

# MEASURE

## **ME**sures de perform**A**nces réelles et de **S**atisfaction des occ**U**pants dans les bâtiments **R**ésidentiels à hautes performances **E**nergétiques

Architecture et Climat – Université catholique de Louvain  
Centre Scientifique et Technique de la Construction



### **Rapport de synthèse II : Performances et consommations énergétiques**

Jade Deltour – CSTC  
Véronique Vanwelde – CSTC

Olivier Darteville – U.C.L.

Novembre 2018

*Projet réalisé avec le soutien de la Wallonie*



## 1. Table des matières

<b>2.</b>	<b>PRÉSENTATION ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>DESCRIPTION DES MÉTHODES EMPLOYÉES.....</b>	<b>5</b>
3.1	NIVEAU 1 : ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE.....	5
3.2	NIVEAU 2 : MESURES SUR SITE ET RELEVÉ DES CONSOMMATIONS (25 MAISONS) .....	6
3.2.1	<i>Sélection des bâtiments analysés.....</i>	6
3.2.1	<i>Mesures sur site des performances de l'enveloppe et des systèmes.....</i>	6
3.2.2	<i>Relevé des consommations énergétiques.....</i>	8
3.2.3	<i>Calcul des performances théoriques de l'enveloppe et des systèmes.....</i>	12
3.3	NIVEAU 3 : MESURES SUR SITE ET MONITORING DÉTAILLÉ (5 MAISONS) .....	17
3.3.1	<i>Sélection des bâtiments analysés.....</i>	17
3.3.2	<i>Mesures sur site des performances de l'enveloppe et des systèmes.....</i>	17
3.3.3	<i>Mesures des consommations énergétiques.....</i>	18
<b>4.</b>	<b>PERFORMANCES DE L'ENVELOPPE ET DES SYSTÈMES.....</b>	<b>21</b>
4.1	NIVEAU 1 : DONNÉES RÉCOLTÉES LORS DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE .....	21
4.2	NIVEAU 2 : RÉSULTATS DES MESURES SUR SITE (25 MAISONS) .....	21
4.2.1	<i>Performances de l'enveloppe.....</i>	21
4.2.2	<i>Performances des systèmes : les débits de ventilation.....</i>	24
4.3	NIVEAU 3 : RÉSULTATS DES MESURES SUR SITE (5 MAISONS) .....	26
4.3.1	<i>Performances de l'enveloppe.....</i>	26
4.3.1	<i>Performances des systèmes de ventilation.....</i>	27
4.3.1	<i>Mesures sur une chaudière à condensation.....</i>	29
<b>5.</b>	<b>CONSOMMATIONS ENERGETIQUES .....</b>	<b>32</b>
5.1	NIVEAU 1 : DONNÉES RÉCOLTÉES LORS DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE .....	32
5.1.1	<i>Consommations pour la production de chauffage.....</i>	32
5.1.2	<i>Consommations électriques.....</i>	33
5.2	NIVEAU 2 : RÉSULTATS DU RELEVÉ DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES.....	34
5.2.1	<i>Consommations pour la production de chauffage.....</i>	34
5.2.2	<i>Consommations électriques.....</i>	42
5.3	NIVEAU 3 : RÉSULTATS DU MONITORING DÉTAILLÉ .....	44
5.3.1	<i>Consommations pour la production de chauffage d'une chaudière à condensation.....</i>	44
5.3.1	<i>Consommations électriques.....</i>	46
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES.....</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>52</b>
8.1	CARACTÉRISTIQUES ET INDICATEURS PEB DES BÂTIMENTS ANALYSÉS.....	52
8.2	RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES .....	54
<b>9.</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>100</b>

## 2. Présentation et objectifs de l'étude

Le projet MEASURE (MEsures de performAnces réelles et de Satisfaction des occUpants dans les bâtiments Résidentiels à hautes performances Energétiques) avait pour objectif d'évaluer :

- dans quelle(s) mesure(s) les techniques constructives (isolation, étanchéité à l'air, ventilation, etc.) actuelles à la base des bâtiments résidentiels à hautes performances énergétiques wallons permettent-elles de donner satisfaction aux occupants en ce qui concerne :
  - les ambiances thermiques ?
  - les ambiances respiratoires ?
  - les consommations du bâtiment ?
  - leurs capacités d'action sur les ambiances ?
- comment se situent ces ambiances par rapport :
  - au ressenti et à la satisfaction ?
  - aux attentes/normes de confort actuelles ?
- comment se situent les performances réelles par rapport aux performances prévues (consommations énergétiques, performances de l'enveloppe et des systèmes) ?

Pour atteindre ces objectifs, l'étude s'est basée sur l'analyse d'un ensemble de bâtiments résidentiels existants (maisons unifamiliales) à hautes performances énergétiques construits en Wallonie dans le cadre de l'action Construire Avec l'Energie (CALE)<sup>1</sup> et occupés depuis plusieurs années (3 à 10 ans environ).



Figure 1: action Construire Avec l'Energie (CALE)

Pour plus d'infos: <http://energie.wallonie.be/fr/construire-avec-l-energie.html?IDC=6143>

Le présent document reprend les principales conclusions de l'étude en ce qui concerne les performances et les consommations énergétiques de ces habitations.

<sup>1</sup> Pour plus d'informations sur l'action Construire Avec l'Energie, on pourra notamment consulter les articles suivants:  
 Langendries, D., & Gerin, O. (2012). Construire avec l'énergie: 8 ans de "labo" de la PEB. *Les Cahiers nouveaux du CSTC*, 84, 68-70.  
 Langendries, D., & Lethé, G. (2010). CALE : précurseur de la PEB. *Les dossiers du CSTC - N° 3/2010 - Cahier n° 18*.

Différents sous-ensembles de bâtiments ont fait l'objet d'analyses selon plusieurs niveaux de détails : d'une analyse générale sur un grand nombre de bâtiments (enquête de satisfaction par questionnaire) jusqu'à une analyse détaillée sur un nombre plus réduit de bâtiments (campagne de mesures), comme illustré ci-dessous.

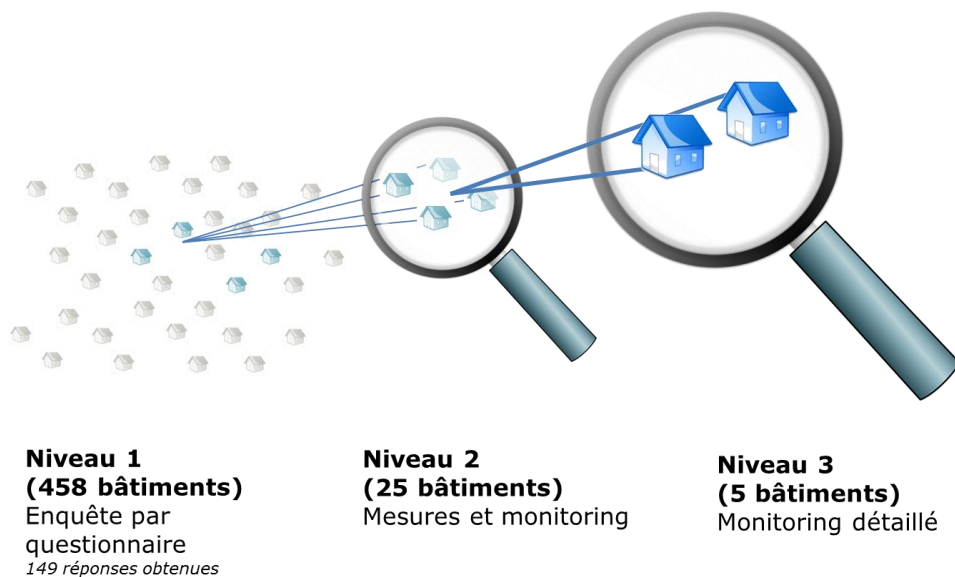


Figure 2 : trois niveaux d'analyse



### 3. Description des méthodes employées

#### 3.1 Niveau 1 : Enquête par questionnaire

Une enquête de satisfaction a été menée entre avril et mai 2015 sur base d'un questionnaire en ligne adressé à l'ensemble des occupants de maisons unifamiliales construites dans le cadre de l'action Construire Avec l'Energie (soit 458 dossiers). 149 réponses valides ont été obtenues. Ce questionnaire est accessible en ligne: <https://tools.uclouvain.be/limesurvey200/index.php/survey/index>

Figure 3: questionnaire de satisfaction

L'objectif principal de celui-ci était de mesurer la satisfaction des occupants par rapport au climat intérieur de leur nouveau logement (voir rapport spécifique *Climat Intérieur*).

Il a aussi été l'occasion de récolter des informations quant aux consommations mesurées des différents logements présentés dans ce rapport.

## 3.2 Niveau 2 : Mesures sur site et relevé des consommations (25 maisons)

Le but de ce 2<sup>ème</sup> niveau était d'évaluer les performances énergétiques, de l'enveloppe et des systèmes, de 25 maisons. Dans un premier temps cette évaluation s'est faite en conditions réelles d'occupation, via des mesures ponctuelles (étanchéité à l'air, débits de ventilation) et via un relevé des consommations. Dans un second temps, ce comportement énergétique effectif a été comparé avec le comportement énergétique théorique.

Le relevé des consommations s'est porté sur l'ensemble de l'année 2016. Le climat extérieur ainsi que l'analyse du climat intérieur des 25 maisons de l'échantillon sur cette période de mesure sont détaillés dans le "Rapport de synthèse I : climat intérieur".

### 3.2.1 Sélection des bâtiments analysés

Les 25 bâtiments monitorés (échantillon de niveau 2) ont été choisis parmi l'échantillon de bâtiments pour lesquels un accord de participation au monitoring avait été obtenu lors de l'enquête, mais aussi, de manière à garantir autant que possible:

- une certaine représentativité des différents niveaux de satisfaction identifiés lors de l'enquête de satisfaction,
- une variance suffisante des variables présentant un potentiel d'influence sur les niveaux de satisfactions,
- un échantillon visant des objectifs de performances énergétiques élevés (faibles consommations de chauffage).

Les caractéristiques de ces bâtiments sont décrites dans l'annexe 9.1 du "Rapport de synthèse I : Climat intérieur".

### 3.2.1 Mesures sur site des performances de l'enveloppe et des systèmes

Pour chaque bâtiment sélectionné une série de mesures ponctuelles ont été réalisées :

#### Mesure de l'étanchéité à l'air du bâtiment

La mesure de l'étanchéité à l'air est effectuée au moyen d'un équipement de pressurisation installé dans une des baies du bâtiment. La différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur est mesurée pour différents débits correspondants à différentes vitesses de rotation du ventilateur. A l'issue de la mesure, on obtient ainsi une série de couples de pressions et de débits. Une régression linéaire permet alors d'établir le lien entre la pression et le débit s'appliquant au bâtiment concerné.

Le résultat de la mesure est exprimé en taux de renouvellement d'air par heure sous une différence de pression de 50 Pa ( $n_{50}$ ). Le taux de renouvellement d'air exprime le nombre de fois que le volume d'air intérieur d'un bâtiment est renouvelé via les infiltrations d'air au travers des interstices de son enveloppe. Cela signifie que si un bâtiment est très compact, c'est-à-dire présentant une surface de déperdition réduite par rapport à son volume intérieur, il aura une valeur  $n_{50}$  plus faible qu'un bâtiment non compact, même si le soin apporté à son étanchéité à l'air est identique.



Figure 4: mesure de l'étanchéité à l'air

Lorsque les bâtiments étaient mis en dépression, une recherche des fuites principales était également réalisée. Les infiltrations d'air via les interstices de l'enveloppe sont repérées au moyen de fumigènes qui permettent de visualiser les flux d'air.



Figure 5: recherche des fuites à l'aide d'un fumigène

### Examen thermographique de l'enveloppe du bâtiment

La thermographie des bâtiments est une méthode qui permet, à l'aide d'un système de détection infrarouge, de visualiser et de représenter la répartition de température sur la surface de l'enveloppe d'un bâtiment. Les irrégularités des propriétés thermiques de l'enveloppe externe se traduisent par des variations de température d'un point à l'autre de la surface de la structure. La température superficielle est également influencée par les mouvements d'air dans et/ou à travers l'enveloppe du bâtiment. La répartition de la température superficielle peut donc servir à détecter les irrégularités thermiques provoquées, par exemple, par des défauts d'isolation, par l'humidité et/ou par des infiltrations d'air dans les composants constituant l'enveloppe externe du bâtiment.

L'examen thermographique nécessite des conditions météorologiques particulières : une différence de température de minimum 10°C entre l'intérieur et l'extérieur, un temps sec, l'absence

d'ensoleillement direct, ... Ces impératifs n'ont pas permis de réaliser un examen thermographique sur les 25 maisons de l'échantillon.

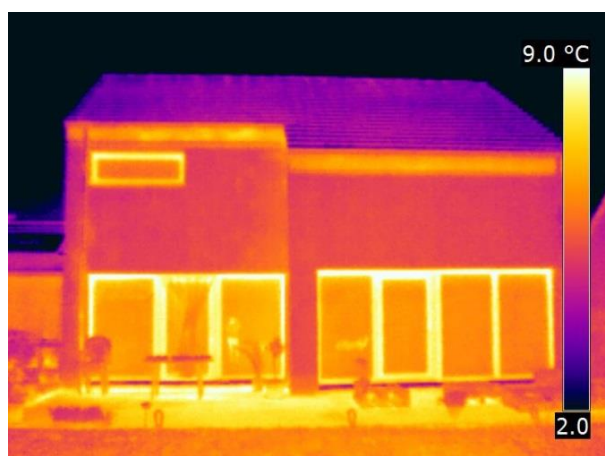


Figure 6: méthode thermographique pour détecter les irrégularités thermiques

### Système de ventilation : mesure des débits et inspection des filtres

Parmi les 25 maisons de l'échantillon moyen, 22 présentent un système de ventilation de type D (extraction et pulsion mécaniques) avec récupération de chaleur. Pour chacune de ces installations, le débit de ventilation de toutes les bouches de la partie mécanique du système a été mesuré pour les différentes positions de régulation de la vitesse des ventilateurs (au nombre de 3 pour les 22 maisons concernées).

La mesure des débits a été réalisée à l'aide d'un instrument à compensation de pression avec grille stabilisatrice. En parallèle, l'état de vétusté des filtres était inspecté.



Figure 7: mesure des débits de ventilation

### 3.2.2 Relevé des consommations énergétiques

En vue de qualifier les performances énergétiques des 25 maisons issues de l'échantillon moyen, la consommation énergétique annuelle a fait l'objet d'un relevé régulier (mensuel, voire hebdomadaire) par les occupants durant toute la durée du monitoring.

De plus, il a été demandé aux propriétaires faisant usage d'un poêle ou d'une cassette à bois ou à pellets, de relever la quantité de bois ou de pellets brûlés, parallèlement au relevé de leurs autres consommations énergétiques.

Afin de pouvoir comparer ces données aux valeurs théoriques, des hypothèses ont été posées pour répartir les consommations mesurées par mois et par poste. En effet, les occupants ont relevé soit :

- les consommations électriques totales,
- les compteurs gaz,
- le niveau des citernes (mazout, propane, ...),
- les quantités de bois, pellets.

### Facteurs de conversion

Une première étape a été de convertir l'ensemble des données transmises par les occupants en kWh. Pour cela, nous nous sommes basés sur les hypothèses de la méthode de Procédure d'Avis Énergétique (PAE) en Wallonie. Ces dernières sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Vecteur énergétique	PCI	Densité	PCI/PCS <sup>2</sup>
Gaz naturel	10.8 kWh/m <sup>3</sup>	-	0.9
Propane	12.8 kWh/kg	0.51 kg/l	0.92
Mazout	10 kWh/l	-	0.94
Bois (buche)	4.2 kWh/kg	400 kg/m <sup>3</sup>	0.93
Bois (copaux)	3 kWh/kg	230 kg/m <sup>3</sup>	0.93
Pellets	4.9 kWh/kg	550 kg/m <sup>3</sup>	0.91

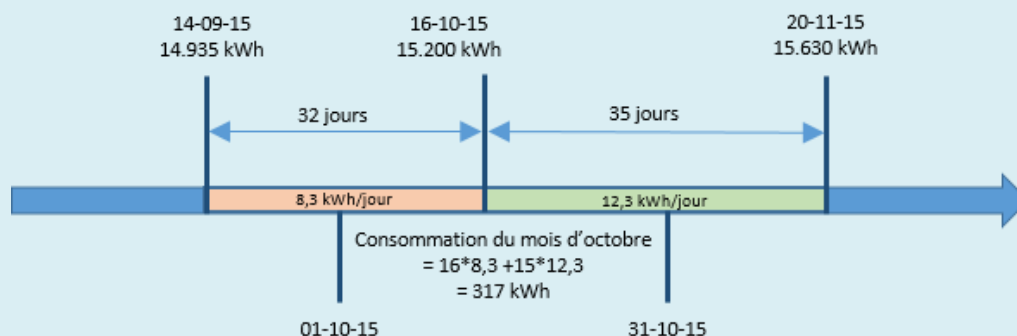
Tableau 1 : facteurs de conversion

### Répartition mensuelle des consommations

Le relevé réalisé par les occupants a été fait régulièrement à des dates ne correspondant pas forcément à la période mensuelle. Afin de pouvoir comparer ces données aux résultats obtenus avec des consommations théoriques, les consommations obtenues par le relevé ont été redistribuées mensuellement selon la méthode illustrée par un exemple dans l'encadré de la page suivante.

<sup>2</sup> PCI : pouvoir calorifique inférieur ; PCS : pouvoir calorifique supérieur

La consommation mensuelle est reconstituée à partir des moyennes journalières qui couvrent le mois étudié, par exemple :



Date du relevé	Relevé compteur électrique [kWh]	Consommation électrique entre les deux relevés [kWh]	Nombre de jours entre les deux relevés	Moyenne journalière entre les deux relevés [kWh/jour]
14-09-15	14.935	-	-	-
16-10-15	15.200	265	32	8,3
20-11-15	15.630	430	35	12,3

Figure 8 et tableau 2 : exemple pour la répartition des consommations mensuellement

### Séparation de la consommation de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire

Les données recueillies ont été manipulées de manière à estimer :

- les consommations de chauffage lorsque cette consommation a pu être isolée de la consommation en eau chaude sanitaire (ECS),
- les consommations de chauffage et d'ECS pour les autres cas.

Pour y arriver une série d'hypothèses ont été posées (voir encadré page suivante).

Par ailleurs, la méthode de calcul utilisée pour séparer les différentes consommations (A, B, C, ... voir la dernière colonne du tableau) diffère selon les cas de figure rencontrés. Le tableau ci-dessous reprend pour chaque maison (voir la 6<sup>è</sup> colonne du tableau), la méthode de calcul (A, B, C, ...), et les caractéristiques techniques qui sont déterminantes pour le choix de chaque méthode de calcul.

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

Tableau 3 : Par groupe de maison, la méthode de calcul et les caractéristiques techniques associées

### Hypothèses de calcul pour séparer la consommation de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire

- le chauffage n'est pas utilisé pendant les mois estivaux de juin, juillet et août,
- les panneaux solaires thermiques installés couvrent toute la demande en ECS, pendant les mois estivaux de juin, juillet et août,
- la consommation électrique hors chauffage et ECS est constante tout au long de l'année,
- le rendement d'une PAC sol/eau pour l'ECS est constant tout au long de l'année.

### Détails sur la méthode de calcul

A	Calcul 1 : moyenne journalière de la consommation totale sur les mois estivaux = moyenne journalière pour consommations ECS																																				
	Calcul 2 : consommation mensuelle pour ECS en appliquant les facteurs du tableau* :																																				
	<table><tr><th></th><th>Jan</th><th>Fév</th><th>Mars</th><th>Avr</th><th>Mai</th><th>Juin</th><th>Juil</th><th>Août</th><th>Sept</th><th>Oct</th><th>Nov</th><th>Déc</th></tr><tr><td>Facteur de correction</td><td>1.09</td><td>1.14</td><td>1.08</td><td>1.03</td><td>0.99</td><td>0.94</td><td>0.81</td><td>0.83</td><td>0.94</td><td>1.01</td><td>1.05</td><td>1.09</td></tr></table>													Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Facteur de correction	1.09	1.14	1.08	1.03	0.99	0.94	0.81	0.83	0.94	1.01	1.05
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc																									
Facteur de correction	1.09	1.14	1.08	1.03	0.99	0.94	0.81	0.83	0.94	1.01	1.05	1.09																									
Tableau 4: Facteur de correction pour la production d'eau chaude sanitaire																																					
	Calcul 3 : consommation pour le CH = consommation totale – consommation pour ECS																																				
B	Nous n'avons pas la possibilité de séparer la consommation dédiée au chauffage et celle dédiée l'ECS																																				
C	Calcul 1 : moyenne journalière de la consommation totale sur les mois estivaux = moyenne de la consommation électrique résiduelle (pour tous les postes sauf le chauffage et l'ECS).																																				
	Calcul 2 : consommation mensuelle pour l'électricité résiduelle																																				
	Calcul 3 : consommation électrique CH + ECS = consommation totale – consommation résiduelle																																				
	Calcul 4 : consommation totale CH + ECS = consommation électrique (CH + ECS) + consommation bois/pellet																																				
D	Calcul 1 : moyenne journalière de la consommation totale sur les mois estivaux = moyenne de la consommation électrique résiduelle (pour tous les postes sauf le chauffage et l'ECS).																																				
	Calcul 2 : consommation mensuelle pour l'électricité résiduelle																																				
	Calcul 3 : consommation CH + ECS = consommation totale – consommation résiduelle																																				
D'	Même méthode que E																																				
E	Calcul 1 : moyenne journalière de la consommation totale sur les mois estivaux = moyenne de la consommation électrique résiduelle (pour tous les postes sauf le chauffage).																																				
	Calcul 2 : consommation mensuelle pour l'électricité résiduelle																																				
	Calcul 3 : consommation CH = consommation totale – consommation résiduelle																																				
E'	Le relevé des consommations était séparé pour la PAC CH et pour la PAC ECS																																				

\* Seasonal variation of hot and cold water consumption in apartment buildings, O. Gerin, B. Bleys, K. De Cuyper, Belgian Building Research Institute, Belgium, CIBW062 Symposium 2014

Nous n'avons pas pu déduire la consommation pour le chauffage et l'ECS de la maison 24 équipée d'une PAC air/eau pour le chauffage et pour l'ECS. En effet, le rendement de ce système est trop variable pour appliquer les méthodes utilisées dans le cadre de cette étude.

Le relevé détaillé des maisons 11, 21 et 26 n'a pas pu être réalisé pour l'année 2016 complète. Les résultats obtenus pour ces 3 maisons sont donc partiels.

Les relevés des consommations dédiées au chauffage des maisons 4 et 22 n'ont pas été assez détaillés pour cadrer avec notre étude.

### 3.2.3 ***Calcul des performances théoriques de l'enveloppe et des systèmes***

Pour pouvoir comparer les performances énergétiques mesurées des bâtiments étudiés avec leurs performances théoriques, la méthode PEB d'application en Wallonie en 2016 a été appliquée sur les 25 maisons de l'échantillon. Parmi les différents outils et logiciels qui existent pour évaluer les performances énergétiques des bâtiments (TRNsys, EnergyPlus, PHPP, PEB, ...), la méthode PEB se différencie par son cadre réglementaire : elle a pour objectif d'encourager, pour un même confort fourni, les constructions les plus économes en énergie et au contraire, de pénaliser les bâtiments les plus énergivores. La performance calculée considère donc une occupation et un climat standardisé.

Les hypothèses considérées lors de l'application de la méthode PEB sont détaillées dans l'encadré page suivante.

Les résultats obtenus sont nommés « consommations théoriques » pour la suite de ce rapport et sont présentés aux pages suivantes.



### Hypothèses détaillées de l'encodage de l'enveloppe

- Pour les surfaces de déperditions en contact avec des espaces adjacents non-chauffés (EANC) ou avec le sol, celles-ci ont été pondérées en fonction de la nature du contact.

Nature du contact	Pondération
Plancher au-dessus d'espaces à l'abri du gel (par ex : caves)	2/3
Planchers sur le sol	1/3
Murs extérieures en contact avec le sol (par ex : murs enterrés)	2/3
Parois et portes intérieures en contact avec des espaces à l'abri du gel	2/3

- Encodage du niveau de l'étanchéité à l'air  $v_{50}$  mesurés ( $m^3/h.m^2$ ) (cfr. mesures ponctuelles réalisées concernant l'étanchéité à l'air)
- Nœuds constructifs pris en compte selon la méthode forfaitaire B « méthode des nœuds PEB conformes » avec l'hypothèse que tous les nœuds constructifs rencontrés sont PEB conformes\*. Ceci a un impact de 3K supplémentaires sur le niveau K global.

### Hypothèses détaillées de l'encodage des systèmes

- Définition des secteurs énergétiques en fonction des observations réalisées in situ
- Rendement du système de ventilation (si système D) :
  - Théorique du groupe si celui-ci est recensé dans la base de données epbd.be, sinon rendement de 80%
  - Prise en compte des débits mesurés au lieu des débits théoriques (voir paragraphe 3.2.1)
- Valeur par défaut pour le facteur de correction du débit de ventilation volontaire tenant compte de la qualité d'exécution de l'installation ( $msec_i = 1.5$ )
- Les consommations auxiliaires : calcul détaillé à partir de la puissance des ventilateurs si le groupe est recensé dans la base de données epbd.be, sinon calcul simplifié.
- La longueur des conduites d'ECS a été prise par défaut pour tous les encodages car la position de l'appareil de production de chaleur n'a pas pu être répertoriée de manière globale lors des visites sur site. De plus, les plans ne sont pas toujours assez précis pour permettre un calcul détaillé.
- Aucune boucle de circulation n'a été encodée dans le calcul de l'efficacité de l'appareil de production.
- La consommation auxiliaire en eau chaude sanitaire (ECS) :
  - Un ventilateur est considéré dans le calcul des consommations sauf si la production de chaleur se fait à partir d'un boiler électrique.
  - Aucune boucle de circulation n'a été encodée dans le calcul des consommations
- Nombre de panneaux photovoltaïque (PV) et panneaux solaire thermique (PSth) calculé sur base des photos prises sur site ou sur base des vues aériennes.
- Puissance des PV de 240Wc/PV\*\* lorsque l'information n'est pas disponible.
- Surface des PSth de 2,4 m<sup>2</sup> lorsque l'information n'est pas disponible.
- La consommation des auxiliaires pour la production de chauffage tient compte des valeurs par défaut selon les configurations d'utilisation suivantes :
  - Chaudières : un circulateur avec régulation, un ventilateur intégré et de l'électronique de commande
  - PAC : un circulateur avec régulation et de l'électronique de commande
  - Chauffage électrique : consommations des auxiliaires nulles
  - Poêle : consommations des auxiliaires nulles
- Pourcentage d'ouverture des fenêtres pour la ventilation intensive de nuit :
  - RDC = 0 %,
  - Velux = 100 %,
  - autres = 10 %.
- Prise en compte des protections solaires (PS) extérieures tel qu'observé lors des visites sur site. Les protections solaires intérieures ne sont pas encodées.

\* Voir Annexe B2 des textes réglementaires de la méthode PEB en Région Wallonne.

\*\* Source : SunPowercorp.fr

## Résultats

Les caractéristiques de chaque maison et leurs indicateurs PEB sont résumés dans le tableau suivant (disponible en annexe dans sa version intégrale)














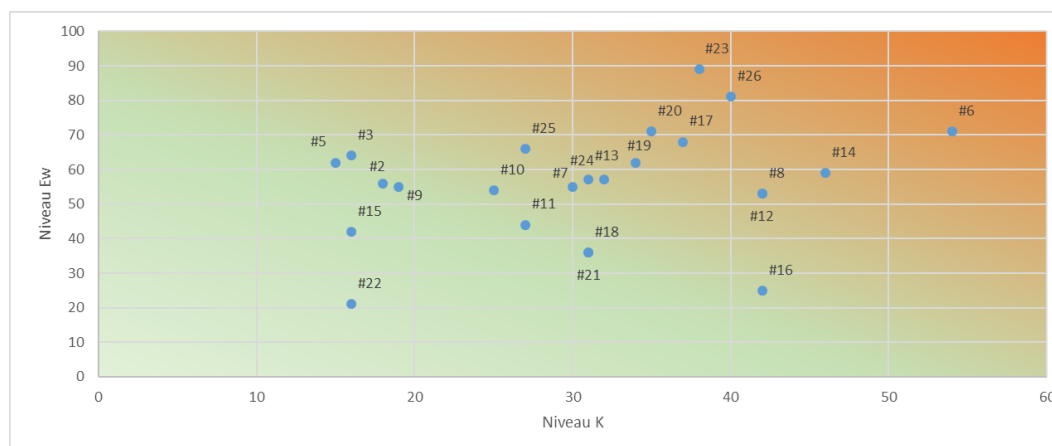
DIVERS		VOLUMETRIE							SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Compacité [m]	Surface de plancher chauffée	$U_m$ [W/m²K]	Inertie	$V_{50}$ [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E <sub>w</sub>
2		1014	375	2.7	330	0.29	Peu lourd	1.3	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 2160	 2.8	18	56
3		449	280	1.6	120	0.19	Peu lourd	0.8	Electricité	Local	résistance sur air	boiler électrique solaire thermique	-	 5	16	64
5		577	388	1.5	152	0.18	Peu lourd	0.7	Electricité	Local	résistance sur air	boiler électrique solaire thermique	-	 5	15	62
6		667	728	0.9	303	0.54	Peu lourd	3.1	Gaz	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon	-	-	54	71
7		1182	798	1.5	365	0.35	Peu lourd	6.0	Pellet	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon solaire thermique	-	 9.9	30	55
8		691	531	1.3	241	0.46	Léger	4.8	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon solaire thermique	 3360	 7.6	42	53

Tableau 5 : Extrait des caractéristiques des maison de l'échantillon de niveau 2

Le tableau et l'illustration ci-dessous résument les résultats PEB obtenus sur l'échantillon. Ceux-ci sont exprimés en énergie finale, ce qui signifie que l'on tient compte des rendements des systèmes mais qu'on ne tient pas compte des pertes par transformation. Lorsque qu'il y a une production photovoltaïque, celle-ci n'a pas été déduite des consommations finales.

	#5	#3	#15	#22	#2	#9	#10	#11	#25	#7	#18	#21	#24	#13	#19	#20	#17	#23	#26	#8	#12	#16	#14	#6
Niveau K	15	16	16	16	18	19	25	27	27	30	31	31	31	32	34	35	37	38	40	42	42	42	46	54
Niveau Ew	62	64	42	21	56	55	54	44	66	55	36	36	57	57	62	71	68	89	81	53	53	25	59	71
Consommations chauffage [kWh/m².an]	15	24	11	16	18	18	48	36	47	56	41	18	27	38	23	37	64	35	27	69	97	20	29	95
Volume protégé [m³]	577	449	837	1176	1014	640	637	521	543	1182	700	1055	1672	567	613	536	491	629	602	691	428	569	569	667



Figures 9 : résultats PEB des maisons du niveau 2

Le niveau de performance énergétique  $E_w$  est en moyenne égal à 56 et toujours inférieur à 90 ; le niveau d'isolation global K est en moyenne égal à 31 et compris entre 15 et 54. La consommation théorique pour le chauffage est en moyenne de 38 kWh/m².an et varie de 11 à 97 kWh/m².an.

## Performances théoriques modifiées

Dans la méthode PEB, la température de consigne (c'est-à-dire la température à laquelle le bâtiment est maintenu pendant la période de chauffe) est fixée à 18°C et les températures extérieures correspondent à des moyennes mensuelles identiques à l'ensemble de la Belgique.

Le monitoring mis en place dans le cadre de ce projet, nous a permis de récolter les températures intérieures et extérieures sur le site de chaque maison pour l'année 2016.

Par ailleurs, l'enquête de satisfaction a permis de constater que pour 13 maisons de l'échantillon, les chambres ne sont pas chauffées. La température de confort est dans ce cas atteinte par le système de chauffage installé dans les autres pièces de la maison. Les températures intérieures mesurées ont permis de confirmer ces appréciations.

Des « consommations théoriques modifiées » ont dès lors été calculées afin de tenir compte :

- des températures extérieures mesurées sur site,
- de la régulation du chauffage réalisée par les occupants.

En effet, la méthode PEB ne permet pas de prendre en compte une gestion dynamique du système de chauffage. La température de consigne a donc été modifiée de manière à tenir compte de la régulation de chaque secteur énergétique selon une méthode similaire à celle utilisée dans la Procédure d'Avis Énergétique en Wallonie.

La température de consigne de chaque secteur énergétique est alors déterminée par les différents profils exposés dans le tableau ci-dessous.

Locaux munis de corps de chauffe utilisés, sans réduction nocturne	Locaux munis de corps de chauffe utilisés, avec réduction nocturne	Locaux munis de corps de chauffe jamais ou peu utilisés	Locaux non équipés de corps de chauffe
18°C	17°C	15°C	12°C

Tableau 6 : Modification des températures de consigne théoriques en fonction de la régulation du chauffage

Les résultats obtenus sont nommés « consommations théoriques modifiées » pour la suite de ce rapport.

### 3.3 Niveau 3 : Mesures sur site et monitoring détaillé (5 maisons)

Un échantillon réduit (5 bâtiments) a fait l'objet de mesures ponctuelles complémentaires et d'un monitoring encore plus détaillé.

La campagne de mesure s'est effectuée de manière simultanée dans les 5 habitations de décembre 2016 à mars 2017 (durant une saison hivernale).

#### 3.3.1 *Sélection des bâtiments analysés*

Les 5 bâtiments monitorés (échantillon de niveau 3) ont été choisis parmi les bâtiments de l'échantillon de niveau 2, de manière à garantir autant que possible :

- une certaine homogénéité des caractéristiques géométriques des bâtiments et de la composition du ménage,
- une variance suffisante des caractéristiques de l'enveloppe et des systèmes,
- l'absence de cassette ou poêle à bois et à pellets,
- des objectifs de performances énergétiques élevés (faibles consommations de chauffage).

Les 5 bâtiments composant l'échantillon de niveau 3 sont les maisons n°9 – n°11 – n°17 – n°18 – n°26. Leurs caractéristiques générales ainsi que les résultats du calcul théorique de leurs performances théoriques sont repris en annexe.

#### 3.3.2 *Mesures sur site des performances de l'enveloppe et des systèmes*

Les mesures suivantes de performances de l'enveloppe et des systèmes ont été réalisées :

##### **Evaluation du coefficient de transmission thermique (valeur U) d'une paroi opaque isolée**

La méthode du fluxmètre permet d'évaluer le coefficient de transmission thermique (valeur U) des parois en se basant sur les températures de surface intérieure et extérieure et sur la densité du flux de chaleur au travers de la paroi.



Figure 10 : Mesure du coefficient de transmission thermique d'une paroi opaque sur la maison n°18

L'objectif de cette méthode de mesure est d'estimer la performance thermique réelle de la paroi. Toutefois, l'incertitude de la mesure est de l'ordre de  $\pm 20\%$ . Elle n'est donc pas applicable en tant que technique de contrôle ou pour obtenir des données utilisables dans un cadre réglementaire.

Seule la maison n°18 a fait l'objet de cette mesure qui s'est déroulée du 25/01/17 au 14/06/17.

### **Système de ventilation : inspection des conduits**

L'inspection des conduits de ventilation a été réalisée à l'aide d'une caméra endoscopique depuis les bouches situées dans 4 pièces de chacune des 5 maisons : le séjour (pulsion), la chambre à coucher parentale (pulsion), la salle de bains (extraction) ainsi que la chambre d'un enfant ou un bureau (pulsion).

### **Système de ventilation : mesure du rendement de l'échangeur de chaleur**

Pour évaluer le rendement des échangeurs de chaleur, une mesure en continu de la température de l'air ambiant a été réalisée aux deux entrées et aux deux sorties des groupes de ventilation sur toute la période du monitoring (à l'exception des périodes durant lesquelles cette valeur était inférieure à 20 % ou supérieure à 120 % qui ont été écartées de l'analyse). De ces mesures, deux rendements différents peuvent être calculés : l'un évalue les performances de l'échangeur sur l'air fourni à l'intérieur du bâtiment (sur le débit d'alimentation) et l'autre évalue les performances sur l'air rejeté à l'extérieur du bâtiment (sur le débit d'extraction). Le rendement de l'échangeur de chaleur résulte d'une moyenne de ces deux rendements.



Figure 11: mesure du rendement des échangeurs de chaleur du groupe de ventilation

## **3.3.3 Mesures des consommations énergétiques**

### **Mesures des consommations électriques**

Un monitoring des consommations électriques a été réalisé dans 5 des maisons de l'échantillon de niveau 3, via la mise en place d'un dispositif de mesure situé dans le tableau divisionnaire de l'installation électrique. Ces mesures ont été rendues possibles grâce à la collaboration mise en place avec la spin-off You Know Watt. Issue de l'Ecole Polytechnique de l'Université Libre de Bruxelles et créée en 2013, cette société de service est active dans la mesure et l'analyse des consommations énergétiques.

L'acquisition détaillée des différentes consommations électriques de la maison est déterminée à partir d'un algorithme, qui :

- détecte toutes modifications du signal électrique résultant de l'enclenchement ou de l'arrêt des différents appareils utilisés,

- analyse la puissance consommée et la durée d'utilisation de ces différents appareils électriques,
- associe cette activité à la consommation des appareils présents dans la maison.

Cette méthode (peu encombrante) permet de détecter la consommation électrique de chaque appareil sans avoir à poser de compteurs spécifiques pour chaque appareil.



Figure 12: exemple des données récoltées et de l'installation de mesure des consommations électriques

Le monitoring de la maison 26 n'a pas abouti à des résultats exploitables pour notre étude.

### Mesures des consommations énergétiques sur une chaudière à condensation

Un monitoring des consommations pour la production de chauffage et pour la production d'eau chaude sanitaire a été réalisé dans la maison n°18. Celui-ci permet d'évaluer la consommation énergétique dédiée spécifiquement à ces deux postes. Cette maison est équipée d'une chaudière à condensation au gaz naturel. Ce monitoring a pour particularité de ne pas tenir compte des performances de la chaudière lors de la mesure des consommations énergétiques.

La mesure des consommations dédiées soit à la production de chauffage, soit à la production d'eau chaude sanitaire se fait via l'installation de deux compteurs de chaleur, un sur la boucle dédiée à la production d'eau chaude sanitaire dans le ballon de stockage et un sur la boucle de chauffage.





Figure 13 : mesure des consommations pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire



## 4. Performances de l'enveloppe et des systèmes

### 4.1 Niveau 1 : Données récoltées lors de l'enquête par questionnaire

Globalement, les systèmes donnent satisfaction à leurs usagers :

99% de satisfaits par rapport au chauffage et 96% par rapport à la ventilation. Un réglage à posteriori semble cependant nécessaire dans environ 1 cas sur 4 (24%) pour la ventilation et les protections solaires et plus d'1 cas sur 3 dans le cas du chauffage (35%).

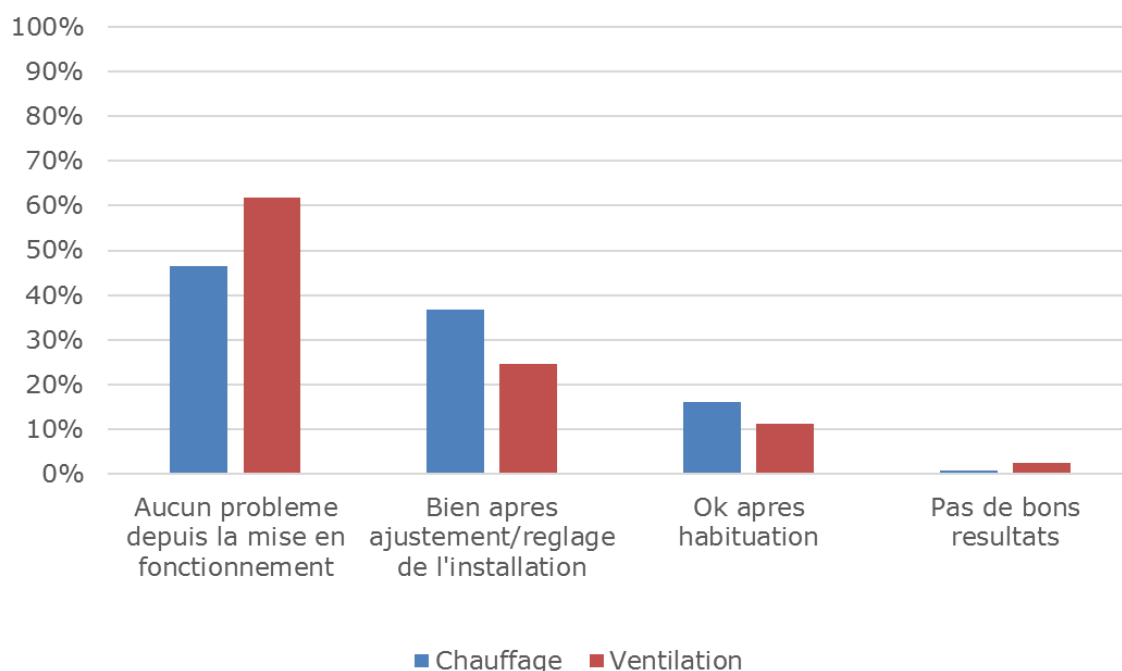


Figure 14 : appréciation du fonctionnement des systèmes de chauffage et de ventilation

L'appréciation des systèmes par les occupants ainsi que leurs interactions avec le bâtiment et ces systèmes sont détaillés dans le "Rapport de synthèse I : climat intérieur".

### 4.2 Niveau 2 : Résultats des mesures sur site (25 maisons)

#### 4.2.1 Performances de l'enveloppe

##### Étanchéité à l'air

La mesure du taux de renouvellement d'air  $n_{50}$  des 25 maisons est reprise en Figure 15. La valeur moyenne de l'échantillon est de  $2,44 \text{ h}^{-1}$ .

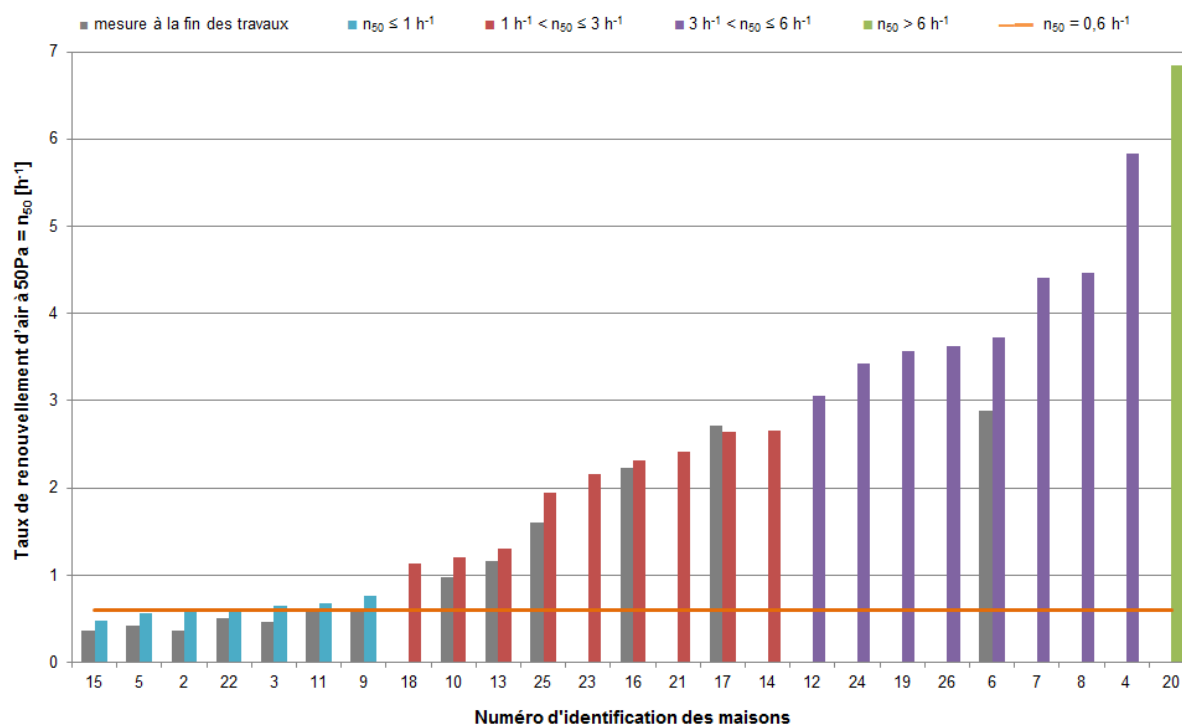


Figure 15 : Mesure du taux de renouvellement d'air à 50 Pa

La recherche des fuites a permis de mettre en évidence certaines faiblesses au niveau de la barrière d'étanchéité à l'air. En particulier, dans les deux maisons présentant un taux de renouvellement d'air à 50 Pa supérieur à 5 h<sup>-1</sup>, ces faiblesses sont liées à l'absence de finition dans certaines pièces causant ainsi d'importantes fuites d'air (maçonneries nues sans enduit de finition, gaines techniques non fermées et menant en dehors du volume protégé, ...).

Un faible taux de renouvellement d'air nécessite un soin particulier lors de la construction de l'enveloppe de la maison mais aussi lors de toutes interventions ultérieures sur la barrière d'étanchéité à l'air (pose de panneaux solaires en toiture, d'un luminaire au plafond, ...).

On constate également que les maisons qui avaient fait l'objet d'un test similaire à la fin de leurs travaux de construction (entre 2009 et 2011) et représentées en gris sur le graphique, affichent une légère augmentation de ce taux de renouvellement d'air quelques années plus tard. La mesure après environ 5 ans montre une augmentation moyenne de 23%.

### Autres caractéristiques thermiques de l'enveloppe

Les thermographies n'ont pas mis au jour des défauts d'exécution. Toutefois, certaines faiblesses ont pu être constatées dans les trois situations suivantes : les menuiseries extérieures, les nœuds constructifs et en particulier, les rives de toiture.

Dans ces situations, la faiblesse thermique est principalement due à une infiltration de l'air extérieur en cet endroit (voir photos).



Figure 16 : Exemple d'infiltration d'air détectée par l'examen thermographique

L'étanchéité à l'air au droit des menuiseries extérieures, des nœuds constructifs et en particulier, des rives de toiture méritent une attention spéciale car elle peut être à l'origine de faiblesses thermiques.

Notons que les infiltrations d'air rencontrées dans les cas analysés ne sont, pour la plupart d'entre elles, pas préjudiciables aux performances globales de l'enveloppe du bâtiment. En effet, l'étanchéité à l'air de celle-ci doit être considérée dans son entièreté (voir aussi le chapitre sur les résultats des mesures d'Etanchéité à l'air).

#### 4.2.2 Performances des systèmes : les débits de ventilation

En position nominale (qui correspond pour l'ensemble des maisons à la position pour laquelle la vitesse des ventilateurs est maximale), les débits mesurés sur les installations de ventilation complètes n'atteignent pas, pour la plupart, les débits minimaux exigés (voir Figure 17).

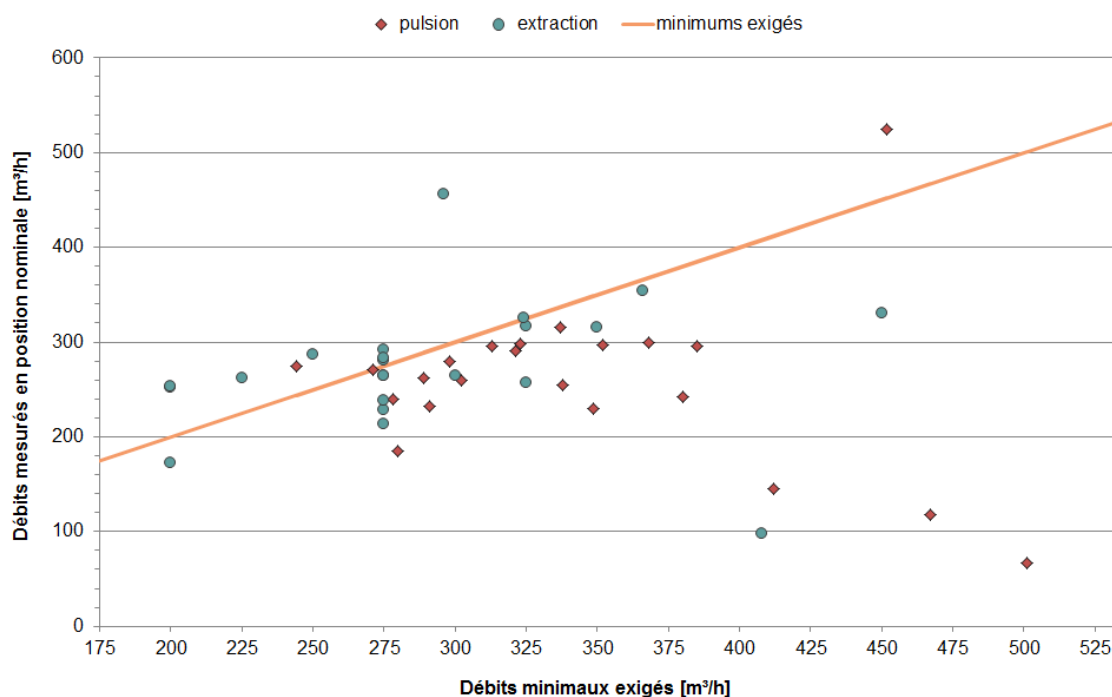


Figure 17 : Mesure des débits en position nominale de l'installation complète

##### Comment lire cette illustration ?

*Chaque losange rouge représente la somme des débits en pulsion de l'installation de ventilation d'une maison. Chaque rond vert représente la somme des débits en extraction.*

*Chaque point représente le débit minimal exigé (axe horizontal) et le débit mesuré (axe vertical). Si ce point est en dessous de la ligne orange, le débit mesuré est inférieur à la valeur minimale exigée. S'il est au-dessus, il est supérieur.*

Ce résultat est d'autant plus marqué pour les débits mesurés en pulsion (avec plus de 85 % des installations n'atteignant pas les débits minimaux exigés) que pour les débits mesurés en extraction (avec 59% des installations). Néanmoins, une analyse plus détaillée permet de relativiser sensiblement ces chiffres : les Figure 18 et Figure 19 présentent les débits mesurés en position nominale pièce par pièce.

Les débits mesurés en position nominale dans les cuisines ouvertes (pour lesquelles 75 m³/h sont requis) n'atteignent pas le débit minimal exigé dans plus de 75% des cas (représenté par le haut du rectangle gris).

Toutefois, concernant l'extraction dans les salles de bains pour lesquelles 50 m³/h sont requis, seuls 25% des cas (représenté par partie inférieure du rectangle gris) présentent des débits mesurés en position nominale inférieurs à 80% du débit minimal exigé. Pour les WC (pour lesquels 25 m³/h sont

requis), seuls 25% des cas ont des débits mesurés en position nominale inférieurs à 90% du débit minimal exigé.

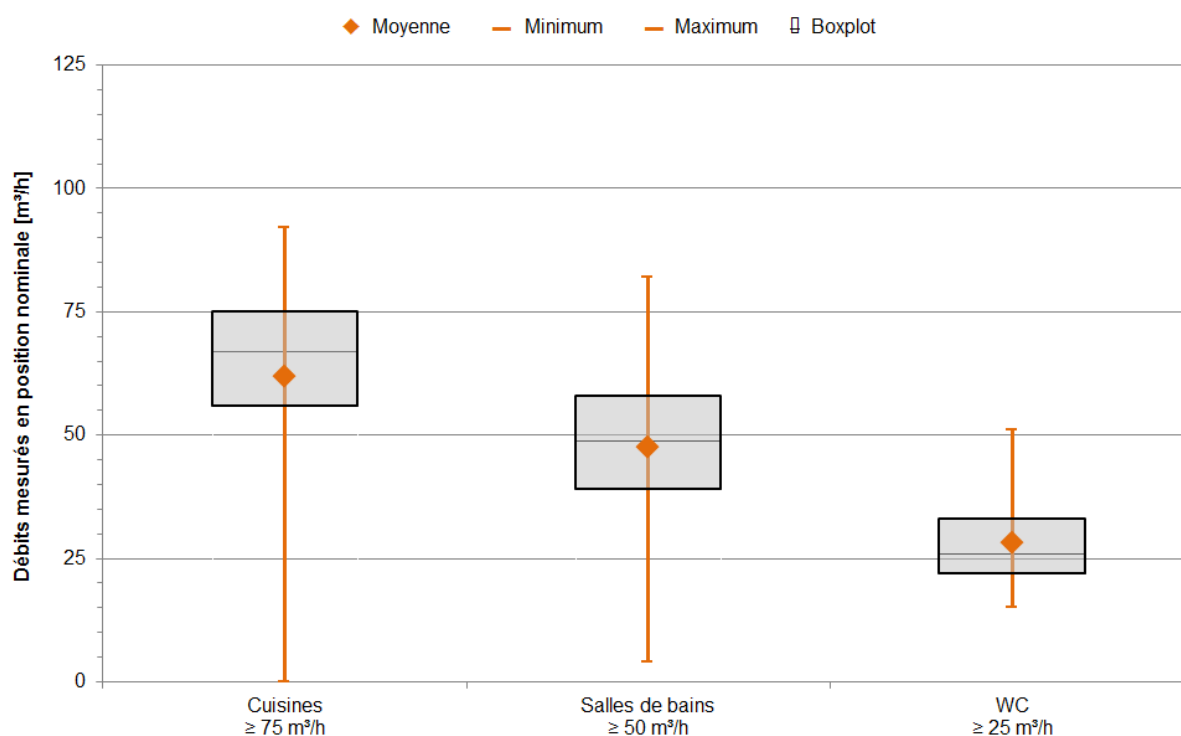


Figure 18 : Mesure des débits en position nominale pour l'extraction

### Comment lire cette illustration ?

*Prenons pour exemple les débits mesurés dans les cuisines. Les débits mesurés en position nominale varient entre 0 et 92 m³/h (extrémités de la droite orange). Pour la moitié des cuisines, la mesure du débit était comprise entre 56 et 75 m³/h (extrémités du rectangle gris). La moyenne des débits mesurés (représentée par le losange orange) est égale à 62 m³/h. La ligne noire signifie que pour la moitié des cuisines, la mesure du débit était supérieure à 67 m³/h.*

Contrairement aux débits mesurés en extraction, l'analyse des mesures en pulsion pièce par pièce confirme la faiblesse des débits constatés pour l'installation complète.

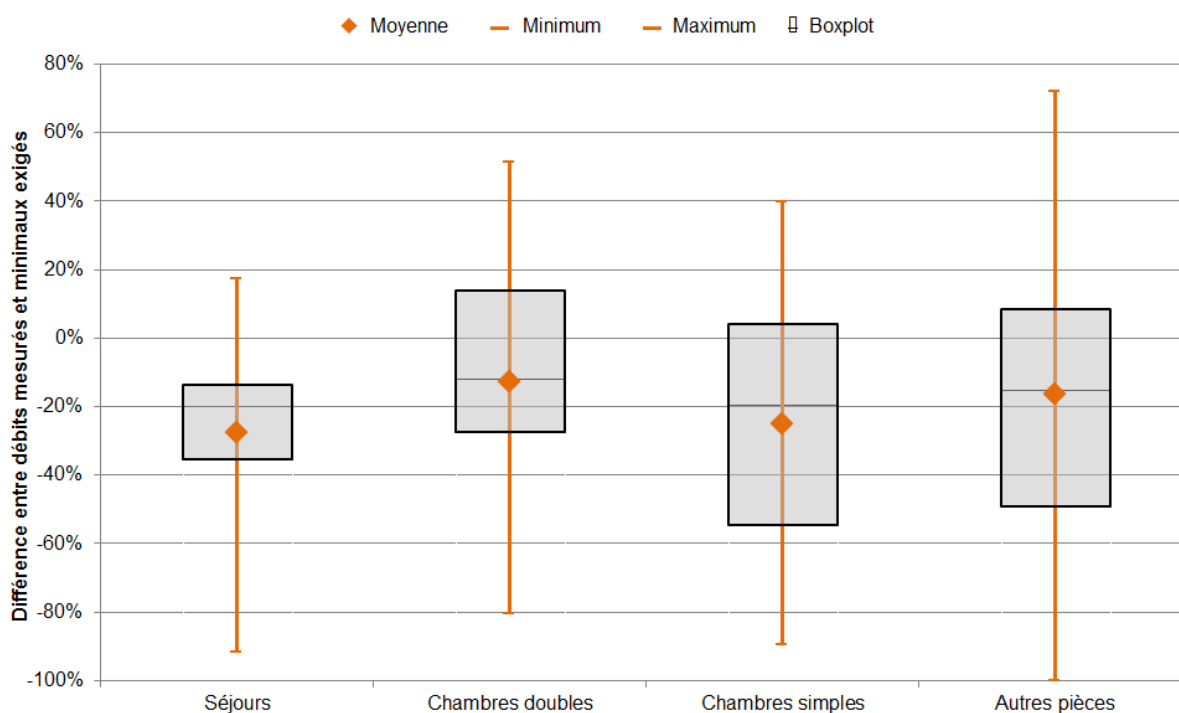


Figure 19 : Mesure des débits en position nominale pour la pulsion

Pour les séjours comme pour les chambres à coucher ou les autres types de pièces (bureaux, salle de jeux, ...), seuls la moitié des débits mesurés en pulsion (représentée par la ligne noire divisant le rectangle gris) atteignent 80% des débits minimums exigés ou d'avantage.

Les mesures des débits en position normale d'utilisation (c'est-à-dire les débits réels correspondant à la position des ventilateurs utilisée la plupart du temps lorsque la pièce est occupée), sont détaillés et analysés au regard des mesures des concentrations en CO<sub>2</sub> dans le "Rapport de synthèse I : climat intérieur". Des mesures acoustiques ont par ailleurs été effectuées sur les installations de ventilation de l'échantillon réduit (5 maisons) et sont également détaillées dans ce rapport.

### 4.3 Niveau 3 : Résultats des mesures sur site (5 maisons)

#### 4.3.1 Performances de l'enveloppe

La paroi opaque soumise à la mesure du coefficient de transmission thermique (valeur U) par la méthode du fluxmètre, est composée d'une brique de parement, d'une lame d'air légèrement ventilée, de 10 cm d'isolation en laine de verre, d'un bloc en terre-cuite et d'une finition intérieure en plafonnage.

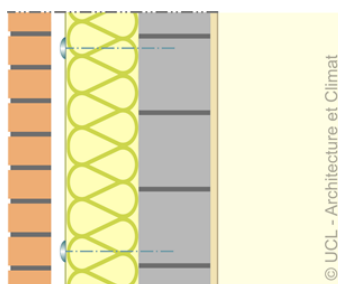


Figure 20 : composition de la paroi opaque

**U calculé = 0,28 W/m².K**

**U mesuré = 0,32 W/m².K**

**Différence +14%**

Tableau 7 : Résultat de la mesure du coefficient de transmission thermique (valeur U)

La différence entre la valeur U calculée et la valeur U mesurée peut sembler importante mais reste dans l'intervalle d'incertitude liée à la technique de mesure (voir aussi la **description des méthodes employées**). La valeur mesurée est par ailleurs inférieure et donc conforme aux critères de performances visés lors de la construction de la maison ( $U_{\max} = 0,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ).

Les critères s'étant renforcés en 2014 ( $U_{\max} = 0,24 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ), la composition de cette paroi ne permettrait toutefois plus de répondre aux exigences actuelles, que ce soit en considérant le coefficient de transmission thermique U calculé ou sa valeur mesurée sur site.

#### 4.3.1 Performances des systèmes de ventilation

##### Inspection des conduits de l'installation

Les installations de ventilation des 5 maisons de l'échantillon étaient fonctionnelles depuis en moyenne 6 ans lors de l'inspection des conduits. Par ailleurs, les propriétaires ont indiqué réaliser un entretien de leurs filtres à des fréquences relativement différentes allant de 2 à plus de 10 fois par an.

La Figure 21 présente les prises de vue résultant des endoscopies réalisées depuis les bouches de ventilation des salles de bains. Dans ces conduits d'extraction de l'air, on constate la formation généralisée de poussières. Cette présence de poussière reste toutefois limitée au 1<sup>er</sup> mètre du conduit de ventilation et est considérée comme acceptable étant donné l'âge de l'installation et le fait qu'un entretien des conduites est à prévoir tous les 9 ans en moyenne.

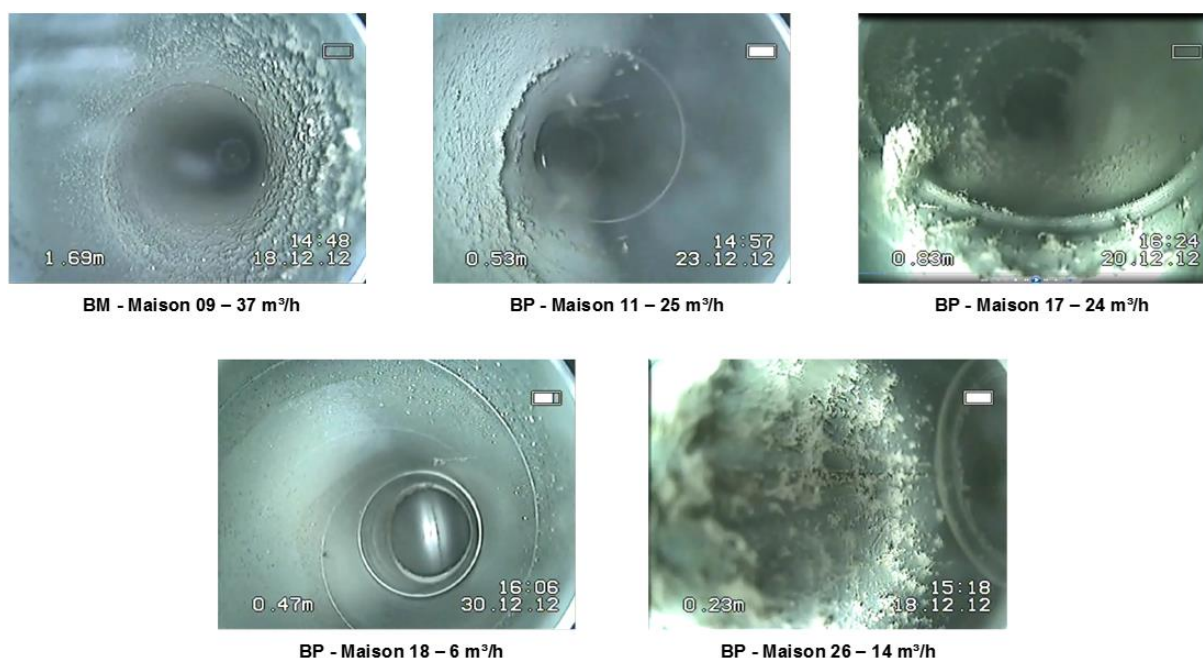
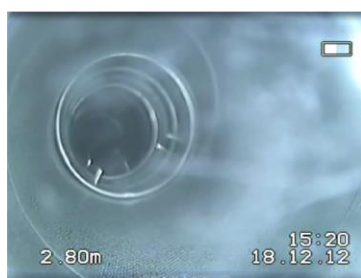


Figure 21 : Inspection des conduits d'extraction de l'air des salles de bains

La Figure 22 présente les prises de vue résultant des endoscopies réalisées depuis les bouches de ventilation des séjours. Ces conduits d'amenée d'air révèlent un bon état de propreté générale.





BP - Maison 09 – côté salon – 39 m³/h



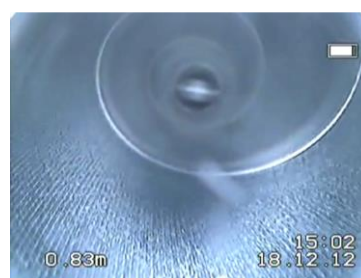
BM - Maison 11 – 60 m³/h



BP - Maison 17 – 28 m³/h



BP - Maison 18 – 15 m³/h



BP - Maison 26 – 33 m³/h

Figure 22 : Inspection des conduits de pulsion de l'air des séjours

Pour maintenir les performances initiales, un entretien régulier de son installation de ventilation est nécessaire et nécessite au minimum une inspection visuelle de l'état de propreté des composants (les fréquences ci-dessous sont indicatives) :

- tous les mois pour les filtres,
- tous les 3 mois pour les ouvertures de ventilation naturelle, les bouches et les prises d'air,
- tous les ans pour les ventilateurs et l'échangeur de chaleur,
- tous les 3 ans pour les conduits

### Rendement de l'échangeur de chaleur des groupes de ventilation

Le rendement moyen mesuré pour les 5 maisons varie entre 78% et 85%.

Ces résultats sont satisfaisants et concordent avec les valeurs annoncées par les fabricants qui sont généralement de l'ordre de 80%.

Maison	n°9	n°11	n°17	n°18	n°26
Rendement d'alimentation	89 %	85 %	87 %	101 %	83 %
Rendement d'extraction	80 %	76 %	69 %	70 %	76 %
Rendement	85 %	80 %	78 %	85 %	80 %

Tableau 8 : Résultats de la mesure du rendement des échangeurs de chaleur

Pour les maisons 9, 11 et 26 la différence entre le rendement d'alimentation et le rendement d'extraction (voir aussi § 3.3.2) est moins marquée que pour les deux autres maisons. Une faible différence entre les deux est généralement le signe d'un bon fonctionnement du système.



Dans le cas de la maison 18, on constate une différence plus marquée entre le rendement d'extraction et le rendement d'alimentation. Ce résultat peut s'expliquer par un déséquilibre révélé par la mesure des débits de ventilation : lors de celle-ci, il a été constaté que la somme des débits mesurés en pulsion était inférieure à celle des débits en extraction.

Dans le cas de la maison 17, les débits mesurés étaient par contre équilibrés (pas de différence significative entre les débits mesurés en pulsion et en extraction) et l'origine de la différence entre le rendement d'alimentation et le rendement d'extraction est probablement ailleurs.

#### 4.3.1 **Mesures sur une chaudière à condensation**

Le monitoring des consommations pour la production de chauffage et pour la production d'eau chaude sanitaire réalisé dans la maison n°18 a permis d'analyser plus en détail le dimensionnement de ces installations. Cette maison est équipée d'une chaudière à condensation de 25 kW qui assure à la fois la production de chauffage et celle d'eau chaude sanitaire via un ballon de stockage de 130 litres.

Des différences peuvent exister entre le dimensionnement d'une installation et la puissance réellement nécessaire dans la pratique. En particulier, l'installation de chauffage doit permettre de maintenir une température de confort dans toute la maison, y compris dans les cas les plus extrêmes combinant des situations particulières telles que : de très basses températures extérieures, une présence importante de vent, peu d'apports solaires, un système de ventilation réglé à sa puissance maximale, etc... Un juste équilibre doit être trouvé entre d'une part une puissance suffisamment élevée pour permettre d'atteindre le niveau de confort souhaité et d'autre part éviter le surdimensionnement de celle-ci, ce qui engendrerait un surcoût à l'achat mais aussi un fonctionnement non-optimal de l'installation.

Sur base des mesures des consommations pour la production de chauffage (en kWh), la puissance réellement fournie (en kW) a été considérée en prenant en compte différents pas de temps :

- la puissance fournie par heure ;
- la puissance fournie par demi-journée (12h) ;
- la puissance fournie par journée complète (24h).

La Figure 23 représente la fréquence des puissances fournies (Load Duration Curve ou courbe monotone de chaleur).

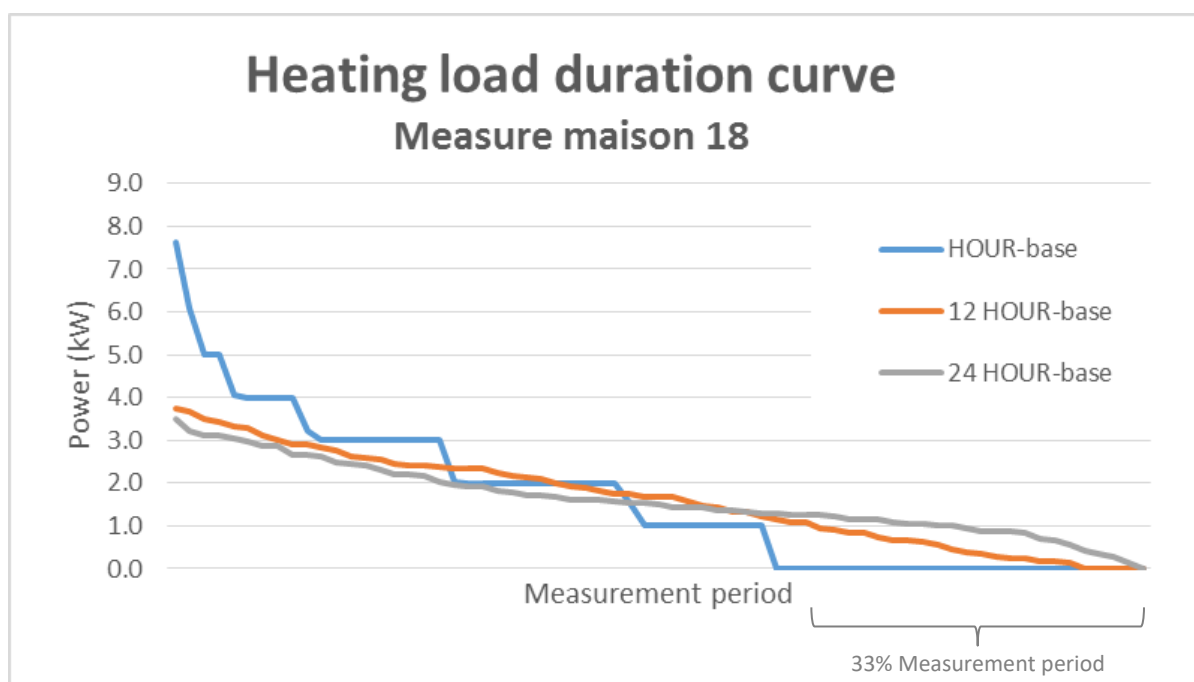


Figure 23: Courbes monotones de chaleur

#### Comment lire cette illustration ?

Chaque courbe représente la puissance fournie pour la production de chauffage (en kW) sur base journalière (en gris), d'une demi-journée (en orange) ou heure par heure (en bleu).

La pente de la courbe est raide lorsque la puissance concernée (valeur en abscisse) est fournie sur une courte durée. La pente de la courbe est plate lorsque la puissance concernée est fournie sur une plus longue période.

Par exemple, la courbe heure par heure (en bleu) indique que la chaudière a fourni 0 kWh durant plus d'un tiers du temps de la période de monitoring.

La courbe heure par heure montre une décroissance exponentielle : les puissances les plus élevées sont fournies de manière ponctuelle et peu fréquente et à l'inverse, les puissances les plus faibles (voire une puissance nulle) ont été fournies sur des périodes plus longues.

La courbe heure par heure donne la puissance maximale la plus élevée (7,63 kW). Cela s'explique par le fait qu'en considérant la puissance de manière journalière ou semi-journalière, les pics de la charge thermique sont lissés car ils sont répartis sur une plus longue période.

Les résultats de la courbe journalière (max 3,5 kW) et de la courbe semi-journalière (max 3,75 kW) sont très semblables. En comparaison avec la puissance installée (25 kW), les valeurs mesurées peuvent sembler faibles. Toutefois il faut noter que durant la période considérée, la température extérieure n'est pas descendue sous les -4°C alors que selon les principes de la norme NBN EN 12831:2003 et de son annexe nationale ANB 2015<sup>3</sup>, le dimensionnement tient compte d'une température extérieure de

<sup>3</sup> Une nouvelle version de cette norme est d'ores et déjà disponible depuis 2017 mais nécessite encore la révision de l'annexe nationale qui y est liée avant de pouvoir être d'application.

-9°C. De plus, la chaudière a été dimensionnée pour produire à la fois le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Sur base des consommations mesurées pour la production d'eau chaude sanitaire, la puissance fournie a pu elle aussi être déterminée soit par heure (max 7 kW), soit de manière journalière (max 0,4 kW).

L'installation de chauffage répond à la demande prévue par son dimensionnement. Malgré le manque de représentativité du monitoring dû à l'absence de températures extérieures extrêmement basses durant celui-ci, les courbes monotones de chaleur montrent que la puissance fournie pour la production de chauffage reste inférieure à la puissance installée.

## 5. Consommations énergétiques

### 5.1 Niveau 1 : Données récoltées lors de l'enquête par questionnaire

#### 5.1.1 Consommations pour la production de chauffage

L'enquête par questionnaire a permis une première approche des consommations énergétiques mesurées en combustible pour le chauffage.

Ces dernières ont été communiquées sur base volontaire par les répondants (53 sur les 149 ayant participé à l'enquête), converties en kWh en fonction des pouvoirs calorifiques des différents combustibles, et normalisées en fonction du climat afin de pouvoir être comparées aux valeurs théoriques de la méthode de calcul d'évaluation des performances énergétiques de l'action CALE. Les illustrations suivantes montrent cette comparaison.

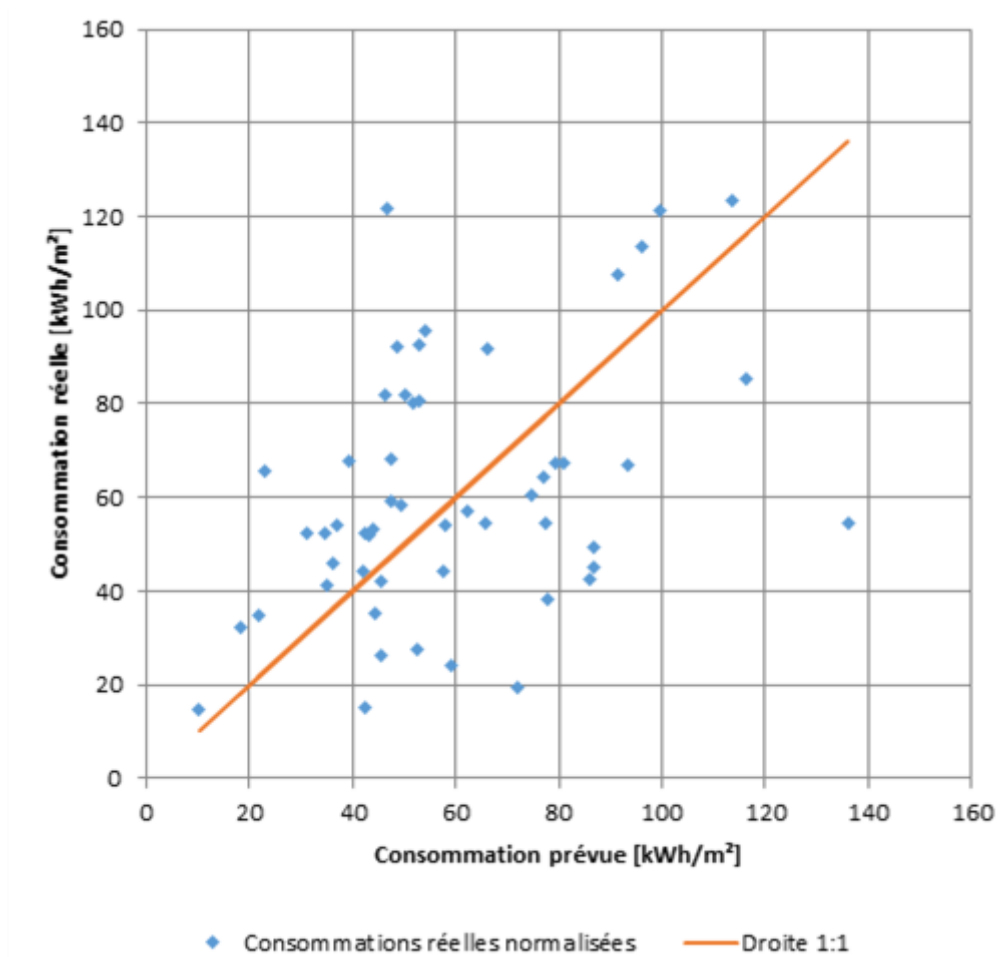


Figure 24: comparaison des consommations mesurées et prévues de combustible de chauffage

#### Comment lire cette illustration ?

Chaque point représente la consommation théorique (axe horizontal) et la consommation relevée et renseignée par les occupants d'un bâtiment (axe vertical). Si ce point est en dessous de la ligne rouge, la consommation relevée est inférieure à la valeur théorique. Si elle est au-dessus, elle est supérieure.

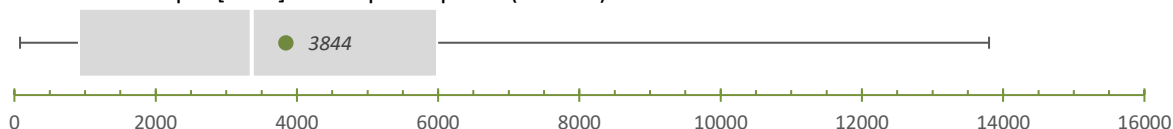
En moyenne, nous pouvons observer que l'estimation théorique des consommations en combustibles pour le chauffage semble correcte par rapport aux valeurs relevées par les occupants. Cependant, une très grande variance est constatée (de -73% à +185%) et ce dans les deux sens (sous- et surestimation). Ces différences montrent l'impact important de l'occupant sur les consommations réelles.

### 5.1.2 Consommations électriques

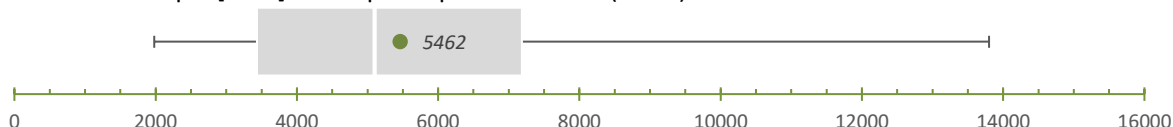
La valeur moyenne de la facture annuelle d'électricité des répondants s'élève à 3.844 kWh/an (toutes situations confondues). Voir Figure 25.

Cette valeur est relativement élevée tenant compte que 45% des participants sont équipés de panneaux photovoltaïques et que pour ceux-ci, l'électricité produite par leurs panneaux photovoltaïques doit être ajoutée au montant de leur facture pour connaître leur consommation électrique effective. A titre de comparaison, la consommation moyenne en électricité des logements du parc wallon<sup>4</sup> (comprenant aussi bien les habitations chauffées à l'électricité que les autres), s'élève à 4.400 kWh/an. Leur consommation électrique résiduelle moyenne (c'est-à-dire sans tenir compte de la consommation électrique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire) représente quant à elle 2.700 kWh/an.

Facture électrique [kWh] - Tous participants (N= 128)



Facture électrique [kWh] - Hors participants avec PV (N=71)



Facture électrique [kWh] - Hors participants avec chauffage élec, ou PV (N=45)

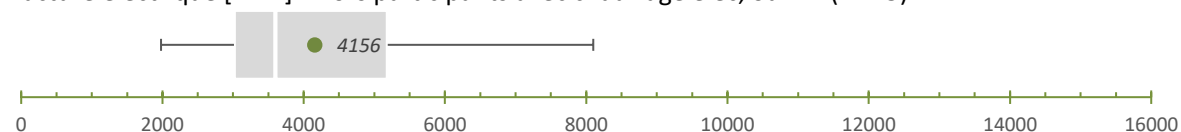


Figure 25 : facture annuelle d'électricité, avec N le nombre de participants pris en compte dans le calcul

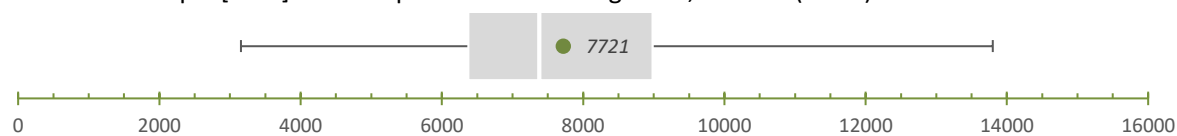
Pour les logements chauffés à l'électricité (directe ou pompe à chaleur), les consommations électriques globales qui s'élèvent en moyenne à 7.721 kWh/an sont largement inférieures à la moyenne du parc national qui est estimée à 18.000 kWh/an<sup>5</sup> (Figure 26). Cela peut notamment s'expliquer par les performances énergétiques de l'échantillon analysé (en comparaison avec le parc

<sup>4</sup> Bilan énergétique de la Wallonie 2015 secteur domestique et équivalents, octobre 2017, Réalisé par ICEDD asbl pour le compte du Service Public de Wallonie

<sup>5</sup> Source : <http://callmepower.be/fr/faq/consommation-moyenne-electricite>

immobilier belge dans son ensemble) et, d'autre part, par le large pourcentage de logements équipés de pompe à chaleur.

Facture électrique [kWh] - Participants avec chauffage élec, sans PV (N=26)



## 5.2 Niveau 2 : Résultats du relevé des consommations énergétiques

### 5.2.1 Consommations pour la production de chauffage

#### Analyse annuelle

15 des relevés ont permis de déterminer la consommation pour la production de chauffage uniquement qui représente pour l'année 2016 en moyenne 28 kWh/m<sup>2</sup>.an. Cette consommation peut varier de 9 à 54 kWh/m<sup>2</sup>.an comme le montre l'histogramme ci-dessous. Les maisons y sont classées en fonction de la méthode de calcul utilisée (A, B, C, ...) pour déterminer leurs consommations annuelles sur base du type de leurs installations techniques.

Les consommations y sont exprimées en énergie finale : celle-ci comprend la consommation lue sur les compteurs de gaz et d'électricité ainsi que la consommation de bois ou de pellets mais sans tenir compte de l'éventuelle production photovoltaïque.

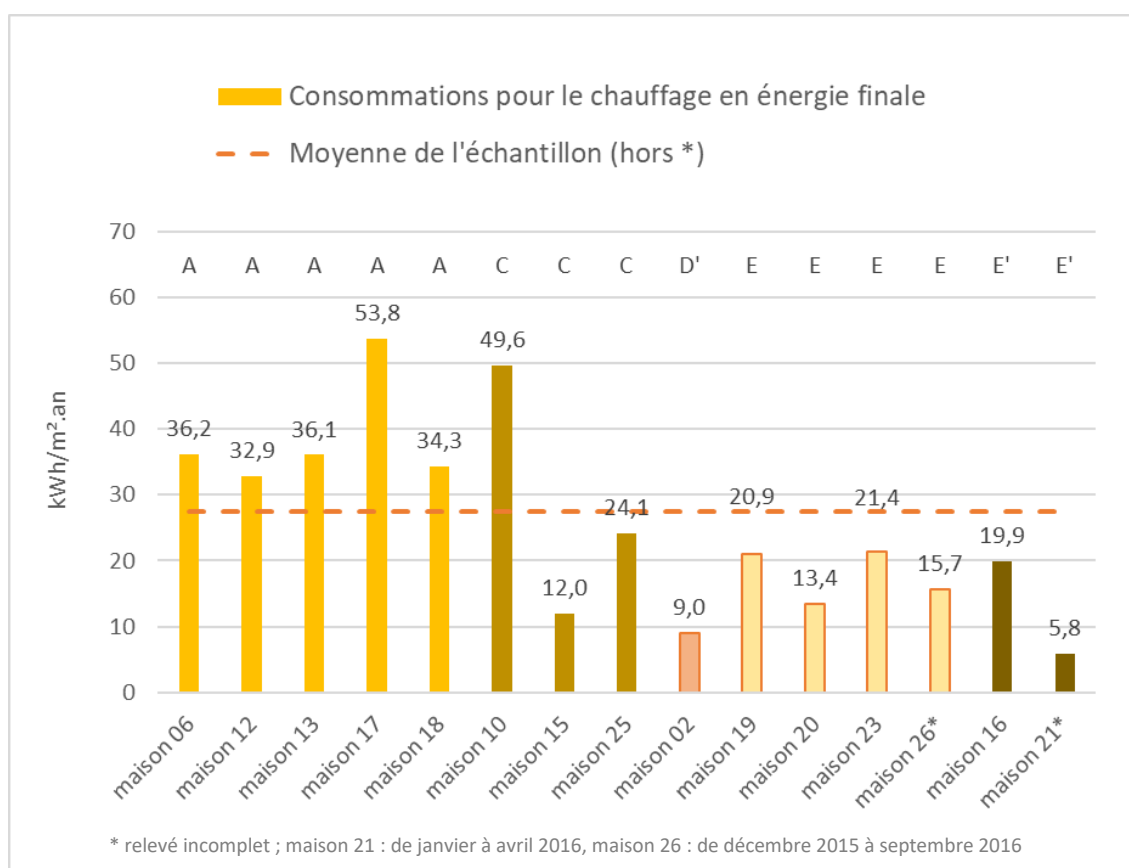


Figure 27 : consommations en énergie finale pour le chauffage – échantillon niveau 2

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

Tableau 9 : Rappel : par groupe de maison, méthode de calcul et les caractéristiques techniques associées

Au regard des catégories (A, B, C, ...) fixées précédemment (voir tableau ci-dessus et le § 3.2.2 ), on constate que les installations techniques traditionnelles équipées d'une chaudière (catégories A et B), présentent des consommations pour le chauffage en énergie finale plus élevées que celles des autres catégories (C, D', E et E').

L'histogramme ci-dessous montre ces mêmes consommations pour la production de chauffage mais exprimées en énergie primaire. Cela signifie que ces consommations tiennent compte des pertes par transformation liées à la production d'électricité.

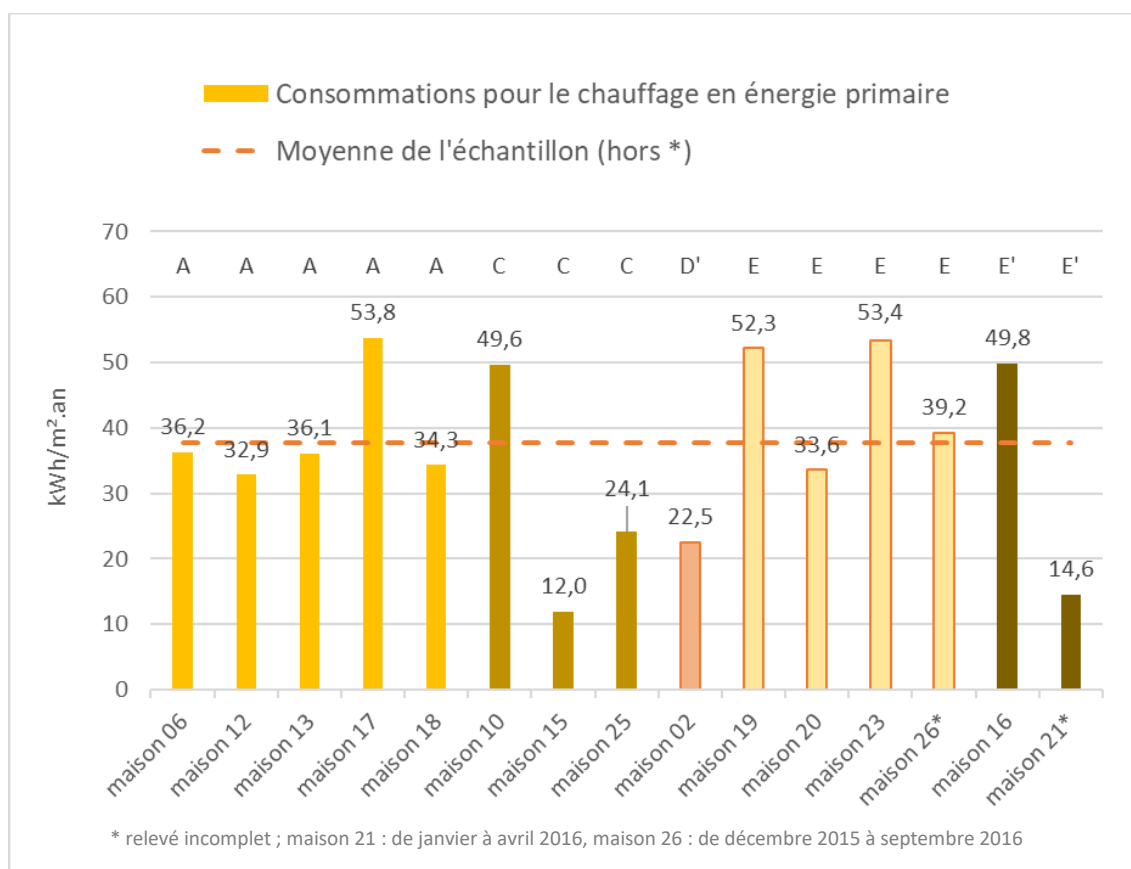


Figure 28 : consommations en primaire pour le chauffage – échantillon niveau 2

En énergie finale, les maisons équipées de pompe à chaleur (PAC) ou de radiateurs électriques montrent des consommations pour le chauffage plus faibles que la moyenne. Néanmoins, en considérant la consommation en énergie primaire, le vecteur énergétique de ces systèmes étant l'électricité, ces maisons montrent des consommations équivalentes à celles des maisons équipées de systèmes traditionnels.

De manière similaire, 16 des relevés ont permis de déterminer la consommation pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire qui représente pour l'année 2016 en moyenne 41 kWh/m<sup>2</sup>.an en énergie finale. Cette consommation peut varier de 7 à 80 kWh/m<sup>2</sup>.an. En énergie primaire, la consommation moyenne pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire s'élève à 51 kWh/m<sup>2</sup>.an. Voir les histogrammes ci-dessous.

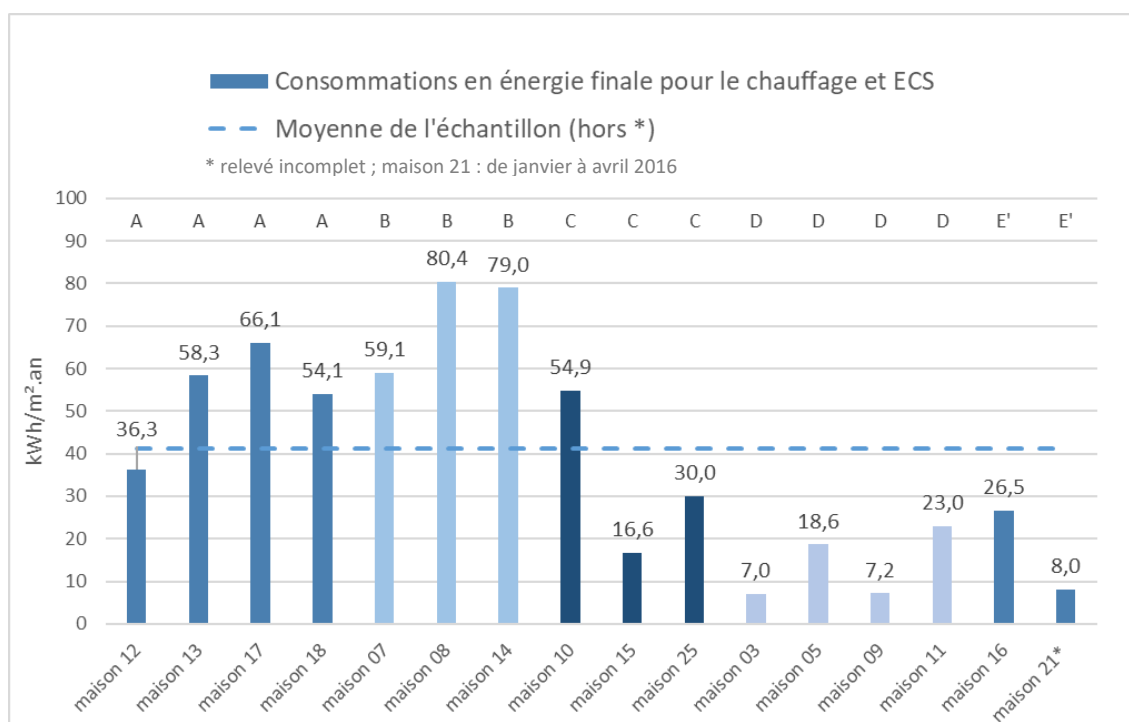


Figure 29 : consommations en énergie finale pour le chauffage et ECS – échantillon niveau 2



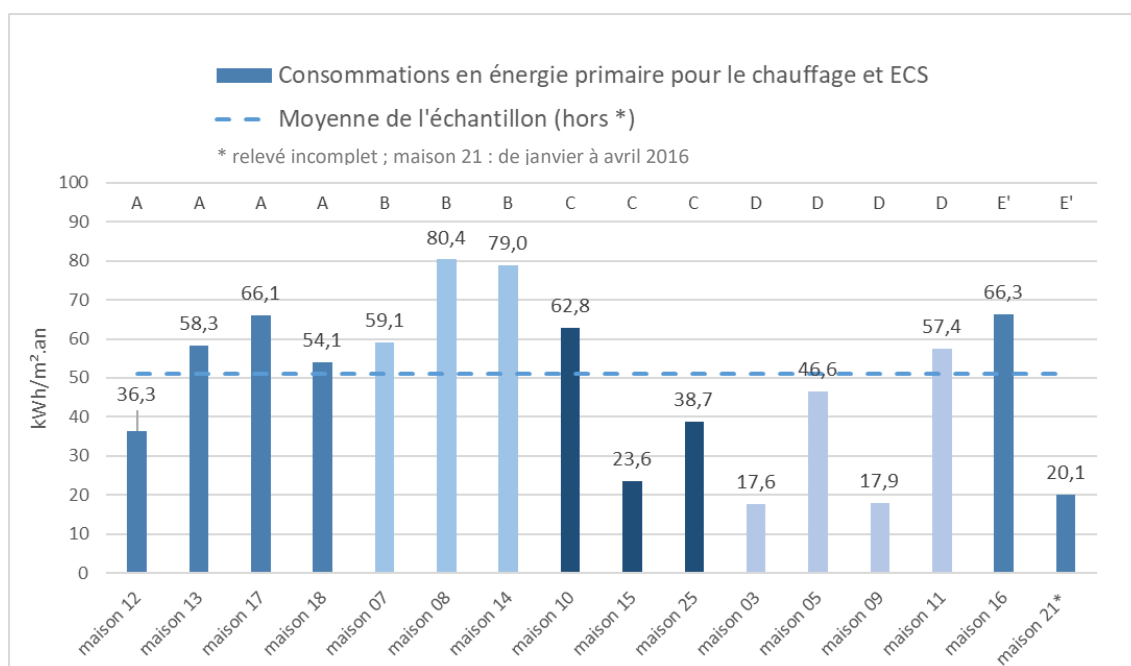


Figure 30 : consommations en énergie primaire pour le chauffage et ECS – échantillon niveau 2

En énergie finale comme en énergie primaire, ce sont les maisons des catégories C, D et E' (qui ne sont pas équipées d'une chaudière pour la production de chauffage) qui montrent les consommations pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire les plus basses.

La consommation en énergie primaire des maisons équipées d'un boiler électrique combiné à des panneaux solaires thermiques (catégories C et D) est moins impactée par la conversion en énergie primaire car l'apport solaire diminue fortement la demande.

### Confrontation aux valeurs théoriques

Les consommations mesurées pour le chauffage et/ou le chauffage et l'eau chaude sanitaire ont été comparées aux consommations théoriques pour l'ensemble de l'échantillon. La comparaison est réalisée sur base de l'énergie finale : celle-ci comprend la consommation lue sur les compteurs de gaz et d'électricité ainsi que la consommation de bois ou de pellets mais sans tenir compte de l'éventuelle production photovoltaïque.

Les graphes suivants montrent que pour cet échantillon les consommations mesurées sont généralement moindres que les performances théoriques obtenues avec la méthode de calcul PEB.

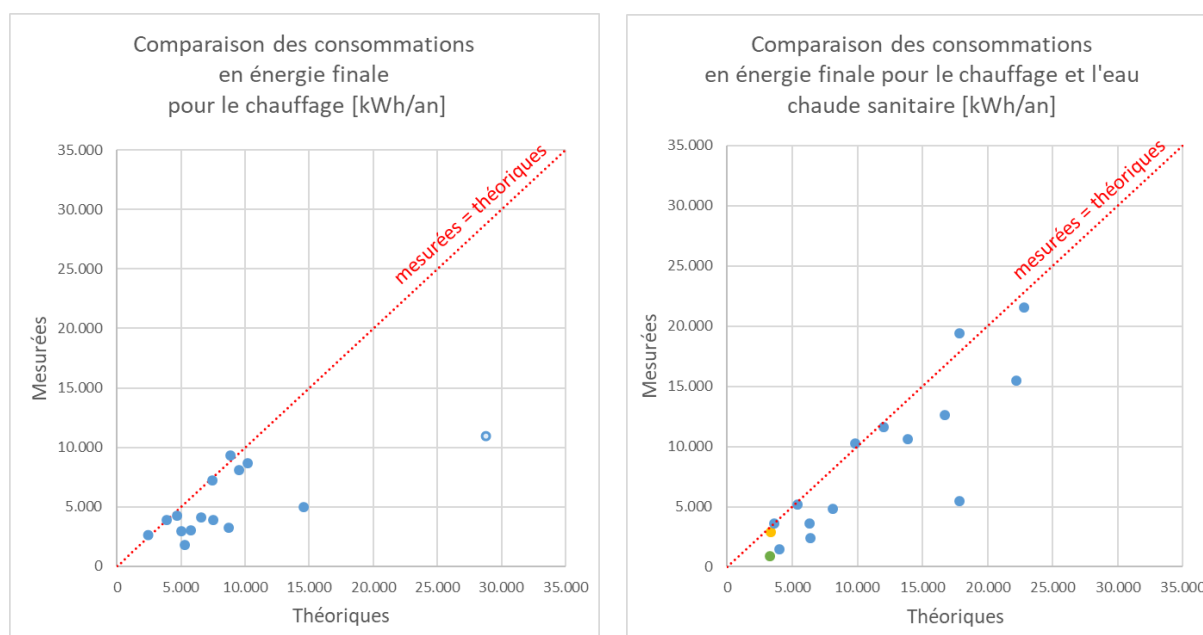


Figure 31 : comparaison des consommations théoriques et mesurées

### Comment lire cette illustration ?

*Chaque point représente la consommation théorique (axe horizontal) et la consommation mesurée d'un bâtiment occupé (axe vertical). Si ce point est en dessous de la ligne rouge, la consommation mesurée est inférieure à la valeur théorique. Si elle est au-dessus, elle est supérieure.*

Par exemple, pour la maison illustrée par le point bleu clair, la consommation théorique est de 29.000 kWh/an pour une consommation mesurée de 11.000 kWh/an. Les moins bonnes performances théoriques de cette maison s'expliquent par la présence d'une véranda très peu isolée mais équipée d'un radiateur et probablement non chauffée en pratique.

Ces graphes montrent que pour le chauffage (avec ou sans eau chaude sanitaire), les consommations mesurées sont soit équivalentes, soit inférieures aux valeurs théoriques. En moyenne la consommation réelle représente 70% de la valeur théorique. Cet écart entre valeur théorique et mesurée peut sembler important. Néanmoins, peut-on parler d'un écart de performance (« performance gap » en anglais) ?

Tout calcul théorique préalable se base nécessairement sur des hypothèses qui peuvent être plus ou moins différentes de la situation rencontrée en pratique une fois le bâtiment construit. C'est le cas de la méthode PEB ou de tout autre méthode de calcul théorique. La méthode PEB, en particulier n'a pas pour finalité d'approcher avec précision la consommation mesurée de chaque bâtiment pris individuellement. Estimer avec précision les consommations énergétiques d'un bâtiment lors de la conception n'est donc jamais une garantie même si cela reste un excellent indicateur de performance.

Parmi les paramètres exerçant une influence majeure, le comportement des occupants et les conditions climatiques rencontrées conditionnent la consommation d'un ménage.

Dans ces habitations, parallèlement au monitoring des consommations, des mesures des températures intérieures et extérieures ont été réalisées, ainsi qu'une enquête de satisfaction. Ces données ont permis de constater que pour 13 maisons de l'échantillon, les chambres ne sont pas chauffées. La

température de confort est dans ce cas atteinte par le système de chauffage installé dans les autres pièces de la maison. Toutefois, 4 des 13 utilisateurs de ces maisons ressentent la température intérieure dans les chambres en hiver comme étant "légèrement trop froide". La réduction voire l'absence de chauffage dans certaines pièces et les faibles consommations qui en découlent peuvent donc aussi avoir un impact sur le confort intérieur.

Comme expliqué ci-avant, la méthode PEB tient compte de conditions climatiques standardisées ainsi que d'un comportement unique de l'utilisateur. Elle ne tient donc pas compte d'une régulation de la température de consigne, par exemple, à l'aide de vanne thermostatique.

Les graphes ci-dessous présentent quelles seraient les consommations théoriques si on tenait compte des températures extérieures mesurées de janvier à décembre 2016 et des températures de consigne pour le chauffage, déterminée sur base des températures intérieures mesurées (voir méthode détaillée au paragraphe 3.2.3).

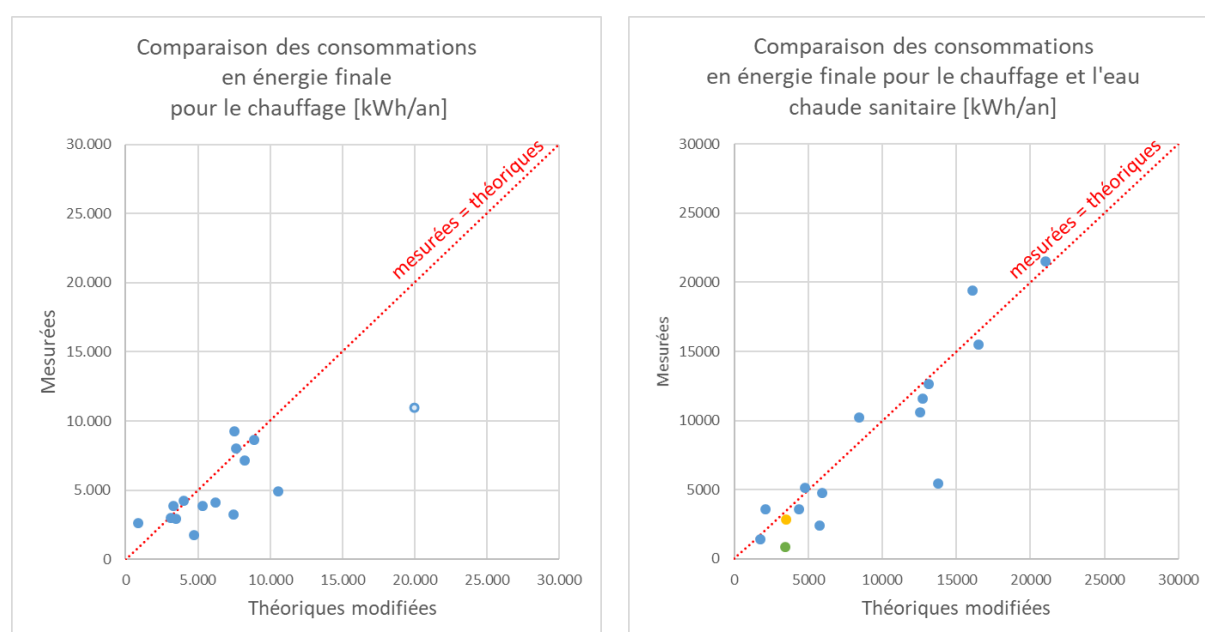


Figure 32 : comparaison des consommations théoriques modifiées et mesurées

En adaptant le calcul des consommations théoriques, on constate que la différence entre les consommations effectives et celles calculées par la méthode PEB est significativement influencée par le comportement de l'occupant et le climat extérieur. L'occupant qui a un comportement plus économe que l'occupation standardisée de la méthode PEB aura un écart d'autant plus important entre consommations effectives et celles calculées par la méthode PEB.

Pour cet échantillon, la consommation réelle représente en moyenne 92% de la valeur théorique modifiée (tous cas de figure confondus), contre 70% avec la méthode théorique de base. Certaines des consommations effectives deviennent même supérieures aux consommations recalculées (le point est au-dessus de la ligne rouge).

Néanmoins, pour certaines maisons l'écart reste important. C'est le cas, par exemple, pour la maison mentionnée plus haut (point bleu clair). En effet, les données recueillies ne nous donnent pas assez

d'informations sur l'utilisation de la véranda (températures intérieures et régulation du chauffage), pièce pour laquelle la méthode modifiée considère alors une utilisation standardisée.

### Pour des performances théoriques similaires, des performances réelles bien différentes

L'exemple ci-dessous détaille deux habitations adjacentes appartenant à un même ensemble de maisons et disposant d'un même mode constructif ainsi que des mêmes installations techniques. Les consommations associées à ces deux maisons sont illustrées par les deux points différemment colorés dans les graphes ci-dessus (maison 03 = vert, maison 05 = jaune). Même dans des logements similaires, aux performances énergétiques semblables, les consommations d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire peuvent tripler d'un ménage à l'autre.

Caractéristiques		
	Maison 03	Maison 05
Composition familiale	2 adultes, 2 enfants	2 adultes, 1 enfant
Volume protégé	449 m <sup>3</sup>	577 m <sup>3</sup>
Niveau E <sub>w</sub>	64	62
Niveau d'isolation globale K	16	15
Inertie	Structure peu massive	
Orientation principale des vitrages	Sud	
Taux de renouvellement d'air à 50Pa n <sub>50</sub>	0,64 h <sup>-1</sup>	0,57 h <sup>-1</sup>
Systèmes	Ventilation double flux Chauffage électrique sur l'air Eau chaude sanitaire : Boiler électrique avec panneaux solaire thermique	

Tableau 10 : Exemple pour deux maisons adjacentes et similaires

Pour cet exemple, la différence est le résultat du comportement propre à chaque utilisateur: habitudes d'occupation, utilisation de la ventilation (naturelle ou mécanique), utilisation de l'eau chaude sanitaire, température de confort ...




En particulier, les températures de confort sont très variables d'un utilisateur à l'autre : les températures mesurées dans la maison 05 sont en moyenne 1,5°C plus élevées que celles mesurées dans la maison 03.

### Analyse mensuelle

Les résultats détaillés de l'analyse mensuelle des consommations énergétiques pour la production de chauffage sont disponibles en annexe. L'analyse individuelle de chaque maison y est alors présentée sous forme de fiche (voir exemple page suivante).

Il ressort de cette analyse que même si les consommations annuelles sont surévaluées avec les méthodes théoriques, ce n'est pas toujours le cas au niveau mensuel. En effet, de manière générale, les méthodes théoriques sous-évaluent la consommation mensuelle à l'entre saison (avril, mai et septembre, octobre) même si ces mêmes méthodes surévaluent la consommation en plein hiver.

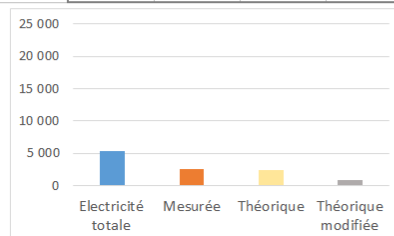
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
15		837	527	217	0,19	Mi lourd	0,5	Pellet	Poêle	RDC: Foyer R1: -	boiler électrique solaire thermique	 2880	 13	16	42

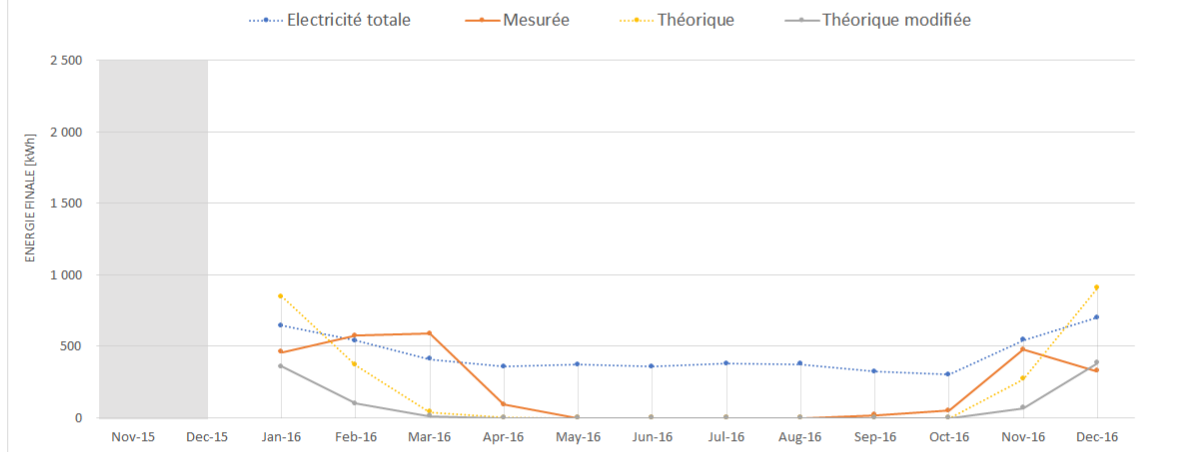
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 12.0 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15						
Jan-16	645	460	847	357	3.2	3.7
Feb-16	539	574	367	99	3.9	3.8
Mar-16	410	590	42	13	5.9	4.2
Apr-16	358	94	0	0	9.2	8.0
May-16	371	0	0	0	13.3	13.4
Jun-16	357	0	0	0	16.2	16.0
Jul-16	378	0	0	0	17.6	18.4
Aug-16	374	0	0	0	17.6	18.0
Sep-16	325	21	0	0	15.2	16.9
Oct-16	304	50	0	0	11.2	9.1
Nov-16	545	478	271	68	6.3	5.6
Dec-16	702	327	908	383	3.5	4.2
<b>Total 2016</b>	<b>5 307</b>	<b>2 593</b>	<b>2 436</b>	<b>920</b>		



Consommation théorique et mesurée (énergie finale)



\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système: ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle		Boiler électrique		✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation		Boiler électrique OU PAC		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur		Chaudière partagée	Electricité	✓	2	×	×	D'
PAC			Electricité	×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC			Electricité	×	16,21	✓	✓	E'

Par ailleurs, nous constatons que les consommations mesurées ne sont pas aussi sensibles aux variations de la température extérieure que ne le sont les méthodes théoriques. Dans l'exemple de la page précédente, on constate que la température moyenne mesurée de janvier 2016 à mars 2016 est en légère augmentation (de 3,7°C à 4,2°C). Alors que la consommation théorique modifiée pour le chauffage (la courbe grise) diminue sur cette période, la consommation mesurée (courbe orange) a augmenté de près de 30%.

Lors de l'analyse annuelle nous avons constaté que la régulation de la température de consigne en fonction de l'occupation des différentes pièces de vie permettait de diminuer les consommations énergétiques.

Par ailleurs, l'analyse mensuelle a mis en évidence que :

- la régulation en cas d'absence prolongée n'était pas toujours d'application;
- l'utilisation des poêles et cassettes à bois ou à pellets sont souvent utilisés d'avantage que ce que nécessite réellement la demande de chaleur.

La régulation en cas d'absence prolongée n'est pas toujours d'application : En effet, pour les maisons équipées d'un système de chauffage présentant une grande inertie (un seul chauffage local pour l'ensemble de l'habitation, un chauffage par le sol, ...), les utilisateurs préfèrent ne pas modifier la régulation de leur système alors qu'il serait possible de diminuer la température de consigne durant plusieurs jours. Néanmoins, une anticipation peut s'avérer nécessaire en fonction de la puissance de relance de l'appareil producteur et de l'inertie thermique.

L'utilisation des poêles et cassettes à bois ou à pellets sont souvent utilisés d'avantage que ce que nécessite réellement la demande de chaleur : En effet, ces systèmes contribuent également à l'agrément et à l'ambiance intérieure des séjours, augmentant ainsi la consommation énergétique globale de la maison.

### 5.2.2 Consommations électriques

La consommation totale en électricité pour l'année 2016 a été mesurée dans 21 maisons (voir Figure 33). Cette consommation ne prend pas en compte la production des panneaux photovoltaïques.

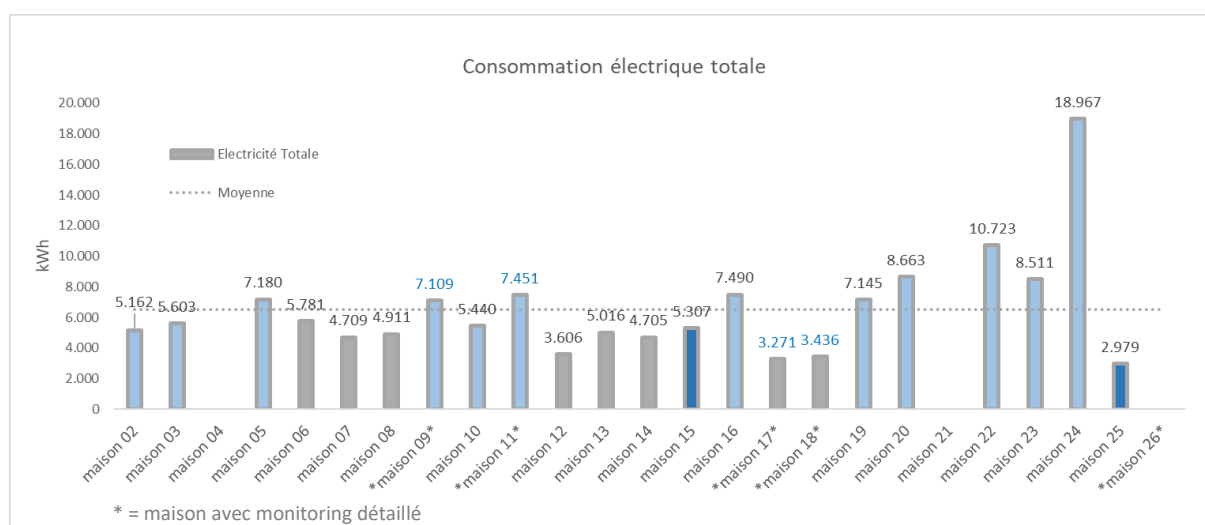


Figure 33 : consommation électrique totale avec ■ = participants avec production électrique pour CH + ECS et ■ = participants avec production électrique pour CH

Pour l'échantillon étudié, la consommation moyenne totale en électricité représente 6.500 kWh/an et est donc plus élevée que celles des logements du parc wallon<sup>6</sup>, qui s'élève à 4.400 kWh/an. Toutefois, cette comparaison nécessite d'être nuancée :

D'une part, la proportion des habitations utilisant l'électricité pour se chauffer ou pour produire de l'eau chaude sanitaire est bien plus importante pour les 21 maisons analysées que pour les logements du parc wallon. L'électricité est utilisée comme vecteur énergétique :

- dans 12 maisons, pour le chauffage (radiateurs électriques, pompe à chaleur, ...),
- dans 14 maisons, pour l'eau chaude sanitaire (boiler électrique, pompe à chaleur, ...).

Pour ces maisons, la consommation totale en électricité comprend donc également les consommations énergétiques pour la production de chauffage et/ou de l'eau chaude sanitaire.

D'autre part, la taille des maisons de l'échantillon est plus importante que celle des habitations du parc wallon. Les appareils consommateurs d'électricité (éclairage, petit et gros électroménager, multimédia, etc. ...) y sont donc d'autant plus présents. L'étude réalisée sur le parc wallon révèle également que pour un ménage avec des revenus plus élevés, les appareils électriques se multiplient : smartphones, tablettes, ordinateurs, TV, mais aussi réfrigérateurs et/ou congélateurs. Dans les maisons de l'échantillon, la multiplication de tels appareils électriques a pu être constatée, de même que d'autres dispositifs liés à l'utilisation du bâtiment (pompe pour l'utilisation de l'eau de pluie, porte de garage automatisée, alarme anti-intrusion, ...). Ces équipements peuvent aussi expliquer des consommations électriques plus élevées que la moyenne.

Pour 17 des maisons étudiées, la consommation électrique résiduelle (c'est-à-dire sans tenir compte de la consommation électrique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire) a pu être isolée et s'élève à 4.200 kWh/an en moyenne. Ce chiffre est également supérieur à la moyenne des logements du parc wallon qui représente 2.700 kWh/an. Ce poste constitue une part de plus en plus importante dans le bilan énergétique global. Pour 6 maisons de l'échantillon, cette consommation devient même plus importante que la consommation pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Les besoins en chauffage de nos nouvelles constructions étant de plus en plus faibles, un effort supplémentaire doit donc encore être fourni pour réduire les consommations électriques, mais aussi pour produire cette électricité grâce à de l'énergie renouvelable.

Dans l'échantillon étudié, 12 maisons sont équipées des panneaux solaires thermiques et 12 maisons sont équipées de panneaux photovoltaïques.

Le monitoring révèle que la quantité d'électricité produite par ces panneaux couvre en bilan annuel, en moyenne 73% de la consommation électrique totale, variant de 20% à 100% d'un ménage à l'autre.

<sup>6</sup> Bilan énergétique de la Wallonie 2015 secteur domestique et équivalents, octobre 2017, Réalisé par ICEDD asbl pour le compte du Service Public de Wallonie

### 5.3 Niveau 3 : Résultats du monitoring détaillé

#### 5.3.1 Consommations pour la production de chauffage d'une chaudière à condensation

L'installation de chauffage de la maison n°18 est divisée en deux zones distinctes disposant chacune de leur propre thermostat d'ambiance : le rez-de-chaussée (équipée d'un chauffage par le sol) et l'étage (équipé de radiateurs). Le thermostat du rez-de-chaussée est toujours en mode "jour" (température de consigne de 20°C). Le thermostat de l'étage où se situe également la salle de bains est quant à lui toujours en mode "nuit" et les occupants y dérogent manuellement quand c'est nécessaire.

La figure présentée ci-après montre la répartition de la consommation pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire par heure, pour la semaine du 19/02/17 au 26/02/17 ainsi que la température extérieure.

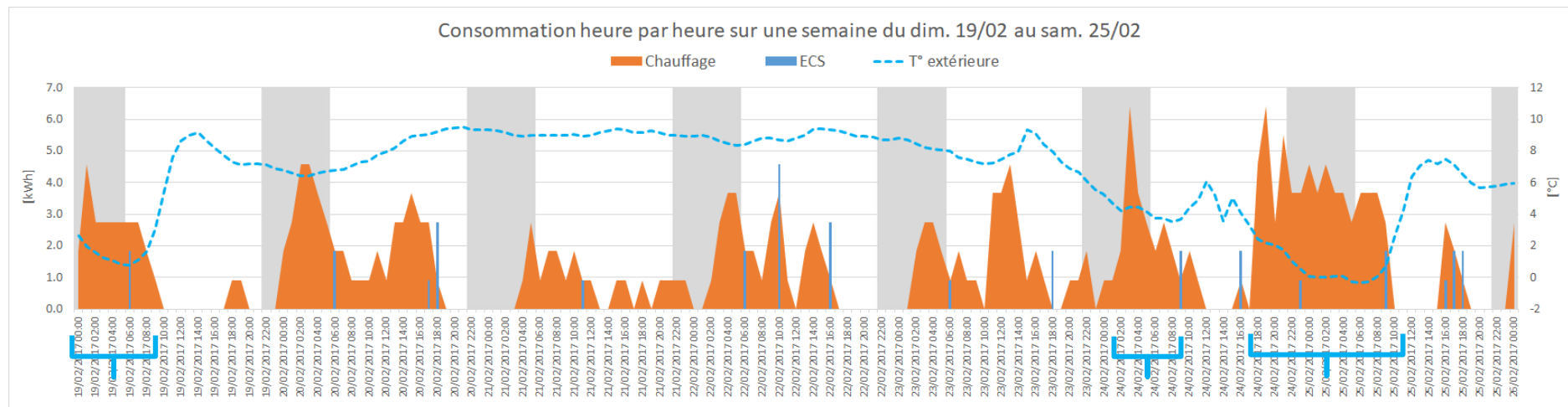


Figure 34 : résultats par heure du monitoring sur la chaudière de la maison 18

Cette figure met en évidence que la production en eau chaude sanitaire est plus ponctuelle que celle en chauffage. En particulier, vers 6h du matin, on constate 4 jours sur les 7, une production de chauffage du ballon de stockage.



Nous observons également trois périodes où la consommation de chauffage semble fortement liée à une baisse de la température extérieure (représentées par des accolades en bleu). Lorsque celle-ci chute sous les 4°C, on constate une production de chauffage plus soutenue. Pour les autres périodes de la semaine, on constate que la température extérieure est relativement constante (aux alentours des 9°C). Toutefois, la production de chauffage ne montre pas un profil aussi régulier, probablement en lien avec l'occupation de l'habitation et la régulation de l'installation.

La Figure 35 montre cette même répartition de la consommation pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire par heure, pour la semaine du 19/02/17 au 26/02/17 en lien avec les températures intérieures mesurées dans le séjour et dans la salle de bains de l'étage.

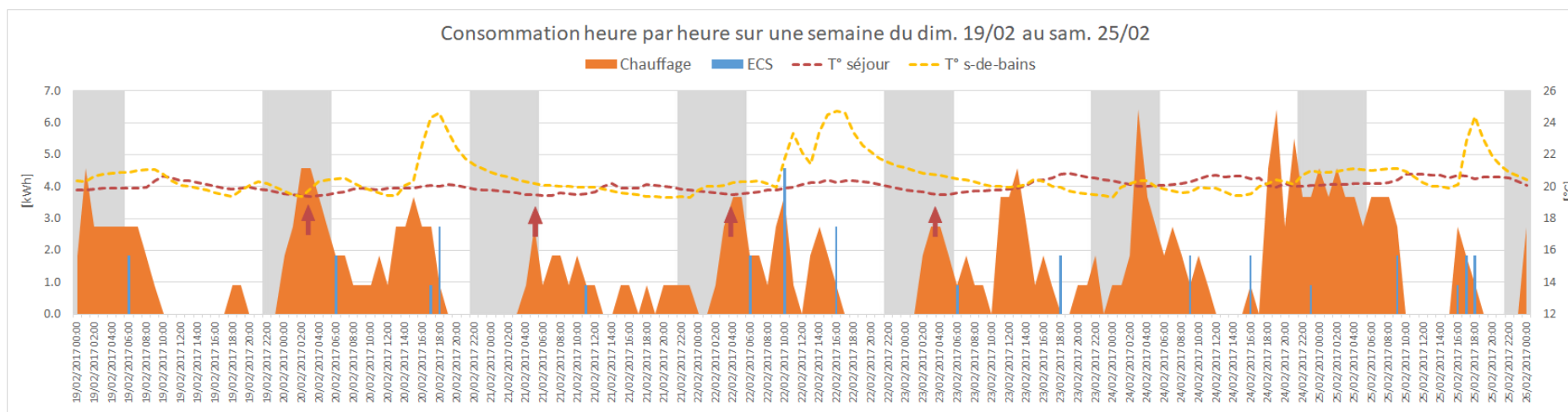


Figure 35 : résultats par heure du monitoring sur la chaudière de la maison 18

La température intérieure mesurée dans le séjour est relativement stable durant cette période (entre 19,4°C et 20,8°C). On constate cependant que dès qu'elle descend sous les 19,5°C (voir les flèches rouges sur le graphe), la production de chauffage s'intensifie.

D'autres pics de production de chauffage peuvent s'expliquer par une demande ponctuelle dans la salle de bains. Lors de l'utilisation de celle-ci, la température de cette pièce augmente jusqu'à atteindre 24°C.

Ces observations concordent avec la régulation de l'installation de chauffage appliquée par les propriétaires : la température de consigne dans le séjour est de 20°C et la demande de chaleur à l'étage se fait de manière ponctuelle, à la demande.

La Figure 36 montre la répartition de la consommation pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire par jour, pour la période du 19/01/17 au 26/03/17 ainsi que la température extérieure.

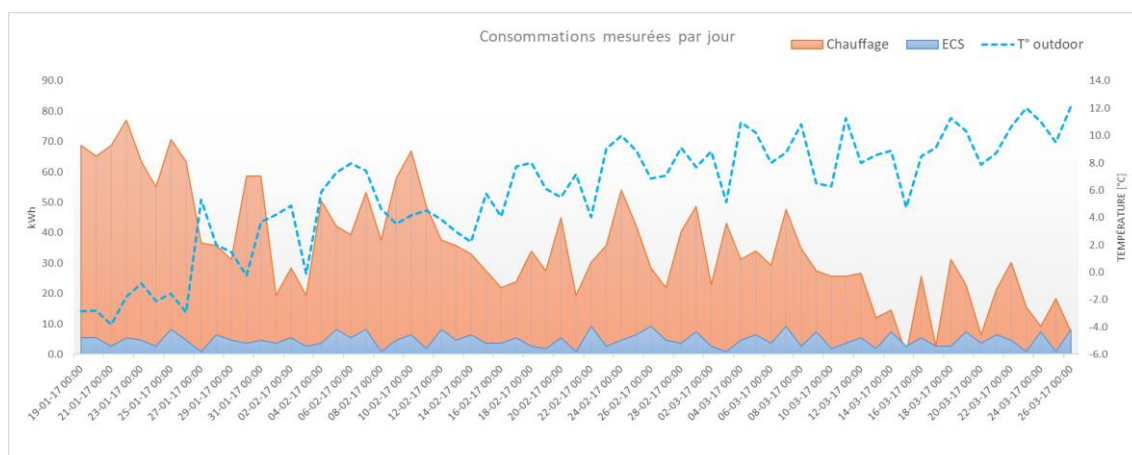


Figure 36 : résultats par jour du monitoring sur la chaudière de la maison 18

La consommation pour le chauffage montre un profil variable (de 0 à 77 kWh/jour) avec une consommation moyenne de 36 kWh/jour. L'analyse sur les données journalières met en évidence la corrélation entre la température extérieure et la production de chauffage. Au fur et à mesure que l'on s'approche du printemps et que la température extérieure moyenne augmente, la consommation pour la production de chauffage tend à diminuer.

Pour la période analysée, la consommation journalière en ECS montre un profil plus constant tout au long de la période (de 1 à 9 kWh/jour) avec une consommation moyenne de 5 kWh/jour.

### 5.3.1 Consommations électriques

Les 5 maisons concernées par ce monitoring détaillé sont mis en évidence par des \* sur la Figure 33.

En 2016, les maisons 9 et 11 montrent des consommations similaires et ont consommé en moyenne 7.280 kWh. Les maisons 17 et 18 montrent quant à elles une consommation moyenne de 3.350 kWh. Notons ici que les maisons 9 et 11 se chauffent exclusivement à l'aide de radiateurs électriques et sont équipées d'un boiler électrique solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire.

Le monitoring détaillé de janvier à avril 2017 présenté ci-dessous, confirme que le profil de consommation électrique est significativement différent en fonction du vecteur énergétique utilisé pour la production de chauffage.

Par ailleurs, ce monitoring détaillé a permis de déterminer la consommation électrique attribuée aux différents postes (puissance < 1000 W, électroménagers, pompes, ...). Les consommations détectées mais qui n'ont pas pu être attribuées à des appareils précis sont repris dans la catégorie « non assigné ».

La consommation électrique mensuelle avec le détail des consommations par poste, pour les maisons 9 et 11 équipés de radiateurs électriques, sont représentés dans les figures ci-dessous.

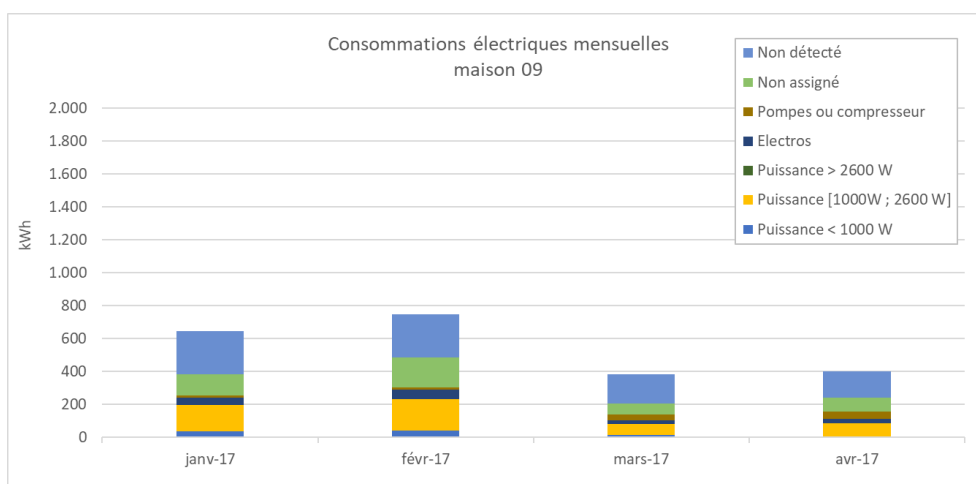


Figure 37 : Monitoring détaillé maison 9

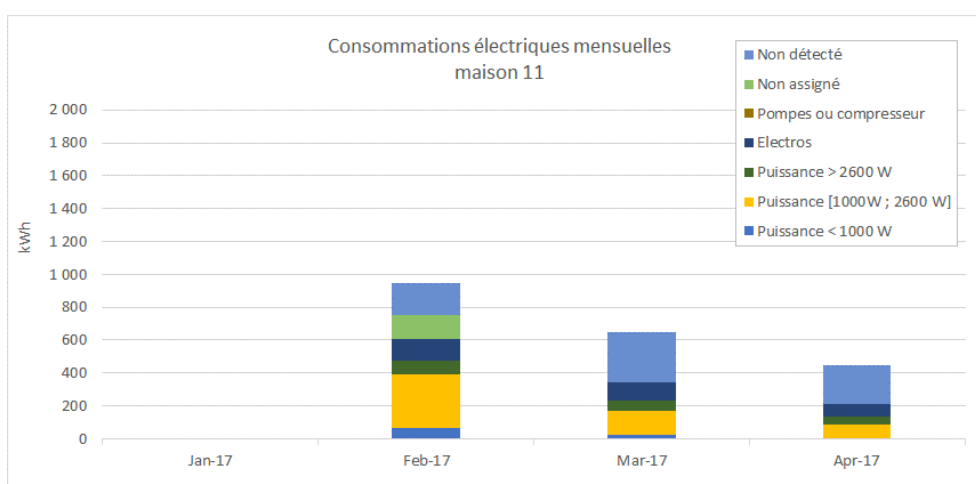


Figure 38 : Monitoring détaillé maison 11

La consommation moyenne mensuelle de la maison 9 est de 545 kWh et celle de la maison 11 est de 985 kWh.

Nous constatons que la consommation en janvier et février est toujours plus élevée que pour les mois de mars et avril. Cette différence de consommation s'explique par les besoins en chauffage qui sont plus élevés pour le début de l'année. Par ailleurs cette variation des consommations mensuelles explique que la répartition par poste évolue d'un mois à l'autre. Les consommations non assignées de la maison 11 semblent correspondre à une partie des consommations pour le chauffage puisque cette catégorie disparaît pour les mois de mars et avril. Parallèlement, cette même catégorie pour la maison 9 diminue de moitié pour les mois de mars et avril.

La consommation électrique mensuelle avec le détail des consommations par poste, pour les maisons 17 et 18, sont représentés dans les figures ci-dessous.

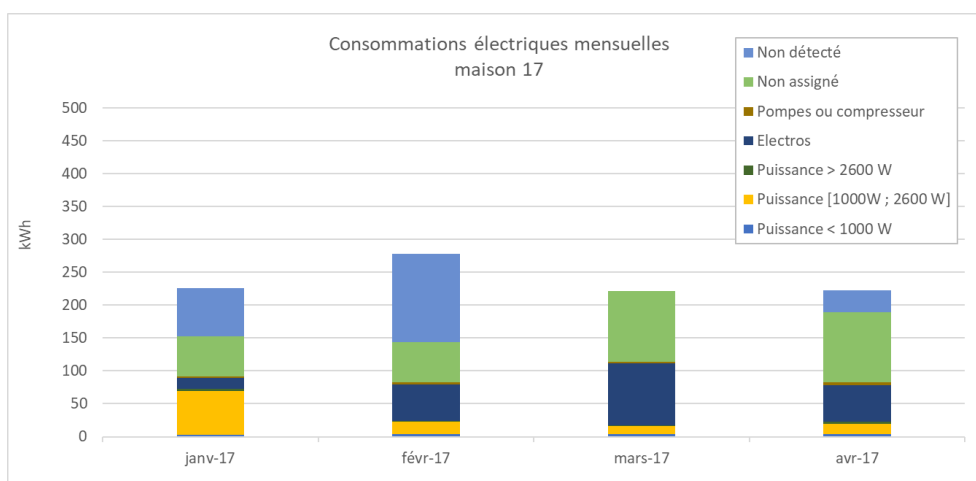


Figure 39 : Monitoring détaillé maison 17

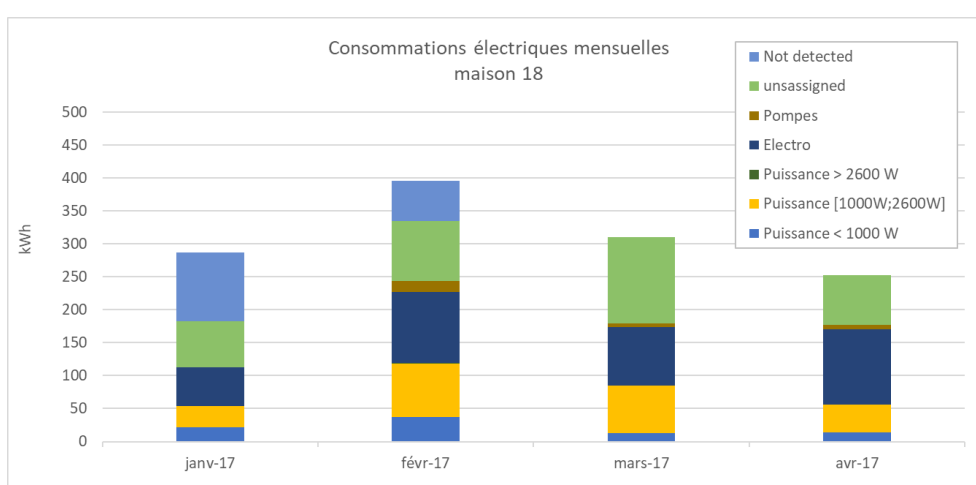


Figure 40 : Monitoring détaillé maison 18

La consommation moyenne mensuelle de la maison 17 est de 237 kWh et celle de la maison 18 est de 297 kWh. Les maisons 17 et 18 présentent des consommations mensuelles plus faibles et plus stables que les maisons 9 et 11. Cependant la répartition par poste reste assez variable d'un mois à l'autre. Par exemple la consommation des appareils électroménagers peut varier de 59 kWh à 114 kWh.

## 6. Conclusions

Les données récoltées lors de l'enquête par questionnaire (149 maisons) montrent que globalement, **les systèmes ont tendance à donner satisfaction** à leurs usagers en termes d'efficacité : 99% de satisfaits par rapport au chauffage et 96% par rapport à la ventilation.

Les mesures réalisées sur les installations de ventilation confirment la **bonne performance globale** de celles-ci : les mesures du **rendement de l'échangeur de chaleur** concordent avec les valeurs annoncées par les fabricants (de l'ordre de 80%) et l'inspection des conduits d'amenée et d'extraction d'air inspecté révèle un **bon état de propreté générale**. Cependant, les mesures ont aussi montré que les **débits mesurés** en position nominale n'atteignaient pas, pour la plupart, les débits minimaux exigés : seuls la moitié des débits mesurés pièce par pièce en pulsion atteignent 80% des débits minimums exigés ou d'avantage.

Les mesures de performances de l'enveloppe donnent des résultats satisfaisants avec un **taux de renouvellement d'air** moyen mesuré sous 50 Pa égal à  $2,44 \text{ h}^{-1}$ . En particulier, les **examens thermographiques** et la recherche de fuites ont permis de constater que l'étanchéité à l'air au droit des menuiseries extérieures, des nœuds constructifs et en particulier, des rives de toiture méritaient une attention spéciale car elle pouvait être à l'origine de faiblesses thermiques. La mesure du **coefficient de transmission thermique** mesuré sur une paroi opaque dans une maison a donné un résultat conforme aux critères de performances visés.

Les consommations en combustible pour le **chauffage** et **l'eau chaude sanitaire** sont basses comparativement aux moyennes obtenues sur le parc wallon en 2015 pour les maisons unifamiliales. Ceci est le résultat de la combinaison d'une enveloppe et de systèmes performants, intégrés dès la conception. En particulier, pour la production d'eau chaude sanitaire, les **maisons équipées d'une PAC** et/ou d'un boiler muni de **panneaux solaires thermiques** montrent les **consommations les plus basses**.

Le relevé des consommations énergétiques des 25 maisons ainsi que le monitoring détaillé ont montré que le **comportement** et en particulier le réglage de la température de consigne en fonction de l'occupation des différentes pièces de vie permet de diminuer considérablement les consommations énergétiques. Pour plus de la moitié de l'échantillon certaines **pièces** de la maison ne sont **pas chauffées**. Cette étude a également mis en évidence d'autres usages permettant de diminuer les consommations énergétiques, tels que la **régulation** en cas d'**absence prolongée** et une utilisation modérée des **poêles et cassettes à bois**. On constate ainsi que la **différence** entre les **consommations effectives** et celles calculées par la **méthode PEB** est significativement **influencée par ce comportement** de l'occupant et le climat extérieur. L'occupant qui a un **comportement plus économe** que l'occupation standardisée de la méthode PEB aura un **écart** d'autant plus **important** entre consommations effectives et celles calculées par la méthode PEB.

Cependant, même si les consommations annuelles des cas analysés sont surévaluées par les méthodes théoriques, ce n'est pas toujours le cas au niveau mensuel. En effet, de manière générale, les **méthodes théoriques sous-évaluent** la consommation mensuelle à **l'entre saison** (avril, mai et septembre, octobre) même si ces mêmes méthodes surévaluent la consommation en plein hiver.

De plus, nous constatons que les **consommations mesurées** ne sont **pas** aussi **sensibles** aux variations de la **température extérieure** que ne le sont les méthodes théoriques.

Les **consommations électriques** sont plus élevées que les moyennes observées en région wallonne mais les logements sont globalement plus grands et dans une grande partie de ceux-ci l'électricité est utilisée comme vecteur énergétique pour la production de chauffage. Néanmoins, presque la moitié des participants sont équipés de panneaux photovoltaïques.

Par ailleurs, le profil de consommation électrique est significativement différent en fonction du **vecteur énergétique** utilisé pour la **production de chauffage**.

Les besoins en chauffage de nos nouvelles constructions étant de plus en plus faibles, un **effort supplémentaire** doit donc encore être fourni pour **réduire les consommations électriques**, mais aussi pour produire cette électricité grâce à de l'énergie renouvelable.

## 7. Recommandations générales

Les recommandations ci-dessous sont consultables dans le "Rapport de synthèse I : climat intérieur" :

*Gérer les situations de surchauffe estivale*

*Placer des protections solaires*

*Ouvrir les fenêtres pour dissiper la chaleur*

*Choisir un système de chauffage adéquat par rapport à l'usage des pièces*

*Réguler correctement les débits de ventilation*

*Entretenir le système de ventilation*

*Améliorer les performances acoustiques du système de ventilation*
















*Changer l'affectation d'un local*

## 8. Annexes

### 8.1 Caractéristiques et indicateurs PEB des bâtiments analysés

DIVERS		VOLUMETRIE							SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Compacité [m]	Surface de plancher chauffée	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h·m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E <sub>w</sub>
2		1014	375	2.7	330	0.29	Peu lourd	1.3	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 2160	 2.8	18	56
3		449	280	1.6	120	0.19	Peu lourd	0.8	Electricité	Local	résistance sur air	boiler électrique solaire thermique	-	 5	16	64
5		577	388	1.5	152	0.18	Peu lourd	0.7	Electricité	Local	résistance sur air	boiler électrique solaire thermique	-	 5	15	62
6		667	728	0.9	303	0.54	Peu lourd	3.1	Gaz	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon	-	-	54	71
7		1182	798	1.5	365	0.35	Peu lourd	6.0	Pellet	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon solaire thermique	-	 9.9	30	55
8		691	531	1.3	241	0.46	Léger	4.8	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon solaire thermique	 3360	 7.6	42	53
9		640	453	1.4	201	0.22	Mi-lourd	0.7	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	-	 5	19	55
10		637	472	1.3	187	0.28	Léger	1.8	Pellet + électricité	Poêle	RDC: foyer R1: radiateur électrique	boiler électrique solaire thermique	 4080	 4.8	25	54
11		521	391	1.3	157	0.30	Peu lourd	0.7	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 3600	 5	27	44
12		428	380	1.1	150	0.44	Peu lourd	2.9	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière, pas de ballon	 3360	-	42	53
13		567	350	1.6	198	0.38	Peu lourd	1.6	Mazout	Chaudière	RDC : par le sol R1: radiateur	même chaudière + ballon	-	-	32	57
14		569	465	1.2	196	0.50	Peu lourd	4.1	Pellet	Chaudière	RDC : par le sol R1: -	même chaudière + ballon solaire thermique	 2880	 4	46	59
15		837	527	1.6	217	0.19	Mi-lourd	0.5	Pellet + électricité	Poêle	RDC: Foyer R1: -	boiler électrique solaire thermique	 2880	 13	16	42
16		569	460	1.2	194	0.46	Léger	2.2	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: -	PAC sol/eau indépendante + ballon	 7020	-	42	25
17		491	395	1.2	161	0.40	Peu lourd	2.3	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon	-	-	37	68






DIVERS		VOLUMETRIE							SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Compacité [m]	Surface de plancher chauffée	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h·m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E <sub>w</sub>
18		700	510	1.4	234	0.34	Peu lourd	1.0	Gaz	Chaudière	RDC : par le sol R1: radiateur	même chaudière + ballon	 5280	-	31	36
19		613	463	1.3	203	0.38	Léger	3.8	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	même PAC + ballon	-	-	34	62
20		536	399	1.3	240	0.39	Mi lourd	7.9	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	même PAC + ballon	-	-	35	71
21		1055	643	1.6	300	0.37	Peu lourd	2.8	Electricité	PAC sol/eau	par le sol	PAC sol/eau indépendante + ballon	 6720	-	31	36
22		1176	691	1.7	265	0.19	Mi lourd	0.8	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 9360	 6	16	21
23		629	486	1.3	191	0.42	Mi lourd	2.2	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: -	même PAC sol/eau + ballon	-	-	38	89
24		1672	959	1.7	468	0.39	Mi lourd	4.8	Electricité	PAC air/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	même PAC air/eau + ballon	 7200	-	31	57
25		543	400	1.4	160	0.31	Léger	2.3	Bois + Electricité	Poêle	RDC: foyer R1: -	boiler électrique solaire thermique	-	 5.56	27	66
26		602	456	1.3	187	0.44	Léger	3.8	Electricité	PAC air/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	PAC sol-eau + ballon	-	-	40	81

## 8.2 Résultats détaillés des consommations énergétiques

54

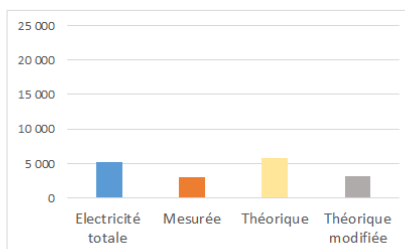
### Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	v <sub>50</sub> [m³/h·m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
2		1014	375	330	0,29	Peu lourd	1,3	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 2160	 2,8	18	56

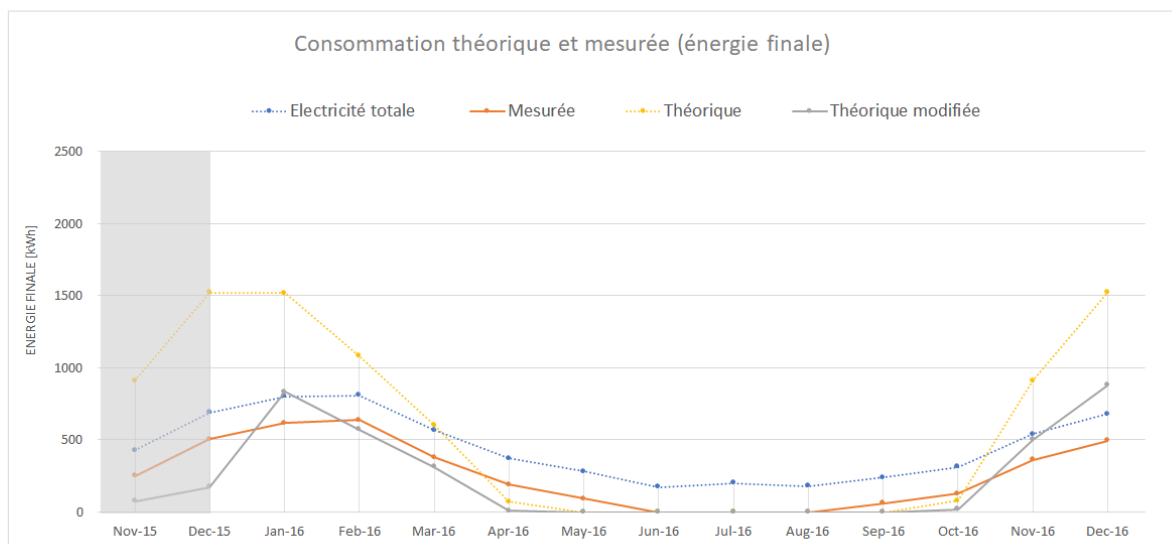
### Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 9.0 kWh/m²/an

Mois	CONSOMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	429	249	909	75	6.3	9.6
Dec-15	690	504	1522	174	3.5	9.1
Jan-16	803	617	1519	833	3.2	4.4
Feb-16	810	636	1080	571	3.9	4.4
Mar-16	567	381	603	313	5.9	5.1
Apr-16	371	191	72	10	9.2	8.6
May-16	281	94	0	0	13.3	14.3
Jun-16	173	0	0	0	16.2	16.4
Jul-16	200	0	0	0	17.6	19.0
Aug-16	179	0	0	0	17.6	18.7
Sep-16	240	60	0	0	15.2	18.0
Oct-16	314	128	80	19	11.2	9.7
Nov-16	541	361	909	500	6.3	6.0
Dec-16	681	495	1522	879	3.5	4.4
<b>Total 2016</b>	<b>5 162</b>	<b>2 965</b>	<b>5 784</b>	<b>3 125</b>		



### Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

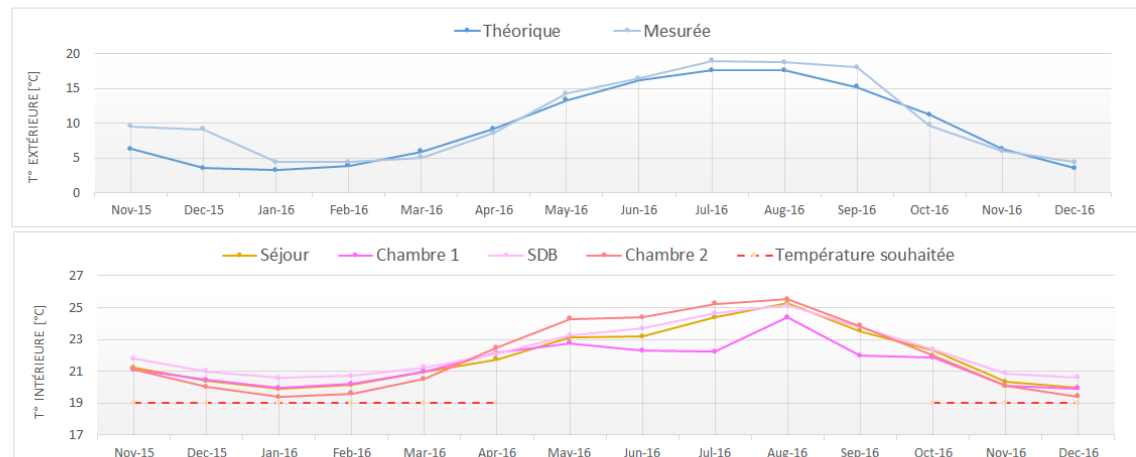


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage		Système - ECS		Vecteur énergétique: chauffage		Vecteur énergétique: ECS		Panneaux solaires thermiques		Maisons		Données pour le chauffage uniquement		Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire		Méthode de calcul	
Chaudière				Gaz/Propane/Mazout/Pellets				✗		6,12,13,17,18		✓		✓		A	
Chaudière				Gaz/Propane/Mazout/Pellets				✓		7,8,14		✗		✓		B	
Poêle		Boiler électrique		Bois/Pellets		Electricité		✓		10,15, 25		✓		✓		C	
Radiateur ou résistance sur ventilation		Boiler électrique OU PAC		Electricité				✓		3,5,9,11		✗		✓		D	
Radiateur		Chaudière partagée		Electricité		Gaz		✓		2		✓		✗		D'	
PAC				Electricité				✗		19,20,23,26		✓		✗		E	
PAC				Electricité				✗		16, 21		✓		✓		E'	

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur



- Cette maison a été certifiée "Maison Passive".
- Il n'y a pas de chauffage central. Quelques radiateurs électriques d'appoint, prévus à l'origine, sont installés dans les différentes pièces. En hiver, le propriétaire nous informe utiliser 10 à 15 jours par an un chauffage électrique à bain d'huile uniquement dans le living.
- chauffage coupé après le 19/4
- Le système de production d'eau chaude (ECS) est un système partagé avec d'autres maisons, les consommations pour la production d'ECS ne sont donc pas prises en compte dans les données ci-dessus.
- Le ménage est composé de deux travailleurs à temps plein et de 3 enfants. Le propriétaire est présent de manière fréquente à domicile (2 demi-journées de présence à domicile par semaine).

## Analyse

La consommation annuelle pour le chauffage ( $9 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ ) est plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude ( $28 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ ). Mensuellement, cette consommation est toujours inférieure à la consommation obtenue avec la méthode théorique PEB. Néanmoins, avec la méthode théorique modifiée l'inverse se produit, les consommations mesurées deviennent supérieures aux valeurs théoriques sauf pour les mois de janvier 2015 et novembre et décembre 2016. Cependant, annuellement la méthode théorique modifiée se rapproche fortement des consommations mesurées.

Par ailleurs, les températures intérieures en hiver montrent des profils similaires dans les différentes pièces, avec une température plus élevée en hiver dans la salle de bain. Les températures extérieures oscillent autour des valeurs théoriques.

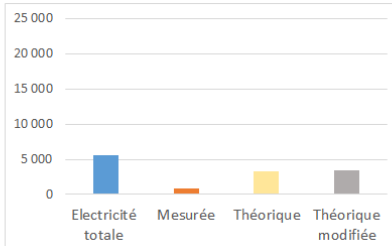
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
3		449	280	120	0,19	Peu lourd	0,8	Electricité	Local	résistance sur air	boiler électrique solaire thermique	-	 5	16	64

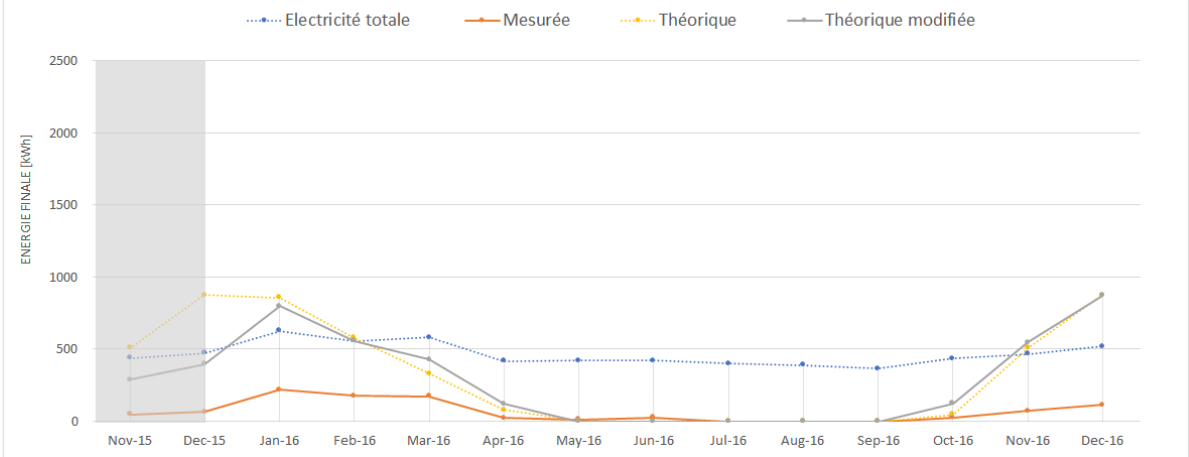
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 7.0 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	440	46	510	290	6.3	9.2
Dec-15	473	65	874	398	3.5	9.0
Jan-16	628	220	857	800	3.2	3.9
Feb-16	559	177	578	556	3.9	4.2
Mar-16	582	174	332	429	5.9	4.7
Apr-16	418	23	78	122	9.2	8.3
May-16	421	13	2	0	13.3	14.0
Jun-16	421	27	0	0	16.2	16.5
Jul-16	401	0	0	0	17.6	18.9
Aug-16	388	0	0	0	17.6	18.3
Sep-16	366	0	0	0	15.2	17.0
Oct-16	434	26	48	126	11.2	9.3
Nov-16	465	70	510	548	6.3	5.8
Dec-16	520	112	874	872	3.5	3.5
<b>Total 2016</b>	<b>5 603</b>	<b>844</b>	<b>3 279</b>	<b>3 451</b>		



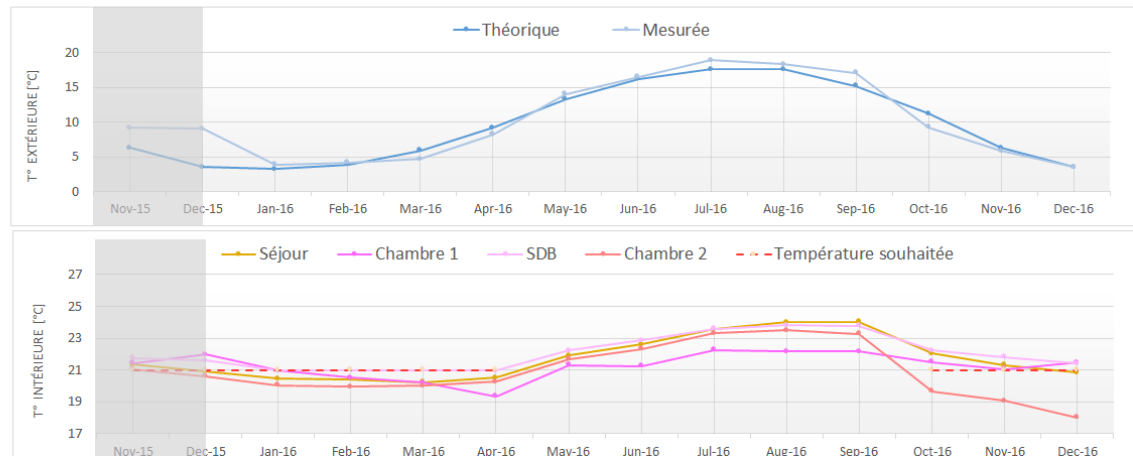
## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)



\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage		Système - ECS		Vecteur énergétique: chauffage		Vecteur énergétique: ECS		Panneaux solaires thermiques		Maisons		Données pour le chauffage uniquement		Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire		Méthode de calcul	
Chaudière				Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✗		6,12,13,17,18		✓		✓		✓		A	
Chaudière				Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓		7,8,14		✓		✓		✓		B	
Poêle		Boiler électrique		Bois/Pellets		Electricité		✓		10,15, 25		✓		✓		C	
Radiateur ou résistance sur ventilation		Boiler électrique OU PAC		Electricité		Electricité		✓		3,5,9,11		✗		✓		D	
Radiateur		Chaudière partagée		Electricité		Gaz		✓		2		✓		✗		D'	
PAC				Electricité		✗		19,20,23,26				✓		✗		E	
PAC				Electricité		✗		16,21				✓		✓		E	

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur



- Cette maison a été certifiée "Maison Passive".
- Le système de chauffage consiste en un appoint électrique sur la pulsion du système de ventilation : via deux résistances électriques de 1000 W (situées en deux endroits sur les conduites de pulsion).
- La régulation se fait par un thermostat non programmable situé dans le living. Le propriétaire dit ne faire aucune modification en cas d'absence ou la nuit.
- Un radiateur électrique d'appoint est également installé dans la salle de bains.
- Le ménage est composé de deux adultes et de deux enfants. Le propriétaire occupe la maison en journée environ 3 jours sur 5 durant la semaine (travail de bureau) ainsi que durant les week-ends.

## Analyse

Les profils de températures sont très variables et souvent inférieurs à la température souhaitée, avec une température plus élevée dans la salle de bain et dans la chambre 1. De septembre à novembre 2016, on observe des faibles températures dans la chambre 2 car une fenêtre ne se fermait plus correctement. Les températures extérieures oscillent autour des valeurs théoriques.

La consommation annuelle pour le chauffage (7 kWh/m<sup>2</sup>/an) est plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an). Ces faibles consommations ne représentent que 26% de la valeur théorique annuelle. Mensuellement, cette consommation est toujours inférieure à la consommation obtenue avec les deux méthodes théoriques.

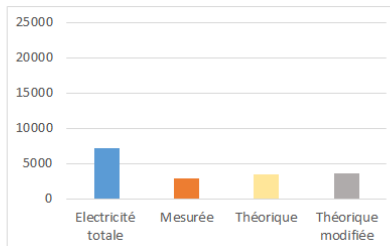
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
5		577	388	152	0,18	Peu lourd	0,7	Electricité	Local	résistance sur air	boiler électrique solaire thermique	-	 5	15	62

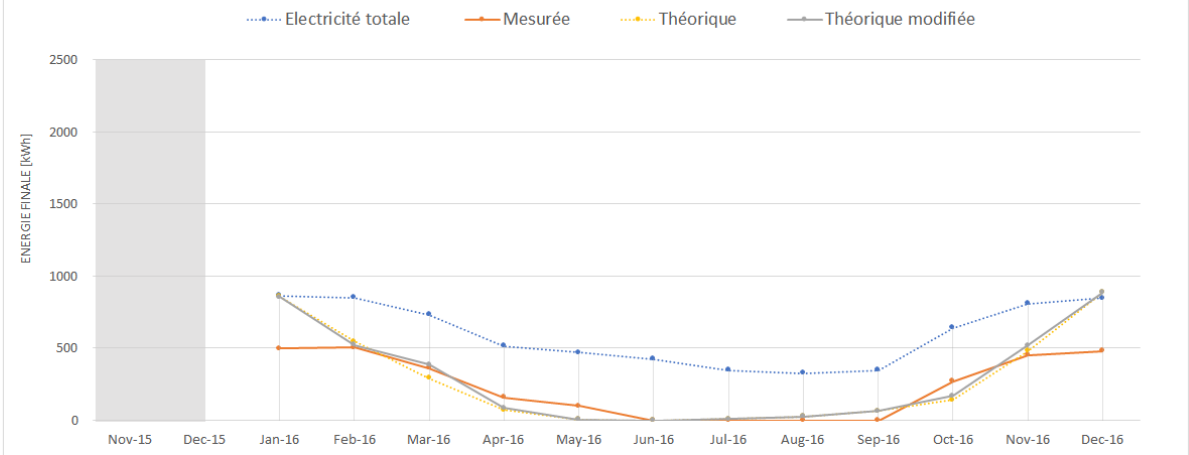
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 18.6 kWh/m²/an

Mois	CONSOMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15						
Jan-16	866	497	858	855	3.2	3.2
Feb-16	852	506	546	523	3.9	4.2
Mar-16	731	361	292	386	5.9	4.5
Apr-16	516	158	71	84	9.2	8.4
May-16	470	101	7	7	13.3	13.9
Jun-16	425	0	0	0	16.2	16.4
Jul-16	346	0	8	8	17.6	18.7
Aug-16	325	0	25	25	17.6	18.2
Sep-16	349	0	64	64	15.2	17.0
Oct-16	642	272	140	170	11.2	9.2
Nov-16	809	452	482	518	6.3	5.9
Dec-16	849	480	886	884	3.5	3.5
<b>Total 2016</b>	<b>7 180</b>	<b>2 828</b>	<b>3 379</b>	<b>3 524</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

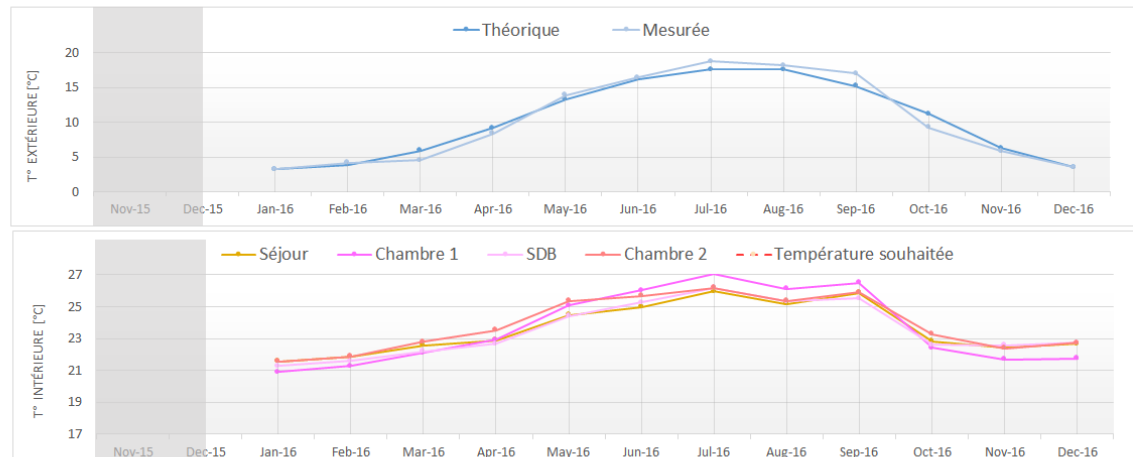


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur


- Cette maison a été certifiée "Maison Passive".
- Le système de chauffage consiste en un appoint électrique sur la pulsion du système de ventilation : via deux résistances électriques de 1000 W (situées en deux endroits sur les conduites de pulsion). La régulation se fait par un thermostat non programmable situé dans le living. Les propriétaires disent ne faire aucune modification en cas d'absence ou la nuit.
- Un radiateur électrique d'appoint est également installé dans la salle de bains.
- Le ménage est composé de deux travailleurs à temps plein et d'un enfant.

## Analyse

Les températures extérieures mesurées oscillent autour des températures extérieures utilisées dans la méthode PEB. Le profil des températures intérieures suit une tendance similaire dans l'ensemble des pièces mesurées. Ces températures sont toujours supérieures à 21°C.

La consommation annuelle pour le chauffage (19 kWh/m<sup>2</sup>/an) est plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an). Annuellement, ces consommations mesurées sont inférieures de 20 % par rapport aux valeurs théoriques. Mensuellement, à l'entre-saison, les consommations mesurées sont supérieures aux consommations théoriques.

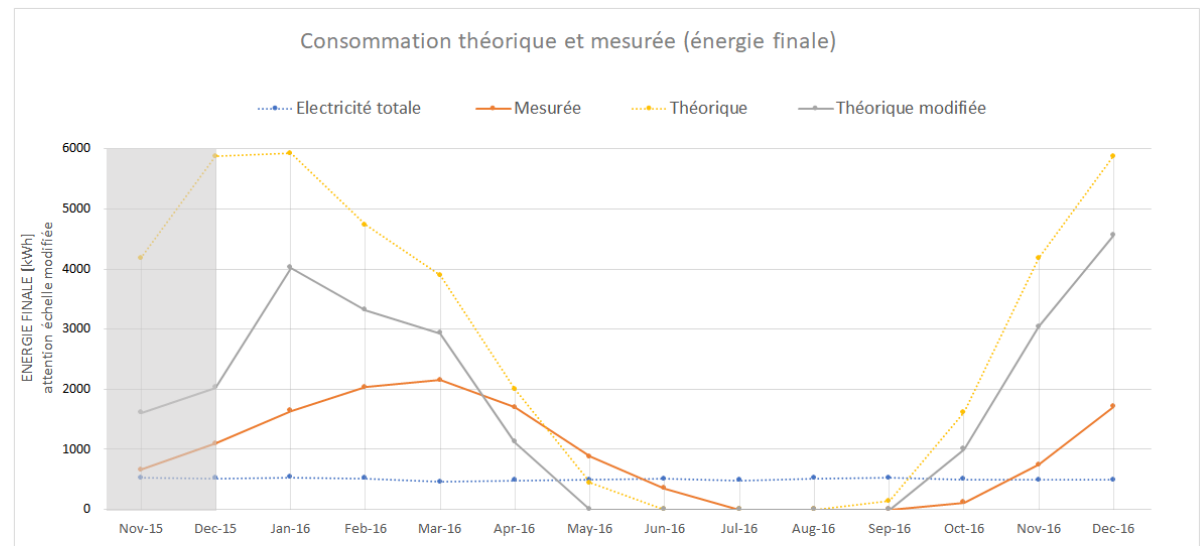
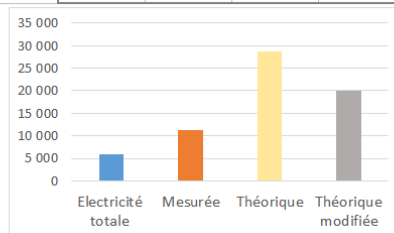
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
6		667	728	303	0,54	Peu lourd	3,1	Gaz	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon	-	-	54	71

## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 37.4 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	522	662	4183	1608	11.2	10.4
Dec-15	520	1092	5878	2026	6.3	9.6
Jan-16	534	1640	5928	4023	3.5	9.2
Feb-16	516	2035	4735	3317	3.2	4.8
Mar-16	461	2147	3895	2934	3.9	4.8
Apr-16	481	1697	1998	1120	5.9	5.6
May-16	492	880	444	0	9.2	9.1
Jun-16	509	350	0	0	13.3	14.8
Jul-16	484	0	0	0	16.2	16.8
Aug-16	520	0	0	0	17.6	19.4
Sep-16	527	0	135	0	17.6	19.2
Oct-16	502	112	1618	1003	15.2	17.9
Nov-16	488	743	4183	3041	11.2	10.3
Dec-16	487	1710	5878	4554	6.3	6.4
<b>Total 2016</b>	<b>6 000</b>	<b>11 314</b>	<b>28 814</b>	<b>19 993</b>		



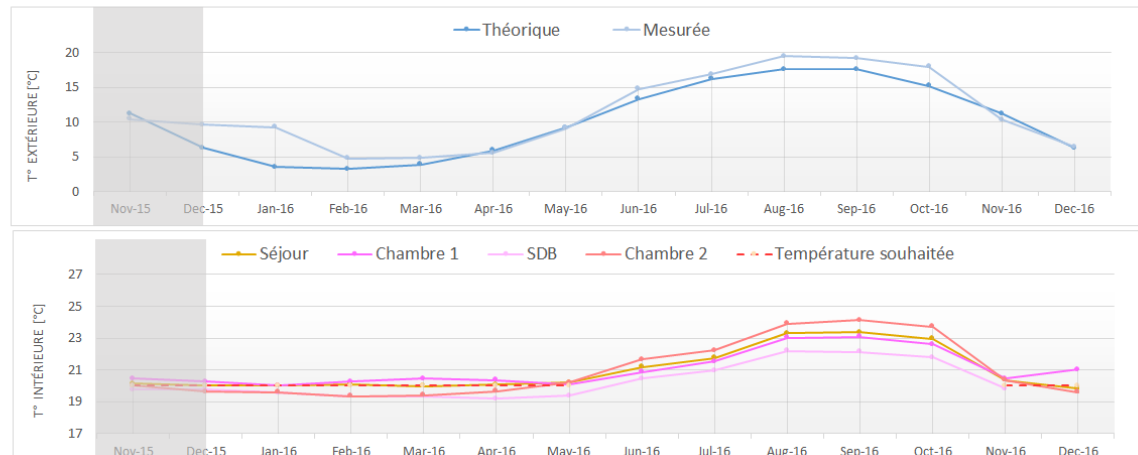
\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'



## Observations

## Températures



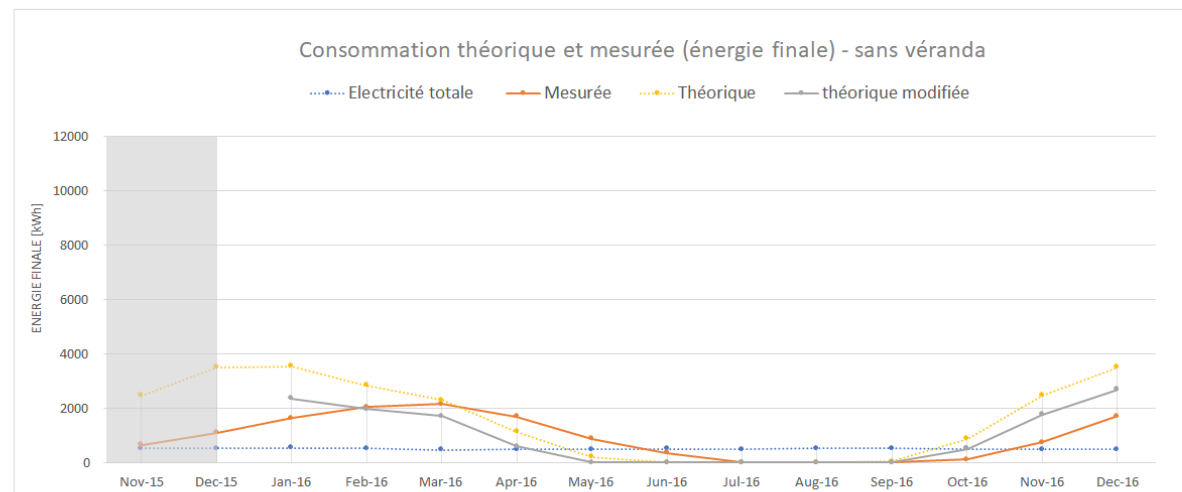
## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage est assurée par une chaudière gaz à condensation. La régulation se fait via un thermostat programmable ( $t^{\circ}$  de consigne 20°C en journée et 18°C la nuit).
- Les propriétaires vivent essentiellement au rez-de-chaussée. Lorsque l'étage n'est pas occupé, les vannes thermostatiques sont réglées en position minimale.
- La maison est équipée d'un feu ouvert mais les propriétaires disent ne pas l'utiliser régulièrement.
- La maison est occupée en continu (en journée aussi).
- Le propriétaire a ajouté, après son emménagement, un radiateur dans la véranda qui n'est pas isolée entièrement et qui est donc située hors du volume protégé initial.

## Analyse

Les températures intérieures en hiver sont assez stables et proches de la température de consigne annoncée par les utilisateurs. En hiver, les températures extérieures sont supérieures aux valeurs théoriques de décembre 2015 à mars 2016.

La consommation annuelle pour le chauffage - 37,4 kWh/m<sup>2</sup>/an - est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an). Elle est cependant largement inférieure à la consommation obtenue avec les deux méthodes théoriques. Néanmoins, lorsqu'on enlève la véranda des calculs théoriques, ceux-ci approchent mieux les consommations mesurées comme le montre le graphe ci-dessous. Par ailleurs, la consommation électrique totale est inférieure de 40% à la consommation nécessaire à la production de chauffage.



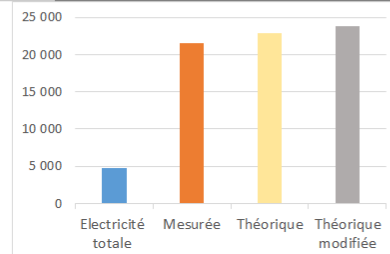
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
7		1182	798	365	0,35	Peu lourde	6,0	Pellet	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon solaire thermique	-	 9,9	30	55

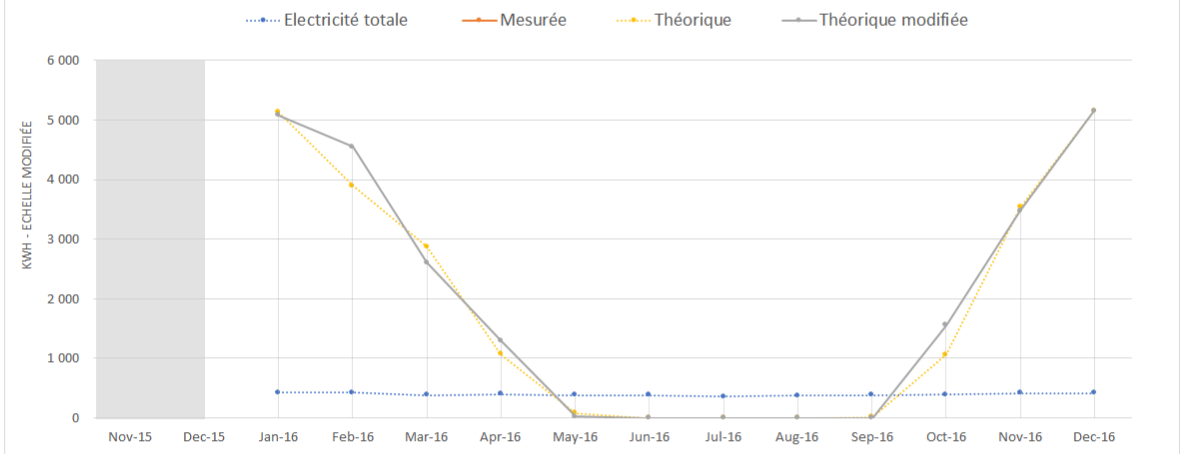
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 59.1 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15						
Jan-16	421		5 132	5 077	3.2	4.2
Feb-16	421		3 897	4 553	3.9	4.3
Mar-16	385		2 870	2 608	5.9	5.2
Apr-16	400		1 068	1 295	9.2	8.5
May-16	378		83	22	13.3	14.5
Jun-16	379		0	0	16.2	17.1
Jul-16	361		0	0	17.6	19.2
Aug-16	374		0	0	17.6	18.8
Sep-16	386		13	0	15.2	17.9
Oct-16	390		1 060	1 556	11.2	9.8
Nov-16	411		3 536	3 477	6.3	6.3
Dec-16	414		5 151	5 151	3.5	4.8
<b>Total 2016</b>	<b>4 719</b>	<b>21 538</b>	<b>22 810</b>	<b>23 739</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

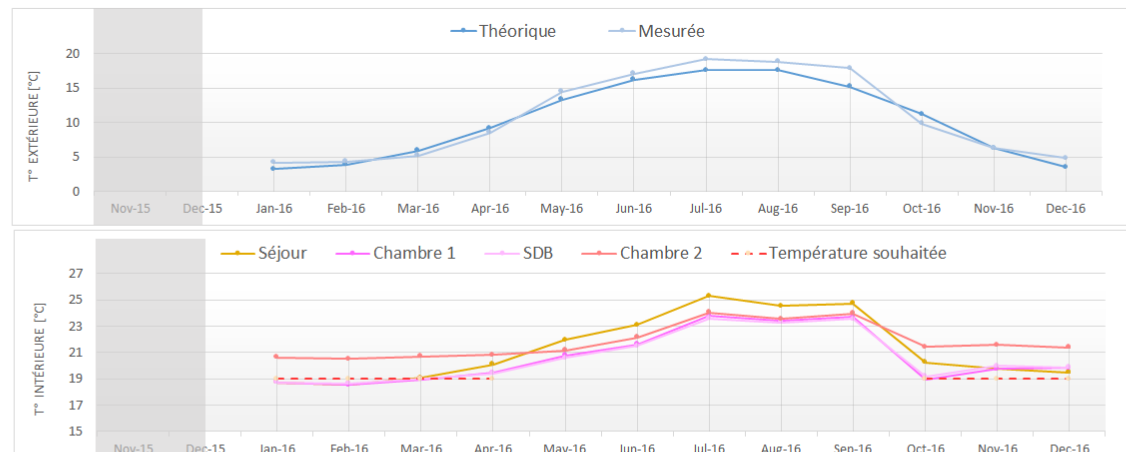


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	F'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage se fait via une chaudière à Pellets.
- L'émission de chaleur se fait via un réseau de chauffage par le sol régulé via deux thermostats non programmables.
- Une modification de la température de consigne se fait en cas d'absence ainsi que la nuit et est directement programmée sur la chaudière.
- Le propriétaire dit consommer environ 6 tonnes de pellets en 18 mois.
- La salle de bains est équipée d'un radiateur sèche-serviettes électrique avec ventilateur.
- L'eau chaude sanitaire est produite par la même chaudière que celle destinée à la production de chauffage. Elle est stockée dans un ballon.
- Le ménage est composé d'un adulte avec deux enfants en garde alternée.

## Analyse




Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées oscillent autour des températures extérieures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, les températures intérieures montrent des profils de températures assez similaires sauf pour la chambre 2 pour laquelle la température est supérieure à la température mesurée dans les autres pièces.

Le relevé de la consommation des pellets n'a pas pu être effectué de manière régulière. La consommation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire n'a donc pas été évaluée de manière mensuelle. Cependant, la consommation annuelle a été estimée sur base de la consommation sur 18 mois annoncée par le propriétaire.

La consommation effective pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire - 59,1 kWh/m<sup>2</sup>/an - est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (41 kWh/m<sup>2</sup>/an). Les deux méthodes théoriques approchent assez bien la consommation effective.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est similaire à la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Mais ne représente que 22 % de la consommation pour la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire

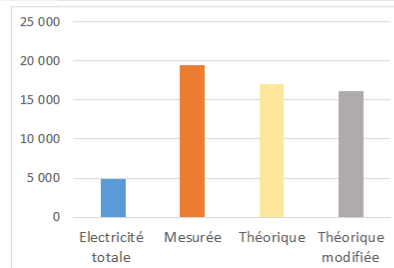
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
8		691	531	241	0,46	Léger	4,8	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon solaire thermique	 3360	 7,6	42	53

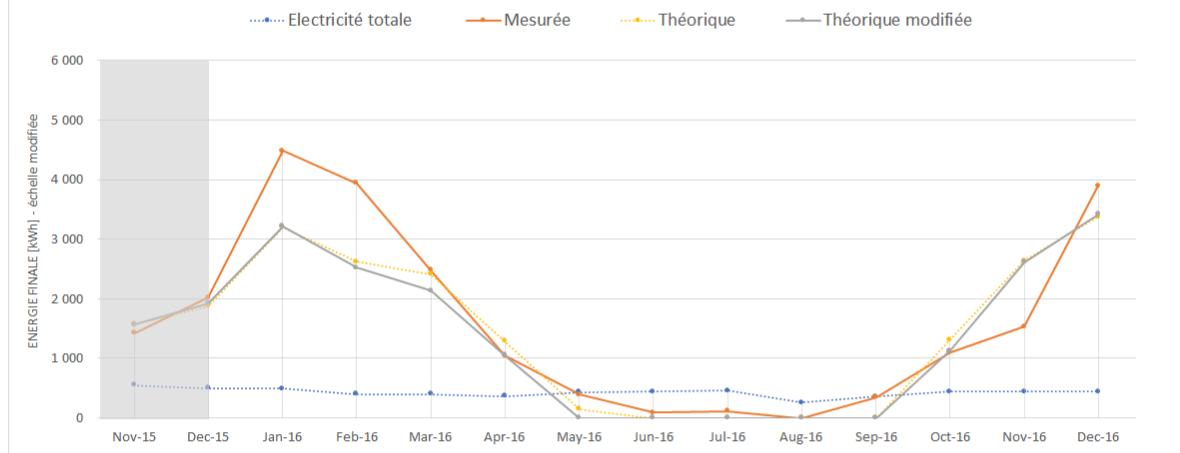
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 80.4 kWh/m²/an

Mois	CONSOMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	545	1 425	1 569	1 560	6.3	9.3
Dec-15	498	2 021	1 875	1 928	3.5	9.0
Jan-16	491	4 481	3 201	3 214	3.2	4.2
Feb-16	398	3 936	2 623	2 523	3.9	4.4
Mar-16	400	2 479	2 413	2 135	5.9	5.2
Apr-16	365	1 042	1 284	1 051	9.2	8.5
May-16	433	391	151	0	13.3	14.4
Jun-16	441	87	0	0	16.2	16.6
Jul-16	454	116	0	0	17.6	19.0
Aug-16	252	0	0	0	17.6	18.3
Sep-16	359	349	0	0	15.2	16.8
Oct-16	440	1 099	1 313	1 128	11.2	9.5
Nov-16	438	1 529	2 635	2 610	6.3	5.5
Dec-16	440	3 897	3 372	3 414	3.5	3.9
<b>Total 2016</b>	<b>4 911</b>	<b>19 405</b>	<b>16 991</b>	<b>16 075</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

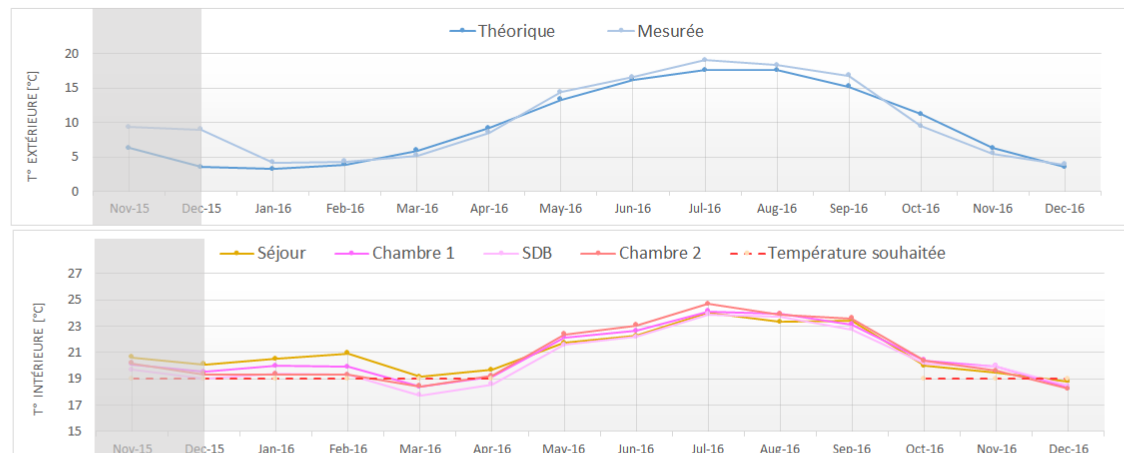


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système: ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	✗	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	✗	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	✗	D'
PAC		Electricité		✗	19,20,23,26	✓	✗	E
PAC		Electricité		✗	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- Le chauffage est produit par une chaudière à condensation à propane. La régulation se fait via un thermostat situé dans le living.
- La température de consigne est de 19°C la journée et de 16°C la nuit.
- La maison est également équipée d'un feu ouvert dans le séjour que le propriétaire utilise régulièrement en hiver pour se chauffer.
- L'eau chaude est produite par la même chaudière que celle permettant la production du chauffage. Celle-ci est couplée à un ballon de stockage.
- Le ménage est composé d'un couple et de 3 enfants, la maison est occupée régulièrement en journée.

## Analyse



Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées oscillent autour des températures extérieures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, les températures intérieures sont en moyenne plus élevées que la température souhaitée, d'autant plus dans le séjour, sauf pour le mois de mars et décembre 2016. Fin mars 2016, les propriétaires se sont absentés et la chaudière a été mise à l'arrêt, ceci pourrait expliquer la baisse de température.

La consommation effective pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire représente 80,4 kWh/m²/an et est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (41 kWh/m²/an).

Annuellement, les deux méthodes théoriques sous-évaluent la consommation. L'utilisation du poêle principalement en hiver, semble contribuer à l'augmentation de la température intérieur dans le séjour mais contribue aussi à l'augmentation des consommations.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est légèrement plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Cependant, cette consommation ne représente que 25 % de la consommation pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire

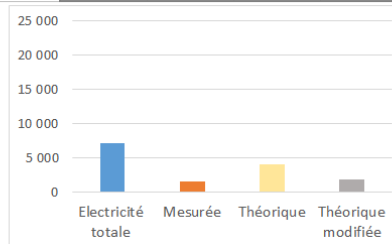
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE							SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Compacité [m]	Surface de plancher chauffée	U <sub>m</sub> [W/m².K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h.m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
9		640	453	1.4	201	0.22	Mi-lourd	0.7	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	-	 5	19	55

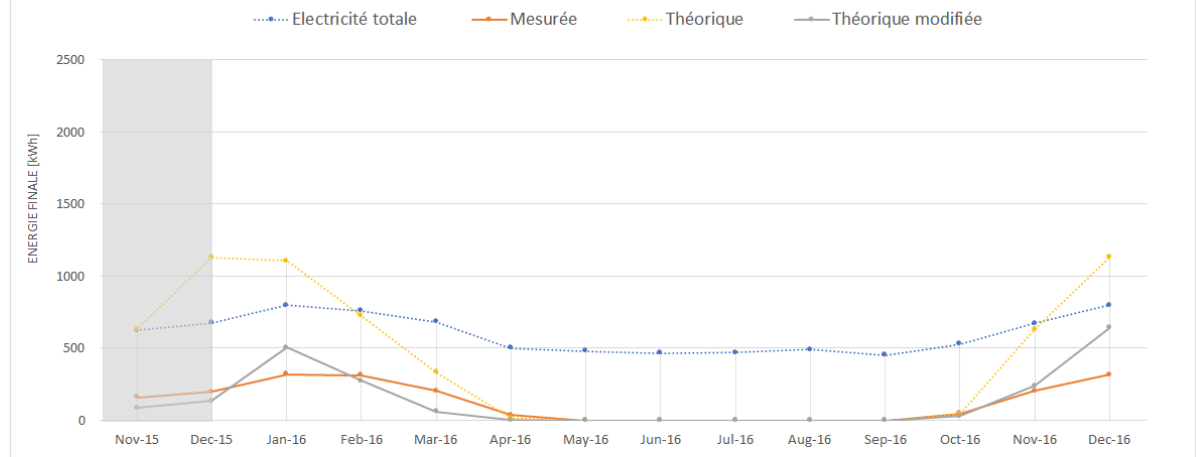
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 7.2 kWh/m²/an

Mois	CONSOMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	624	158	630	87	6.3	10.3
Dec-15	677	196	1132	135	3.5	9.7
Jan-16	800	319	1107	503	3.2	5.3
Feb-16	762	312	726	273	3.9	5.3
Mar-16	685	204	332	61	5.9	6.4
Apr-16	503	37	16	0	9.2	9.6
May-16	481	0	0	0	13.3	15.4
Jun-16	467	0	0	0	16.2	17.1
Jul-16	470	0	0	0	17.6	19.6
Aug-16	491	0	0	0	17.6	19.6
Sep-16	453	0	0	0	15.2	18.3
Oct-16	530	49	43	31	11.2	10.9
Nov-16	671	205	630	239	6.3	6.9
Dec-16	797	316	1132	643	3.5	4.6
<b>Total 2016</b>	<b>7 109</b>	<b>1 441</b>	<b>3 985</b>	<b>1 751</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

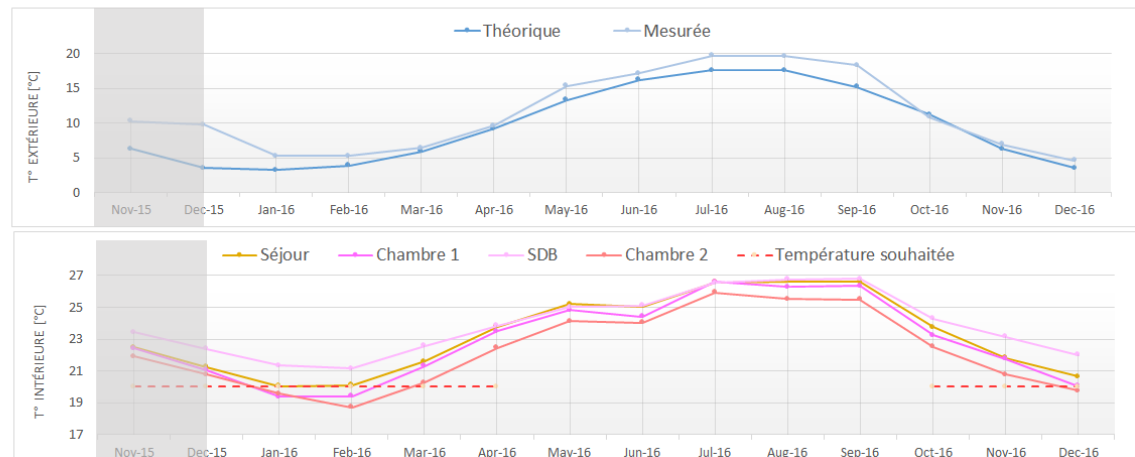


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- Cette maison a été certifiée "Maison Passive".
- Cette maison passive ne dispose pas de système de chauffage centralisé. En hiver, le propriétaire doit installer des radiateurs d'appoint électriques. Ces derniers sont mis en route à la demande, sans régulation.
- La maison est occupée par un couple de travailleurs à temps plein et deux adolescentes : la maison est inoccupée en journée.




## Analyse

Les consommations (7.2 kWh/m<sup>2</sup>/an) sont faibles et bien plus basses que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (41 kWh/m<sup>2</sup>/an). Elles sont souvent inférieures aux consommations obtenues avec les méthodes théoriques, sauf pour les mois de février, mars et octobre 2016, où elles sont alors supérieures aux valeurs obtenues avec la méthode théorique modifiée. Annuellement, la méthode modifiée approche relativement bien les consommations effectives (avec un rapport de 82% pour le total de 2016).

En hiver, les moyennes des températures extérieures mesurées s'écartent des températures extérieures utilisées dans la méthode théorique, mois pour lesquels la différence entre consommations théoriques et mesurées se resserre avec la méthode modifiée.

Le profil des températures intérieures suit une tendance identique dans les différentes pièces de la maison, mais est très variable au cours de l'année et descend en dessous des 20°C dans les chambres pour les mois de janvier et février. De manière générale, les températures extérieures mesurées sont supérieures aux valeurs théoriques.

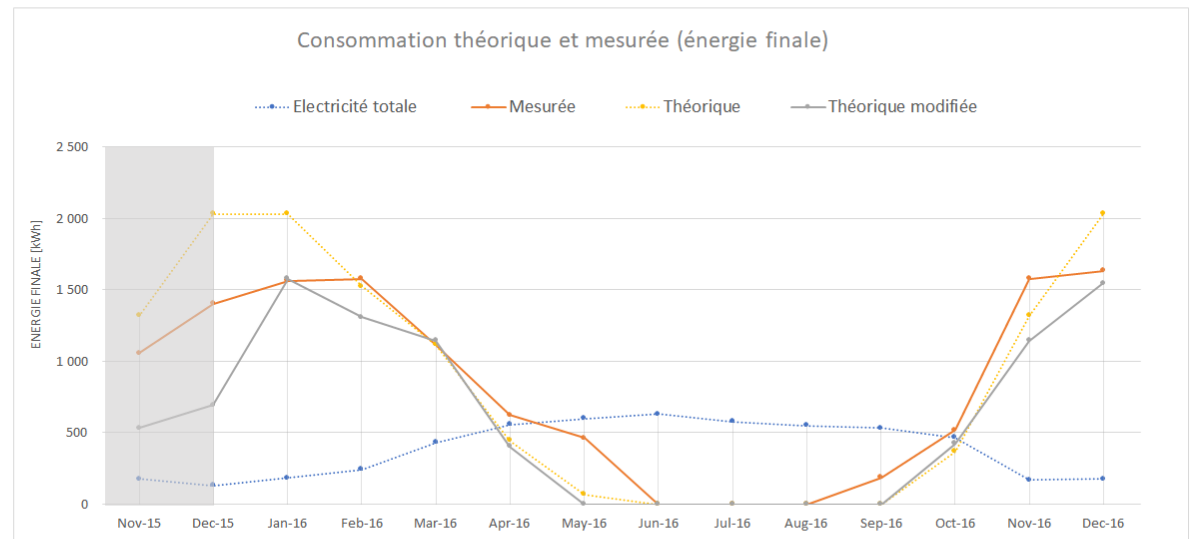
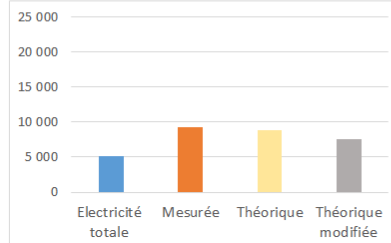
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
10		637	472	187	0,28	Léger	1,8	Pellet	Poêle	RDC: foyer R1: radiateur électrique	boiler électrique solaire thermique	 4080	 4,8	25	54

## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 49.6 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	177	1 058	1 319	535	6.3	9.3
Dec-15	132	1 403	2 032	695	3.5	9.0
Jan-16	185	1 562	2 031	1 576	3.2	3.9
Feb-16	243	1 579	1 526	1 308	3.9	3.6
Mar-16	433	1 115	1 115	1 143	5.9	4.1
Apr-16	557	622	446	403	9.2	7.9
May-16	600	464	68	0	13.3	13.8
Jun-16	631	0	0	0	16.2	16.1
Jul-16	578	0	0	0	17.6	18.5
Aug-16	552	0	0	0	17.6	18.0
Sep-16	534	188	0	0	15.2	17.6
Oct-16	467	519	369	424	11.2	9.1
Nov-16	171	1 579	1 319	1 144	6.3	5.6
Dec-16	176	1 632	2 032	1 545	3.5	4.4
<b>Total 2016</b>	<b>5 125</b>	<b>9 260</b>	<b>8 907</b>	<b>7 542</b>		



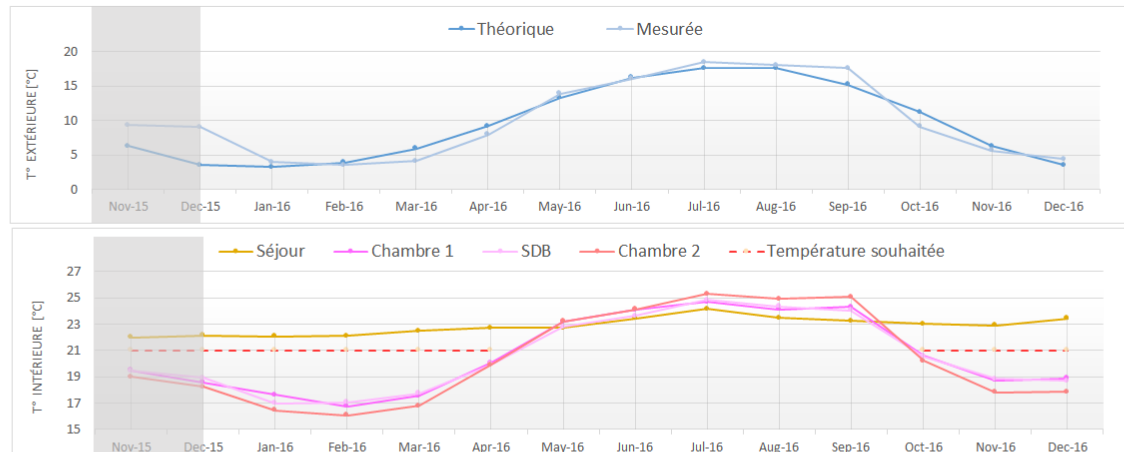
\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage		Système - ECS		Vecteur énergétique: chauffage		Vecteur énergétique: ECS		Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière				Gaz/Propane/Mazout/Pellets				✗	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière				Gaz/Propane/Mazout/Pellets				✓	7,8,14	✗	✓	B
Poêle	Boiler électrique			Bois/Pellets	Electricité			✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OUPAC			Electricité				✓	3,5,9,11	✗	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée			Electricité	Gaz			✓	2	✓	✗	D'
PAC				Electricité				✗	19,20,23,26	✓	✗	E
PAC				Electricité				✗	16,21	✓	✓	E



## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage se fait par un poêle à pellets relié à un thermostat d'ambiance.
- Les propriétaires ne modifient jamais la température de consigne (21°C), ni la nuit, ni en cas d'absence.
- Des radiateurs électriques d'appoint sont installés en hiver dans la pièce de bureau en mezzanine et dans la salle de bains.
- Le ménage est composé d'un couple et un enfant. La maison est occupée la journée 1 à 2 jours par semaine (en dehors des weekends).

## Analyse




Les graphes des températures extérieures montrent que les températures sont en moyenne plus élevées que les températures prises en compte dans la méthode théorique de novembre 2015 à janvier 2016. Ensuite, les moyennes mesurées oscillent autour des températures théoriques. Par ailleurs, la température est en moyenne de 22°C dans le séjour. Les températures moyennes dans les chambres et la salle de bain sont nettement plus faibles et semblent être influencées par les températures extérieures.

La consommation effective pour la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire représente 49,6 kWh/m²/an ce qui est plus élevé que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (41 kWh/m²/an).

La méthode théorique PEB approche assez bien les consommations effectives alors que les chambres ne sont pas chauffées (voir graphe température intérieure). La méthode théorique modifiée, tenant compte de la gestion effective du système de chauffage s'éloigne de la consommation réelle.

La consommation électrique annuelle de ce ménage 5.125 kWh/an est légèrement plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Cependant, pour ce ménage cette consommation comprend la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage électrique à l'étage. Les consommations électriques représentent 50% des consommations allouées au chauffage et à l'eau chaude sanitaire.

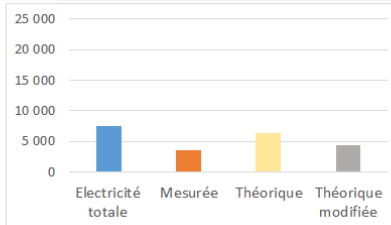
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
11		521	391	157	0,30	Peu lourd	0,7	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 3600	 5	27	44

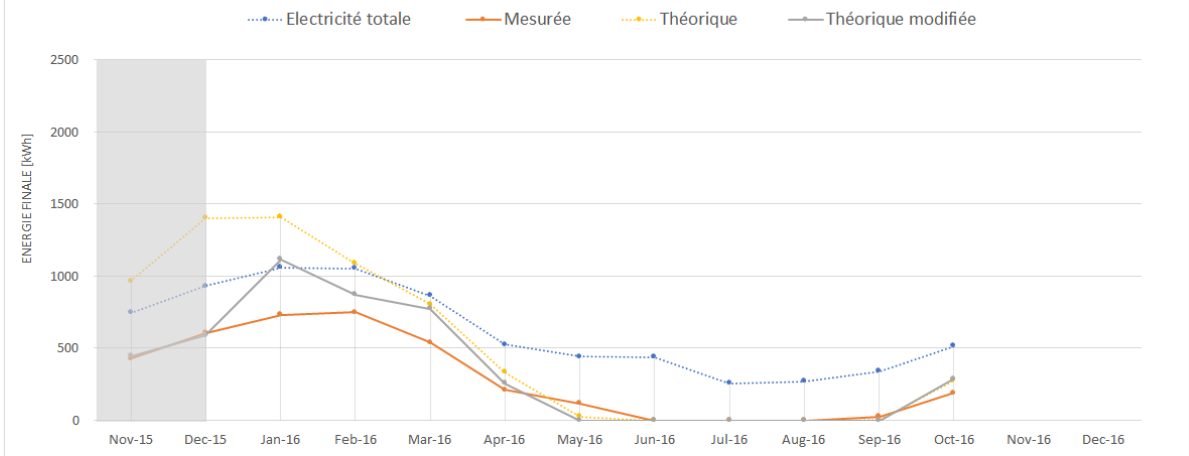
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 23.0 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	745	429	967	445	6.3	9.0
Dec-15	932	606	1404	589	3.5	8.4
Jan-16	1060	733	1409	1115	3.2	3.7
Feb-16	1054	748	1088	871	3.9	3.9
Mar-16	865	539	806	773	5.9	4.2
Apr-16	526	211	334	258	9.2	8.0
May-16	442	116	26	0	13.3	13.4
Jun-16	440	0	0	0	16.2	16.0
Jul-16	258	0	0	0	17.6	18.4
Aug-16	271	0	0	0	17.6	18.0
Sep-16	341	26	3	0	15.2	16.9
Oct-16	516	190	277	287	11.2	9.1
Nov-16						
Dec-16						
<b>Total oct-15/16</b>	<b>7 451</b>	<b>3 597</b>	<b>6 313</b>	<b>4 338</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

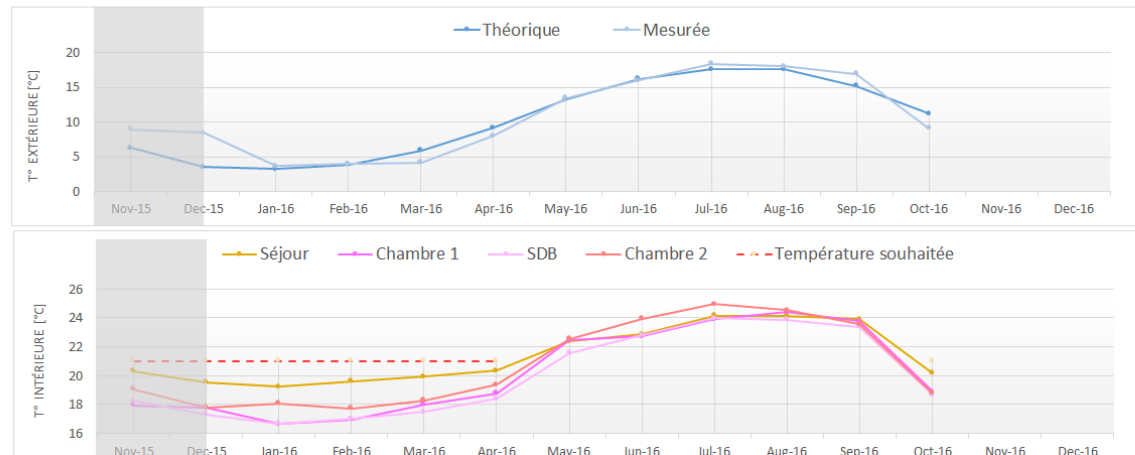


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage		Système - ECS		Vecteur énergétique: chauffage		Vecteur énergétique: ECS		Panneaux solaires thermiques		Maisons		Données pour le chauffage uniquement		Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire		Méthode de calcul	
Chaudière	Chaudière	Boiler électrique	Boiler électrique OU PAC	Gaz/Propane/Mazout/Pellets	Electricité	Electricité	Gaz	✓	✓	6,12,13,17,18	✓	7,8,14	✓	10,15, 25	✓	3,5,9,11	A
	Chaudière																
Poêle	Boiler électrique	Boiler électrique OU PAC	Electricité	Gaz/Propane/Mazout/Pellets	Electricité	Electricité	Gaz	✓	✓	7,8,14	✓	10,15, 25	✓	3,5,9,11	✓	2	B
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique	Boiler électrique OU PAC	Electricité	Gaz/Propane/Mazout/Pellets	Electricité	Electricité	Gaz	✓	✓	10,15, 25	✓	3,5,9,11	✓	3,5,9,11	✓	2	C
Radiateur	Boiler électrique	Boiler électrique OU PAC	Electricité	Gaz/Propane/Mazout/Pellets	Electricité	Electricité	Gaz	✓	✓	7,8,14	✓	10,15, 25	✓	3,5,9,11	✓	2	D
PAC	Boiler électrique	Boiler électrique OU PAC	Electricité	Gaz/Propane/Mazout/Pellets	Electricité	Electricité	Gaz	✓	✓	10,15, 25	✓	3,5,9,11	✓	3,5,9,11	✓	2	E
PAC	Boiler électrique	Boiler électrique OU PAC	Electricité	Gaz/Propane/Mazout/Pellets	Electricité	Electricité	Gaz	✓	✓	10,15, 25	✓	3,5,9,11	✓	3,5,9,11	✓	2	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur



- La maison n'est pas équipée d'installation de chauffage centralisée mais dispose de radiateurs électriques dans chaque pièce. Les radiateurs du rez-de-chaussée sont régulés via un thermostat d'ambiance équipé d'une programmation horaire : les propriétaires diminuent la température de consigne la nuit et en cas d'absence.
- La maison est occupée par deux adultes travaillant à temps plein et deux adolescents (absence en journée).

## Analyse

L'ensemble des pièces montrent une température moyenne mesurée en-dessous de la température souhaitée, avec la température du séjour qui est plus élevée que dans les autres pièces. Les températures extérieures sont proches des températures théoriques excepté pour le mois de novembre et décembre 2015.

La consommation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (23 kWh/m²/an) est plus basse que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (41 kWh/m²/an). La régulation jour/nuit combinée à la faible température de consigne dans les autres pièces que le séjour permettent de diminuer les consommations effectives. Celles-ci sont assez bien approchées par la méthode théorique modifiée avec un rapport de 82% entre les deux.

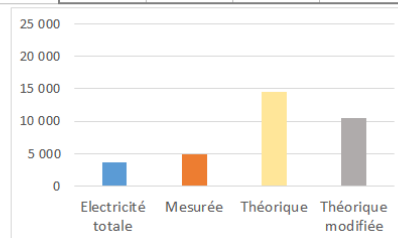
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
12		428	380	150	0,44	Peu lourd	2,9	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière, pas de ballon	 3360	-	42	53

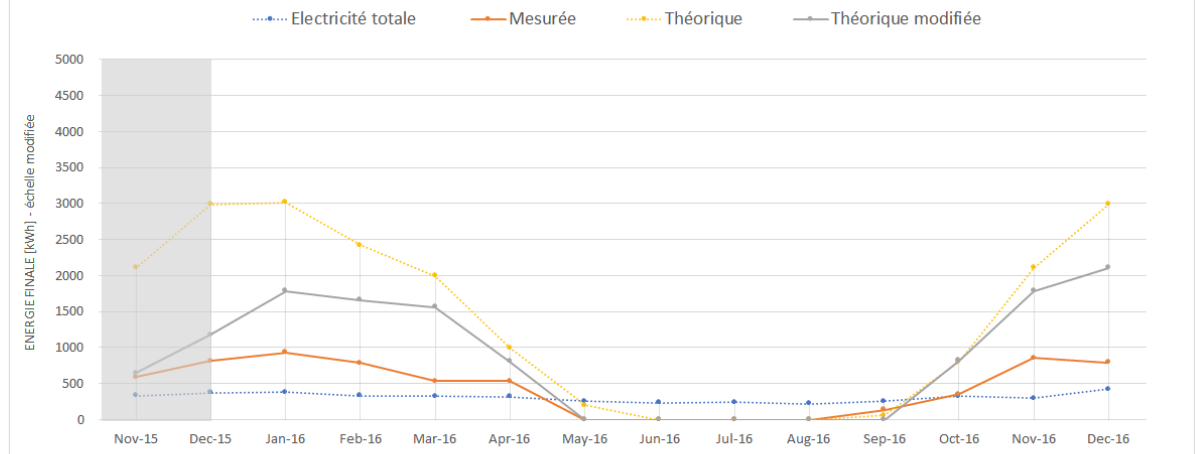
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 32.9 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	335	592	2107	645	6.3	10.6
Dec-15	373	812	2985	1176	3.5	8.8
Jan-16	382	930	3015	1788	3.2	6.1
Feb-16	333	786	2419	1659	3.9	5.3
Mar-16	325	535	1995	1563	5.9	5.7
Apr-16	319	538	995	806	9.2	8.1
May-16	252	0	202	0	13.3	13.8
Jun-16	233	0	0	0	16.2	16.1
Jul-16	241	0	0	0	17.6	18.5
Aug-16	222	0	0	0	17.6	18.6
Sep-16	258	138	59	0	15.2	18.2
Oct-16	323	352	801	819	11.2	9.1
Nov-16	298	853	2107	1787	6.3	5.6
Dec-16	420	790	2985	2106	3.5	5.0
<b>Total 2016</b>	<b>3 606</b>	<b>4 922</b>	<b>14 577</b>	<b>10 528</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

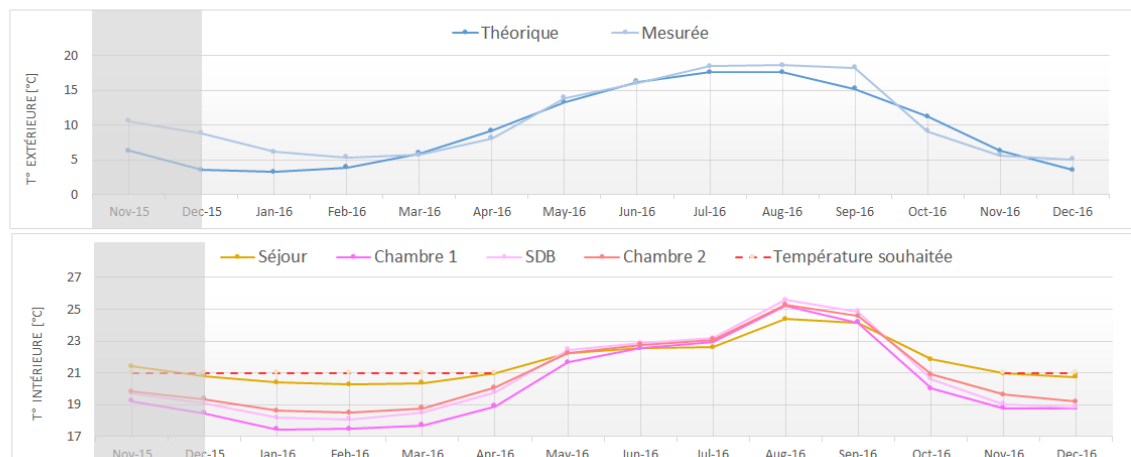


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur


- La production de chauffage est assurée par une chaudière à condensation au propane. L'émission se fait via des radiateurs équipés de vannes thermostatiques.
- Le propriétaire déclare ne chauffer les chambres de l'étage que par grand froid (autrement les vannes thermostatiques des différents radiateurs sont en position minimale). Le séjour quant à lui est chauffé tout l'hiver. La régulation se fait via un thermostat d'ambiance. La température de consigne diffère en journée et la nuit. Aucune modification de la régulation n'est faite en cas d'absence. Il chauffe la salle de bains uniquement le matin pendant son utilisation.
- La maison est occupée en continu par deux personnes (la journée également).

## Analyse

Les graphes de températures montrent que l'hiver a été plus doux que l'hiver pris en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, seul le séjour est proche de la température souhaitée. Les températures observées dans les autres pièces montrent que ces locaux sont peu chauffés.

La consommation effective pour la production de chauffage - 32,9 kWh/m²/an - est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m²/an). Cependant, en absolu, cette consommation est basse et ne représente que 33% de la consommation théorique. Le comportement économe des propriétaires (chambres peu chauffées et régulation jour/nuit) montre son efficacité. La méthode modifiée se rapproche des consommations effectives (46%) mais reste largement supérieure. La consommation électrique de ce ménage est plus basse que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an) et représente 73% de la consommation dédiée au chauffage.

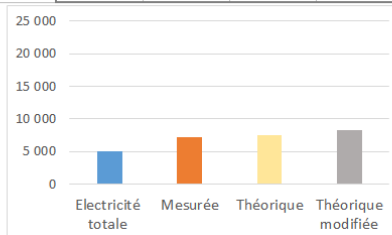
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
13		567	350	198	0,38	Peu lourd	1,6	Mazout	Chaudière	RDC : par le sol R1: radiateur	même chaudière + ballon	-	-	32	57

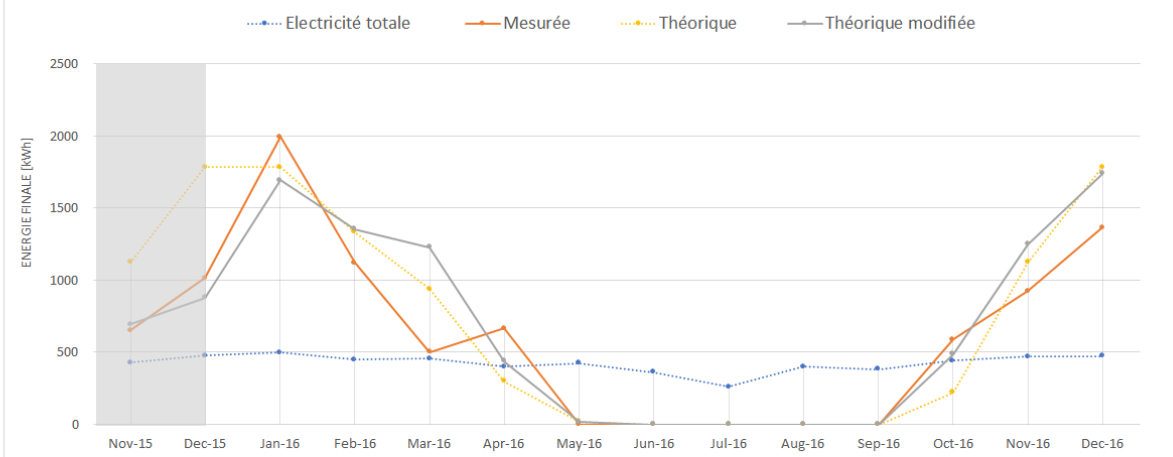
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 36.1 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	429	653	1124	693	6.3	8.9
Dec-15	478	1015	1782	879	3.5	8.7
Jan-16	496	1993	1782	1693	3.2	3.7
Feb-16	449	1119	1332	1354	3.9	3.8
Mar-16	455	500	939	1228	5.9	4.2
Apr-16	401	665	298	440	9.2	8.0
May-16	425	0	19	17	13.3	13.4
Jun-16	363	0	0	0	16.2	16.0
Jul-16	260	0	0	0	17.6	18.4
Aug-16	399	0	0	0	17.6	18.0
Sep-16	382	0	0	0	15.2	16.9
Oct-16	443	589	222	488	11.2	9.1
Nov-16	469	926	1124	1250	6.3	5.6
Dec-16	475	1365	1782	1740	3.5	3.7
<b>Total 2016</b>	<b>5 016</b>	<b>7 158</b>	<b>7 500</b>	<b>8 210</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

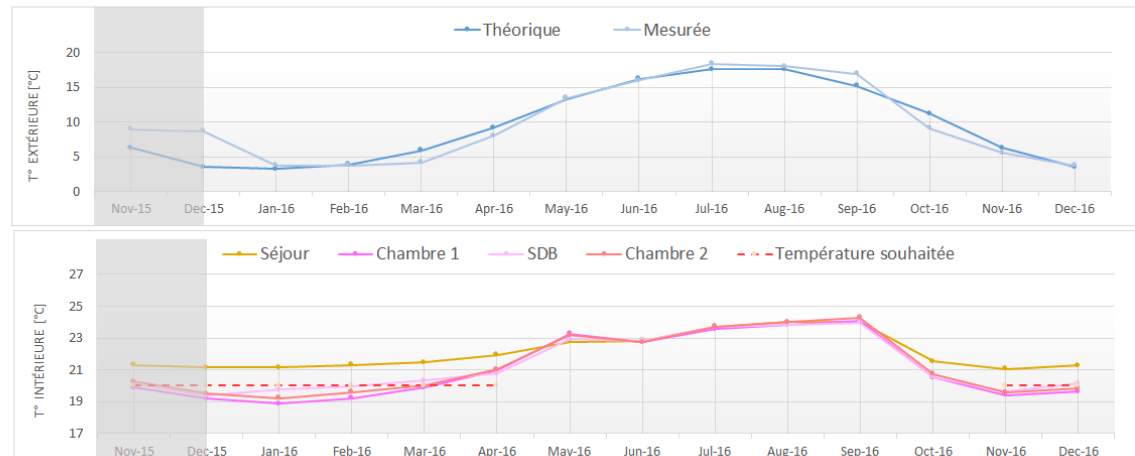


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage est assurée par une chaudière à condensation au mazout.
- L'émission se fait via un chauffage par le sol au rez-de-chaussée et via des radiateurs équipés de vannes thermostatiques à l'étage.
- La régulation se fait via 2 thermostats d'ambiance, un situé au rez-de-chaussée et un situé à l'étage. Aucune modification de la température de consigne (20°C) n'est faite en cas d'absence ou la nuit.
- La maison est occupée par un couple et deux enfants. La propriétaire travaille à temps partiel (4/5).

## Analyse

Les graphes de températures montrent que les températures extérieures mesurées sont légèrement plus froides que les températures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, l'ensemble des pièces sont chauffées pour atteindre la température souhaitée, avec une température légèrement plus élevée dans le séjour.

La consommation effective pour la production de chauffage - 36,1 kWh/m²/an - est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m²/an). Cette consommation est assez bien approchée par la méthode théorique, avec un rapport de 95% entre les deux consommations annuelles. La méthode modifiée s'éloigne un peu plus des consommations effectives puisqu'elle prend en compte les températures extérieures plus faibles que celles de la méthode théorique de base. Mensuellement, les méthodes théoriques approchent assez bien la consommation effective, exception faite pour le mois de mars 2016.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est légèrement plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an).

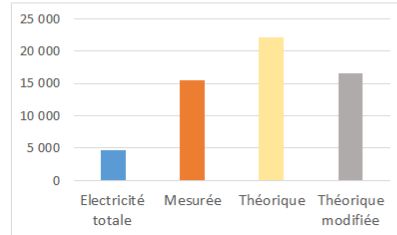
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h·m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
14		569	465	196	0,50	Peu lourd	4,1	Pellet	Chaudière	RDC : par le sol R1: -	même chaudière + ballon solaire thermique	 2880	 4	46	59

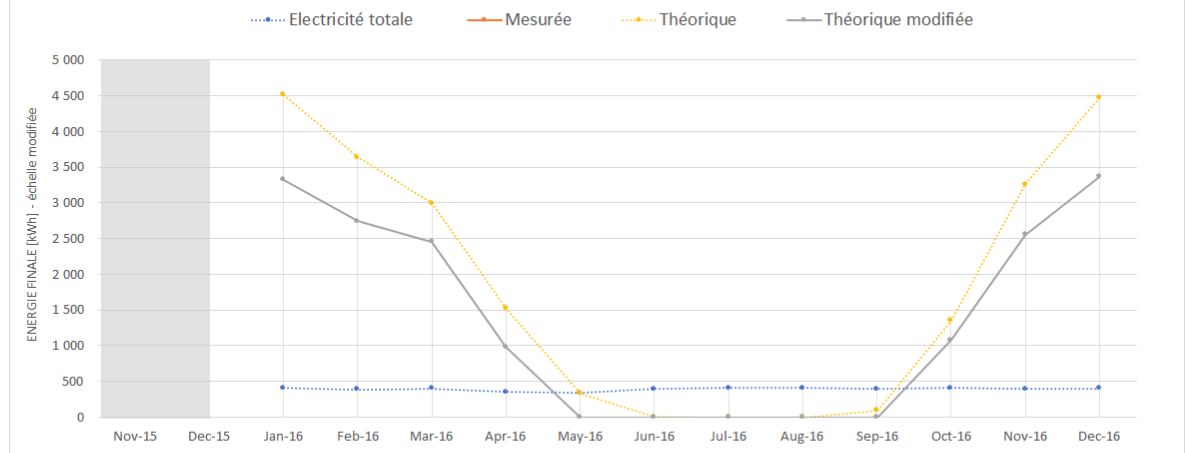
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 79.0 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15						
Jan-16	410		4 512	3 320	3.2	4.2
Feb-16	388		3 636	2 741	3.9	4.3
Mar-16	404		2 991	2 456	5.9	5.0
Apr-16	354		1 530	984	9.2	8.6
May-16	338		331	0	13.3	14.4
Jun-16	396		4	0	16.2	16.6
Jul-16	409		0	0	17.6	19.0
Aug-16	409		0	0	17.6	18.7
Sep-16	396		98	0	15.2	17.7
Oct-16	409		1 355	1 082	11.2	9.6
Nov-16	395		3 259	2 556	6.3	5.9
Dec-16	399		4 470	3 366	3.5	4.2
<b>Total 2016</b>	<b>4 705</b>	<b>15 507</b>	<b>22 186</b>	<b>16 506</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)



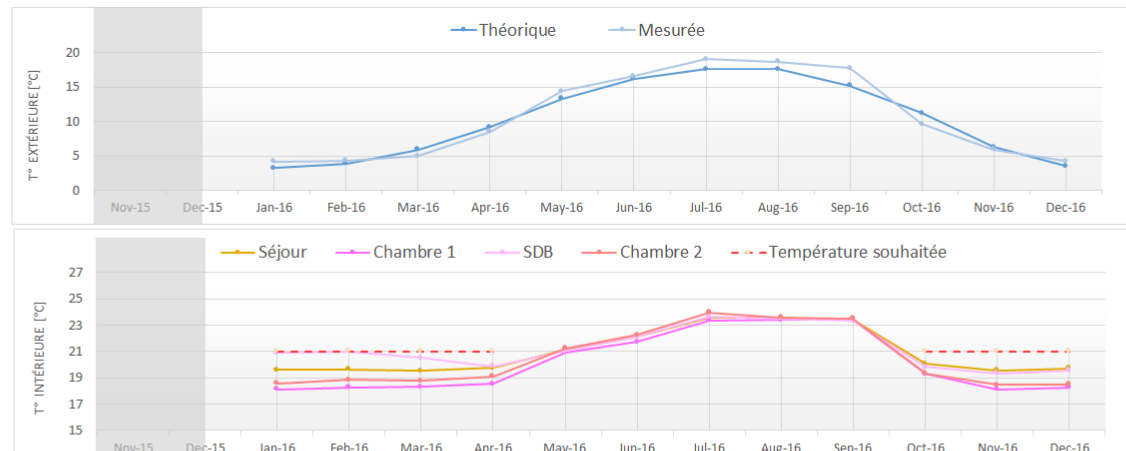
\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'



## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage et de l'eau chaude sanitaire est assurée par une chaudière à pellets.
- L'émission se fait par un chauffage par le sol au rez-de-chaussée et à l'étage, uniquement dans la salle de bains.
- La température de consigne est identique jour, nuit et en cas d'absence.
- Des attentes pour des radiateurs dans les chambres de l'étage ont été prévues mais n'ont jamais été finalisées.
- La maison est également équipée d'un poêle à bois situé dans le salon.
- Le propriétaire dit consommer en moyenne 2,5 tonnes de pellets par an.
- La propriétaire est régulièrement à domicile en semaine. Le couple a 2 enfants.

## Analyse

Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées oscillent autour des températures extérieures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, la température est en moyenne de 20°C dans le séjour, 19°C dans les chambres et 21°C dans la salle de bain. Vu les températures observées dans les chambres dépourvues de système de chauffage, nous constatons qu'elles sont chauffées de manière indirecte par le chauffage par le sol présent dans les autres pièces de la maison.




Le type de chaudière n'a pas permis le relevé de la consommation des pellets de manière régulière. Nous ne disposons donc pas du détail de la consommation mensuelle.

Annuellement, la consommation effective pour la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire représente 79 kWh/m²/an ce qui est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (41 kWh/m²/an).

La méthode théorique modifiée se rapproche mieux des consommations effectives. En effet, l'étage est dépourvu de système de chauffage direct, il n'est donc pas étonnant de voir que la consommation théorique soit éloignée de la consommation effective. En effet, la méthode PEB ne permet pas d'encoder ce type de configuration.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est légèrement plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Cependant, pour ce ménage cette consommation ne représente que 30 % de la consommation pour la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire.

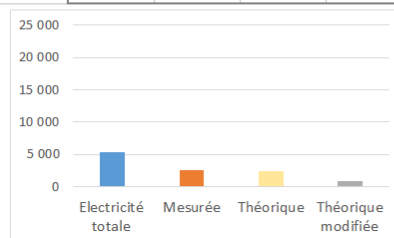
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
15		837	527	217	0,19	Mi lourd	0,5	Pellet	Poêle	RDC: Foyer R1: -	boiler électrique solaire thermique	 2880	 13	16	42

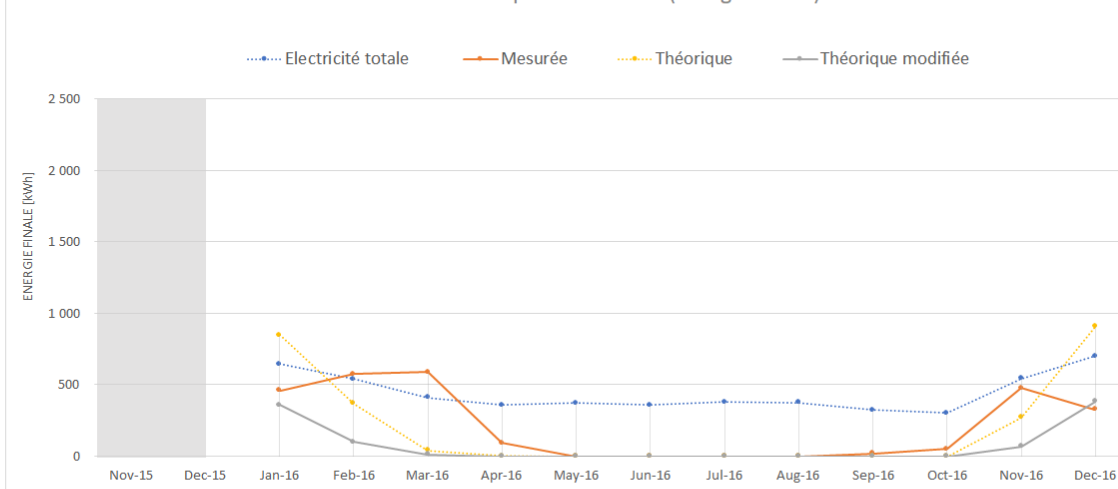
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 12.0 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15						
Jan-16	645	460	847	357	3.2	3.7
Feb-16	539	574	367	99	3.9	3.8
Mar-16	410	590	42	13	5.9	4.2
Apr-16	358	94	0	0	9.2	8.0
May-16	371	0	0	0	13.3	13.4
Jun-16	357	0	0	0	16.2	16.0
Jul-16	378	0	0	0	17.6	18.4
Aug-16	374	0	0	0	17.6	18.0
Sep-16	325	21	0	0	15.2	16.9
Oct-16	304	50	0	0	11.2	9.1
Nov-16	545	478	271	68	6.3	5.6
Dec-16	702	327	908	383	3.5	4.2
<b>Total 2016</b>	<b>5 307</b>	<b>2 593</b>	<b>2 436</b>	<b>920</b>		



Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

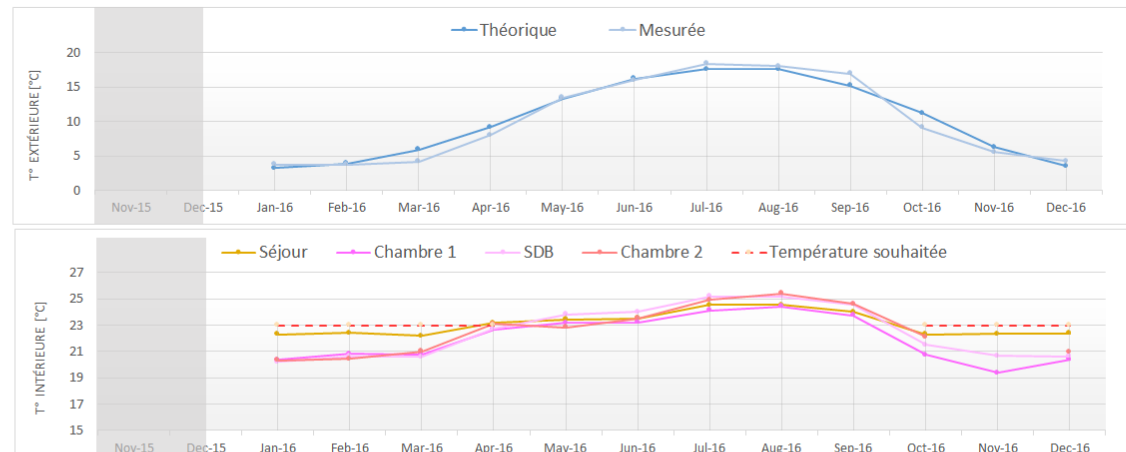


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système: ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	×	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- Cette maison a été certifiée "Maison Passive".
- La maison ne dispose pas d'installation de chauffage central. Un poêle à pellets étanche est situé dans le séjour. Il fonctionne de manière automatique via un thermostat d'ambiance situé également dans le séjour. Le propriétaire effectue également une régulation horaire (modification de la température de consigne la nuit).
- Les salles de bains sont par ailleurs équipées de radiateurs électriques d'appoint que le propriétaire dit n'utiliser que par grands froids.
- La maison est habitée par un couple de travailleurs à temps plein et 4 enfants dont deux sont en garde alternée. La maison est généralement inhabitée en journée.

## Analyse

Les graphes des températures extérieures montrent que pour la période de chauffe, les températures extérieures sont généralement plus faibles que les températures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, la température est en moyenne de 22°C dans le séjour. Les températures moyennes dans les chambres et la salle de bain sont plus faibles.



La consommation effective pour la production de chauffage est de 12 kWh/m<sup>2</sup>/an et représente moins de la moitié de la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an).

Annuellement, la méthode théorique PEB approche assez bien les consommations effectives alors que seul le séjour est équipé d'un système de chauffage direct et que la méthode PEB ne permet pas d'encoder ce type de configuration. Cependant mensuellement, les consommations mesurées sont supérieures aux consommations théoriques, excepté pour les mois de janvier et décembre 2016.

La méthode théorique modifiée (qui adaptent les hypothèses standardisées aux habitudes des occupants) s'éloigne des consommations mesurées pour ne représenter que 35% de celles-ci.

La consommation électrique annuelle de ce ménage 5.300 kWh/an est légèrement plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Cependant, pour ce ménage cette consommation comprend la production d'eau chaude sanitaire. Les consommations pour le chauffage sont devenues tellement basses que la consommation électrique devient le poste de consommation dominant.

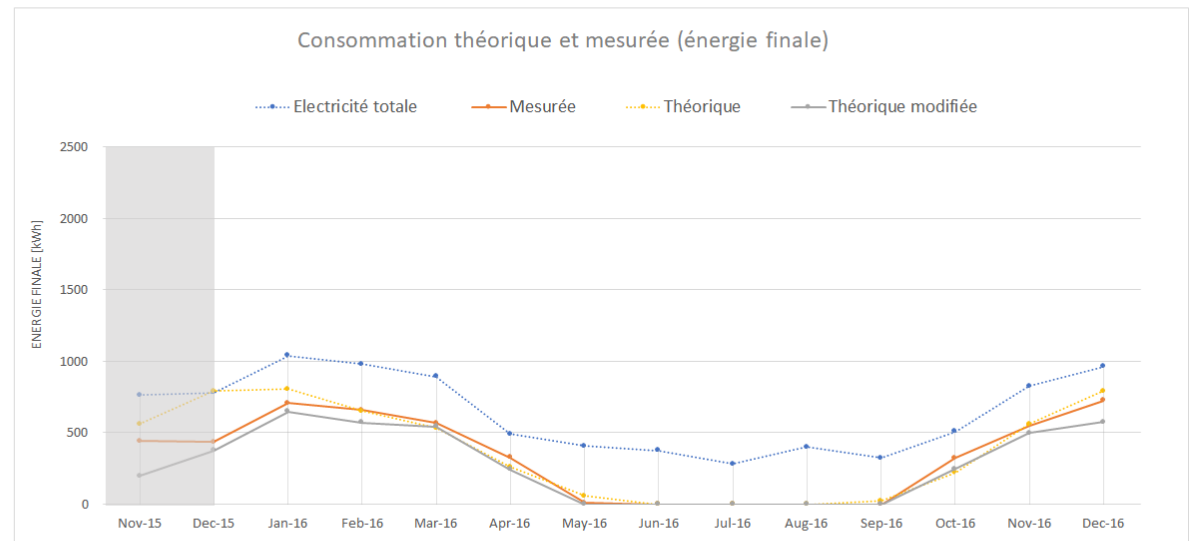
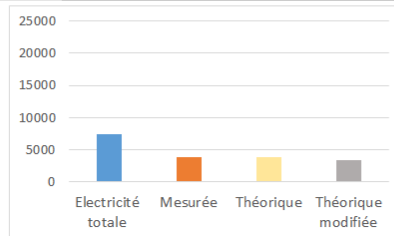
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
16		569	460	194	0,46	Léger	2,2	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: -	PAC sol/eau indépendante + ballon	 7020	-	42	25

## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 19.9 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	764	443	561	196	6.3	10.4
Dec-15	780	435	793	376	3.5	8.0
Jan-16	1039	707	804	649	3.2	3.8
Feb-16	980	659	651	571	3.9	3.6
Mar-16	894	566	533	544	5.9	4.1
Apr-16	492	327	262	242	9.2	7.9
May-16	408	10	57	0	13.3	13.8
Jun-16	376	0	0	0	16.2	16.1
Jul-16	283	0	0	0	17.6	18.5
Aug-16	399	0	0	0	17.6	18.0
Sep-16	323	0	22	0	15.2	17.6
Oct-16	507	322	220	246	11.2	9.1
Nov-16	827	549	561	497	6.3	5.6
Dec-16	962	727	793	575	3.5	5.0
<b>Total 2015/2016</b>	<b>7490</b>	<b>3867</b>	<b>3904</b>	<b>3326</b>		

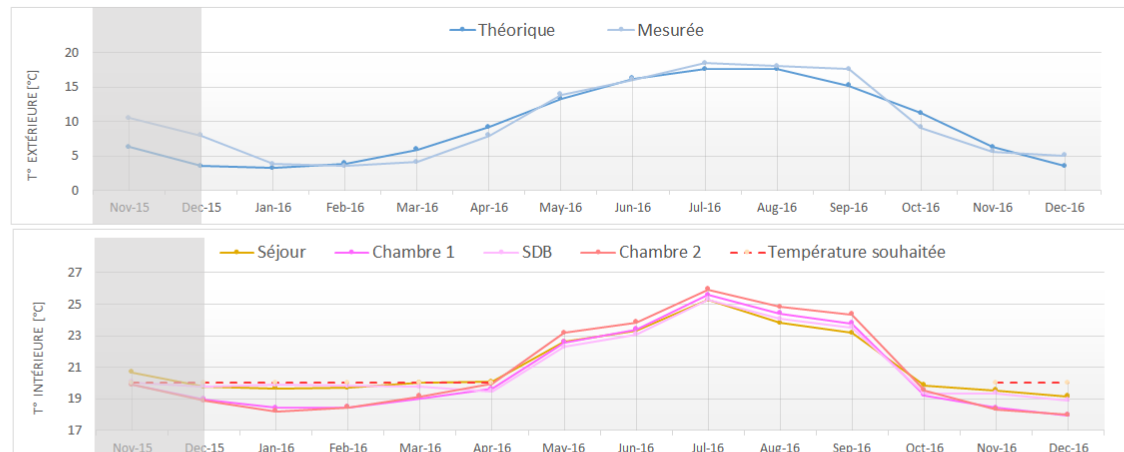


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage se fait par une pompe à chaleur sol/eau (conduites enterrées dans le sol du jardin).
- L'émission se fait par le sol au rez-de-chaussée ainsi que dans le hall de nuit et les salles de bains à l'étage.
- La régulation se fait via un thermostat d'ambiance dans le séjour : la température de consigne est de 21°C la nuit et de 20°C le jour.
- Un poêle à bois est également installé dans le séjour : le propriétaire dit s'en servir essentiellement en mi-saison. De plus, des radiateurs électriques d'appoint, sèche-serviettes avec soufflerie ont été installés a posteriori de leur emménagement dans les salles de bains.
- La maison est habitée par un couple et deux enfants. La propriétaire est présente à domicile un jour et demi par semaine.


## Analyse

Les graphes de températures extérieures montrent qu'en hiver les températures mesurées oscillent légèrement autour des températures prises en compte dans la méthode théorique. Avec une différence plus marquée pour les mois de novembre et décembre 2015. Par ailleurs, la température souhaitée est atteinte dans le séjour et la salle de bain. Les températures observées dans les chambres sont plus faibles et nous laisse interpréter que c'est le chauffage par le sol installé dans le hall de nuit qui chauffe indirectement les chambres.

La consommation effective pour la production de chauffage - 19,9 kWh/m<sup>2</sup>/an - est légèrement plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an). Annuellement, cette consommation est assez basse. De plus, elle est assez bien approchée par les deux méthodes théoriques. Néanmoins, la méthode théorique modifiée sous-estime la consommation effective. Mensuellement, les deux méthodes théoriques suivent une tendance assez similaire à la consommation effective.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Cependant ce ménage utilise l'électricité comme vecteur énergétique pour la production de chauffage.

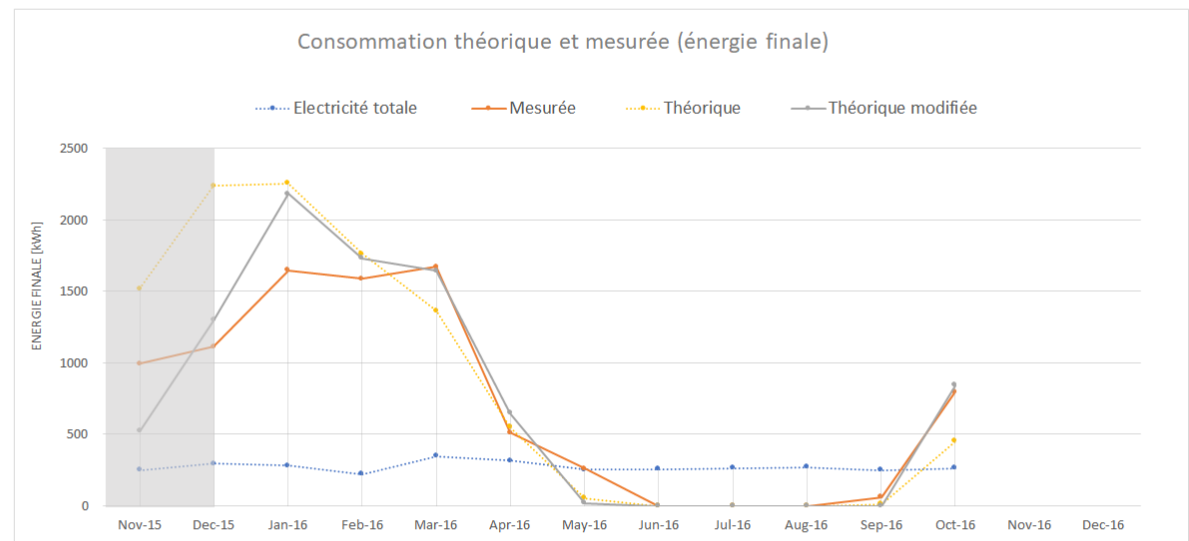
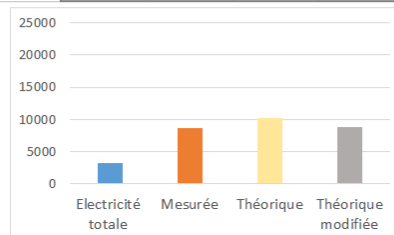
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
17		491	395	161	0,40	Peu lourd	2,3	Propane	Chaudière	radiateur	même chaudière + ballon	-	-	37	68

## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 53.8 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	250	993	1519	524	6.3	10.6
Dec-15	296	1111	2239	1298	3.5	7.2
Jan-16	280	1646	2255	2182	3.2	2.6
Feb-16	223	1589	1764	1733	3.9	3.1
Mar-16	348	1671	1363	1645	5.9	3.5
Apr-16	317	513	550	649	9.2	7.6
May-16	255	261	55	18	13.3	13.4
Jun-16	256	0	0	0	16.2	16.0
Jul-16	263	0	0	0	17.6	17.5
Aug-16	269	0	0	0	17.6	17.2
Sep-16	249	61	12	0	15.2	15.5
Oct-16	266	800	453	844	11.2	8.0
Nov-16						
Dec-16						
<b>Total 2015/2016</b>	<b>3271</b>	<b>8645</b>	<b>10209</b>	<b>8893</b>		

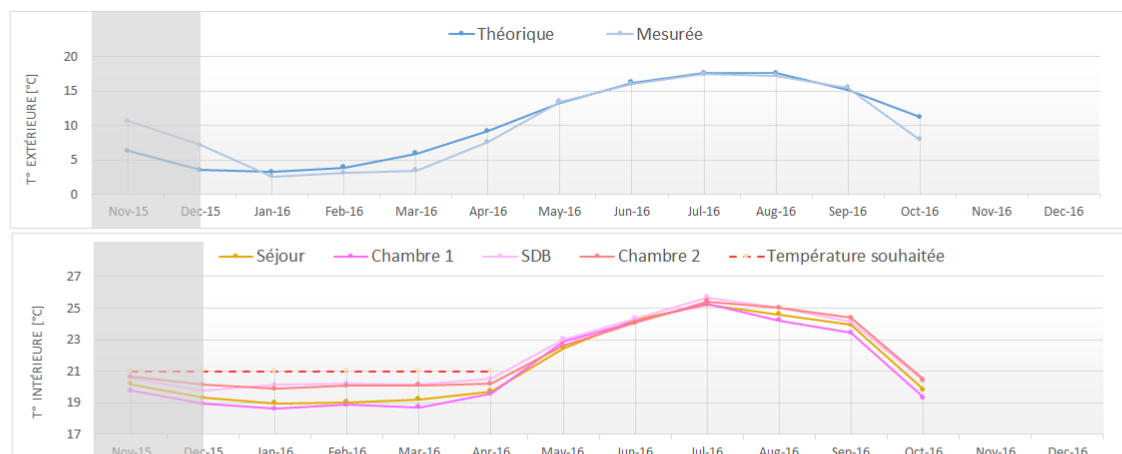


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage est assurée par une chaudière à condensation.
- L'émission se fait via des radiateurs dans les différentes pièces, équipés de vannes thermostatiques.
- La régulation se fait via un thermostat d'ambiance programmable situé dans le séjour. Une programmation est faite pour diminuer la température de consigne la nuit et en cas d'absence en journée.
- Les propriétaires travaillent à temps plein mais la propriétaire est présente à domicile le mercredi après-midi.

## Analyse

Les graphes de températures montrent qu'en 2016 les températures extérieures mesurées sont légèrement plus froide que les températures prises en compte dans la méthode théorique et inversement en 2015. Par ailleurs, la température atteinte dans le séjour (+/- 19°C) est plus faible que la température de la chambre 2 et de la salle de bain (+/- 20°C). L'ensemble des températures intérieures est inférieure à la température souhaitée (+/- 21°C).

La consommation effective pour la production de chauffage - 53,8 kWh/m²/an - est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m²/an). Cette consommation est assez bien approchée par les deux méthodes théoriques. Mensuellement, la méthode théorique modifiée suit une tendance assez similaire à la consommation effective, exception faite pour le mois de novembre 2015.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est légèrement plus faible que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an).

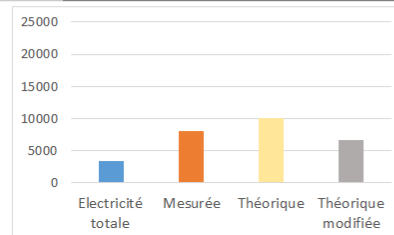
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
18		700	510	234	0,34	Peu lourde	1,0	Gaz	Chaudière	RDC : par le sol R1: radiateur	même chaudière + ballon	 5280	-	31	36

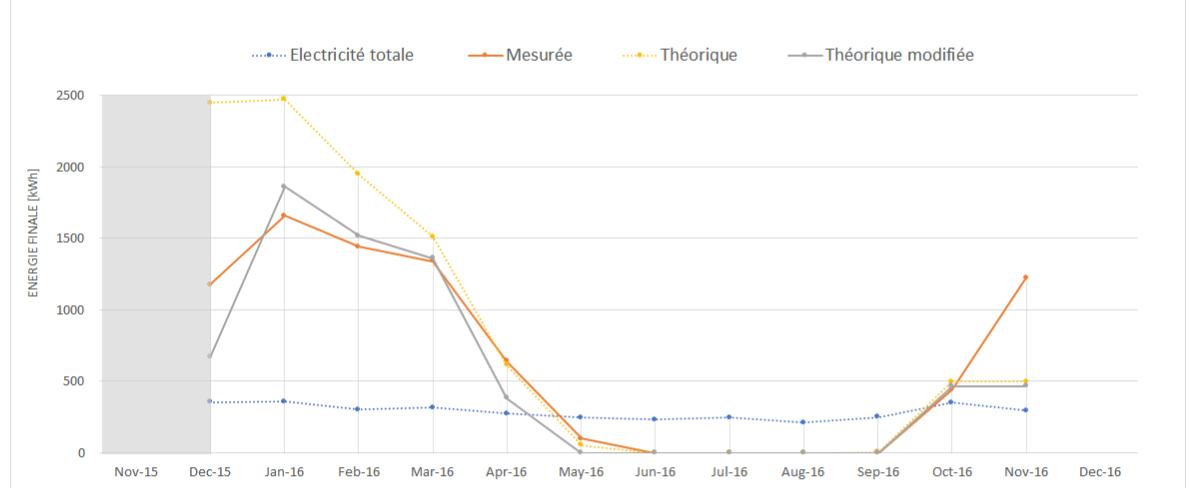
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 34.3 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15	353	1177	2446	668	3.5	9.9
Jan-16	357	1659	2472	1862	3.2	4.2
Feb-16	301	1440	1949	1519	3.9	4.3
Mar-16	317	1340	1512	1362	5.9	4.9
Apr-16	274	641	613	383	9.2	8.9
May-16	248	101	55	0	13.3	14.6
Jun-16	232	0	0	0	16.2	17.0
Jul-16	247	0	0	0	17.6	19.7
Aug-16	211	0	0	0	17.6	18.8
Sep-16	249	0	6	0	15.2	17.9
Oct-16	352	441	497	468	11.2	9.6
Nov-16	294	1224	497	468	6.3	5.9
Dec-16						
<b>Total 2015/2016</b>	<b>3436</b>	<b>8023</b>	<b>10047</b>	<b>6730</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)



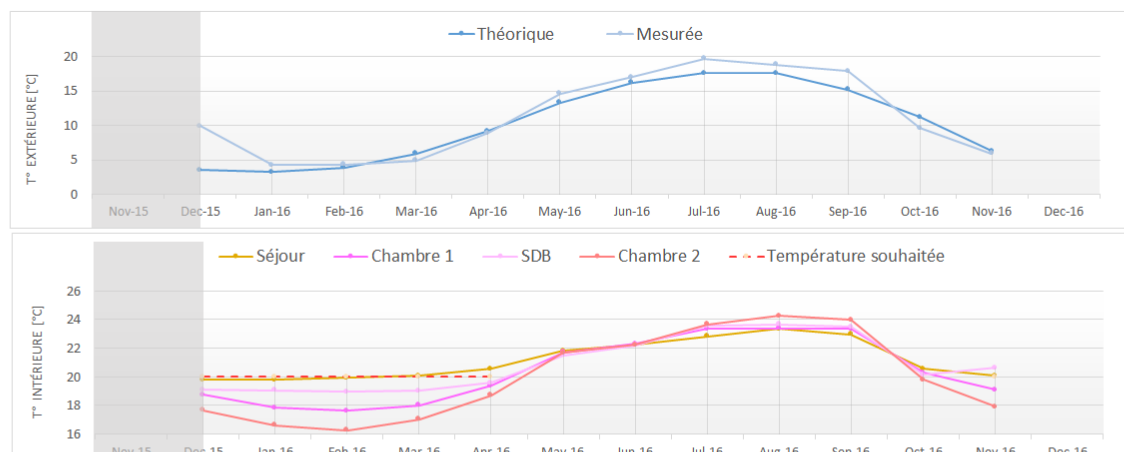
\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'



## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage est assurée par une chaudière à condensation au gaz naturel.
- L'émission de chaleur se fait via un chauffage par le sol au rez-de-chaussée et via des radiateurs munis de vannes thermostatiques à l'étage.
- Les propriétaires disent ne faire aucune régulation de leur installation la nuit ou en cas d'absence en journée. Par ailleurs, ils disent également ne chauffer pratiquement pas à l'étage.
- La maison est pratiquement toujours occupée en journée durant la semaine comme le week-end. Le ménage est composé de deux adultes et de 3 enfants.


## Analyse

Les graphes de températures extérieures montrent qu'en hiver les températures mesurées oscillent légèrement autour des températures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, la température dans le séjour est supérieure (+/-20°C) à la température observée dans les autres pièces. Les températures observées dans les chambres confirme que l'étage n'est pratiquement pas chauffé.

La consommation effective pour la production de chauffage - 34,3 kWh/m²/an - est plus élevée que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m²/an). Cette consommation est assez bien approchée par les deux méthodes théoriques. Cependant, annuellement la méthode théorique modifiée sous-estime la consommation effective. Mensuellement, la méthode théorique modifiée suit une tendance assez similaire à la consommation effective, exception faite pour le mois de décembre 2015 et novembre 2016.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est légèrement plus faible que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an).

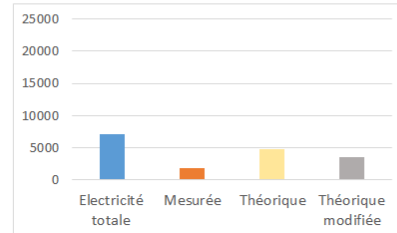
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
19		613	463	203	0,38	Léger	3,8	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	même PAC + ballon	-	-	34	62

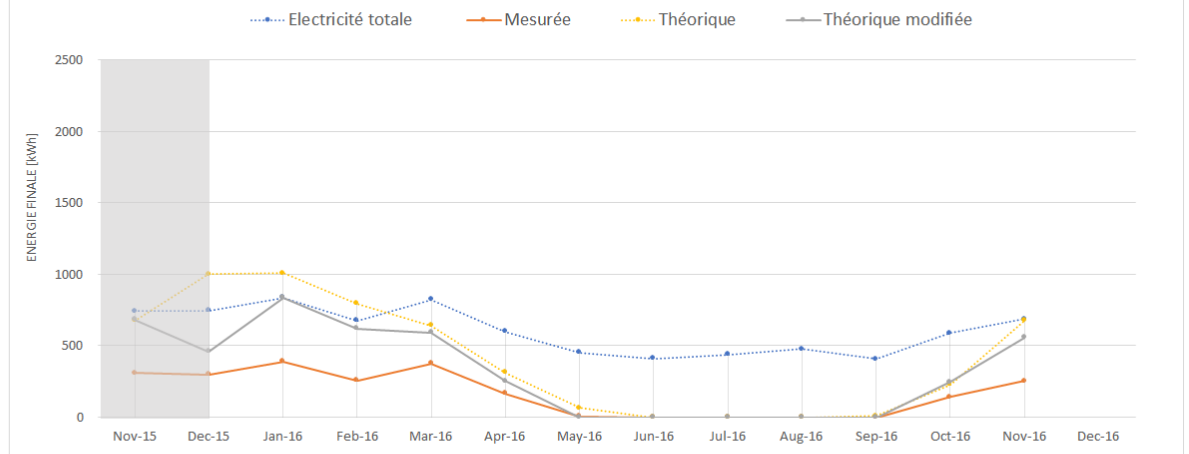
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 9.3 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	743	309	676	685	6.3	3.2
Dec-15	745	297	1001	458	3.5	6.5
Jan-16	838	390	1009	837	3.2	2.1
Feb-16	677	258	795	619	3.9	3.1
Mar-16	824	376	642	593	5.9	3.5
Apr-16	600	167	312	252	9.2	7.1
May-16	452	4	66	0	13.3	12.8
Jun-16	412	0	0	0	16.2	15.6
Jul-16	438	0	0	0	17.6	17.5
Aug-16	479	0	0	0	17.6	17.2
Sep-16	407	0	10	0	15.2	15.5
Oct-16	589	141	231	246	11.2	8.0
Nov-16	686	252	676	557	6.3	4.7
Dec-16					3.5	1.7
<b>Total 2015/2016</b>	<b>7145</b>	<b>1886</b>	<b>4742</b>	<b>3563</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

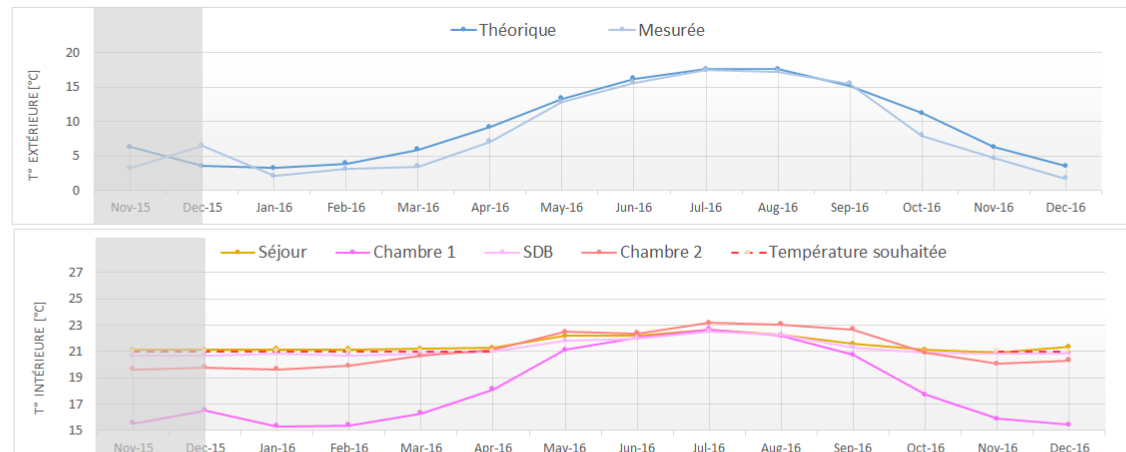


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	×	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage est assurée par une pompe à chaleur sol-eau.
- La régulation se fait via un thermostat d'ambiance situé dans le séjour. Le propriétaire dit que celle-ci se coupe entre 22h et 6h. Aucune autre régulation n'est faite en cas d'absence en journée.
- L'émission de chaleur se fait uniquement via un chauffage par le sol au rez-de-chaussée. Les pièces de l'étage ne sont pas chauffées directement.
- Les propriétaires disposent également d'un poêle à bois.
- La maison est habitée par un couple et est généralement inoccupée 1 à 2 jours par semaine.

## Analyse


Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées ont toujours été plus basses que les températures prises en compte dans la méthode théorique, sauf pour décembre 2015. Par ailleurs, la température souhaitée est atteinte dans le séjour et la salle de bain. Ces pièces sont chauffées par le sol. Les températures observées dans la chambre 2 sont plus faibles malgré que cette pièce se situe au RDC et profite donc du chauffage par le sol. Par contre la chambre 1, située à l'étage où aucun système de chauffage n'est installé, montre des températures nettement plus froides et sensibles à la température extérieure.

La consommation effective pour la production de chauffage - 9,3 kWh/m<sup>2</sup>/an - est nettement plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an). Cette consommation est très basse. Les deux méthodes théoriques surévaluent la consommation que ce soit annuellement ou mensuellement (rapport de 30% et 60% entre les consommations mesurées et, respectivement, la méthode théorique et la méthode théorique modifiée).

Cependant, la méthode modifiée (qui tient compte des températures extérieures et de la régulation faite par les occupants) approche mieux la consommation effective.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an). Par ailleurs, ce ménage utilise l'électricité comme vecteur énergétique pour la production de chauffage. Néanmoins, la consommation destinée à la production de chauffage ne représente que 26 % de la consommation totale en électricité.

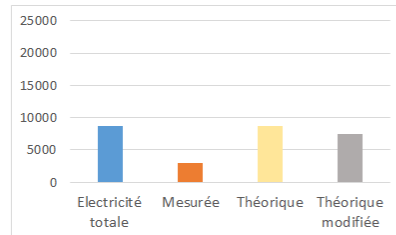
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
20		536	399	240	0,39	Mi lourd	7,9	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	même PAC + ballon	-	-	35	71

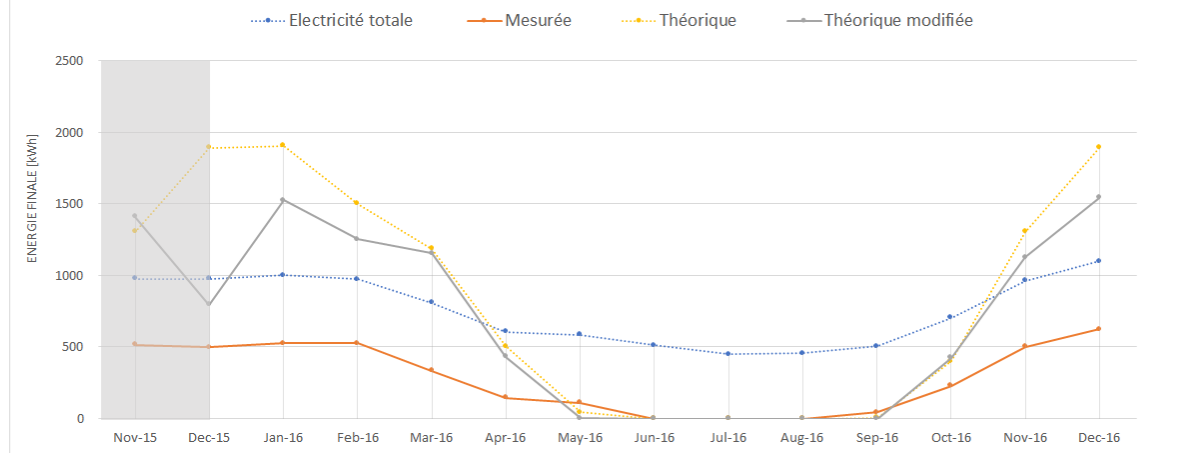
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 12.7 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	978	516	1304	1408	6.3	4.0
Dec-15	975	499	1894	794	3.5	8.6
Jan-16	1002	526	1906	1524	3.2	3.9
Feb-16	972	526	1500	1253	3.9	3.9
Mar-16	811	334	1186	1154	5.9	4.4
Apr-16	605	144	504	431	9.2	8.1
May-16	585	109	45	1	13.3	13.8
Jun-16	511	0	0	0	16.2	15.9
Jul-16	448	0	0	0	17.6	18.5
Aug-16	456	0	0	0	17.6	18.4
Sep-16	506	45	6	0	15.2	17.6
Oct-16	705	229	400	424	11.2	9.4
Nov-16	961	500	1304	1127	6.3	5.8
Dec-16	1099	623	1894	1541	3.5	4.0
<b>Total 2016</b>	<b>8663</b>	<b>3034</b>	<b>8745</b>	<b>7456</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

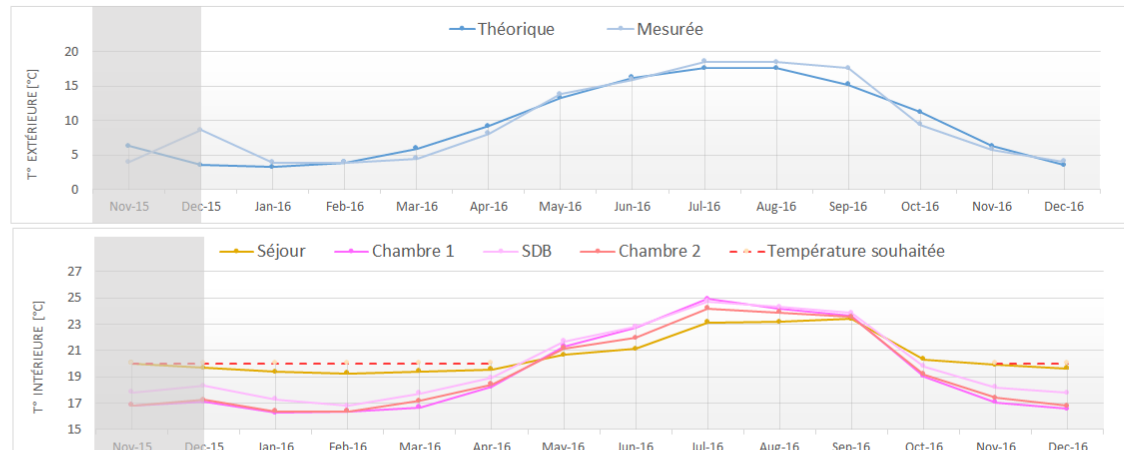


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage se fait par une pompe à chaleur sol-eau.
- L'émission se fait par le sol au rez-de-chaussée uniquement.
- Le propriétaire dit n'effectuer aucune régulation de la pompe à chaleur.
- L'étage est équipé de différents radiateurs électriques. Le propriétaire dit n'allumer que rarement ceux dans les chambres (uniquement par grand froid). Le radiateur de la salle de bains est quant à lui allumé plus régulièrement.
- Les propriétaires utilisent un feu ouvert non étanche quotidiennement en hiver.
- Dans le bureau du rez-de-chaussée, les propriétaires ont installé une chaufferette électrique supplémentaire au chauffage par le sol existant pour augmenter la température de cette pièce en hiver.
- Le ménage est composé de deux adultes et de 3 enfants. La maison est occupée environ la moitié du temps en journée durant la semaine.



## Analyse

Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées oscillent autour des températures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, la température dans le séjour (+/-20°C) est proche de la température souhaitée. Dans les pièces situées à l'étage où des chauffages électriques d'appoints sont installés (chambres et sdb), les températures sont nettement plus froides (+/- 17°C) et sensibles à la température extérieure.

La consommation effective pour la production de chauffage - 12,7 kWh/m²/an - est plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m²/an). Cette consommation est basse. Les deux méthodes théoriques surévaluent la consommation que ce soit annuellement ou mensuellement (rapport de 35% et 41% entre les consommations mesurées et, respectivement, la méthode théorique et la méthode théorique modifiée). Cependant, la méthode modifiée (qui tient compte des températures extérieures et de la régulation faite par les occupants) approche un peu mieux la consommation effective.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an), presque le double. Néanmoins, ce ménage utilise l'électricité comme vecteur énergétique pour la production de chauffage qui représente 35 % de la consommation totale en électricité.

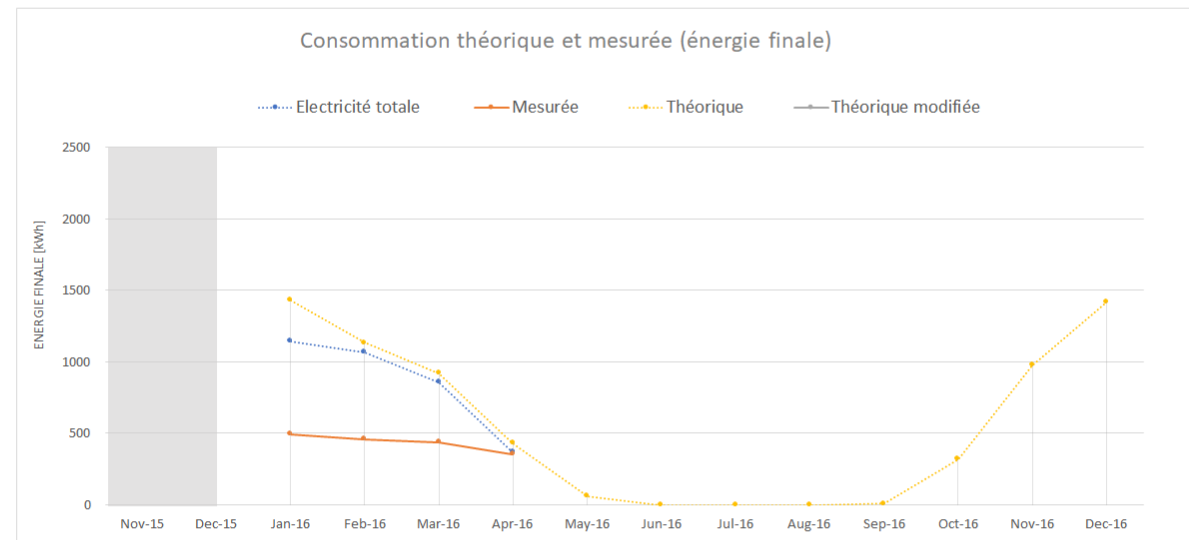
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
21		1055	643	300	0,37	Peu lourd	2,8	Electricité	PAC sol/eau	par le sol	PAC sol/eau indépendante + ballon	 6720	-	31	36

## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* - kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15					6.3	
Dec-15					3.5	
Jan-16	1144	493	1430		3.2	4.5
Feb-16	1067	459	1135		3.9	4.4
Mar-16	860	440	921		5.9	3.0
Apr-16	367	354	432		9.2	
May-16			60		13.3	
Jun-16			0		16.2	
Jul-16			0		17.6	
Aug-16			0		17.6	
Sep-16			10		15.2	
Oct-16			319		11.2	
Nov-16			977		6.3	
Dec-16			1417		3.5	
<b>Total 2016</b>	-	-	<b>6701</b>			

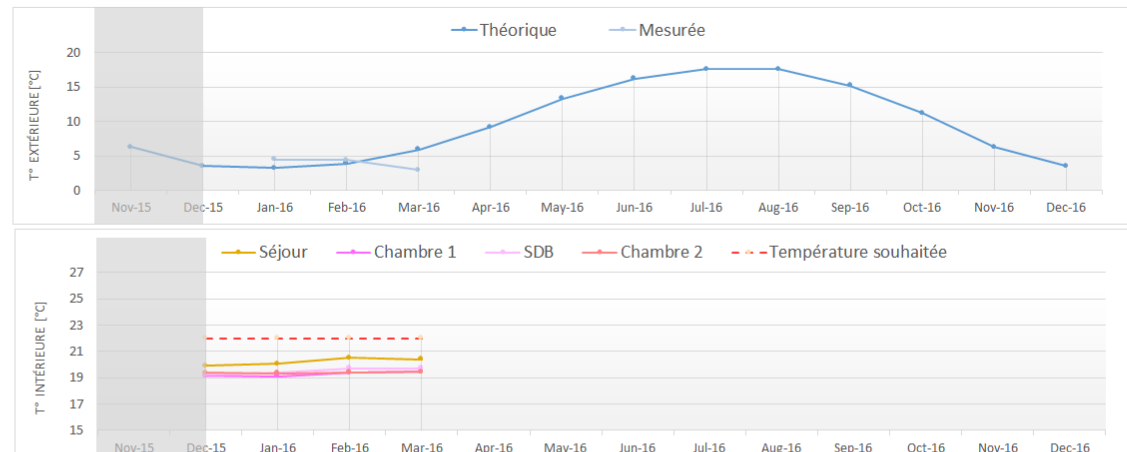


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage se fait par une pompe à chaleur sol-eau.
- L'émission de chaleur se fait via des circuits de chauffage par le sol au rez-de-chaussée comme à l'étage.
- Le propriétaire n'effectue aucune régulation de son installation de chauffage.
- Un feu ouvert est installé dans le séjour. Le propriétaire dit s'en servir de manière très occasionnelle.
- Deux radiateurs électriques sèche-serviettes ont été installés dans la salle de bains ainsi que dans la cuisine.
- La maison est occupée par un couple, présent dans leur maison de manière constante.




## Analyse

Le changement d'occupants au cours du mois d'avril 2016 a provoqué l'arrêt du monitoring. L'analyse sur cette maison ne peut donc être effectuée que partiellement.

Les températures intérieures sont plus basses que la température souhaitée par les propriétaires.

Les consommations effectives du mois de janvier, février et mars 2016 sont largement inférieures aux valeurs théoriques, cet écart est moins marqué pour le mois d'avril. On note une légère différence entre les températures extérieures mesurées et les températures extérieures prises en compte dans la méthode théorique. Néanmoins, cette différence n'explique pas l'écart observé.

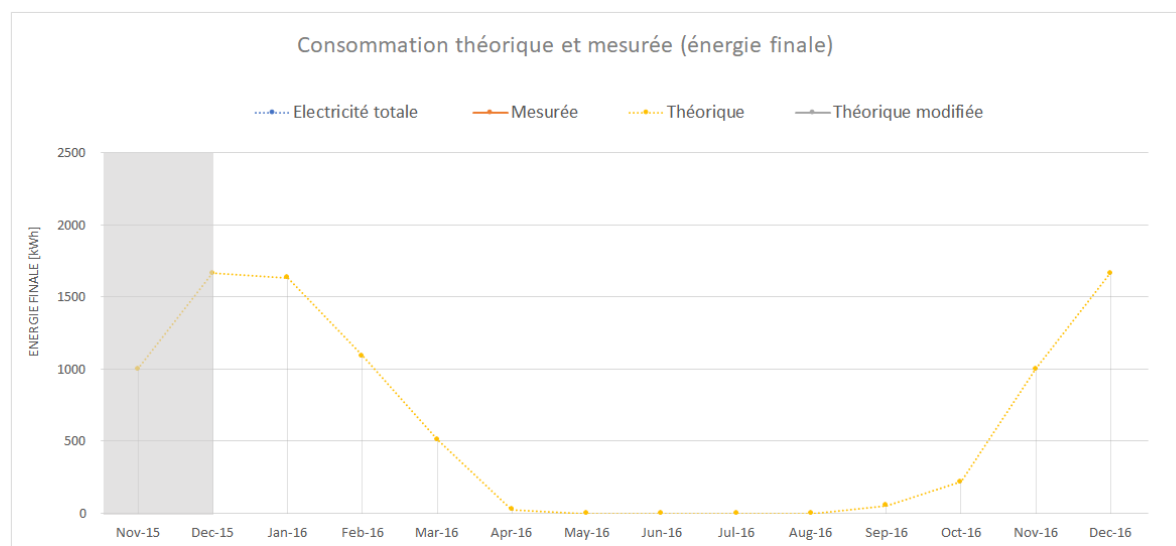
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h·m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau L
22		1176	691	265	0,19	Mi lourd	0,8	Electricité	Local	radiateur	boiler électrique solaire thermique	 9360	 6	16	21

## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* - kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15			1002		6.3	5.3
Dec-15			1666		3.5	7.5
Jan-16			1632		3.2	3.2
Feb-16			1093		3.9	4.2
Mar-16			511		5.9	4.4
Apr-16			27		9.2	8.1
May-16			0		13.3	13.8
Jun-16			0		16.2	16.1
Jul-16			0		17.6	18.4
Aug-16			0		17.6	16.8
Sep-16			54		15.2	16.9
Oct-16			219		11.2	9.2
Nov-16			1002		6.3	5.6
Dec-16			1666		3.5	4.2
<b>Total oct-15/16</b>	<b>10723</b>		<b>6204</b>			



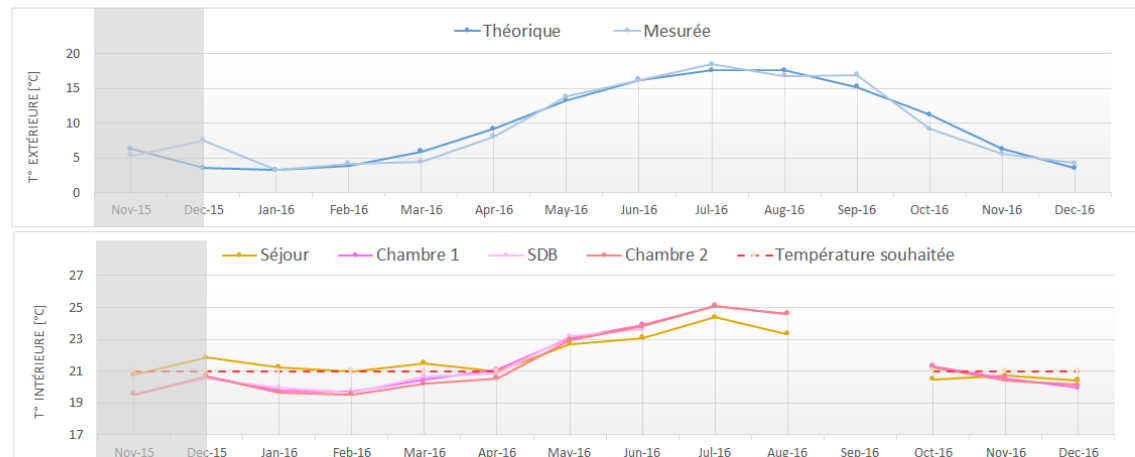
\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	×	✓	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'



## Observations

## Températures




## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- Cette maison a été certifiée "Maison Passive".
- La maison ne dispose pas de système de chauffage. Seule une cassette à bois étanche est présente dans le séjour. Selon la propriétaire, celle-ci n'était néanmoins pas nécessaire pour répondre aux besoins de chauffage de la maison. Elle dit utiliser la cassette à bois essentiellement pour l'agrément. Néanmoins, des chauffages électriques d'appoint sont installés dans le séjour, dans le bureau du rez-de-chaussée ainsi que dans les salles de bains.
- Le ménage est composé d'un couple de personnes travaillant à temps plein ainsi que de deux enfants. La maison est occupée en journée deux à trois demi-journées par semaine, indépendamment des week-ends.

## Analyse

Le relevé transmis par le propriétaire n'était pas été assez détaillé pour pouvoir répartir la consommation électrique mensuellement et en déduire les consommations dédiée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire.

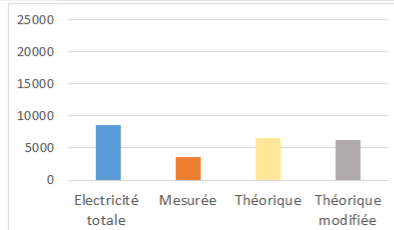
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
23		629	486	191	0,42	Mi lourd	2,2	Electricité	PAC sol/eau	RDC : par le sol R1: -	même PAC sol/eau + ballon	-	-	38	89

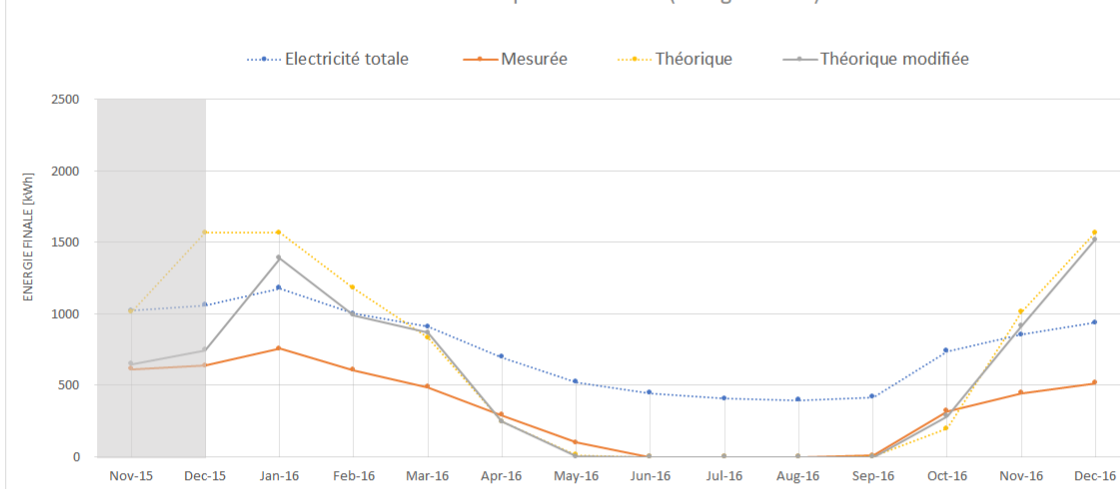
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 18.5 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15	1023	615	1013	647	6.3	5.9
Dec-15	1060	638	1569	747	3.5	6.1
Jan-16	1178	756	1567	1390	3.2	1.4
Feb-16	1002	608	1178	992	3.9	2.3
Mar-16	911	489	835	870	5.9	2.7
Apr-16	699	291	247	246	9.2	6.2
May-16	522	101	12	1	13.3	11.9
Jun-16	447	0	0	0	16.2	14.9
Jul-16	407	0	0	0	17.6	16.9
Aug-16	398	0	0	0	17.6	16.3
Sep-16	416	8	2	0	15.2	14.5
Oct-16	740	318	198	285	11.2	7.4
Nov-16	853	445	1013	912	6.3	4.0
Dec-16	938	516	1569	1519	3.5	0.8
<b>Total 2016</b>	<b>8511</b>	<b>3532</b>	<b>6621</b>	<b>6216</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

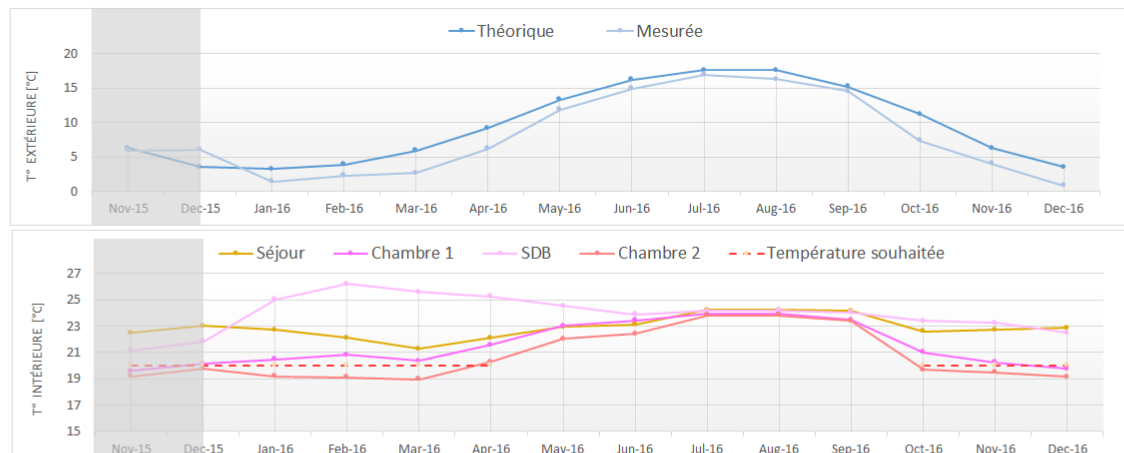


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	✓	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC		Electricité	✓	3,5,9,11	✓	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	✓	D'
PAC		Electricité		✓	19,20,23,26	✓	✓	E
PAC		Electricité		✓	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chaleur est assurée par une pompe à chaleur sol-eau.
- L'émission est assurée par un chauffage par le sol uniquement au rez-de-chaussée. Un poêle à bois non-étanche se trouve dans le séjour, utilisé 1 à 2x par semaine quand il fait froid.
- Un radiateur sèche-serviettes électrique est installé dans la salle de douche.
- Le propriétaire dit n'effectuer aucune régulation de son installation de chauffage la nuit ou en cas d'absence.
- Le ménage est composé d'un couple de travailleurs. Une des deux personnes travaille à domicile deux jours par semaine.



## Analyse

Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées sont inférieures aux températures prises en compte dans la méthode théorique, sauf pour le mois de décembre 2015. Par ailleurs, les températures intérieures montrent des profils de températures assez variables, avec pour le séjour et la salle de bain des températures bien au dessus de la température souhaitée.

La consommation effective pour la production de chauffage - 18,5 kWh/m<sup>2</sup>/an - est plus faible que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an). Cette consommation est basse. Annuellement, les deux méthodes théoriques surévaluent la consommation (rapport de 53% et 57% entre les consommations mesurées et, respectivement, la méthode théorique et la méthode théorique modifiée). Mensuellement, on remarquera qu'à l'entre saison, la consommation mesurée est supérieure aux consommations théoriques.

La consommation électrique annuelle de ce ménage est plus élevée que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an), presque le double. Néanmoins, ce ménage utilise l'électricité comme vecteur énergétique pour la production de chauffage qui représente 41 % de la consommation totale en électricité.

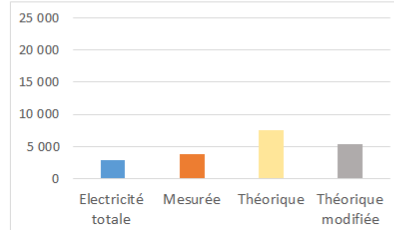
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
25		543	400	160	0,31	Léger	2,3	Bois	Poêle	RDC: foyer R1: -	boiler électrique solaire thermique	-	 5,56	27	66

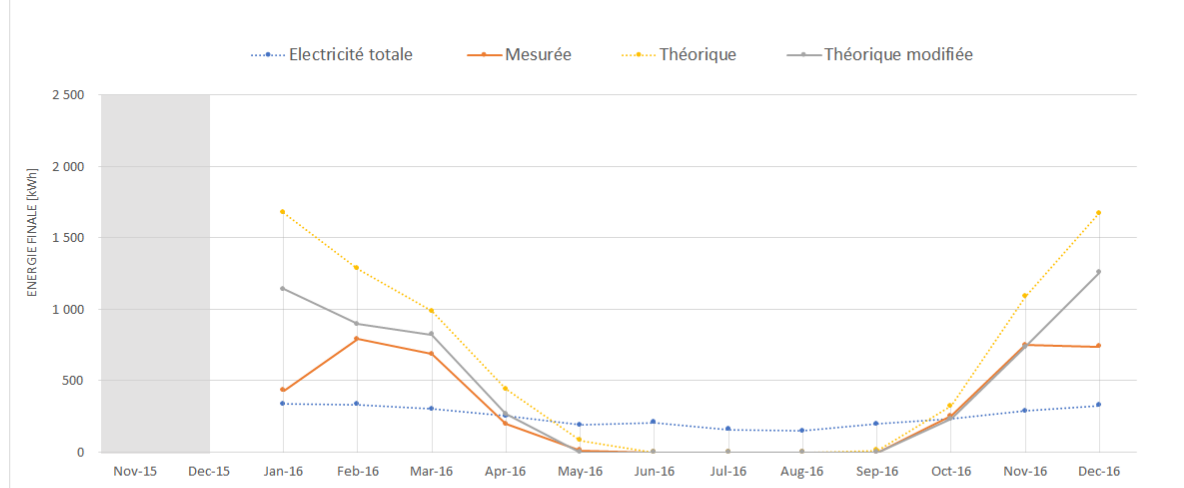
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* 24.1 kWh/m²/an

Mois	CONSUMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15						
Jan-16	337	431	1 677	1 141	3.2	3.6
Feb-16	332	793	1 283	898	3.9	3.7
Mar-16	304	686	986	824	5.9	4.0
Apr-16	252	199	444	269	9.2	7.9
May-16	192	11	82	0	13.3	13.7
Jun-16	206	0	0	0	16.2	16.2
Jul-16	159	0	0	0	17.6	18.6
Aug-16	149	0	0	0	17.6	18.1
Sep-16	196	0	11	0	15.2	17.0
Oct-16	233	254	324	232	11.2	9.1
Nov-16	290	749	1 089	734	6.3	5.7
Dec-16	328	738	1 672	1 255	3.5	3.1
<b>Total 2016</b>	<b>2 979</b>	<b>3 861</b>	<b>7 567</b>	<b>5 353</b>		



## Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

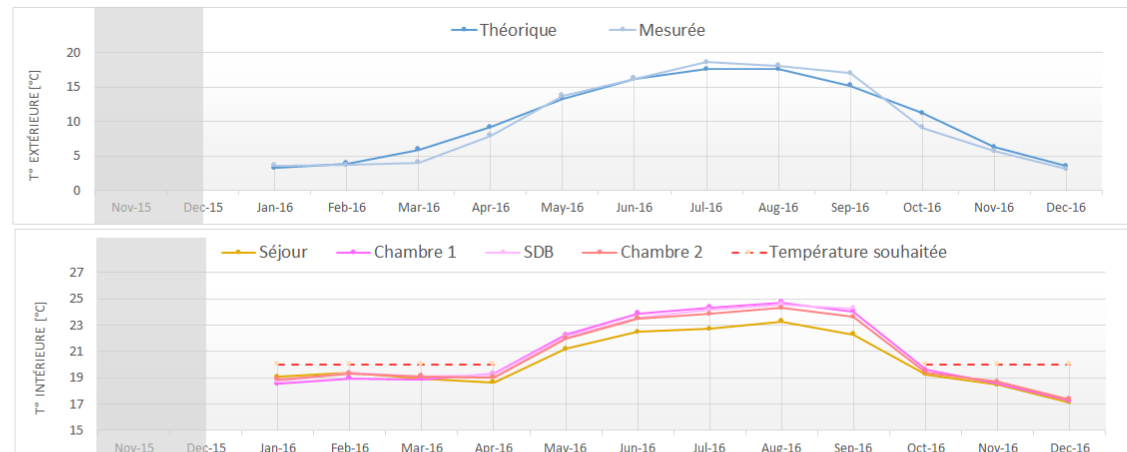


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15,25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC			✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La maison ne dispose pas de chauffage central. Un poêle à bois étanche est installé dans le salon.
- Le poêle est utilisé d'octobre-novembre à mars-avril et plutôt en fin de journée ainsi qu'en matinée lorsqu'ils ne s'absentent pas en journée.
- La salle de bains et la salle de douche sont également équipées de radiateurs électriques d'appoint.
- L'eau chaude est produite par un boiler électrique équipé de panneaux photovoltaïque.
- Le ménage est composé d'un couple et de deux enfants. La maison est généralement occupée 1 jour par semaine, indépendamment des week-ends. De plus, le propriétaire dit avoir régulièrement des horaires décalés : dans ce cas, il est présent à domicile en matinée

## Analyse


Les graphes des températures extérieures montrent que les températures sont généralement plus faibles que les températures moyennes prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, de janvier à avril 2016 les températures intérieures sont en moyenne de 19°C. A partir d'octobre 2016, les températures moyennes sont plus faibles et s'éloignent de la température de confort souhaitée par les occupants.

La consommation effective pour la production de chauffage (24.1 kWh/m<sup>2</sup>/an) est du même ordre que la moyenne obtenue sur l'échantillon de l'étude (28 kWh/m<sup>2</sup>/an).

Annuellement, les deux méthodes théoriques surévaluent les consommations effectives. Cependant, les températures intérieures s'éloignent des hypothèses standardisées de la méthode PEB. Mensuellement, la méthode théorique modifiée se rapproche assez bien des consommations mesurées, exceptées pour le mois de janvier et décembre 2016.

La consommation électrique annuelle de ce ménage -2.979 kWh/an- est plus faible que la moyenne obtenue sur le parc immobilier wallon (4.400 kWh/an) alors que cette consommation comprend aussi une partie de la production d'eau chaude sanitaire.

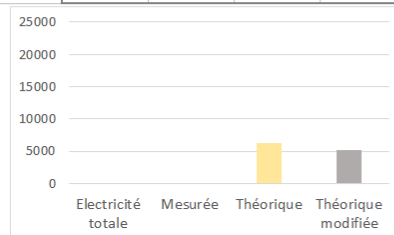
## Présentation du cas étudié

DIVERS		VOLUMETRIE						SYSTÈMES						RESULTATS PEB	
N° de l'échantillon	Ménage	Volume protégé [m³]	Surface de déperdition [m²]	Surface de plancher chauffée [m²]	U <sub>m</sub> [W/m²K]	Inertie	V <sub>50</sub> [m³/h-m²]	Vecteur énergétique	Générateur	Emission	ECS	PV [Wc]	Solaire thermique [m²]	Niveau K	Niveau E
26		602	456	187	0,44	Léger	3,8	Electricité	PAC air/eau	RDC : par le sol R1: radiateur	PAC sol-eau + ballon	-	-	40	81

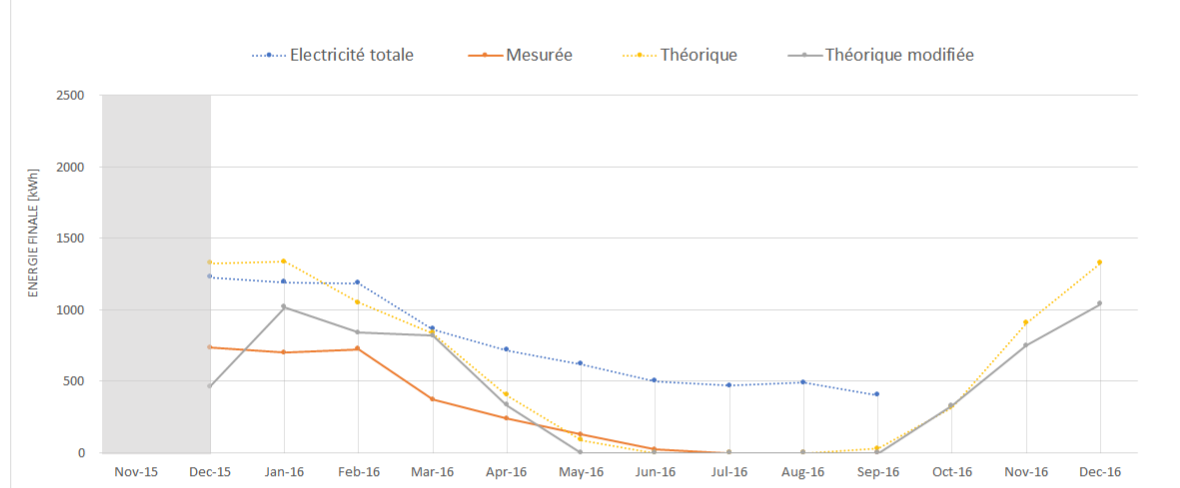
## Résultats

Consommation annuelle mesurée\* - kWh/m²/an

Mois	CONSOMMATION (énergie finale) [kWh]				TEMPERATURES EXTERIEURES [°C]	
	Electricité totale	Mesurée	Théorique	Théorique modifiée	Théorique	Mesurée
Nov-15						
Dec-15	1228	735	1327	463	3.5	8.7
Jan-16	1194	701	1336	1017	3.2	3.6
Feb-16	1186	725	1050	841	3.9	3.6
Mar-16	865	372	838	821	5.9	3.7
Apr-16	717	241	403	333	9.2	7.7
May-16	622	129	89	0	13.3	13.4
Jun-16	501	24	0	0	16.2	15.7
Jul-16	471	0	0	0	17.6	18.0
Aug-16	490	0	0	0	17.6	17.6
Sep-16	403	0	29	0	15.2	16.4
Oct-16			321	329	11.2	8.8
Nov-16			908	750	6.3	5.4
Dec-16			1327	1038	3.5	3.6
<b>Total 2016</b>			<b>6300</b>	<b>5129</b>		



Consommation théorique et mesurée (énergie finale)

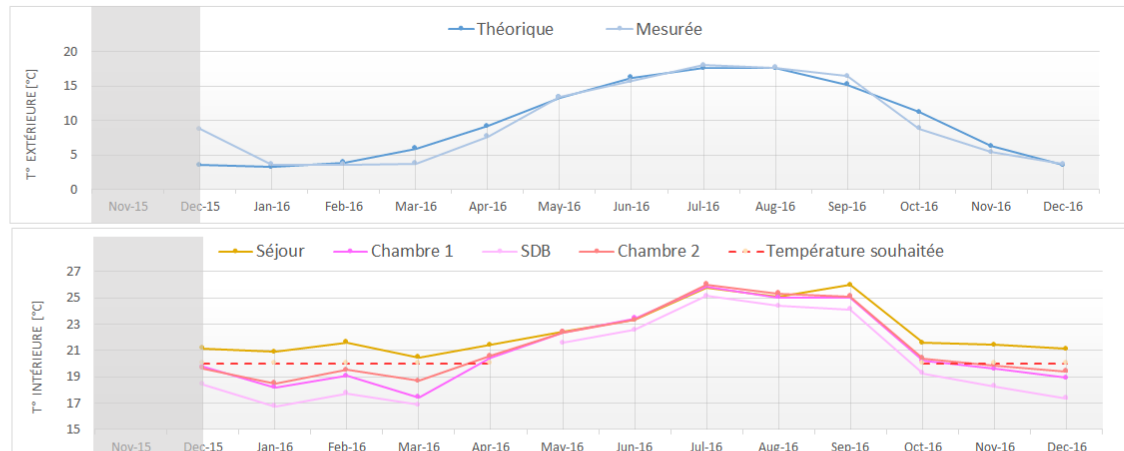


\*Méthode de calcul appliquée pour déterminer les consommations mesurées (voir rapport pour détails)

Système: chauffage	Système - ECS	Vecteur énergétique: chauffage	Vecteur énergétique: ECS	Panneaux solaires thermiques	Maisons	Données pour le chauffage uniquement	Données pour le chauffage + eau chaude sanitaire	Méthode de calcul
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		×	6,12,13,17,18	✓	✓	A
Chaudière		Gaz/Propane/Mazout/Pellets		✓	7,8,14	×	✓	B
Poêle	Boiler électrique	Bois/Pellets	Electricité	✓	10,15, 25	✓	✓	C
Radiateur ou résistance sur ventilation	Boiler électrique OU PAC	Electricité		✓	3,5,9,11	×	✓	D
Radiateur	Chaudière partagée	Electricité	Gaz	✓	2	✓	×	D'
PAC		Electricité		×	19,20,23,26	✓	×	E
PAC		Electricité		×	16,21	✓	✓	E'

## Observations

## Températures



## Informations complémentaires de la part de l'utilisateur

- La production de chauffage est assurée par une pompe à chaleur air-eau.
- L'émission se fait via un chauffage par le sol au rez-de-chaussée et dans le couloir à l'étage.
- Les propriétaires disent ne pas modifier la température de consigne pour se conformer à l'inertie du système.
- La salle de bains et la salle de douche sont équipées de chaufferettes électriques d'appoint. Celles-ci sont enclenchées et éteintes manuellement lors de l'utilisation des salles d'eau.
- Le ménage est composé d'un couple de travailleurs à temps plein et de deux enfants. La maison n'est jamais occupée en journée durant la semaine.

## Analyse

Les graphes des températures extérieures montrent que les températures mesurées oscillent autour des températures prises en compte dans la méthode théorique. Par ailleurs, les températures intérieures montrent des profils de températures assez variables, des températures (+/- 21°C) plus élevées dans le séjour que dans les autres pièces.

Le monitoring ne couvre pas une année complète, l'analyse sur cette maison ne peut donc être effectuée que partiellement. Mensuellement, la méthode théorique modifiée semble mieux approcher les consommations effectives que la méthode théorique PEB. Le profil des consommations mesurées semble moins sensible aux variations de la température extérieure que ne le sont les modèles théoriques.

## 9. Références

Langendries, D., & Gerin, O. (2012). Construire avec l'énergie: 8 ans de "labo" de la PEB. Les Cahiers nouveaux du CSTC, 84, 68-70

Langendries, D., & Lethé, G. (2010). CALE : précurseur de la PEB. Les dossiers du CSTC - N° 3/2010 - Cahier n° 18

Van den Bossche P., Caillou S. (2016). NIT 258 Guide pratique des systèmes de ventilation de base des logements

Mees C., Loncour X. (2015). NIT 255 L'étanchéité à l'air des bâtiments

BEP 2020- PHL, KUL- IWT Tetra project nr 110189 - Betrouwbare energieprestaties van woningen – 2012

O. Gerin, B. Bleys, K. De Cuyper, Belgian Building Research Institute (2014). Seasonal variation of hot and cold water consumption in apartment buildings, CIBW062 Symposium 2014

Bilan énergétique de la Wallonie 2015 secteur domestique et équivalents, octobre 2017, Réalisé par ICEDD asbl pour le compte du Service Public de Wallonie