

# **OPAC DU GRAND LYON**

**AUDIT DES  
CONSOMMATIONS  
D'ELECTRICITE DE LA  
CHAUFFERIE DE LA  
RESIDENCE LOUIS RIGAL  
(328 et 330 avenue BERTHELOT  
69 008 Lyon)**

**Rapport final**

**ENERTECH**  
26160 Félines/Rimandoule - France  
Tél : +33- 4 75 90 18 54  
Email : [sidler@club-internet.fr](mailto:sidler@club-internet.fr)  
Site : <http://sidler.club.fr>

# Sommaire

<i>Sommaire</i>	2
<b><i>Partie I : Méthodologie générale</i></b>	<b>4</b>
<b>I.1 Introduction</b>	<b>4</b>
<b>I.2 Description de la production de chaleur</b>	<b>4</b>
I.2.1 Description du système de chauffage	5
I.2.2 Description de la production d'ECS	6
<b>I.3 La campagne de mesure</b>	<b>6</b>
I.3.1 Méthodologie	6
I.3.2 Les usages suivis	6
I.3.3 Les appareils de mesures	9
<b>I.4 Le traitement des données</b>	<b>10</b>
<b><i>Partie II : Analyse des consommations (électrique et gaz) globales de la chaufferie</i></b>	<b>11</b>
<b>II.1 Evolution de la consommation de gaz</b>	<b>11</b>
<b>II.2 Consommation électrique de la chaufferie et du local solaire</b>	<b>12</b>
II.2.1 Structure de la consommation électrique totale de la chaufferie	12
II.2.2 Courbes de charges journalières	14
<b><i>Partie III : Analyse détaillée des consommations de chaque usage</i></b>	<b>16</b>
<b>III.1 Les chaudières</b>	<b>16</b>
<b>III.2 Les pompes des chaudières</b>	<b>18</b>
III.2.1 Description de l'usage	18
III.2.2 Economies d'énergie réalisables	19
<b>III.3 La pompe de circulation de chauffage</b>	<b>20</b>
<b>III.4 La pompe de boucle solaire</b>	<b>21</b>
<b>III.5 Les préparateurs d'ECS</b>	<b>21</b>
III.5.1 Le préparateur d'ECS solaire (Blocsol)	21
III.5.2 Le préparateur d'ECS chaufferie	23
<b>III.6 Le surpresseur</b>	<b>25</b>
<b>III.7 Le traceur électrique</b>	<b>28</b>
III.7.1 Description de l'usage	28
III.7.2 Economies d'énergies réalisables	29
<b>III.8 Les autres usages</b>	<b>30</b>
III.8.1 La régulation	30
III.8.2 Eclairage chaufferie et local solaire	30
<b><i>Partie IV : Etudes thermiques</i></b>	<b>31</b>
<b>IV.1 Circuit de chauffage</b>	<b>31</b>
IV.1.1 Température de départ et température extérieure	31
IV.1.2 Evolution des températures de départ et de retour	32

---

IV.1.3	Evolution de la température de retour	33
<b>IV.2</b>	<b>Production d'ECS</b>	<b>34</b>
IV.2.1	Consommation d'eau chaude sanitaire	34
IV.2.2	Consommation d'énergie pour la production d'ECS	35
<b>IV.3</b>	<b>La production solaire</b>	<b>36</b>
IV.3.1	Production théorique d'ECS solaire	36
IV.3.2	Production réelle d'ECS par le solaire	37
IV.3.3	Taux de couverture solaire	39
<b>IV.4</b>	<b>Le réseau de liaison ECS entre le local solaire et la chaufferie</b>	<b>40</b>
<i>Partie V :</i>	<i>Conclusions</i>	<i>41</i>
<b>V.1</b>	<b>Récapitulatif des économies</b>	<b>41</b>
<b>V.2</b>	<b>Conclusions</b>	<b>42</b>

# Partie I : Méthodologie générale

## I.1 INTRODUCTION

La consommation d'électricité des services généraux des immeubles d'habitation est en moyenne en France selon l'UNFOHLM<sup>1</sup>, de 700 kWh/an/logement, ce qui représente une dépense d'environ 75 €/an/logement. Mais on observe que cette valeur peut varier de façon importante d'une opération à l'autre, en fonction de la nature des équipements présents.

On s'est en effet aperçu que la chaufferie était un des principaux postes de la consommation électrique des services généraux. Il représente en moyenne 26% de la consommation des services généraux, selon plusieurs campagnes de mesure déjà effectuées.

La présente étude a été initiée par l'OPAC du Grand Lyon et l'ALE (Agence Locale de l'Energie) de Lyon. Son objectif est de mesurer en détail la structure des consommations électriques de la chaufferie de la résidence Louis Rigal située 328 et 330 avenue Berthelot à Lyon. Le chauffage est obtenu uniquement grâce au gaz, l'ECS est produite par un système solaire thermique et un appoint gaz. L'immeuble comporte 40 logements pour une surface habitable de 2806 m<sup>2</sup>.



*Figure 1.1 : Photographie de la façade de la résidence Louis Rigal coté nord (à gauche) et coté sud (à droite)*

## I.2 DESCRIPTION DE LA PRODUCTION DE CHALEUR

La figure 1.2 reprend le synoptique simplifié de la production de chaleur de la résidence.

<sup>1</sup> Union Nationale Français des Organismes de HLM

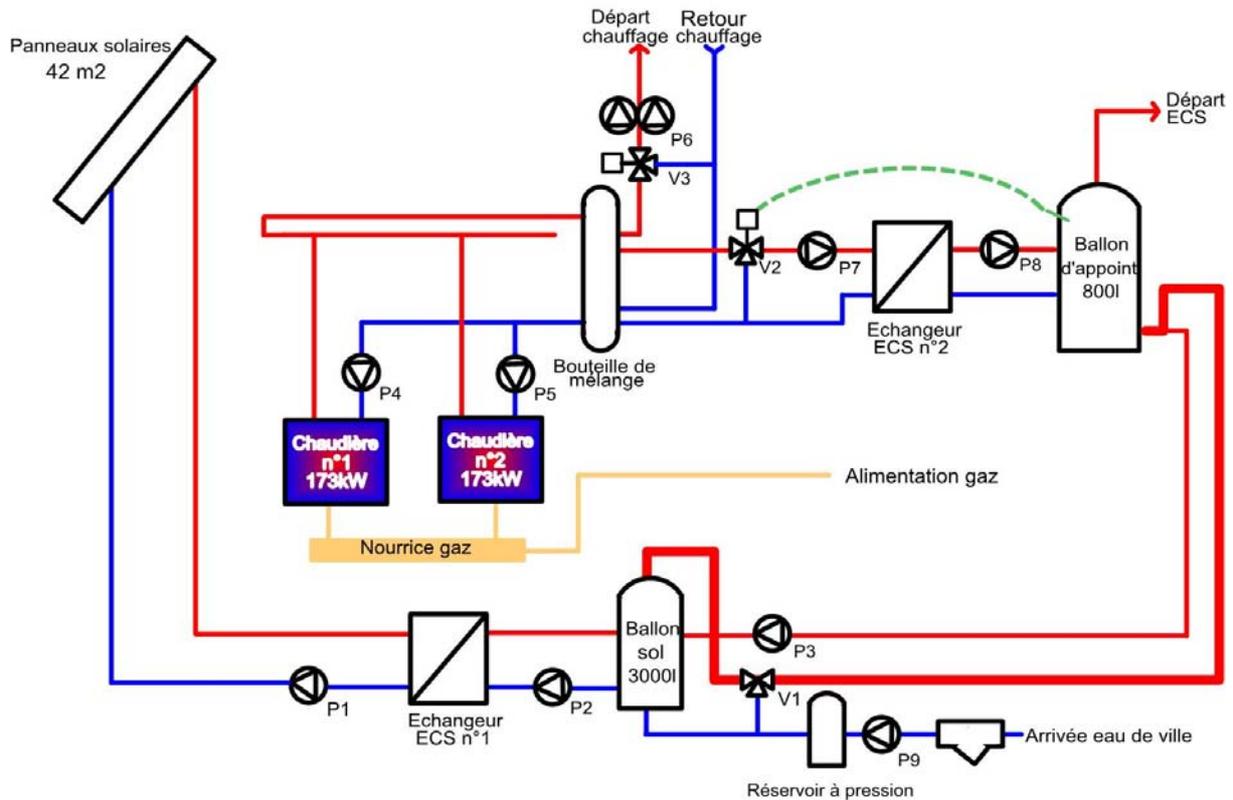


Figure 1.2 : Synoptique simplifié de la chaufferie de la résidence

P1 : Pompe primaire échangeur solaire  
 P2 : Pompe secondaire échangeur solaire  
 P3 : Pompe bouclage solaire  
 P4 : Pompe charge chaudière n°1  
 P5 : Pompe charge chaudière n°2  
 P6 : Pompe circulation chauffage  
 P7 : Pompe primaire échangeur ECS  
 P8 : Pompe secondaire échangeur ECS

P9 : Surpresseur  
 V1 : Vanne trois voies ECS solaire  
 V2 : Vanne trois voies ECS chaufferie  
 V3 : Vanne trois voies chauffage

### I.2.1 Description du système de chauffage

La chaufferie de la résidence est située à R+8, son fonctionnement est le suivant :

- La production de chaleur est réalisée à l'aide de deux chaudières identiques en cascade d'une puissance de 173 kW chacune. L'eau circule dans chacune des chaudières grâce à une pompe dédiée (P4 sur le schéma pour la chaudière n°1 et P5 pour la chaudière n°2).
- Le circuit de chauffage est piqué sur la bouteille de mélange. Il existe une vanne trois voies motorisée (V3) sur le circuit de départ du chauffage. Cette vanne permet d'adapter la température de départ de l'eau de chauffage en fonction de la température extérieure.
- En sortie de vanne trois voies, la pompe double (P6) assure la distribution du chauffage dans l'ensemble de la résidence.
- L'émission de chaleur dans les différents logements est réalisée à l'aide de radiateurs munis de robinets thermostatiques.

## I.2.2 Description de la production d'ECS

La production d'ECS est réalisée d'une part grâce aux chaudières (situées au R+8) et d'autre part grâce à des panneaux solaires thermiques (local solaire au R-1).

Elle s'effectue comme suit :

- L'eau circule des panneaux solaires (42 m<sup>2</sup> en toiture) jusqu'au local solaire (R-1) grâce à la pompe P1.
- L'échangeur ECS solaire (échangeur ECS n°1) permet une séparation entre le fluide caloporteur des panneaux solaires (au primaire) et l'ECS (au secondaire).
- L'eau froide destinée à la production d'ECS est d'abord préchauffée dans le ballon solaire puis passe dans le ballon d'appoint disposé dans la chaufferie grâce à la pression de ville et au surpresseur.
- Le ballon d'appoint est maintenu en température par les chaudières
- La pompe P7 (pompe primaire échangeur ECS) permet la circulation de l'eau entre la bouteille de mélange et l'échangeur. La pompe P8 (pompe secondaire échangeur ECS) assure la circulation de l'eau de l'échangeur au ballon d'appoint.
- La pompe P3 permet, quant à elle le bouclage entre le ballon d'ECS solaire et le ballon d'ECS d'appoint afin que l'eau soit toujours chaude à l'entrée du ballon d'appoint.
- Distribution d'ECS monotube maintenue en température par un traceur électrique (résistance électrique disposée sur les canalisations).

Un surpresseur est disposé dans le local solaire, il permet la mise en pression de l'eau potable de l'arrivée du réseau de ville jusqu'au huitième étage.

## I.3 LA CAMPAGNE DE MESURE

### I.3.1 Méthodologie

La production de chaleur étant un usage très saisonnier, la méthode d'évaluation est fondée sur une campagne de mesures effectuée durant une année complète (du 02/12/2005 au 04/12/2006).

Des appareils de mesure de consommation électrique (décrit dans le paragraphe I.3.3) ont été placés sur la plupart des usages électriques de la chaufferie et du local solaire de la résidence. De plus, les différentes températures permettant de mieux comprendre le fonctionnement de la chaufferie ont également été enregistrées.

On a aussi relevé les index de l'ensemble des compteurs et le compteur gaz a été instrumenté.

### I.3.2 Les usages suivis

Les figures 1.3 et 1.4 reprennent les différents éléments du synoptique précédent en y intégrant les points de mesure.

Il existe trois types de mesures :

- Le premier est la mesure des consommations électriques (pompes, chaudières, éclairage...)
- Le second est la mesure des températures (températures d'eau, température extérieure ...)
- Le dernier est la mesure des consommations de gaz (les données de cette mesure ne sont disponibles que sur 8 mois)

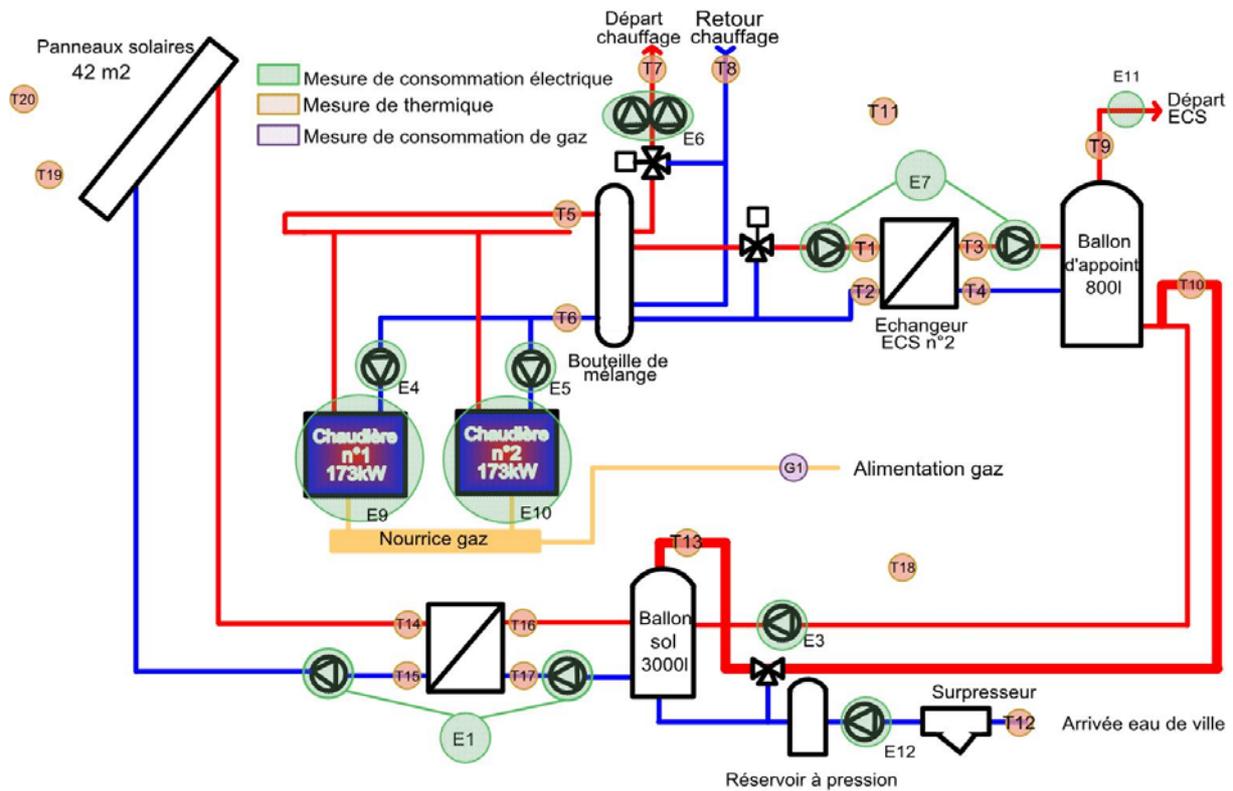


Figure 1.3 : Implantation des mesureurs

Nomenclature	Détails
<b>Mesure de températures et d'enseillement</b>	
T1	Température départ primaire ECS
T2	Température retour primaire ECS
T3	Température départ secondaire ECS
T4	Température retour secondaire ECS
T5	Température départ chaudières
T6	Température retour chaudières
T7	Température départ chauffage
T8	Température retour chauffage
T9	Température départ ECS vers logements
T10	Température bouclage solaire aller (R+8) gros tuyau
T11	Température ambiante chaufferie
T12	Température eau de ville
T13	Température sortie ballon solaire
T14	Température départ boucle capteurs solaires
T15	Température retour boucle capteurs solaires
T16	Température départ secondaire ballon solaire
T17	Température retour secondaire ballon solaire
T18	Température ambiante local solaire
T19	Température extérieure
T20	Ensoleillement (mesure effectuée à Villeurbanne - résidence Damidot)
<b>Mesures de consommations électriques</b>	
E1	Pompes primaire et secondaire de l'échangeur du ballon solaire
E3	Pompe bouclage solaire (entre ballon solaire et ballon d'appoint)
E4	Pompe chaudière n°1
E5	Pompe chaudière n°2
E6	Pompes chauffage (réseau radiateur)
E7	Pompes primaires et secondaire de l'échangeur du ballon d'appoint
E9	Chaudière n°1
E10	Chaudière n°2
E11	Traceur électrique de distribution d'ECS vers les logements
E12	Surpresseur
E13	Eclairage chaufferie
E14	Eclairage sous station solaire
<b>Mesure de la consommation de gaz</b>	
G1	Consommation de gaz

Figure 1.4 : Nomenclature des différents points de mesure

### I.3.3 Les appareils de mesures

#### I.3.3.1 Les wattmètres pinces

Les Wattmètres pinces ont été conçus pour être utilisés principalement sur des départs électriques en armoire (pompes de circulation, départ chaudière...). A chaque Wattmètre pince est associé un Pulse mètre électronique de petite taille chargé de l'enregistrement des données.

La fonction du Wattmètre pince est de transformer l'information d'énergie active en impulsions électriques mémorisable par le Pulse mètre. Le poids de l'impulsion est de 0.5 Wh.

Les Pulse mètres pour Wattmètres pinces sont des enregistreurs électroniques de dimensions très réduites branchés directement sur le Wattmètre par l'intermédiaire d'une fiche avec détrompeur. Le nombre d'impulsions est mis en mémoire dans l'enregistreur .

Les Pulse mètres sont entièrement autonomes et peuvent être laissés en place plusieurs mois selon la fréquence de mémorisation de données choisie.



*Figure 1.5 : Wattmètre pince*

Certains usages ont également été suivis au moyen de pinces ampèremétrique associées à un enregistreur central DIACE. Une transmission par courants porteurs permet l'interrogation à distance de cet enregistreur qui assure le stockage des données recueillies au pas de temps de 10 minutes et envoie automatiquement chaque jour par liaison téléphonique les mesures vers nos bureaux.

#### I.3.3.2 Les lampmètres :

Le lampmètre est un enregistreur électronique qui, grâce à ses dimensions très réduites (5 x 2,5 x 0,75 cm), peut être installé à proximité immédiate des appareils à évaluer, sans nécessité de branchement au réseau électrique.

Un capteur optique assure directement la détection des durées d'allumage des luminaires ce qui permet un montage très rapide sans intervention sur les circuits électriques. Il suffit de le fixer à proximité de la lampe à analyser et de diriger le capteur vers la source lumineuse. Entièrement autonome, il peut être laissé en place plus d'une année. A la fin de la période de mesure les données mémorisées sont transférées sur un PC où elles seront ensuite analysées.



*Figure 1.6 : Lampmètre*

Seules les dates et heures où les foyers lumineux sont allumés ou éteints sont enregistrées. Il est donc nécessaire, lors de la pose, de mesurer la puissance de ces foyers (supposée constante, pour une tension de 230 V, sur toute la durée de mesure). On multipliera ces puissances par les durées de fonctionnement enregistrées afin de connaître les consommations d'énergie.

### **I.3.3.3 La sonde de température autonome et la sonde de température DIACE**

Le thermomètre est un enregistreur électronique autonome de dimensions très réduites muni d'un capteur de température. Il effectue une mesure toutes les deux minutes, fait la moyenne chaque dix minutes et stocke cette valeur en mémoire. Le thermomètre possède une gamme de mesures très large (-50°C à 120°C) qui autorise des usages très variés. Sa précision est de +/-0.5°C entre -20 et +80°C.

Les températures de départ et de retour des différents circuits de chauffage et d'ECS ont été suivies grâce à des sondes de température reliées à un enregistreur central DIACE. Une transmission par courants porteurs permet l'interrogation à distance de cet enregistreur qui assure le stockage des données recueillies au pas de temps de 10 minutes et envoie automatiquement chaque jour par liaison téléphonique les mesures à nos bureaux.

## **I.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES**

L'ensemble des valeurs mesurées a été placé dans une base de données relationnelle à partir de laquelle les analyses et requêtes ont pu être conduites. Cette base de données contient plus de 1,6 millions de mesures.

## Partie II : Analyse des consommations (électrique et gaz) globales de la chaufferie

### II.1 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE GAZ

La consommation de gaz du 02/12/2005 au 01/12/2006 a été de 24 200 m<sup>3</sup> soit en prenant une valeur du pouvoir calorifique supérieure de 14,05 kWh/m<sup>3</sup> (taux moyen de conversion sur une année), une consommation de 340 180 kWh/an.

Sur le graphique de la figure 2.1, on observe l'évolution des consommations de gaz au cours des trois dernières années. On remarque que les consommations sont très stables.

La consommation annuelle de chauffage et d'eau chaude ramenée au mètre carré habitable est de **121 kWh/an/m<sup>2</sup>** pour l'année de suivie ou encore 8,5 MWh/an/log.

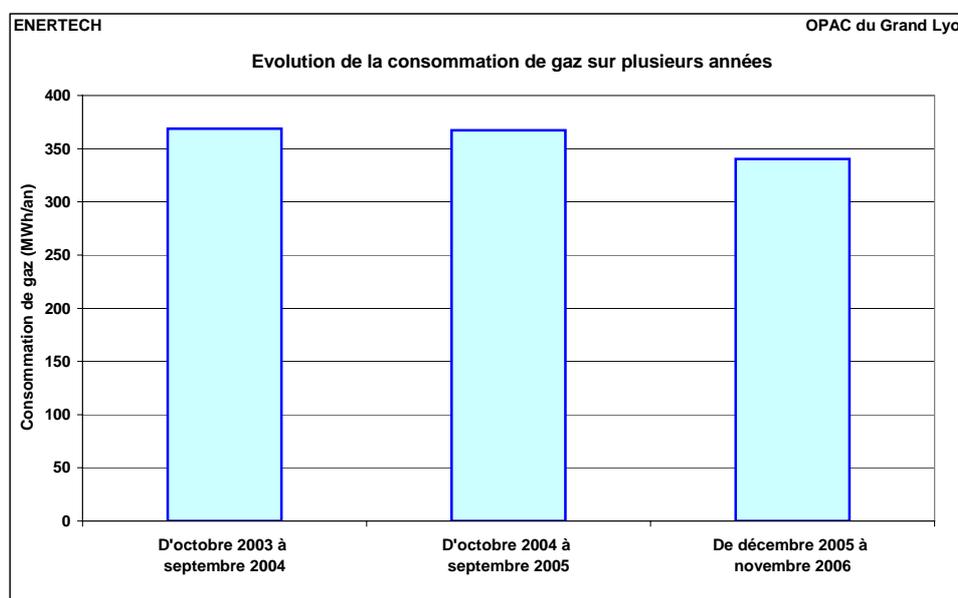


Figure 2.1 : Evolution de la consommation de gaz sur trois années

La figure 2.2 reprend l'évolution de la consommation de gaz durant la période où un mesureur a été implanté sur le compteur gaz. On a également placé sur ce graphique les consommations observées durant les mêmes mois de 2003-2004 (données issue de la campagne de mesures RESTART juin 2003- mai 2004).

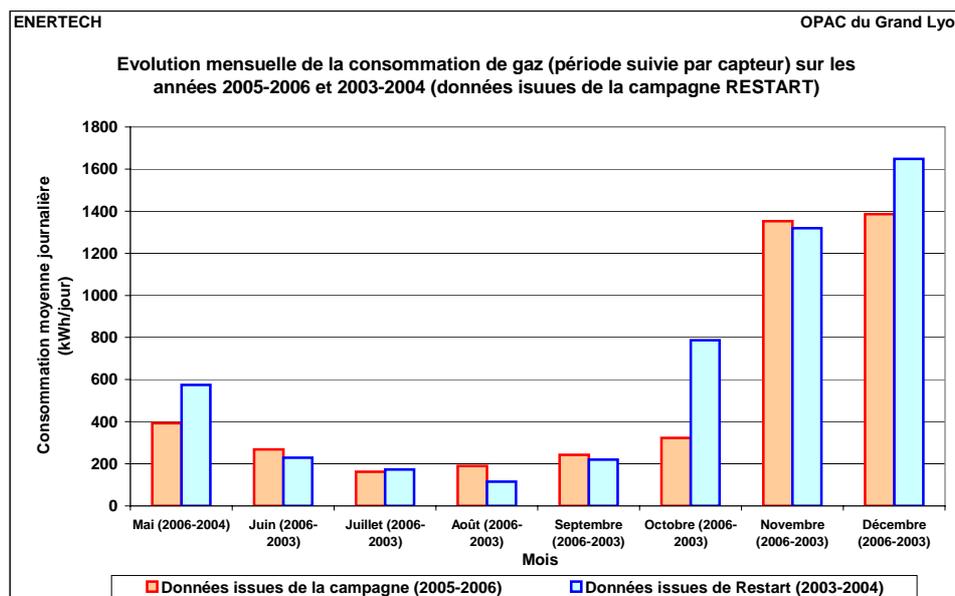


Figure 2.2 : Evolution de la consommation journalière du gaz (par mois) sur la période de suivi et durant a campagne RESTART

## II.2 CONSOMMATION ELECTRIQUE DE LA CHAUFFERIE ET DU LOCAL SOLAIRE

### II.2.1 Structure de la consommation électrique totale de la chaufferie

La consommation annuelle de la chaufferie et du local solaire est de **16 696 kWh/an** (417 kWh/an/log) soit **1 297 €H.T/an** ou encore 5,9 kWh/an/m<sup>2</sup>.

La chaufferie et le local solaire représentent environ **34%** de la consommation totale des services généraux (49 791 kWh/an pour 2003/2004 et 47 923 kWh/an pour 2004/2005). La consommation des services généraux durant la période de mesure n'étant pas connue, nous nous sommes basés sur les factures EDF des années 2003/2004 et 2004/2005 pour calculer cette valeur. La consommation électrique de la chaufferie de la résidence Berthelot est supérieure à celle observée lors d'autres campagnes de mesures, à savoir :

- Damidot (résidence située à Villeurbanne et gérée par l'OPAC de Villeurbanne) avec 2 600 kWh/an (153 kW/an/log) soit 26% de la consommation totale des services généraux,
- Chevreur (résidence située à Lyon et gérée par l'OPAC du grand Lyon) avec 14 440 kWh/an (262 kW/an/log) soit 29 % de la consommation totale des services généraux,
- Abondance (résidence située à Lyon et gérée par l'OPAC du grand Lyon) avec 7 150 kWh/an (311 kW/an/log) soit 31% de la consommation totale des services généraux

La consommation électrique de la production de chaleur pour la résidence Berthelot se décompose en deux locaux :

- La chaufferie située au R+8 avec **7 900 kWh/an** (198 kWh/an/log) soit **614 €H.T/an**.
- Le local solaire situé au R-1 avec **8 797 kWh/an** (220 kWh/an/log) soit **680 €H.T/an**.

La structure de la consommation globale de la chaufferie et du local solaire est représentée figure 2.3 et 2.4.

Local	Usages	Consommation annuelle (kWh/an)	Consommation par logement (kWh/an/log)
Chaufferie	Pompes du préparateur ECS chaufferie	3 070	76
Chaufferie	Pompe chaudière 1	1 595	39
Chaufferie	Pompe chaudière 2	795	20
Chaufferie	Pompe chauffage	1 400	35
Chaufferie	Chaudière n°1	250	6,2
Chaufferie	Chaudière n°2	344	8,6
Chaufferie	Régulation	443	11
Chaufferie	Eclairage	3	0,1
<b>Total chaufferie</b>		<b>7 900</b>	<b>197</b>
Local solaire	Traceur électrique	4 040	101
Local solaire	Surpresseur	3 050	76,2
Local solaire	Pompes du préparateur ECS solaire	1 140	28,5
Local solaire	Pompe bouclage solaire	520	13
Local solaire	Régulation préparateur ECS solaire	44	1,1
Local solaire	Eclairage	2	0,1
<b>Total local solaire</b>		<b>8 796</b>	<b>220</b>
<b>Total Chaufferie + local solaire</b>		<b>16 696</b>	<b>417</b>

Figure 2.3 : Tableau récapitulatif des consommations de chaque usage

Comme l'indique la figure 2.4, l'usage le plus consommateur de la chaufferie et du local solaire est le **traceur électrique** avec 24,2% (soit 4 040 kWh/an), viennent ensuite le préparateur ECS de la chaufferie (18,4%) puis le surpresseur (18,3%).

Si l'on regroupe par usage, l'ECS représente **9 940 kWh/an** (soit 59,5% de la consommation électrique totale de la chaufferie ou encore **6,17 kWh/an/m<sup>3</sup>**) en prenant en compte :

- les pompes du préparateur ECS chaufferie,
- les pompes du préparateur ECS solaire et sa régulation,
- le traceur électrique,
- la pompe de bouclage solaire,
- et la part de la consommation électrique des chaudières et des pompes de chaudières relative à la production d'ECS (en relation à la consommation de gaz utilisée pour la production d'ECS)

Les pompes, hors surpresseur, représentent une consommation annuelle de 8 520 kWh/an, soit 51% de la consommation totale et 213 kWh/an/logement. En incluant le surpresseur, cette consommation est de 11 570 kWh/an, soit 69% de la consommation totale, ou 289 kWh/logement.

On peut aussi référer la consommation électrique de la chaufferie à sa consommation de gaz : elle est de 49 kWh<sub>elec</sub>/MWh<sub>gaz</sub>. Ce ratio est souvent utilisé par les exploitants, et il est intéressant de le décomposer. Pour la part chauffage et éclairage, il est de 19,8 kWh<sub>elec</sub>/MWh<sub>gaz</sub>. Pour la part ECS seule (mais sans compter la part des chaudières, du surpresseur et de l'éclairage), il est de 29,2 kWh<sub>elec</sub>/MWh<sub>gaz</sub>.

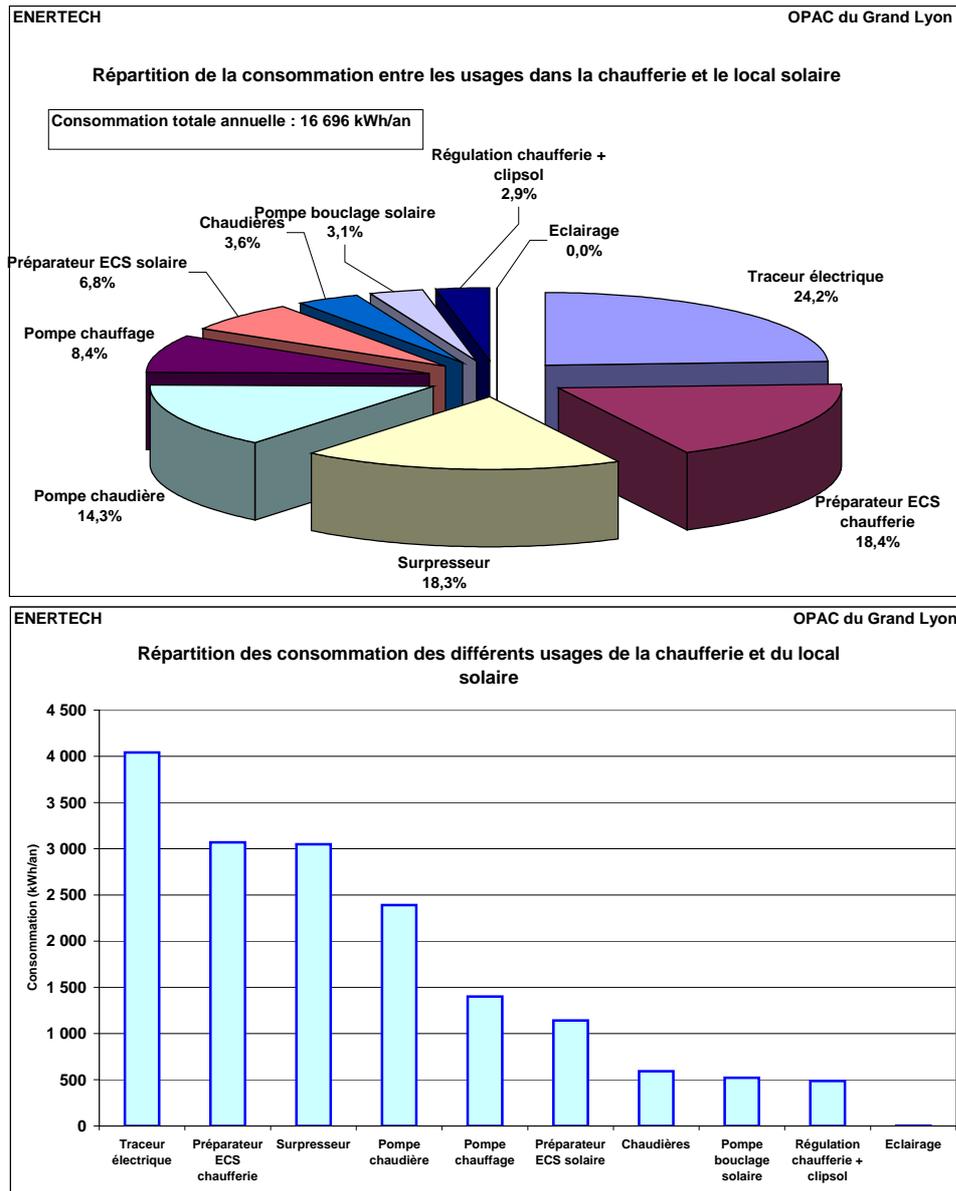


Figure 2.4 : Répartition de la consommation entre les usages dans la chaufferie et le local solaire

## II.2.2 Courbes de charges journalières

Les figures 2.5 et 2.6 représentent les courbes de charge horaire de l'ensemble des usages électriques pendant la saison de chauffe (figure 2.5) et en dehors (figure 2.6). On remarque que la plupart des usages ont une courbe de charge plate (régulation, pompe bouclage, pompes chaudières, pompes chauffage). Les seuls usages possédant des variations horaires sont le surpresseur, les pompes primaire et secondaire du préparateur solaire et le traceur électrique. Les chaudières présentent également des variations mais dans de plus faibles proportions.

Les pics de consommation apparaissent à 10-11h (2,2 kWh/h en moyenne) pendant la saison de chauffe et 19h-20h en dehors de la saison de chauffe (1,8 kWh/h). Les variations de consommation par rapport à la moyenne vont de 83% à 114% en hiver et entre 78% et 120% en été.

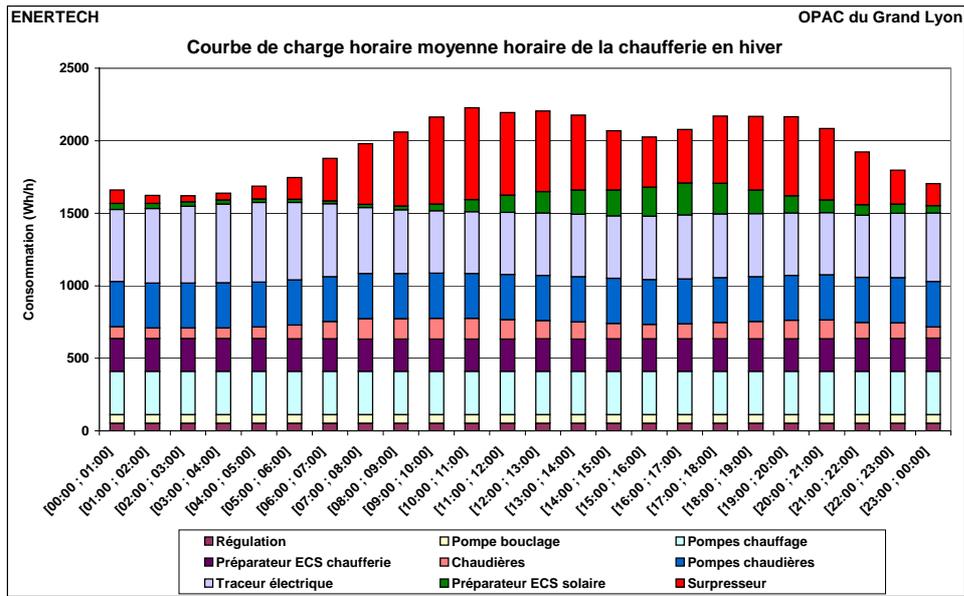


Figure 2.5 : Courbe de charge moyenne horaire de la chaufferie pendant la période de chauffe

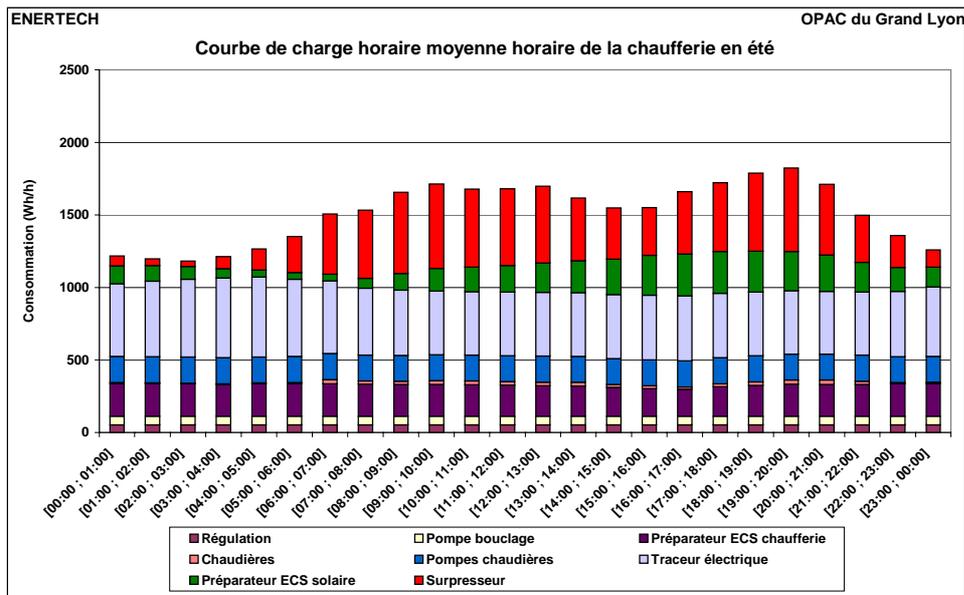


Figure 2.6 : Courbe de charge moyenne horaire de la chaufferie hors saison de chauffe

## Partie III : Analyse détaillée des consommations de chaque usage

### III.1 LES CHAUDIERES

Les deux chaudières gaz de la résidence sont identiques (chaudières de la marque Guillot référence optimagaz 174). Elles possèdent une puissance unitaire de 173 kW. Le rapport de la puissance thermique installée à la surface habitable est de **123 W/m<sup>2</sup>**, pour la résidence Damidot (Villeurbanne), le rapport est de **68 W/m<sup>2</sup>**.

La consommation électrique des chaudières correspond aux usages suivants :

- Ventilateur d'extraction des fumées avec pressostat
- Régulation électronique (tirage, déprimomètre, voyant, indicateur de température)
- Protection électronique par capteur



Figure 3.1 : photographie des chaudières

La consommation annuelle des chaudières est de **594 kWh/an** soit **46 €H.T/an**. Les chaudières représentent le septième poste de consommation électrique de la chaufferie et du local solaire avec 3,6% de la consommation totale.

Lors de l'hiver 2005, c'était la chaudière n°2 qui était en base, la chaudière n°1 venait en secours lorsque les besoins ne pouvaient être assurés par la chaudière n°2. Durant l'hiver 2006, nous avons observé un inversement des fonctionnements (la chaudière n°1 à été mise en base et la chaudière n°2 en secours).

Le graphique de la figure 3.2 représente l'évolution de la consommation journalière (des deux chaudières) et de la température extérieure (moyenne sur une semaine). On remarque que la consommation électrique des chaudières est relativement bien corrélée à la température extérieure pendant la saison de chauffe.

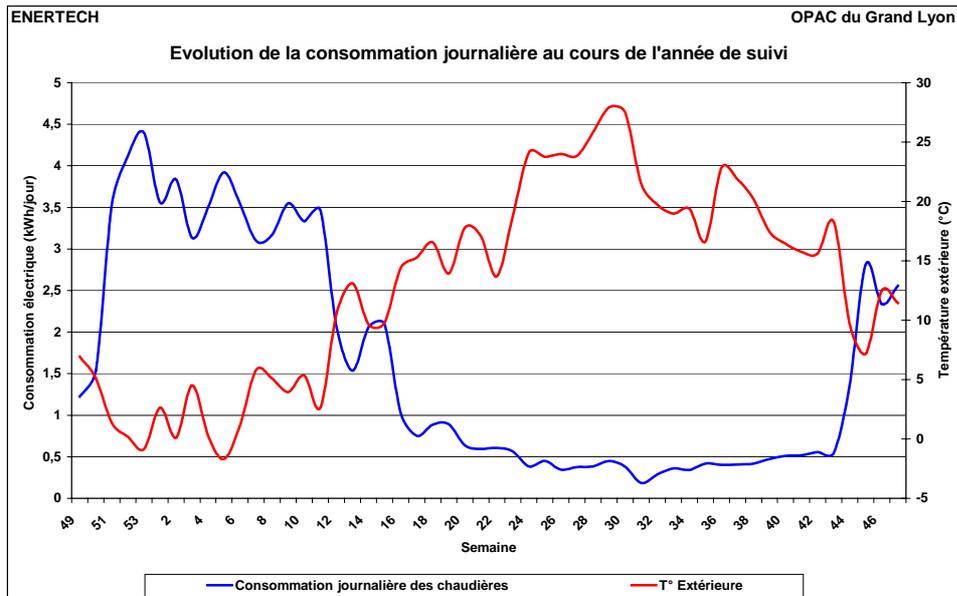


Figure 3.2 : Evolution de la consommation électrique des chaudières et de la température extérieure au cours de l'année

Le graphique de la figure 3.3 montre bien, quant à lui la corrélation entre température extérieure moyenne sur une journée et la consommation électrique journalière des chaudières durant la saison de chauffe.

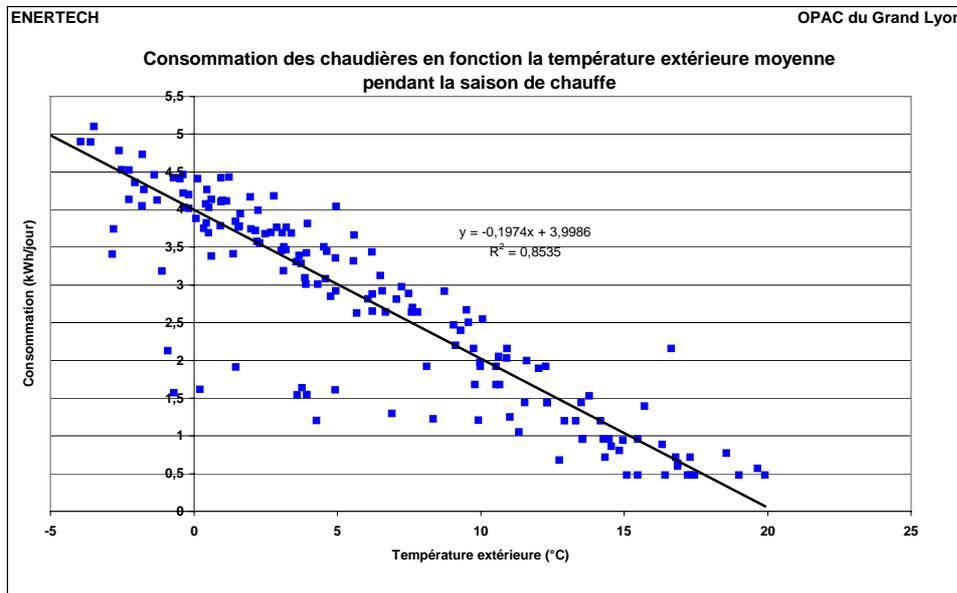


Figure 3.3 : Consommation journalière des chaudières en fonction de la température extérieure

La chaudière n°2 a été la chaudière prioritaire durant la saison de chauffe 2005/2006, puis la chaudière « de secours » durant la saison de chauffe 2006/2007. On le remarque sur la figure 3.4 car la consommation de la chaudière n°2 est toujours supérieure à celle de la chaudière n°1 ce qui implique des durées de fonctionnement supérieures (car les puissances absorbées sont équivalentes).

C'est la chaudière n°1 seule qui assurait la production d'ECS hors saison de chauffe.

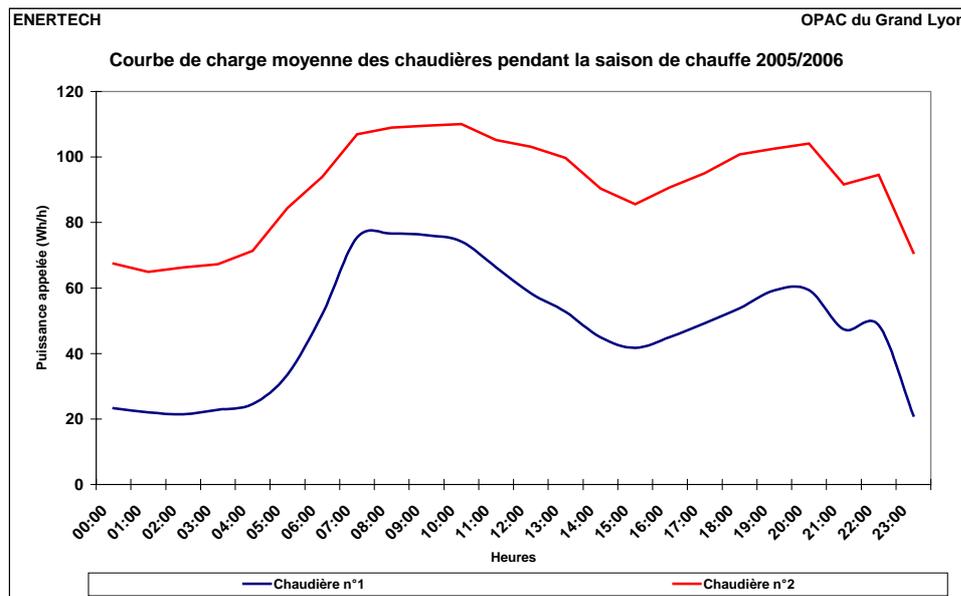


Figure 3.4 : Courbe de charge journalière des chaudières durant la saison de chauffe

## III.2 LES POMPES DES CHAUDIERES

### III.2.1 Description de l'usage

Les pompes des chaudières (pompes simples de marque Wilo référence TOP-S40/4) fonctionnent en permanence durant la saison de chauffe. Elles ne sont pas asservies aux fonctionnements des chaudières. Hors saison de chauffe, seule la pompe de la chaudière n°1 fonctionne ce qui est logique étant donné que la chaudière n°1 assure seule la production d'ECS. L'arrêt de la pompe chaudière n°2 a eu lieu le 16/05/2006 et son redémarrage le 03/11/2006. Les puissances absorbées par les pompes des chaudières sont de l'ordre de 180W chacune.

Figure 3.5 : Photographie d'une des pompes chaudière



La consommation des pompes des chaudières représente 14,3 % de la consommation totale (chaufferie + local solaire) avec une consommation annuelle de **2 390 kWh/an (1 600 kWh/an pour la pompe chaudière n°1 et 790 kWh/an pour la pompe chaudière n°2)** soit **186 €H.T/an**.

La consommation moyenne par logement des pompes chaudières est de 60 kWh/an/log. Les consommations par logement des opérations Chevreul (OPAC du grand Lyon) et Damidot (OPAC de Villeurbanne) sont respectivement de 64 kWh/an/log et 32 kWh/an/log.

Une autre comparaison peut être effectuée si l'on compare la puissance thermique de la chaudière à la consommation électrique de la pompe. On obtient alors un ratio de 6,9 kWh<sub>elec</sub>/kW<sub>th</sub> dans la chaufferie de la résidence Louis Rigal et 6,2 kWh<sub>elec</sub>/kW<sub>th</sub> pour l'immeuble Damidot.

### III.2.2 Economies d'énergie réalisables

On a vu que les pompes de circulation des chaudières fonctionnent en permanence durant la saison de chauffe. Hors saison de chauffe, seule la pompe de la chaudière destinée à fabriquer l'ECS fonctionne.

On suggère d'asservir le fonctionnement des pompes au brûleur des chaudières. Durant la saison de chauffe, seule la pompe de la chaudière n'étant pas prioritaire sera arrêtée. La pompe de la chaudière prioritaire sera en fonctionnement permanent afin d'assurer un bon fonctionnement de la régulation. De plus la grande durée de fonctionnement de la chaudière prioritaire n'implique pas de grandes économies. Sachant que la chaudière prioritaire change à chaque saison de chauffage, l'asservissement sera réalisé sur les deux pompes, il sera simplement uniquement effectif sur la chaudière « secours ».

Une temporisation de 1 minute 30 secondes après l'extinction du brûleur permettrait d'évacuer l'énergie résiduelle de la chaudière.

Le coût de cette opération est inférieur à 200 €H.T car le régulateur en place permet la commande des pompes et la définition des temporisations.

Il est très difficile d'estimer les économies engendrées par cette solution car le nombre d'allumage des chaudières n'est pas connu, or on applique la temporisation à la fin de chaque cycle de la chaudière.

On peut cependant indiquer que les économies minimum (pompe arrêtée uniquement si la chaudière est arrêtée pendant 10 minutes) sont de 42% (en saison de chauffe pour la pompe de la chaudière « secours ») soit **420 kWh/an** ou encore **33 € H.T/an**. Si l'on prend pour hypothèse un nombre de démarrages fixe de la chaudière allant de 1 à 4 par tranche de 10 minutes, on obtient les économies présentées dans le tableau de la figure 3.6.

Nombre de démarrages/10min	Economie (kWh/an)	Economie (%)	Economie (€ H.T/an)
1	732	73	57
2	645	65	50
3	560	56	44
4	477	48	37

Figure 3.6 : tableau récapitulatif des économies envisageables pour les pompes chaudières

### III.3 LA POMPE DE CIRCULATION DE CHAUFFAGE

#### III.3.1.1 Description de l'usage

La pompe de circulation de chauffage (pompe double de marque Wilo référence TOP-SD40/7) est une pompe à vitesse constante, elle permet la circulation de l'eau de la chaufferie vers les corps de chauffe.



Figure 3.7 : Photographie de la pompe double de chauffage

Cette pompe a fonctionné en permanence durant 225 jours pendant la campagne de mesure (du 02/12/2005 au 16/05/2006 et du 03/10/2006 au 02/12/2006). Il est étonnant que la pompe de chauffage ait été mise en fonctionnement 30 jours avant la mise en température du circuit de chauffage (le 02/11/2006).

Sa consommation annuelle est de **1 400 kWh/an** soit **109 €H.T/an** (ou encore 8,4 % de la consommation totale de la chaufferie et du local solaire réunis).

La consommation moyenne de la pompe de chauffage est de **35 kWh/an/log**. Les consommations par logement des opérations Chevreul et Damidot sont respectivement de 51 kWh/an/log et 26 kWh/an/log (pompe à vitesse variable pour Damidot).

#### III.3.1.2 Economies d'énergie réalisables

Sachant qu'il existe des robinets thermostatiques dans les logements, il est possible d'installer une pompe à vitesse variable. La variation de vitesse permet de maintenir la pression différentielle constante aux bornes des corps de chauffe des logements.

Le cahier de notes « Circulateur pour les circuits de chauffage » publié par le COSTIC<sup>2</sup> indique les économies réalisables grâce à la mise en place de circulateur à vitesse variable en prenant en compte les caractéristiques du bâtiment, les régulations (terminale et de tête) et la localisation géographique.

<sup>2</sup> Comité Scientifique et technique des industries climatiques

Ce document indique une économie annuelle d'environ **15%** lorsque la régulation maintient la pression différentielle constante. Si une régulation avec pression différentielle proportionnelle au débit est utilisée, les économies générées sont estimées à **21%**. Ces économies sont données si l'on met en place un variateur de vitesse sur la pompe actuelle. Or il existe actuellement des pompes avec motorisation ECM (moteur à aimant permanent) qui permettent un gain supplémentaire d'énergie. La puissance mesurée lors de la campagne de mesure est de 260 W en moyenne. Pour les caractéristiques du réseau hydraulique, une pompe ECM consommerait 200W soit 20% d'économie.

L'économie est estimée à **550 kWh/an** soit **42 €HT/an**. Il n'existe pas de temps de retour au sens premier du terme sachant que le prix d'une pompe adaptée (pompe SIRIUX D32-70 du constructeur SALMSON) coûte 1 760 €H.T. Le temps de retour serait alors de 42 ans. Le changement de pompe ne devrait avoir lieu que lorsque la pompe actuellement en place sera défectueuse. La différence entre le prix d'une pompe classique sans variateur de vitesse et une pompe performante avec variation de vitesse est de 670 €H.T, le temps de retour est donc ramené à 16 ans).

### **III.4 LA POMPE DE BOUCLE SOLAIRE**

La pompe de bouclage solaire permet un échange entre le ballon solaire et le ballon tampon (en chaufferie).

Cette pompe (marque Salmson référence NXL33-32P) fonctionne en permanence toute l'année et absorbe une puissance instantanée moyenne de 61 W soit une consommation annuelle de **518 kWh/an** ou encore **40 €/an H.T.**

Cette pompe est inhérente à la conception très discutable de cette installation dans laquelle les ballons solaire et d'appoint sont très éloignés.

### **III.5 LES PREPARATEURS D'ECS**

#### **III.5.1 Le préparateur d'ECS solaire (Blocsol)**

##### **III.5.1.1 Description de l'usage**

Le préparateur d'ECS solaire (Blocsol de la marque Clipsol) est composé de deux pompes et d'un échangeur :

- La pompe primaire (marque Salmson référence SXM 32-45) permet la circulation du fluide caloporteur jusqu'à l'échangeur
- La pompe secondaire (marque Salmson NSVB 30-25S) permet la circulation de l'ECS du ballon de stockage située dans le local solaire jusqu'à l'échangeur.



*Figure 3.8 : Photographie du préparateur ECS solaire*

Le préparateur ECS est « théoriquement » piloté par une régulation qui commande les deux pompes. La première pompe qui est mise en fonctionnement est la pompe P1. Pour que celle-ci soit mise en fonctionnement, il est nécessaire que la température mesurée au niveau des panneaux solaires soit supérieure de quelques degrés à celle du ballon de stockage. Puis lorsque la température a atteint un seuil, P2 est mise en route. Ce type de fonctionnement est théorique et nous verrons que le préparateur ECS ne fonctionne pas correctement.

La consommation annuelle de ce poste est de **1 140 kWh/an** soit **86 €H.T/an** (6,8% de la consommation totale de la chaufferie et du local solaire). La consommation annuelle de ce poste par logement est donc de **28 kWh/an/log** alors qu'elle n'est que de 15,3 kWh/an/log pour la résidence Damidot (fonctionnement correct) soit quasiment deux fois plus importante.

La figure 3.9 montre l'évolution des durées de fonctionnement journalières du préparateur au cours de l'année. On remarque bien qu'en moyenne les durées de fonctionnement du préparateur augmentent lorsqu'on va vers l'été. Ce fonctionnement est tout à fait normal étant donné que le préparateur fonctionne uniquement quand il y a production d'eau chaude solaire.

On observe cependant des fonctionnements anormaux comme par exemple pendant les périodes du 01 février, du 15 au 18 février, du 18 mars, du 16 au 21 juin, ... ou l'on observe un fonctionnement continu du préparateur même pendant la nuit.

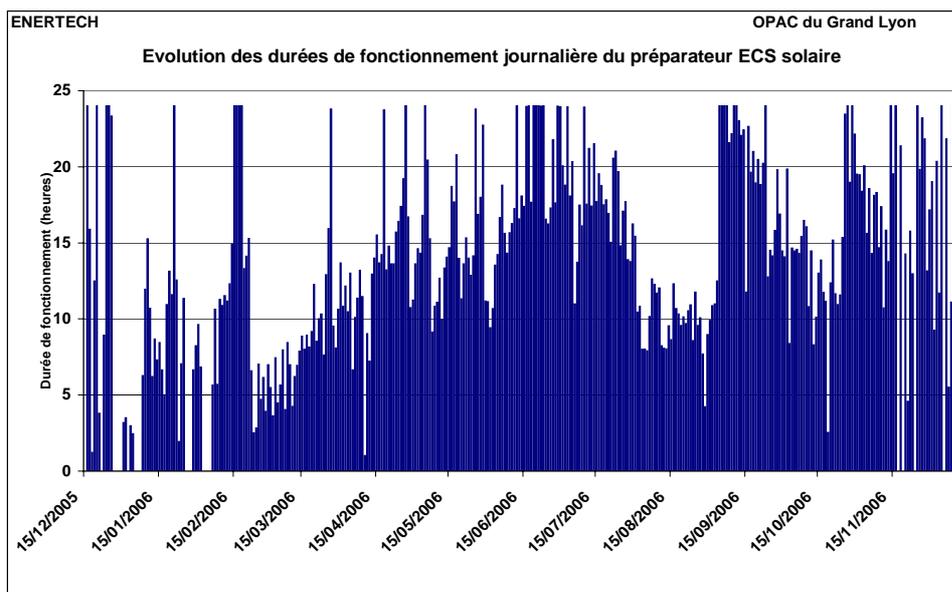


Figure 3.9: Evolution de la consommation électrique des pompes ECS solaires au cours de l'année

La durée moyenne journalière de fonctionnement du préparateur ECS solaire de Berthelot est de 13,4 h/jour (avec une seule pompe en fonctionnement) et 9,8 h/jour (avec 2 pompes en fonctionnement) alors qu'elle n'est que de 8 heures (avec une seule pompe en fonctionnement) et 7,7 heures (avec 2 pompes en fonctionnement) dans la résidence Damidot (résidence relativement proche en distance donc bénéficiant des mêmes apports solaires).

### III.5.1.2 Economies d'énergie réalisables

Nous avons observé un réel dysfonctionnement du préparateur ECS solaire. Un rétablissement du bon fonctionnement permettrait de diminuer la consommation énergétique. Pour estimer les économies potentielles, nous nous sommes basés sur la campagne de mesure réalisée dans l'immeuble Damidot car le préparateur de cette résidence fonctionnait correctement. Les économies engendrées seraient de **508 kWh/an** (45% d'économie) soit **39 €H.T an**.

## III.5.2 Le préparateur d'ECS chaufferie

### III.5.2.1 Description de l'usage

Le préparateur ECS chaufferie (cf. photographie de la figure 3.10) est composé d'un échangeur, d'une vanne trois voies au primaire et de deux pompes :

- La pompe primaire (marque Grundfos TP25-50-2P) permet la circulation du fluide de la bouteille de mélange en sortie des chaudières jusqu'à l'échangeur
- La pompe secondaire (pompe Grundfos UPS32-80) permet la circulation de l'ECS de l'échangeur au ballon d'ECS.

La consommation annuelle de cet usage est de **3 070 kWh/an** soit **238 €H.T/an** ce qui en fait le second plus gros consommateur avec 18,4 % de la consommation totale (chaufferie et local solaire). La consommation par logement est donc de 77 kWh/an/log. A titre de comparaison les consommations par logement des résidences Chevreul et Damidot sont respectivement de 89 kWh/an/log et 23 kWh/an/log.

Les différences entre les résidences Damidot et Berthelot proviennent du fait que la pompe primaire de Damidot est asservie correctement à la température dans le ballon.



*Figure 3.10 : Préparateur ECS de la chaufferie*

Il existe sur le secondaire un régime de température de nuit 50°C (moyenne mesurée de 21h à 05h) et un régime de jour avec une température d'eau de (58°C en moyenne).

### III.5.2.2 Solution d'économie d'énergie

Il existe plusieurs économies possibles. La première étant de commander la pompe primaire en fonction des besoins (nous avons en effet observé de longue période sans coupure de la pompe). Dans l'opération de Damidot, la pompe primaire ne fonctionne que durant 32% de l'année. L'économie escomptée pour l'asservissement de la pompe primaire de l'échangeur aux besoins est de **1 120 kWh/an** soit **88 €H.T/an**. Un verrouillage de la vanne trois voies en position ouverte (ainsi que l'enlèvement de son moteur et de sa régulation) est nécessaire afin d'éviter les conflits entre la vanne trois voies qui nécessite une circulation permanente de l'eau et la commande de la pompe. Outre l'économie d'électricité, c'est également l'énergie thermique qui est économisée car on s'astreint des pertes des canalisations au primaire de l'échangeur.

La meilleure solution étant d'asservir le fonctionnement des deux pompes à la température dans le ballon. Cela implique un bon emplacement de la sonde de température afin de garantir un volume d'eau chaude suffisante en cas de puisage important tout en n'enclenchant pas les deux pompes de manière trop systématique. L'économie générée par cette solution est de **2 060 kWh/an** soit **160 €H.T/an**. Comme indiqué précédemment, une économie d'énergie « thermique » existe également, elle est même supérieure à la solution précédente car il n'existe plus de circulation d'eau dans les canalisations (primaire et secondaire) et l'échangeur.

## III.6 LE SURPRESSEUR

### III.6.1.1 Description de l'usage

Le surpresseur (module de surpression de marque Wilo référence ECO2804T) est disposé dans le local solaire. Il permet de surpresser l'eau potable du réseau de ville afin que la pression au niveau des utilisateurs soit satisfaisante, même au dernier étage. Le surpresseur est associé à un réservoir à membrane sous pression d'azote permettant de réduire le nombre de mises en route de la pompe.



Figure 3.11 : Photographie du module de surpression

La consommation annuelle du surpresseur est de **3 050 kWh/an** (18,3% de la consommation totale de la chaufferie et du local solaire) soit un coût de **237 €H.T/an**.

La figure 3.12 présente l'évolution de la consommation du surpresseur au cours de l'année. La consommation moyenne journalière est de 8,3 kWh/jour. Les consommations maximale et minimale ont été respectivement observées le 15/10/06 avec 11,5 kWh/jour et le 05/08/06 avec 4,3 kWh/jour.

On observe nettement la réduction de consommation due à la période estivale des vacances. La consommation du surpresseur, en supposant que la pression amont du réseau est constante est une bonne image de la consommation d'eau.

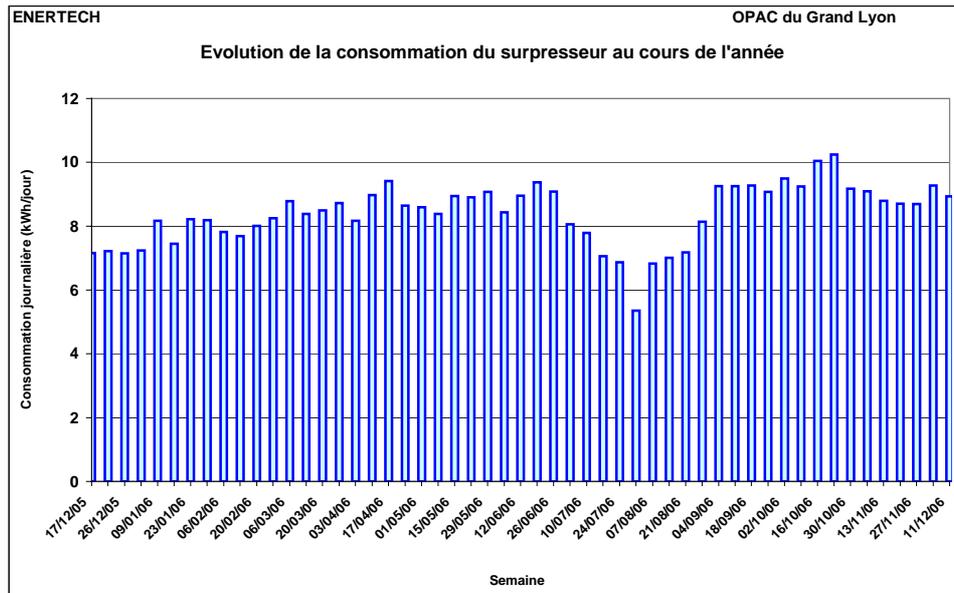


Figure 3.12: Evolution de la consommation du surpresseur au cours de l'année

L'évolution hebdomadaire (cf. figure 3.13) de la consommation du surpresseur montre de légères disparités entre les jours de la semaine. C'est le dimanche où la consommation est la plus importante avec en moyenne 9 kWh/jour. La plus faible consommation moyenne journalière se produit le vendredi avec 7,9 kWh/jour.

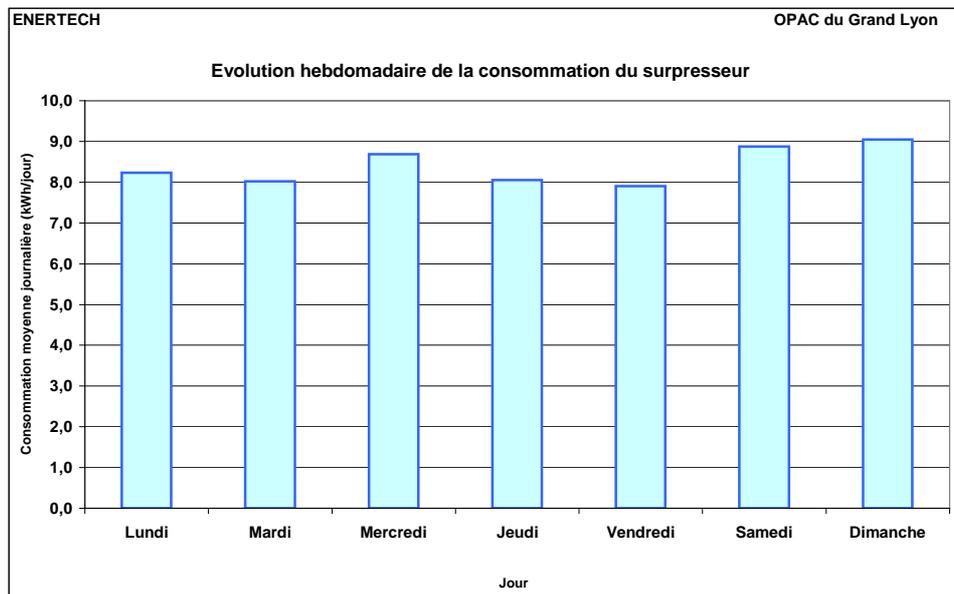


Figure 3.13 : Evolution hebdomadaire de la consommation du surpresseur

La figure 3.14 donne la courbe de charge moyenne journalière du surpresseur. On remarque deux « pointes » de consommation à 9 heures (0,59 kWh/h) et à 19 heures (0,55 kWh/h).

On est surpris que la nuit, la consommation entre 2 et 3 heures du matin ne soit pas nulle. Il conviendrait de vérifier, à tout hasard, si ceci ne correspondait pas à des fuites du réseau.

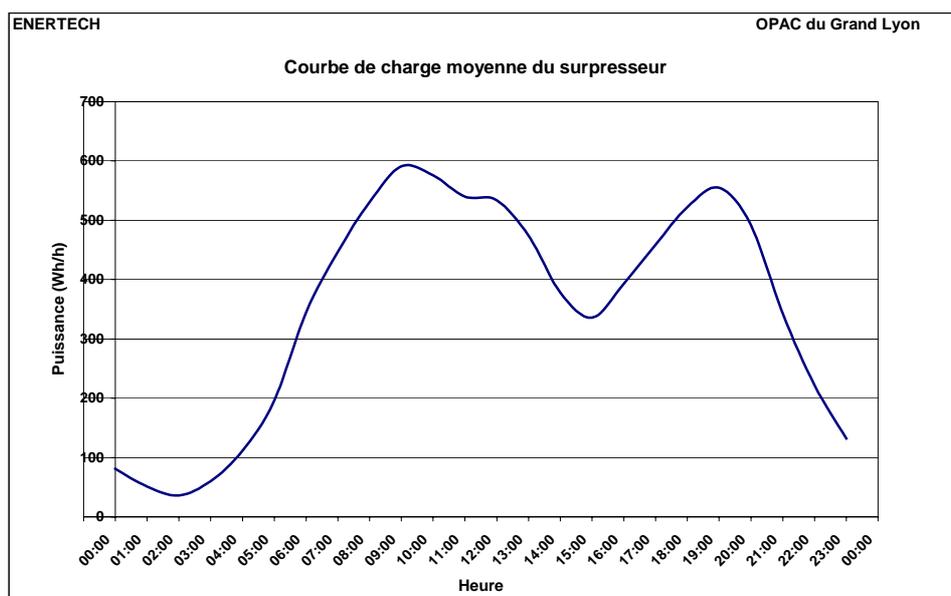


Figure 3.14: Courbe de charge moyenne du surpresseur

### III.6.1.2 Economies d'énergie réalisables

Au cours de nos différentes visites dans le local solaire, nous avons observé un nombre de démarrages important. A chaque puisage, le surpresseur est sollicité.

Nous avons également vérifié le dimensionnement de la capacité du réservoir. Avec le dimensionnement actuel, la réserve utile est de 57,2 litres. En reprenant la consommation moyenne journalière d'eau ( $4,5 \text{ m}^3/\text{jour}$ ) ainsi que la répartition horaire des puisages (données AICVF<sup>3</sup>), on obtient une consommation moyenne horaire de 185 litres/heure. Le surpresseur démarrera ainsi 3,2 fois par heure soit 77 démarrages/jour. Avec 100 000 démarrages, la durée de vie du moteur est estimée à 3,6 ans. Le nombre de démarrage maximum sera obtenu durant le mois de mars avec 14 démarrages par heure à l'heure de pointe.

<sup>3</sup> Association des Ingénieurs en Chauffage, Ventilation et Froid

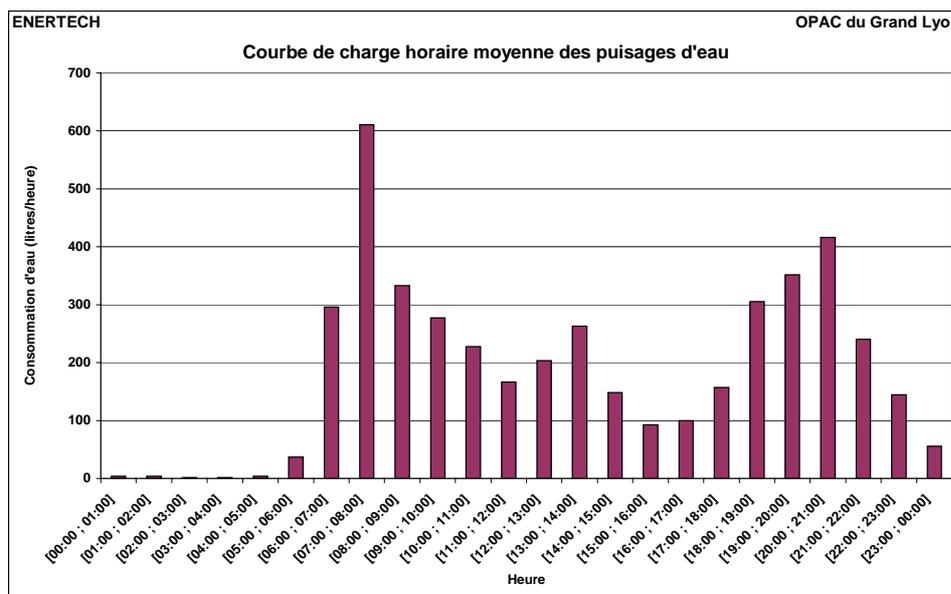


Figure 3.15 : Courbe de charge journalière des consommations d'eau

Nous n'avons pas mesuré le nombre de démarrage mais celui-ci était supérieur à 5 par heure, il existe donc un dysfonctionnement. Afin de ménager le surpresseur et ainsi augmenter sa durée de vie, il est souhaitable de rapidement « regonfler » le réservoir à pression (si le problème vient de cet organe). Des économies d'énergies seront faibles mais la durée de vie du surpresseur sera nettement améliorée.

## III.7 LE TRACEUR ELECTRIQUE

### III.7.1 Description de l'usage

Si la température de l'ECS baisse dans les canalisations, les occupants devront puiser l'eau depuis le ballon de stockage pour obtenir de l'eau chaude (plusieurs litres seront ainsi gaspillés). Grâce au traceur électrique (résistance électrique placée sur les canalisations), les pertes thermiques des canalisations d'ECS sont compensées.

Avec l'isolant en place (coquille de mousse caoutchouc), les besoins en puissance sont d'environ 10,1W par mètre linéaire de canalisation, ce qui est très insuffisant.

Le traceur est le premier usage en terme de consommation de l'ensemble des appareils suivis (dans la chaufferie et le local solaire). Sa consommation annuelle est de **4 036 kWh/an** (soit 24,2% de la consommation total de la chaufferie et du local solaire) ou encore **313 € H.T/an**. La consommation du traceur évolue très peu au cours de l'année, les extrêmes sont 10,3 kWh/jour et 11,8 kWh/jour observés respectivement le 29/11/2006 et le 14/05/2006.

Deux pics ont eu lieu le 26-27 juin et le 06-07 juillet, les consommations dans ces deux périodes ont été d'environ 15 kWh/jour. Ces pics sont imputables à une baisse de la température dans le ballon (celui-ci est descendu à 25°C), s'expliquant par un arrêt des chaudières. L'eau chaude sanitaire a donc été produite directement par le traceur !

Comme indiqué dans le chapitre III.5.2, il existe un régime de nuit et un régime de jour pour la température du ballon d'appoint de l'ECS. Or le traceur est équipé d'une régulation qui maintient la température de la canalisation constante. La baisse de température de l'ECS au départ de la production est donc ajustée par la résistance électrique du traceur. La figure 3.16 montre la consommation moyenne journalière du traceur électrique ainsi que la température dans le ballon (le traceur électrique de la canalisation commence au delà de l'emplacement de la sonde de mesure que nous avons posé, ce qui nous permet de mesurer la température en sortie de ballon tampon et non la température corrigée par le traceur). On remarque bien l'augmentation de consommation du traceur lorsque la température dans le ballon diminue.

A la place de réchauffer l'eau avec un rendement acceptable en terme d'énergie primaire (production par chaudière à gaz), on utilise ainsi l'énergie électrique. La surconsommation du traceur pendant la baisse de la température de l'ECS la nuit est estimée à 255 kWh/an.

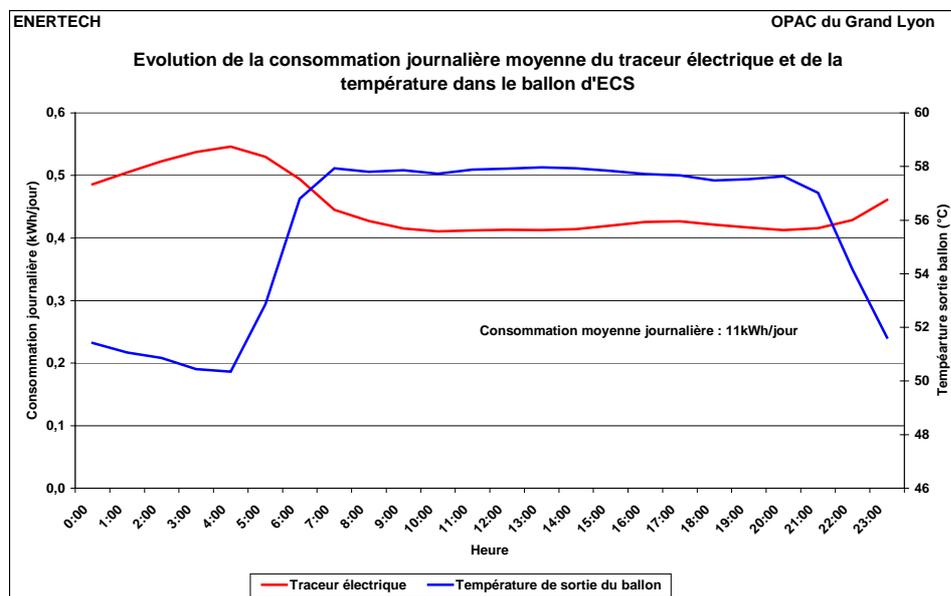


Figure 3.16 : Evolution moyenne journalière de la consommation du traceur et de la température dans le ballon d'ECS

### III.7.2 Economies d'énergies réalisables

Comme indiqué précédemment, le traceur surconsomme durant la nuit suite à un abaissement de la température dans le ballon d'appoint. Un calcul nous a permis d'observer que si l'on maintient la température du ballon à 58°C (température moyenne actuelle observé de 5h à 21h) même durant la nuit, les pertes thermiques supplémentaires s'élèvent à 138 kWh/an (en prenant un rendement de génération moyen de 70%). En comparant cette augmentation à la surconsommation du traceur, en énergie primaire (658 kWh/an) on se rend compte qu'il est plus judicieux de ne pas diminuer la température du ballon la nuit. On économisera ainsi 255 kWh/an.

## III.8 LES AUTRES USAGES

### III.8.1 La régulation

Le poste de la régulation consomme **487 kWh/an** soit **38 € H.T/an** ou encore 12 kWh/an/log il comprend :

- Le régulateur de chauffage
- Les vannes trois voies
- Les contacteurs
- Les éléments de sécurité (détecteur de fuite de gaz)
- Les voyants lumineux (marche, défaut)
- La régulation du préparateur ECS chaufferie
- La régulation du préparateur solaire

La consommation de ce poste est permanente. Elle vaut 378 kWh/an pour la résidence Damidot soit une consommation par logement de 20 kWh/an. La consommation par logement est certes plus importante à Damidot cependant, ce poste comporte quasiment les mêmes éléments quelle que soit la taille de la résidence.

### III.8.2 Eclairage chaufferie et local solaire

Les systèmes d'éclairage sont les usages les moins consommateurs des chaufferies. Nous n'avons observé aucun dysfonctionnement, les durées d'éclairage sont donc faibles.

La consommation annuelle de l'éclairage de la chaufferie est de **2,9 kWh/an** soit **0,23 €H.T/an**. Celle du local solaire est de **2 kWh/an** soit **0,15 €H.T/an**.

## Partie IV : Etudes thermiques

### IV.1 CIRCUIT DE CHAUFFAGE

#### IV.1.1 Température de départ et température extérieure

La température de départ est fixée par la vanne trois voies située entre la bouteille de mélange et la pompe de circulation de chauffage. Le régime de température prévu dans le CCTP est de 80/65°C (80°C pour la température de base : -11°C).

Le graphique de la figure 4.1 représente l'évolution de la température de départ de chauffage en fonction de la température extérieure (moyenne sur une heure). On observe une corrélation entre les deux températures durant une longue période. La température de départ maximale a été atteinte (63,5°C) pour une température de -11°C. La température de base a été quasiment atteinte mais la température de départ n'a alors été que de 63,5° au lieu de 80 °C. La pente programmée dans le régulateur est de 1,4, la pente mesurée (courbe de tendance) est de 1,35 durant la saison de chauffe 2005/2006. Il n'existe donc a priori pas de problème particulier, seule la température de départ a été abaissée. L'abaissement de la loi de chauffe est normal car les calculs de charge thermique doivent être faits en l'absence d'apports solaires et internes. Ils sont donc surdimensionnés. Dans la réalité, les réglages doivent tenir compte de ces apports, cela se traduit par une réduction des températures de départ.

On observe un problème de régulation au cours de toute la saison de chauffe 2006/2007 (jusqu'à l'arrêt des mesures et il se peut bien que ce problème n'ai à ce jour pas été résolu). Pendant cette période, la température évolue peu en fonction de la température extérieure (en moyenne 63°C). Le régulateur est manifestement en panne.

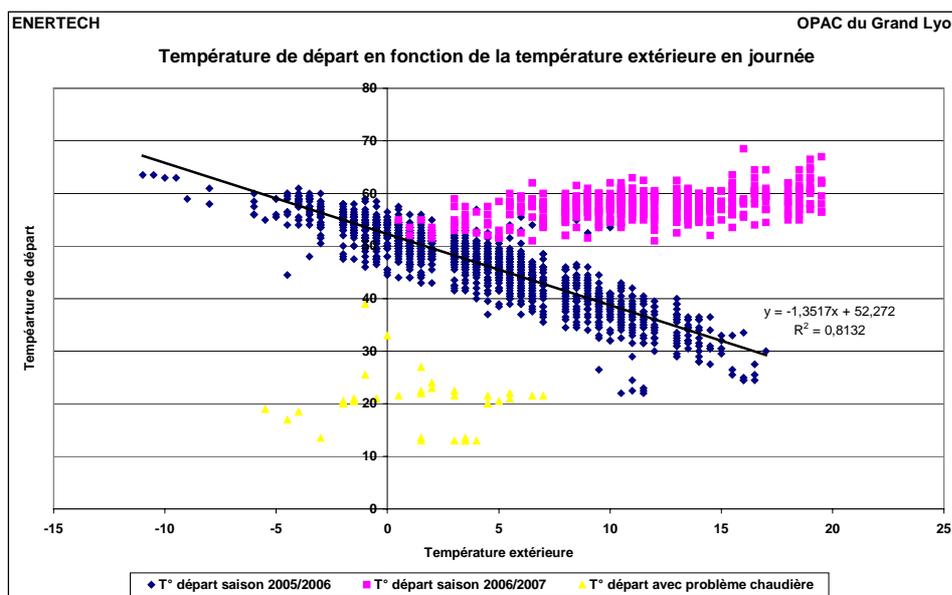


Figure 4.1 : Evolution de la température de départ de chauffage en fonction de la température extérieure

### IV.1.2 Evolution des températures de départ et de retour

Les figures 4.2 et 4.3 permettent d’observer les variations de température de départ et de retour durant les saisons de chauffe 2005/2006 (figure 4.2) et 2006/2007 (figure 4.3).

On remarque sur ces figures que le fonctionnement durant une journée de la saison 2005/2006 est correct, il existe un ralenti de nuit à partir de 22h50. L’heure de remise en température est de 06h30. Pendant cette saison, on remarque bien une évolution entre une journée sans soleil (figure 4.2 à gauche) et une journée avec soleil (figure 4.2 à droite), puisque lorsqu’il y a du soleil, la température extérieure augmente, et donc la température de départ baisse.

Durant la saison 2006/2007 (cf. figure 4.3), on remarque qu’il n’existe pas de ralenti. La température de départ en journée et la nuit est identique (environ 60°C). De plus la température de départ ne varie quasiment pas en fonction de la température extérieure, que ce soit sur la figure 4.3 de gauche ou de droite.

La modification de la régulation ou le fait qu’un élément soit défectueux a probablement entraîné une augmentation de la consommation.

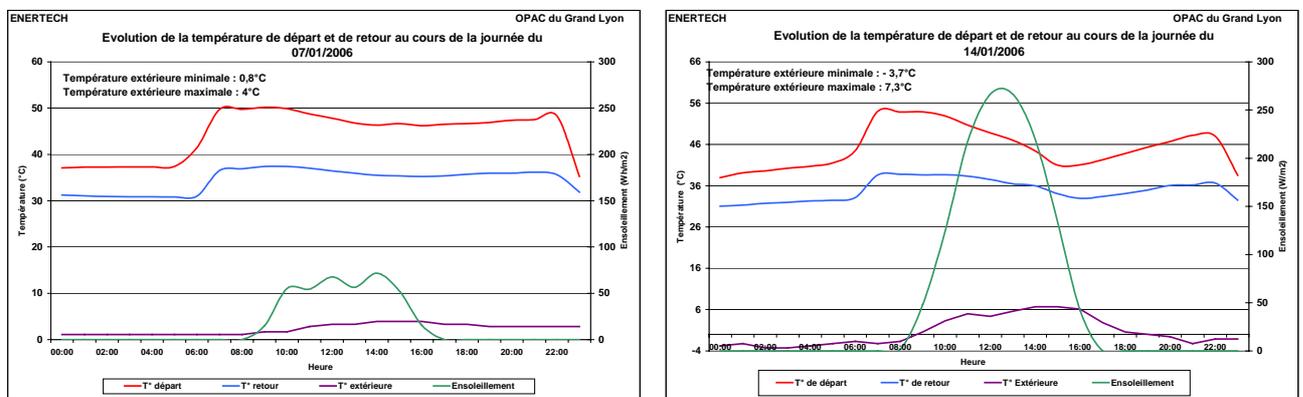


Figure 4.2 : Evolution de la température de départ et de retour durant une journée de la saison de chauffe 2005/2006

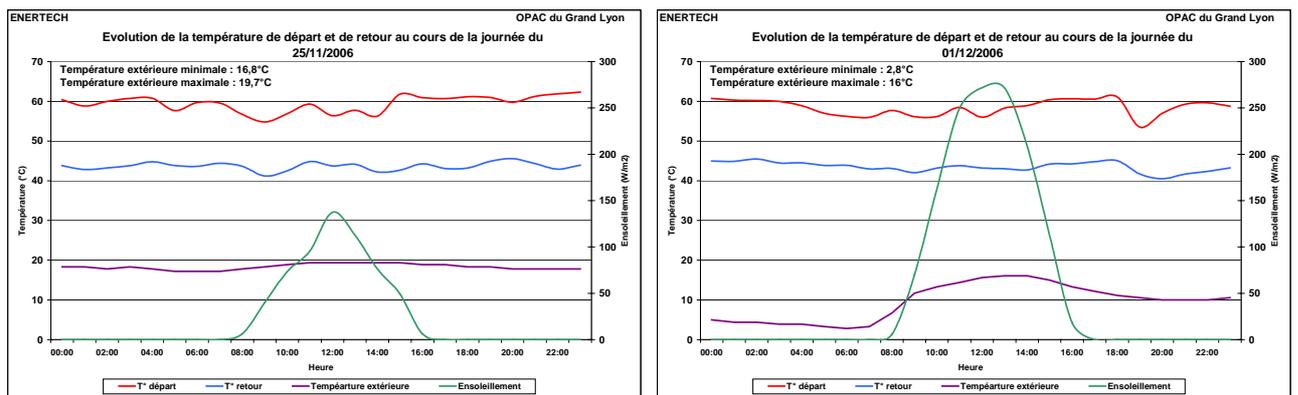


Figure 4.3 : Evolution de la température de départ et de retour durant une journée de la saison de chauffe 2006/2007

### IV.1.3 Evolution de la température de retour

Pour un régime 80/65, pour une température de départ de 80°C, la température de retour devrait être de 65°C. Cette température de retour « théorique » n'est valable qu'en l'absence d'apport interne. S'il existe des apports internes, la température de retour sera plus importante que la théorique. En effet, certains robinets thermostatiques étant fermés, la puissance disponible en chaufferie est trop importante, la température de retour sera par conséquent plus élevée que prévue.

Nous avons vu que la température de départ est d'environ 60°C et non 80°C (température prévue dans le CCTP). Cette différence implique une température de retour plus faible. Pour une même puissance délivrée si le départ est effectué à 65°C au lieu de 80°C, la température de retour sera de 45°C

La figure 4.4 nous montre que la température de retour est la plupart du temps inférieure à la théorique.

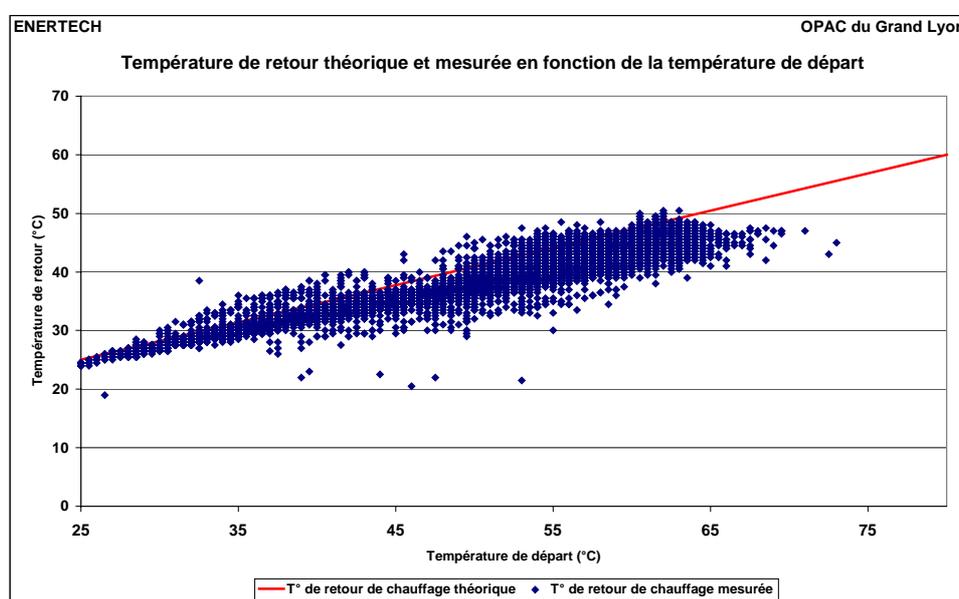


Figure 4.4 : Température de retour théorique et réelle en fonction de la température de départ

La figure 4.5 nous montre sans ambiguïté que la température de retour réelle est inférieure à la théorique. Elle représente le rapport de la température de retour mesurée à la température de retour théorique (calculée en fonction de la température de départ) sans prendre en compte le ralenti de nuit. On voit que ce rapport évolue entre 90% et 100%. Ceci s'explique très probablement par une valeur du débit nominal inférieur à la valeur théorique.

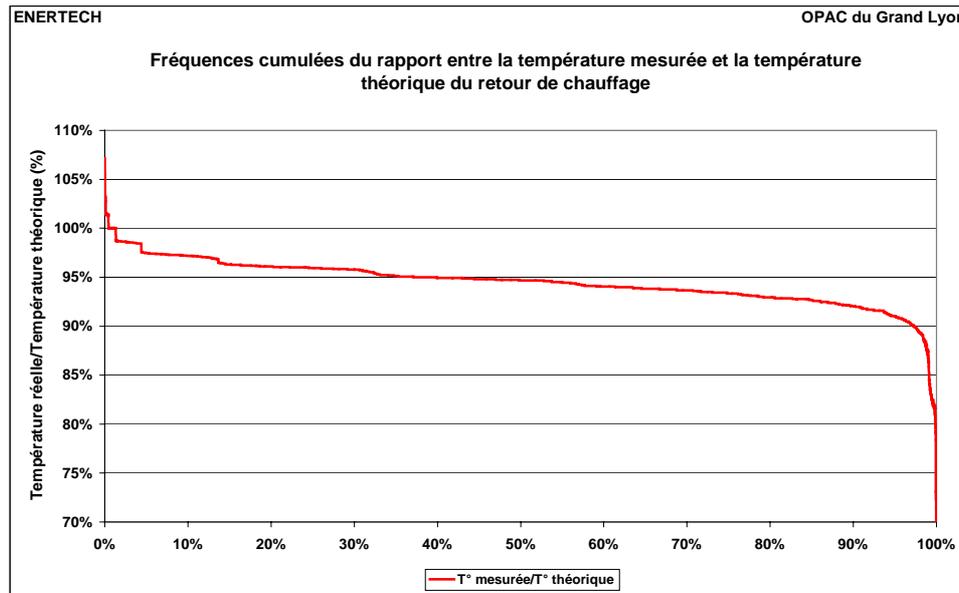


Figure 4.5 : Fréquences cumulées du rapport entre les températures de retour mesurée et théorique

## IV.2 PRODUCTION D'ECS

### IV.2.1 Consommation d'eau chaude sanitaire

Le compteur volumétrique d'ECS n'a pas pu être suivi lors de la campagne de mesure. Cependant, l'entreprise en charge de la maintenance de la chaufferie (entreprise CIEC) nous a fourni les relevés mensuels des compteurs d'ECS qu'elle a réalisé du 02/01/2006 au 29/01/2007.

La figure 4.6 représente l'évolution de la consommation journalière moyenne mensuelle d'eau pendant l'année de suivie de la chaufferie. A titre comparatif, les consommations de l'année 2003 (de juin à décembre) et 2004 (de janvier à mai) sont également représentées.

On remarque de légères différences au niveau du profil de la consommation mensuelle, principalement au mois d'avril 2006 où la consommation d'ECS a baissé brutalement. Les consommations des deux années étudiées sont relativement stables. Au total **1 621 m<sup>3</sup> d'eau/an** (soit 40 m<sup>3</sup>/log/an) à une température comprise entre 50°C (moyenne mesurée de 21h à 5h) et 58°C (le jour) ont été consommés durant l'année 2006 contre 1 673 m<sup>3</sup>/an entre juin 2003 et mai 2004 (soit 41 m<sup>3</sup>/log/an), soit une différence de moins de 5%.

La figure 4.7 représente la courbe de fréquences cumulées des températures en sortie de ballon d'appoint. On observe bien, sur cette courbe le phénomène du réchauffé de nuit ainsi que les arrêts des chaudières qui ont provoqué des baisses de la température d'eau dans le ballon.

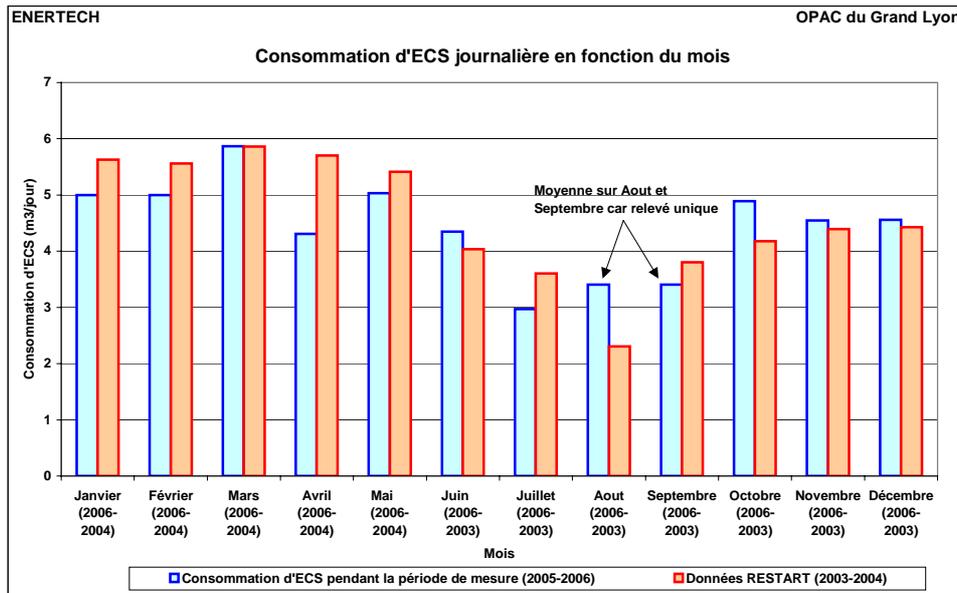


Figure 4.6 : Consommation journalière d'ECS en fonction du mois

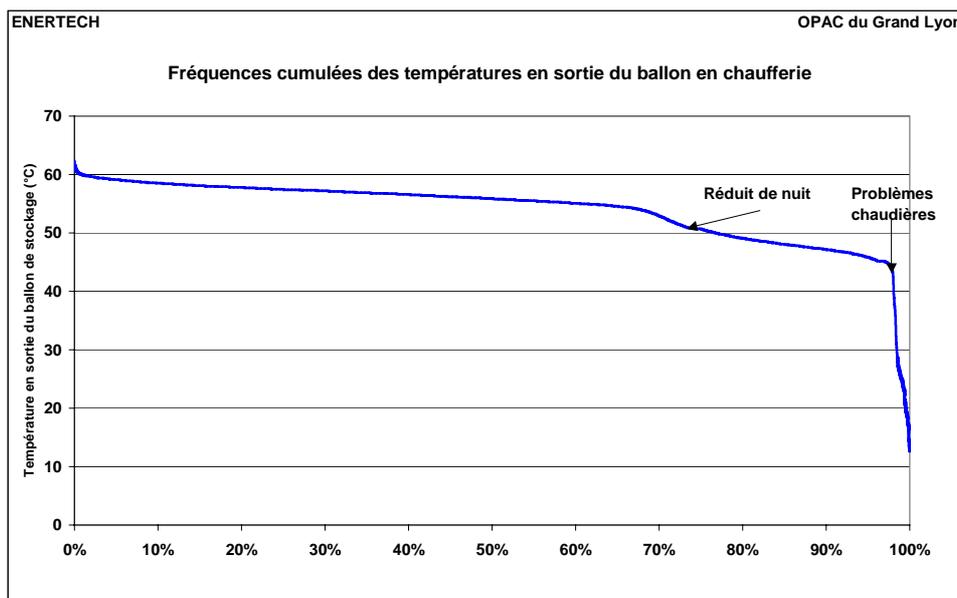


Figure 4.7 : Fréquences cumulées de la température en sortie de ballon d'appoint

### IV.2.2 Consommation d'énergie pour la production d'ECS

Connaissant la température d'eau de réseau de ville, la température d'eau en sortie de ballon tampon (chaufferie) ainsi que les volumes de puisages mensuels, il est possible de calculer l'énergie thermique nécessaire à la production d'ECS à l'aide de la formule suivante :

$$E = M \times Cp \times (Ts - Te)$$

Avec :

E : Energie en Wh  
 M : Masse du liquide (1kg/l)  
 Cp : capacité calorifique (1,163)  
 Ts : Température en sortie du ballon solaire  
 Te : Température du réseau d'eau de ville

La figure 4.8 représente les besoins thermiques journaliers liés à la production d'ECS.

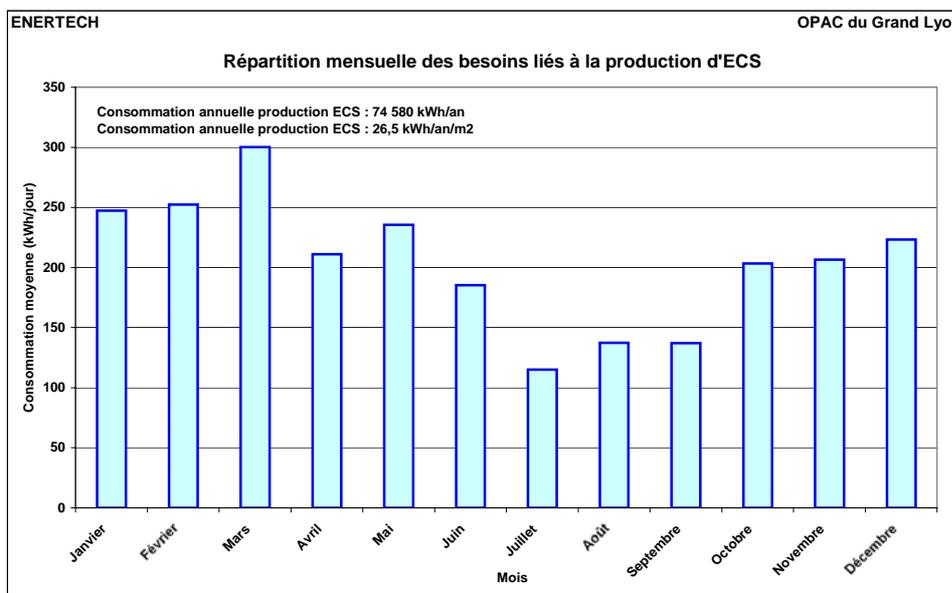


Figure 4.8 : Répartition mensuelle des besoins journaliers liés à la production d'ECS

Les besoins annuels de chaleur pour la production d'ECS sont de **74 580 kWh/an**. Ces besoins sont estimés en sortie de ballon ECS, ils ne prennent donc pas en compte les rendements de génération et de stockage. La consommation de gaz liée à la production d'ECS est estimée à **121 000 kWh/an** (soit **43 kWh/an/m<sup>2</sup>** ou encore **75 kWh/m<sup>3</sup>**) en prenant en compte la répartition de la consommation d'eau sur une année, les consommations de gaz en dehors de la période de chauffe (le seul usage de gaz durant cette période est la production d'ECS ainsi que l'évolution du rendement de génération). Le rendement de production et de stockage d'ECS est donc de 61%.

## IV.3 LA PRODUCTION SOLAIRE

### IV.3.1 Production théorique d'ECS solaire

Une simulation sur le logiciel SOLO2000 permet de déterminer la production théorique d'ECS par le système solaire.

La figure 4.9 représente une capture d'écran avec les données paramétrées pour la simulation.

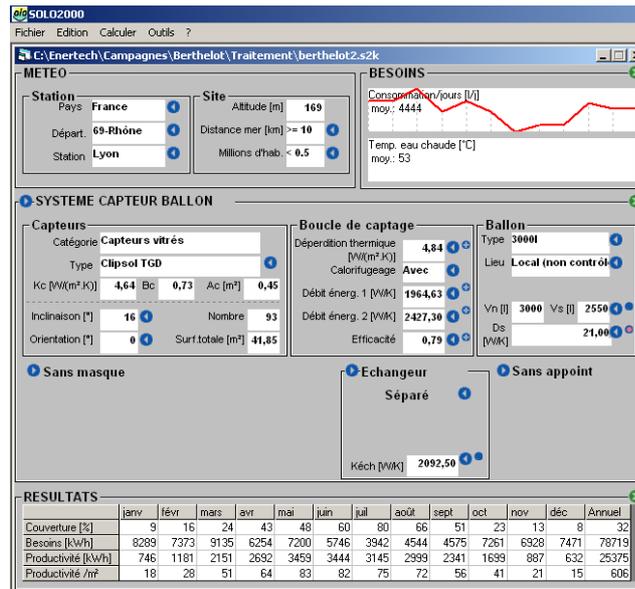


Figure 4.9 : Vue d'écran du logiciel et des caractéristiques paramétrées

La production solaire théorique à l'aide du logiciel est de **25 375 kWh/an**. Les besoins thermiques en production d'ECS sont de **78 719 kWh/an** (estimés par le logiciel SOLO2000), soit un taux de couverture théorique de **32%**. Avec les besoins calculés au chapitre IV.2.2 (74 580 kWh/an), le taux de couverture solaire est de 34%. La différence entre les besoins calculés par le logiciel et réels provient de la température du réseau d'eau de ville.

### IV.3.2 Production réelle d'ECS par le solaire

Connaissant la température du réseau d'eau de ville, la température en sortie de ballon solaire et les consommations d'eau (mois par mois), il est possible de calculer la production solaire approximative mois par mois grâce à la formule du chapitre précédent.

La figure 4.10 représente la production d'ECS solaire (en kWh/jour) disponible en sortie de ballon solaire.

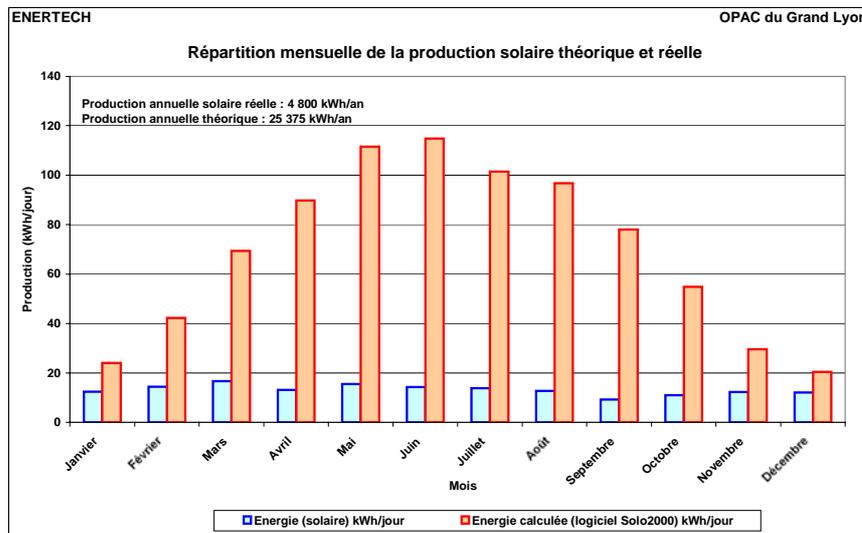


Figure 4.10 : Répartition mensuelle de la production solaire (théorique et réelle)

On remarque bien, sur ce graphique que la production effective d'ECS solaire est très nettement en dessous de la théorie. En moyenne mensuelle la production solaire atteint 26% de la production théorique avec pour minimum (11%) en septembre et un maximum (48%) en décembre. La moyenne annuelle entre la production théorique et réelle est de **19%**. De plus le calcul ne prend pas en compte la température ambiante qui a tendance à réchauffer l'eau du ballon.

La figure 4.11 représente les courbes de fréquences cumulées des températures en sortie de ballon solaire pour les résidences Berthelot et Damidot. On a représenté trois courbes, une courbe « hiver » (décembre, janvier et février), une courbe « été » (juillet, août et septembre). L'autre courbe représente l'année entière.

On voit bien qu'il existe une différence de plusieurs degrés entre la courbe « été » et la courbe « hiver » pour les deux résidences. Cependant, les températures de Berthelot n'ont aucune communes mesures avec une installation solaire fonctionnant correctement (installation solaire de la résidence Damidot). Des températures supérieures à 43°C pendant 50% de l'été ont été observées sur la campagne de mesure de la résidence Damidot (1,17 m<sup>2</sup> de panneaux solaires par logement pour Damidot contre 1.05 m<sup>2</sup> pour Berthelot), alors que la température en été ne dépasse pas 26°C à Berthelot. Le faible ensoleillement durant l'été ne peut pas être le facteur principal d'une si faible température. Ceci confirme donc un problème au niveau de la production solaire.

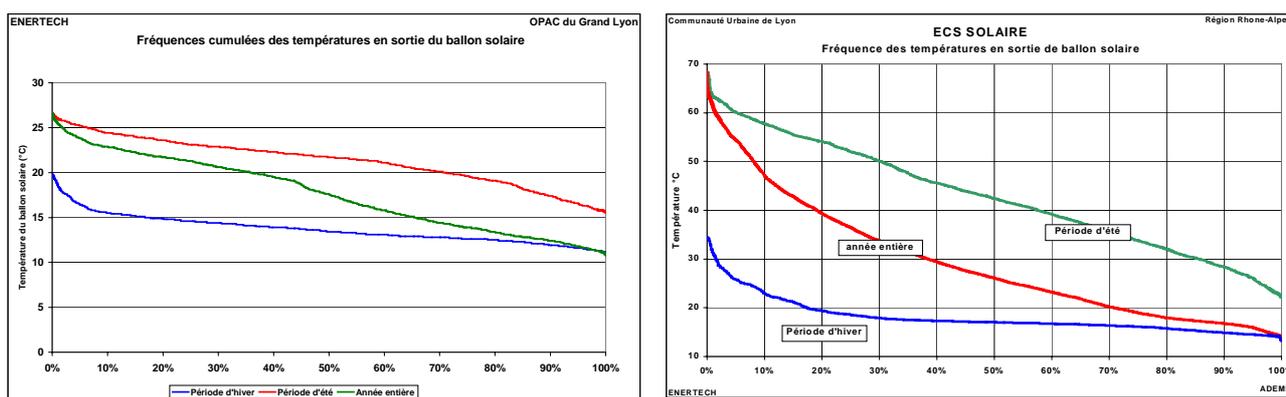


Figure 4.11 : Fréquences cumulées des températures d'eau en sortie de ballon solaire pour la résidence Berthelot (gauche) et Damidot (droite)

Comme indiqué précédemment la production d'ECS solaire semble ne pas fonctionner correctement. La figure 4.12 représente l'évolution de l'ensoleillement au cours des semaines de l'année ainsi que la température en sortie de ballon ECS solaire. Les températures d'eau de ville ambiante dans le local solaire figurent également sur le graphique.

On remarque bien, sur la figure que la température du ballon suit de manière plus évidente la température d'eau de ville et du local solaire que l'ensoleillement. Le mauvais fonctionnement du préparateur d'ECS solaire pourrait en être la cause, il nous est cependant impossible d'en déterminer la véritable origine (manque de pression, manque d'eau, problème de matériel...).

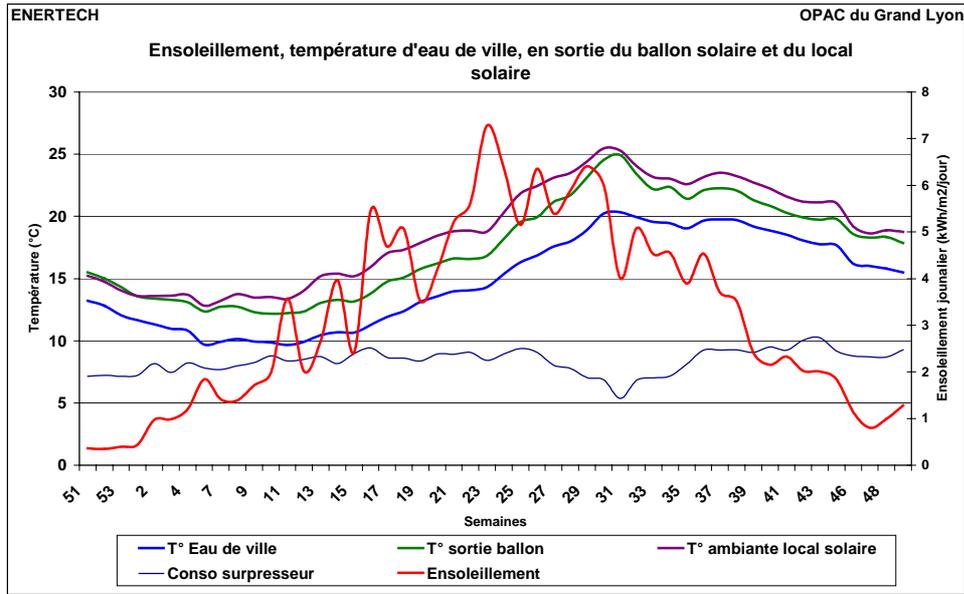


Figure 4.12 : Evolution de l'ensoleillement de la température d'eau de ville, de la température en sortie de ballon ECS solaire et de la température ambiante du local solaire par semaine de suivie

### IV.3.3 Taux de couverture solaire

A l'aide de la consommation liée à la production d'ECS et à la production d'ECS solaire, il est possible de connaître le taux de couverture solaire mois par mois. La figure 4.13 représente le taux de couverture réelle (mesuré) ainsi que théorique (simulation SOLO2000).

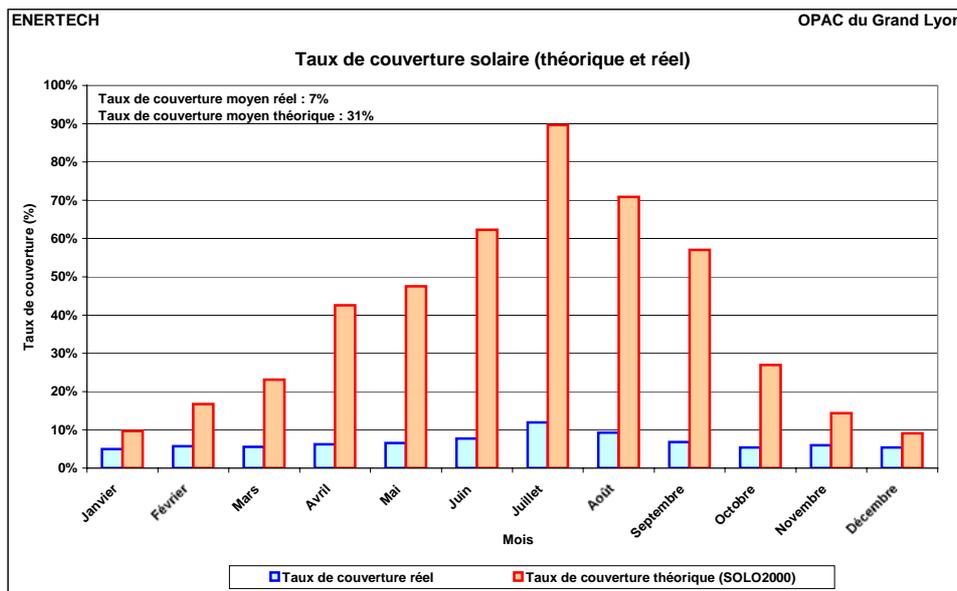


Figure 4.13 : Taux de couverture solaire (théorique et réel)

En conclusion, il semble ressortir de toutes ces observations que les panneaux solaires ne fournissent aucune contribution à la production d'ECS. L'évolution de température du ballon ECS solaire n'est due qu'à l'évolution de température dans le local solaire.

#### IV.4 LE RESEAU DE LIAISON ECS ENTRE LE LOCAL SOLAIRE ET LA CHAUFFERIE

La figure 4.14 présente les températures en sortie de ballon solaire et en entrée de ballon tampon. On remarque sur ces graphiques que la température de départ est plus faible que la température d'arrivée. Ceci est imputable à la faible température en sortie du ballon solaire et au fait que les canalisations circulent dans les parties communes et sont insuffisamment calorifugées. C'est donc le passage dans ces dernières qui réchauffe l'eau (de 1,3°C en moyenne pendant la saison de chauffe et 1,5°C pendant la saison de non chauffe).

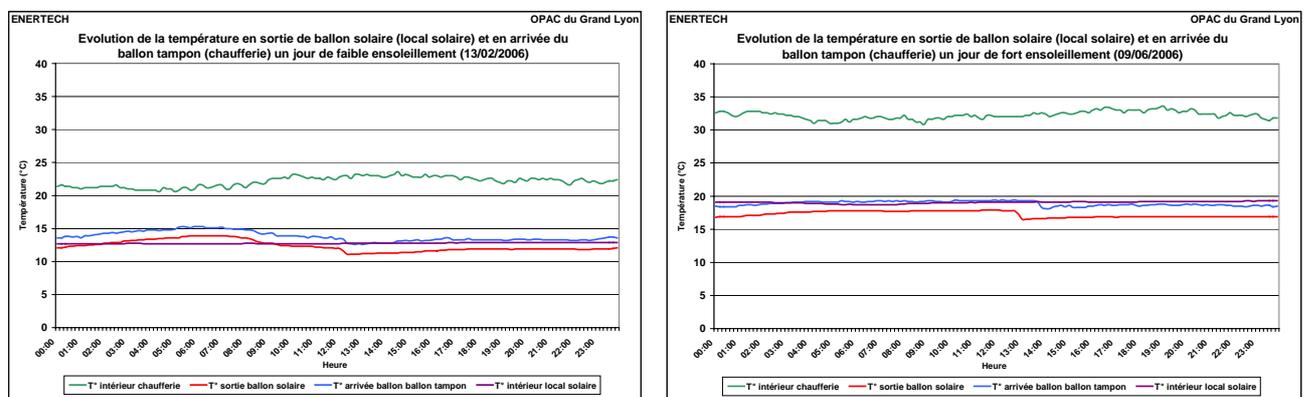


Figure 4.14: Evolution de la température en sortie de ballon solaire en arrivée de ballon tampon

## Partie V : Conclusions

### V.1 RECAPITULATIF DES ECONOMIES

Les économies possibles sur l'ensemble de la chaufferie se montent à **2 853 kWh/an** soit 17% de la consommation globale de la chaufferie ou encore **222 €H.T/an**. L'économie par logement est donc de **71 kWh/an/log** soit **5,5 €H.T/an**.

	Consommation actuelle annuelle (kWh/an)	Economies réalisables (kWh/an) / %	Economies financières (€ H.T/an)	Investisseme nt (€H.T)	Temps de retour (années)
Les chaudières	594	-	-	-	-
Les pompes chaudières	2 390	420 (-18%)	33	200	6
La pompe chauffage	1 400	550 (-39%)	42	670	16
La pompe de bouclage solaire	520	-	-	-	-
Le préparateur ECS solaire	1 140	508 (-44)	39	Fonctionnement anormal	?
Le préparateur ECS chaufferie	3 070	1 120 (-36%)	88	500	5,6
Le surpresseur	3 050	-	-	-	-
Traceur électrique	4 040	255	20	-	-
Régulation	487	-	-	-	-
Eclairage	5	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>16 696</b>	<b>2 853 (17%)</b>	<b>222</b>	<b>1 370</b>	<b>6,1</b>

Figure 5.1 : Tableau récapitulatif des économies

## V.2 CONCLUSIONS

La consommation électrique annuelle de la chaufferie est de 16 696 kWh/an soit une consommation par logement de **417 kWh/an/logement**. D'autres campagnes de mesure ont montré des consommations par logement de 153 kWh/an/logement (résidence Damidot), 262 kWh/an/logement (résidence Chevreur) et 311 kWh/an (résidence Abondance).

Il existe donc une grande disparité entre les différentes résidences. Le tableau 5.2 reprend les consommations par logement de chacun des usages électriques des chaufferies.

	Résidence Louis Rigal	Résidence Damidot	Résidence Chevreur	Résidence Abondance
Pompes du préparateur ECS chaufferie	76	23	89	98
Pompe chaudière(s)	59	32	64	136
Pompe chauffage	35	26	51	
Chaudière(s)	15	15	20	42
Régulation	11	20	14	11
Traceur électrique (T) ou pompe de bouclage (PB)	101 (T)	12 (PB)	24 (PB)	22 (PB)
Surpresseur	76,2	/	/	/
Pompes et régulation du préparateur ECS solaire	29,6	15,3	/	/
Pompe bouclage solaire	13	/	/	/
Autres	0.2	9.1		
<b>Total Chaufferie</b>	<b>417</b>	<b>153</b>	<b>262</b>	<b>309</b>

Si l'on retire la consommation des usages étant uniquement présents dans la consommation de la résidence Louis Rigal (surpresseur, production solaire), la consommation électrique de la chaufferie passe à 296 kWh/an/logement. Cette consommation se place au niveau de résidences Chevreur et Abondance mais quasiment deux fois plus importante que celle de la résidence Damidot (chaufferie ayant des consommations optimisées). On convient donc qu'il est possible de réduire les consommations.

On s'est aperçu que la production solaire fournit **19%** de sa production théorique. Il est certain que l'installation a été mal conçue (local solaire au R-1 et chaufferie au R+8) mais le mauvais fonctionnement ne peut être uniquement imputable à ce paramètre. D'autres problèmes sont également présents et demandent à être rapidement résolus. Depuis la mise en route de l'installation solaire, celle-ci pose des problèmes et il est curieux qu'aucun travaux n'ait été jusqu'à présent engagé pour les résoudre.

Pour conclure, cette chaufferie est à l'image de la plupart des chaufferies : les consommations d'électricité n'ont fait l'objet d'aucune recherche d'optimisation ni d'économie. Malheureusement, comme dans de nombreux cas, certains choix, certaines options, ont des conséquences irréversibles sur les consommations. Toutefois d'importantes améliorations restent possibles, même si la totalité du gisement n'est pas accessible.

Enfin, on retiendra de cette campagne de mesure qu'il est essentiel en phase conception, d'être exigeant sur la recherche des solutions performantes, sur l'évaluation des conséquences énergétiques de chaque choix.