricité spécifique dans les logements ayant fait l'objet d'un suivi

8.2 Structure de la consommation globale

Lors de la campagne de mesure, les postes suivants ont été instrumentés :

- Eclairage (plafonnier),
- cuisson (uniquement électrique) comprenant le four et les plaques de cuissons,
- froid,
- site audiovisuel,
- site informatique,

Les différents usages ont été suivis soit depuis le tableau électrique soit directement sur les prises des appareils. La figure 8.2.1 représente la structure moyenne de la consommation des logements. Le poste « autres » prend en compte toutes les consommations n'ayant pas été suivies.

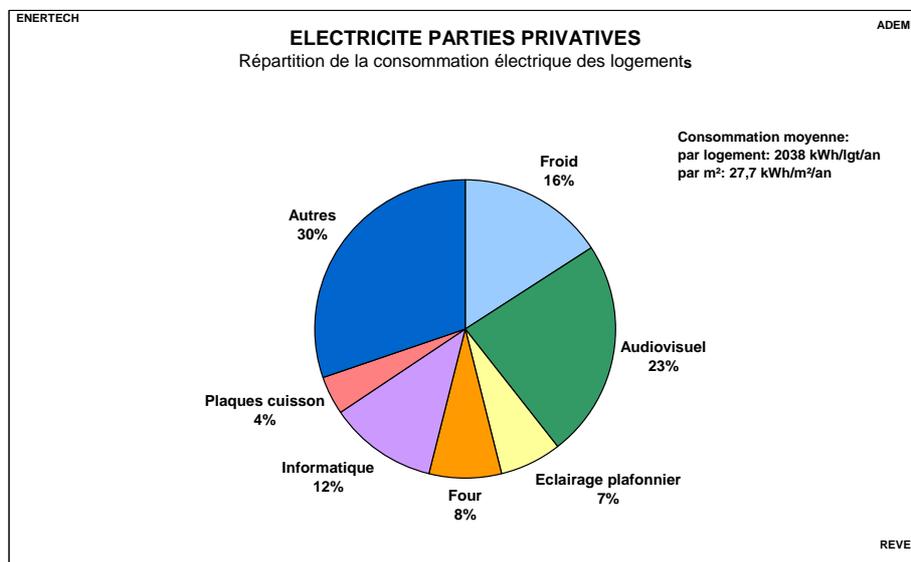


Figure 8.2.1 : Structure moyenne par usage des consommations d'électricité spécifique de l'ensemble des logements

Le poste « autres » est le plus consommateur avec 30% du total. Cette catégorie regroupe le lave linge, le sèche linge et le lave vaisselle, l'électroménager, l'ensemble des « box Internet », les différents accessoires de cuisine, les chargeurs de tous types, les éclairages sur prises et les radiateurs électriques (mais en principe il n'y en a pas).

Le second poste le plus consommateur est l'audiovisuel avec 23 % de la consommation totale. Selon les logements, ce poste représente entre 13 et 44% du total. Le poste froid arrive ensuite, les extrêmes sont compris entre 6 et 38% ce qui laisse présager une efficacité moindre du réfrigérateur dans certains logements. Cette inversion entre le poste froid, historiquement le plus gros consommateur d'électricité dans les logements, et le poste audiovisuel est un fait marquant ces derniers temps. Elle est bien à l'image d'un phénomène majeur, et malheureusement lié à la mondialisation, qui veut que le poste froid, grâce aux directives européennes a fait des progrès considérables dans le passé, alors que le matériel audiovisuel, totalement importé du Sud Est asiatique, n'obéit à aucune loi et « déconstruit » tous les progrès que les autres secteurs ont réussi à conquérir. A quand une limitation efficace des consommations spécifiques des écrans, des box, et à quand une limitation de la taille des écrans si consommateurs d'électricité aujourd'hui ?

On remarquera également une importance toute particulière du poste informatique qui devrait en plus croître encore au fil des ans compte tenu de la multiplicité des charges électriques présent dans ce média. Sauf à ce que, là aussi, des directives imposent enfin l'usage obligatoire de gestionnaire d'énergie sur les machines et la diminution de leur puissance.

Le poste éclairage plafonnier consomme en moyenne de 143 kWh/logt/an soit entre 4 et 18 % du total de chaque logement. Cette valeur est basse mais ne suivant pas les éclairages sur prises de courant, on ne pourra pas totalement comparer avec la moyenne française qui est de 365 kWh/logt/an.

8.3 Puissances de veille

La puissance des appareils en veille est un fléau qui oblige à construire des moyens de production de l'électricité qui ne servent à rien, et il alourdit la facture des ménages.

Pour déterminer la puissance et la consommation de veille des logements étudiés, on a soustrait à la consommation générale du logement, la consommation du poste froid (qui ne peut en aucun cas être considéré comme une veille et qui ne comporte plus de veille aujourd'hui). On a ensuite analysé la puissance moyenne (sur l'année) appelée entre 3 et 4 heures du matin. C'est le moment où tous les appareils consomment le moins, parce que la totalité des usagers dort ! Cette mesure fournit une première valeur approchée de la veille qui intègre le fonctionnement éventuel d'appareils durant la nuit. Nous calculons ici, pour chaque logement, la valeur moyenne pondérée par le nombre d'occurrences.

On a ensuite considéré la puissance moyenne obtenue pendant les périodes où le logement est inoccupé (vacances, certains week-ends...). Cette puissance correspond à la puissance de veille réelle en supprimant les consommations aléatoires d'appareils encore en fonctionnement (comme les ordinateurs) alors que personne ne les utilise. Il s'agit cependant d'une veille « minimale » car certains équipements sont peut-être débranchés lors d'absences prolongées.

	Puissance moyenne observée lorsque le logement est inoccupé (W)	Puissance moyenne observée entre 3 et 4 heures (W)
Logement 1	22,0	43,6
Logement 2	21,4	28,4
Logement 3	28,1	57,0
Logement 4	23,8	35,5
Moyenne	23,8	41,1

Figure 8.3.1 : Puissances de veille observées dans les logements suivis

En moyenne, la puissance de veille est comprise entre **23,8 et 41,1 W** selon la définition que l'on donne à la veille.

Ces deux puissances conduisent à des consommations minimales de veille allant de 208 kWh_{élec}/an/logt à 360 kWh_{élec}/an/logt, soit respectivement 10,2 % et 17,7 % de la consommation moyenne totale des logements. On comprend que le combat contre les veilles est fondé. Il serait pourtant simple d'y remédier en supprimant le phénomène sur les appareils, ce qui ne poserait aucun problème dans la majorité des cas, et pour un coût dérisoire.

CHAPITRE 9 : LES CHIFFRES CLES

9.1 Consommation totale

Exprimée en énergie primaire la consommation de chauffage et d'ECS du bâtiment, s'élève à **116,3 kWh_{ep}/m²_{shab}/an** et la consommation des services généraux à **17,2 kWh_{ep}/m²_{shab}·an** (coefficient de conversion de l'énergie finale électrique en énergie primaire de 2,58). En supposant représentative la consommation des parties privatives des 4 logements suivis, la consommation électrodomestique additionnelle serait de **71,5 kWh_{ep}/m²_{shab}/an**, portant le **total général tous usages inclus, à 205,0 kWh_{ep}/m²_{shab}/an**. A titre de référence, le label allemand Passivhaus fixe à 120 kWh_{ep}/m²_{shab}/an la valeur maximale admissible. Et ce résultat a été obtenu avec le coefficient de conversion conventionnel dont chacun sait qu'il ne représente pas la réalité. Si on prend le coefficient réel de 3,2, on arrive alors à 226,3 kWh_{ep}/m²_{shab}/an (voir figure 9.1.1).

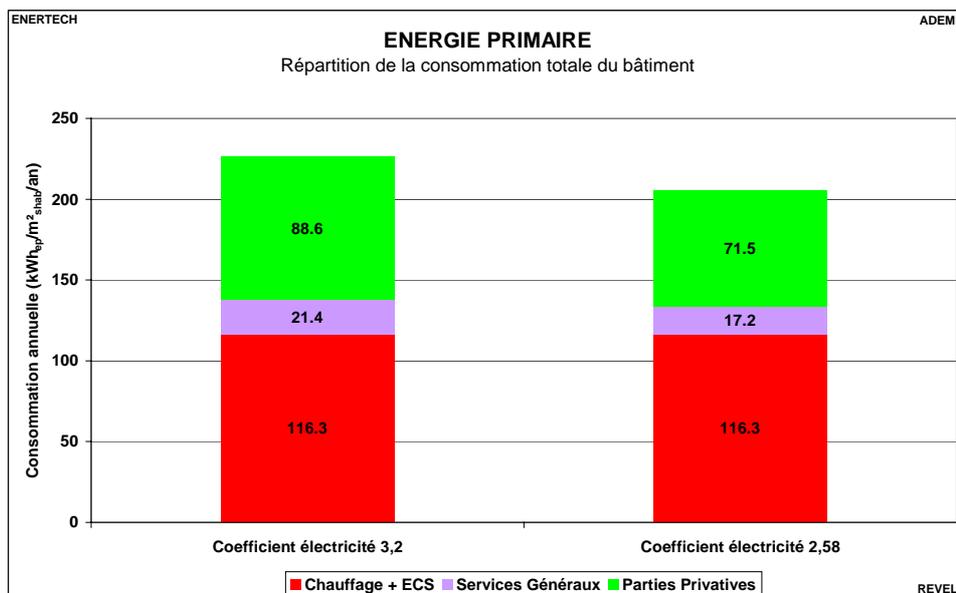


Figure 9.1.1 : Répartition de la consommation totale du bâtiment en énergie primaire

Le calcul RT2005 conduisait à un coefficient de consommation en énergie primaire (C_{ep}) de 58,1 kWh_{ep}/an/m²_{SHON}. Si on considère les mêmes usages, le C_{ep} « mesuré », hors consommation d'éclairage des parties privatives, vaut 118,4 kWh_{ep}/an/m²_{SHON} (Chauffage + ECS + Ventilation + Auxiliaires de chauffage), soit 2 fois plus. Rappelons cependant qu'on ne peut pas comparer ces deux valeurs. En effet, on ne peut confronter une mesure qu'à une valeur « prévisionnelle ». Or la méthode « RT » n'est pas une méthode prévisionnelle mais seulement une méthode conventionnelle. Le graphique de la figure 9.1.2 qui détaille cette consommation entre les différents postes confirme cette observation. Ainsi :

- Les consommations de chauffage et d'ECS mesurées sont 2,6 fois supérieures à la valeur du calcul règlementaire
- La consommation des auxiliaires de chauffage est sous évaluée d'un facteur 5

- La ventilation a consommé 5 fois moins que calculé du fait d'un dysfonctionnement.

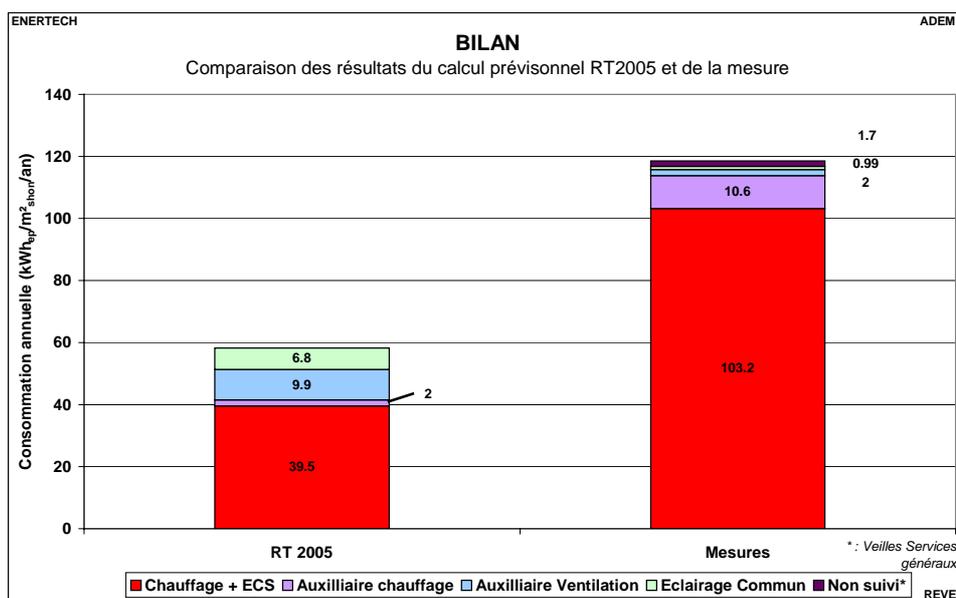


Figure 9.1.2 : Comparaison des résultats du calcul prévisionnel RT2005 et de la mesure

9.2 Tableau récapitulatif des principales caractéristiques techniques

Consommation totale d'énergie utile exprimée en énergie primaire	Facteur 3,2 sur l'électricité	Tous usages confondus, y compris services généraux et	226,3	kWh _{ep} /m ² _{shab} /an			
	Facteur 2,58 sur l'électricité	électricité domestique	205.0	kWh _{ep} /m ² _{shab} /an			
Qualité de l'enveloppe	n 50	Résultat du test à la porte	2.4	vol/h			
	Q4	soufflante	0,85	m ³ /h/m ²			
Qualité des ambiances	Taux CO2	Moy 2 log entre 09/02 et 25/05/11	625	ppm			
	Hiver	T moy	22,7	°C			
		Humidité relative moy, min, max	46, 26, 58	%			
		Pourcent. du temps où T > 19°C	100	%			
	Eté	T moy	23,2	°C			
		Humidité relative moy, min, max	61, 41, 76	%			
Temps où T > 28°C		0	h				
Ventilation	Durée ouverture fenêtre en hiver	Moyenne/j pendant la saison de chauffe	104	minutes/j			
		Taux renouvellement d'air moyen	-	Vol/h			
	Bâtiment	Tx renouvellement d'air max	-	Vol/h			
		Tx renouvellement d'air min	-	Vol/h			
		Efficacité échangeur	-	%			
		Ventilateur soufflage	Conso/m ³ ventilateur soufflage	-	W / m ³ /h		
Ventilateur extraction	Conso/m ³ ventilateur extraction	-	W / m ³ /h				
Chauffage + appoint ECS (données en entrée de chaudière)	Besoins d'énergie primaire (gaz)	Total	56573	KWh _{ep} /an			
		Par m ² _{shab}	116,3	kWh _{ep} /m ² _{shab} .an			
	Puissance de pointe chauffage +ECS (moyenne sur 1 heure) et taux de charge correspondant (%)	P (% puissance installée)	j28kW (43%)	kW			
		Par m ² _{shab}	57,5	W/m ² _{shab}			
	% du temps où taux charge > 50 %	Chauffage + ECS	0,1%	%			
	Taux de charge annuel moyen	Chauffage + ECS	11,4%	%			
	Rendit génération chauffage seul et Ch+ecs	Chauffage seul et chauffage+ecs	-	%			
	Puissance max déperditions (parois+air)	Calcul théorique	54,3	W/m ² _{shab}			
Loi d'eau théorique/réelle	Tdépart pour -10°C et +20°C ext	55/22 (réel)	°C				
Durée mesurée saison de chauffage		266	jours				
ECS	Besoins d'énergie totale	Energie primaire (totale et par m ²)	- / -	kWh _{ep} - kWh _{ep} /m ² .an			
		Energie utile (totale et par m ²)	- / -	kWh _{ep} - kWh _{ep} /m ² .an			
	Apport énergie solaire	Apports en sortie ballon solaire	983	kWh			
	Production capteurs		82	KWh/m ² _{capteurs}			
	Rendement global production ECS	Hiver/été/annuel	- / - / -	%			
	Puissance utile production ECS	Théorique/réelle	- / -	W/m ² _{shab}			
	Volume de pointe pendant 10 min à 55°C	Théorique/réel/ <=99% du temps	200/185.2/60	litres			
	Débit horaire de pointe à 55°C	Théorique/réel/ <=99% du temps	490/343/143	litres/h			
	Besoins journaliers d'eau à 55°C	Par personne et par jour	27,2	litres à 55°C/pers/j			
		Par m ² et par jour	1,17	litres à 55°C/m ² _{shab} /j			
Electricité services généraux	Consommation d'électricité	Totale, par logement, par m ²		3 245 kWh _{el} /an	463 kWh _{el} /logt/an	6,7 kWh _{el} /m ² _{shab} /an	
		Répartition Postes		kWh _{el} /m ² _{shab}	kWh _{el} /logt/an	Postes	kWh _{el} /m ² _{shab}
	Ventilation	0,9	61	Eclairage	0,4	30	
	Chaufferie	4,6	321	Parking	-	-	
	Ascenseurs	-	-	Autres	0,8	51	
	Puissance maximale appelée	Totale et par m ²		2520W / 5,2 W_{el}/m²_{shab}			
Electricité parties privatives	Consommation d'électricité moyenne par logement	Totalité du logement		2038	kWh _{el} /logt/an		
		Par m ²		27,7	kWh _{el} /m ² _{shab} /an		

CHAPITRE 10 : PRECONISATIONS

1- VENTILATION

- 1.1. Faire un état des lieux de l'installation : vérifier que les organes de réglage de débit préconisés ont bien été mis en place dans les réseaux de soufflage et d'extraction. Equilibrer ensuite le réseau. A partir de la valeur calculée par le bureau d'études, régler enfin le débit au niveau de la centrale puis faire une mesure des débits aux bouches de soufflage et d'extraction de chaque logement. Vérifier le respect des valeurs prévues et l'absence de nuisances sonores.
- 1.2. Changer les filtres et mettre en place une procédure de maintenance adéquate. **Changer les filtres au moins tous les quatre mois** (ou procéder à un nettoyage mécanique très efficace). L'équilibrage évoqué au paragraphe précédent ne sera effectué qu'après changement des filtres.
- 1.3. Laisser à proximité de chaque CTA un jeu de filtres à air neufs.
- 1.4. Nettoyer les aubes des ventilateurs et prévoir une procédure de maintenance adéquate.
- 1.5. Paramétrer la variation de vitesse des ventilateurs (vérifier au préalable que les usagers utilisent effectivement les bouches grand/petit débit en cuisine). La meilleure solution est d'asservir le fonctionnement du ventilateur pour maintenir une pression constante à l'arrière de la bouche la plus éloignée de la CTA.

2- CHAUFFAGE

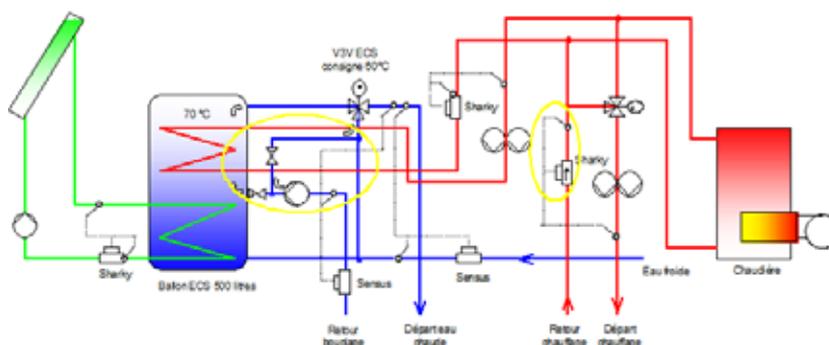
- 2.1 Demander au bureau d'études de fournir à l'entreprise de maintenance la loi d'eau selon laquelle doit fonctionner l'installation. Cette information ne se trouve pas dans le CCTP, ni en chaufferie. Modifier ensuite le paramétrage de la régulation centrale. En tout état de cause, compte tenu des températures de chauffage beaucoup trop élevées dans les logements, il est clair que la loi d'eau telle qu'elle est programmée actuellement permet d'atteindre ces températures trop élevées et DOIT donc être « abaissée ».
- 2.2 Sensibiliser les usagers sur l'utilisation du chauffage (choix des températures intérieures), sur l'ouverture des fenêtres en hiver (15 minutes par jour sont acceptables, mais aller au-delà ne l'est pas) et sur leur comportement en confort d'été (ouverture des fenêtres la nuit, fermeture des occultations et des fenêtres la journée).

- 2.3 Retourner le mesureur de débit du compteur de chaleur chauffage qui est monté à l'envers. Déplacer la sonde froide dans le doigt de gant disponible en amont du piquage du retour froid à la vanne 3 voies chauffage. Placer deux clapets anti-retour en amont du piquage de confluence des retours de chauffage et d'appoint ECS.



3- EAU CHAUDE SANITAIRE

- 3.1 Recalculer le volume de stockage nécessaire et ajouter un ballon supplémentaire afin de maintenir une température de départ ECS constante même lors de puisages importants.
- 3.2 Isoler toutes les vannes, corps de pompes, compteurs, clapets et autres organes des circuits de production et de distribution d'eau chaude (même en chaufferie). Il faut que, à la manière de la production glacée, aucune partie de l'installation d'eau chaude sanitaire ne soit visible et non isolée.
- 3.3 Poser des limiteurs de débit autorégulés (calibrés à 4 l/min) au nez des lavabos des salles de bains et des éviers de cuisine.
- 3.4 S'assurer de la continuité de l'isolation des circuits de distribution d'eau chaude (boucle capteurs solaires et circuit de bouclage ECS principalement). Renforcer cette isolation pour limiter la consommation de la pompe de bouclage.
- 3.5 Réaliser une liaison entre l'aval du circulateur de bouclage et l'entrée froide de la vanne 3 voies ECS, avec interposition de clapets anti-retour (cf figure 6.1.1)



- 3.6 Rajouter un clapet anti-retour sur l'alimentation EF du ballon solaire interdisant le retour de l'eau du ballon vers le réseau d'eau froide.

- 3.7 Vérifier le câblage et le fonctionnement de la vanne 3 voies ECS .
- 3.8 Asservir le fonctionnement du circulateur de charge ECS à la température dans le ballon ECS. Enclenchement par exemple à 55°C et déclenchement à 60°C. L'arrêt de la pompe de charge ECS permettrait de profiter de la condensation quand le chauffage fonctionne. On vérifiera alors que le compteur de chaleur ECS appoint peut fonctionner (l'écart de température entre le départ et le retour devrait désormais être plus important lors du fonctionnement).
- 3.9 Réduire la température de consigne du ballon ECS à 60°C.
- 3.10 Réduire la température de départ ECS à 55°C. Attention cela ne sera possible que lorsque le dysfonctionnement de la vanne 3 voies ECS aura été solutionné.
- 3.11 Diminuer le débit de bouclage qui est beaucoup trop élevé actuellement et qui occasionne des pertes thermiques élevées et surtout une surconsommation d'électricité. Le ΔT entre départ et retour pourrait n'être que de 5°C.
- 3.12 Purger les capteurs solaires thermiques
- 3.13 Une fois le point 3.12 réalisé, s'assurer que le circulateur solaire n'est pas sous-dimensionné.
- 3.14 Réduire le différentiel de température entre la sortie capteur et le bas du ballon. Ce différentiel vaut aujourd'hui 7°C ce qui est beaucoup trop. La valeur de 4°C devrait suffire et permettrait de récupérer plus d'apports solaires.

4- ELECTRICITE SERVICES GENERAUX

Chaufferie

- 4.1 Asservir la marche de la pompe chaudière aux seuls moments où le brûleur fonctionne.
- 4.2 Isoler mieux toute la distribution ECS afin de pouvoir réduire drastiquement le débit de la pompe de bouclage (qui est déjà trop important). Puis passer la vitesse de cette pompe en vitesse mini. La changer éventuellement par une pompe de très faible puissance dès que ce sera possible.
- 4.3 Rappel (voir alinéa 3.8 ci-dessus) : Asservir le fonctionnement du circulateur de charge ECS à la température dans le ballon ECS.
- 4.4 Régler la pompe de chauffage pour qu'elle fonctionne à débit variable. Il faut lui fixer une valeur de ΔP à respecter. Cette valeur de ΔP doit correspondre au fonctionnement nominal de l'installation (toutes vannes terminales ouvertes).

Panneaux photovoltaïques

4.5 Demander à ERDF de réaliser le raccordement sans délai.

Eclairage extérieur

4.6 Remplacer l'éclairage à incandescence par des lampes fluocompactes avec amalgame (leur permettant de supporter les basses températures), ou par des tubes fluorescents de type T5 (avec ballasts électroniques).

4.7 Régler la temporisation après dernière détection des détecteurs de présence et le seuil des détecteurs crépusculaires afin que l'éclairage extérieur fonctionne le moins longtemps possible.