



**Mission de suivi et assistance à la  
construction de bâtiments aquitains  
basse consommation**

Phase de suivi des performances en phase  
exploitation

Mission de suivi et assistance à la construction de bâtiments  
aquitains basse consommation  
Suivi des performances en phase exploitation

**Maitre d'ouvrage : SCCV La Charouffie**  
**Opération : Le Clos de la Charouffie**

Rédaction : Saed RAJI  
Relecture : Marie PAULY

Date : 22/06/2015

## 0. SOMMAIRE

<b>0. SOMMAIRE</b> .....	<b>1</b>
<b>1. L'OPERATION ET LA CAMPAGNE DE MESURES</b> .....	<b>2</b>
1.1. Logements instrumentés .....	2
1.2. Caractéristiques logements .....	3
1.3. Caractéristiques Systèmes .....	4
1.4. Campagne de mesures .....	4
1.5. Période de mesures .....	7
<b>2. LE CONFORT THERMIQUE DANS LES LOGEMENTS</b> .....	<b>8</b>
2.1. Répartition saisonnière des températures en occupation .....	8
2.2. Températures mesurées au cours des semaines représentatives .....	14
2.3. Analyse du confort par Méthode de Brager .....	18
2.4. Conclusions sur la partie confort.....	23
<b>3. LES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DES LOGEMENTS</b> .....	<b>24</b>
3.1. Indicateurs .....	24
3.2. Consommation théorique RT 2012 .....	24
3.3. Consommation mesurée .....	24
3.4. Analyse comparative.....	25
<b>4. LA PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE</b> .....	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSION</b> .....	<b>29</b>

# 1. L'OPERATION ET LA CAMPAGNE DE MESURES

## 1.1. Logements instrumentés

« Le clos de la Charouffie » est une opération comprenant la construction de 16 maisons individuelles de type T3 de plain-pied à Ribérac en Dordogne (24). L'objectif de ce projet est de répondre à la RT2012 sans recours aux énergies renouvelables. Les logements devront atteindre le niveau BEPOS grâce à la production photovoltaïque, mais ne font pas l'objectif d'une labellisation BEPOS-Effinergie 2013.

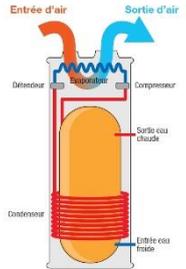
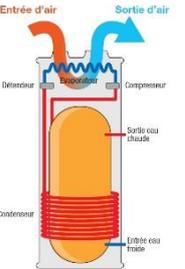
Les logements ont été construits par des entreprises locales. Quelques innovations ont été introduites telles que le poêle à granulés de bois, le chauffe-eau thermodynamique et la toiture PV.

Dans le cadre de l'appel à projets Bâtiments Aquitains Basse Energie, deux logements font l'objet d'une campagne de mesures afin de suivre leurs performances énergétiques sur 12 à 18 mois. Les deux logements sont nommés respectivement Log. 38 et Log. 40 et sont identifiés sur la figure suivante.



Figure 1: Plan masse et choix des logements instrumentés

## 1.2. Caractéristiques logements

	Logement 38	Logement 40
SHON (m <sup>2</sup> )	 <p>Surface Chauffé <b>98.81</b></p> <p>RDC T3</p>	 <p>Surface Chauffé <b>98.81</b></p> <p>RDC T3</p>
Occupation		
Chauffage	 <p>Poêle à granulés</p>	 <p>Poêle à granulés</p>
VMC	 <p>simple flux hygro B</p>	 <p>simple flux hygro B</p>
ECS	 <p>Thermodynamique</p>	 <p>Thermodynamique</p>

### 1.3. Caractéristiques Systèmes

- Chauffage

Les maisons sont équipées des poêles à granulés, de la marque SUPRA SKYROS / TYSEOS, situé dans le séjour. La puissance de chauffe est de 9,5 kW. Les fumées sont évacuées par un système de conduits concentriques permettant également l'amenée d'air au foyer de combustion. Chaque salle de bain est équipée d'un panneau rayonnant électrique type sèche serviettes.

- ECS

Pour chaque maison, la production d'ECS est assurée par un système de production thermodynamique individuel fonctionnant sur l'air extrait du logement.

- Ventilation

La ventilation de chaque maison est assurée par un système simple flux hygroréglable B. Le moteur du système de ventilation est situé au niveau du ballon ECS.

### 1.4. Campagne de mesures

La campagne de mesures déployée sur l'opération « La Charouffie » a pour objectif d'alimenter le retour d'expérience régional sur les « Bâtiments Aquitains Basse Consommation ».

Le retour d'expérience consiste à analyser le comportement d'un bâtiment en conditions réelles d'exploitation, en tenant compte de conditions météorologiques réelles, du comportement des occupants, de leur rythme de vie et de leur manière d'habiter leur logement. Ce comportement en phase exploitation est ensuite mis en relation avec les études de simulation thermique dynamique et les calculs thermiques réglementaires réalisés en phases de conception du bâtiment.

Le suivi est réalisé à échelle du logement, sur 2 logements retenus en accord avec l'équipe de maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage.

#### 1.4.1. Evaluation des consommations énergétiques

Sur l'opération de La Charouffie, tous les postes de consommation utilisent l'énergie électrique, mis à part le poêle à granulés qui assure le chauffage.

Pour assurer l'enregistrement des consommations électriques par poste, des pinces ampérométriques sont installées sur les différents départs à monitorer (pince clipée autour des câbles de distribution). Pour faire l'acquisition des données mesurées par ces pinces, 2 capteurs de type HOB0 U12-006 sont installés dans le tableau électrique de chaque logement. Ces capteurs fonctionnent sur piles et offrent une mémoire fonction du pas de temps d'enregistrement choisi.

Afin de pouvoir évaluer la consommation de granulés, nous avons demandé aux occupants de bien vouloir nous fournir la copie de leurs factures, et/ou de procéder à un suivi manuel de leur consommation de granulés (relevé manuel des consommations à minima toutes les deux semaines) § Tableau 1.

Tableau 1: Récapitulatif des modalités de suivi énergétique

Poste	Systèmes présents dans le logement	Moyen de suivi
<b>Chauffage</b>	Poêle à granulés dans le séjour de chaque logement	Suivi par les locataires
	Panneau rayonnant électrique type sèche serviettes	Pince ampérométrique + HOBO
<b>Production d'eau chaude sanitaire</b>	Chauffe-eau thermodynamique individuel fonctionnant sur l'air extrait du logement	Pince ampérométrique + HOBO
<b>Ventilation mécanique</b>	Système simple flux hygroréglable B	
<b>Eclairage</b>	Réseau d'éclairage intégré au logement	3 pinces ampérométriques + HOBOS
<b>Consommations domestiques</b>	Lave-linge, sèche-linge, plaques de cuisson, ...	Pince ampérométrique + HOBO

#### 1.4.2. Mesures du confort dans les logements

Afin d'évaluer la performance des logements en termes de confort hygrothermique, NOBATEK a instrumenté chaque logement avec 3 capteurs, répartis dans les deux chambres et dans le séjour, le pas de temps de mesure choisi est de 10min. Ces capteurs mesurent et enregistrent la température (°C) avec une précision de 0.24°C et l'humidité relative avec une précision de 2.5%

Les capteurs installés sont de type HOBO UX100-011 (dimensions : 3.66 x 8.48 x 2.29 cm). Ils sont positionnés en accord avec les occupants, idéalement à hauteur d'homme, et dans des zones non soumises au rayonnement direct du soleil ou à une circulation d'air (Figure 2).



Figure 2: Installation des capteurs HOBO dans des zones protégées

### 1.4.3. Suivi des conditions météo extérieures

En fonction de la faisabilité technique et avec l'accord du bailleur, NOBATEK a installé un capteur de température et d'humidité relative (HR) à l'extérieur (de type HOBO U12-012), afin de récupérer les données météorologiques locales simultanées à la campagne.

Les capteurs de température et humidité ont été répartis de la manière suivante au sein des logements (Figure 3 et Figure 4).

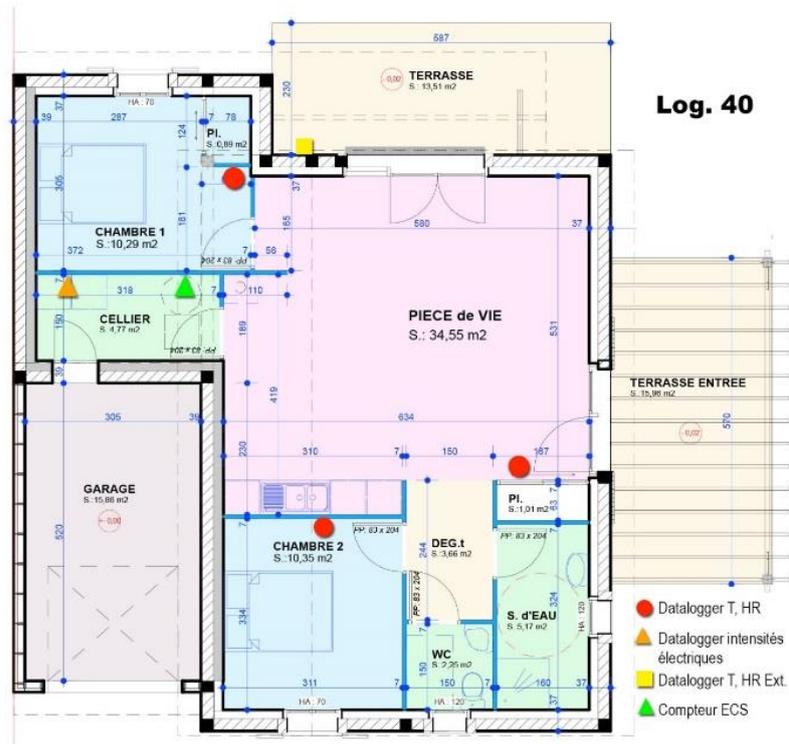


Figure 3: Emplacement des capteurs T, HR dans les deux logements 40.

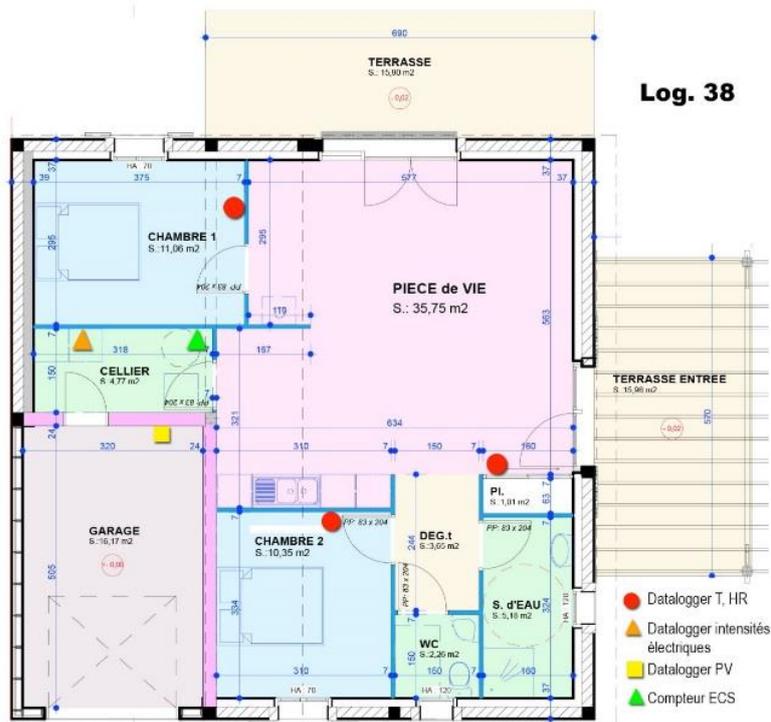


Figure 4: Emplacement des capteurs T, HR dans les deux logements 38.

### 1.5. Période de mesures

Les capteurs sont installés en avril 2014, pour une période de 1 an. La période de mesures pour les deux logements est représentée sur la Figure 5.



Figure 5: période de suivi de la consommation énergétique et le confort dans les 2 logements.

## 2. LE CONFORT THERMIQUE DANS LES LOGEMENTS

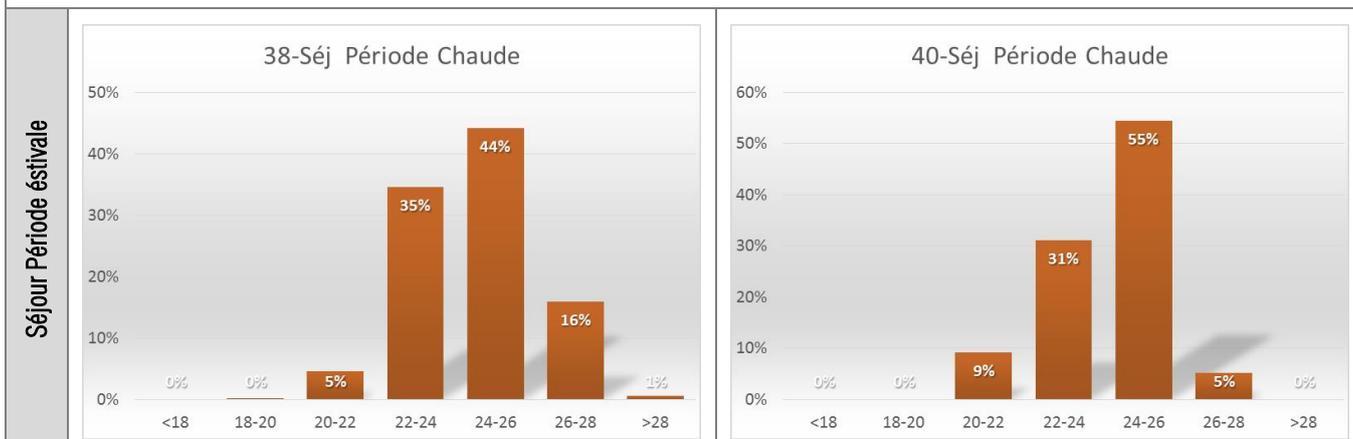
### 2.1. Répartition saisonnière des températures en occupation

La répartition du temps passé dans les logements par degré de température est calculée au sien de cette étude, afin d'observer le comportement des logements (et des usagers). On distinguera 3 périodes : estivale, hivernale (période de chauffage) et les demi-saisons.

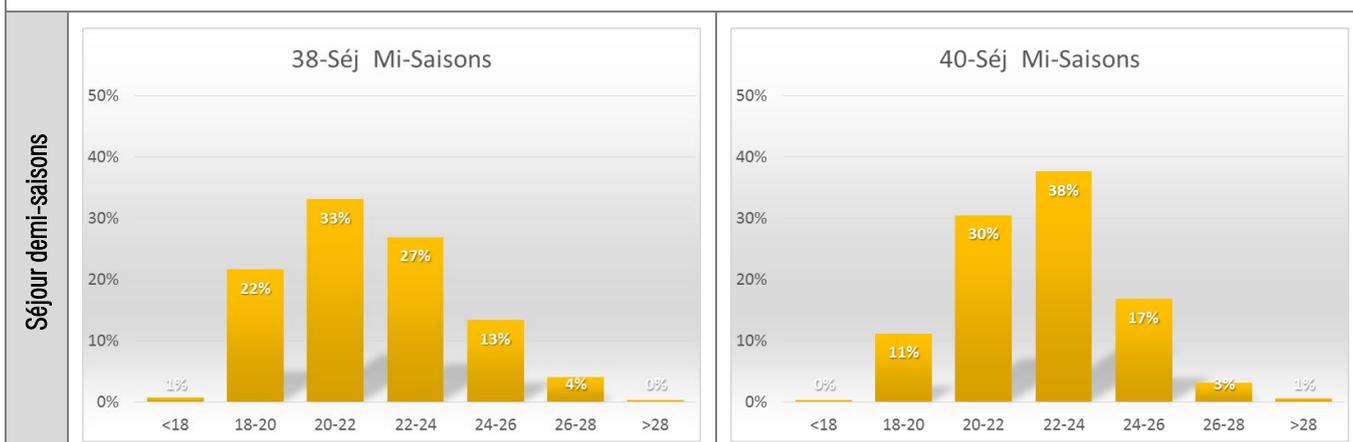
#### 2.1.1. Séjours

	Logement 38 / Séjour	Logement 40 / Séjour																																
Du 2/4/2014 au 23/4/2015	<p>38-Séj Du 02/04/14 Jusqu'au 23/04/15</p> <table border="1"> <tr><th>Température</th><td>&lt;18</td><td>18-20</td><td>20-22</td><td>22-24</td><td>24-26</td><td>26-28</td><td>&gt;28</td></tr> <tr><th>Pourcentage</th><td>10%</td><td>24%</td><td>25%</td><td>20%</td><td>15%</td><td>5%</td><td>0%</td></tr> </table>	Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28	Pourcentage	10%	24%	25%	20%	15%	5%	0%	<p>40-Séj Du 02/04/14 Jusqu'au 23/04/15</p> <table border="1"> <tr><th>Température</th><td>&lt;18</td><td>18-20</td><td>20-22</td><td>22-24</td><td>24-26</td><td>26-28</td><td>&gt;28</td></tr> <tr><th>Pourcentage</th><td>1%</td><td>6%</td><td>25%</td><td>33%</td><td>26%</td><td>7%</td><td>1%</td></tr> </table>	Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28	Pourcentage	1%	6%	25%	33%	26%	7%	1%
Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28																											
Pourcentage	10%	24%	25%	20%	15%	5%	0%																											
Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28																											
Pourcentage	1%	6%	25%	33%	26%	7%	1%																											
	<p>Durant la période complète de l'étude, le <b>séjour</b> du logement 38 montre des températures inférieures à 18°, 10% du temps de mesure, il montre des résultats très satisfaisants pour une plage de température supérieure à 26°C, moins de 5% du temps de mesure.</p> <p>En parallèle, le séjour du logement 40 montre de bons résultats, avec une dispersion des températures autour de la moyenne. Les températures extrêmes supérieures à 28°C ou inférieures à 18°C ne représentent que 2% du temps de mesure.</p>																																	
Période de Chauffage	<p>38-Séj Période de Chauffage</p> <table border="1"> <tr><th>Température</th><td>&lt;18</td><td>18-20</td><td>20-22</td><td>22-24</td><td>24-26</td><td>26-28</td><td>&gt;28</td></tr> <tr><th>Pourcentage</th><td>20%</td><td>37%</td><td>31%</td><td>9%</td><td>2%</td><td>0%</td><td>0%</td></tr> </table>	Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28	Pourcentage	20%	37%	31%	9%	2%	0%	0%	<p>40-Séj Période de Chauffage</p> <table border="1"> <tr><th>Température</th><td>&lt;18</td><td>18-20</td><td>20-22</td><td>22-24</td><td>24-26</td><td>26-28</td><td>&gt;28</td></tr> <tr><th>Pourcentage</th><td>3%</td><td>7%</td><td>30%</td><td>31%</td><td>18%</td><td>9%</td><td>3%</td></tr> </table>	Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28	Pourcentage	3%	7%	30%	31%	18%	9%	3%
Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28																											
Pourcentage	20%	37%	31%	9%	2%	0%	0%																											
Température	<18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	>28																											
Pourcentage	3%	7%	30%	31%	18%	9%	3%																											
	<p><b>En Hiver</b>, pendant la période de chauffage, la température est inférieure à 18°C pendant 20% du temps de mesure dans le séjour du logement 38, cela implique soit un problème de système de chauffage, soit une utilisation irrégulière du chauffage de la part l'occupant.</p>																																	

Le phénomène inverse est observable dans le séjour du logement 40 : la température est supérieure à 22°C pendant 60% du temps de mesure dont supérieure à 26°C pendant 12% du temps de mesure. Les températures inférieures à 18°C, ne représentent que 3% du temps de mesure.

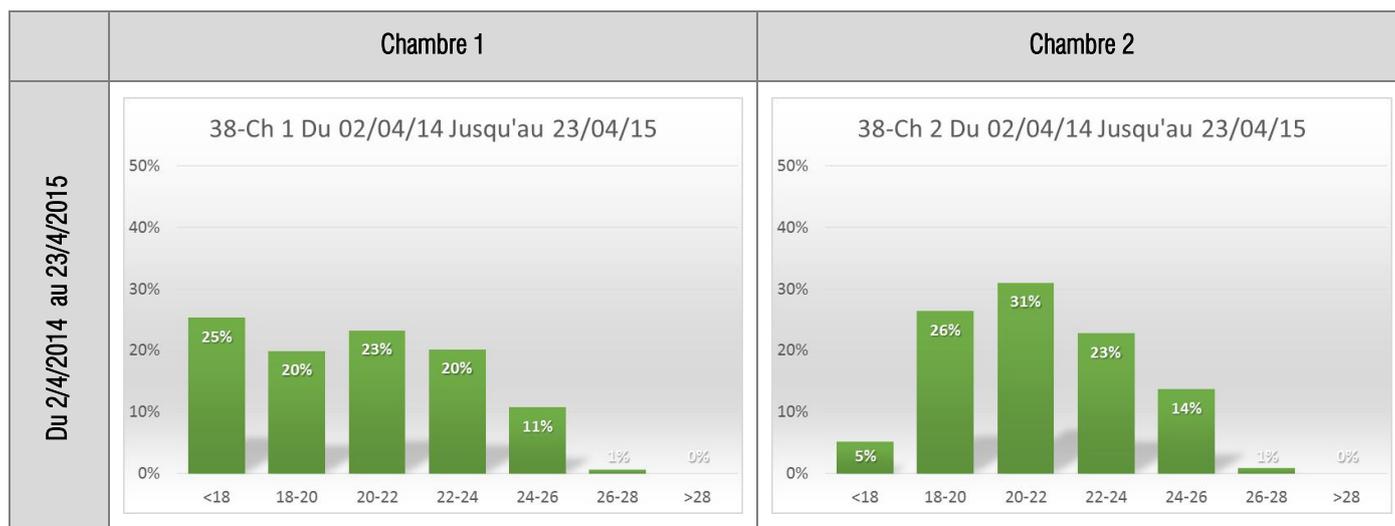


**En période estivale**, les séjours des deux logements montrent un comportement très satisfaisant avec des températures plus élevées dans le logement 38. Les deux logements se trouvent en situation de surchauffe ( $T > 28^{\circ}\text{C}$ ) moins de 1% du temps.

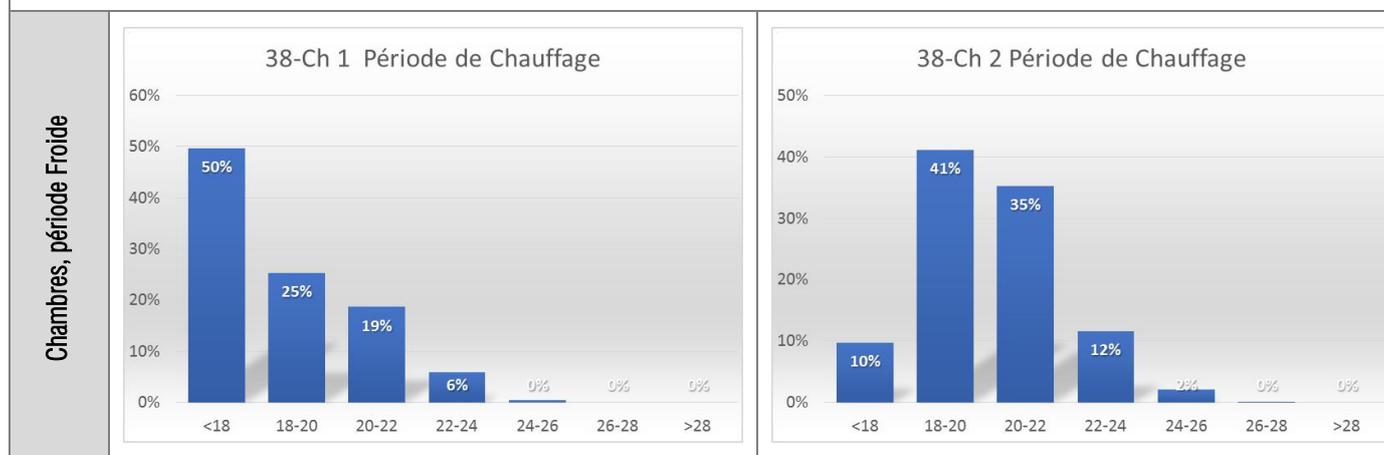


**En demi-saison**, les séjours des deux logements montrent des températures très satisfaisantes comprises entre 18 et 26°C, pendant 95% du temps. Les périodes de températures extrêmes (moins de 18°C ou supérieure à 28°C) sont négligeables.

## 2.1.2. Chambres du logement 38



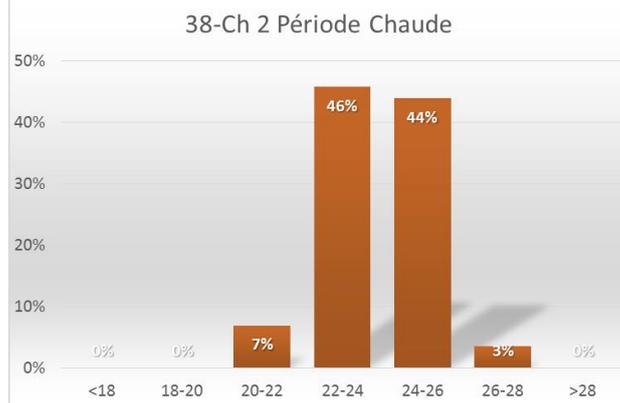
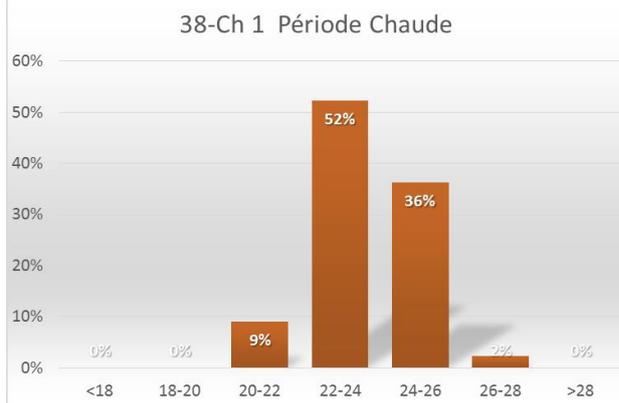
La répartition des températures mesurées dans les deux chambres du logement 38 est différente, il semble que la chambre-1, orientée NE, n'ait pas été occupée par l'utilisateur. Les températures dans cette chambre restent inférieures à 18°C, 25% du temps de mesure. Parallèlement, la chambre 2, orientée ouest, présente une dispersion des températures autour de la moyenne et très proche de celles du séjour, la température est inférieure à 18°C seulement 5% du temps de mesure. Les 2 chambres se trouvent en situation de température élevée (> 26°C) moins de 1% du temps.



**En Hiver**, la température dans la chambre-1 orienté (NE) reste inférieure à 18°C, 50% du temps de mesure, ce qui confirme l'hypothèse de « non-occupation » de cette chambre.

la température dans la chambre 2 est satisfaisante pendant la période de chauffage, elle est comprise entre 18 et 22°C, 76% du temps de mesure. Un taux de sous-chauffe est observé dans la chambre 2, 10% du temps de mesure.

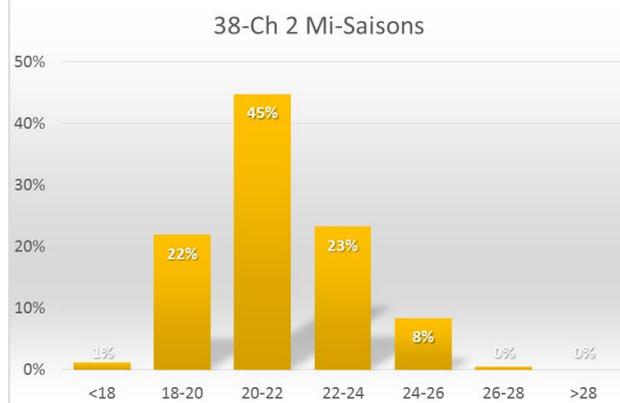
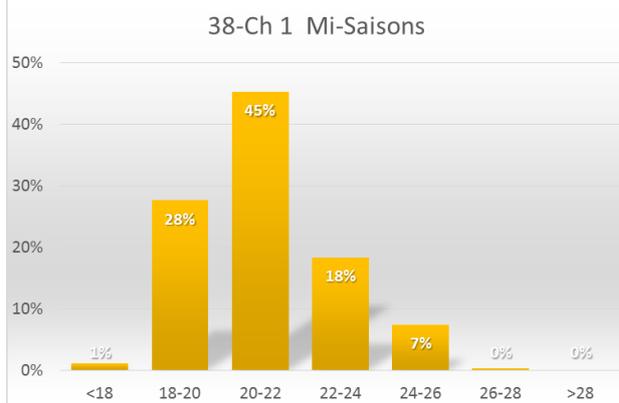
Chambres, période Estivale



En été, les températures des deux chambres sont comprises entre 20 et 26°C sur environ 97% du temps, dans les 2 chambres, les températures élevées (> 26°C) sont négligeables.

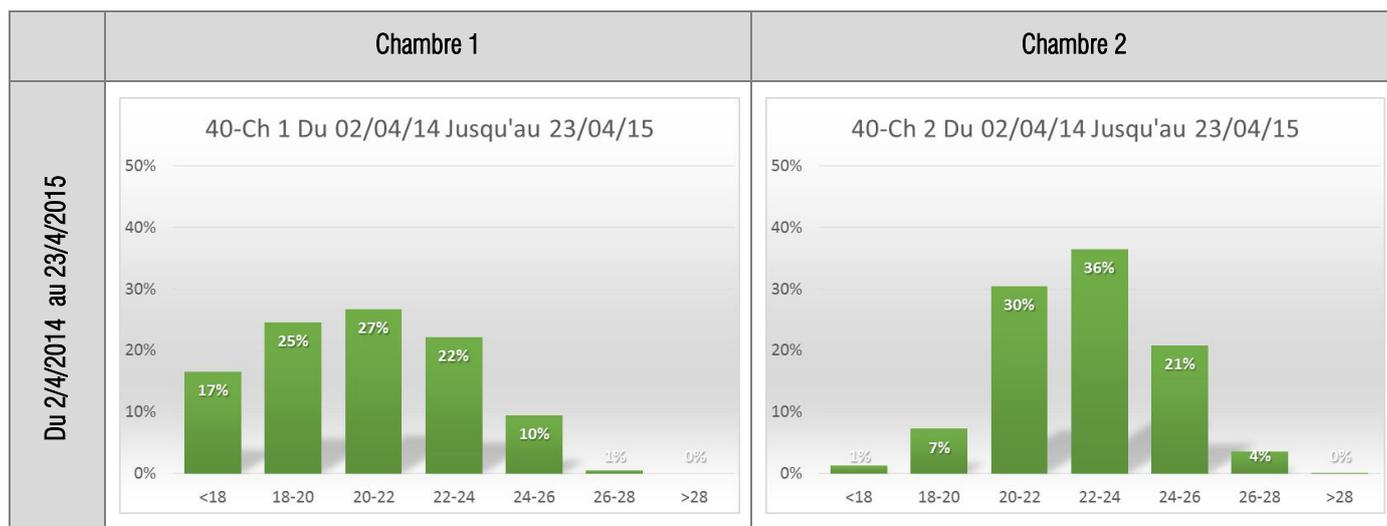
Les températures sont très satisfaisantes pendant la période estivale dans les deux chambres, la chambre 1 présente des résultats légèrement meilleurs, cela peut être dû à l'orientation de la pièce (côté NE) par rapport à celle de la chambre-2 (côté ouest).

Chambres, demi-saisons

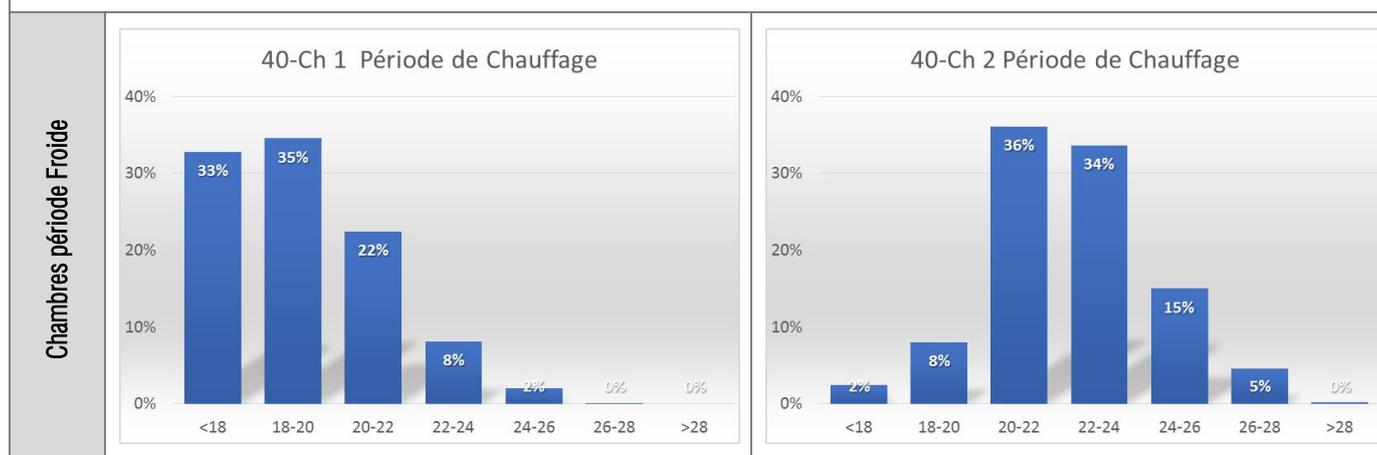


En demi-saison, les deux chambres de logement 38 montrent des résultats identiques et très satisfaisants, les températures extrêmes sont négligeables tout au long de l'étude.

### 2.1.3. Chambres du logement 40



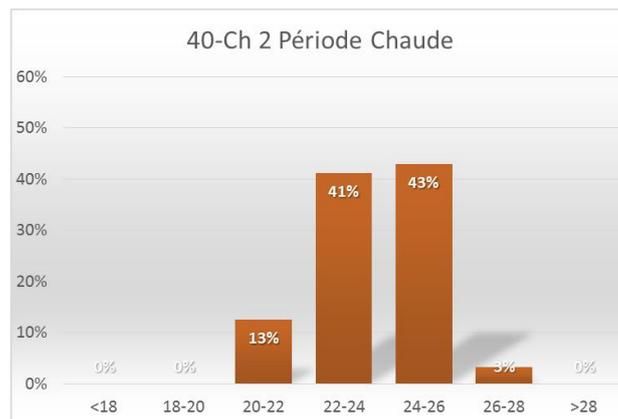
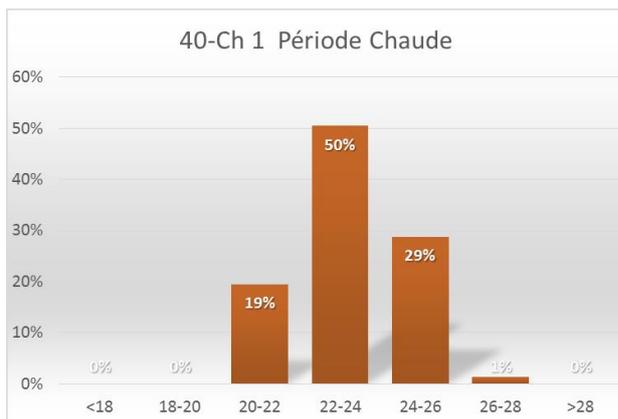
Dans le logement 40, **au cours de la période de mesure**, les résultats sont identiques à ceux de logement 38. La chambre 1 de ce logement n'est pas occupée par l'habitant. Les températures dans la chambre 1 restent inférieures à 18°C, 17% du temps de mesure, la chambre 2 présente une dispersion des températures autour la moyenne, les températures inférieures à 18°C ne représentent que 1% du temps de mesure. les 2 chambres se trouvent en situation de température élevée ( $t > 26^{\circ}\text{C}$ ) moins de 4% du temps.



**En Hiver**, les températures mesurées dans les deux chambres du logement 40 sont supérieures à celles mesurées dans le logement 38. La température dans la chambre 1 « non-occupée » reste inférieure à 18°C, 33% du temps de mesure. La température dans la chambre 2 est très élevée pendant la période de chauffage, elle est supérieure à 22°C, 55% du temps de mesure. Une température inférieure à 18°C reste très rare dans cette chambre, elle représente 2% du temps de mesure.

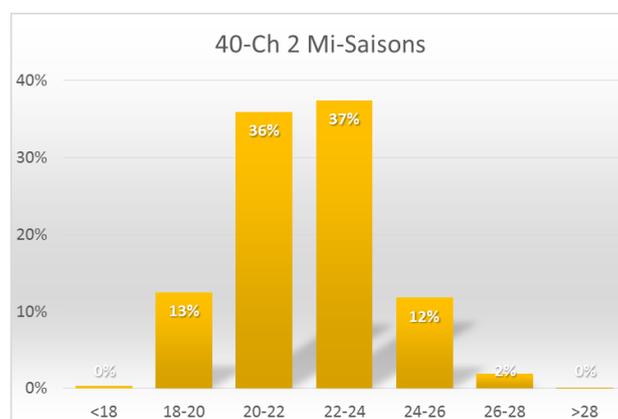
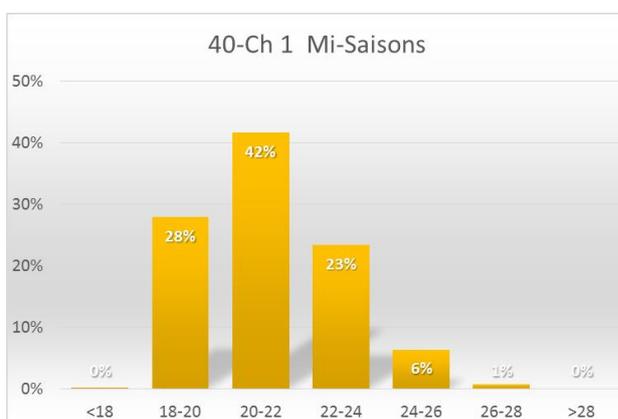
Globalement, l'utilisation de chauffage est plus importante dans le logement 40 en comparaison avec le logement 38. On peut expliquer les surchauffes observées dans la chambre 2 et dans le séjour du logement 40 par le comportement des usagers, cars les deux logements identiques ont les mêmes besoins de chauffage, la même surface, le même système de chauffage et de ventilation et le même type de construction.

Chambres période estivale



En été, les températures excessives (> 26°C) sont négligeables dans les 2 chambres du logement 40. D'autre part, les températures des deux chambres sont plus fraîches que celles du séjour de ce logement.

Chambres demi-saisons



Les deux chambres restent fraîches en demi-saison, les températures inférieures à 18°C ou supérieures à 26°C sont négligeables dans les deux chambres. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus dans le séjour de ce logement.

## 2.2. Températures mesurées au cours des semaines représentatives

### 2.2.1. Logement 38

#### a) Semaine la plus froide

Pendant la **semaine la plus froide**, les températures à l'extérieur varient entre  $-3^{\circ}\text{C}$  et  $12^{\circ}\text{C}$ . Pendant cette période, à l'intérieur du logement 38, une variation importante de la température a été constatée, allant de  $15^{\circ}\text{C}$  à  $25^{\circ}\text{C}$ . Cette variation est identique dans le séjour et la chambre 1 mais moins importante dans la chambre 2 (Figure 7), la variation est observée environ 2 fois par jours pendant toute la semaine.

Sur la Figure 6 sont tracés la variation journalière (3 Janvier 2015) de la température dans les trois pièces instrumentées et le temps de fonctionnement du poêle à granulés.

On observe que la température, vers 8h30, est montée de  $5^{\circ}\text{C}$  au bout d'1h30 de fonctionnement du poêle (Figure 6), puis on note une baisse de température de  $4^{\circ}\text{C}$  en 6 heures. A 16h00 le poêle à granulés a fonctionné, et cette fois pendant 3 heures, ce qui augmente la température de logement de  $8^{\circ}\text{C}$  ( $26^{\circ}\text{C}$ ).

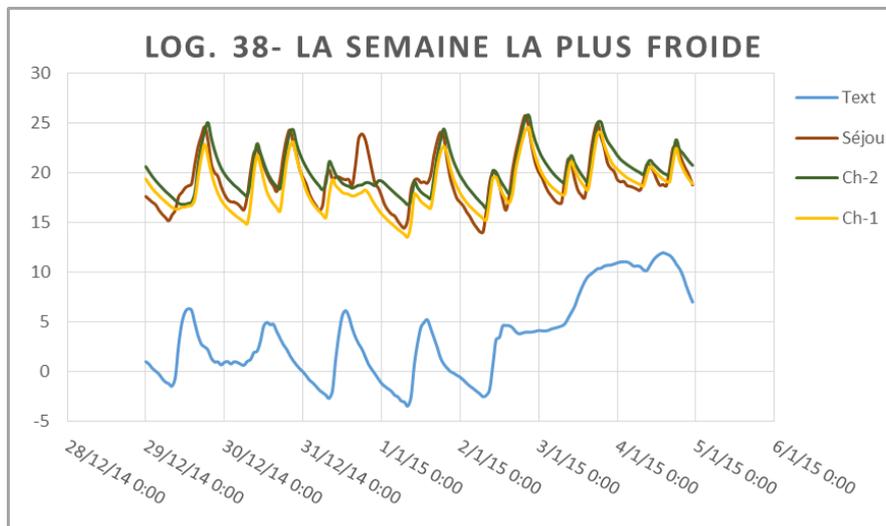


Figure 7: Courbes de températures au cours de la semaine la plus froide.

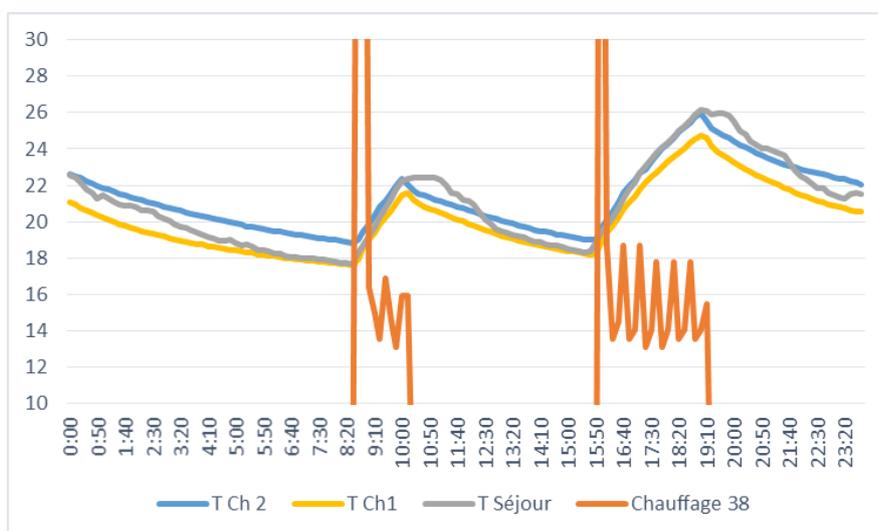


Figure 6: Températures et consommation électrique de chauffage le 3 Jan. 2015

Le poêle à granulés utilisé est équipée d'un régulateur de température qui permet de contrôler la et régler la température ambiante entre 15°C à 30°C (Figure 8). La variation de la température et le temps de fonctionnement sont deux indications d'un dysfonctionnement du système de chauffage, et probablement, d'un dysfonctionnement de consigne de température dans le poêle à granulés.



Figure 8 : Boutons de réglage du poêle à granulés

#### b) Semaine la plus chaude

Pendant la semaine la plus chaude, les mesures montrent une température moyenne de 24°C dans le séjour. Pendant cette période, pour une température à l'extérieur allant de 20°C jusqu'à 35.8°C, la température maximale relevée dans le séjour est de 27.5°C, soit 8°C de différence avec la température maximale extérieure.

La courbe de température extérieure (en orange) (Figure 9) et la courbe de température dans le séjour (en rouge) ont la même allure. Cependant, un **déphasage de 2 heures** entre les deux courbes est observé.

La hausse de température dans le séjour peut être due à une ou plusieurs des raisons suivants :

- Apports solaires à travers les fenêtres (le séjour est orienté Sud-Est)
- Apports internes (cuisine américaine ouverte sur le séjour).
- Ouverture des fenêtres pendant la journée.

Les températures dans les deux chambres sont très similaires, elles restent inférieures à celles du séjour avec un déphasage plus important (6-8 heures), la température reste inférieure à 26°C dans les deux chambres pendant cette

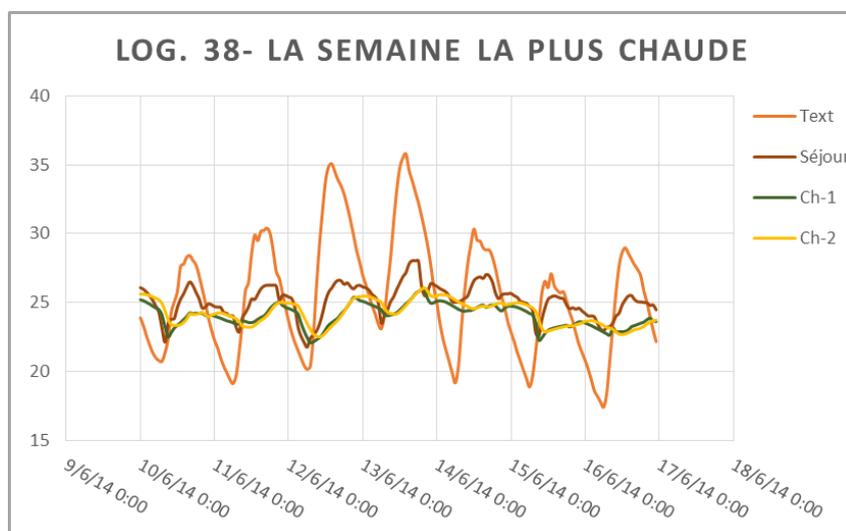


Figure 9: Courbes de températures au cours de la semaine la plus chaude

semaine estivale. Il est important de noter que les températures du séjour et des chambres diminuent chaque matin, en tout début de journée.

### 2.2.2. Logement 40

#### a) Semaine la plus froide

Pendant la semaine la plus froide, l'observation des températures intérieures mesurées dans le logement 40 indique que la variation de température pendant cette période est identique à la variation de température dans le séjour et la chambre 2. La température dans la chambre 1 reste inférieure de 5°C à celle relevée dans le séjour. Cela confirme l'hypothèse de « non occupation » de cette chambre.

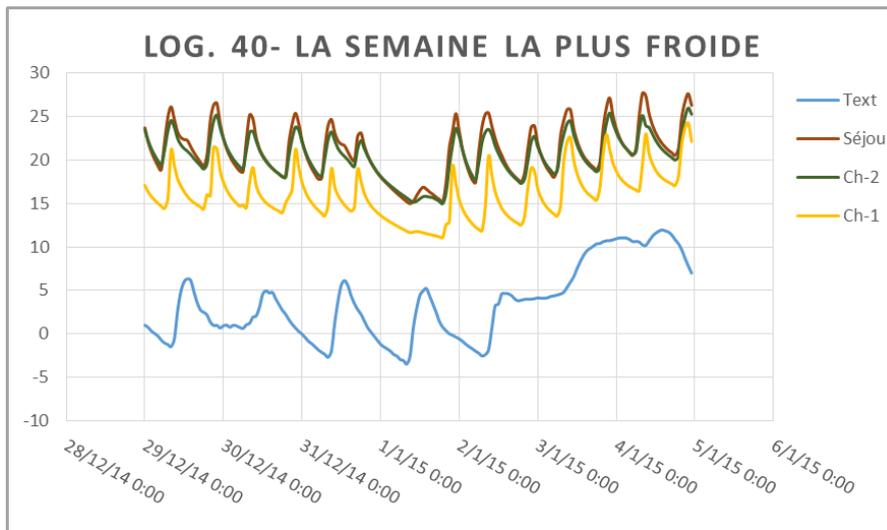


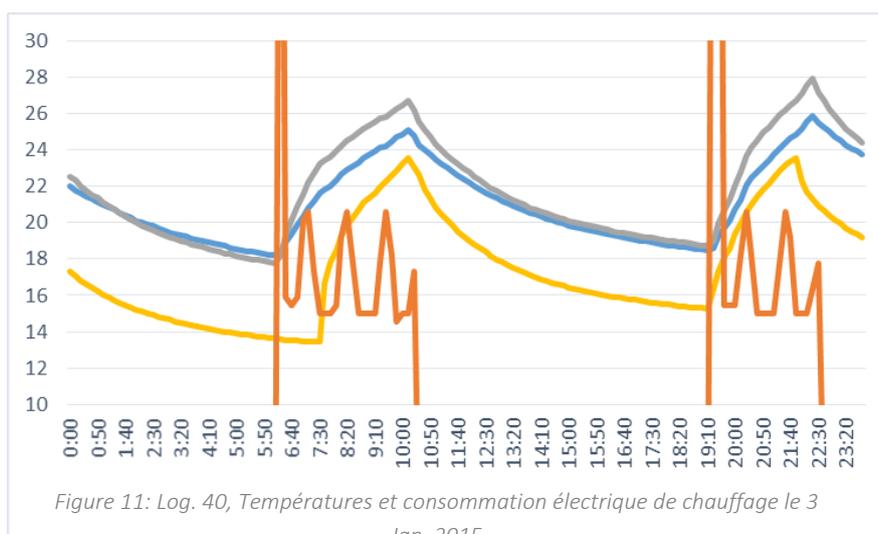
Figure 10: Courbes de températures au cours de la semaine la plus froide, Chambres

Pendant cette période froide, le logement 40 montre des températures intérieures irrégulières, allant de 18°C jusqu'à 27°C (Figure 10). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus dans le logement 38.

La variation horaire des températures dans les trois pièces et la consommation électrique nécessaire au fonctionnement du poêle à granulés sont présentées sur la (Figure 11).

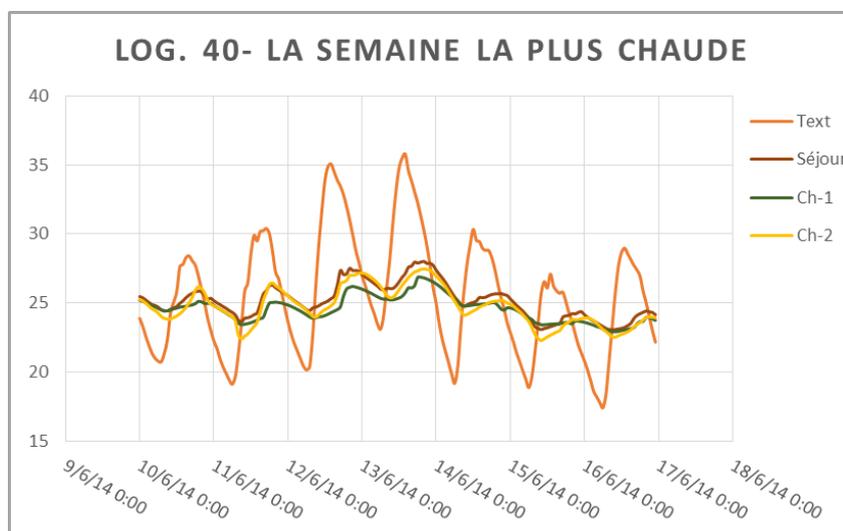
Le poêle à granulés est mis en marche à 6h00 du matin pendant 4 heures, cela a permis d'augmenter la température à l'intérieur de 8°C, ensuite, une baisse de température de 8°C en 9 heures suite à une coupure de chauffage. ? A 19h00 le poêle à granulés a fonctionné pendant 3 heures, cela a augmenté la température du logement de 10°C (28°C).

On constate une absence totale de fonctionnement du thermostat du poêle à granulés, le poêle fonctionne manuellement.



b) Semaine la plus chaude

Pendant la semaine la plus chaude, le séjour du logement 40 est plus frais que son voisin, avec une température maximale de 27°C dans le séjour. La température dans ce logement est comprise entre 25°C et 27°C pendant les deux jours les plus chauds (Text allant jusqu'à 36°C). Dans le logement 40, le séjour reste plus chaud que les chambres. La ventilation nocturne semble peu fonctionner dans ce logement par rapport au logement 38.



## 2.3. Analyse du confort par Méthode de Brager

### 2.3.1. La méthode

Le taux d'inconfort des occupants est ici basé sur le rapport du nombre d'heures d'inconfort où le couple « Température opérative ( $T_{op}$ ) / Température extérieure ( $T_{ext}$ ) » est à l'extérieur de la zone de confort, et le nombre d'heures total en période d'occupation. La zone de confort à prendre en compte est la zone de confort BRAGER (Cf. Figure 13).

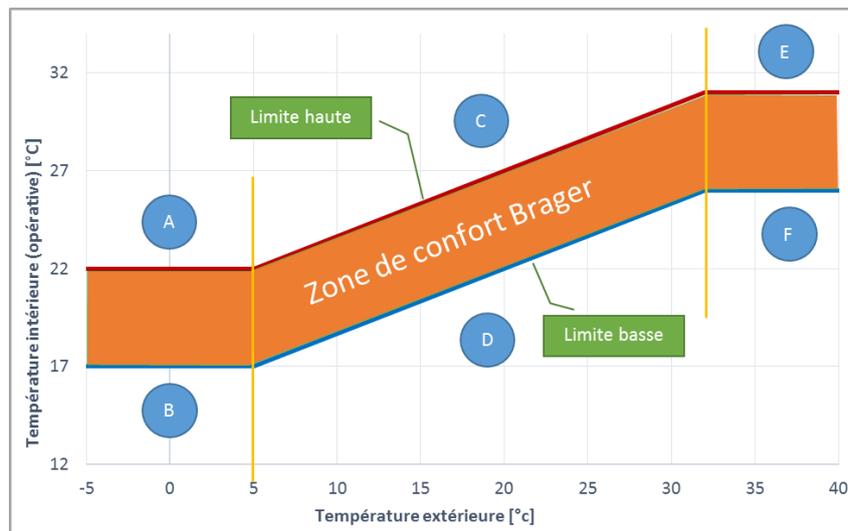


Figure 13 : représentation de la zone BRAGER

$$\text{Taux d'inconfort} = \left( \frac{h_{occ}}{h_{occ_{total}}} \right) \%$$

Avec :

- $H_{occ}$  : nombre d'heures d'occupation où le couple ( $T_{op}$ ,  $T_{ext}$ ) est à l'extérieur de la zone de confort Brager en [heures] ;
- $H_{occ_{total}}$  : nombre d'heures total d'occupation en [heures] ;
- $T_{op}$  : Température opérative en [°C] évaluée heure par heure qui tient compte de la température de l'air, du rayonnement thermique et de la vitesse de l'air ;
- $T_{ext}$  : Température extérieure en [°C] évaluée heure par heure.

NB :

- Ici, la température opérative ( $T_{op}$ ) est assimilée à la mesure de température intérieure ( $T_{int}$ ).
- Le critère de taux d'inconfort à satisfaire dans le référentiel de l'appel à projet fait référence au pourcentage de temps où le couple de températures extérieur/intérieur ne respecte pas la zone de Brager, uniquement sur les zones B, C et E.
- Le pourcentage de point en dehors de la zone sur ces 3 zones viendra qualifier le taux d'inconfort de l'appel à projet.

### 2.3.2. Logement 38

La zone de Brager ici obtenue (Figure 14) montre un taux de confort très satisfaisant pour le séjour du logement 38. Les points situés à l'extérieur de la zone sont positionnés sous la zone, et manifestent donc une sous chauffe de la pièce au regard de la méthode de Brager. En hiver (en Blue), seulement 1% des points de mesure se situe dans la zone A (surchauffe pendant la période froide), et 5% dans la zone (B) (sous chauffe) (Cf. Tableau 2).

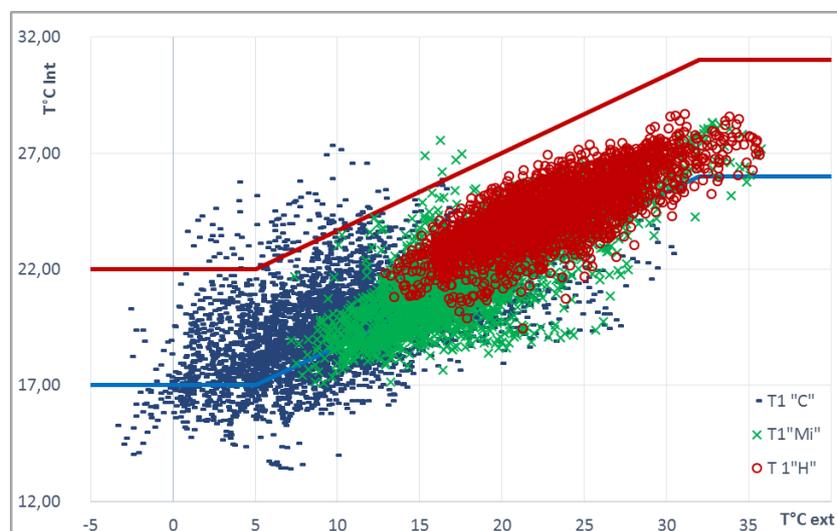


Figure 14 : Logement 38, Séjour - Zone de Brager

Pendant la période chaude (en rouge), aucun point de mesure n'est situé au-dessus de la zone Brager, cela représente un taux de confort optimal pendant la période d'été. En demi-saison, 0,2% des points de mesures sont situés au-dessus de la zone Brager, le taux d'inconfort total dans le séjour représente moins de 5% du temps de mesure pendant toute l'année (Cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Taux d'inconfort dans le logement 38

LOG. 38	HIVER %			DEMI SAISON %			ETE			TOTAL %		
	Séj	Ch 1	Ch 2	Séj	Ch 1	Ch 2	Séj	Ch 1	Ch 2	Séj	Ch 1	Ch 2
INCONFORT	5%	10%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%
SURCHAUFFE HIVER	1%	0%	2%									

Les courbes de Brager obtenues pour les chambres du logement 38 (cf. Figure 15 et Figure 16) indiquent toutes 2 un taux de surchauffe négligeable pendant la période de l'étude. La Figure 15 présente quelques légères surchauffes en période de chauffage (en bleu). Les résultats obtenus restent très satisfaisants.

D'autre part, le taux de sous-chauffe en hiver est très élevé dans la chambre 1 (10% de temps de mesure en hiver), ces résultats sont cohérents avec les observations précédentes concernant la « non occupation de cette chambre. le taux de sous-chauffe dans la chambre 2 reste négligeable.

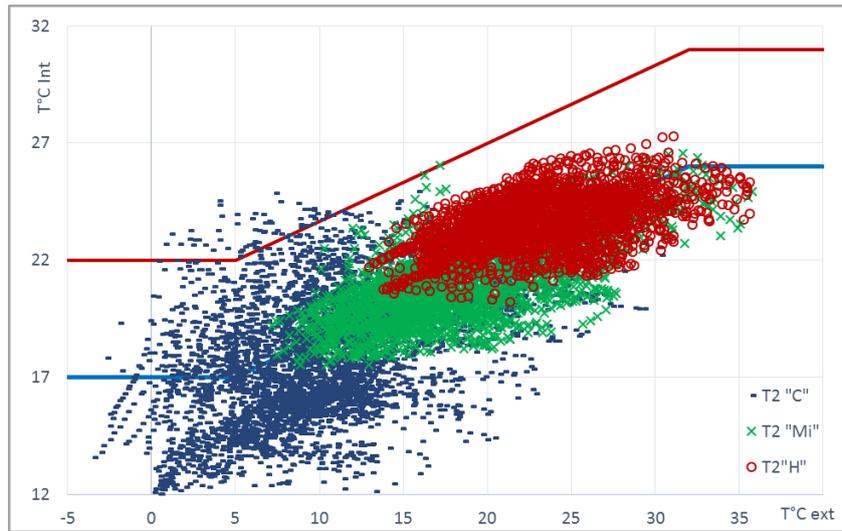


Figure 16: Logement 38, Chambre 1 - Zone de Brager

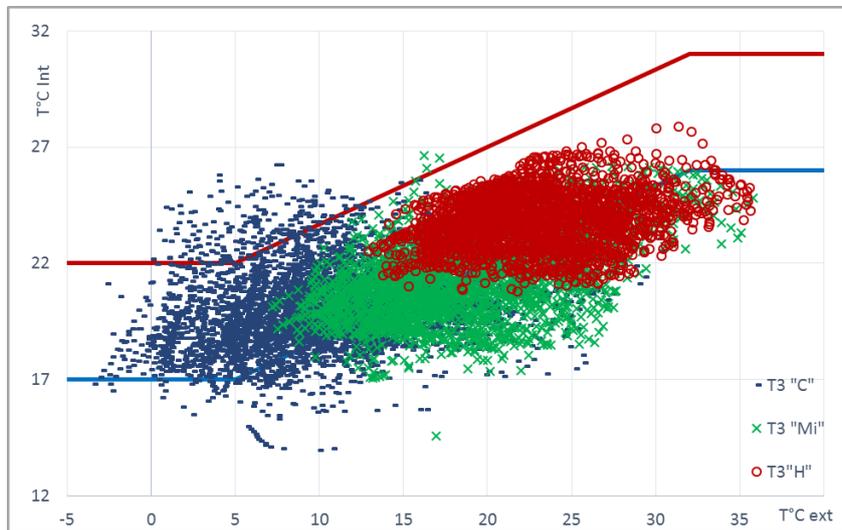


Figure 15: Logement 38, Chambre 2 - Zone de Brager

### 2.3.3. Logement 40

Le séjour du logement 40 (Cf. Figure 17 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) montre un taux de surchauffe très important en période de chauffage (bleu), soit 8% des points de mesure dans le séjour de ce logement. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus lors de l'étude de la semaine la plus froide et la répartition saisonnière des températures en occupation (présentées ci-dessus). La consigne de température du poêle à granulés ne permet pas de réguler la température dans la pièce : soit elle ne fonctionne pas, soit la locataire ne l'utilise pas correctement.

Pendant les périodes « chaude et demi-saisons », le taux de confort est très satisfaisant, les températures sont bien

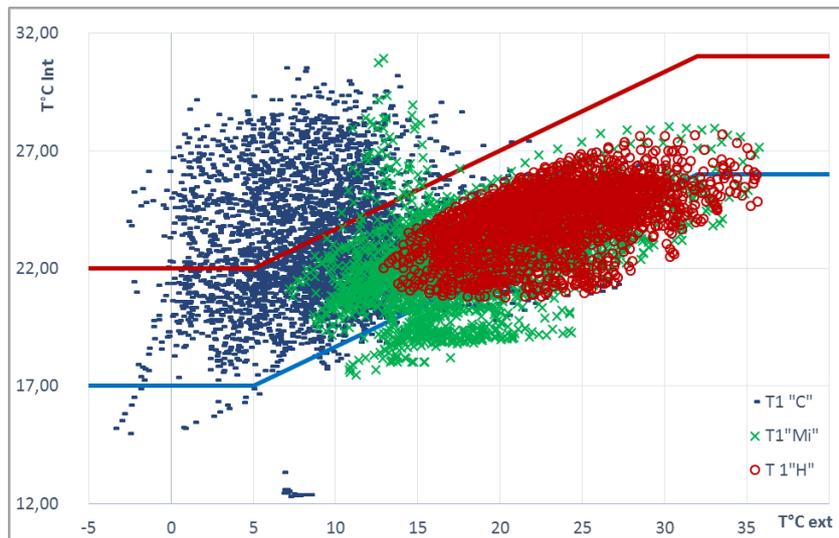


Figure 17: Logement 40, Séjour - Zone de Brager

placées entre les 2 limites de Brager dans le séjour du logement 40, le taux de surchauffe est négligeable et les températures sont inférieures 3°C à la limite supérieure de Brager. 2% des points seulement sont supérieurs à 22°C pour le coin jour en demi-saison.

En période estival, les chambres du logement 40 montrent un taux d'inconfort négligeable, 2% du temps de mesure dans la chambre 2 en demi-saison et 0% dans la chambre 1. Le taux de confort est très satisfaisant pendant les deux périodes dans les deux chambres de cette maison. Les températures sont inférieures de 3-5°C à la limite supérieure de Brager (cf. Figure 18 et Figure 19).

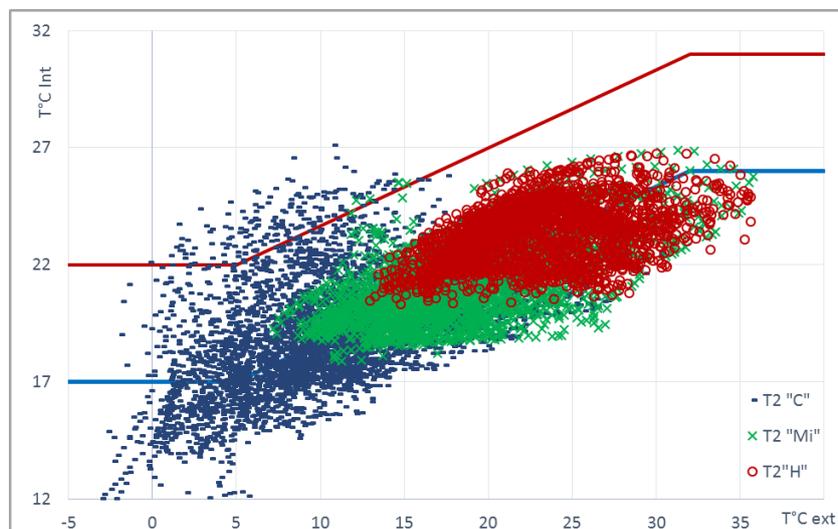


Figure 18 : Logement 40, Chambre 1 - Zone de Brager

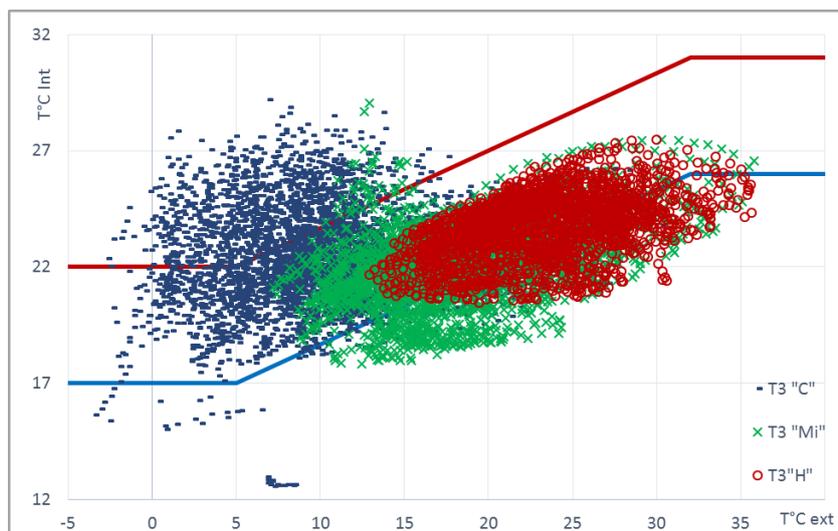


Figure 19 : Logement 40, Chambre 2 - Zone de Brager

En général, les résultats de confort obtenus à l'aide de la méthode « Brager » sont très satisfaisants dans le logement 40 (Cf. Tableau 3), le taux d'inconfort est négligeable dans le séjour et la chambre 2 tout au long de l'étude, inférieur à 1% dans les deux pièces. Le taux de sous-chauffe est important dans la chambre 1, cela ne présente aucun inconvénient pour le bon fonctionnement thermique du logement car la chambre est inoccupée pendant la période de l'étude.

Le taux de confort en toute saison respecte le taux de référence de l'appel à projets, les courbes de "Brager" obtenues pour la totalité du logement 40 indiquent toutes les trois des résultats très satisfaisants au niveau du confort dans le logement.

Tableau 3 : Taux d'inconfort dans le logement 40

LOG. 40	HIVER %			DEMI SAISON %			ETE			TOTAL %		
	Séj	Ch 1	Ch 2	Séj	Ch 1	Ch 2	Séj	Ch 1	Ch 2	Séj	Ch 1	Ch 2
INCONFORT	0%	9%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	1%	3%	1%
SURCHAUFFE HIVER	8%	1%	8%									

### 2.3.4. Comparaison de confort dans les 2 logements.

Sur la Figure 20 on présente le taux d'inconfort pour les deux logements pendant la période des mesures selon Brager, on voit clairement que :

- le taux d'inconfort dans le séjour du logement 38 est supérieur à celui du logement 40 pendant l'hiver.
- En demi-saison, le logement 40 présente un taux d'inconfort très faible (2%)
- Les deux logements montrent un taux de confort très satisfaisant pendant la période « chaude ».

**En conclusion**, le taux d'inconfort respecte le taux de référence de l'appel à projets dans les 2 logements, pour les 3 pièces de mesure et pendant les 3 périodes étudiées.

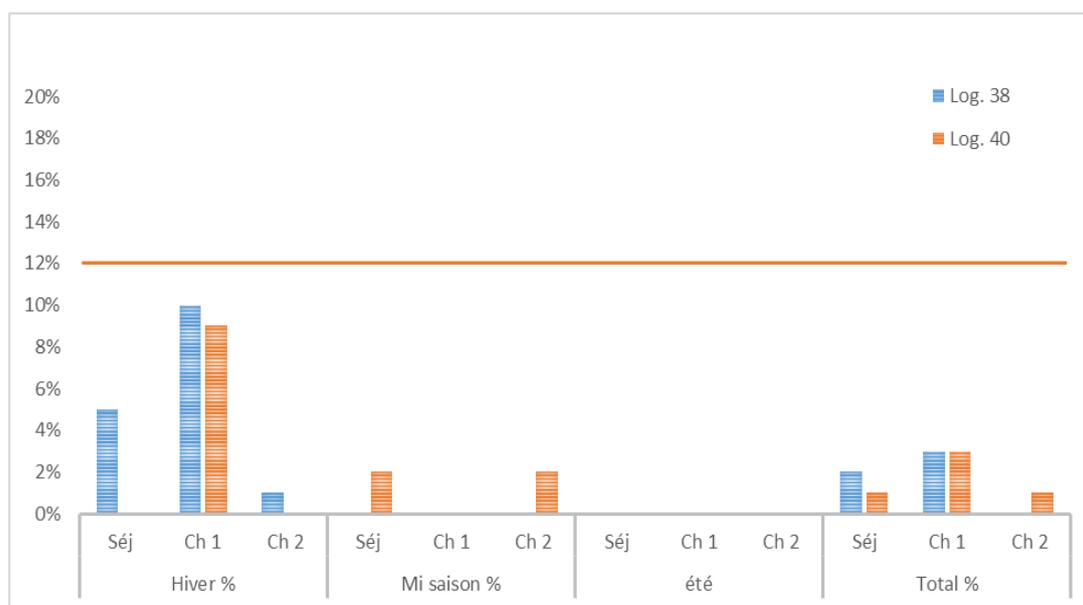


Figure 20: Taux d'inconfort pour les 2 logements étudiés

## 2.4. Conclusions sur la partie confort

Les analyses menées sur les mesures de confort thermique dans les 2 logements instrumentées montrent :

- Un bon fonctionnement thermique des 2 logements aussi bien dans les conditions été que dans les conditions Hiver ;
  - Dans les conditions estivale et « demi-saison » ( $T_{ext} > 20^{\circ}\text{C}$ ), les températures intérieures constatées sont inférieures de  $3^{\circ}\text{C}$ , en moyenne, aux limites basses indiquées par Brager ;
  - Dans les conditions Hiver, exceptée de surchauffe observée dans les chambres non occupées par les usagers, les deux logements présentent un meilleur respect de la zone de confort, le taux d'inconfort reste loin de 8% (taux d'inconfort défini par l'appel à projets) ;
- Un comportement optimal des occupants en période estivale, demi-saison pour les 2 logements ;
- Si on ne considère pas la disfonctionnement de la consigne de température du poêle à granulés, les deux logements sont « très confortables ».

## 3. LES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DES LOGEMENTS

### 3.1. Indicateurs

Pour évaluer l'opération en phase exploitation au regard des exigences de l'appel à projets, on s'intéresse aux consommations en énergie primaire (périmètre RT2012) incluant les postes : chauffage, ECS, ventilation, éclairage et auxiliaires en kWhEP/m<sup>2</sup>.an.

NB : La difficulté majeure d'analyse d'une campagne de mesure réside dans sa dépendance à la météorologie. Une campagne de mesures est réalisée, par définition, en conditions réelles et donc ponctuelles.

### 3.2. Consommation théorique RT 2012

Les 2 logements font l'objet de la même étude RT2012. Les résultats sont rappelés dans le Tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4: Détail des postes de consommation réglementaires

Poste	Chauffage	ECS	VMC	Eclairage	Aux.	Cep
kWhEP/m <sup>2</sup> SHON	32,8	25,3	3,5	3,6	0	65,2
Autre valeurs RT2012	U <sub>bat</sub> projet	B <sub>bio</sub>	B <sub>bio max</sub>	Gain sur la RT2012		C <sub>ep max</sub>
	0,271 W/m <sup>2</sup> °C	42.6	59.3	28.12%		65,3

### 3.3. Consommation mesurée

Les consommations mesurées sont compilées dans le Tableau 5. Les données issues de consommations électriques ont été enregistrées grâce aux data-logger installés et validés par relevés ponctuels (compteur EDF, eau froide et eau chaude). La consommation de granulés de bois est relevée par les occupants des logements.

Tableau 5: Consommation mesurée dans les 2 logements

kWhEP/m <sup>2</sup> SHON	Chauffage	ECS	VMC	Eclairage	Aux.	Cep
Log. 38	24,11	6,01	0,77	0,58	0	31,47
Log. 40	35,03	14,42	1,72	1,07	0	52,24

Sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sont présentées la répartition de la consommation par poste pour l'étude réglementaire RT2012 et pour les deux logements.

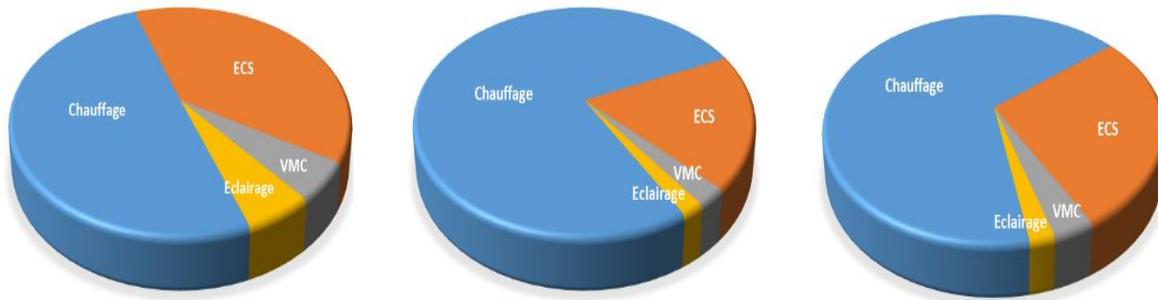


Figure 21 : Répartition de la consommation par poste réglementaires pour l'étude RT2012, logement 38 et logement 40 respectivement

### 3.4. Analyse comparative

La Figure 22 présente la répartition des postes de consommation des logements instrumentés par rapport aux calculs RT2012. La consommation d'énergie pour les 5 postes réglementaires reste inférieure à celle de l'étude réglementaire RT2012. La consommation mesurée est inférieure au coefficient Cep calculée, respectivement 52% et 20% pour les logements 38 et 40.

Une consommation de chauffage très faible a été observée dans le logement 38, de 27% inférieure à la consommation de chauffage calculée. Le logement 40 montre une consommation de chauffage plus élevée, de 7% de plus par rapport à l'étude RT2012. Cela est dû au fait que la consigne de température du poêle à granulés ne fonctionne pas, ou est mal utilisée par les occupants. La température est très élevée dans ce logement pendant la saison de chauffage. Le taux de surchauffe est de 8% dans le logement 40 contre 1% dans le logement 38 (Tableaux 2 & 3).

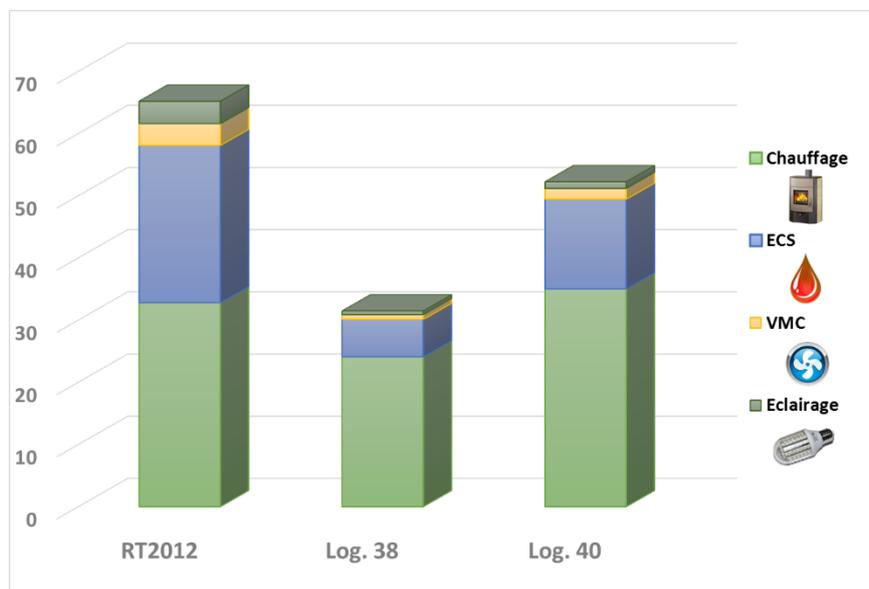


Figure 22: Comparaison de la répartition des consommations en énergie primaire par poste RT2005

La consommation d'énergie pour le système thermodynamique utilisé pour chauffer l'eau reste plus élevée dans le logement 40 par rapport à son voisin, un résultat logique par rapport à la consommation d'ECS. L'occupant du logement a consommé 11,16 m<sup>3</sup> de l'ECS contre 6,43 m<sup>3</sup> pour le logement 38.

Même si la consommation des postes éclairage et VMC était plus élevée dans le logement 40 de celle de logement 38, la consommation réelle pour les deux postes reste très faible par rapport à l'étude réglementaire.

**En conclusion**, hormis la consommation de chauffage du logement 40, la consommation réelle mesurée tout au long de l'étude est inférieure à celle calculée dans l'étude RT2012 et pour les cinq postes réglementaires.

## 4. LA PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE

Une centrale photovoltaïque est intégrée au pan Sud de la toiture. Les caractéristiques de l'installation sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Marque des capteurs	Sun Power
Surface de l'installation	48 m <sup>2</sup>
Puissance d'un module	225 W
Nombre de modules	36
Production annuelle théorique	151.6 kWh/m <sup>2</sup> .an

Sur la Figure 23 est présentée la production mensuelle des panneaux PV en comparaison avec la production provisoire de ces panneaux.

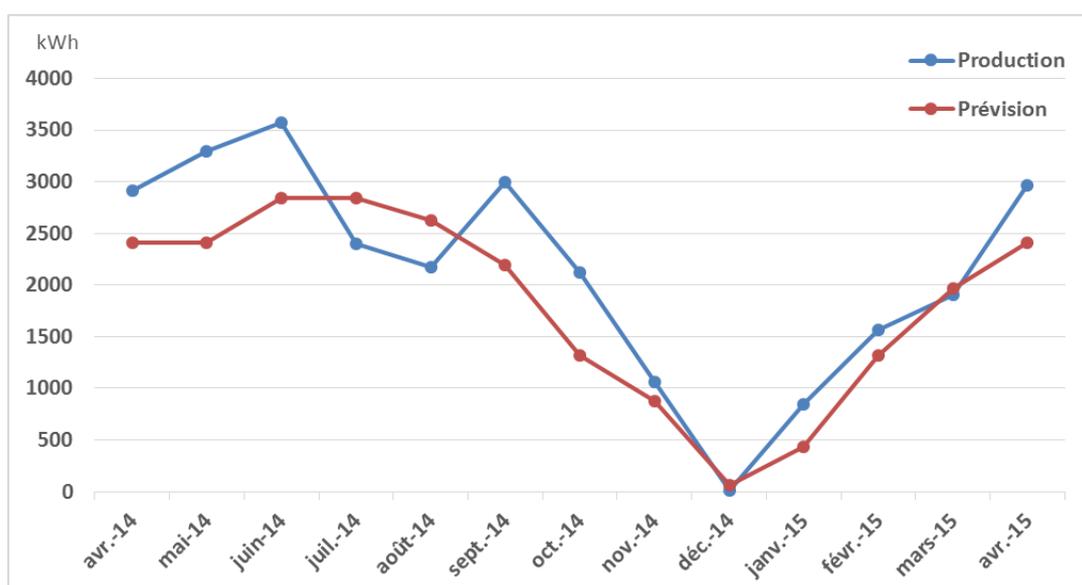


Figure 23: Production mensuelle réelle et théorique de capteur solaire pendant la période de l'étude

En général, la production d'énergie réelle est de 17% supérieure à la prévision. Les mois de juillet et août montrent une diminution remarquable de la production des panneaux solaires. Cette année là, l'ensoleillement durant ces 2 mois d'été a été très inférieur à la normale, avec des déficits dépassant 20 % dans certaines régions en France.

Sur la Figure 25 sont présentées les dépenses énergétiques des deux logements avec la part d'énergie produite par l'installation photovoltaïque. Le graphique permet de constater que la part de production d'énergie renouvelable dépasse largement les consommations des deux logements. La proportion de consommation mensuelle des deux logements par rapport à la production d'énergie renouvelable des panneaux photovoltaïques est représentée sur la Figure 24. Excepté le mois de décembre où la consommation des deux logements est supérieure à la production, la production est largement supérieure à la consommation.

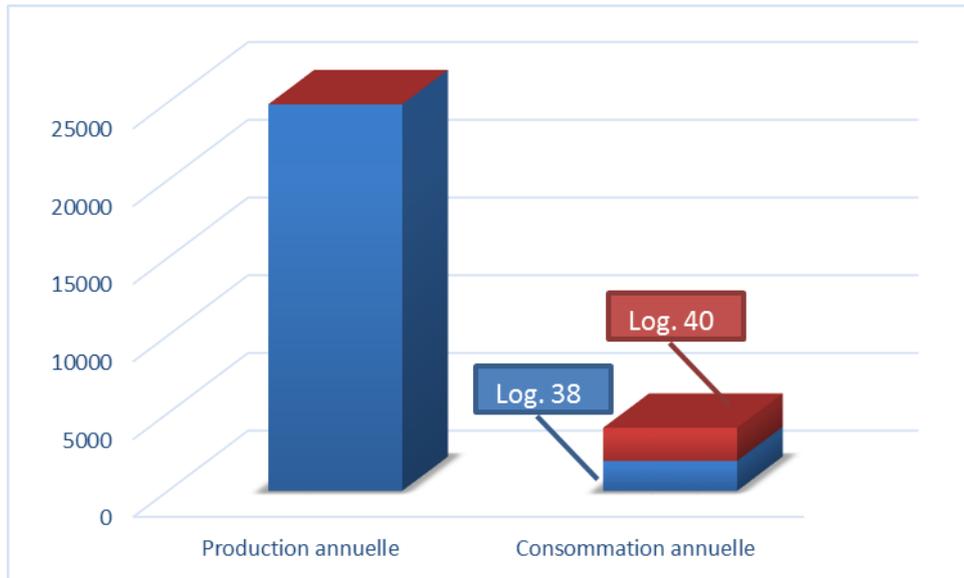


Figure 25: Production annuelle des panneaux PV comparé à la consommation annuelle des deux logements.

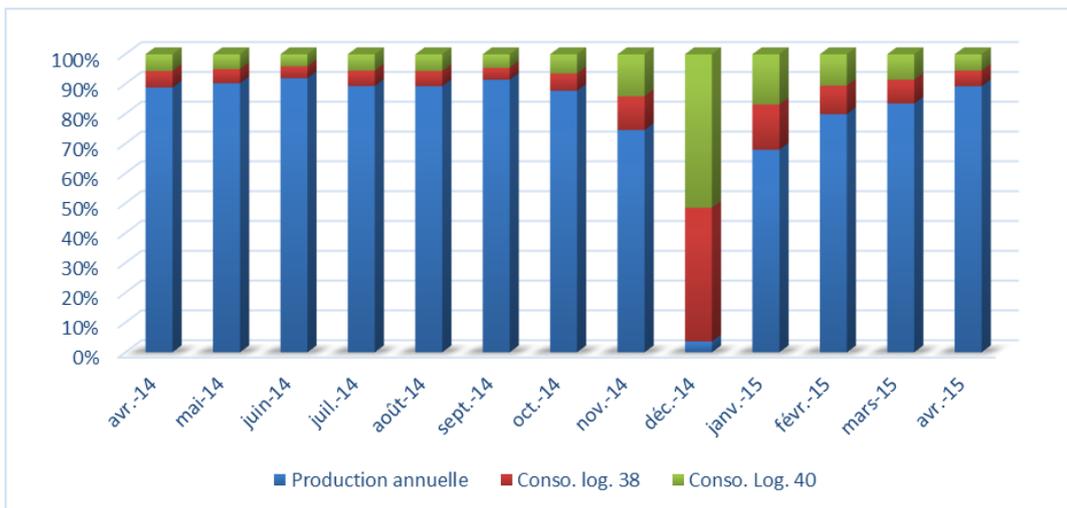


Figure 24: Proportion de la consommation mensuelle des deux logements à la production d'énergie renouvelable des PVs

## 5. CONCLUSION

Les 2 logements instrumentés montrent une très bonne réaction aux surchauffes estivales, en effet, les situations d'inconfort au-dessus de 28°C sont quasiment inexistantes, ce qui indique également un comportement approprié des usagers.

En revanche, en saison de chauffe, les températures intérieures obtenues dans les 2 logements sont très irrégulières. Le suivi a permis de mettre en évidence des périodes de sous-chauffe correspondant à des espaces inoccupés, aussi bien que des périodes de surchauffe engendrées par une mauvaise régulation du chauffage.

Soit la régulation est mal employée par les locataires, soit elle ne fonctionne pas ou n'est pas bien paramétrée au regard du fonctionnement des poêles, mais une marge certaine de progression a pu être mise en évidence.

L'analyse des consommations de chauffage confirme les observations menées grâce à l'exploitation des températures mesurées. Néanmoins, ces consommations sont pour un logement plus de 25% inférieures au calcul RT2012, et pour l'autre légèrement supérieures. Les données de consommation sont donc tout à fait acceptables au regard des indicateurs issus de l'étude RT, tout en gardant à l'esprit que le calcul réglementaire utilise des données d'usage et de fonctionnement schématiques, en rien identiques au fonctionnement réel d'une habitation.

Concernant la production d'ECS, les consommations d'énergie mesurées sont en cohérence avec les consommations d'eau [en m<sup>3</sup>] relevées pour chaque logement : un des logements consomme globalement 2 fois plus que l'autre. En revanche, dans les 2 cas, les niveaux de consommation obtenus sont nettement inférieurs aux estimations issues du calcul RT, ce qui indique un fonctionnement satisfaisant du chauffe-eau thermodynamique dans les 2 logements.

Globalement, les logements de la Charouffie présentent un niveau de performance global très satisfaisant : une enveloppe isolée et bioclimatique, des systèmes performants et des comportements appropriés. Le seul bémol se situe au niveau d'un défaut de régulation des poêles à bois source de surchauffe en hiver et donc de surconsommation.