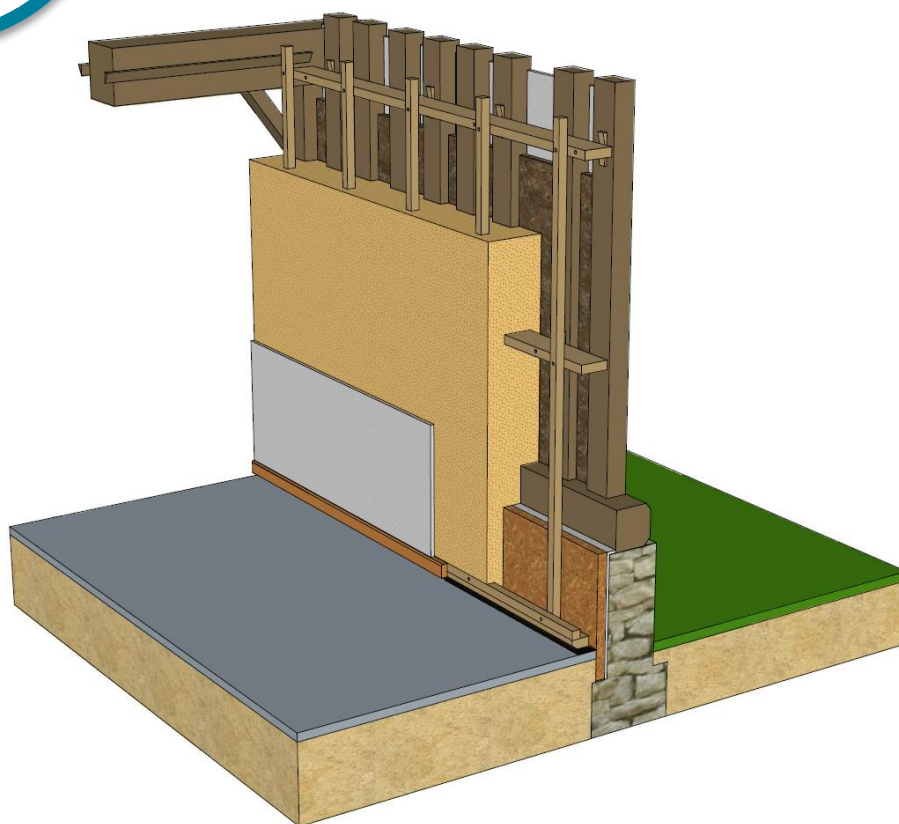


# GUIDE PERFORMANCIEL Solution ERN

Décembre 2025



RAPPORT RESTORE



---

## **RÉDACTION**

### **Équipe de conception :**

Gaëtan HOURANY (BATIDERM INGENIERIE)  
David BRIERE (BATIDERM INGENIERIE)  
Léonie HARTER (LES CHANTIERS DE DEMAIN)  
Anne LEQUERTIER (LES CHANTIERS DE DEMAIN)  
Nicolas QUIQUEREL (SCIC IDEE)  
Jean HOURANY (BATIDERM INGENIERIE)

---

## **COORDINATION**

Benjamin RIOU (CSTB)  
Billy RAKOTOMALALA (CSTB)

---

## **RELECTURE**

Franck LEGUILLON (CSTB)  
Rémi BOUCHIE (CSTB)  
Caroline BOUTELOUP (CSTB)



<b>1</b>	<b>OBJECTIF DE CE LIVRABLE .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Description succincte.....</b>	<b>8</b>
2.1.1	Typologies visées par la gamme de solutions développée.....	8
<b>3</b>	<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>9</b>
3.1	Principe et outils de calcul.....	9
3.1.1	STD et SED .....	9
<b>3.1.2</b>	ACV .....	10
3.2	Cibles à atteindre.....	10
3.3	Hypothèses.....	11
3.3.1	Hypothèses imposées par le CSTB.....	11
3.3.2	Hypothèses spécifiques prises par le groupement .....	16
3.3.3	Données d'entrée des typologies.....	19
<b>4</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>37</b>
4.1	A l'état existant – performance énergétique .....	37
4.1.1	Performances énergétique et économique.....	37
4.1.2	Confort thermique A1 (nombre d'heure de dépassement) .....	40
4.1.3	Confort thermique C2 (nombre d'heure de dépassement) .....	47
4.1.4	Confort thermique C4 (nombre d'heure de dépassement) .....	53
4.2	A l'état rénové – performance énergétique.....	61
4.2.1	Solution de référence.....	61
4.2.2	Variantes de solution sur A1.....	64
4.2.3	Variantes de solution sur C2.....	80
4.2.4	Variantes de solution sur C4.....	94
4.3	Confort visuel et éclairage .....	107
4.3.1	Méthodologie d'évaluation.....	107
4.3.2	Typologie A1.....	109
4.3.3	Typologie C2.....	111
4.3.4	Typologie C4.....	113
4.3.5	Conclusion .....	114
4.4	Confort acoustique.....	115
4.4.1	Spécificité de la typologie A1 – murs lourds.....	115
4.4.2	Spécificité de la typologie C2 – murs lourds.....	116
4.4.3	Spécificité de la typologie C4 – murs à pan de bois .....	116
<b>5</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>118</b>
5.1	Energie et confort d'été.....	118
5.1.1	Pour la typologie A1.....	118
5.1.2	Pour la typologie C2.....	119
5.1.3	Pour le typologie C4 .....	120
5.2	Qualité de l'air intérieur (QAI) .....	121

5.3	Eclairage.....	121
5.4	Acoustique.....	122
5.5	ACV .....	123
<b>6</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>125</b>
<b>7</b>	<b>ANNEXE .....</b>	<b>126</b>
7.1	Annexe 1 : HYPOTHESES COMMUNES A UTILISER.....	126
7.2	Annexe 2 : MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION A1 .....	136
7.3	Annexe 3 : MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION C2 .....	139
7.4	Annexe 4 : MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION C4.....	143
7.5	Annexe 5 : RESULTATS DETAILES.....	146
7.5.1	Situation initiale A1.....	146
7.5.2	Situation initiale C2.....	149
7.5.3	Situation initiale C4 .....	152
7.5.4	Situation après travaux A1 .....	155
7.5.5	Situation après travaux C2 .....	162
7.5.6	Situation après travaux C4.....	173

# INTRODUCTION

Les projets RENOSTANDARD puis RESTORE ont été engagés pour favoriser la massification de la rénovation des maisons individuelles diffuses. Ce parc de maisons (16,5 millions de maisons en résidence principale) est un vivier très important dans un objectif de réduction du besoin énergétique et de l'impact environnemental du secteur du bâtiment, sachant que plus de 40 % des maisons ayant un DPE sont notées E, F ou G<sup>1</sup>.

RESTORE s'appuie sur l'analyse architecturale du parc de maisons en France, qui permet de faire ressortir des typologies de maisons aux caractéristiques constructives proches. Ces similarités permettent de concevoir des solutions de rénovation globale et performante adaptées à une même typologie de maisons, qui pourront ensuite être ajustées en fonction du cas particulier de chaque maison (besoin du ménage, particularité du bâti, etc.). On parle alors d'une gamme de solutions.

La massification de la rénovation passe alors par le développement d'une offre de solutions innovantes dont la faisabilité technique, sur ces typologies, a déjà été validée par des réalisations ou des travaux de conception bien avancés.

Pour concevoir des solutions innovantes, plusieurs appels à manifestation d'intérêt (AMI) ont été lancés à destination de groupements d'entreprises puis une combinaison d'offres adaptées à des modèles de maisons très courants a été sélectionnée. Les critères de choix des solutions ont été, entre autres, le potentiel des solutions pour répondre à la massification, la complétude des groupements portant la solution, le potentiel de la solution à accéder rapidement au marché et bien sûr la performance de la solution (thermique, environnementale, confort et économique).

Les groupements sélectionnés bénéficient dans le cadre du projet d'un accompagnement dans la conception de leur solution. Cet accompagnement consiste essentiellement en la coordination et la mobilisation de différents experts du CSTB issus de différents domaines scientifiques ou techniques pour appuyer les équipes sur la consolidation technique, la validation du niveau de performance attendu et la répliquabilité des solutions développées.

---

<sup>1</sup> [Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2022, SDES, 2022.](#)

Par ailleurs, quelques études spécifiques peuvent être conduites sur des problématiques bien ciblées afin d'aider certains groupements à opérer des choix dans la conception de leur solution. Les travaux menés par l'ensemble des groupements concernent plusieurs typologies de bâtiments représentatives des techniques constructives de différentes régions. Chacune d'entre elles représente, à l'échelle locale ou régionale, une quantité de bâtiments importante, ce qui traduit un potentiel de rénovation tout aussi conséquent.

La suite du présent document s'intéresse à l'aspect performanciel de la gamme de solutions développée par le groupement.

## 1 OBJECTIF DE CE LIVRABLE

L'objectif de ce livrable « performances multiphysique » est d'évaluer les performances de la solution de rénovation développée par l'équipe de conception dans le cadre du projet RESTORE. Il s'agit notamment de :

- Quantifier les consommations d'énergie de la maison et évaluer sa performance énergétique globale.
- Identifier les solutions qui offrent le meilleur confort thermique estival en minimisant les risques de surchauffe.
- Minimiser l'impact environnemental de la rénovation en prenant en compte les émissions de gaz à effet de serre et d'autres indicateurs environnementaux.
- Vérifier le respect des seuils fixés par le CSTB sur les indicateurs quantifiés.
- Argumenter la considération accordée aux enjeux relatifs aux performances non quantifiées de santé & confort, en mettant en œuvre des moyens visant à améliorer ces aspects, notamment la qualité de l'air intérieur (QAI), l'éclairage et l'acoustique.

## 2 DESCRIPTION SUCCINCTE

### 2.1.1 Typologies visées par la gamme de solutions développée

La solution étudiée dans le présent guide cible en particulier des types de maisons individuelles très courants dans la zone d'étude qui est la Normandie (zone H1).

#### Typologie maison A1

Maison de bourg avant 1915 (~ 1 680 000 en France)



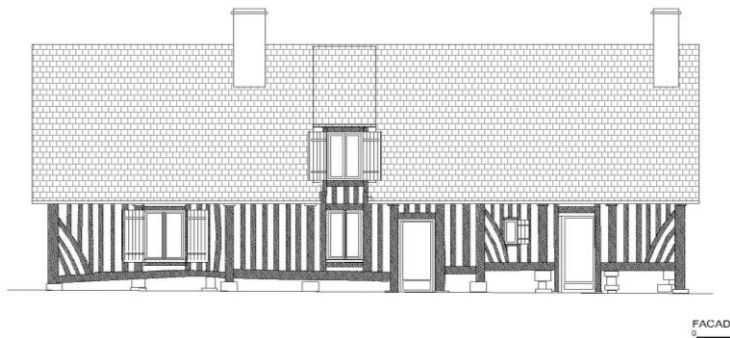
#### Typologie maison C2

Maison rurale à étage avant 1880 (~ 230 000 en France)



#### Typologie maison C4

Longère avant 1880 (~70 000 en France)



Chaque lien cliquable emmène vers la fiche typologique de la maison en question.  
*Pour en savoir plus sur l'approche consultez la [classification typologique RESTORE](#).*

***Remarques :** Les plans détaillés et les états initiaux de l'enveloppe sont tirés d'exemples fictifs mais représentatifs, utilisés dans les simulations, et que l'on peut trouver dans les pages Pro'Réno de ces typologies.*



## 3 METHODOLOGIE

### 3.1 Principe et outils de calcul

La méthodologie adoptée intègre une approche globale prenant en considération divers aspects tels que l'énergie, l'environnement, le confort estival, la qualité de l'air intérieur, l'acoustique et l'éclairage. Pour quantifier les trois premiers aspects, des indicateurs spécifiques sont utilisés. Ainsi, des simulations thermiques dynamiques (STD) sont réalisées pour estimer les gains énergétiques envisageables selon les travaux prévus, ainsi que leur impact sur le confort thermique des espaces intérieurs. Les indicateurs relatifs à la consommation énergétique, demandés dans la suite du présent livrable, sont exclusivement calculés par STD/SED (Simulation Energétique Dynamique : les consommations énergétiques sont calculées, en complément des besoins).

Parallèlement, des analyses du cycle de vie sont également réalisées pour évaluer leur intérêt environnemental.

Ces analyses se déclinent en deux phases distinctes :

- Le traitement du cas de la maison dans son état initial.
- La simulation des différents scénarios de travaux envisagés. Il est demandé de traiter prioritairement les scénarios de travaux de la solution globale, néanmoins certaines déclinaisons de la solution pourront être également étudiées.

Les simulations sont réalisées sur des modèles théoriques de maison, mais conformes aux caractéristiques de la typologie étudiée (plan, volumétrie, données thermiques de l'enveloppe, ...). Ces données de l'état initial proviennent d'un **ensemble de ressources techniques mis à disposition sur Pro'Réno afin de faciliter la conception de solutions adaptées aux typologies [A1](#), [C2](#) et [C4](#)**.

#### 3.1.1 STD et SED

La STD qualifie de façon physique la performance de l'enveloppe du bâtiment. Tandis que la SED s'appuie sur la STD **et** une modélisation conventionnelle des systèmes. Elle est donc plus précise que le calcul réglementaire mais reste dépendante de la précision de la modélisation des systèmes.

La STD est réalisée à l'aide du logiciel IZUBA Pléiades.

Les Ponts thermiques sont simulés sous THERM.

La maison est modélisée pièce par pièce offrant une segmentation en zones thermiques homogènes, tenant compte des facteurs externes et internes tels que l'orientation et l'utilisation des locaux.

Cette approche permet d'analyser les besoins et le confort de la maison pour chacune de ces pièces, en mettant en évidence les caractéristiques spécifiques à chaque espace.

*Remarque : les parois ouvertes comme sur une cuisine ou trémie d'escalier, ne peuvent être considérées comme une séparation de zone. Il est obligatoire de regrouper ces pièces comme une seule et même zone. A défaut, la paroi fictive serait considérée comme adiabatique et aucun échange thermique n'aurait lieu entre les zones.*

### 3.1.2 ACV

L'ACV est réalisée en utilisant IZUBA Pléiades selon une adaptation particulière de la méthode de la RE2020, connue sous le nom d'ACV dynamique qui pondère les GES en fonction de l'année d'émission, favorisant les matériaux pouvant stocker le carbone.

Le périmètre de l'évaluation est restreint aux éléments neufs mis en œuvre dans la solution globale : cycle de vie complet (modules A, B, C et D) en prenant en compte leur renouvellement après la rénovation.

Le gros-œuvre ainsi que tous les éléments conservés ou réemployés provenant du site de l'existant afficheront un bilan environnemental nul ; ce qui correspond à la méthode RE2020.

Tous les lots de la RE2020 seront étudiés. Une estimation des déchets sortant sera effectuée.

Les contributeurs chantier et eau sont à évaluer selon la méthodologie de la RE2020. Les contributeurs chantier et eau seront évalués avec la méthode RE2020 simplifiée.

Le groupement doit fournir le Récapitulatif Standardisé de l'Étude Environnementale (RSEE). L'empreinte Carbone ainsi que tous les autres indicateurs sera détaillée selon les besoins du CSTB déroulés au paragraphe 7.2.3. Le temps de retour carbone est calculé.

## 3.2 Cibles à atteindre

En plus du respect des obligations de moyens de la RT élément/élément, le CSTB fixe comme cible l'atteinte du label « BBC Rénovation résidentielle », en se restreignant à l'obtention d'une étiquette A ou B du DPE, c'est-à-dire une consommation énergétique inférieure à 110 kWhEP/m<sup>2</sup>/an et des émissions de gaz à effet de serre inférieures à 11 kg

éqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an en exploitation. Ce niveau de performance est uniquement attendu sur les scénarios de rénovation globale.

De plus, il est demandé à l'équipe de conception de minimiser l'impact environnemental des PCE (produits de constructions et équipements).

### 3.3 Hypothèses

Un certain nombre d'hypothèses, notamment sur l'état initial sont imposées par le CSTB. Les autres hypothèses (simplificatrices comme spécifiques) prises par l'équipe de conception doivent être explicitées et justifiées dans le paragraphe §3.3.2. En l'absence d'hypothèses clairement spécifiées par le CSTB, celles-ci doivent être complétées en se référant à ce que préconise la méthode réglementaire.

#### 3.3.1 Hypothèses imposées par le CSTB

##### 3.3.1.1 ACV

- Concernant Les données d'entrée retenues proviennent en priorité des fiches collectives FDES ou PEP, lorsque celles-ci couvrent les Produits de Construction et d'Équipement (PCE).
- En l'absence de telles données, l'analyse s'appuie successivement sur les Données Environnementales par Défaut (DED), des fiches configurées.
- L'évaluation des impacts environnementaux des PCE intègre les lots définis par la **RE2020**, à savoir :
  - Lot 1 VRD (Voirie et Réseaux Divers)
  - Lot 2 Infrastructure (éléments structurels du bâtiment, y compris les fondations, les dalles, les poteaux, etc.)
  - Lot 3 Superstructure (éléments porteurs au-dessus du sol, comme les piliers, les planchers, les poutres, etc.)
  - Lot 4 Étanchéité (systèmes d'étanchéité)
  - Lot 5 Cloisonnement / Faux Plafond (séparation des espaces)
  - Lot 6 Façade et Menuiseries Extérieures : (murs extérieurs, fenêtres, portes, volets, etc.)
  - Lot 7 Revêtement Intérieur (finitions intérieures telles que les peintures, les revêtements muraux, etc.)
  - Lot 8 CVC (Chauffage, Ventilation, Climatisation)

- Lot 9 Plomberie (installations de plomberie, les équipements sanitaires, etc.)
  - Lot 10 CFO (Courants Forts)
  - Lot 11 CFA (Courants faibles)
  - Lot 13 Panneaux photovoltaïque
- L'état initial des matériaux existants est fourni par le CSTB, sans indicateurs d'impacts environnementaux. La quantité de déchets sortants est estimée à partir de la liste des éléments déposés.
  - Les coefficients de conversion de l'énergie consommée en émissions de gaz à effet de serre sont ceux définis par la **RE2020**, conformément aux valeurs indiquées en annexe du présent document.

### 3.3.1.2 STD

Des éléments détaillés sur l'**état initial** sont reportés en annexe du présent rapport. Ces éléments concernent :

- **Les données sur l'occupation des locaux**

Les scénarios d'occupation et d'apports internes utilisés pour la simulation sont donnés en annexe. En configuration de base, la température de consigne pour conduire les simulations est de 19°C en hiver en période d'occupation et 16°C en absence (réduit).

- **La puissance de chauffe par m<sup>2</sup>**

La puissance de chauffe par pièce (zone) doit être déterminé selon la NF EN 12 831 en définissant la puissance totale au niveau du générateur et en disposant les émetteurs dans chaque pièce avec la température de 19°C en consigne. A défaut, elle peut être prise à 100 W/m<sup>2</sup> de surface au sol chauffé pour les calculs à l'état initial.

La **période de chauffe** considéré s'étend de **septembre à mai**.

- **L'environnement**

Les masques proches et lointain sont ici négligés.

- **L'orientation**

Les orientations des maisons sont données en détails dans les plans en annexe.

- **Zone de bruit**

2 situations devront être traitées :

- Les zones de bruits BR1
- Les zones de bruit BR2-3

Le détail de l'implication de ces zones de bruits sur les ouvertures de baie est donné en annexe. La période estivale considérée pour le scénario d'ouverture des baies s'étend de juin à août.

- **L'enveloppe**

Les données de l'enveloppe pour l'état initial sont disponibles dans le **recueil de ressources techniques mis à disposition sur Pro'Réno afin de faciliter la conception de solutions adaptées aux typologies :**

- <https://www.proreno.fr/documents/maison-de-bourg-a1-fiche-restore>
- <https://www.proreno.fr/documents/maison-moyenne-c2-fiche-restore>
- <https://www.proreno.fr/documents/la-longere-c4-fiche-restore>

Celles-ci renseignent :

- Pour les parois opaques : coefficients U et facteurs solaires des différentes parois opaques et leur composition.
- Pour les menuiseries : le  $U_w$  (fenêtres), le  $U_d$  (portes), le  $S_{ws}$  et  $S_w$  (facteur solaire de la fenêtre avec et sans protection solaire).
- Ponts thermiques (localisation, valeur)

**NB :** En dehors de la **période estivale**, de **juin à août**, les protections solaires doivent être considérées comme fermées la **nuite (de 22h à 7h)** et ouvertes pendant la **journée (de 7h à 22h)**. En été, leur ouverture doit être synchronisée avec celle des baies.

Les valeurs de conductivité thermique des matériaux, pour la solution et l'état initial, proviennent des données génériques compilées à partir de plusieurs bases et analyses bibliographiques, mises à disposition sur [Pro'Réno](#).

- Les hypothèses sur la perméabilité à l'air de l'enveloppe et les situations de parois déjà isolées ou de menuiseries déjà remplacées sont données/expliquées en annexe.

- **Masques**

Absence d'occultations solaires fixes.

- **Systèmes énergétiques**

- Absence de système de ventilation, de rafraîchissement ou climatisation hormis l'ouverture de baie dont le renouvellement d'air est estimé à : 5 vol/h si traversant,

1vol/h si non traversant. Le planning d'ouverture est donné en annexe.

- Chauffage et production ECS instantanée assuré par une chaudière gaz standard de 23kW de puissance nominale installé en 2010 (rendement précisé plus loin dans les hypothèses des calculs).

- **Eclairage**

Les scénarios d'éclairement et les puissances d'éclairage sont donnés en annexe.

- **Les fichiers météo**

Afin de pouvoir estimer le confort d'été de la maison rénovée à l'horizon 2040/2050, les fichiers météo à utiliser dans un premier temps sont ceux du calcul réglementaire de la RE2020 à savoir les fichiers ThD. Ces derniers intègrent des séquences caniculaires type 2003, présentant les plus fortes probabilités d'occurrence à cet horizon de temps sous scénario RCP 8.5.

### 3.2 - V2 - 2022

La version 2, datant de 2022, a été obtenue à partir de Meteonorm dans sa version 8. Pour chaque station, cinq fichiers météo ont été générés :

- un fichier **"Moyen"**, pour simuler vos projets en conditions "moyennes". Il reprend les températures moyennes mensuelles sur 10 ans (2010-2019).
- un fichier **"Été chaud"**, pour tester vos projets en conditions estivales sévères. Il utilise les températures maximales mensuelles sur 10 ans (2010-2019) pour la période estivale (de mai à septembre).
- deux fichiers **"2040" et "2070"**, incluant les effets du réchauffement climatique suivant le scénario RCP 4.5 du GIEC respectivement pour 2040 et 2070.
- un fichier **"2050"** incluant les effets du réchauffement climatique suivant le scénario RCP 8.5 du GIEC pour 2050. **Période de rayonnement : 1996-2015.** (Ces fichiers ont été ajoutés en septembre 2024.)

Figure 1: source : [https://docs.izuba.fr/v4/fr/index.php/Pack\\_Meteonorm](https://docs.izuba.fr/v4/fr/index.php/Pack_Meteonorm)

Il est demandé au groupement de traiter la zone climatique RT correspondant au domaine d'emploi revendiqué des solutions sur la typologie ainsi que la zone H3.

- **Les facteurs de conversion de l'énergie finale en énergie primaire**

Les coefficients de transformation de l'énergie finale en énergie primaire à utiliser sont ceux de la RE2020 en annexe.

- **Coefficient de réduction des déperdition b**

*\*le coefficient d'atténuation b est donné à titre d'information, il n'est pas utilisé en SED.*



### 3.3.2 Hypothèses spécifiques prises par le groupement

#### Hypothèse d'ouverture des fenêtres à l'état projet :

En zone H1a, même en été, certaines nuits sont froides. Et le relevé de température à l'état initial indiquait que l'ouverture des fenêtres en été amenait à des températures inconfortables nécessitant de, soit les supporter, ou bien de réenclencher le système de chauffage. Ce problème étant lié à un mauvais usage du bâtiment et non à sa performance réelle, nous avons choisi de changer le scénario d'ouverture des fenêtres (fermées même en été la nuit) exclusivement pour les calculs de consommations de chauffage hivernales ainsi que le calcul des températures minimales atteintes et le DH < 19°C. Le scénario d'ouvertures des fenêtres pour l'analyse des DH > 24°C pour le confort d'été reste celui imposé par le CSTB.

#### **DONNÉES CLIMATIQUES**

**On utilisera les fichiers de données météorologiques suivants (fichier météo moyen pour une année type). Elles sont fournies par la RE2020 et sont basés sur des données de mesure de météo France sur la période de janvier 2000 à décembre 2018.**

**2 Zones climatiques sont à l'étude, la zone H1a, étant la zone d'implantation de l'équipe et la zone H3 pour étudier la solution en situation estivale.**

Calcul de consommation et calcul de confort d'été :

**zone H1a\_Th-BC.**

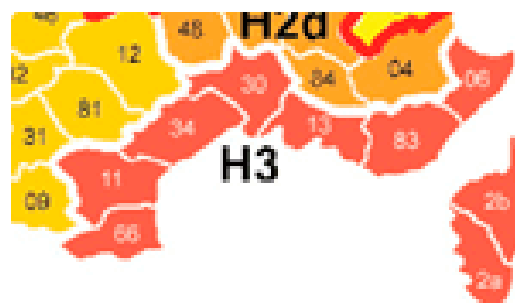
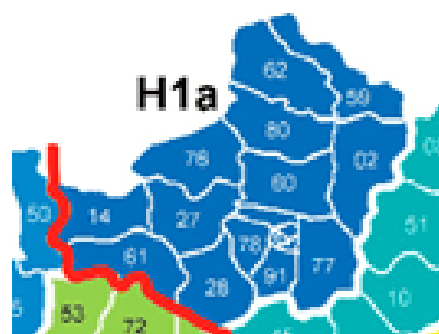
Elle sera nommée : **situation 1**

Calcul de confort d'été : **Zone H3-Th-D**

Elle sera nommée : **situation 2**

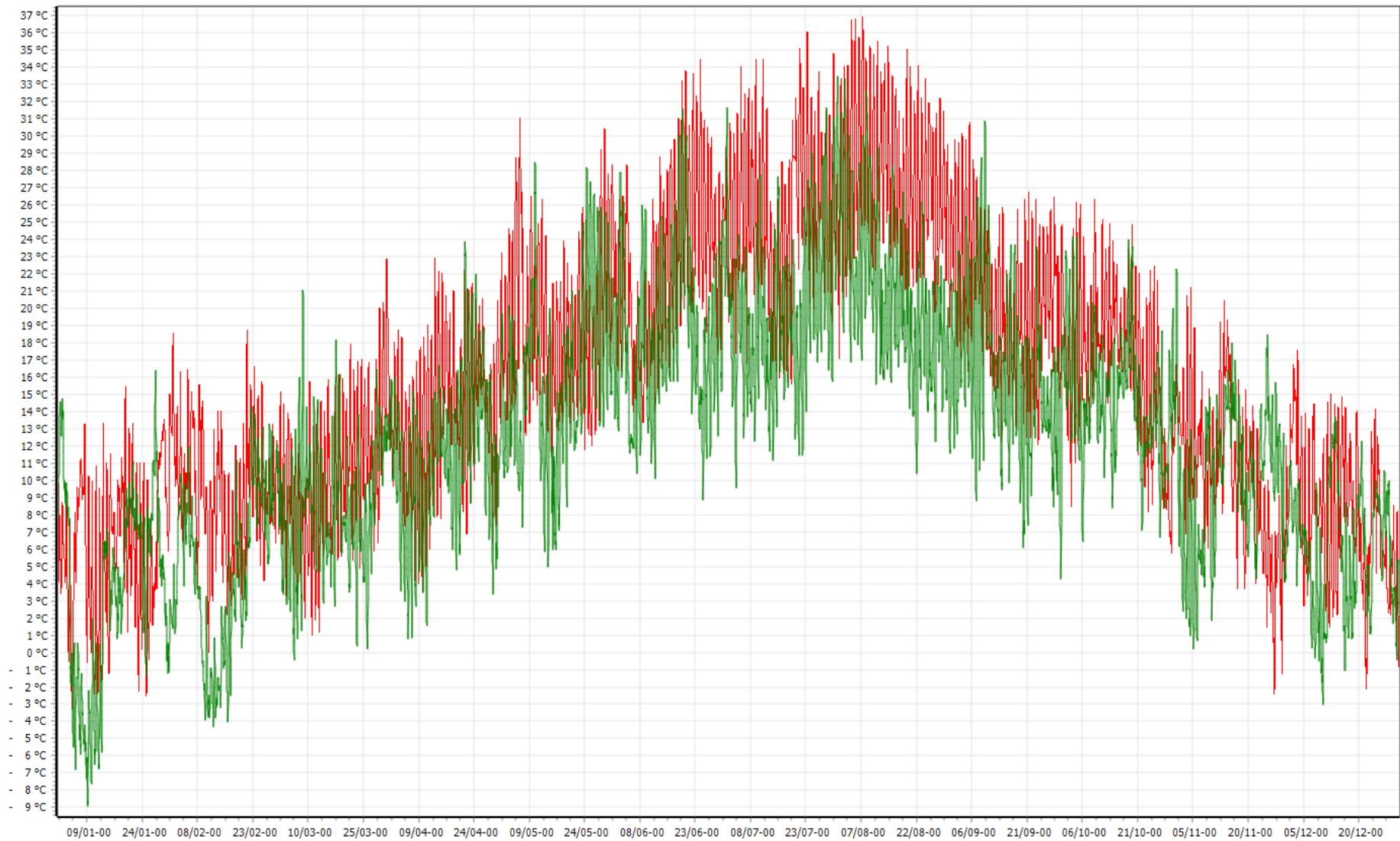
**Sur les pages suivantes, nous montrerons les principaux paramètres que comporte le fichier climatique propre à ces deux stations :**

- La température extérieure,
- La vitesse du vent,
- La direction du vent,
- DJU pour une température de consigne de 18°C, 20°C et 28°C.





- Graphique représentant les températures extérieures d'une année typique en **situation 1** (courbe verte) et d'un été chaud en **situation 2** (courbe rouge)



- DJU pour une température de consigne de 18°C, 20°C et 28°C.

Année Standard (H1a_Th-BC)		
DJU chauffage <b>18°C</b> = 2 118	DJU chauffage <b>20°C</b> = 2 592	DJU refroidissement <b>28°C</b> = 1
<p>Calcul des DJU</p> <p>Nom de la station H1a_Th-BC</p> <p>Altitude du site 60 m</p> <p>Chauffage</p> <p>Température de base 18 °C</p> <p>Saison de chauffage</p> <p>Première semaine 35</p> <p>Dernière semaine 18</p> <p>DJU 2118</p>	<p>Calcul des DJU</p> <p>Nom de la station H1a_Th-BC</p> <p>Altitude du site 60 m</p> <p>Chauffage</p> <p>Température de base 20 °C</p> <p>Saison de chauffage</p> <p>Première semaine 35</p> <p>Dernière semaine 18</p> <p>DJU 2592</p>	<p>Rafratchissement</p> <p>Température de base 28 °C</p> <p>Saison de climatisation</p> <p>Première semaine 25</p> <p>Dernière semaine 38</p> <p>DJU 11</p>
Année Été chaud (H3_Th_D)		
DJU chauffage <b>18°C</b> = 1 607	DJU chauffage <b>20°C</b> = 2 026	DJU refroidissement <b>28°C</b> = 86
<p>Chauffage</p> <p>Température de base 18 °C</p> <p>Saison de chauffage</p> <p>Première semaine 35</p> <p>Dernière semaine 18</p> <p>DJU 1607</p>	<p>Chauffage</p> <p>Température de base 20 °C</p> <p>Saison de chauffage</p> <p>Première semaine 35</p> <p>Dernière semaine 18</p> <p>DJU 2026</p>	<p>Rafratchissement</p> <p>Température de base 28 °C</p> <p>Saison de climatisation</p> <p>Première semaine 25</p> <p>Dernière semaine 38</p> <p>DJU 86</p>

### 3.3.3 Données d'entrée des typologies

#### 3.3.3.1 A1

#### Rappel de la typologie

##### Typologie maison A1

Maison de bourg avant 1915



#### Parois :

	Existant			
	Nature	b * (zone tampon)	U parois (W/m².K)	Surface (m²)
Plancher bas sur terre-plein	• Chape	sol	0,6	26,2
Murs extérieurs <b>pignons mitoyen</b>	ép. 50cm • Pierre moyenne (1850 kg/m³) • enduit plâtre	0	-	60,22
Murs extérieurs <b>façades et pignon est R+1</b>	ép. 50cm • Pierre moyenne (1850 kg/m³)+ • enduit plâtre	-	1,65**	34,1
Plancher des combles latéraux	• plafond en plâtre sur lattes	0,9	2,6	26,2

\*le coefficient d'atténuation b est donné à titre d'information, il n'est pas utilisé en SED.

\*\* "Pierre calcaire tendre-ferme densité 1850 kg/m³ avec prise en compte de joints terre, conductivité thermique

$\lambda = 1,25$

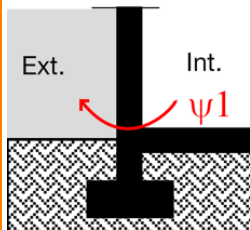
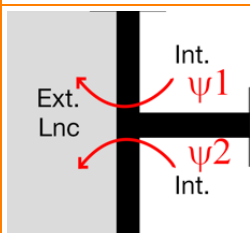
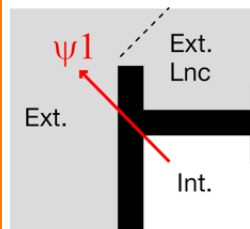
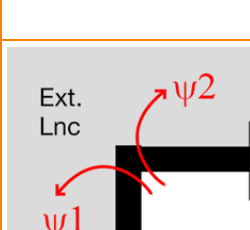
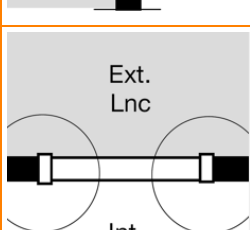
	Projet			
	Nature (de l'intérieur vers l'extérieur)	b * (zone tampon)	U parois (W/m².K)	Surface intérieure (m²)
Plancher bas sur terre-plein	• Chape	sol	0,6	25,3
Murs extérieurs <b>pignons mitoyen</b>	ép. 50cm • Pierre moyenne (1850 kg/m³) • enduit	0	-	53,5
Murs extérieurs sud et chambre R+2	• Pierre moyenne (1850 kg/m³) • <b>terre chènevotte 15 cm R=1,5</b> • <b>enduit</b>  + désolidarisation de la dalle pour isoler par 8 cm de liège dans l'épaisseur du plancher	-	0,48	61,5
Murs extérieurs Nord	• <b>Fibre de chanvre 17 cm R=3</b> • Pierre moyenne (1850 kg/m³) • <b>terre chènevotte 6 à 8 cm R=0,6 à 0,8</b> • <b>enduit</b>  8 cm de liège par l'extérieur en pied de mur		0,23	21,1
Retour de fenêtres	• <b>3 cm de liège R = 0,75</b>			
Rampants de toiture	• <b>Fibre de chanvre en vrac 34 cm (sous chevrons) R &gt; 6</b> • <b>pare-vapeur hygrovariable</b> • <b>vide technique 3 cm</b> • <b>Ba 13</b>	-	0,16	29,6

## Menuiseries

	Existant					
	Nature	Uw (W/m <sup>2</sup> .K)	Surface (m <sup>2</sup> )	Ug	Sg	TIw
Porte d'entrée	• Bois	3,5	3,7 m <sup>2</sup>	5,8	0,1	-
Fenêtre	• Bois simple vitrage	5	8,8 m <sup>2</sup>	5,8	0,6 5	0,6 5

	Projet								
	Nature	Uw (W/m <sup>2</sup> .K)	Surface (m <sup>2</sup> )	Sg	Sw/ Sws	TI g	U fra me	U vitra ge	Surfa ce vitrée
Porte d'entrée	• Porte isolée en bois avec double vitrage à isolation thermique renforcée	1,2	1,83 m <sup>2</sup>	-	0,2	-	-	-	-
Fenêtre	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,4	8,8 m <sup>2</sup>	0,63	0,47 /0,0 7	0,7	2,3	1,1	75 %
Porte fenêtre coté cour	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,58	1,83 m <sup>2</sup>	0,63	0,38 /0,0 6	0,7	2,3	1,1	60%
Fenêtre de toit chambre 2 R+2 (nord)	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,2	0,76 m <sup>2</sup>	0,32	0,25 /0,0 4	0,6	1,6	1,1	80 %

## PONTS THERMIQUES :

Existant				Projet	
Désignation		PSI (W/m.K)	Long .	PSI (W/m.K)	Long .
Mur extérieur / plancher bas		0,2	8,4 m	0,22	8,4 m
Mur extérieur / plancher intermédiaire		0,29	9,2 m	0,316	22,6 m
Mur extérieur / rampant de toiture		-	-	-	-
Mur extérieur / plancher haut comble		0,36	9,9 m	-	-
Ponts angles sortants		0,33	10,8 m	ITI/ITI 0,03	8,7 m
		0,6	10,8 m	ITI/Mur mitoyen 0,6	18,9 m
ponts menuiseries		0,33	39 m	0,236	39 m

La géométrie à l'état projet changeant (aménagement du grenier en chambre), les linéaires de ponts thermiques seront différents de ceux existants.

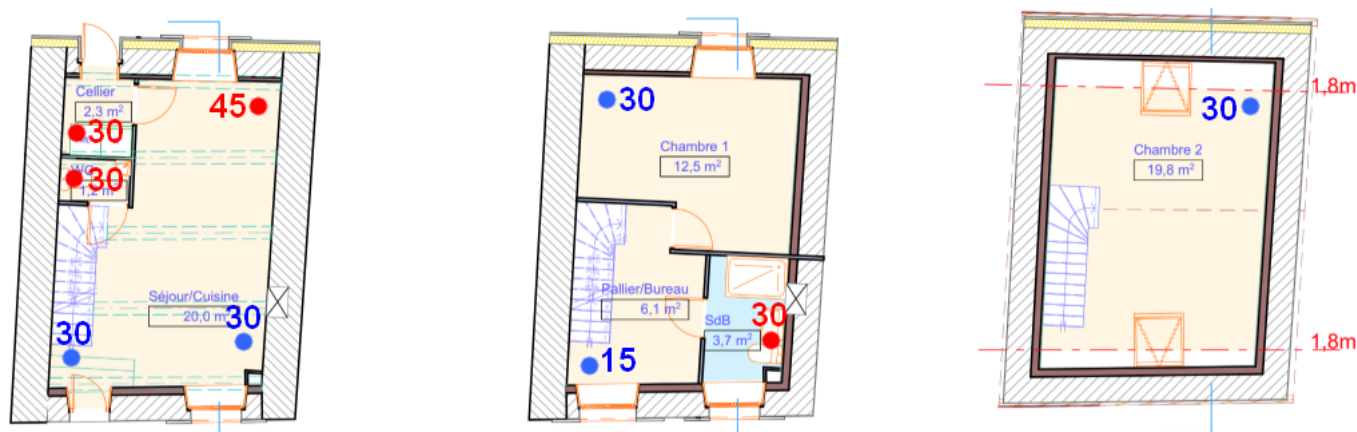
## Systèmes techniques

### VENTILATION :

Existant		Projet	
Ouverture des fenêtres la nuit de 20 à 9H sur la période d'été		VMC double-flux à récupération de chaleur Efficacité de l'échangeur certifiée NF : 97 %  <u>PHI : 84 % (retenu pour la modélisation)</u>	
		<i>Débits simulés</i>	
		Reprise :	Soufflage :
		Cuisine : 45/105 m <sup>3</sup> /h WC rdc : 30 m <sup>3</sup> /h SdB R+1 : 30 m <sup>3</sup> /h Cellier : 30 m <sup>3</sup> /h  Total : 135 m <sup>3</sup> /h *	Salon : 60 m <sup>3</sup> /h  Chambre 1 : 30 m <sup>3</sup> /h Bureau : 15 m <sup>3</sup> /h Chambre 2 : 30 m <sup>3</sup> /h  Total : 135 m <sup>3</sup> /h
Perméabilité à l'air Q4Pa	2,5 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	1,2 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	

\*le débit sera plus faible lors des moments où la production d'humidité sera faible

### Plan de repérage du dimensionnement des bouches de la VMC double-flux



- Débit de soufflage d'air m<sup>3</sup>/h
- Débit d'extraction d'air m<sup>3</sup>/h

**CHAUFFAGE :**

Existant	Projet
<u>Chauffage principal</u> : Chaudière murale gaz de ville d'ancienne génération <i>Valeurs par défauts :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puissance nominale</i> : 24 kW</li> <li>• <i>Puissance utile intermédiaire</i> : 8 kW</li> <li>• <i>Rendement de combustion à Pn</i> : 87 %</li> <li>• <i>Rendement de combustion à Pui</i> : 84 %</li> <li>• <i>Pertes à l'arrêt</i> : 336 W</li> </ul>	<u>Chauffage RDC</u> : poêle à granulés <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puissance</i> : 5 kW</li> <li>• Rendement : 92,5 %</li> </ul> <u>Chauffage ÉTAGE</u> : sèche serviette électrique dans la salle d'eau et attente électrique dans les chambres

**EAU CHAUDE SANITAIRE :**

Existant	Projet
Depuis la chaudière (production instantanée)	Chauffe eau thermodynamique <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Volume</i> : 150 L</li> <li>• <i>Puissance</i>: 1,35 kW</li> </ul>

**ÉCLAIRAGE :**

Existant	Projet
Selon méthode Th-BCE : Usage 01 - Maison individuelle <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,4 W/m<sup>2</sup></li> <li>• 200 Lux</li> </ul>	Selon méthode Th-BCE : Usage 01 - Maison individuelle <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,4 W/m<sup>2</sup></li> <li>• 200 Lux</li> </ul>

**AUXILIAIRES :**

Existant	Projet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage : 50 W (circulateur) »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation double-flux : <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 0,20 Wh/m<sup>3</sup></li> <li>◦ &gt; 135 m<sup>3</sup>/h</li> </ul> </li> </ul>



**Rappel de la typologie :****Typologie maison C2**

Maison rurale à étage avant 1880

**Parois :**

	Existant			
	Nature	b* (zone tampon)	U parois (W/m².K)	Surface (m²)
Plancher bas sur terre-plein	• Chape	terre-plein	0,6	56,4
Murs extérieurs	ép. 50cm • Pierre moyenne (1850 kg/m³) • enduit	-	1,65**	109,4
Murs sur grange	ép. 50cm • Pierre moyenne (1850 kg/m³) • enduit	0,9	1,5	23,6
Plancher des combles latéraux	• plafond en plâtre sur lattes	0,85	2,6	55,4

\*le coefficient d'atténuation  $b$  est donné à titre d'information, il n'est pas utilisé en SED.

\*\* "Pierre calcaire tendre-ferme densité 1850 kg/m³ avec prise en compte de joints terre, conductivité thermique

$\lambda = 1,25$

	Projet			
	Nature	b * (zone tampon)	U parois (W/m².K)	Surface intérieure (m²)
Plancher bas sur terre-plein	• Chape	terre-plein	0,6	52,6
Murs extérieurs Sud et Est <b>ITI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pierre moyenne (1850 kg/m³)</li> <li>• <b>terre chènevotte 15 cm R=1,5</b></li> <li>• <b>enduit</b></li> </ul> + désolidarisation de la dalle pour isoler par 8 cm de liège dans l'épaisseur du plancher	-	0,47	58,6
Murs extérieurs Nord et Ouest <b>ITE + ITI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fibre de chanvre 17 cm R=3</b></li> <li>• Pierre moyenne (1850 kg/m³)</li> <li>• <b>terre chènevotte 6 à 8 cm R=0,6 à 0,8</b></li> <li>• <b>enduit</b></li> </ul> 8 cm de liège par l'extérieur en pied de mur	-	0,23	61,3
Retour de fenêtres	• <b>3 cm de liège R = 0,75</b>			
Plancher des combles	• <b>Fibre de chanvre en vrac 40 cm entre solives + complément au-dessus R &gt; 7,1</b>	-	0,14	52,1

### Menuiseries :

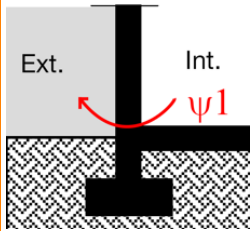
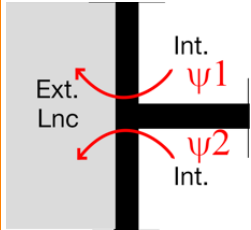
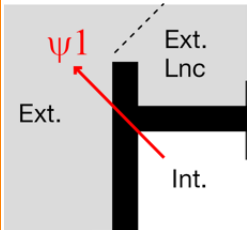
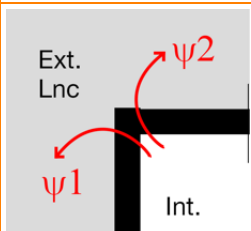
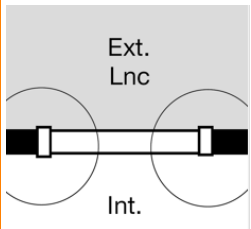
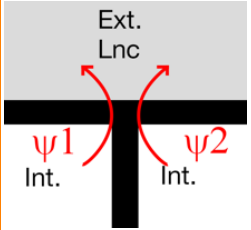
	Existant					
	Nature	Uw (W/m².K)	Surface (m²)	Ug	Sg	TIw
Porte d'entrée	• Bois	3,5	3,5 m²	5,8	0,1	-
Fenêtre	• Bois simple vitrage	5	7,8 m²	5,8	0,6 5	0,6 5

Projet								
Nature	Uw (W/m².K)	Surface (m²)	Sg	TI g	Sw/ Sws	U frame	U vitra ge	Surfa ce vitrée

Fenêtre	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,4	9,2 m <sup>2</sup>	0,63	0,7	0,47 /0,0 7	2,3	1,1	75 %
Porte fenêtre	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,58	3,5 m <sup>2</sup>	0,63	0,7	0,38 /0,0 6	2,3	1,1	60%

\*Les deux porte d'entrée existantes seront remplacées par deux porte fenêtres.

## PONTS THERMIQUES :

Existant				Projet	
Désignation		PSI (W/m.K)	Long .	PSI (W/m.K)	Long .
Mur extérieur / plancher bas		0,191	30 m	0,13	29 m
Mur extérieur / plancher intermédiaire		0,29	28,4 m	ITI 0,36	14,2 m
				ITI + ITE 0,05	13,1 m
Mur extérieur / plancher haut comble		0,369	30 m	ITI 0,25	14,2 m
				ITI + ITE 0,185	14,7 m
Ponts angles sortants		0,327	19,4 m	ITI/ITI 0,06	3,6 m
				ITE/ITE 0,14	4,8 m
				ITE + ITI / ITI 0,38	9,7 m
ponts menuiseries		0,33	42 m	ITI 0,2	23,6 m
				ITE + ITI 0,13	25 m
Refend sur mur		0,795	9,7 m	ITI 0,79	4,8 m
				ITE + ITI 0,145	4,8 m

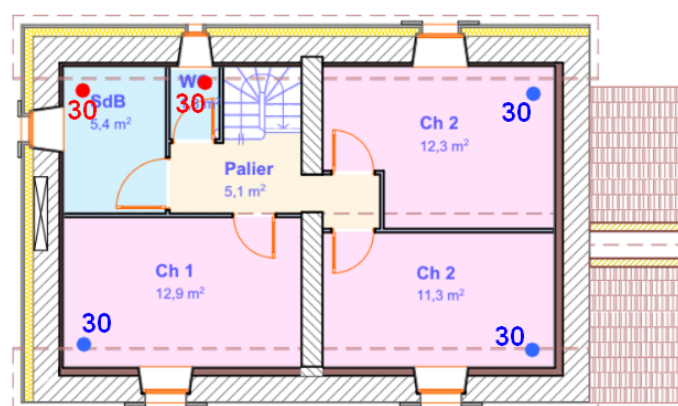
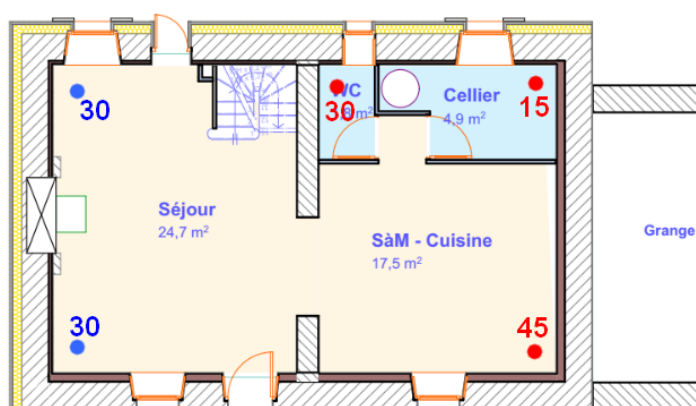
## Systèmes techniques

### VENTILATION :

Existant		Projet	
Ouverture des fenêtres la nuit de 20 à 9H sur la période d'été		VMC double-flux à récupération de chaleur Efficacité de l'échangeur certifiée NF : 97 %  <u>PHI : 84 % (retenu pour la modélisation)</u>	
		<i>Débits simulés</i>	
		Reprise :	Soufflage :
		Cuisine : 45/120 m <sup>3</sup> /h WC rdc : 30 m <sup>3</sup> /h Cellier : 15 m <sup>3</sup> /h SdB R+1 : 30 m <sup>3</sup> /h WC R+1 : 30 m <sup>3</sup> /h Total : 150 m <sup>3</sup> /h *	séjour : 60 m <sup>3</sup> /h Chambre 1 : 30 m <sup>3</sup> /h Chambre 2 : 30 m <sup>3</sup> /h Chambre 3 : 30 m <sup>3</sup> /h Total : 150 m <sup>3</sup> /h
Perméabilité à l'air Q4Pa	2,5 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	1,2 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	

\*le débit sera plus faible lors des moments où la production d'humidité sera faible

### Plan de repérage du dimensionnement des bouches de la VMC double-flux



● Débit de soufflage d'air m³/h

● Débit d'extraction d'air m³/h

**CHAUFFAGE :**

Existant	Projet
<u>Chauffage principal</u> : Chaudière murale gaz de ville d'ancienne génération  <i>Valeurs par défauts :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puissance nominale</i> : 24 kW</li> <li>• <i>Puissance utile intermédiaire</i> : 8 kW</li> <li>• <i>Rendement de combustion à Pn</i> : 87 %</li> <li>• <i>Rendement de combustion à Pui</i> : 84 %</li> <li>• <i>Pertes à l'arrêt</i> : 336 W</li> </ul>	<u>Chauffage RDC</u> : poêle à bûche <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puissance</i> : 5 kW</li> <li>• Rendement : 82 %</li> </ul> <u>Chauffage ÉTAGE</u> : sèches serviette électrique dans la salle d'eau et attente électrique dans les chambres

**EAU CHAUDE SANITAIRE :**

Existant	Projet
Depuis la chaudière (production instantanée)	Chauffe eau thermodynamique <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Volume</i> : 200 L</li> <li>• <i>Puissance</i>: 1,35 kW</li> </ul>

**ÉCLAIRAGE :**

Existant	Projet
Selon méthode Th-BCE : Usage 01 - Maison individuelle <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,4 W/m<sup>2</sup></li> <li>• 200 Lux</li> </ul>	Selon méthode Th-BCE : Usage 01 - Maison individuelle <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,4 W/m<sup>2</sup></li> <li>• 200 Lux</li> </ul>

**AUXILIAIRES :**

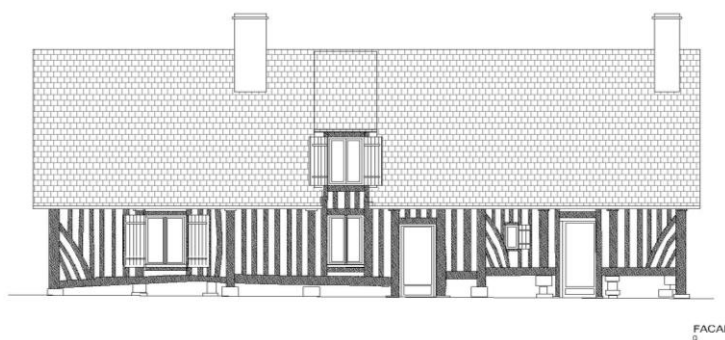
Existant	Projet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage : 50 W (circulateur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation double-flux : <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 0,20 Wh/m<sup>3</sup></li> <li>◦ &gt; 150 m<sup>3</sup>/h</li> </ul> </li> </ul>

### 3.3.3.3 C4

## Rappel de la typologie

### Typologie maison C4

Longère avant 1880



## Parois :

	Existant			
	Nature	b* (zone tampon)	U parois (W/m².K)	Surface (m²)
Plancher bas sur terre-plein	• Chape	sol	0,6	71,8
Murs extérieurs <b>pignons</b>	ép. 23cm • brique pleine ép 21 cm • enduit plâtre	-	2,3	41,7
Murs extérieurs <b>façades</b>	ép. 12cm • Pan de bois remplissage gravas et plâtre • enduit plâtre	-	2,15	55,8
Mur de soubassement périphérique	ép. 30 cm • Pierre calcaire tendre- ferme	-	2,2	14,5
Rampants de toiture	• Air + plâtre	-	4	130,8
Joue de lucarne	• Air + plâtre	-	3	2,7

\*le coefficient d'atténuation b est donné à titre d'information, il n'est pas utilisé en SED.

	Projet			
	Nature	b * (zone tampon)	U parois (W/m².K)	Surface intérieure (m²)
Plancher bas sur terre-plein	• Chape	sol	0,6	64,4
Murs extérieurs <b>pignons</b>	• brique pleine ép 21 cm + enduit plâtre • <b>Terre chènevotte 15 cm R=1,5</b> <i>Pignon ouest bardé</i>	-	0,3	38,8
Murs extérieurs <b>façades</b>	• Pan de bois remplissage chaux ou plâtre • <b>Terre chènevotte 15 cm R=1,5</b>	-	0,29	64,3
Mur de soubassement périphérique	• Pierre calcaire 30 cm • <b>Liège 15 cm R=3,75</b>	-	0,24	14
Rampants de toiture	• <b>Fibre de chanvre en vrac 34 cm (sous chevrons) R &gt; 6</b> • <b>pare-vapeur hygrovariable</b> • <b>vide technique 3 cm</b> • <b>Ba 13</b>	-	0,16	112
Joue de lucarne	• <b>Fibre de chanvre en vrac 12 cm R &gt; 2,1</b> • <b>pare-vapeur hygrovariable</b> • <b>vide technique 3 cm</b> • <b>Ba 13</b>	-	0,41	2

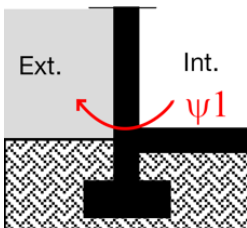
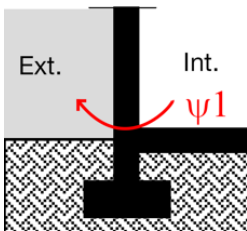
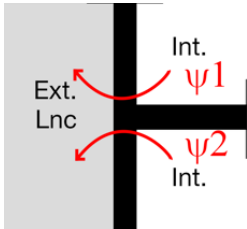
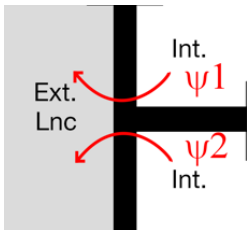
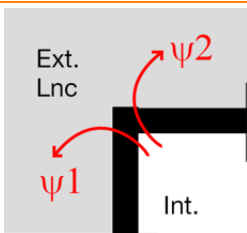
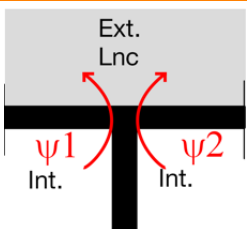
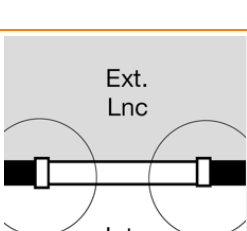


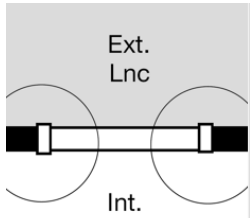
## Menuiseries :

	Existant					
	Nature	Uw (W/m².K)	Surface (m²)	Ug	Sg	Tlw
Porte d'entrée	• Bois	3,5	5,6 m²	5,8	0,1	-
Fenêtre	• Bois simple vitrage	5	8,8 m²	5,8	0,6 5	0,6 5

	Projet								
	Nature	Uw (W/m².K)	Surface (m²)	Sg	Tl g	Sw/ Sws	U frame	U vitra ge	Surfa ce vitrée
Fenêtre	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,4	8,8 m²	0,6 3	0,7	0,47 /0,0 7	2,3	1,1	75 %
Porte fenêtr	• Bois double vitrage Isolation thermique renforcée	1,58	5,6 m²	0,6 3	0,7	0,38 /0,0 6	2,3	1,1	60%

## PONTS THERMIQUES :

Existant			Projet		
Désignation		PSI (W/m.K)	Long .	PSI (W/m.K)	Long .
<b>Colombage</b> Mur extérieur / plancher bas		0,236	29 m	0,18	29 m
<b>Brique pleine</b> Mur extérieur / plancher bas		0,23	9,9 m	0,18	9,9 m
<b>Colombage</b> Mur extérieur / plancher intermédiaire		0,429	28,5 m	0,15	28,5 m
<b>Brique pleine</b> Mur extérieur / plancher intermédiaire		0,475	9,9 m	0,17	9,9 m
Ponts angles sortants <b>colombage / brique pleine</b>		0,107	10,88 m	0,03	10,88 m
<b>Colombage</b> Mur extérieur / refend RDC 90 cm		1,519	5,4 m	1,12	5,4 m
<b>Colombage</b> ponts menuiseries		0,03	42,1 m	0,2	42,1 m

<b>Brique pleine</b> ponts menuiseries		0,125	12,2 m	0,05	12,2 m
--	---	-------	--------	------	--------

## Systèmes techniques

### VENTILATION :

Existant		Projet	
Ouverture des fenêtres la nuit de 20 à 9H sur la période d'été		VMC simple-flux hygro B - gaine semi-rigide - entrée d'air hygroréglables - sortie de toiture aéraulique - détalonnage des portes intérieures	
		<i>Débits simulés</i>	
		Reprise :	Module d'entrée d'air
		Cuisine : 45/120 m <sup>3</sup> /h WC rdc : 15 m <sup>3</sup> /h SdB R+1 : 30 m <sup>3</sup> /h Total : 90 m <sup>3</sup> /h *	Salon : 45 m <sup>3</sup> /h Bureau : 30 m <sup>3</sup> /h Chambre 1 : 30 m <sup>3</sup> /h Chambre 2 : 30 m <sup>3</sup> /h Total : 135 m <sup>3</sup> /h
Perméabilité à l'air Q4Pa	2,5 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	1,2 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	

\*le débit sera plus faible lors des moments où la production d'humidité sera faible

**CHAUFFAGE :**

Existant	Projet
<p><u>Chauffage principal</u> : Chaudière murale gaz de ville d'ancienne génération</p> <p><i>Valeurs par défauts :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puissance nominale</i> : 24 kW</li> <li>• <i>Puissance utile intermédiaire</i> : 8 kW</li> <li>• <i>Rendement de combustion à Pn</i> : 87 %</li> <li>• <i>Rendement de combustion à Pui</i> : 84 %</li> <li>• <i>Pertes à l'arrêt</i> : 336 W</li> </ul>	<p><u>Chauffage central</u> : pompe à chaleur air/eau double service</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puissance</i> : 6 kW</li> <li>• <i>Conforme aux normes techniques de performances NF EN 14511 / NF 14 825</i></li> </ul> <p><u>émetteurs</u> : Conservation des émetteurs existant si bon état. Sinon, mise en place de radiateurs sur-dimensionnés afin de faire fonctionner la pompe à chaleur en basse température.</p>

**EAU CHAUDE SANITAIRE :**

Existant	Projet
Depuis la chaudière (production instantanée)	Depuis la PAC : ballon volume 200 Litres

**ÉCLAIRAGE :**

Existant	Projet
<p>Selon méthode Th-BCE : Usage 01 - Maison individuelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,4 W/m<sup>2</sup></li> <li>• 200 Lux</li> </ul>	<p>Selon méthode Th-BCE : Usage 01 - Maison individuelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,4 W/m<sup>2</sup></li> <li>• 200 Lux</li> </ul>

**AUXILIAIRES :**

Existant	Projet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage : 50 W (circulateur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation simple-flux : <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 0,20 Wh/m<sup>3</sup></li> <li>◦ &lt; 90 m<sup>3</sup>/h</li> </ul> </li> </ul>

## 4 RESULTATS

### 4.1 A l'état existant – performance énergétique

#### 4.1.1 Performances énergétique et économique

Caractéristiques géométriques du bâtiment

	SHAB (m²)	Volume (m³)	Atbat(*) (m²)	Nb niveaux chauffés	Mitoyen
<b>A1</b>	<b>47,4</b>	129,6	72,8	2	pignons
<b>C2</b>	106,6	267,2	200	2	Non
<b>C4</b>	107,4	329,34	260	2	Non

La surface habitable de A1 est faible. C'est suffisant pour une personne seule ou un couple. Cependant, pour un usage familial, il sera nécessaire d'aménager ses combles.

(\*) surface totale des parois délimitant le volume chauffé

#### REPARTITION DES DEPERDITIONS DU BATIMENT

	<b>A1</b>	<b>C2</b>	<b>C4</b>
<b>Renouvellement d'air</b>	4,5 %	5,0 %	3,7 %
<b>Plancher bas</b>	4,4 %	3,9 %	3,4 %
<b>Parois verticales</b>	30,2 %	44,7 %	29,4 %
<b>Fenêtres</b>	18,5 %	7,9 %	5,2 %
<b>Porte</b>	5,3 %	2,6 %	2,3 %
<b>Planchers hauts / toitures</b>	23,7 %	24,7 %	<b>51,6 %</b>
<b>Ponts thermiques angles</b>	2,3 %	1,3 %	0,1 %
<b>Ponts thermiques pl bas</b>	1,0 %	1,2 %	1,1 %
<b>Ponts thermiques pl inter</b>	1,2 %	1,7 %	2,0 %
<b>Ponts thermiques pl haut</b>	1,5 %	2,3 %	0,0 %
<b>Ponts thermiques menuiseries</b>	7,5 %	3,0 %	0,3 %
<b>Ponts thermiques refend</b>	0,0 %	1,6 %	1,0 %

Il a été supposé que l'étage de C4 donne sous rampants non isolé, et leur surface est importante. Les déperditions en toitures sont donc très élevées (52%).

## INDICATEUR CONVENTIONNEL

	A1	C2	C4
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	412	415	499
<b>GES (kgCO2/m²/an)</b>	90	92	110
<b>Ubat (W/m².k)</b>	2,13	1,81	2,52
<b>Ubat base (W/m².k)</b>	0,63	0,58	0,46
<b>Classe énergétique</b>	F	F	G

Les coefficients Ubat sont élevés, traduisant une déperdition élevée de l'enveloppe. En conséquence, les coefficients CEP et GES sont également élevés (hypothèse chaudière gaz standard pour les 3 typologies).

## RESULTAT SIMULATION STD

	A1	C2	C4
<b>Besoin thermique net (kWh/an)</b>	9 942	17 965	39 811
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	210	169	371
<b>Apport gratuit (kWh/an)</b>	2 499	5 442	7 197
<b>Apport gratuit %</b>	20 %	23 %	15 %

Le besoin thermique net est extrêmement élevé pour C4 (du fait de combles déclarés habitables et pris en compte dans la surface chauffée, alors que thermiquement non isolés. Situation non réaliste, remettant en cause son aptitude à être habitée en l'état).

Pour A1 et C2 le facteur possible de réduction des consommations est de 3,4 à 4 pour atteindre le seuil de 50 kWh/an.m² (bâtiment basse consommation).

## RESULTAT SIMULATION SED

	A1	C2	C4
<b>Consommation (kWhef/an)</b>	21 356	46 306	77 418
<b>Consommation (kWhef/an/m²)</b>	451	434	721
<b>Consommation (kWhep/an)</b>	23 077	50 595	81 734
<b>Consommation (kWhep/an/m²)</b>	487	475	761
<b>Bilan CO2 (kg/an/m²)</b>	98	94	159

Les émissions de GES sont élevées étant donné le besoin important en chauffage ainsi que l'utilisation du gaz, qui est une énergie émettrice en gaz à effet de serre. Selon la modélisation conventionnelle adoptée de la chaudière gaz, cette dernière est très peu performante (très vétuste) ce qui amène des consommations excessives pour les 3 typologies, et surtout pour C4 du fait de fortes déperditions.

## COUT D'EXPLOITATION

	A1	C2	C4
Prix du kWh gaz (€/kWh)	0,11 €		
Prix du kWh électricité (€/kWh)	0,23 €		
Coût d'exploitation gaz	2 442 €	4 969 €	8 389 €
Coût d'exploitation électricité	285 €	739 €	745 €
Entretien chaudière	140 €	140 €	140 €
Prix des abonnements (gaz et électricité)	411 €	411 €	411 €
Coût total lié à l'énergie	3 278 €	6 259 €	9 685 €

Pour des raisons de simplicité, il a été pris en compte un chauffage au gaz de ville pour les 3 typologies ; Ce qui n'est pas réaliste pour C2 et C4 (maisons de campagne) pour lesquelles un chauffage au fioul ou bois/électricité ou encore gaz citerne est généralement constaté.

Les trois typologies, conservées dans leurs jus, ont un coût de fonctionnement économiquement trop élevé pour être chauffées à des températures confortables. Bien que cela soit en partie dû à la modélisation conventionnelle d'un système de chauffage très peu performant à l'état initial, il n'en reste pas moins que la majorité des occupants de ces typologies doivent accepter des inconforts, voire ne pas chauffer certaines zones pour les maisons les plus grandes.

L'étage de C4 est économiquement non apte à être habité.

#### 4.1.2 Confort thermique A1 (nombre d'heure de dépassement)

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone A1 état existant :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Existant en situation 1 (H1a Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Cuisine	9	26	1 556	128					
Chambre 1	9	27	1910	223	34				
Chambre 2	9	27	1611	220	25				
WC	9	26	1 235	134					
Salle de bain	9	27	1 971	183	17				
Palier et cage escalier	9	26	1 485	174					
Salon	9	26	1 425	143					
Cuisine occupation	10	26	854	17					
Chambre 1 occupation	9	27	857	40	6				
Chambre 2 occupation	10	27	819	34	3				
Salon occupation	11	25	866	7					

*\*Occup : période durant laquelle les occupants sont présents.*

Maison confortable en été dans la zone climatique H1a.



## Analyse des heures de dépassement par zone

### **Existant en situation 2 (H3\_Th-D)**

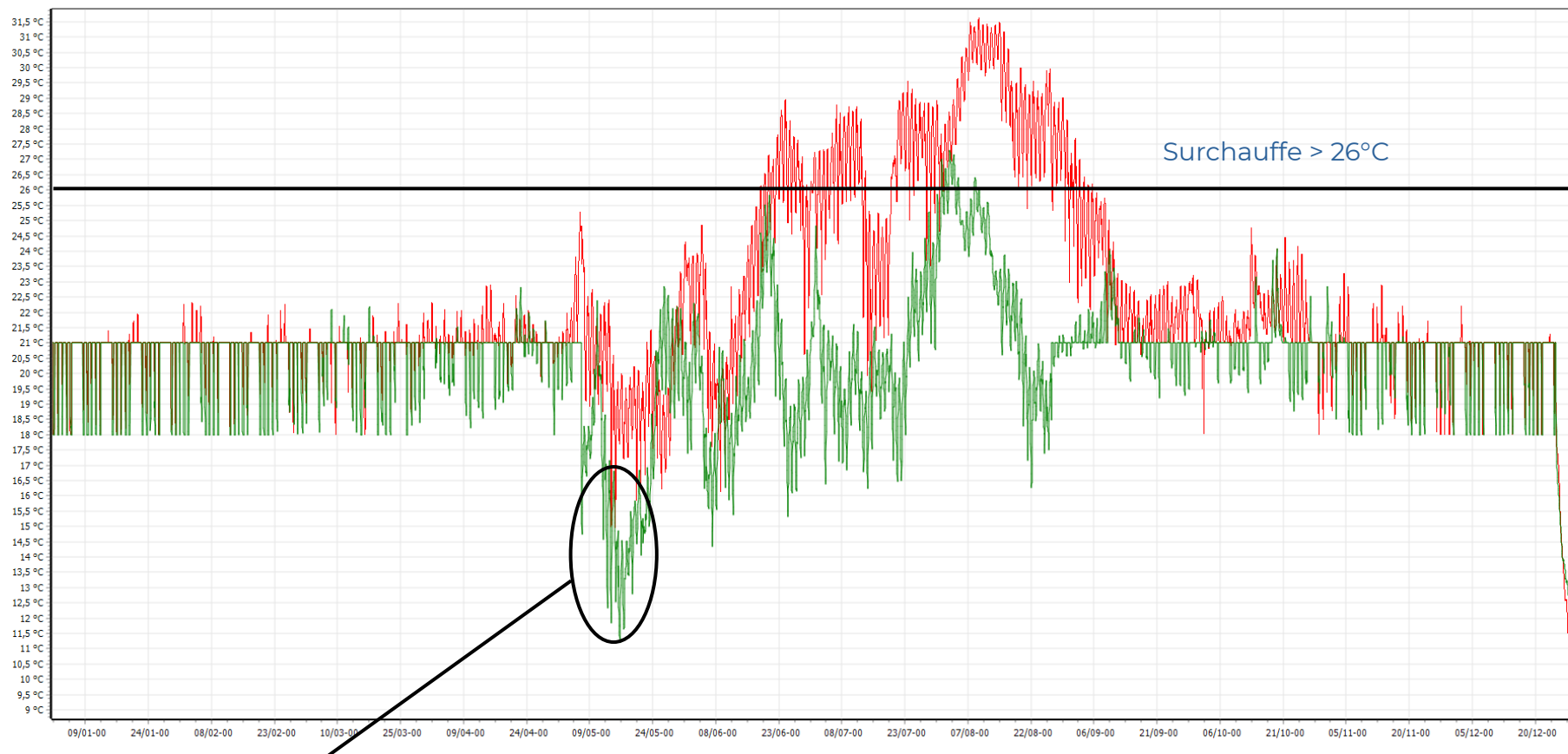
période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Cuisine	9	30	728	1487	769	233			
Chambre 1	9	31	1072	1553	927	327	51		
Chambre 2	9	31	666	1572	920	307	46		
WC	9	30	499	1535	827	240			
Salle de bain	9	31	814	1410	743	261	32		
Palier et cage escalier	9	31	610	1542	874	257	1		
Salon	9	30	547	1496	767	232			
Cuisine occupation	13	30	314	875	340	21			
Chambre 1 occupation	12	30	337	916	432	74			
Chambre 2 occupation	14	30	298	936	444	59			
Salon occupation	14	30	307	892	360	20			

Quelques inconforts ressentis en été, particulièrement dans les chambres avec des températures dépassant les 28°C voire 30°C très ponctuellement pour une localisation en zone H3. En revanche, aucune heure avec une température dépassant 30°C en occupation.

## Graphique de l'évolution de la température intérieure de la chambre 2 (A1) :

On retrouvera en **vert** la **situation 1**, et en **rouge** la **situation 2**.

Hypothèse : volets fermés à 100 % de 9h à 20h en été. Les températures estivales seraient plus élevées si les volets n'étaient pas entièrement fermés sur cette période.

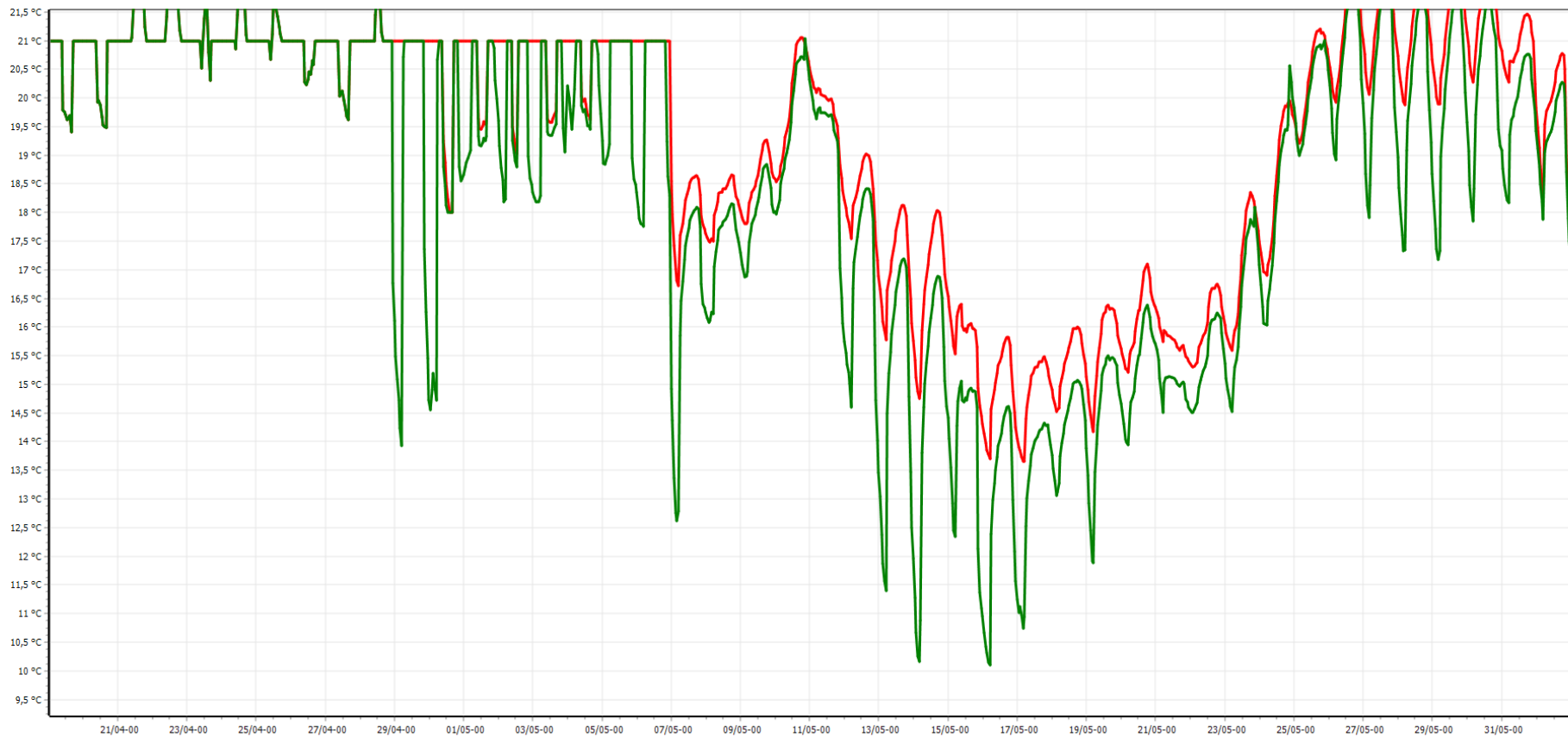


En zone H1a, les nuits en intersaison sont froides alors qu'on effectue une ventilation nocturne sur cette période. Cela engendre des chutes de températures intérieures, il convient de retarder le scénario d'ouverture des volets et des fenêtres à fin mai.

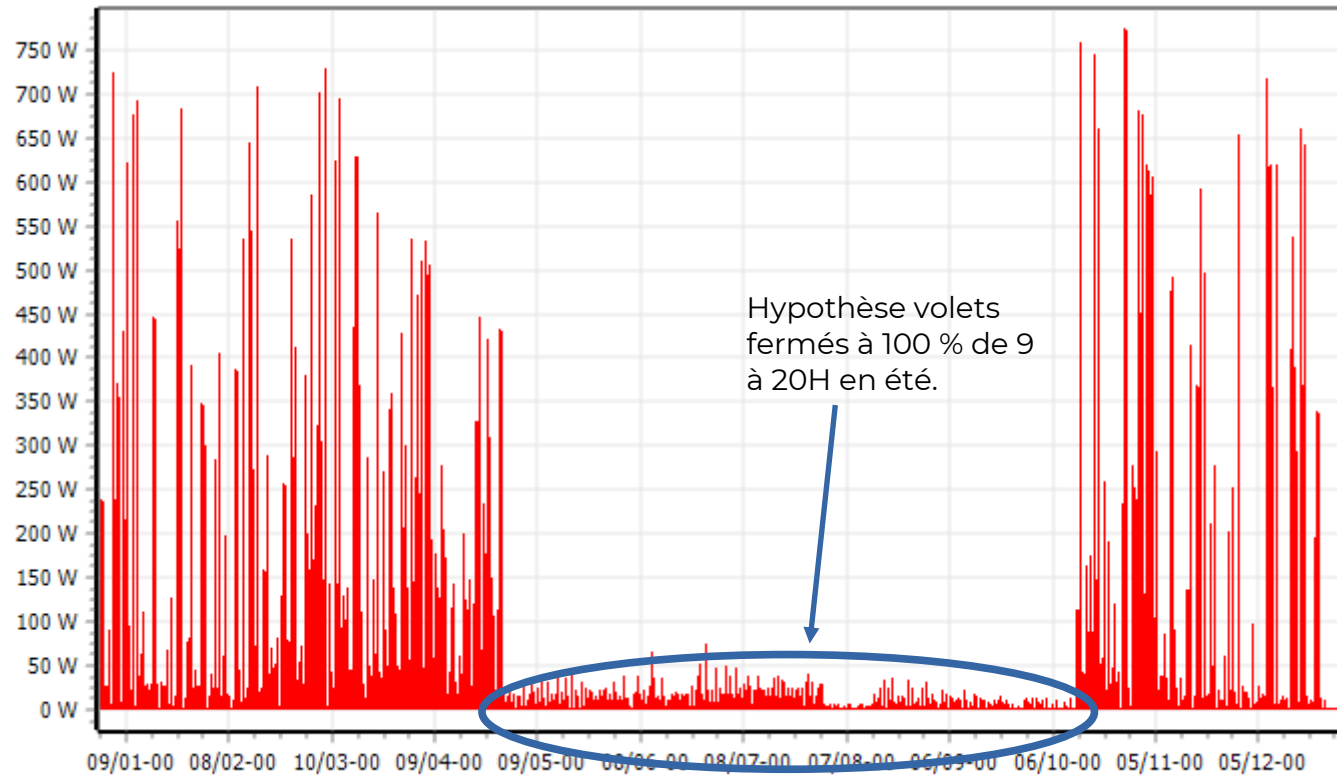
Pour la zone H1a, il serait pertinent de reporter le scénario d'ouverture des fenêtres à fin mai. = redondant avec le cadre de gauche, à supprimer.

### Graphique de l'évolution de la température intérieure dans la pièce la plus froide en inter-saison : Salle de bain en **situation 1 (zone H1)**

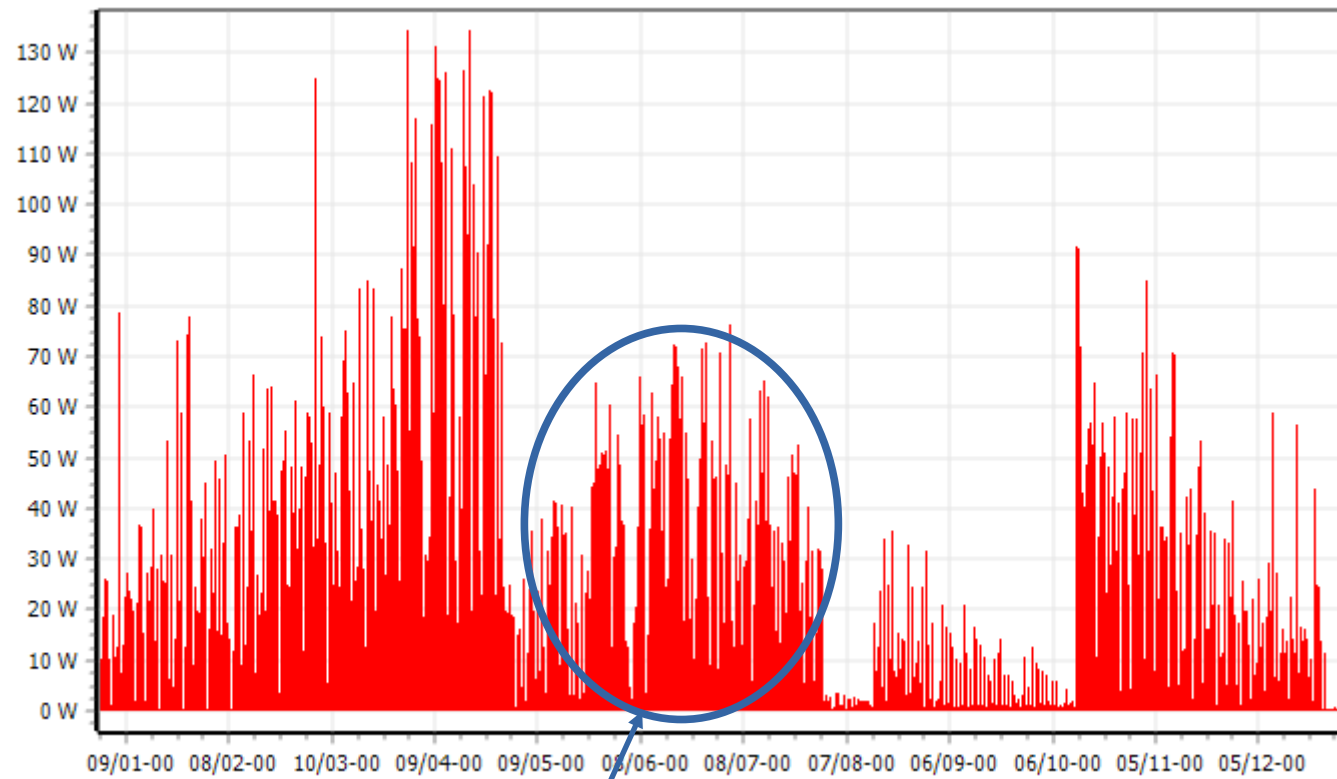
La courbe **verte** représente l'hypothèse **ouverture des fenêtres dès mai**, tandis que la courbe **rouge** prend en considération une **ouverture des fenêtres la nuit que à partir de fin mai**. On constate que les températures baissent moins cependant, elles restent faibles, amenant à la nécessité de chauffer jusqu'à fin mai. La salle de bain n'est sans doute pas la pièce la plus représentative mais les conclusions peuvent être extrapolées aux autres pièces.



Apport solaire de la chambre 2 (A1) :



Apport solaire de la chambre 1 :

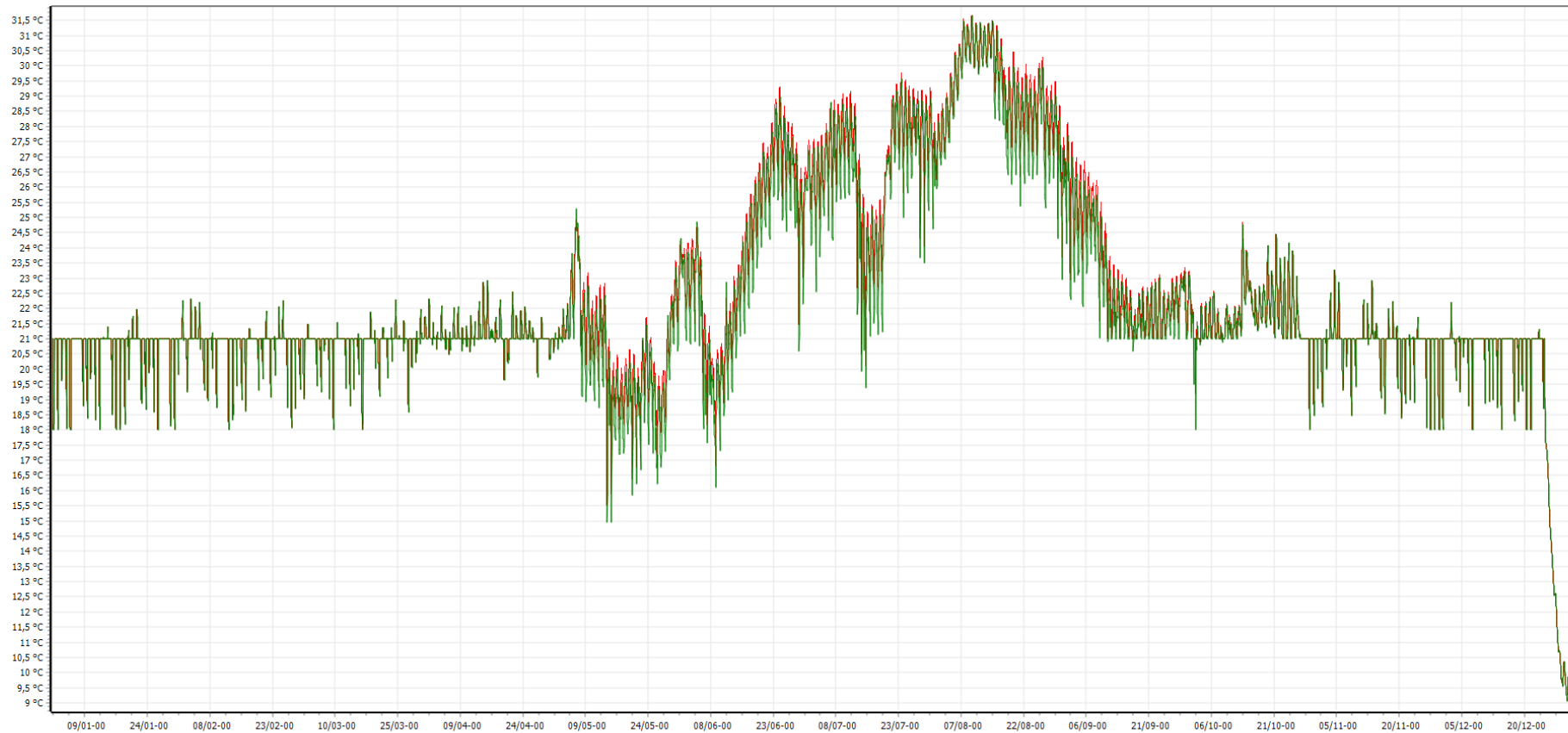


Apport solaire matinal sur la  
chambre nord avant la  
fermeture des volets à 8H.

## Comparaison température estivale en zone BR1 et BR2,3 dans la chambre 2 exposée Sud

Situation 2 en zone BR1 en vert et situation 2 en zone BR2,3 en rouge

On constate une très légère hausse des températures de 0,5 °C en moyenne, du fait de la limite sur l'ouverture des fenêtres à cause d



#### 4.1.3 Confort thermique C2 (nombre d'heure de dépassement)

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C2 état existant :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Existant en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Séjour	9	27	1 863	248	33				
Chambre 1	9	29	1 762	332	105	5			
Chambre 2	9	29	1 641	345	101	4			
Salle de bain	8	27	1 952	203	10				
Séjour occupation	10	27	885	44	3				
Chambre 1 occupation	10	28	687	119	30				
Chambre 2 occupation	11	28	616	115	29				

Maison confortable en été.

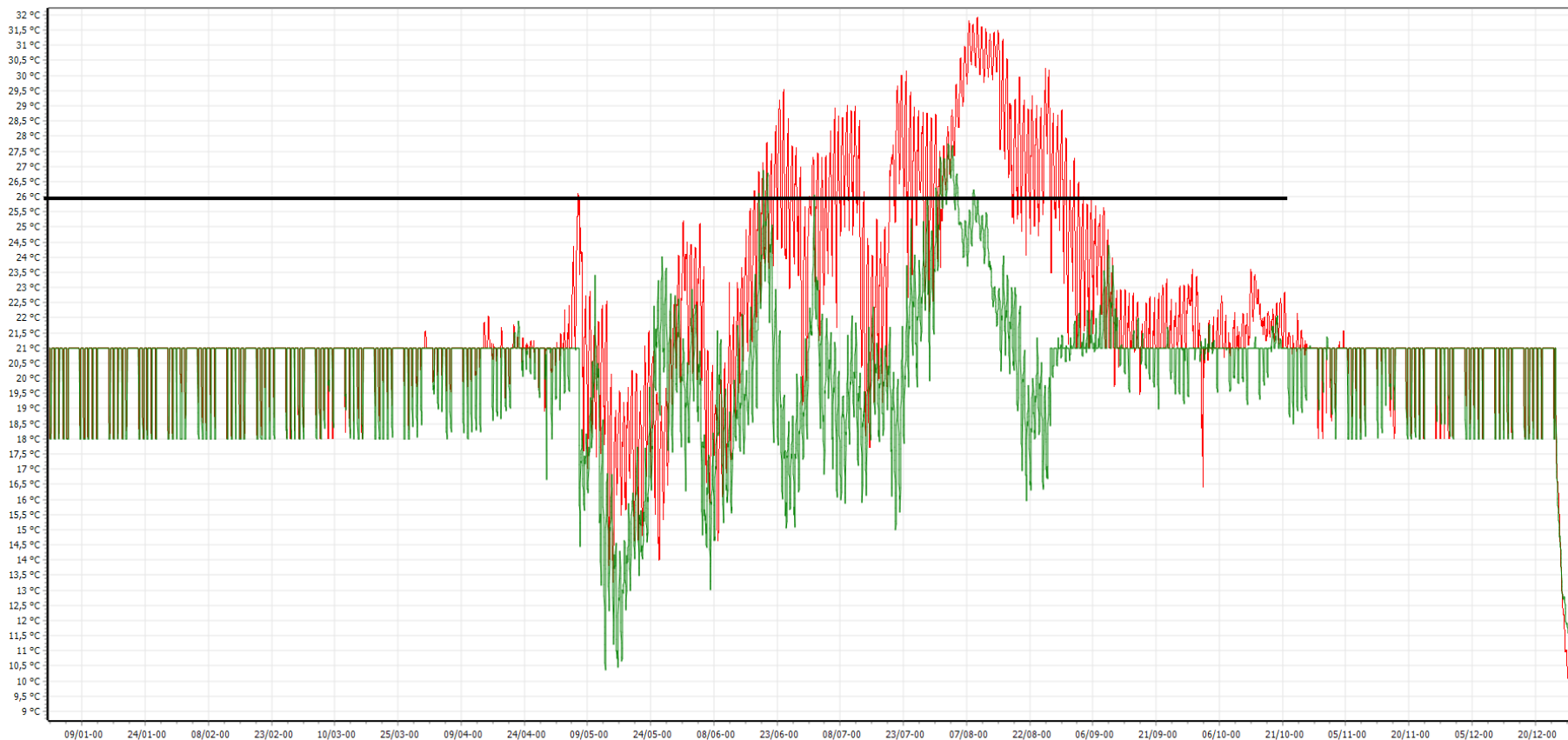
<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Existant en situation 2 (H3_Th-D)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Séjour	9	31	999	1 479	872	346	78		
Chambre 1	9	33	942	1 807	1 208	649	188	10	
Chambre 2	9	33	879	1 865	1 287	694	197	13	
Salle de bain	9	31	977	1 400	717	262	31		
Séjour occupation	13	31	364	874	404	89	3		
Chambre 1 occupation	14	32	234	1 151	665	272	47		
Chambre 2 occupation	14	32	193	1 203	736	309	54		

\*Occup : période durant laquelle les occupants sont présents.

Inconforts non négligeables en été, particulièrement dans les chambres avec des températures dépassant les 30°C voire 32°C très ponctuellement, mais hors période d'occupation.

### Graphique de l'évolution de la température intérieure du séjour :

On retrouvera en **vert** la **situation 1 (zone H1)**, et en **rouge** la **situation 2 (zone H3)**. *Hypothèse : volets fermés à 100 % de 9h à 20h en été. Les températures estivales seraient plus élevées si les volets n'étaient pas entièrement fermés sur cette période.*



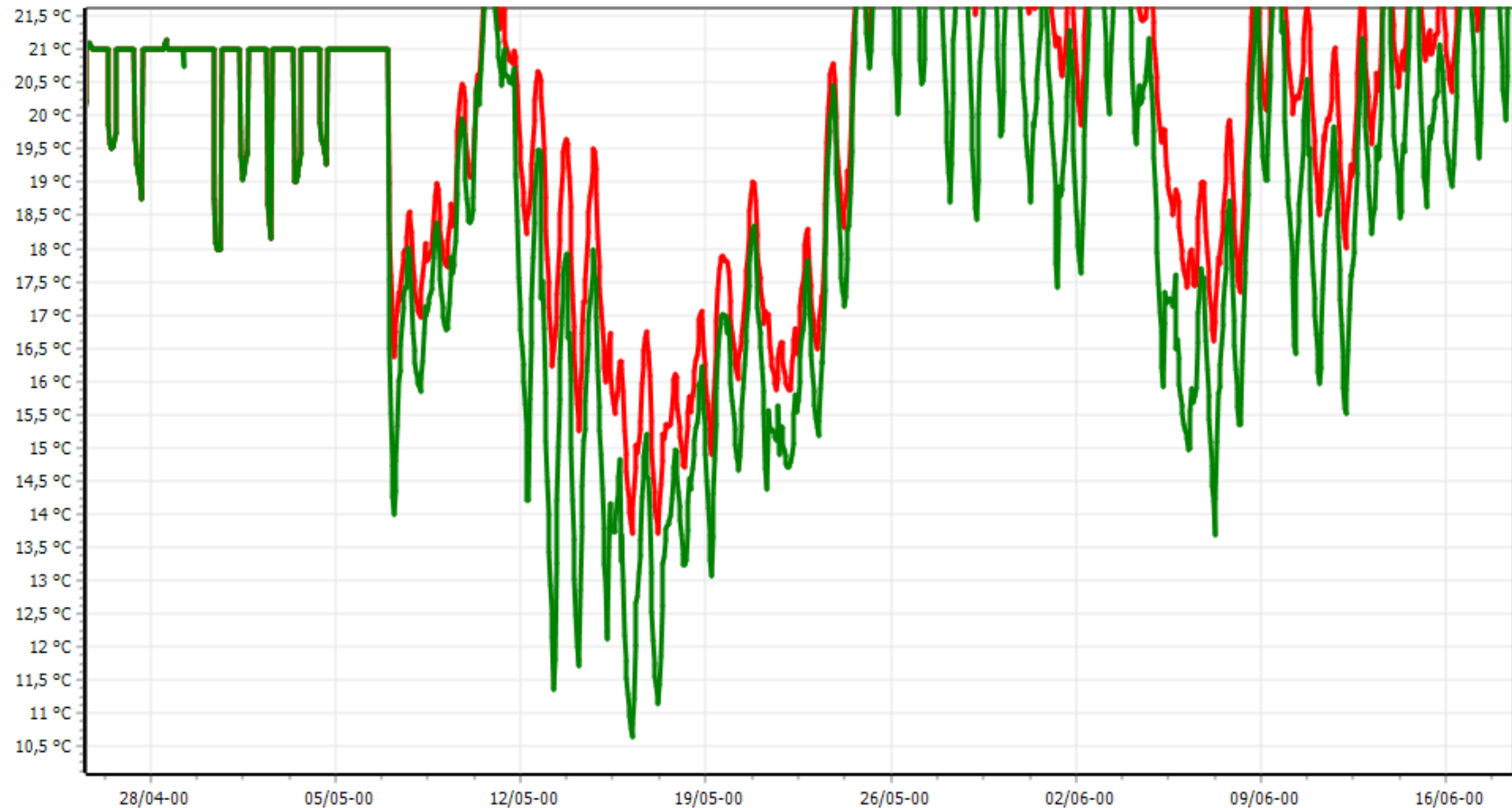
En zone H1a, les nuits en intersaison sont froides alors qu'on effectue une ventilation nocturne sur cette période. Cela engendre des chutes de températures intérieures, il convient de retarder le scénario d'ouverture des volets et fenêtres à fin juin.

Pour la zone H1a, il serait pertinent de reporter le scénario d'ouverture des fenêtres à fin juin.

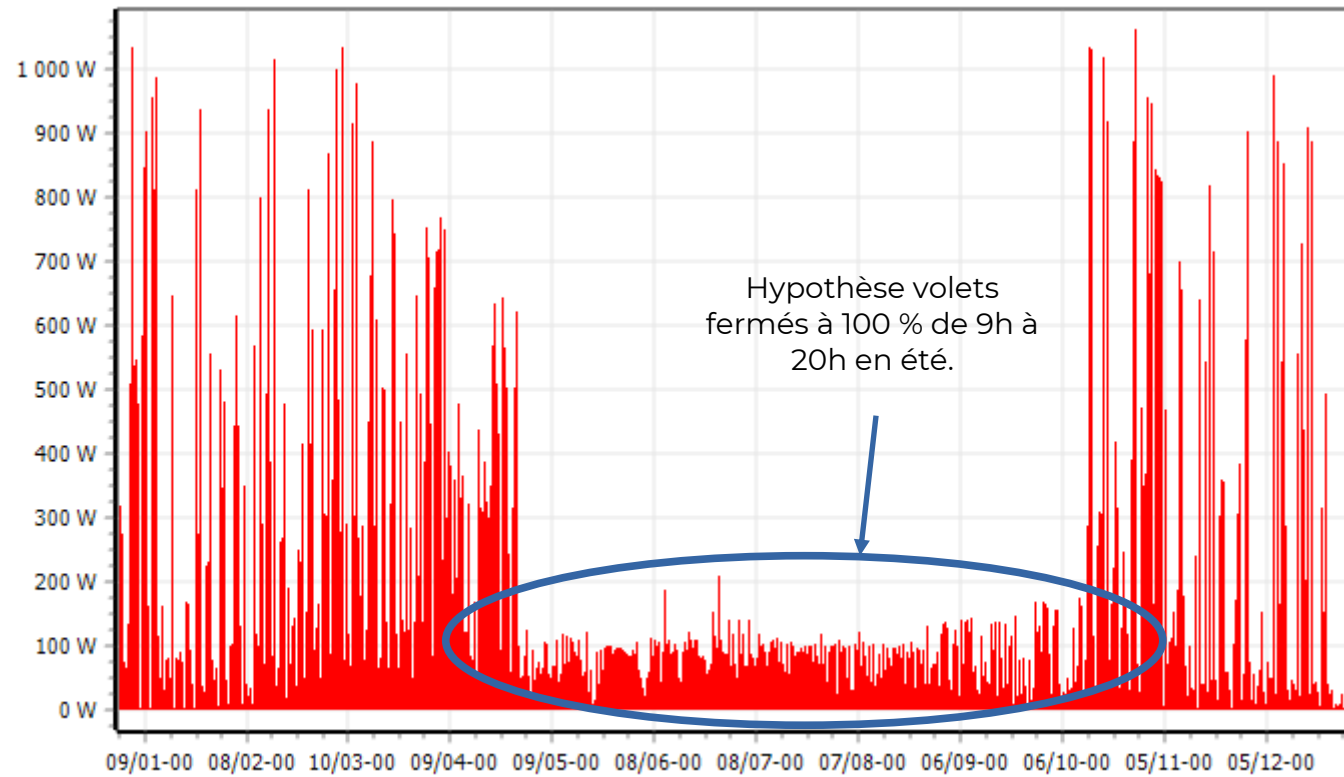


Graphique de l'évolution de la température intérieure dans la pièce la plus froide en inter-saison : Chambre 1 en **situation 1**

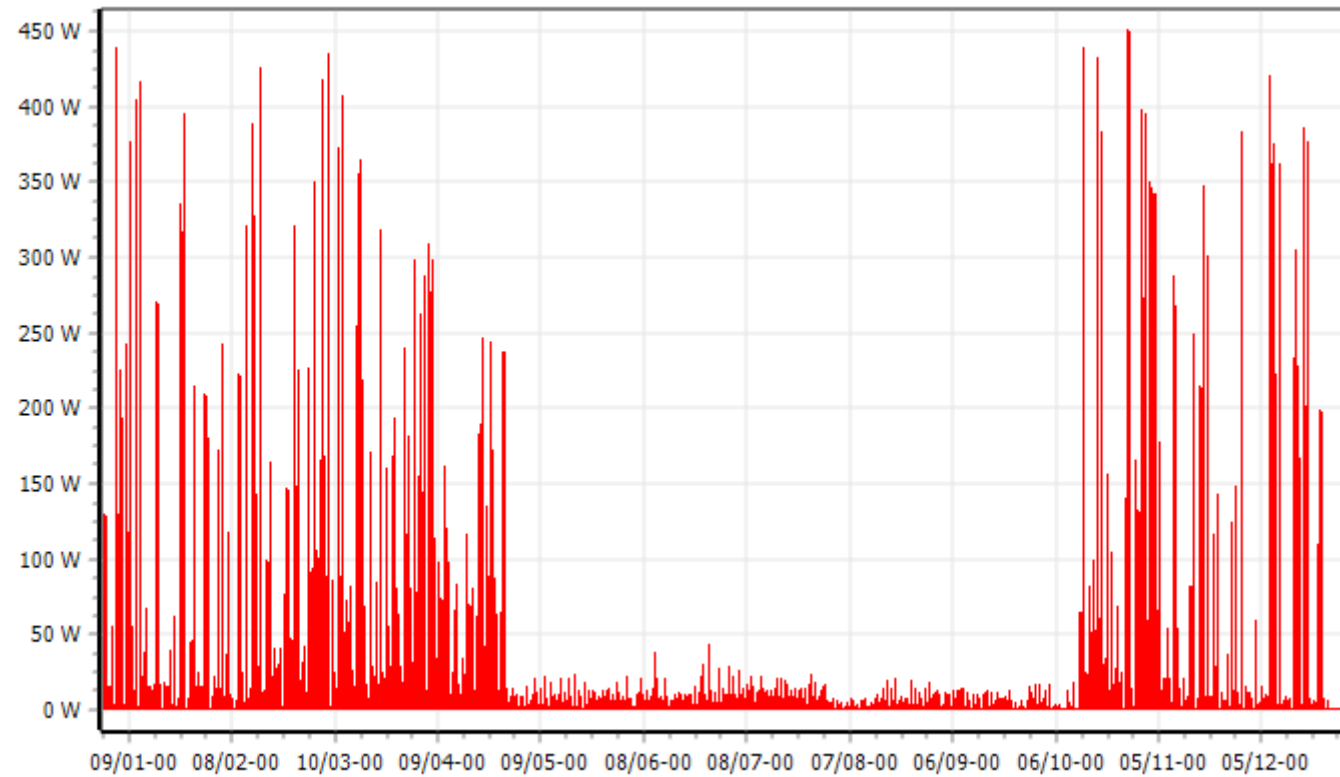
La courbe **verte** représente l'hypothèse d'une **ouverture des fenêtres dès mai** tandis que la courbe **rouge** prend en considération une **ouverture des fenêtres la nuit à partir de fin juin**. On constate que les températures baissent beaucoup moins en inter-saison. Il y a cependant un léger pic de froid fin mai amenant à des températures de 13,8 °C (généralisé sur l'ensemble des zones) sur quelques jours nécessitant de prolonger le chauffage sur cette période.



Apport solaire du séjour :



Apport solaire de la chambre 1 :

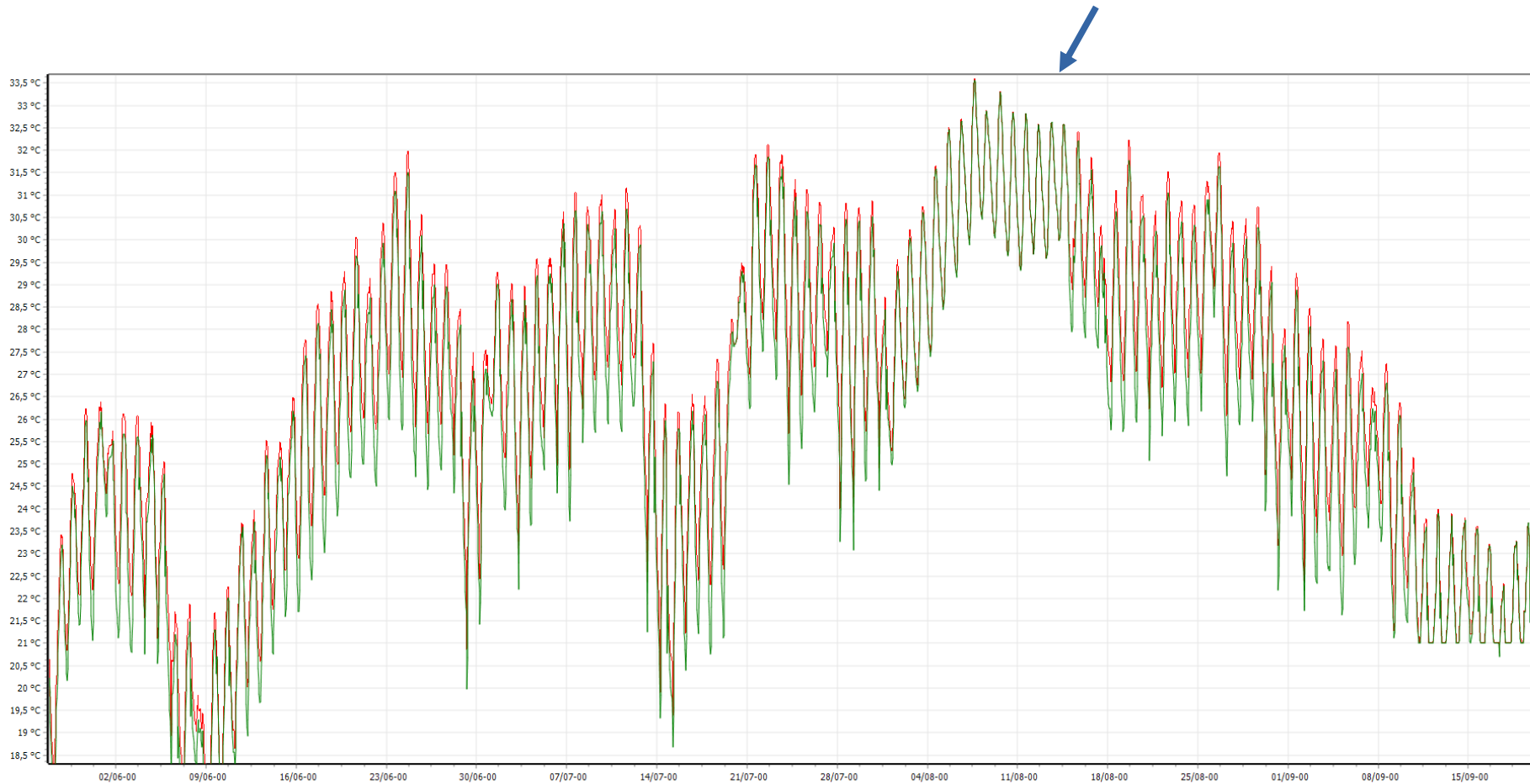


## Comparaison température estivale en zone BR1 et BR2,3 dans la chambre ouest exposée au soleil

**Situation 2 en zone BR1 en vert et situation 2 en zone BR2,3 en rouge**

On constate une très légère hausse des températures de 0,3 °C en moyenne, due à une ouverture réduite des fenêtres

Période de vacances, pas de ventilation nocturne. Non impactant car maison inoccupée.



#### 4.1.4 Confort thermique C4 (nombre d'heure de dépassement)

Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C4 état existant :

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Existant en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	9	31	1 915	394	169	58	4		
Bureau	8	29	2 252	247	78	3			
Salle de bain	8	34	1 787	587	306	141	59	10	
WC	9	30	2 060	382	163	53			
Chambre 1	8	34	1 839	617	326	153	62	23	
Chambre 2	7	35	1 866	672	389	216	100	38	
Séjour occupation	9	30	849	163	55	21			
Bureau occupation	8	28	1 050	65	24				
Chambre 1 occupation	6	33	800	297	141	59	24	10	
Chambre 2 occupation	7	35	822	331	172	95	39	16	

Inconforts significatifs en été, particulièrement à l'étage sous rampants avec des températures dépassant les 30°C voire 32°C assez ponctuellement. Pour rappel, cette configuration (rampant non isolé) est peu réaliste.

## Analyse des heures de dépassement par zone

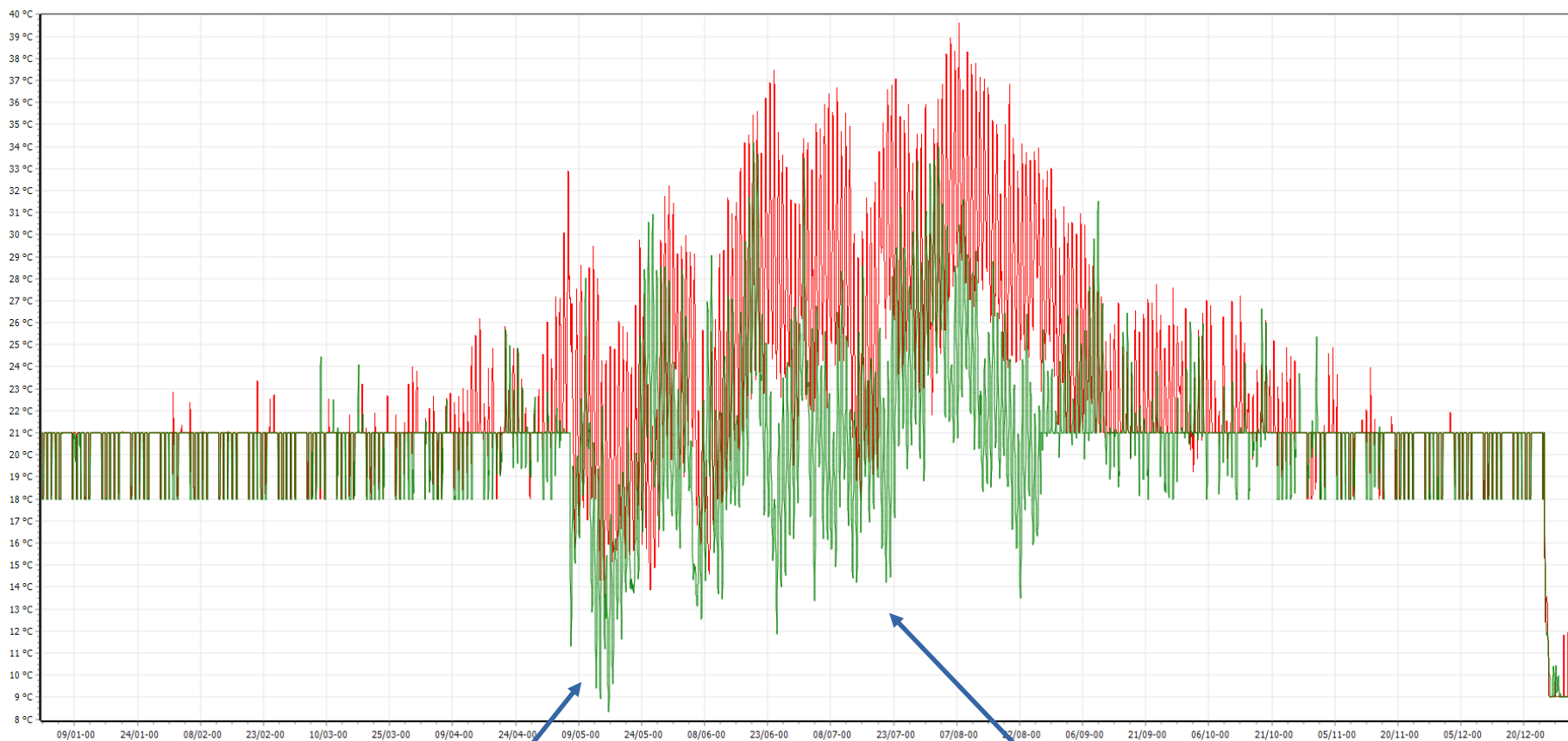
### Existant en situation 2 (H3\_Th-D)

période	année entière		Mai à Octobre						
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34 !!	Nb H >38 !!
Séjour	9	36	1 027	1 713	688	350	109	14	
Bureau	9	33	1 232	1 410	447	139	8		
Salle de bain	9	39	853	1 877	882	551	303	124	2
WC	9	35	1 024	1 886	743	288	79	5	
Chambre 1	9	39	1 008	1 954	946	587	331	142	2
Chambre 2	9	40	1 025	1 970	996	654	428	228	13
Séjour occupation	13	34	328	975	251	25			
Bureau occupation	12	31	454	767	135				
Chambre 1 occupation	13	37	289	1 103	404	116	42		
Chambre 2 occupation	13	38	314	1 092	431	158	77		

Surchauffes excessives en été, particulièrement à l'étage sous rampants avec des températures dépassant les 34°C voire 38°C très ponctuellement. Pour rappel, cette configuration (rampant non isolé) est peu réaliste.

### Graphique de l'évolution de la température intérieur de la chambre 1:

On retrouvera en **vert** la **situation 1**, et en **rouge** la **situation 2**.

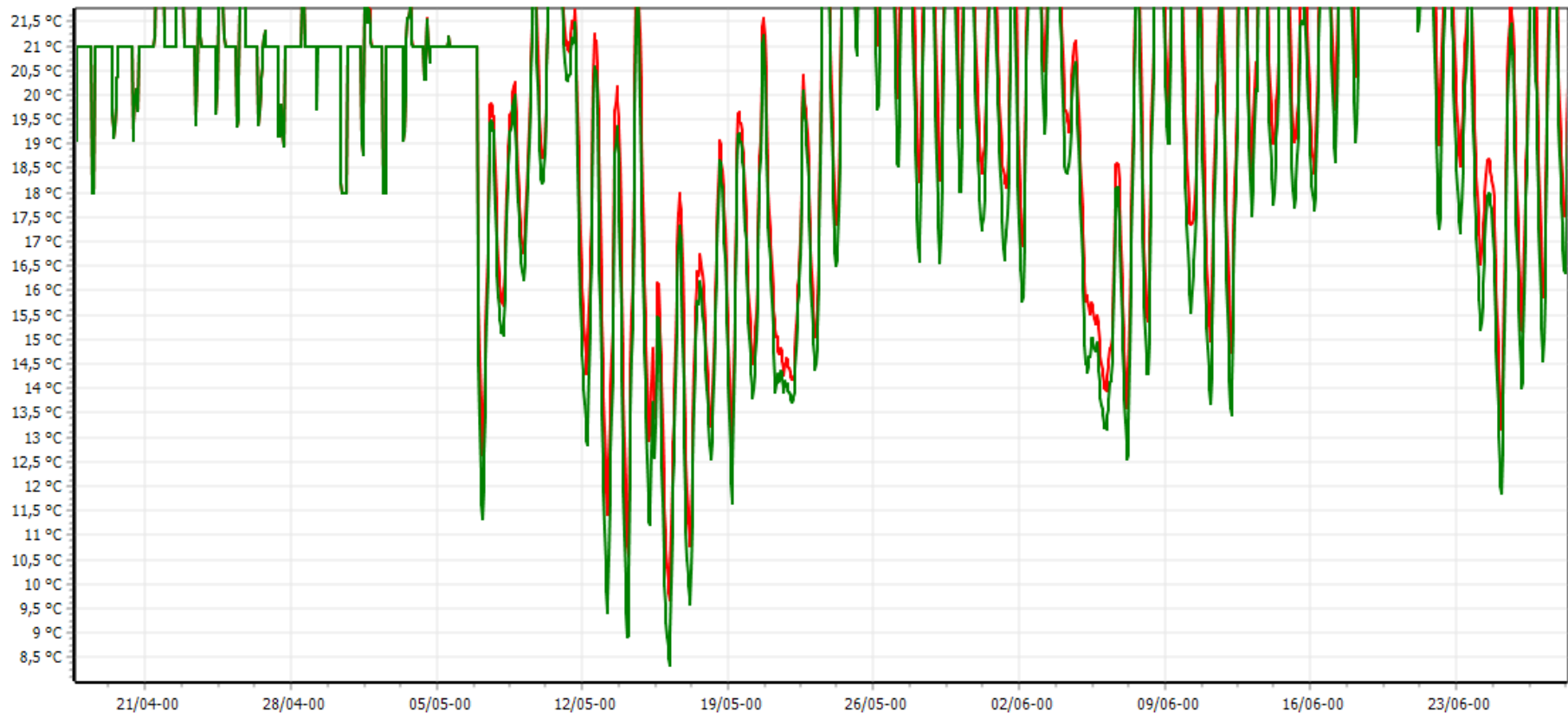


En zone H1a, les nuits en intersaison sont froides alors qu'on effectue une ventilation nocturne sur cette période. Cela engendre des chutes de températures intérieures.

Certaines nuits d'été sont froides et engendrent des chutes de température sur quelques nuits entre juin et août. L'hypothèse imposée d'ouverture de fenêtres en été ne représente pas un usage pertinent de la maison en zone H1a.

Graphique de l'évolution de la température intérieur dans la pièce la plus froide en inter-saison : chambre 1 (chambre 2 similaire) en situation 1

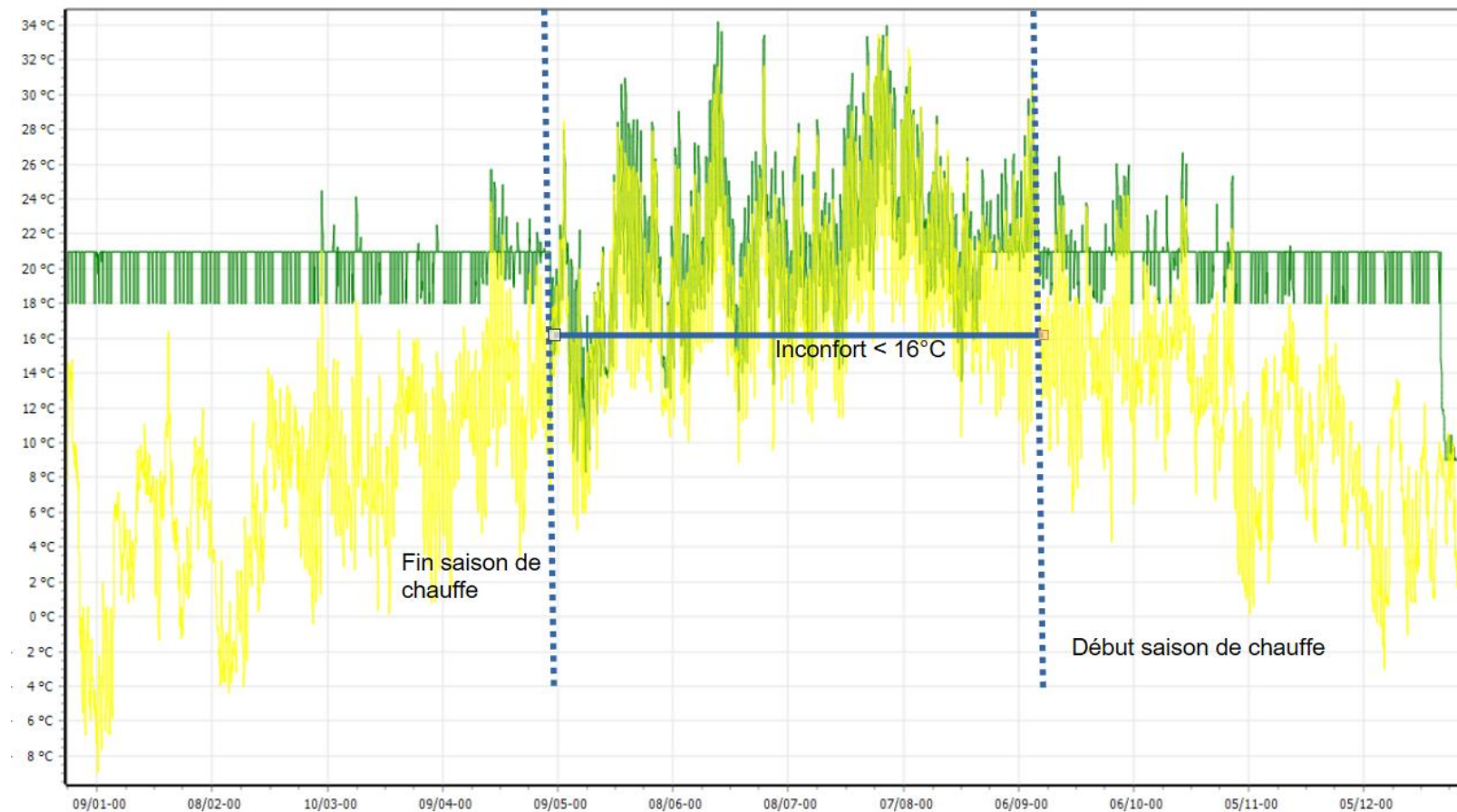
La courbe verte représente l'hypothèse **ouverture des fenêtres dès mai** tandis que la courbe rouge prend en considération une **ouverture des fenêtres la nuit que à partir de fin juin**. On constate que les températures remontent que de 1 à 1,5 °C.





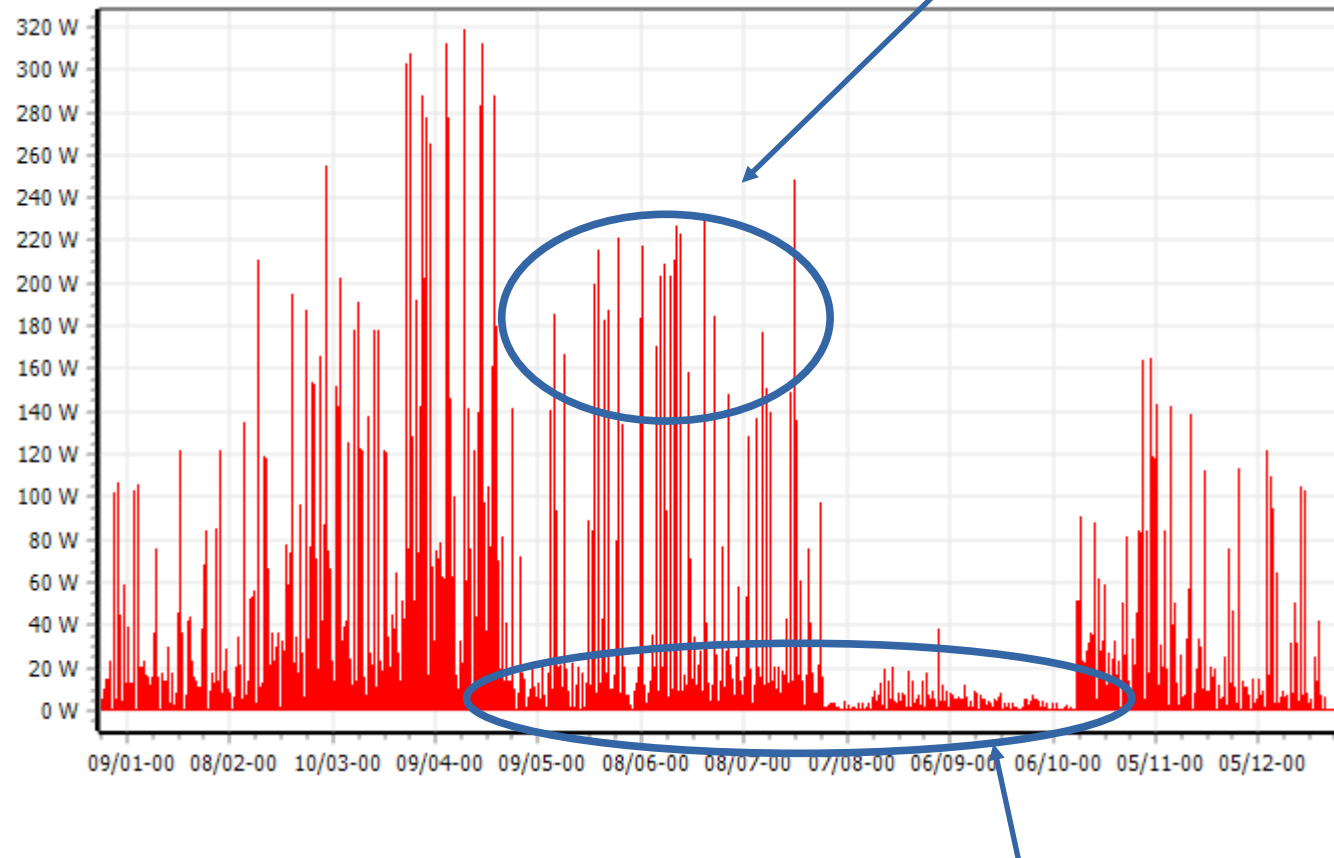
Graphique de l'évolution de la température extérieure et intérieure dans la pièce la plus froide en inter-saison : chambre 1 en **situation 1**

Le bâtiment a un pouvoir isolant si faible que hors des périodes chauffées, sa température intérieure suit inexorablement la température extérieure (delta de température intérieure de 10 à 12 °C en été entre la nuit et le jour). La chaudière devra fonctionner en juillet/août sur les nuits les plus froides d'été et le scénario d'ouverture des fenêtres devra être similaire à celui d'hiver sur ces mêmes nuits.



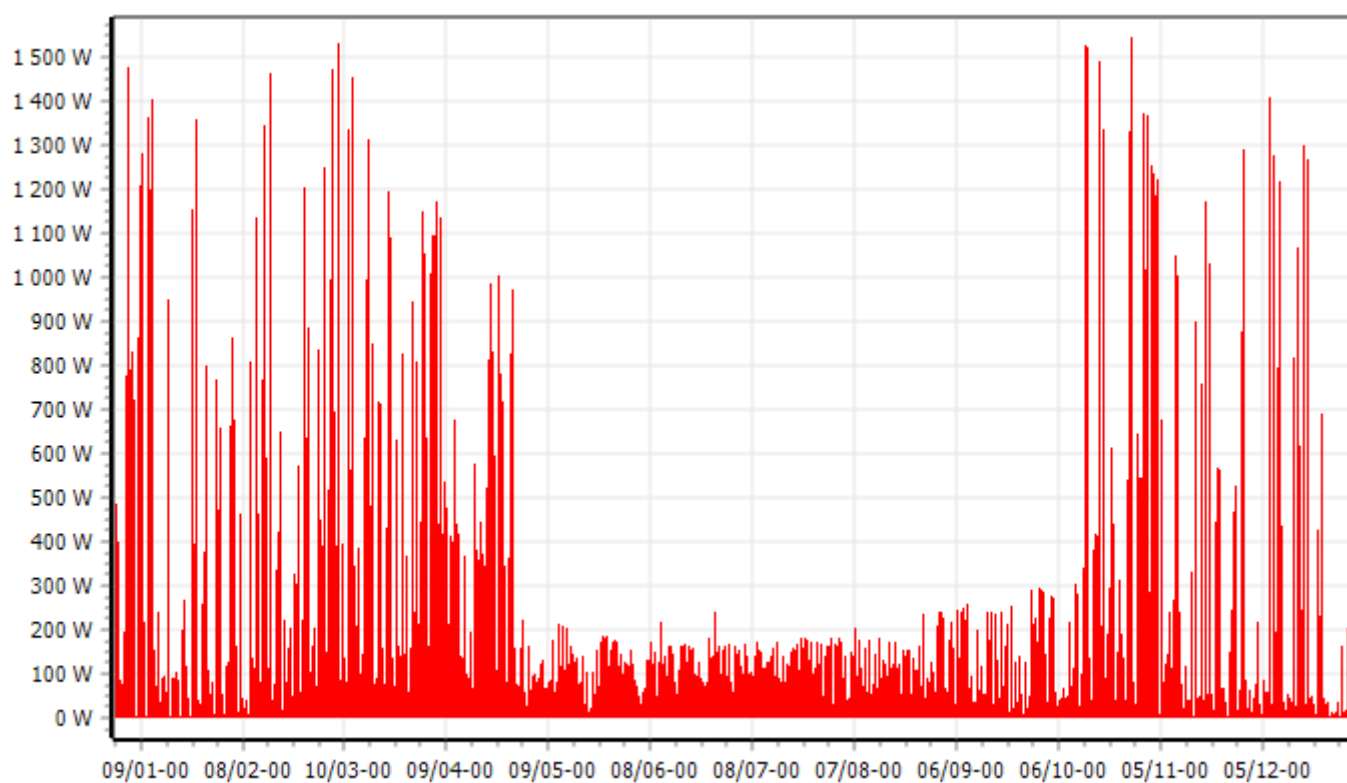
Apport solaire de la chambre 1 :

On constate que de mai à août la chambre bénéficie d'apport solaire le soir entre 20H (heure d'ouverture des volets) et le coucher du soleil 30 minutes plus tard



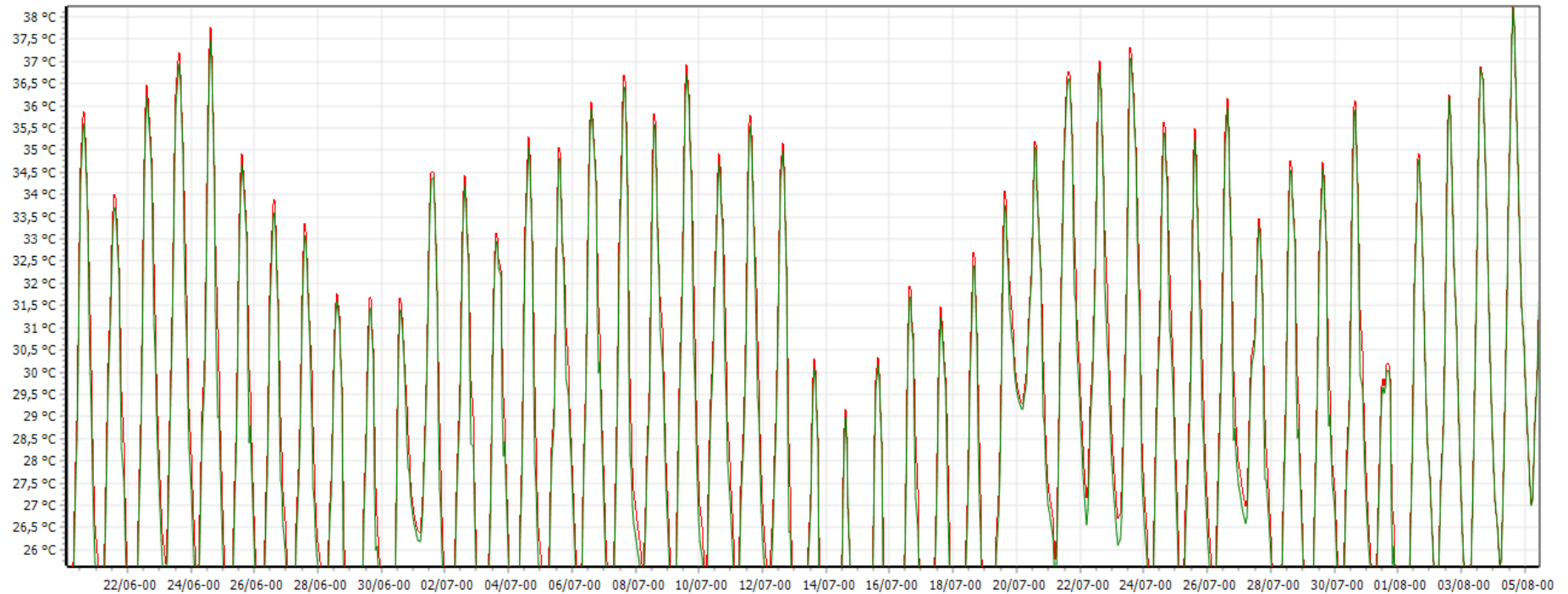
Hypothèse volets fermés à 100 % de 9h à 20h en été.

Apport solaire du séjour :



## Comparaison température estivale en zone BR1 et BR2,3 dans la chambre 2 exposée Sud et est

Situation 2 en vert et situation 2 en zone BR1 et BR2,3 en rouge



Comme expliqué précédemment, la température intérieure suit inexorablement la température extérieure, cela signifie que la ventilation nocturne a un impact négligeable.

## 4.2 A l'état rénové – performance énergétique

### 4.2.1 Solution de référence

Caractéristiques géométriques du bâtiment

	<b>SHAB (m²)</b>	<b>Volume (m³)</b>	<b>Atbat (m²)</b>	<b>Nb niveaux chauffés</b>	<b>Mitoyen</b>
<b>A1</b>	62,45	188	120,5	3	pignons
<b>C2</b>	98,7	235	185	2	Non
<b>C4</b>	102,4	314	252	2	Non

La surface habitable de A1 a été augmentée par l'aménagement des combles.

### REPARTITION DES DEPERDITIONS DU BATIMENT

	<b>A1</b>	<b>C2</b>	<b>C4</b>
<b>Renouvellement d'air</b>	13,5 %	13,4 %	<b>22,0 %</b>
<b>Plancher bas</b>	8,4 %	12,9 %	13,9 %
<b>Parois verticales</b>	<b>38,4 %</b>	30,1 %	28,1 %
<b>Fenêtres</b>	12,3 %	13,5 %	10,3 %
<b>Porte</b>	1,8 %	0,0 %	0,0 %
<b>Planchers hauts / toitures</b>	5,3 %	6,0 %	11,7 %
<b>Ponts thermiques angles</b>	5,7 %	3,4 %	0,2 %
<b>Ponts thermiques pl bas</b>	1,5 %	2,8 %	3,3 %
<b>Ponts thermiques pl inter</b>	5,7 %	4,2 %	3,3 %
<b>Ponts thermiques pl haut</b>	0,0 %	4,6 %	0,0 %
<b>Ponts thermiques menuiseries</b>	7,4 %	5,8 %	4,4 %
<b>Ponts thermiques refend</b>	0,0 %	3,3 %	3,2 %

Ponts thermiques totaux :  
A1 : 20,3 %  
C2 : 24,1 %  
C4 : 14,4 %

Les répartitions des déperditions sont homogènes, avec une dominance des murs qui constituent les plus grandes surfaces déperditives.

Les pertes par les murs sont légèrement supérieures pour A1 car on a pris l'hypothèse d'un coefficient b de 0,2 pour les murs mitoyens non isolés pour anticiper un voisinage qui chauffe moins.

Les ponts thermiques pour C4 sont inférieurs du fait de la structure bois.

Les pertes par renouvellement d'air sont plus importantes pour C4 du fait que la ventilation est sans récupération de chaleur (système simple-flux).

## INDICATEUR CONVENTIONNEL

Calcul effectué avec la méthode 3CL-DPE

	A1	C2	C4
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	113	114	115
<b>GES (kgCO2/m²/an)</b>	3	3	3
<b>Ubat (W/m².k)</b>	0,64	0,55	0,57
<b>Ubat base (W/m².k)</b>	0,54	0,60	0,46
<b>Classe énergétique</b>	C	C	C

Le Cep est quasiment divisé par 4 après travaux.

Le coefficient Ubat est pour chaque typologie proche de 0,6 (W/m².k), seuil représentatif pour un bâtiment basse consommation en rénovation (isolation de toutes l'enveloppe avec un traitement des ponts thermiques cependant imparfait par les complexités d'adaptation au bâtiment existant), soit une amélioration d'un facteur 3 à 4 en moyenne.

## RESULTAT SIMULATION STD

	A1	C2	C4
<b>Besoin thermique net (kWh/an)</b>	2 706	3 442	5 990
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	43	35	58
<b>Apport gratuit (kWh/an)</b>	2 311	3 179	4 276
<b>Apport gratuit %</b>	46 %	48 %	42 %

Nous constatons une réduction considérable des besoins thermiques, ainsi que des apports gratuits conséquents (42 à 48 %). Le besoin en chaleur au m² est moins bon pour C4 étant donné les pertes thermiques plus élevées par renouvellement d'air (VMC simple-flux).

## RESULTAT SIMULATION SED

	A1	C2	C4
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an)	6 756	7 613	5 391
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an/m <sup>2</sup> )	108	77	53
Consommation (kWh <sub>ep</sub> /an)	9 968	12 779	12 399
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an/m <sup>2</sup> )	160	129	125
Bilan CO <sub>2</sub> (kg/an/m <sup>2</sup> )	4,6	1,8	3,7

Après travaux, les émissions de CO<sub>2</sub> sont très faibles étant donné qu'on n'utilise plus d'énergies fossiles. Elles ont été divisées quasiment par un facteur 20.

## COUT D'EXPLOITATION

	A1	C2	C4
Prix du kWh bois bûche (€/kWh)	0,04 €		
Prix du kWh granulés de bois (€/kWh)	0,07 €		
Prix du kWh électricité (€/kWh)	0,23 €		
Coût d'exploitation bois bûche	0 €	146 €	0 €
Coût d'exploitation bois granulés	343 €	0 €	0 €
Coût d'exploitation électricité	563 €	820 €	1 241 €
Entretien chaudière	140 €	140 €	140 €
Abonnements électricité	173 €	173 €	173 €
Coût total lié à l'énergie	<b>1 219 €</b>	<b>1 279 €</b>	<b>1 554 €</b>

Les coûts d'exploitation des bâtiments sont sous contrôle. La facture est quasiment divisée par 3. Une économie financière et un gain de confort considérable est obtenu.

## 4.2.2 Variantes de solution sur A1

	A1							
	Energie	Ic énergie	Ic construction	Confort été	Confort hiver	Analyse qualitative (acous, lux)	Variantes de travaux	
Existant	x			x	x	x	Motif	Déclinaison
ref	x	x	x	x	x	x		
1	x			x	x		Plancher bas sur local non chauffé	Plancher bas sur sous-sol R=3 + cage escalier isolée
2	x						1 Mur mitoyen à faible isolation acoustique	ITI 1 pignon R=0,8
3	x	x	x	x	x	x	2 Mur mitoyen à forte isolation acoustique	ITI 2 pignons R=0,8
4	x	x	x			x	Mitoyen simple	Pignon ouest ITI R=0,8 + ITE R=3
5	x						ITE impossible	ITI de tous les murs R=1,5
6	x	x	x	x	x		Double-flux impossible	Simple-flux

1 : Dans cette variante le sol a moins d'inertie thermique d'où l'intérêt d'effectuer une analyse du confort d'été et d'hiver.

3 : Dans cette variante les pignons étant isolés, nous perdons leur inertie thermique et donc il est intéressant d'analyser le confort d'été et d'hiver.

6 : Dans la solution de référence, la ventilation double-flux à récupération de chaleur permet de réduire les pertes thermiques en hiver et de mieux homogénéiser la température au sein du logement. D'où l'intérêt pour cette variante simple-flux d'analyser le confort d'été et d'hiver.



# Caractéristiques géométriques du bâtiment

	SHAB (m²)	Volume (m³)	Atbat (m²)	Nb niveaux chauffés	Mitoyen
<b>A1 ref</b>	62,45	188	120,5	3	Oui sur les deux pignons
<b>Var 1 : plancher bas sur LNC isolé à R=3</b>	61,5	190	130,8	3	
<b>Var 2 : mur mitoyen à faible isolation acoustique</b>	61,8	186	120	3	
<b>Var 3 : mur mitoyen à forte isolation acoustique</b>	61,2	183	119	3	Pignon est
<b>Var 4 : mitoyen simple</b>	61,8	185	152	3	
<b>Var 5 : ITI de tous les murs à R=1,5</b>	62,2	187	120	3	Oui sur les deux pignons
<b>Var 6 : VMC simple flux</b>	62,45	188	120,5	3	

Pas de modification ou d'agrandissement de prévu, les données géométriques vont seulement être impactées par la création de doublage intérieur.

#### 4.2.2.1 Performances énergétique et économique

##### REPARTITION DES DEPERDITIONS DU BATIMENT

	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Renouvellement d'air</b>	13,5 %	13,7 %	14,1 %	15,2 %	14,1 %	12,9 %	<b>31,9 %</b>
<b>Plancher bas</b>	8,4 %	4,4 %	8,8 %	9,4 %	8,7 %	8,0 %	6,6 %
<b>Parois verticales</b>	38,4 %	39,8 %	37,6 %	35,9 %	38,4 %	41,0 %	30,3 %
<b>Fenêtres</b>	12,3 %	12,2 %	12,9 %	13,9 %	12,8 %	11,8 %	9,7 %
<b>Porte</b>	1,8 %	3,0 %	1,9 %	2,0 %	1,9 %	1,7 %	1,4 %
<b>Planchers hauts / toitures</b>	5,3 %	5,3 %	5,6 %	6,0 %	5,6 %	5,1 %	4,2 %
<b>Ponts thermiques angles</b>	5,7 %	5,7 %	3,8 %	<b>1,1 %</b>	3,4 %	5,5 %	4,5 %
<b>Ponts thermiques pl bas</b>	1,5 %	2,8 %	1,5 %	1,6 %	1,5 %	1,4 %	1,2 %
<b>Ponts thermiques pl inter</b>	5,7 %	5,8 %	6,0 %	6,4 %	5,9 %	5,5 %	4,5 %
<b>Ponts thermiques pl haut</b>	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Ponts thermiques menuiseries</b>	7,4 %	7,4 %	7,8 %	8,4 %	7,8 %	7,1 %	5,9 %
<b>Ponts thermiques refend</b>	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Les pertes thermiques par renouvellement d'air (VMC simple-flux) pour la variante 6 sont bien supérieures à celle des variantes à ventilation double-flux.

Les résultats des variantes 2 et 3 sont meilleurs que ceux de solution de la référence car l'isolation acoustique des pignons permet de réduire considérablement les pertes thermiques des angles sortants.

##### INDICATEUR CONVENTIONNEL

	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	113	116	113	113	<b>131</b>	119	113
<b>GES (kgCO2/m²/an)</b>	3	3	3	3	3	3	3
<b>Ubat (W/m².k)</b>	0,64	0,60	0,64	0,64	0,59	0,67	0,64
<b>Ubat base (W/m².k)</b>	0,54	0,55	0,54	0,54	0,55	0,54	0,54
<b>Classe énergétique</b>	C	C	C	C	C	C	C

La variante 4 a un seul mur mitoyen. Elle est donc plus déperditive, le Ubat et bilan énergétique sont plus élevés.

## RESULTAT SIMULATION STD

	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
Besoin thermique net (kWh/an)	2 706	2 902	2 591	2 452	3 059	2 897	3 997
Besoin thermique net (kWh/an/m²)	43	47	42	40	49	47	64
Apport gratuit (kWh/an)	2 311	2 301	2 285	2 266	2 328	2 311	2 402
Apport gratuit %	46 %	44 %	47 %	48 %	43 %	44 %	38 %

Résultats en cohérence par rapport aux remarques précédentes, pas de différences notables entre les variantes, à part la variante 6 qui montre des besoins plus importants, notamment de chauffage.

## RESULTAT SIMULATION SED

	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an)	6 756	7 040	6 571	6 336	7 294	7 046	8 577
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an/m²)	108	114	106	104	118	113	137
Consommation (kWh <sub>ep</sub> /an)	9 968	10 253	9 754	9 501	10 493	10 265	11 679
Consommation (kWh <sub>ep</sub> /an/m²)	160	167	158	155	170	165	187
Bilan CO2 (kg/an/m²)	4,6	4,8	4,6	4,5	4,9	4,8	5,4

## COUT D'EXPLOITATION

	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
Prix du kWh bois bûche (€/kWh)	0,04 €						
Prix du kWh granulés de bois (€/kWh)	0,08 €						
Prix du kWh électricité (€/kWh)	0,23 €						
Coût d'exploitation bois bûche	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Coût d'exploitation bois granulés	343 €	365 €	330 €	312 €	387 €	366 €	495 €
Coût d'exploitation électricité	563 €	563 €	559 €	556 €	562 €	563 €	538 €
Entretien chaudière ou poêle	140 €	140 €	140 €	140 €	140 €	140 €	140 €
Abonnements	173 €	173 €	173 €	173 €	173 €	173 €	173 €

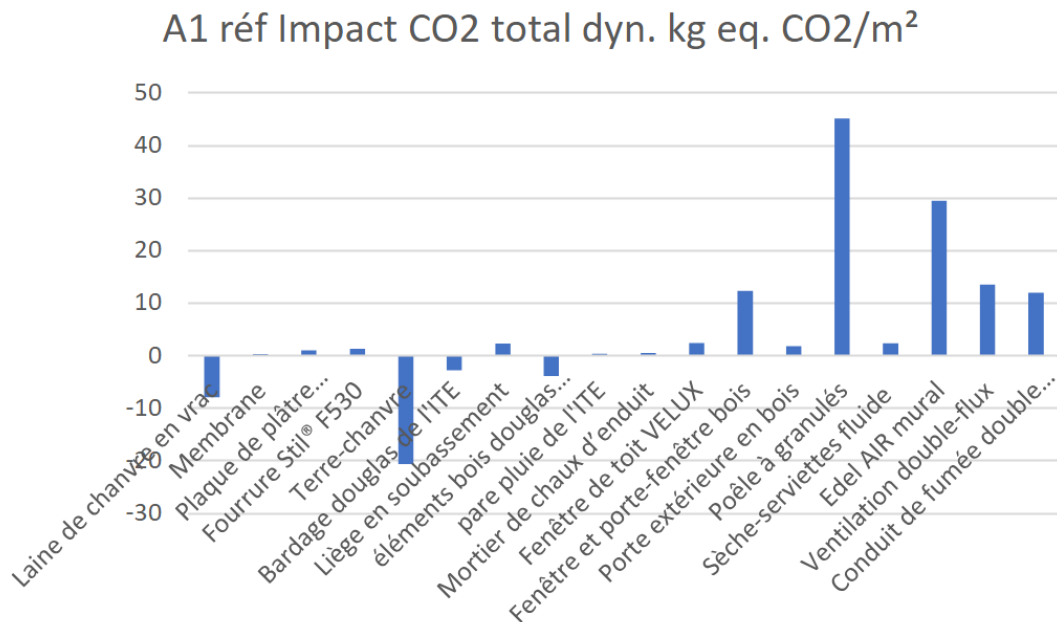
électricité							
Coût total lié à l'énergie	1 219 €	1 241 €	1 202 €	1 181 €	1 262 €	1 242 €	1 346 €

Différence économique mineure entre les variantes, sauf pour la variante en VMC simple-flux qui revient à 130 € plus cher.

#### 4.2.2.2 ACV

##### A1ref

Nous obtenions 96,8 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail

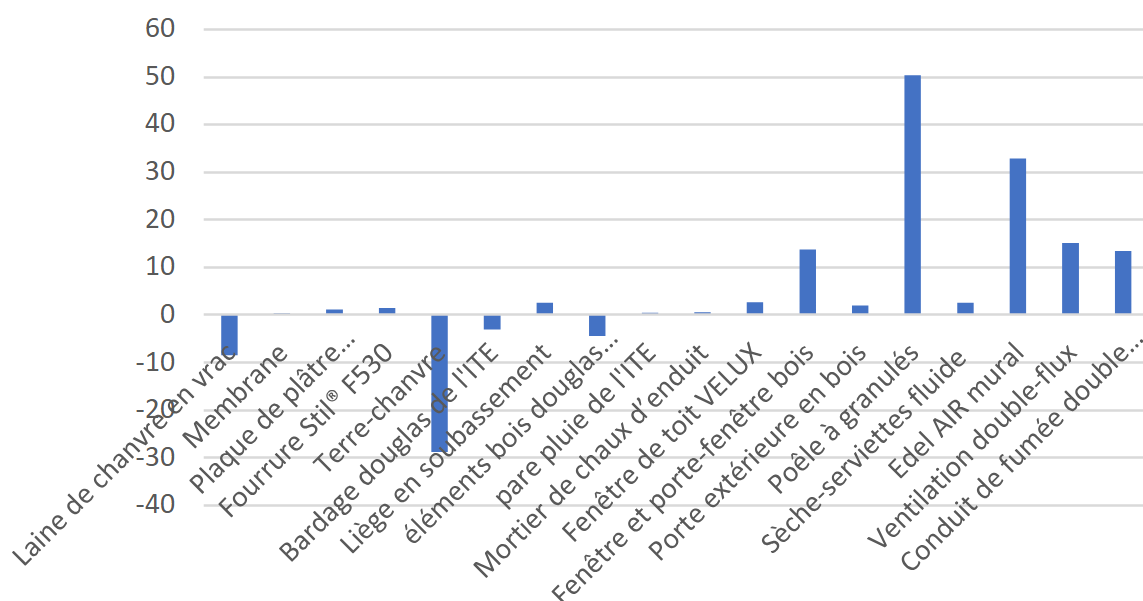


L'impact carbone du poêle à granulés est très important rapporté à la surface habitable. D'autant plus que la source vient de données environnementales par défaut qui donne des résultats défavorables.

### A1 var 3

Nous obtenions 90 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail.

#### A1 var 3 Impact CO<sub>2</sub> total dyn. kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

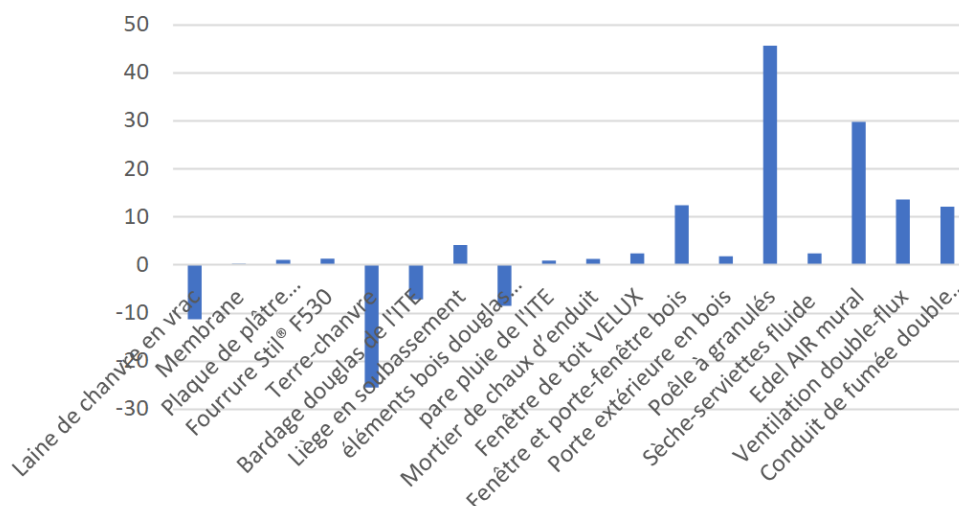


L'isolation des pignons en terre-chènevotte (matériau puits de carbone) améliore la note globale.

### A1 var 4

Nous obtenions 83,9 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail.

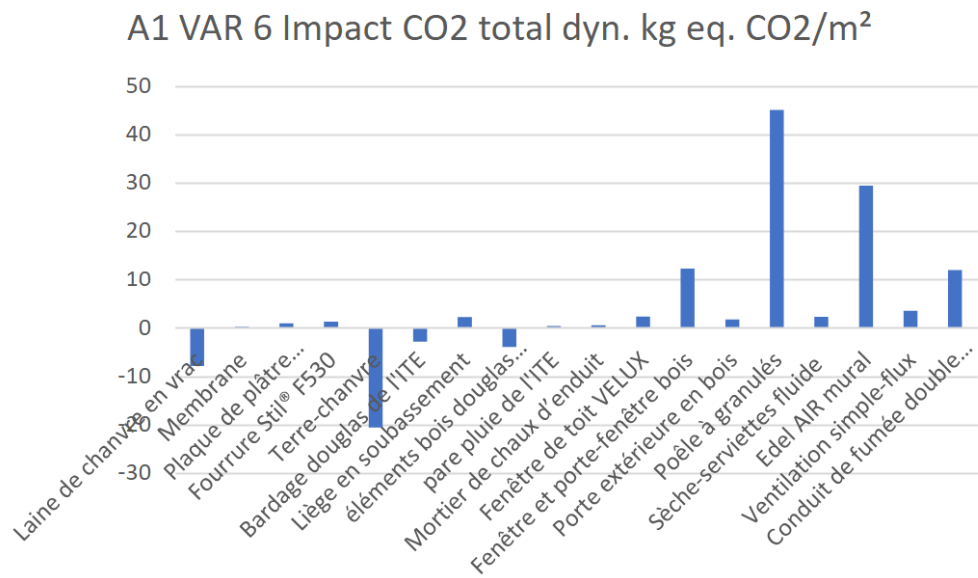
#### A1 var 4 Impact CO<sub>2</sub> total dyn. kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>



L'isolation du pignon par l'extérieur en chanvre en vrac et son ossature en bois améliorent la note globale.

A1 var 6

Nous obtenions 86,8 (kg eq CO2/m²) voici le détail.



La ventilation simple-flux a un impact moins important que la ventilation double-flux.

Conclusion sur les bilans ACV

	A1 réf	Var 3 (ITI 2 pignons)	Var 4 (ITI pignon ouest et ITE R=3)	Var 6 (VMC simple flux)
Ic énergie (kg eq CO2/m²)	263,7	250,3	264,8	272,9
Ic construction (kg eq CO2/m²)	96,8	90,0	83,9	86,8
Temps de retour carbone (année)	1,12	1,03	0,97	1,00

Les bilans ACV sont très impactés par le choix des systèmes (poêle, chauffe-eau thermodynamique, VMC double-flux). L'impact des menuiseries est également important. L'isolation de toiture en laine de chanvre en vrac, l'isolation terre-chènevotte des murs ainsi que les matériaux en bois douglas sont puits de carbone. Ils compensent partiellement les contributions des systèmes.

#### 4.2.2.3 Confort thermique A1 (nombre d'heure dépassement)

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone A1 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th_BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	12	25	138	59					
Chambre 1	12	26	532	82					
Chambre 2	11	27	1165	174	1				
WC	12	25	127	49					
Salle de bain	11	26	265	67					
rangement	12	25	126	20					
Cellier	13	26	278	139					
RDC et palier occupation	18	25	12	7					
Chambre 1 occupation	17	26	241	13					
Chambre 2 occupation	16	27	701	34	1				

Maison très confortable en été avec des températures maximales de 26°C.

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	10	29	123	1112	400	117			
Chambre 1	10	30	476	1327	548	143			
Chambre 2	9	30	1077	1552	853	274			
WC	11	29	129	1166	389	80			
Salle de bain	10	29	129	1114	384	123			
rangement	11	29	127	1135	362	80			
Cellier	12	30	180	1296	586	115			
RDC et palier occupation	21	29		580	126	7			
Chambre 1 occupation	16	29	222	772	246	19			
Chambre 2 occupation	16	30	711	958	444	66			

Quelques inconforts ressentis en été, particulièrement dans la chambre sous toiture avec des températures dépassant les 28°C.



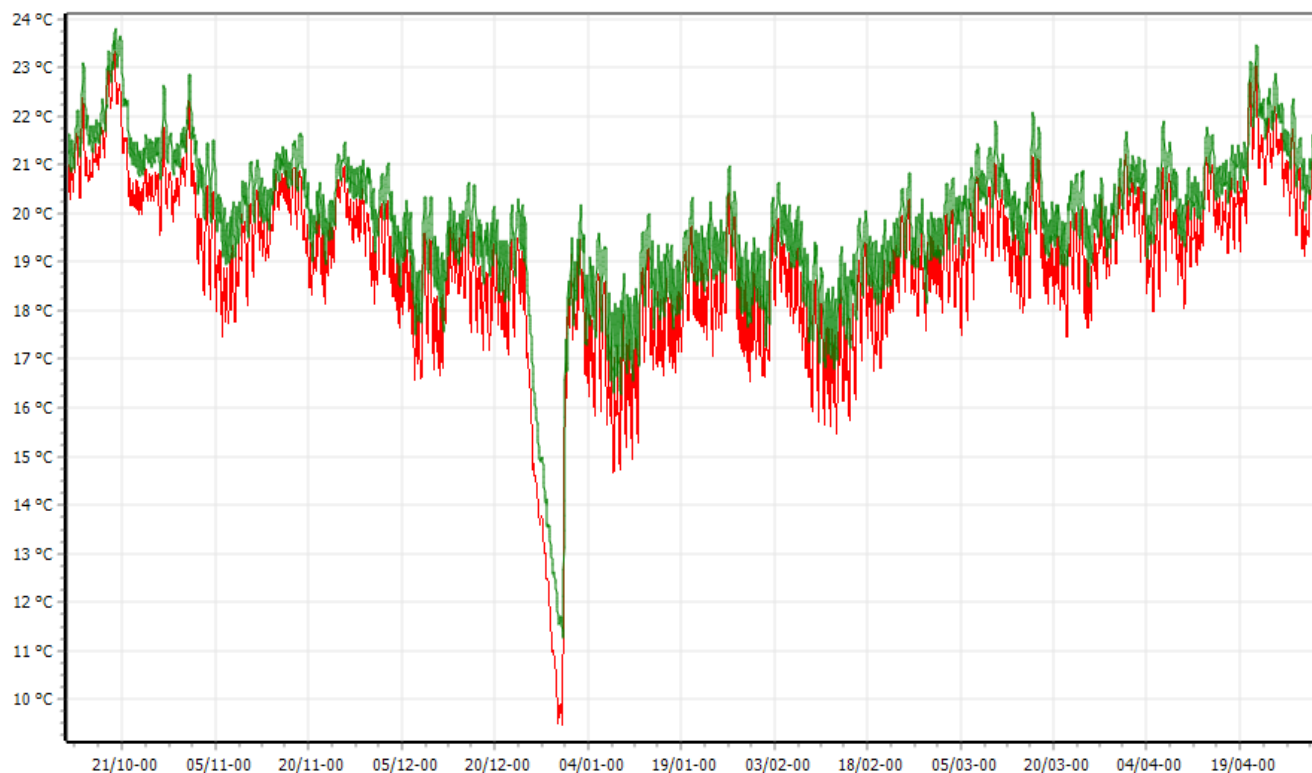
<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D) en zone de bruit BR2 et 3</b>									
<i>scénario d'ouverture des fenêtres différé</i>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	10	29	123	1401	668	153			
Chambre 1	10	30	476	1553	855	195			
Chambre 2	9	30	1077	1719	1079	359			
WC	11	29	129	1432	648	126			
Salle de bain	10	29	129	1398	632	154			
rangement	11	29	127	1417	613	120			
Cellier	12	30	180	1534	826	168			
RDC et palier occupation	21	29		818	292	19			
Chambre 1 occupation	16	30	222	948	456	47			
Chambre 2 occupation	16	30	711	1080	618	128			

Résultat similaire mais dégradé par la réduction du renouvellement d'air la nuit.

## ANALYSE GRAPHIQUE A1

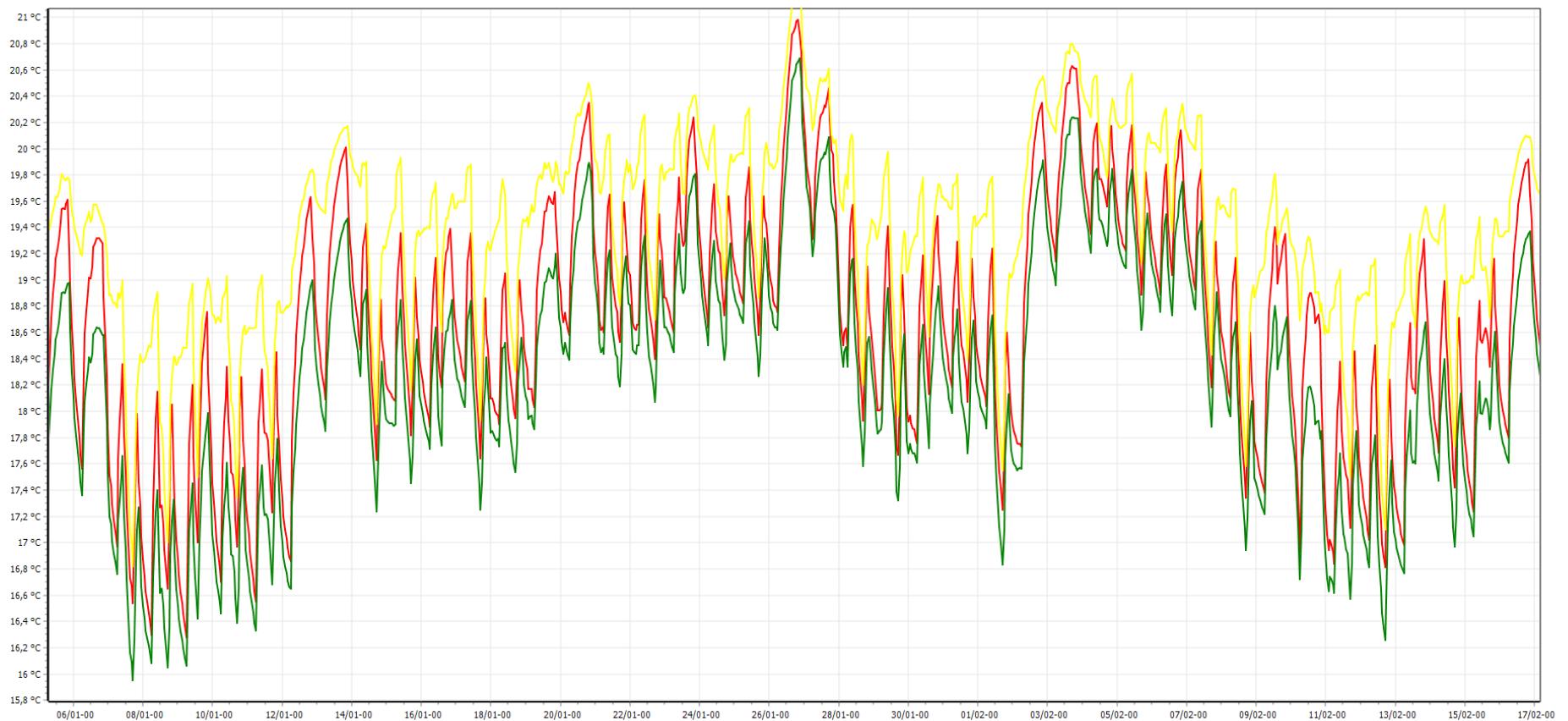
### A) Zone : chambre 2 sous toit

Courbe de l'évolution de la température sur la période de chauffe dans la chambre 2 (la plus éloignée du poêle) :  
**situation 1** avec double-flux et avec simple-flux

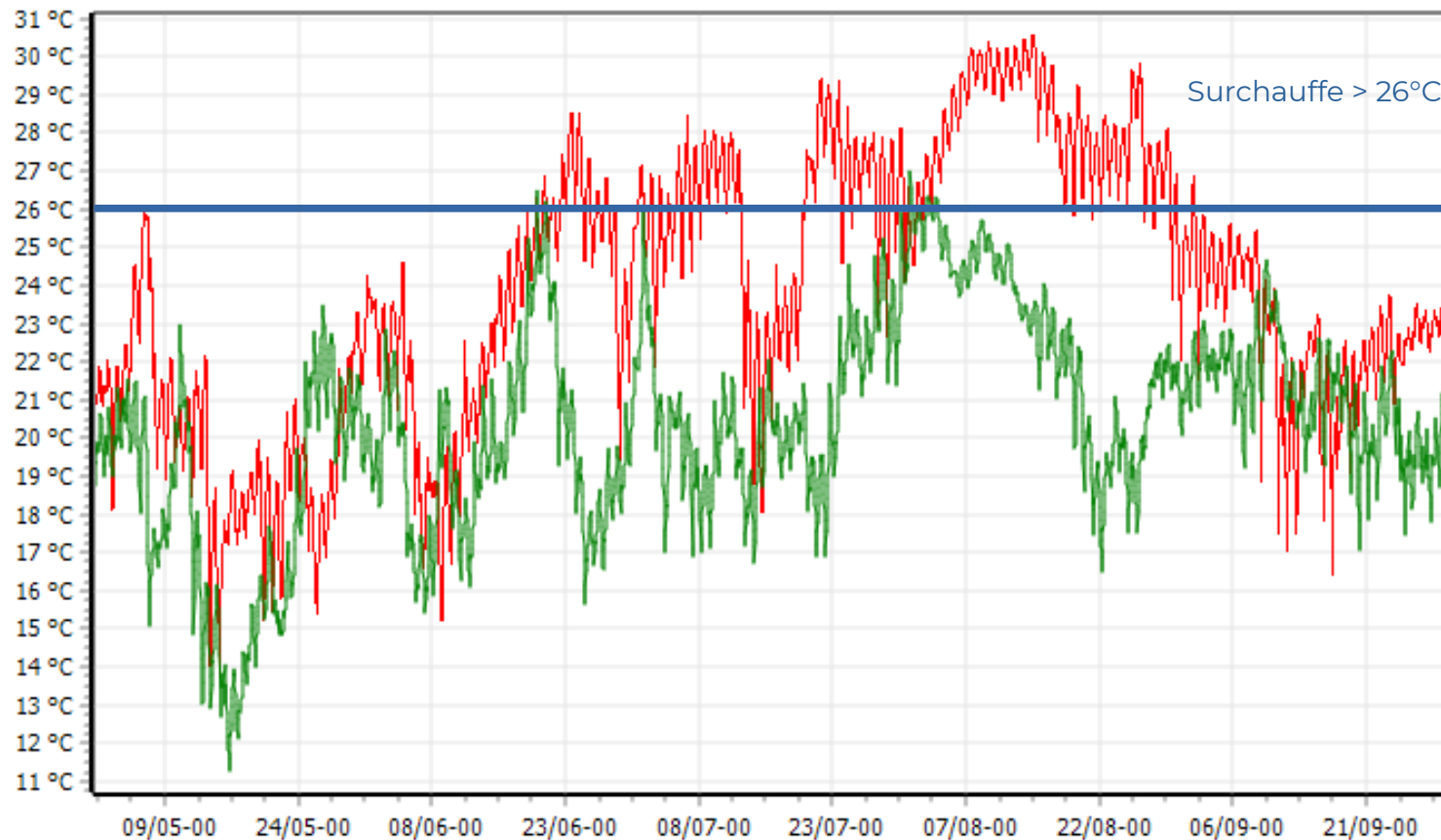


**1- Ventilation Double-flux :** Les températures en occupation baissent parfois sous les 17°C. Etant donné que cette situation est très ponctuelle, il conviendra pour les occupants soit de se couvrir, ou bien pour ceux voulant un meilleur confort, d'envisager d'installer un appoint électrique pour les heures les plus froides. **2- Simple-flux :** nombreuses situations d'inconfort hivernal, les températures en occupation baissent parfois sous 15-16°C. Appoint électrique nécessaire.

Graphique comparatif de l'évolution de la température intérieure dans la chambre 2 en **situation 1**, présentant 3 scénarios d'ouverture des portes intérieures : en rouge, la porte est considérée être ouverte seulement le jour de 7 à 22 H à 100 %, tandis que sur la courbe verte elle est ouverte à 50 % de 7 à 22H. Enfin, la courbe jaune prend en compte une porte constamment ouverte à 100 % 24h/24. On constate que l'ouverture des portes améliore le confort en hiver, en brassant l'air entre la chambre plus fraîche, et le reste de la maison.



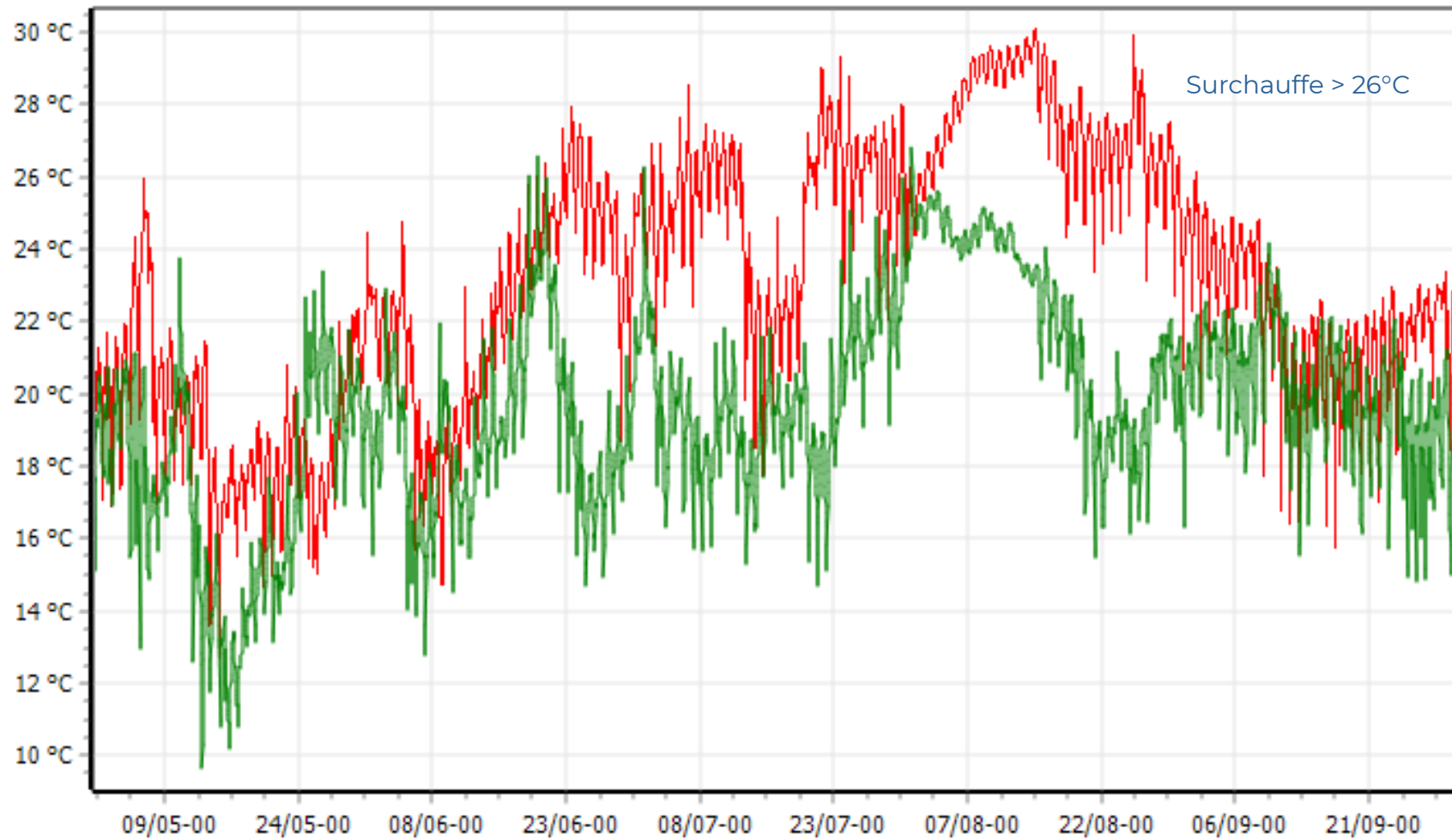
Courbe de l'évolution de la température sur la période estivale dans la chambre 2 (la plus exposée au soleil) : en vert **situation 1** (zone H1) et en rouge **situation 2** (zone H2)



On constate que la configuration actuelle nous permet de conserver un bon confort dans la zone tout au long de l'été en situation 1. Cependant en situation 2, des températures supérieures à 26 °C allant jusqu'à 30 °C sont atteintes.

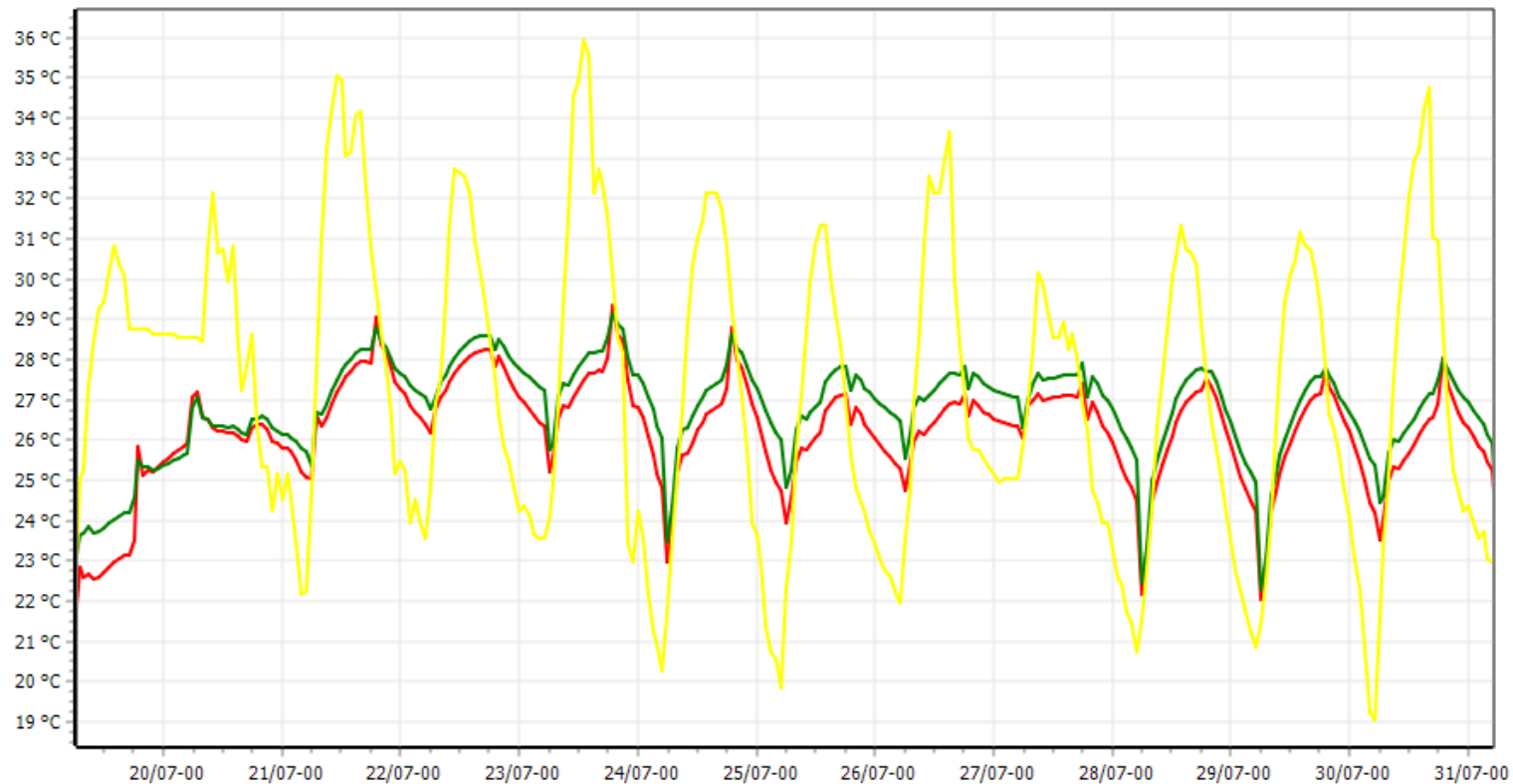
## Graphique de l'évolution de la température intérieure de la chambre 1 Nord R+1

On retrouvera en **vert situation 1** et en **rouge situation 2**



Graphique de l'évolution de la température intérieure de la chambre 1 Nord R+1 et de la température extérieure pour la situation 2 :

On retrouvera en rouge la semaine la plus chaude de l'année, et en vert la température intérieure de la chambre en zone BR2,3 et en jaune la température extérieure. On remarque que l'ouverture réduite des fenêtres la nuit en zone de bruit, amène à une hausse des températures de l'ordre de 0,5 °C sur la période la plus chaude de l'année.



## Synthèse des résultats de A1

	Existant	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Ubat (W/m².k)</b>	2,13	0,64	0,60	0,64	0,64	0,59	0,67	0,64
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	210	43	47	42	40	49	47	64
<b>Consommation (kWh/ef/an/m²)</b>	451	108	114	106	104	118	113	137
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	412	113	116	113	113	131	119	113
<b>IC énergie (kg eq CO2/m²)</b>		264			250,3	265		273
<b>IC Construction (kg eq CO2/m²)</b>		97			90,0	84		87
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 857H	Chambre 2 : 701H						Chambre 2 : 1733 H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 6H	Chambre 2 : 1H						Chambre 2 : 2H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 432H	Chambre 2 : 444H	Chambre 2 : 442H		Chambre 2 : 444H			Chambre 2 : 480H
<b>Nb heures de dépassement &gt;28°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 74H	Chambre 2 : 66H	Chambre 2 : 73H		Chambre 2 : 68H			Chambre 2 : 82H
<b>Nb heures de dépassement &gt;30°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 0H	Chambre 2 : 0H	Chambre 2 : 0H		Chambre 2 : 0H			Chambre 2 : 0H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3 zone de bruit</b>		Chambre 2 : 618H						
<b>Coût total lié à l'énergie (euros)</b>	3 278	1 219	1 241	1 202	1 181	1 262	1 242	1 346
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	69,16	19,52	20,18	19,45	19,30	20,42	19,97	21,55

Pour la variante 3, l'isolation des murs mitoyens amène à une optimisation des besoins en chaleur par le traitement des ponts thermiques des angles des façades en jonction des murs mitoyens.

La variante 6 avec VMC simple-flux a été étudiée afin de proposer un scénario de travaux simplifié, mais n'apporte rien de positif que ce soit en termes de confort d'hiver ou d'été, en qualité de l'air et en efficacité thermique pour le bâtiment en comparaison à une ventilation à double-flux.

L'aménagement intérieur ayant changé ainsi que l'aménagement des combles, la comparaison de l'analyse des heures de dépassement entre l'existant et le projet n'est pas forcément pertinent.

### 4.2.3 Variantes de solution sur C2

	Energie	Ic énergie	Ic construction	Confort été	Confort hiver	Analyse qualitative (acous, lux)	Variantes de travaux	
Existant	x			x	x	x	Motif	Déclinaison
<b>ref</b>	x	x	x	x	x	x		
1	x	x	x	x	x		Hérisson ventilé	PI bas R= 3
2	x	x	x	x	x		ITE impossible	ITI nord et ouest R=1,5 en Terre-chènevotte de 15 cm + 2cm d'enduit
3	x						Pignon ouest enterré sur RDC	Pignon ouest RDC non isolé
4	x					x	Menuiseries existantes performantes	Ébrasement de fenêtres non isolés
5	x	x	Cf résultat réf	x		x	Fenêtres performantes à l'état existant conservées mais ébrasement non traités	Conservation des fenêtres existantes mais pose en + de nouvelles fenêtres en applique intérieure (double fenêtres)
6	x			x	x		Variante systèmes	PAC double service + VMC simple-flux

1 : Dans cette variante, le sol a moins d'inertie thermique d'où l'intérêt d'effectuer une analyse du confort d'été et d'hiver.

2 : Dans cette variante, nous perdons l'inertie thermique des murs et donc il est intéressant d'analyser le confort d'été et d'hiver.

5 : Dans cette variante, la mise en œuvre de double-fenêtres réduit les apports solaires nécessitant d'analyser l'impact sur le confort d'été.

6 : Dans la solution de référence, La ventilation double-flux à récupération de chaleur permet de réduire les pertes thermiques en hiver et de mieux homogénéiser la température au sein du logement. D'où l'intérêt pour cette variante simple-flux d'analyser le confort d'été et d'hiver.



# Caractéristiques géométriques du bâtiment

	SHAB (m²)	Volume (m3)	Atbat (m²)	Nb niveaux chauffés	Mitoyen
<b>C2 ref</b>	98,7	235	185	2	Non
<b>Var 1 : Hérisson ventilé avec plancher bas R=3</b>	98,7	235	185	2	Non
<b>Var 2 : ITE impossible → ITI R=1,5 sur façade N et O</b>	96,5	230	182	2	Non
<b>Var 3 : Pignon ouest RDC non isolé</b>	99,2	236,5	185	2	Non
<b>Var 4 : Menuiseries existantes performantes → pas d'isolation des ébrasements</b>	98,7	235	185	2	Non
<b>Var 5 : Menuiseries existantes → Pose de doubles fenêtres</b>	98,7	235	185	2	Non
<b>Var 6 : Ajout d'une PAC double service + VMC simple flux</b>	98,7	235	185	2	Non

Pas de modification ou d'agrandissement de prévu, les données géométriques vont seulement être impactées par la création de doublage intérieur.

#### 4.2.3.1 Performances énergétique et économique

##### REPARTITION DES DEPERDITIONS DU BATIMENT

	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Renouvellement d'air</b>	13,4 %	14,9 %	11,8 %	13,3 %	11,7 %	14 %	<b>30,1 %</b>
<b>Plancher bas</b>	12,9 %	<b>4,4 %</b>	11,3 %	12,9 %	11,3 %	13,5 %	10,4 %
<b>Parois verticales</b>	30,1 %	33,4 %	35,5 %	30,6 %	26,2 %	31,4 %	24,3 %
<b>Fenêtres</b>	13,5 %	14,9 %	11,9 %	13,4 %	11,7 %	9,1 %	10,9 %
<b>Porte</b>	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Planchers hauts / toitures</b>	6,0 %	6,7 %	5,2 %	6,0 %	5,3 %	6,3 %	4,9 %
<b>Ponts thermiques angles</b>	3,4 %	3,7 %	<b>0,7 %</b>	3,6 %	2,9 %	3,5 %	2,7 %
<b>Ponts thermiques pl bas</b>	2,8 %	2,1 %	2,4 %	2,4 %	2,4 %	2,9 %	2,2 %
<b>Ponts thermiques pl inter</b>	4,2 %	4,7 %	6,5 %	4,3 %	3,7 %	4,4 %	3,4 %
<b>Ponts thermiques pl haut</b>	4,6 %	5,1 %	4,6 %	4,6 %	4,0 %	4,8 %	3,7 %
<b>Ponts thermiques menuiseries</b>	5,8 %	6,5 %	5,2 %	5,8 %	<b>18,0 %</b>	6,7 %	4,7 %
<b>Ponts thermiques refend</b>	3,3 %	3,7 %	5,0 %	3,3 %	2,9 %	3,5 %	2,7 %

Les pertes thermiques par renouvellement d'air (VMC simple-flux) sur la variante 6 passent de **13 à 30 %**.

Les faibles pertes thermiques du plancher bas (**<5 %**) en variante 1 sont expliquées par la création d'un hérisson ventilé et isolé.

Les faibles pertes thermiques des angles (**<1%**) en variante 2 sont expliquées par la continuité de l'isolation des murs par l'intérieur sur les 4 orientations de la maison.

Le simple fait de négliger l'isolation des retours de fenêtres en variante 4 engendre des pertes thermiques passant de **6 à 18 %**.

##### INDICATEUR CONVENTIONNEL

	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	114	94	135	132	132	118	88
<b>GES (kgCO2/m²/an)</b>	3	2	4	3	3	3	2
<b>Ubat (W/m².k)</b>	0,55	0,45	0,65	0,64	0,64	0,53	0,55
<b>Ubat base (W/m².k)</b>	0,60	0,60	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60
<b>Classe énergétique</b>	C	<b>B</b>	C	C	C	C	<b>B</b>

L'obtention de la classe B d'un point de vue de la méthode 3CL-DPE se fait seulement par l'isolation totale de l'enveloppe plancher bas compris, ou bien par le choix d'une pompe à chaleur air/eau pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

## RESULTAT SIMULATION STD

	<b>C2 réf</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>	<b>Var 4</b>	<b>Var 5</b>	<b>Var 6</b>
<b>Besoin thermique net (kWh/an)</b>	3 442	3 311	4 201	3 287	4 327	3 358	4 007
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	35	34	44	33	44	34	41
<b>Apport gratuit (kWh/an)</b>	3 179	3 165	3 188	3 174	3 184	3 084	3 656
<b>Apport gratuit %</b>	48 %	49 %	43 %	49 %	42 %	48 %	48 %

Les variantes 1, 3 et 5 obtiennent des résultats légèrement plus intéressants que le scénario de référence :

- Variante 1 grâce à l'isolation du sol et la réduction du pont thermique du plancher bas.
- Variante 3 par le gain thermique d'un mur enterré bénéficiant de l'inertie thermique du sol.
- Variante 5 avec la réduction non négligeable des pertes par les fenêtres ainsi que la réduction des ponts thermiques d'ébrasements.

## RESULTAT SIMULATION SED

	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Consommation (kWh<sub>ef</sub>/an)</b>	7 613	7 446	8 500	7 471	8 722	7 501	4 500
<b>Consommation (kWh<sub>ef</sub>/an/m<sup>2</sup>)</b>	77	75	88	75	88	76	46
<b>Consommation (kWh<sub>ep</sub>/an)</b>	12 779	12 599	13 783	12 655	13 952	12 657	10 350
<b>Consommation (kWh<sub>ef</sub>/an/m<sup>2</sup>)</b>	129	128	143	128	141	128	105
<b>Bilan CO2 (kg/an/m<sup>2</sup>)</b>	3,4	3,6	3,7	3,4	3,8	3,4	2,3

Résultats en cohérence par rapport aux remarques précédentes.

## COUT D'EXPLOITATION

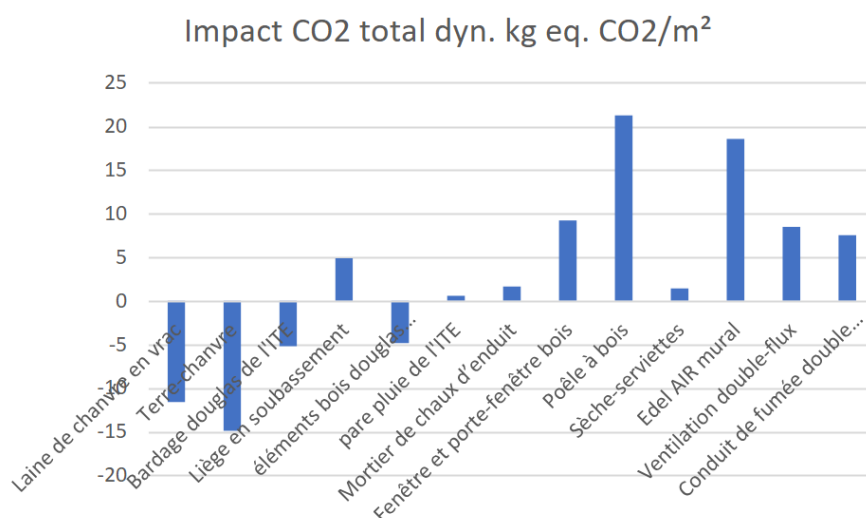
	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Prix du kWh bois bûche (€/kWh)</b>	0,04 €						
<b>Prix du kWh granulés de bois (€/kWh)</b>	0,08 €						
<b>Prix du kWh électricité (€/kWh)</b>	0,23 €						
<b>Coût d'exploitation bois bûche</b>	146 €	139 €	177 €	139 €	188 €	141 €	0 €
<b>Coût d'exploitation bois granulés</b>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Coût d'exploitation électricité</b>	820 €	760 €	812 €	824 €	821 €	820 €	1 034 €
<b>Entretien chaudière ou poêle</b>	140 €	140 €	140 €	140 €	140 €	140 €	140 €
<b>Abonnements électricité</b>	173 €	173 €	173 €	173 €	173 €	173 €	173 €
<b>Coût total lié à l'énergie</b>	<b>1 279 €</b>	<b>1 212 €</b>	<b>1 302 €</b>	<b>1 276 €</b>	<b>1 322 €</b>	<b>1 274 €</b>	<b>1 347 €</b>

Impact économique mineur entre chaque variante.

#### 4.2.3.2 ACV

##### C2 ref et var 5

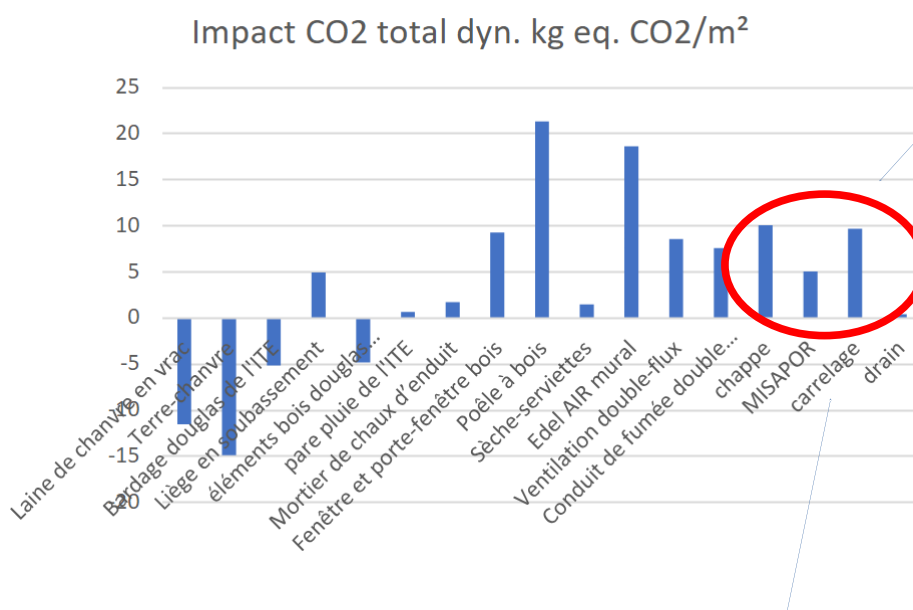
Nous obtenons 56,8 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail



L'impact carbone du poêle à bois et du ballon thermodynamique dominant, vient ensuite la ventilation et les menuiseries.

##### C2 var 1

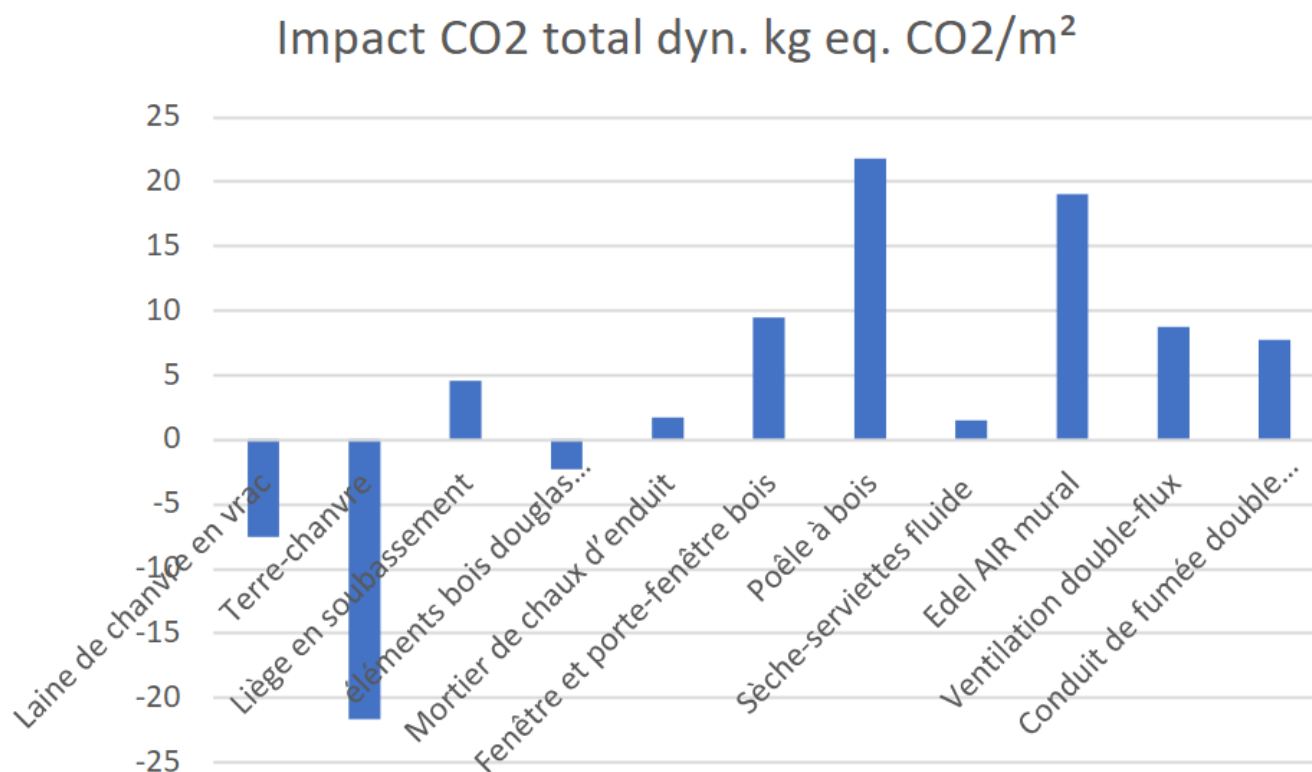
Nous obtenons 81,7 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail



La création d'un nouveau **carrelage** a un impact important, il faudra privilégier la conservation ou la réutilisation du revêtement de sol existant quand possible.

## C2 var 2

Nous obtenons 62,7 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail



La réduction de mise en œuvre de laine de chanvre est compensée par l'augmentation d'application de terre-chènevotte.

## Conclusion sur les bilans ACV

	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 5
Ic énergie (kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	161,0	129,2	185,4	156,0
Ic construction (kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	56,8	81,7	62,7	56,8
Temps de retour carbone (année)	0,63	0,89	0,69	0,63

Les bilans ACV sont très impactés par le choix des systèmes (poêle, chauffe-eau thermodynamique, VMC double-flux). L'impact des menuiseries est également important. L'isolation de toiture et mur en laine de chanvre en vrac, l'isolation terre-chènevotte des murs ainsi que les matériaux en bois douglas sont puits de carbone. Ils compensent partiellement les contributions des systèmes.

#### 4.2.3.3 Confort thermique C2 (nombre d'heure de dépassement)

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C2 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Séjour	11	26	800	21					
Chambre 1	11	27	1 637	77	1				
Chambre 2	10	27	2 020	102	1				
Salle de bain	11	25	854	9					
WC 2	11	28	1 231	34	5				
WC 1	11	26	1 385	10					
Cellier	12	26	1 262	94					
Chambre 3	11	27	1 819	82	1				
Séjour occupation	11	26	423	14					
Chambre 1 occupation	11	27	1 132	19	1				
Chambre 2 occupation	10	27	1 452	23	1				
Chambre 3 occupation	11	27	1 247	25	1				

Maison très confortable en été avec des températures maximales de 26°C.

<b>Analyse du confort d'hiver dans les chambres en occupation</b>				
°C	T mini	Nb H < 14	Nb H < 16	Nb H > 18
Séjour occupation	11	7	9	142
Chambre 1 occupation	11	8	52	443
Chambre 2 occupation	10	8	89	642
Chambre 3 occupation	11	8	53	501

Le retour de vacances le 1er janvier engendre en grande partie cet inconfort hivernal, en effet le chauffage au poêle à bûche est manuel et donc non programmable, il sera donc relancé au même moment que le retour des occupants.

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>								
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</b>								
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>				
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32
Séjour	11	29	1 205	1 104	417	25		
Chambre 1	10	29	1 316	1 382	627	112		
Chambre 2	10	29	1 585	1 416	665	136		
Salle de bain	11	29	1 070	1 241	467	28		
WC 2	11	30	1 689	1 101	427	35		
WC 1	11	30	1 712	1 048	354	12		
Cellier	12	30	1 387	1 322	597	54		
Chambre 3	10	30	1 782	1 405	666	122		
Séjour occupation	11	29	935	606	159	9		
Chambre 1 occupation	10	29	1 014	852	328	32		
Chambre 2 occupation	10	29	1 236	876	350	38		
Chambre 3 occupation	10	30	1 338	869	351	42		

Quelques inconforts ressentis en été, particulièrement dans les chambres avec des températures maximales entre 29 et 30°C sur environ 120 heures chacune, mais seulement une trentaine d'heures en occupation.

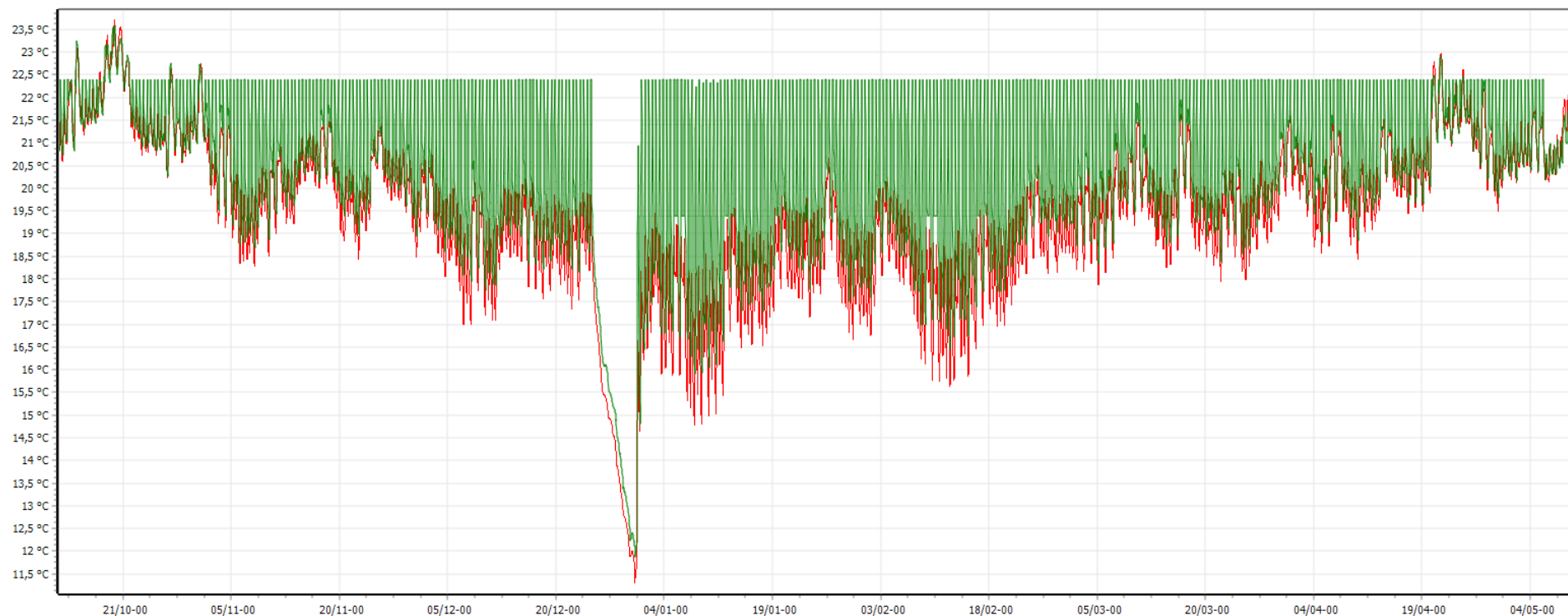


<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>								
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D) en zone de bruit BR2 et 3</b>								
<i>scénario d'ouverture des fenêtres différé</i>								
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>				
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32
Séjour	11	29	1 205	1 380	634	46		
Chambre 1	10	30	1 316	1 629	919	181		
Chambre 2	10	30	1 585	1 655	958	209		
Salle de bain	11	29	1 070	1 473	703	68		
WC 2	11	30	1 689	1 282	584	67		
WC 1	11	29	1 712	1 249	488	15		
Cellier	12	30	1 387	1 564	844	89		
Chambre 3	10	30	1 782	1 633	919	189		
Séjour occupation	11	29	935	832	305	26		
Chambre 1 occupation	10	30	1 014	1 046	537	82		
Chambre 2 occupation	10	30	1 236	1 068	564	91		
Chambre 3 occupation	10	30	1 338	1 049	529	89		

Résultat similaire mais dégradé par la réduction de renouvellement d'air la nuit  
 Cette fois-ci les chambres encaissent des températures maximales entre 29 et 30°C sur  
 environ 190 heures chacune, et presque 100h en période d'occupation.

### A) Zone : chambre 3 et séjour

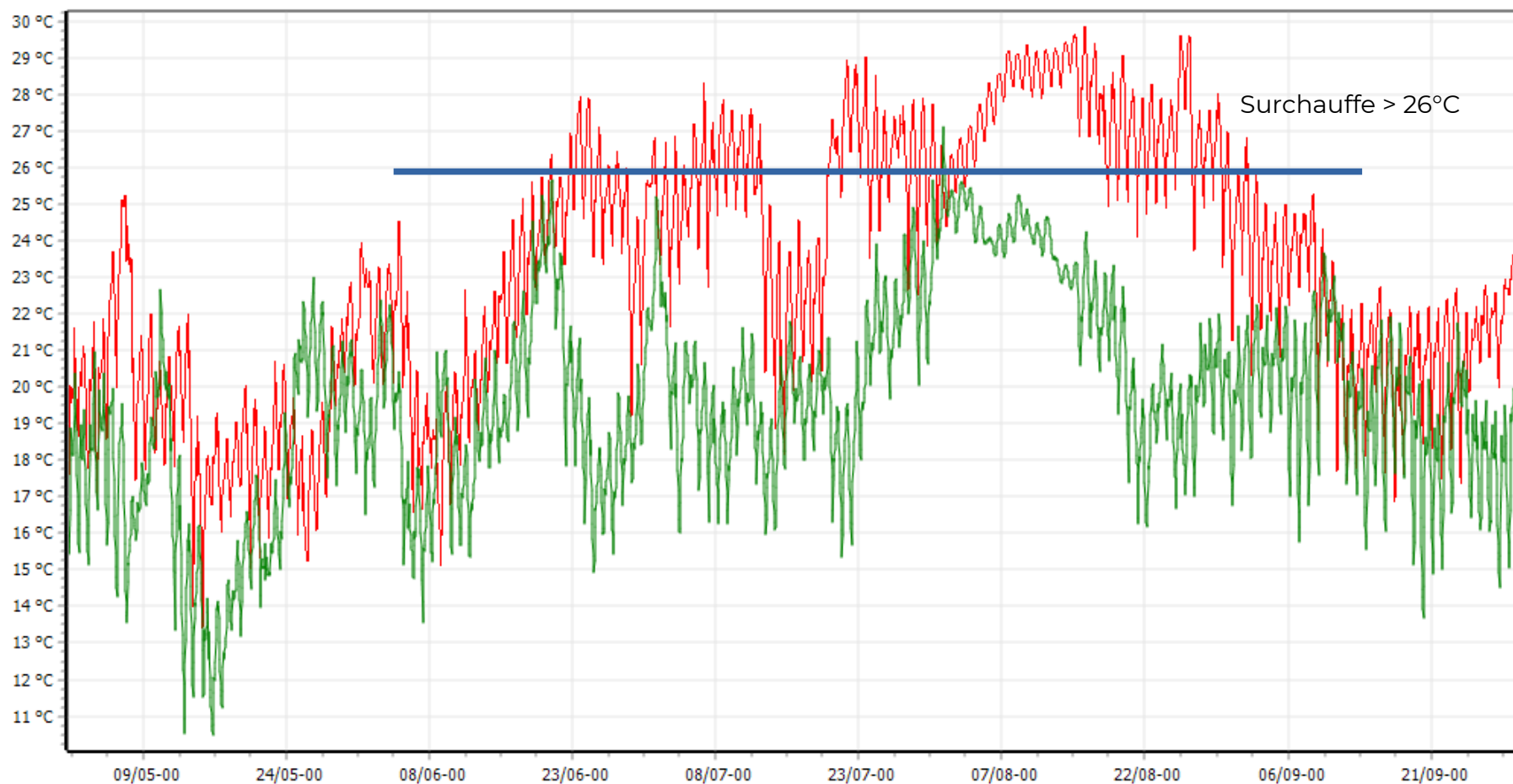
Courbe de l'évolution de la température sur la période de chauffe dans la **chambre 3** et **séjour** : **situation 1**



On constate que la température dans le séjour est stable (variation entre 19 et 22 °C). Tandis que dans la pièce éloignée du poêle (chambre 3), la température minimale atteinte est de 15°C sur quelques journées froides en hiver en occupation et une température variant majoritairement de 19 à 17°C.

Le scénario intègre une période de vacance du logement en fin d'année, ce qui explique la baisse puis la remontée observée des températures entre fin décembre et début janvier.

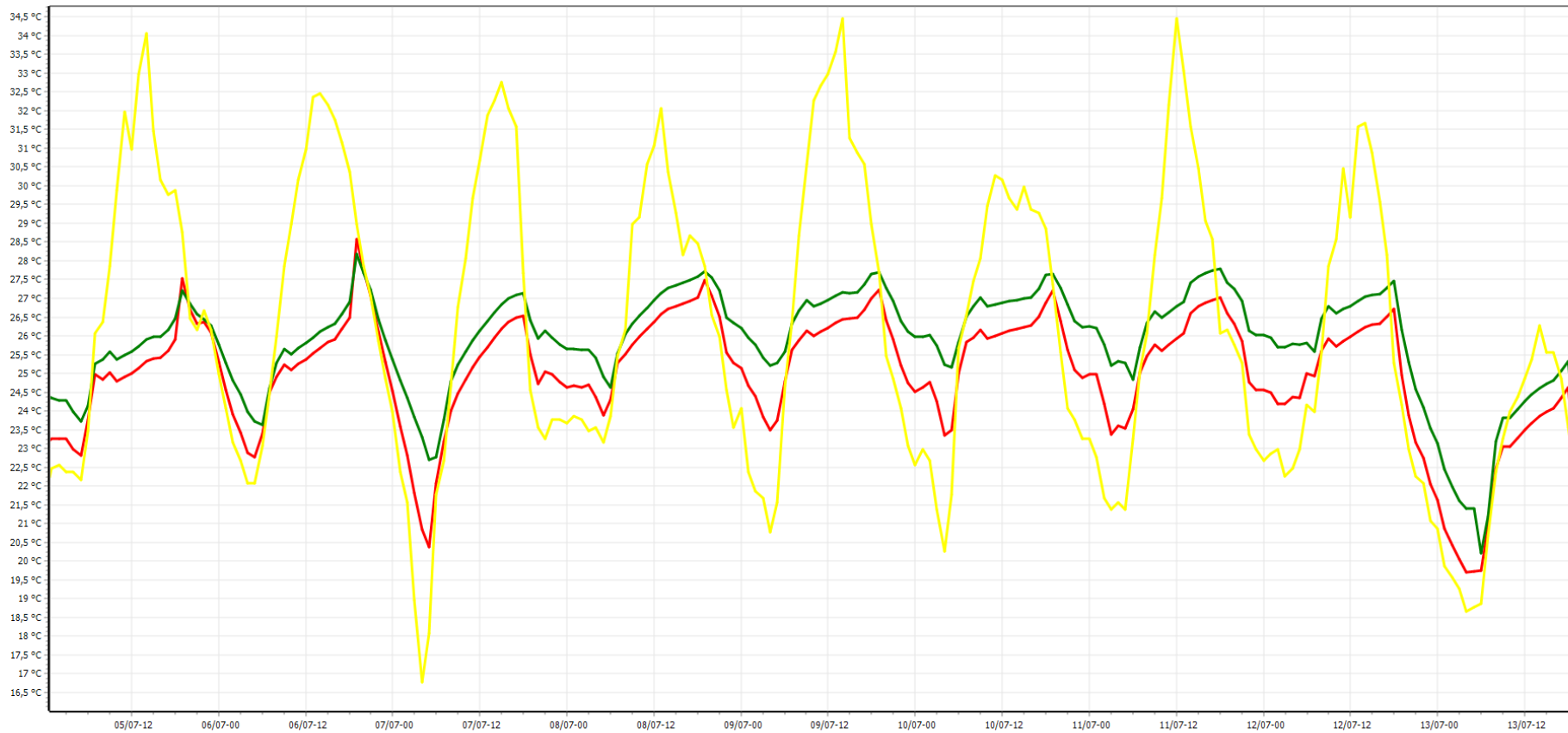
Type C2, Courbe de l'évolution de la température sur la période estivale avec ouvertures des fenêtres sur la période estivale dans la chambre 1 (la plus exposée au soleil) : (en vert **situation 1** et en rouge **situation 2**)



On constate que la configuration actuelle nous permet de conserver un bon confort dans la zone tout au long de l'été en **situation 1 (zone H1)**. Cependant en **situation 2 (zone H3)**, des températures supérieures à 28 °C allant jusqu'à 30 °C.

Graphique de l'évolution de la température intérieure du séjour et de la température extérieure pour la **situation 2** :

On retrouvera en rouge la température intérieure du séjour, en vert la température intérieure du séjour en zone BR1 et en jaune en zone BR2,3 et en **jaune** la température extérieure en situation 2 de la période la plus chaude de l'année.



On remarque que l'ouverture réduite des volets et fenêtres la nuit en zone de bruit, amène à une hausse constante des températures de 1 à 2°C sur la période la plus chaude de l'année.

## Synthèse des résultats de C2

	Existant	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Ubat (W/m².k)</b>	1,81	0,55	0,45	0,65	0,64	0,64	0,53	0,55
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	169	35	34	44	33	44	34	41
<b>Consommation (kWhcf/an/m²)</b>	434	77	75	88	75	88	76	46
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	415	114	94	135	132	132	118	88
<b>IC énergie (kg eq CO2/m²)</b>		161	129	185			156	
<b>IC Construction (kg eq CO2/m²)</b>		57	82	63			57	
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 616 H	Chambre 3 : 1247H	Chambre 3 : 1240H	Chambre 3 : 1786H				Chambre 3 : 103H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 30H	Chambre 3 : 1H	Chambre 3 : 3H	Chambre 3 : 5H				Chambre 3 : 5H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 665H	Chambre 3 : 351H	Chambre 3 : 363H	Chambre 3 : 378H			Chambre 3 : 349H	Chambre 3 : 430H
<b>Nb heures de dépassement &gt;28°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 272H	Chambre 3 : 42H	Chambre 3 : 50H	Chambre 3 : 51H			Chambre 3 : 41H	Chambre 3 : 75H
<b>Nb heures de dépassement &gt;30°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 47H	Chambre 3 : 0H	Chambre 3 : 0H	Chambre 3 : 0H			Chambre 3 : 0H	Chambre 3 : 0H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3 zone de bruit</b>		Chambre 3 : 529H						
<b>Coût total lié à l'énergie (euros)</b>	6 259	1 279	1 212	1302	1 276	1 322	1 274	1 347
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	58,71	12,96	12,28	13,49	12,86	13,39	12,91	13,65

Pour la variante 2, l'isolation des murs étant plus faible, le besoin en chaleur net est 24 % supérieur par rapport au scénario de référence.

Pour la variante 4, le non-traitement des retours de fenêtres engendre un besoin en chaleur net supérieur de 26 % par rapport au scénario de référence.

La variante 6 avec VMC simple-flux a été étudiée afin de proposer un scénario simplifié de travaux, mais n'apporte rien de positif que ce soit en termes de confort d'hiver et d'été, en qualité de l'air et en efficacité thermique pour le bâtiment en comparaison à une ventilation à double-flux (en mettant de côté l'impact de la PAC).

#### 4.2.4 Variantes de solution sur C4

Déclinaisons susceptibles d'avoir un impact sur la performance et le type de simulations prévues

	C4							
	Energie	Ic énergie	Ic construction	Confort été	Confort hiver	Analyse qualitative (acous, lux)	Variantes de travaux	
Existant	x			x	x	x	Motif	Déclinaison
<b>ref</b>	x	x	x	x	x	x		
1	x			x			Remontées capillaires	Hérisson ventilé + isolation du sol R=3
2	x				x		Pas de pertes d'usage et de contrainte de temps de séchage	mur R=3
3	x	x	x	x			Remontées capillaires ET Pas de pertes d'usage et de contrainte de temps de séchage	Hérisson ventilé + isolation du sol R=3 + mur R=3

Variantes 1 et 3 : Dans ces variantes, le sol a moins d'inertie thermique d'où l'intérêt d'effectuer une analyse du confort d'été et d'hiver.

Variantes 2 et 3 : Dans ces variantes, les murs étant mieux isolés, une analyse du confort d'été et d'hiver est nécessaire.

## Caractéristiques géométriques du bâtiment

	<b>SHAB (m²)</b>	<b>Volume (m3)</b>	<b>Atbat (m²)</b>	<b>Nb niveaux chauffés</b>	<b>Mitoyen</b>
<b>C4 réf</b>	102,4	314	252	2	Non
<b>Var 1 : Remontées capillaires → Hérisson ventilé et isolation plancher bas à R=3</b>	102,4	314	252	2	Non
<b>Var 2 : Murs à R=3</b>	98,8	296	245	2	Non
<b>Var 3 : Var 1 + Var 2</b>	98,8	296	245	2	Non

Pas de modification ou d'agrandissement de prévu, les données géométriques vont seulement être impactées par la création de doublage intérieur.

#### 4.2.4.1 Performances énergétique et économique

##### REPARTITION DES DEPERDITIONS DU BATIMENT

	<b>C4 réf</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Renouvellement d'air</b>	22,0 %	25,0 %	25,1 %	29 %
<b>Plancher bas</b>	13,9 %	<b>4,0 %</b>	15,7 %	<b>4,5 %</b>
<b>Parois verticales</b>	28,1 %	31,9 %	<b>18,9 %</b>	<b>21,8 %</b>
<b>Fenêtres</b>	10,3 %	11,6 %	11,8 %	13,6 %
<b>Porte</b>	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Planchers hauts / toitures</b>	11,7 %	13,3 %	12,4 %	14,3 %
<b>Ponts thermiques angles</b>	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
<b>Ponts thermiques pl bas</b>	3,3 %	2,1 %	3,7 %	2,4 %
<b>Ponts thermiques pl inter</b>	3,3 %	3,4 %	3,3 %	3,8 %
<b>Ponts thermiques pl haut</b>	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Ponts thermiques menuiseries</b>	4,4 %	5,0 %	5,0 %	5,8 %
<b>Ponts thermiques refend</b>	3,2 %	3,6 %	3,9 %	4,5 %

Les faibles pertes thermiques du plancher bas (<5 %) en variantes 1 et 3 sont justifiés par la création d'un hérisson ventilé et isolé.

Variantes 2 et 3 : le passage de l'isolation des murs de R=1,5 à 3 permet une réduction des pertes de ce poste passant de 30% à 20 % environ.

##### INDICATEUR CONVENTIONNEL

	<b>C4 réf</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	115	100	91	89
<b>GES (kgCO2/m²/an)</b>	3	3	3	2
<b>Ubat (W/m².k)</b>	0,57	0,45	0,50	0,38
<b>Ubat base (W/m².k)</b>	0,46	0,46	0,47	0,47
<b>Classe énergétique</b>	<b>C</b>	B	B	B

Le scénario de référence n'obtient pas la classe B au regard de la méthode 3CL-DPE, pour cela il faudrait soit isoler le plancher bas ou mettre en œuvre des épaisseurs plus conséquentes en isolation des murs.



## RESULTAT SIMULATION STD

	C4 réf	Var 1	Var 2	Var 3
Besoin thermique net (kWh/an)	5 990	5 642	<b>4 898</b>	4 655
Besoin thermique net (kWh/an/m²)	58	55	48	45
Apport gratuit (kWh/an)	4 276	4 209	3 942	3 890
Apport gratuit %	42 %	43 %	45 %	46 %

Le passage de l'isolation des murs de R=1,5 à 3 permet un gain sur le besoin thermique net de 18 %.

## RESULTAT SIMULATION SED

	C4 réf	Var 1	Var 2	Var 3
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an)	5 391	5 306	5 037	4 986
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an/m²)	53	52	51	49
Consommation (kWh <sub>ep</sub> /an)	12 399	12 204	12 399	11 468
Consommation (kWh <sub>eff</sub> /an/m²)	125	119	121	112
Bilan CO2 (kg/an/m²)	3,7	3,6	3,5	3,3

Résultats en cohérence par rapport aux remarques précédentes.

## COUT D'EXPLOITATION

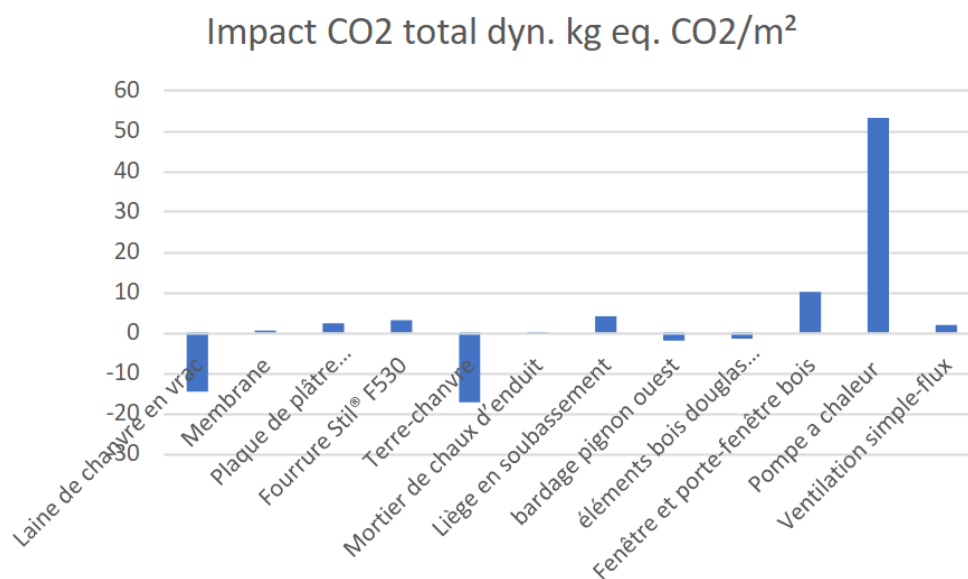
	C4 réf	Var 1	Var 2	Var 3
Prix du kWh bois bûche (€/kWh)		0,04 €		
Prix du kWh granulés de bois (€/kWh)		0,07 €		
Prix du kWh électricité (€/kWh)		0,23 €		
Coût d'exploitation bois bûche	0 €	0 €	0 €	0 €
Coût d'exploitation bois granulés	0 €	0 €	0 €	0 €
Coût d'exploitation électricité	1 241 €	1 221 €	1 159 €	1 147 €
Entretien chaudière	140 €	140 €	140 €	140 €
Abonnements électricité	173 €	173 €	173 €	173 €
Coût total lié à l'énergie	<b>1 554 €</b>	<b>1 534 €</b>	<b>1 472 €</b>	<b>1 460 €</b>

Impact économique mineur entre chaque variante.

#### 4.2.4.2 ACV

##### C4 réf

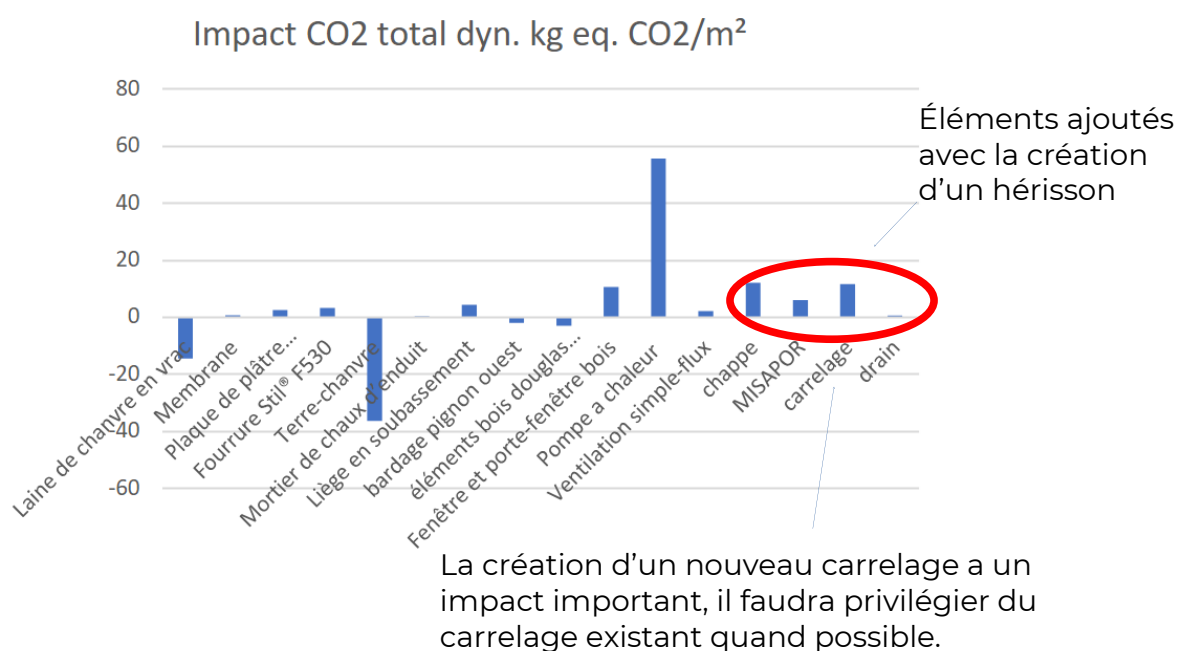
Nous obtenons 40,2 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail



L'impact carbone de la pompe à chaleur double service domine.

##### C4 Var 3

Nous obtenons 52,3 (kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) voici le détail



L'augmentation de la quantité de mise en œuvre de terre-chènevotte compense partiellement les émissions de carbone du hériss ventilé

## Conclusion sur les bilans ACV

	C4 réf	C4 var 3
Ic énergie (kg eq CO2/m²)	119,3	88,3
Ic construction (kg eq CO2/m²)	40,2	52,3
Temps de retour carbone (année)	0,26	0,33

Les bilans ACV sont très impactés par la pompe a chaleur et le hérisson ventilé. Vient ensuite les menuiseries. L'isolation de toiture en laine de chanvre en vrac, l'isolation terre-chènevotte des murs ainsi que les matériaux en bois douglas sont puits de carbone. Ils compensent partiellement les contributions des systèmes.

#### 4.2.4.3 Confort thermique C4 (nombre d'heure de dépassement)

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C4 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Séjour	8	27	1 024	154	6				
Bureau	8	27	1 234	102	4				
Salle de bain	8	27	963	170	12				
WC	8	26	972	146					
Chambre 1	7	27	1 146	200	20				
Chambre 2	7	28	1 041	236	52				
Séjour occupation	16	27	144	37	6				
Bureau occupation	16	27	195	25	4				
Chambre 1 occupation	15	27	161	50	7				
Chambre 2 occupation	15	28	135	71	19				

Quelques jours après l'arrêt de la chaudière (pendant la nuit du 16 mai)

Maison confortable en été avec des températures maximales de 27°C (52H sur l'année entière pour la chambre 2 et 20h pour la chambre 1)

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D)

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	7	30	537	1 131	593	228			
Bureau	8	30	692	1 084	486	159			
Salle de bain	7	31	464	1 209	633	244	1		
WC	8	30	483	1 205	563	231			
Chambre 1	7	31	683	1 364	748	290	18		
Chambre 2	7	31	624	1 370	791	337	58		
Séjour occupation	19	30		562	230	39			
Bureau occupation	19	30		542	194	16			
Chambre 1 occupation	19	30		781	340	70			
Chambre 2 occupation	18	31	11	777	360	109	4		

Inconforts ressentis en été, particulièrement dans les chambres avec des températures maximales entre 31 et 32°C sur 18H en chambre 1 et 58 H en chambre 2. Ensuite, des températures toujours élevées entre 29 et 30°C sur 272 H en chambre 1 et 279 H en chambre 2.

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D) en zone de bruit BR2 et 3

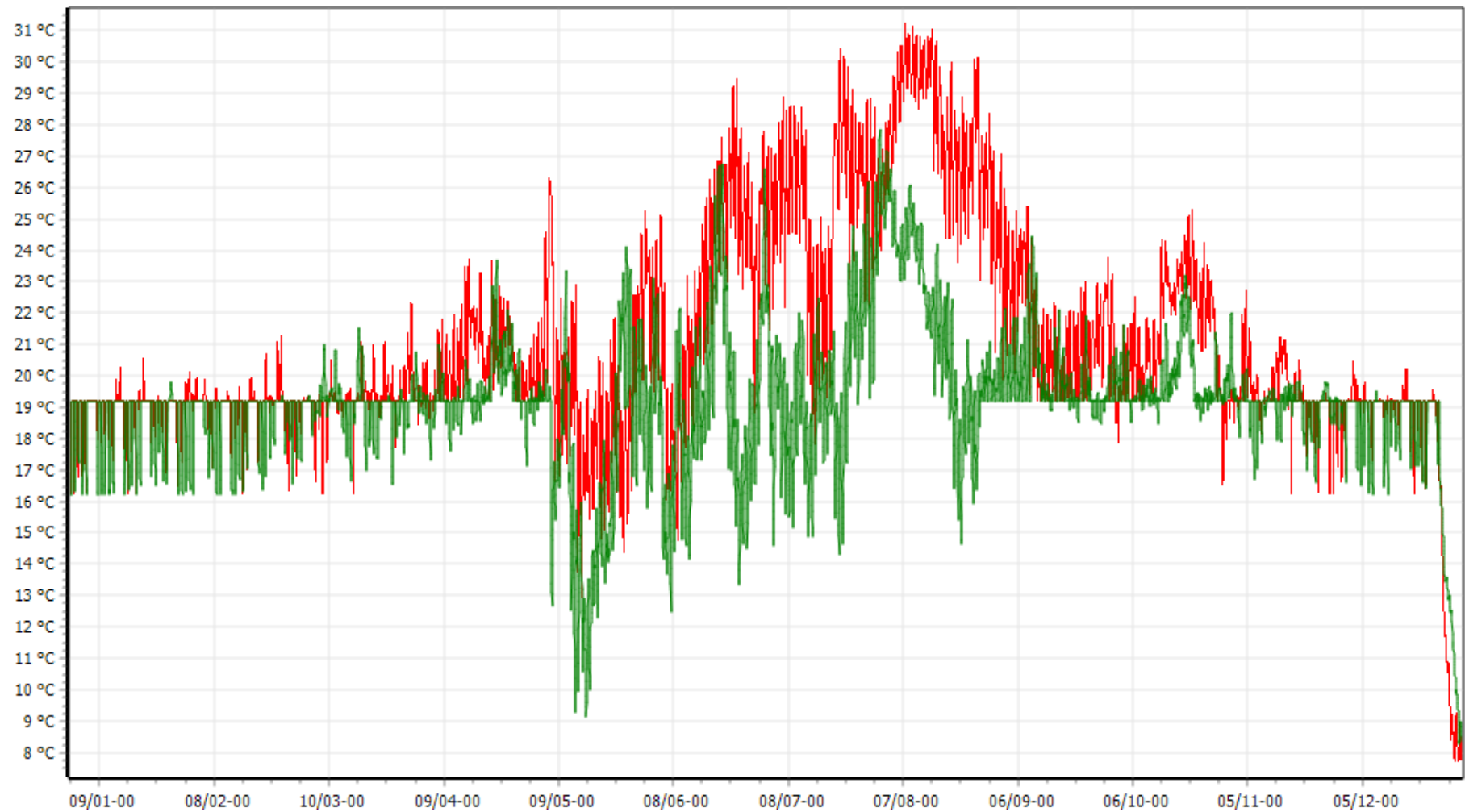
*scénario d'ouverture des fenêtres différé*

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	7	30	537	1 376	752	275			
Bureau	8	30	692	1 315	656	195			
Salle de bain	7	31	464	1 447	817	289	3		
WC	8	30	483	1 453	779	272			
Chambre 1	7	31	683	1 609	991	374	21		
Chambre 2	7	32	624	1 638	1 024	434	76		
Séjour occupation	19	30		783	330	72			
Bureau occupation	19	30		735	280	34			
Chambre 1 occupation	19	31		990	525	140	1		
Chambre 2 occupation	18	31	11	1 010	546	186	19		

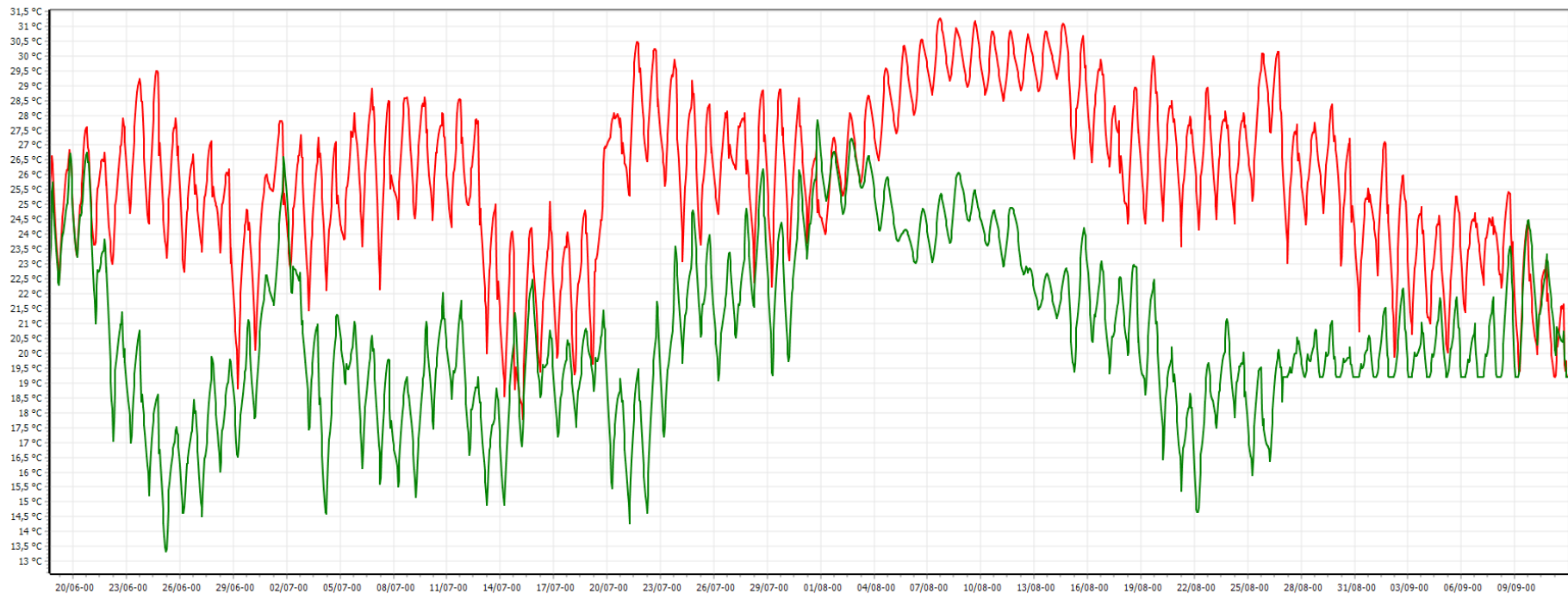
Résultat similaire mais dégradé par la réduction de renouvellement d'air la nuit

Type C4, Courbe de l'évolution de la température de la chambre 1 en **situation 1** en vert et **situation 2** en rouge :

La simulation prend en compte l'ouverture des fenêtres en été.



Courbe de l'évolution de la température sur la période estivale dans la chambre 1 (la plus exposée au soleil) : (en vert **situation 1** et en rouge **situation 2**)



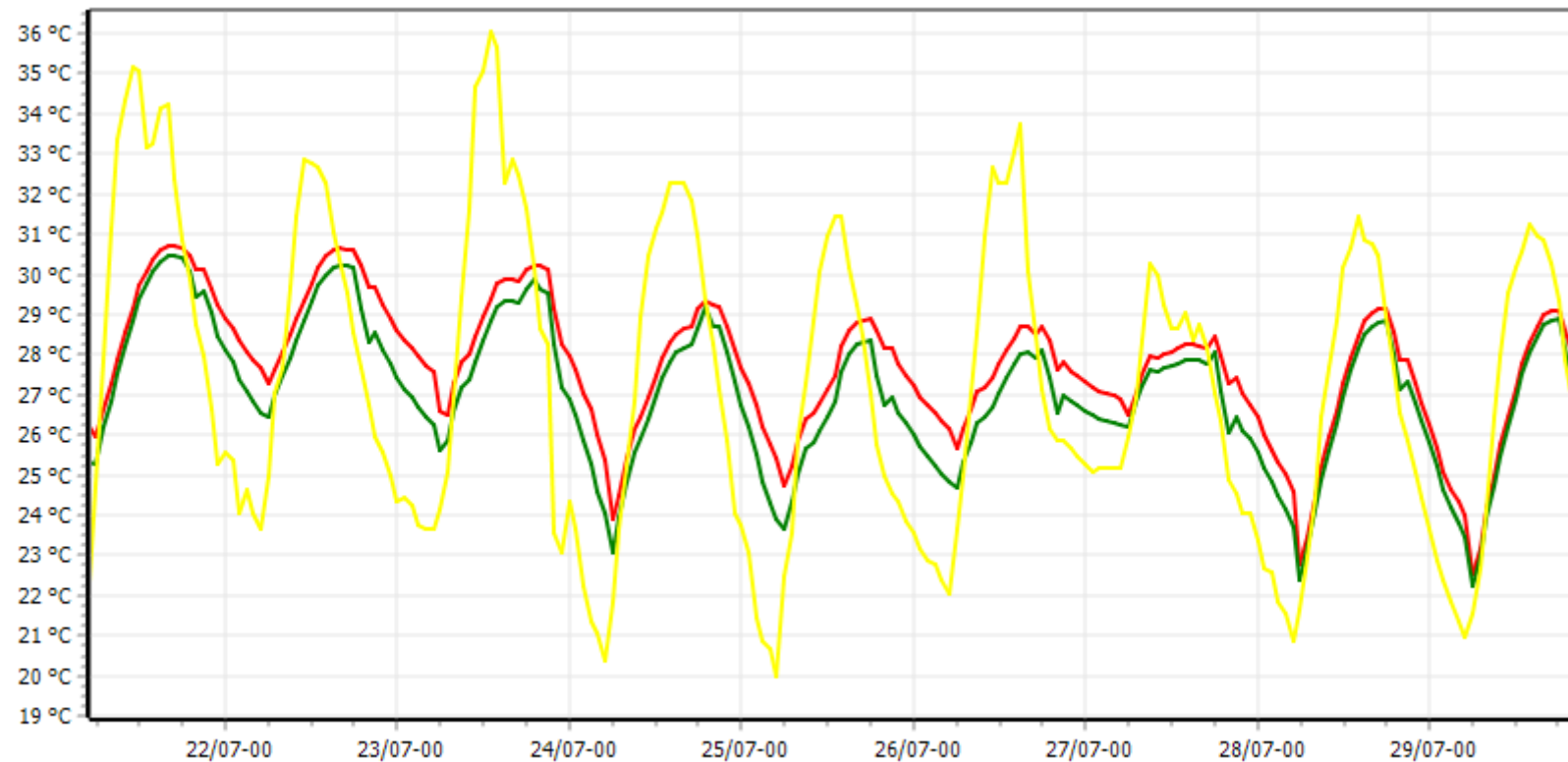
On constate que la configuration actuelle nous permet de conserver un bon confort dans la zone tout au long de l'été en **situation 1**. Cependant, en **situation 2**, des températures supérieures sont relevées allant jusqu'à 31 °C.



Graphique de l'évolution de la température intérieure de la chambre 1 et de la température extérieure pour la **situation 2**:

On retrouvera en **vert** la semaine la plus chaude de l'année en période d'occupation, et en **rouge** la température intérieure de la chambre en **zone BR2,3**. En **jaune** la température extérieure.

On remarque que l'ouverture réduite des volets et des fenêtres la nuit en zone de bruit, amène à une hausse constante des températures de 0,3 à 0,5 °C sur la période la plus chaude de l'année.



## Synthèse des résultats de C4

	Existant	C4 réf	Var 1	Var 2	Var 3
<b>Ubat (W/m².k)</b>	2,52	0,57	0,45	0,50	0,38
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	371	58	55	48	45
<b>Consommation (kWh/an/m²)</b>	721	53	52	51	49
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	499	115	100	91	89
<b>Ic énergie (kg eq CO2/m²)</b>		119,3			88
<b>Ic construction (kg eq CO2/m²)</b>		40,2			52
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 2 : 822H	Chambre 2 : 135H	Chambre 2 : 112H		Chambre 2 : 118H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H1a</b>	Chambre 2 : 172H	Chambre 2 : 19H	Chambre 2 : 21H		Chambre 2 : 15H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 2 : 683H	Chambre 2 : 360H	Chambre 2 : 373H		Chambre 2 : 370H
<b>Nb heures de dépassement &gt;28°C en zone H3</b>	Chambre 2 : 431H	Chambre 2 : 109H	Chambre 2 : 115H		Chambre 2 : 113H
<b>Nb heures de dépassement &gt;30°C en zone H3</b>	Chambre 2 : 235H	Chambre 2 : 4H	Chambre 2 : 10H		Chambre 2 : 5H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3 zone de bruit</b>		Chambre 2 : 546H	Chambre 2 : 552H		Chambre 2 : 552H
<b>Coût total lié à l'énergie (euros)</b>	9 685	1 554	1 534	1 472	1 460
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	90,18	15,18	14,98	14,90	14,78

Pour les variantes 2 et 3, la réduction du besoin en chauffage est non négligeable grâce à l'augmentation du pouvoir isolant des murs (R= 1,5 à 3), à réaliser seulement si pas de contrainte de temps de séchage.

Pour les variantes 1 et 3, la mise en place d'un hérisson ventilé avec isolation est réalisée pour des motivations de pérennité du bâtiment et non de performance énergétique. Le second choix dépendra donc de la nature du sol.

## 4.3 Confort visuel et éclairage

Au-delà des performances énergétiques, l'objectif d'une rénovation est d'améliorer la qualité de vie des habitants. Or le confort visuel participe directement au confort et à la santé des habitants, cet aspect est donc essentiel pour une rénovation de qualité.

Une première approche méthodologie est proposée pour évaluer ce critère.

### 4.3.1 Méthodologie d'évaluation

Le confort visuel est évalué à l'aide de plusieurs indicateurs et critères définis par analogie avec les certifications HQE.

Le référentiel HQE pour la rénovation de maisons (1) fournit un critère global pour le bâtiment ne prenant en compte que le rapport entre la surface totale des baies sur la surface habitable totale. Deux niveaux optionnels de qualité sont définis :

- Rapport  $\geq 1/6$  : 2 points
- Rapport  $\geq 1/5$  : 3 points

Afin d'obtenir une analyse plus fine, les critères du référentiel HQE pour la construction (2) (3) seront également utilisés. Ceux-ci incluent les critères suivants

- Indice d'ouverture ( $I_o$ , surface baies/surface de la pièce) : 1 point (critère obligatoire)
  - o  $I_o \geq 15$  % séjour/cuisine ouverte
  - o  $I_o \geq 12$  % chambre
  - o  $I_o \geq 10$  % cuisine fermée
- Rapport global (surface totale des baies/surface habitable totale)  $\geq 1/5$  : 2 points (critère optionnel)
- Facteur de lumière du jour moyen ( $FLJ_{moy}$ ) : 3 points (critère optionnel)
  - o Zone climatique H1
    - Séjour/cuisine ouverte :  $FLJ_{moy} \geq 2,5$  %
    - Chambre :  $FLJ_{moy} \geq 1,8$  %
    - Cuisine fermée :  $FLJ_{moy} 1,2$  %
  - o Zone climatique H2
    - Séjour/cuisine ouverte :  $FLJ_{moy} \geq 2,2$  %
    - Chambre :  $FLJ_{moy} \geq 1,6$  %
    - Cuisine fermée :  $FLJ_{moy} 1$  %
  - o Zone climatique H3

- Séjour/cuisine ouverte : FLJ,moy  $\geq 1,5$  %
- Chambre : FLJ,moy  $\geq 1,2$  %
- Cuisine fermée : FLJ,moy 0,7 %

- Remarque : les facteurs de réflexion (70% plafonds, 50 % murs et 20 % sols) ainsi que la hauteur du plan de travail (0,70 m) sont pris conformément au référentiel HQE. A noter que ces coefficients sont sans doute plus complexes à respecter dans un contexte de maison individuelle.

Par analogie aux critères des référentiels HQE, le système de notation suivant est proposé pour la présente étude :

<b>Système de notation utilisé pour évaluer le confort visuel</b>	
Nombre de points attribués	Echelle de couleur
Le nombre de point attribués correspondant à celui du référentiel HQE construction, corrigé par les termes suivants :	L'échelle de couleur suivante est utilisée en fonction du nombre de points pour le critère considéré :
$\geq 100$ % du critère « construction » : +1 points	3 points (ou +)
$\geq 85$ % : + 0 point	2 points
$\geq 70$ % : - 1 point	1 point
$\geq 55$ % : - 2 points	0 point
$\geq 40$ % : -3 points	-1 point
$\geq 25$ % : - 4 points	-2 points
$< 25$ % : - 5 points	

Pour le calcul et l'évaluation des FLJ,moyen, la zone climatique et l'orientation n'ont pas d'impact : le FLJ est calculé pour un ciel uniformément couvert.

### 4.3.2 Typologie A1

Les indicateurs calculés pour la typologie A1 sont documentés dans le tableau suivant :

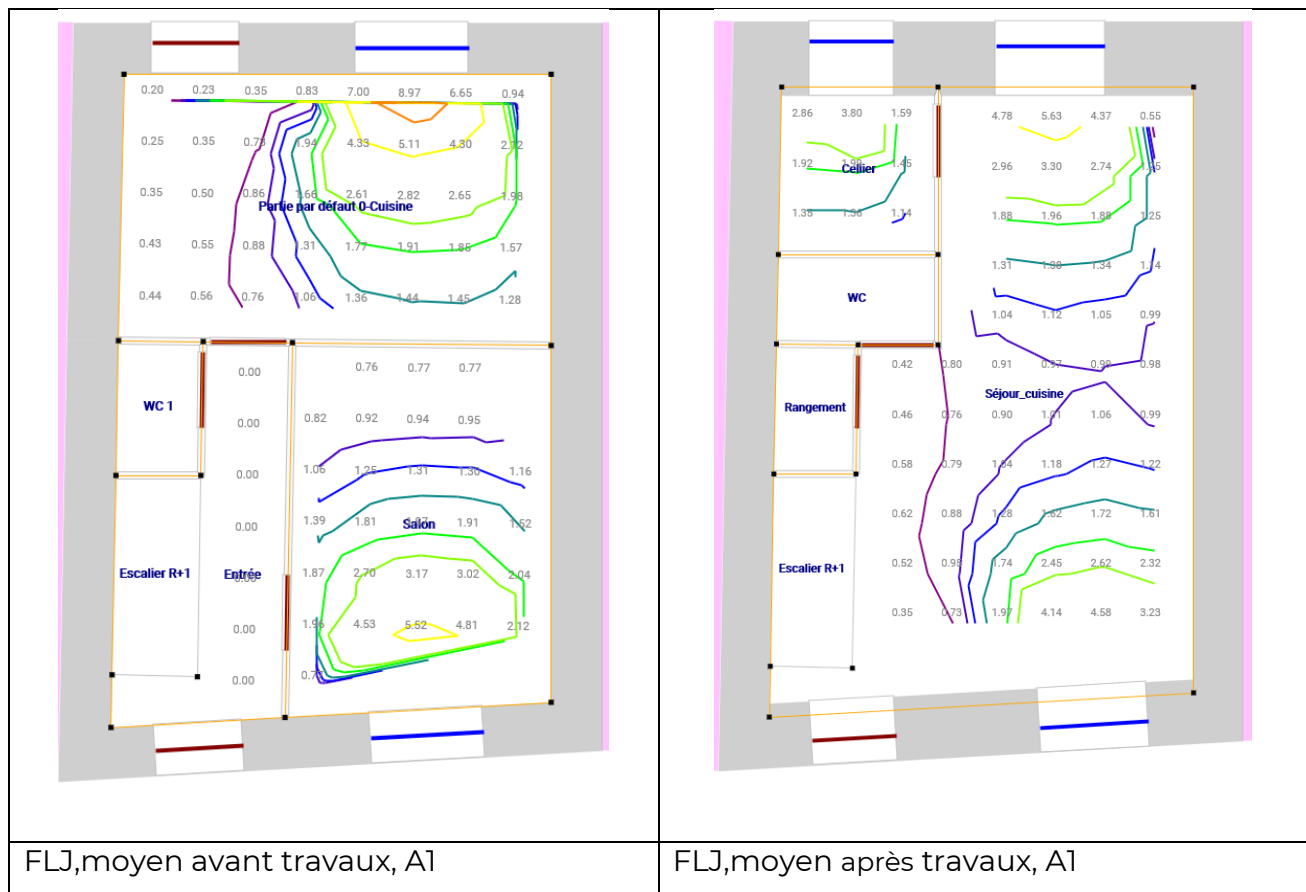
<b>Typologie A1</b>		
	Avant travaux	
	Surface baie/ surface habitable	FLJ, moy (Tlw = 0,65)
Total	0,185 (93%)	
Salon, RDC	0,20 (120%)	1,9 (76%)
Cuisine, RDC	0,16 (96%)	1,91 (159%)
Chambre 1, R+1	0,20 (120%)	1,99 (111%)
Chambre 2	0,16 (96%)	1,99 (111%)
	Après travaux	
	Surface baie/ surface habitable	FLJ, moy (Tlw = 0,52)
Total	0,18 (91%)	
RDC ouvert	0,19 (114%)	1,63 (65%)
Palier bureau	0,29 (174%)	1,64 (91%)
Chambre 1, R+1	0,15 (90%)	1,2 (67%)
Chambre 2, R+2	0,04 (24%)	0,91 (51%)

\* : Tlw = 0,42 pour la porte-fenêtre au RDC et Tlw = 0,48 pour la fenêtre de toit

\*\* : pour les fenêtres de toit avec une inclinaison  $\leq 50^\circ$  un facteur 1,5 est appliqué à la surface de la menuiserie pour prendre en compte la réduction de la luminosité liée aux joues de la lucarne (3).

La typologie A1 présente des ouvertures permettant un bon confort visuel. Afin de ne pas dégrader ces performances il est conseillé de choisir des fenêtres avec un clair de jour élevé et des vitrages avec une bonne transmission lumineuse.

Les performances un peu inférieures dans les pièces du RDC sont liées à des entrées de lumière réparties de manière non uniforme. Cette situation est améliorée par le remplacement de la porte opaque donnant sur le jardin par une porte-fenêtre vitrée ainsi que l'ouverture du volume, le RDC bénéficie de lumière traversante. Remarque : malgré cette ouverture supplémentaire, le FLj,moyen diminue en raison de l'ajout d'espace peu lumineux (ancienne entrée). Le graphique suivant montre néanmoins l'amélioration globale de la situation.



La chambre créée dans les combles bénéficie d'une luminosité moyenne. Ici un optimum est à trouver en fonction des zones climatiques afin de limiter les risques de surchauffe.

### 4.3.3 Typologie C2

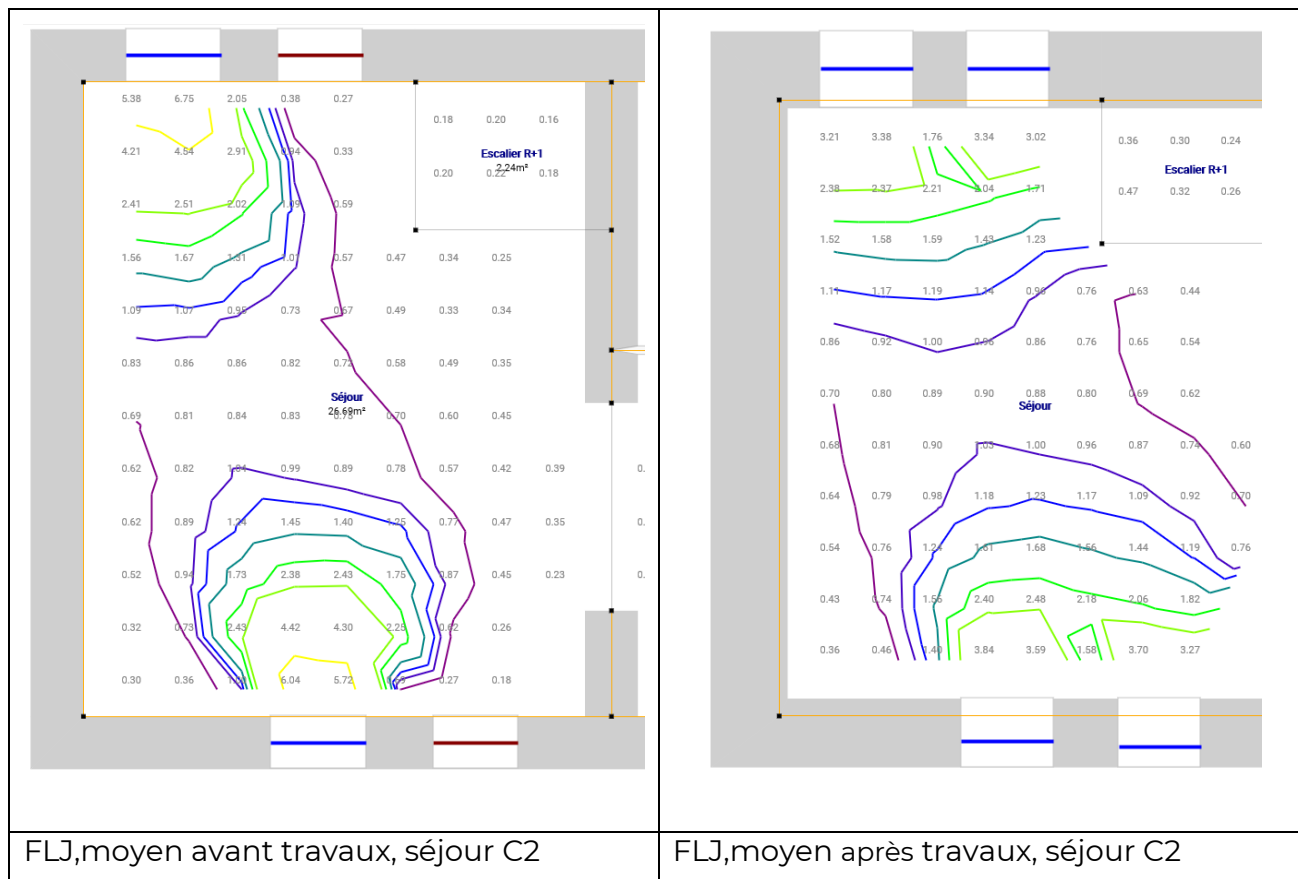
Les indicateurs calculés pour la typologie C2 sont documentés dans le tableau suivant :

<b>Typologie C2</b>		
	Avant travaux	
	Surface baie/ surface habitable	FLJ, moy (Tlw = 0,65)
Total	0,07 (42%)	
Séjour, RDC	0,09 (54%)	1,52 (61%) (**)
Cuisine salle à manger, RDC	0,10 (60%)	1,7 (68%)
Chambre 1, R+1	0,06 (36%)	0,97 (54%)
Chambre 2, R+1	0,04 (24%)	0,74 (41%)
	Après travaux	
	Surface baie/ surface habitable	FLJ, moy (Tlw = 0,52)
Total	0,13 (78%)	
Séjour, RDC	0,23 (138%)	1,37 (55%)
Cuisine salle à manger, RDC	0,07 (42%)	0,58 (23%)
Chambre 1, R+1	0,09 (54%)	0,74 (41%)
Chambre 2, R+1	0,1 (60%)	0,85 (47%)
Chambre 3, R+1	0,07 (42%)	0,36 (20%)

\* : Tlw = 0,42 pour les portes-fenêtres au RDC

La typologie C2 présente des ouvertures insuffisantes à très insuffisantes.

En raison de la diminution de la SHAB, les travaux conduisent à une amélioration du critère « indice d'ouverture » mais pas du FLJ, moyen représentant la luminosité entrant réellement dans la pièce. Le remplacement des portes opaques par des portes-fenêtres vitrées améliore l'uniformité de la luminosité (voir graphique ci-dessous) dans le séjour et permettent de compenser la réduction de la transmission lumineuse. De plus, 3 fenêtres sont créées au R+1 afin d'améliorer les apports de lumières dans les pièces les plus sombres et de bénéficier d'une lumière traversante.



Dans cette typologie il est fortement recommandé d'étudier la possibilité d'agrandir les baies tout en respectant le caractère architectural du bâtiment.

L'accent doit être mis sur la transmission lumineuse totale des baies (clair de jour et transmission lumineuse du vitrage) y compris pour les portes d'entrée qui gagnent à être fortement vitrées (surtout en partie haute).

Les systèmes conduisant à réduire la transmission lumineuse en partie haute (p.ex. coffre de volet roulant) sont à proscrire.

La réduction voire suppression du soubassement des portes(-fenêtres) conduit à un gain de luminosité seulement en combinaison avec un revêtement de sol suffisamment clair. Ce point n'a cependant pas été analysé de manière précise dans cette étude.

Enfin l'aménagement intérieur doit favoriser des surfaces claires, notamment sur les murs en face des baies. Ce point n'a cependant pas été analysé de manière précise dans cette étude.



#### 4.3.4 Typologie C4

Les indicateurs calculés pour la typologie C4 sont documentés dans le tableau suivant :

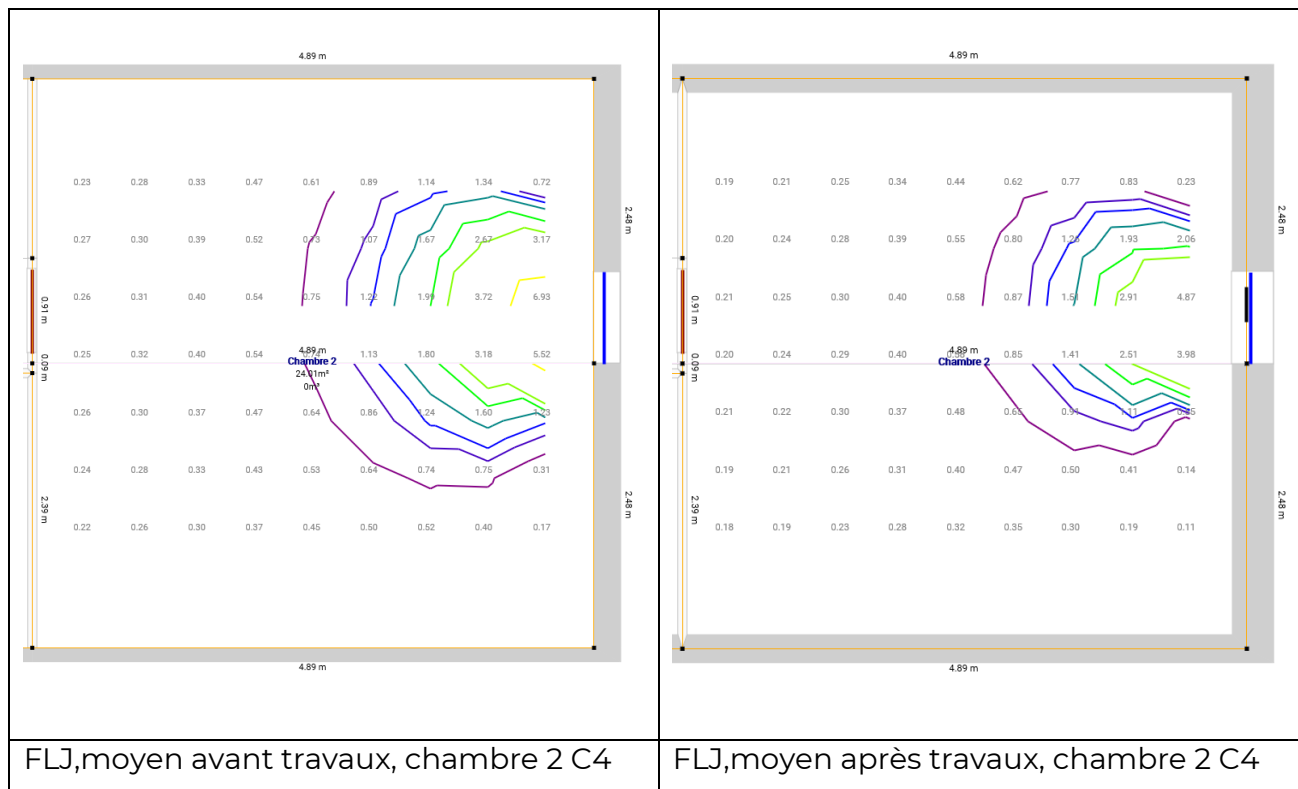
<b>Typologie C4</b>				
	Avant travaux		Après travaux	
	Surface baie/ surface habitable	FLJ, moy (Tlw = 0,65)	Surface baie/ surface habitable	FLJ, moy (Tlw = 0,52 (*))
Total	0,08 (48%)		0,14 (70%)	
Bureau chambre, RDC	0,16 (96%)	2,84 (158%)	0,17 (102%)	2,15 (119%)
Séjour, RDC	0,04 (24%)	0,95 (38%)	0,19 (114%)	2,36 (94%)
Cuisine ouverte, RDC	0,07 (42%)	1,35 (54%)	0,16 (96%)	2,05 (82%)
Chambre 1, R+1	0,10 (60%)	0,89 (49%)	0,04 (24%)	0,6 (33%)
Chambre 2, R+1	0,09 (54%)	0,98 (54%)	0,05 (30%)	0,56 (31%)
Palier, R+1	0,05 (30%) (*)	0,64 (36%)	0,06 (36%)	0,7 (39%)

\* : pour les baies en lucarne un facteur 0,75 est appliqué à la surface de la menuiserie pour prendre en compte la réduction de la luminosité liée aux joues de la lucarne (3).

La typologie C4 présente globalement des ouvertures suffisantes permettant un confort visuel acceptable. Le remplacement des portes opaques par des portes-fenêtres vitrées améliore grandement la situation au RDC.

Si la situation de la chambre au RDC est bonne, le comparatif avant et après travaux souligne l'impact de rénovations thermiques sur le FLJ, ceci étant probablement dû à une combinaison de Tlw plus faible et de murs plus épais.

La situation à l'étage est assez intéressante : malgré des ouvertures significatives, le FLJ, moyen est faible. Ceci est en partie dû à la diminution de la SHAB liée à l'isolation en sous-face des rampants. Une partie de la lumière pourrait ainsi se « perdre » dans des zones à faibles hauteurs. Ceci n'a cependant pas été étudié en détail.



La possibilité d'ajouter des fenêtres de toit mériterait d'être vérifiée du point de vue architectural afin de fortement valoriser les chambres et la pièce palière présentant toutes trois des surfaces généreuses. Cette option n'a cependant pas été étudiée dans le cadre de cette étude.

### 4.3.5 Conclusion

Cette analyse souligne l'impact de la rénovation énergétique sur la luminosité et la qualité de vie des habitants. Si le confort visuel est intégré dans la planification, la rénovation énergétique est une opportunité pour fortement améliorer cet aspect du logement, souvent critique dans les maisons de campagne (typologie C2 et C4).

#### Références :

- Le référentiel qualité, certification « rénovation », CERQUAL, Applicatif NF 500-02 V5.0, Applicable à partir du 01/01/2025
- Le référentiel qualité, certification « construction », CERQUAL, Applicatif NF 500-10 V5.0, Applicable à partir du 01/01/2025
- Annexe rubrique confort visuel applicable à l'applicatif NF 500-10, Version Octobre 2021

## 4.4 Confort acoustique

(ex : exposition au bruit extérieur, bruits équipements intérieur, choc, affaiblissement entre pièces, réverbération ...)

### Protection contre les bruits aériens extérieurs :

En zone BR3 un renforcement de l'isolement acoustique au-delà des 30 dB de la réglementation acoustique est obligatoire (7) mais aucune exigence n'est formulée. Par analogie avec le référentiel HQE « rénovation » (1) les critères applicables au logement neuf pourraient être utilisés.

Afin d'atteindre ces critères, les leviers suivants peuvent être utilisés :

- Installation de menuiseries à isolation acoustique renforcée et grille de ventilation avec isolation acoustique
- En cas de forte exposition aux bruits extérieurs, remplacement des grilles de ventilation (dont les performances acoustiques sont limitées) par des entrées d'air traversant la maçonnerie avec pièges à son intégrés
- Mise en œuvre d'une VMC double flux avec piège à son

### Amélioration acoustique des planchers intermédiaires :

Dans le cas où le plancher intermédiaire doit être refait pour des raisons structurelles, les mesures acoustiques suivantes peuvent être prises : laine entre solives, parement sur suspente acoustique. Pour améliorer les bruits d'impacts la mise en œuvre d'une chape sèche flottante peut être envisagée.

#### 4.4.1 Spécificité de la typologie A1 – murs lourds

La typologie A1 correspond à une maison mitoyenne.

Les murs lourds présentent une masse surfacique supérieur à 1000 kg/m<sup>2</sup> et un affaiblissement acoustique pondéré  $R_w > 70$  dB (4). Compte tenu de ce type constructif aucun impact significatif des transmission latérales n'est à craindre. Le mur présente « à priori » une très bonne performance acoustique si les joints sont étanches.

Dans le cas de murs mitoyens ces performances peuvent cependant être dégradées par des points faibles (cheminée et leurs conduits, placards-niches, scellements non jointifs au niveau des solives). Pour améliorer l'isolement acoustique entre logement il convient de traiter prioritairement ces points faibles.

L'isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur est quant à lui déterminé par les qualités acoustiques des menuiseries et des entrées d'air.

Dans cette typologie la mise en œuvre de mesure de d'isolement aux bruits de choc permet également de réduire la nuisance pour les maisons mitoyennes.

A1 : Du fait de ses murs lourds, l'isolation acoustique est performante. De plus, une ventilation double-flux est prévu à l'état projet, elle permet de réduire les bruits extérieurs car l'arrivée d'air ne vient pas directement de l'extérieur. il convient cependant de s'assurer de l'étanchéité des joints et des points faibles des murs mitoyens (conduit de cheminée, plancher intermédiaire bois).

#### 4.4.2 Spécificité de la typologie C2 – murs lourds

Les murs lourds présentent une masse surfacique supérieur à  $1000 \text{ kg/m}^2$  et un affaiblissement acoustique pondéré  $R_w > 70 \text{ dB}$  (4). Compte tenu de ce type constructif aucun impact significatif des transmission latérales n'est à craindre. Le mur présente « à priori » une très bonne performance acoustique si les jointements sont étanches.

En conséquent l'isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur est déterminé par les qualités acoustiques des menuiseries et des entrées d'air.

#### 4.4.3 Spécificité de la typologie C4 – murs à pan de bois

En raison de sa masse relativement faible, l'affaiblissement acoustique aérien est modéré. De plus en cas de mauvais jointements entre l'ossature et le hourdage les performances sont fortement dégradées.

La mise en œuvre d'une isolation Terre-chènevotte permet de corriger les problèmes de mauvais jointements et d'améliorer l'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur.

Cette typologie présente une grande surface de toiture exposée aux bruits extérieurs dans les chambres. L'isolation avec de la fibre végétale améliore le coefficient d'affaiblissement acoustique  $R_w$  de la toiture. Dans le cas d'une forte exposition au bruit, p.ex. à proximité immédiate d'un d'axe routier important, il est judicieux d'adapter le parement intérieur des rampants (p.ex. double placage, parement acoustique, isolation de l'espace technique) pour améliorer l'atténuation acoustique.

Comme pour les autres typologies, la qualité acoustique des menuiseries et des entrées d'air est à dimensionner en fonction de l'exposition aux bruits extérieurs.

#### Références :

- NF EN ISO 12354-1 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 1 : isolement acoustique aux bruits aériens entre des locaux, Août 2017
- NF EN ISO 12354-1 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 2 : isolement acoustique au bruit de choc entre des locaux, Août 2017
- NF EN ISO 12354-1 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 3 : isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur, Août 2017
- Fiche d'application : Classement au bruit d'une baie : BR1-BR2-BR3, Règlement Thermique des Bâtiments Existants, CSTB, ADEME

## 5 CONCLUSION

### 5.1 Energie et confort d'été

#### 5.1.1 Pour la typologie A1

Var 1 : plancher bas sur LNC isolé à R=3
Var 2 : mur mitoyen à faible isolation acoustique
Var 3 : mur mitoyen à forte isolation acoustique
Var 4 : mitoyen simple
Var 5 : ITI de tous les murs à R=1,5
Var 6 : VMC simple flux

La solution étudiée, avec pour seul moyen de chauffage un poêle à granulés et un chauffe-serviette en salle de bain, repose sur un bâtiment très performant. Du fait de la compacité de la maison, la chaleur issue du poêle se propage dans les autres pièces par la cage d'escalier et l'ouverture des portes lorsque la VMC est à double-flux. Cependant lorsque la ventilation est à simple-flux, certaines pièces sont davantage refroidies par l'air entrant.

	Existant	A1 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Consommation (kWhef/an/m²)</b>	451	108	114	106	104	118	113	137
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	412	113	116	113	113	131	119	113
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 857H	Chambre 2 : 701H						Chambre 2 : 1733 H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 432H	Chambre 2 : 444H	Chambre 2 : 442H		Chambre 2 : 444H			Chambre 2 : 480H
<b>Nb heures de dépassement &gt;28°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 74H	Chambre 2 : 66H	Chambre 2 : 73H		Chambre 2 : 68H			Chambre 2 : 82H
<b>Nb heures de dépassement &gt;30°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 0H	Chambre 2 : 0H	Chambre 2 : 0H		Chambre 2 : 0H			Chambre 2 : 0H
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	69,16	19,52	20,18	19,45	19,30	20,42	19,97	21,55

La rénovation globale avec la solution de référence permet de **diviser par 4 la consommation** annuelle d'énergie finale (calculée par SED). L'étiquette DPE passe de F à B-C (borne limite basse de C). Les variantes ont des consommations très proches de la solution de référence, à l'exception de la variante 6 qui est 20% plus consommatrice du fait de la ventilation qui est à simple-flux pour cette variante.

Le **confort d'hiver** est acceptable pour les variante 1 à 5 (VMC à double-flux) si les propriétaires acceptent de chauffer un moins la chambre 2 (pièce en comble aménagé, éloignée du poêle et dépourvue de radiateur). Le confort y est moins acceptable pour la variante 6 à VMC à simple flux.

Pour le **confort d'été**, l'aménagement de la chambre 2 dans les combles ne semble pas être une bonne idée en zone H3 avec un climat d'été sévère. Il semble néanmoins qu'il n'y ait pas de changement de comportement significatif, de l'un à l'autre et pour l'ensemble des variantes.

L'aménagement des combles semble être vital pour gagner en surface habitable et gagner une pièce de vie supplémentaire. Cependant en zone H3 la surchauffe estivale nous dissuaderait d'aménager les combles. Trancher cette question n'est donc pas évident en centre-ville et secteurs tendus.

## 5.1.2 Pour la typologie C2

<b>Var 1 : Hérisson ventilé avec plancher bas R=3</b>
<b>Var 2 : ITE impossible → ITI R=1,5 sur façade N et O</b>
<b>Var 3 : Pignon ouest RDC non isolé</b>
<b>Var 4 : Menuiseries existantes performantes → pas d'isolation des ébrasements</b>
<b>Var 5 : Menuiseries existantes → Pose de doubles fenêtres</b>
<b>Var 6 : Ajout d'une PAC double service + VMC simple flux</b>

La solution étudiée, avec pour les variantes 1 à 5 pour seul moyen de chauffage un poêle à bûches et un chauffe-serviette en salle de bain, repose sur une rénovation très performante (bonne qualité de mise en œuvre et de traitement de l'étanchéité à l'air). La chaleur issue du poêle se propage dans les autres pièces par la cage d'escalier et l'ouverture des portes lorsque la VMC est à double-flux.

	Existant	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6
<b>Consommation (kWh/an/m²)</b>	434	77	75	88	75	88	76	46
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	415	114	94	135	132	132	118	88
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 616 H	Chambre 3 : 1247H	Chambre 3 : 1240H	Chambre 3 : 1786H				Chambre 3 : 103H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 665H	Chambre 3 : 351H	Chambre 3 : 363H	Chambre 3 : 378H			Chambre 3 : 349H	Chambre 3 : 430H
<b>Nb heures de dépassement &gt;28°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 272H	Chambre 3 : 42H	Chambre 3 : 50H	Chambre 3 : 51H			Chambre 3 : 41H	Chambre 3 : 75H
<b>Nb heures de dépassement &gt;30°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 47H	Chambre 3 : 0H	Chambre 3 : 0H	Chambre 3 : 0H			Chambre 3 : 0H	Chambre 3 : 0H
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	58,71	12,96	12,28	13,49	12,86	13,39	12,91	13,65

La rénovation globale avec la solution de référence permet de **diviser par 5 la consommation** annuelle d'énergie (voire par 10 pour la variante 6 avec la mise en place d'une PAC). L'étiquette DPE passe de F à B-C (borne limite basse de C). Les six variantes ont des consommations proches de la solution de référence, à plus ou moins 15% d'écart.

Pour le **confort d'hiver**, le nombre d'heures en dessous de 19°C a doublé, du fait de l'intermittence du chauffage par le poêle à bûche notamment après les périodes d'inoccupation (retours de vacances de Noël). La variante 6 est épargnée par ce constat et fait beaucoup mieux que les autres, grâce au système de chauffage central.

Pour le **confort d'été**, la rénovation globale a permis d'améliorer grandement la situation en réduisant le nombre d'heures au-dessus de 28°C (passant de 270h à 50h environ). Les températures au-dessus de 26°C sont aussi moins présentes. Cette tendance est similaire à toutes les variantes.

### 5.1.3 Pour le typologie C4

<b>Var 1 : Remontées capillaires → Hérissson ventilé et isolation plancher bas à R=3</b>
<b>Var 2 : Murs à R=3</b>
<b>Var 3 : Var 1 + Var 2</b>

La solution étudiée prévoit une pompe à chaleur air/eau avec réseau de chauffage centralisé et une VMC simple-flux (solution performante si bien dimensionnée par rapport à l'état rénové). L'isolation des murs à R = 1,5 (seulement en solution de référence et en variante 1) est justifiée par le temps de séchage important de la filière humide. Pour les variantes 2 et 3, une isolation des murs plus poussée est envisagée en se plaçant dans l'hypothèse d'une rénovation lourde : la dépose des entre-colombages permet d'augmenter la surface de séchage du mortier isolant et d'aller jusqu'à des murs de R=3.

	<b>Existant</b>	<b>C4 réf</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Consommation (kWhef/an/m²)</b>	721	53	52	51	49
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	499	115	100	91	89
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 2 : 822H	Chambre 2 : 135H	Chambre 2 : 112H		Chambre 2 : 118H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 2 : 683H	Chambre 2 : 360H	Chambre 2 : 373H		Chambre 2 : 370H
<b>Nb heures de dépassement &gt;28°C en zone H3</b>	Chambre 2 : 431H	Chambre 2 : 109H	Chambre 2 : 115H		Chambre 2 : 113H
<b>Nb heures de dépassement &gt;30°C en zone H3</b>	Chambre 2 : 235H	Chambre 2 : 4H	Chambre 2 : 10H		Chambre 2 : 5H
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	90,18	15,18	14,98	14,90	14,78

La rénovation globale avec la solution de référence permet de **diviser par 13 la consommation** annuelle d'énergie (dans cet exercice, les consommations à l'état existant sont très élevées du fait d'hypothèses très défavorables sur les performances des parois initiales, expliquant en partie ce ratio important). Les états rénovés restent très performants en comparaison à l'état existant. L'étiquette DPE passe de G à B-C (borne limite basse de C). Les trois variantes ont des consommations environ 20% plus faibles que la solution de référence grâce à un meilleur niveau d'isolation thermique.

Le **confort d'hiver**, il est très largement amélioré avec une division par 6 du nombre d'heures en dessous de 19°C.

Pour le **confort d'été**, la rénovation globale a permis de réduire le nombre d'heures au-dessus de 28°C (passant de 430h à 110h environ). L'état rénové permet de rester en dessous des 30°C sur l'année complète (le nombre d'heure passent de 235h à une dizaine).



## 5.2 Qualité de l'air intérieur (QAI)

**Double-flux (A1 et C2) :** Pour garantir un air intérieur sain, il est essentiel que la VMC fonctionne correctement, elle doit être entretenue :

- faire attention à ne pas empoussiérer les gaines, conduits, et filtres au moment du chantier
- remplacer ou nettoyer les filtres tous les 6 mois (voire 3 mois en zone urbaine comme A1)
- bouches d'extraction et de soufflage à dépoussiérer tous les 6-12 mois
- entretien annuel de l'échangeur thermique
- nettoyage des réseaux de gaines 1 tous les 5 ans et plus fréquemment si constat de baisse d'efficacité
- vérification des dispositifs en toiture

Elle apporte en permanence un air neuf filtré, limitant l'entrée de pollens, poussières fines, particules de pollution extérieure ou spores. Le renouvellement d'air est important, ce qui permet une meilleure qualité de l'air (le bâtiment doit être étanche à l'air pour éviter les entrées et sorties d'air parasites) et une réduction de l'humidité relative intérieure.

**Simple-flux (C4) :** Pour garantir un air intérieur sain, il est essentiel que la VMC fonctionne correctement, elle doit être entretenue et ses bouches nettoyées tous les 6 mois.

On attend notamment de la ventilation qu'elle réalise une évacuation de l'humidité (douche, séchage du linge...) et des polluants (cuisson, activité ménagère, ...). Il peut être aussi envisager de mettre en place une ventilation simple-flux régulée en fonction de l'humidité mais aussi du taux de COV.

D'un point de vue général, un logement avec une ventilation simple-flux avec des débits réduits incite à être vigilant sur la production de polluants et d'humidité.

### Aspect généraux :

Pour une bonne qualité sanitaire de l'air, l'humidité relative doit si possible (en fonction des contraintes climatiques) être comprise entre 40 et 60 %. Cela est contrôlable par un simple hygromètre.

Les utilisateurs de la maison devront avoir des pratiques de contrôle des émissions de polluants (limiter les sources de pollution évitables : privilégier les produits ménagers naturels, éviter les bougies parfumées, encens et produits chimiques, et utiliser une hotte à recyclage lors de la cuisson) (éviter les hottes à évacuation extérieure car risque de conflit de tirage aérodynamique avec la VMC ou pire, avec le poêle. En cas de logement meublé récent ou rénové, aérez davantage les premières semaines pour évacuer les COV émis par peintures et meubles neufs. Enfin, installez un détecteur de CO si un appareil à combustion est présent (chaudière, cheminée, poêle) et réalisez l'entretien annuel.

## 5.3 Eclairage

**A1 :** L'éclairage est amélioré (notamment avec des vitrages ayant une transmission lumineuse importante, et un clair de jour élevé).

**C2 :** A l'état initial, l'éclairage est très insatisfaisant. La rénovation prévoit la création de trois fenêtres à l'étage et le remplacement de portes opaques par des portes-fenêtres. Ces gestes permettent d'améliorer la situation. Malgré tout, le résultat reste insuffisant aux regards des normes des bâtiments neufs (d'autant plus que le remplacement de simple vitrage par du double vitrage réduit encore les gains lumineux).

**C4 :** A l'initial, l'éclairage est très insatisfaisant. La rénovation prévoit de remplacer les portes opaques par des portes fenêtres au RDC. Malgré tout, le résultat reste insuffisant aux regards des normes des bâtiments neufs (d'autant plus que le remplacement de simple

vitrage par du double vitrage réduit encore les gains lumineux).

### Aspects généraux :

L'analyse souligne l'impact de la rénovation énergétique sur la luminosité et la qualité de vie des habitants. Si le confort visuel est intégré dans la planification, la rénovation énergétique est une chance pour fortement améliorer cet aspect du logement, souvent critique dans les maisons de campagne (typologie C2 et C4).

## 5.4 Acoustique

**A1 :** Du fait de ses murs lourds, l'isolation acoustique est performante, cependant une attention sera portée sur la vérification de l'étanchéité des joints et des points faibles des murs mitoyens (conduit de cheminée, scellement des solives des planchers). Une ventilation double-flux est prévue à l'état projet, elle permet de réduire les bruits extérieurs car l'arrivée d'air ne vient pas directement de l'extérieur.

Située en cœur de bourg, il est important de traiter tous les défauts acoustiques. Il faut donc aussi optimiser la qualité acoustique des menuiseries.

**C2 :** Du fait de ses murs lourds, l'isolation acoustique est très performante, cependant une attention sera portée à l'étanchéité à l'air des joints. Une ventilation double-flux est prévue à l'état projet, elle permet de réduire les bruits extérieurs car l'arrivée d'air ne vient pas directement de l'extérieur.

Située majoritairement en zone rurale, l'exigence acoustique n'est pas prioritaire. On aura cependant des exigences plus importantes pour les maisons situées proche d'un axe routier.

**C4 :** En raison de sa masse relativement faible, l'affaiblissement acoustique aérien est modéré. De plus, en cas de mauvais jointoiment entre le pan de bois et les hourdis, les performances sont fortement dégradées. La mise en œuvre d'une isolation terre-chênevotte permet de corriger les problèmes de mauvais jointoiment et d'améliorer l'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur. Les entrées d'air installées directement dans les menuiseries constituent un point faible de l'isolation phonique qu'une ventilation double-flux pourrait régler.

Située majoritairement en zone rurale, l'exigence acoustique n'est pas prioritaire. On aura cependant des exigences plus importantes pour les maisons situées proche d'un axe routier.

### Aspects généraux :

Que ce soit en construction pierre ou pan de bois, il convient d'assurer une étanchéité à l'air des parois (corriger toutes les interstices). Ensuite, en fonction de l'exposition aux bruits extérieurs, la qualité acoustique des menuiseries ainsi que des entrées d'air en simple-flux sont à optimiser.

Un dimensionnement adapté des bouches (un diamètre suffisant et un débit correctement réglé) est essentiel pour éviter les sifflements, turbulences ou bruits d'air directs liés à la ventilation.

## 5.5 ACV

	A1 réf	Var 3	Var 4	Var 6
Ic énergie (kg eq CO2/m²)	263,7	250,3	264,8	272,9
Ic construction (kg eq CO2/m²)	96,8	90,0	83,9	86,8

	C2 réf	Var 1	Var 2	Var 5
Ic énergie (kg eq CO2/m²)	161,0	129,2	185,4	156,0
Ic construction (kg eq CO2/m²)	56,8	81,7	62,7	56,8

	C4 réf	Var 3
Ic énergie (kg eq CO2/m²)	119,3	88,3
Ic construction (kg eq CO2/m²)	40,2	52,3

Les bilans ACV sont très impactés par le choix des systèmes (poêle, chauffe-eau thermodynamique, VMC double-flux, pompe à chaleur) mais aussi la création d'un hérisson ventilé. Ensuite viennent les menuiseries bois. L'isolation en laine de chanvre en vrac, terre-chènevotte ainsi que les matériaux en bois douglas sont puits de carbone. Ils compensent partiellement les contributions des systèmes.

**L'ensemble des solutions de références et des variantes ont des temps de retours carbone inférieur à 1 an. Les solutions proposées permettent de réduire drastiquement l'impact environnemental d'un bâtiment.**

	<b>A1</b>		<b>C2</b>		<b>C4</b>	
	<b>Existant</b>	<b>A1 réf</b>	<b>Existant</b>	<b>C2 réf</b>	<b>Existant</b>	<b>C4 réf</b>
<b>Ubat (W/m².k)</b>	2,13	0,64	1,81	0,55	2,52	0,57
<b>Besoin thermique net (kWh/an/m²)</b>	210	43	169	35	371	58
<b>Consommation (kWh/an/m²)</b>	451	108	434	77	721	53
<b>CEP (kWh/m²/an)</b>	412	113	415	114	499	115
<b>Ic énergie (kg eq CO2/m²)</b>		264		161		119,3
<b>Ic construction (kg eq CO2/m²)</b>		97		57		40,2
<b>Nb heures de dépassement &lt;19°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 857H	Chambre 2 : 701H	Chambre 1 : 616 H	Chambre 3 : 1247H	Chambre 2 : 822H	Chambre 2 : 135H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H1a</b>	Chambre 1 : 6H	Chambre 2 : 1H	Chambre 1 : 30H	Chambre 3 : 1H	Chambre 2 : 172H	Chambre 2 : 19H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3</b>	Chambre 1 : 432H	Chambre 2 : 444H	Chambre 1 : 665H	Chambre 3 : 351H	Chambre 2 : 683H	Chambre 2 : 360H
<b>Nb heures de dépassement &gt;26°C en zone H3 zone de bruit</b>		Chambre 2 : 618H		Chambre 3 : 529H		Chambre 2 : 546H
<b>Coût total lié à l'énergie (euros)</b>	3 278	1 219	6 259	1 279	9 685	1 554
<b>Coût total unitaire (euros / m² habitable)</b>	69,16	19,52	58,71	12,96	90,18	15,18

## 6 GLOSSAIRE

ACV	Analyse de Cycle de Vie
DH	Degré-Heure
ECS	Eau Chaude Sanitaire
FDES	Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire
GES	Gaz à Effet de Serre
HQE	Haute Qualité Environnementale
ITE	Isolation Thermique par l'Extérieur
ITI	Isolation Thermique par l'Intérieur
PAC	Pompe A Chaleur
PEP	Profil Environnemental Produit
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
QEC	Quartier Echelle Carbone
SDP	Surface De Plancher
SED	Simulation Energétique Dynamique
SHAB	Surface Habitable
STD	Simulation Thermique Dynamique

## 7 ANNEXE

### 7.1 Annexe 1 : HYPOTHESES COMMUNES A UTILISER

Pour rappel les caractéristiques exhaustives de l'enveloppe à l'état initial sont disponibles dans le pack technique (plans et tableaux détaillés) annexés aux fiches typologiques de chaque maison.

Fiche typologique A1 : <https://www.proreno.fr/documents/maison-de-bourg-a1-fiche-restore>

Fiche typologique C2 : <https://www.proreno.fr/documents/maison-moyenne-c2-fiche-restore>

Fiche typologique C4 : <https://www.proreno.fr/documents/la-longere-c4-fiche-restore>

Etanchéité à l'air

	Maisons après 1948 (B étudiés)	Maisons avant 1948 (A1, C2, C4)	Après rénovation globale
Perméabilité à l'air de l'enveloppe (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	2,2	2,5	1,2*

\* : Valeur seuil du label BBC Rénovation à prendre dans les calculs néanmoins, il est possible de valoriser des conceptions plus performantes en prenant 0,9 sur quelques configurations.

Hypothèses pour les situations de parois déjà isolées

Pour traiter les cas de parois déjà isolées (murs, toiture, plancher), il est demandé au groupement de fixer une valeur de résistance thermique en dessous de laquelle, il n'est plus possible d'atteindre la cible BBC Rénovation en compensant sur les autres gestes.

Hypothèses pour les menuiseries déjà remplacées

Idem que pour les situations de parois déjà isolées, il est demandé au groupement de fixer des performances de fenêtres en dessous de laquelle, il n'est plus possible d'atteindre la cible BBC Rénovation en compensant sur les autres gestes. Pour ce faire, le CSTB met à disposition des groupements une feuille Excel recensant les technologies de fenêtres jusqu'au début des années 2000.

### Systèmes énergétiques

Chaudière gaz standard	
Mode	Chauffage et ECS
Puissance nominale Pn (kW)	24
Puissance thermique utile intermédiaire du générateur (kW)	8
Rendement sur PCI à puissance nominale RPn (%)	87
Rendement sur PCI à à 30% de charge(%)	84
Pertes à l'arrêt QP0 (en % puissance nominale Pn)	1,4
Température max. de fonctionnement (°C)	70
Température min. de fonctionnement (°C)	50

Emetteurs de chauffage		
Type	Radiateur à eau chaude	
Génération	Chaudière gaz standard	
Mode de gestion	Mode de gestion en fonction de la température extérieure	
	Différence température (°C)	10
	Température de départ	60

	(°C)	
Mode de régulation	Circulateur	Vitesse constante
	Fonctionnement	Débit constant et fonctionnement intermittent
	Débit nominal (m3/h)	0,2
	Puissance circulateur (W)	50
Surpuissance de l'émetteur (W/m²)	0	
Correction de puissance de l'émetteur (%)	20	
Longueur réseau de distribution circuit chauffage /ECS (m)	~ 2 x périmètre de la maison	
Isolation réseau	nulle	
Variation temporelle	Pas de robinet thermostatique	
Variation spatiale	B3	

Emetteur d'ECS	
Parts des besoins d'ECS passant par des mélangeurs (%)	100
Types d'appareils sanitaires	Douches seules
Génération	Chaudière gaz standard
Utilisation des eaux grises	Sans
Nombre de puisage /h	10

Ventilation en gestion manuelle	
Ventilation par ouverture de baie (vol/h)	5



Facteurs de conversion énergie finale en énergie primaire

Type d'énergie importée par le bâtiment	Coefficients de transformation de l'énergie entrant dans le bâtiment en énergie primaire
<b>Bois</b>	<b>1</b>
<b>Electricité</b>	<b>2,3</b>
<b>Réseau urbain (chauffage)</b>	<b>1</b>
<b>Réseau urbain (froid)</b>	<b>1</b>
<b>Gaz méthane (naturel) issu des réseaux</b>	<b>1</b>
<b>Energie renouvelable captée sur le bâtiment ou la parcelle</b>	<b>0</b>
<b>Autres énergies</b>	<b>1</b>

Facteurs d'émissions pour la conversion de l'énergie finale en émissions de GES

Type d'énergie par kWh EF PCI	kg équivalent CO2 par kilowattheure d'énergie finale en PCI
<b>Bois, biomasse - plaquettes forestière</b>	<b>0,024</b>
<b>Bois, biomasse - Granulés (pellets) ou briquettes</b>	<b>0,03</b>
<b>Bois, biomasse - Buche</b>	<b>0,03</b>
<b>Électricité chauffage</b>	<b>0,079</b>
<b>Électricité refroidissement</b>	<b>0,064</b>
<b>Électricité ECS</b>	<b>0,065</b>
<b>Électricité éclairage tertiaire</b>	<b>0,064</b>
<b>Électricité éclairage habitation</b>	<b>0,069</b>
<b>Électricité autres usages</b>	<b>0,064</b>
<b>Gaz méthane (naturel) issu des réseaux</b>	<b>0,227</b>
<b>Gaz butane</b>	<b>0,272</b>

<b>Gaz propane</b>	<b>0,272</b>
<b>Autres combustibles fossiles</b>	<b>0,324</b>

Scénarios

Température de consigne

Température de consigne (°C)	
Normal	19
Arrêt moins de 48h	16
Arrêt plus de 48h	7

Chauffage

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5		1		1			1			1	

Ce calendrier est basé sur une année commençant un Lundi

Chauffage	scenario horaire Température de consigne chaud > normal : 1 ; réduc de moins de 48 h: 0 ; réduction de plus de 48 h : -1																							
jour V / heure >	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

vacances 1 : tableau ci dessus ; -1 : réduc de plus de 48 h											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1
5		1		1			1			1	

## Occupation

Le scénario d'occupation suivant doit être appliqué dans toutes les pièces principales

0,048 occupant /m <sup>2</sup> SHAB*	
90 W/occupant	0,055 kg/h/occupant

\* : le nombre d'occupant obtenu à l'échelle de la maison doit être arrondi à l'unité pour les besoins en ECS.

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<b>Lundi, Mardi, Jeudi, Vendredi</b>	70	70	70	70	70	70	70	10 0	100	10 0	10 0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 0	100	10 0	10 0	70
<b>Mercredi</b>	70	70	70	70	70	70	70	10 0	100	10 0	10 0	0	0	0	0	10 0	100	10 0	100	10 0	100	10 0	10 0	70
<b>Weekend</b>	70	70	70	70	70	70	70	10 0	100	10 0	10 0	100	10 0	10 0	100	10 0	100	10 0	100	10 0	100	10 0	10 0	70

## Ventilation

Scénario de ventilation (été)	Ouverture de baies = 1; Fermetures de baies = 0																							
Jour V/heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
BR1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
BR2-3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

## Ouverture / fermeture des protections solaire

En dehors de la période estivale, les protections solaires doivent être fermées la nuit (de 22h à 7h) et ouvertes pendant la journée (de 7h à 22h). En été, leur ouverture doit être synchronisée avec celle des baies.

Scénario d'ouvertures (été)	Ouverture de protection solaire = 1; Fermetures de protection solaire = 0																							
-----------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Jour V/heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
BR1-2-3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Eau chaude sanitaire

Température eau chaude	40 °C
Besoin journalier/occupants	56L/occupant/jour

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tous les jours									Besoin x nb occ															

Apport hors occupants et éclairage

Apports de chaleur hors occupants et éclairage
--

m²	unité	par ex surface du local
5,7	Watts/unité	Apports de chaleur hors occupants et éclairage, par unité

ratio apports apports nominaux (compris entre 0 et 1)																								
jour V / heure >	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2
3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0,2
4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2
5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	0,2	0,2
6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0,2
7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0,2

ratio correctif de la semaine (0 à 1)												
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5			1		1			1			1	

### Apports d'humidité hors occupants et éclairage

m<sup>2</sup> unité m<sup>2</sup> en résidentiel, nombre de lits, nombres de douches  
0 kg/h/unité production d'humidité hors occupants et éclairage, par unité

ratio apports apports nominaux (compris entre 0 et 1)																								
jour V / heure >	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ratio correctif de la semaine (0 à 1)												
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5			1		1			1			1	

### Eclairage

Type de local	Bâtiment à usage d'habitation – maison individuelle et accolée
Gestion de l'éclairage	Interrupteur manuel marche/arrêt
Gradation de l'éclairage	Gestion manuelle avec la lumière du jour
Référence	Moyenne des points d'exclusion des 23 % les plus sombres
Puissance d'éclairage	1,4 W/m <sup>2</sup>
Auxiliaires	0 W/m <sup>2</sup>

C1	0,9
Ei A	100 Lux
Ei B	200 Lux
Ei C	2800 Lux
C2 B	0,05

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jours ouvrés								20 0	20 0											20 0	20 0	20 0		
Weekend								20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0	20 0		

7.2 Annexe 2 : MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION A1

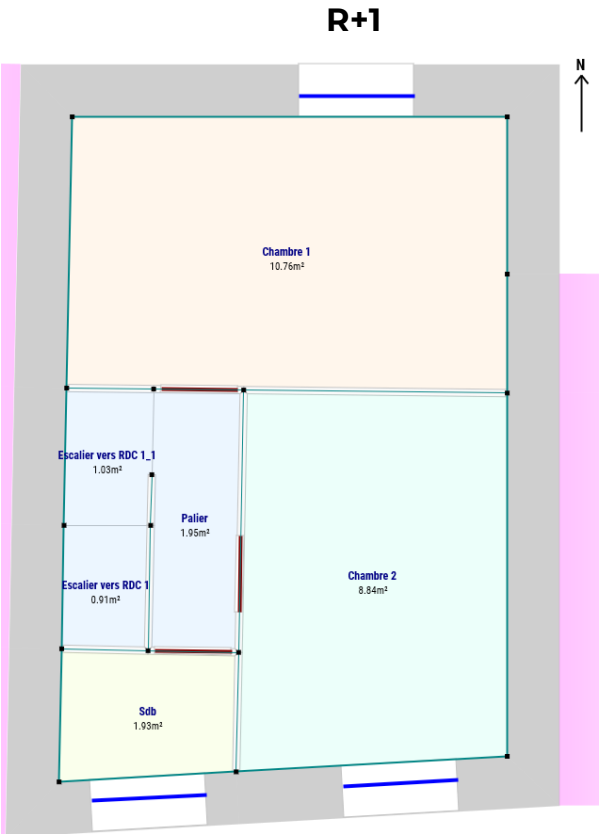
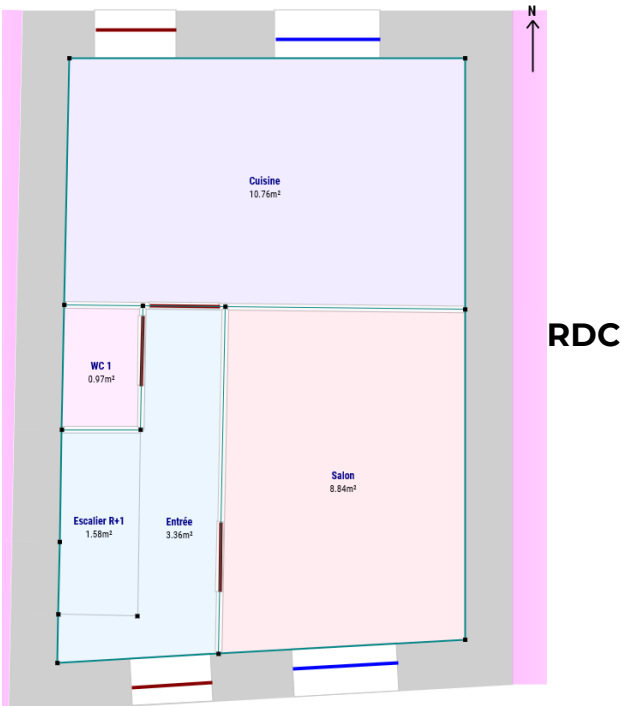
LOGICIEL UTILISÉE :  
IZUBA Pleiades

La modélisation prend en compte l'ensemble des hypothèse communes imposées par le CSTB présent dans le livrable v2.

- C'est à dire :
- En été, ouverture des fenêtres la nuit de 22 à 7h sur la période de mai à septembre.
  - En hiver, chauffage de la période de mai à septembre sans ouverture de fenêtre.

**ZONAGE À L'ÉTAT EXISTANT (A1) :**  
**SHAB : 47,5 m²**  
**volume : 129,6 m³**  
**At bat : 72,8 m²**

Zone	Nb Pièce	Surface	Volume
	Générale		
		m²	m3
Combles	1	0.000	76.880
Cuisine	1	10.757	27.549
ch 1	1	10.757	27.055
ch 2	1	8.843	22.240
wc	1	0.975	2.632
Sdb	1	1.935	4.866
Pallier cage esc	1	5.308	22.590
salon	1	8.843	22.648

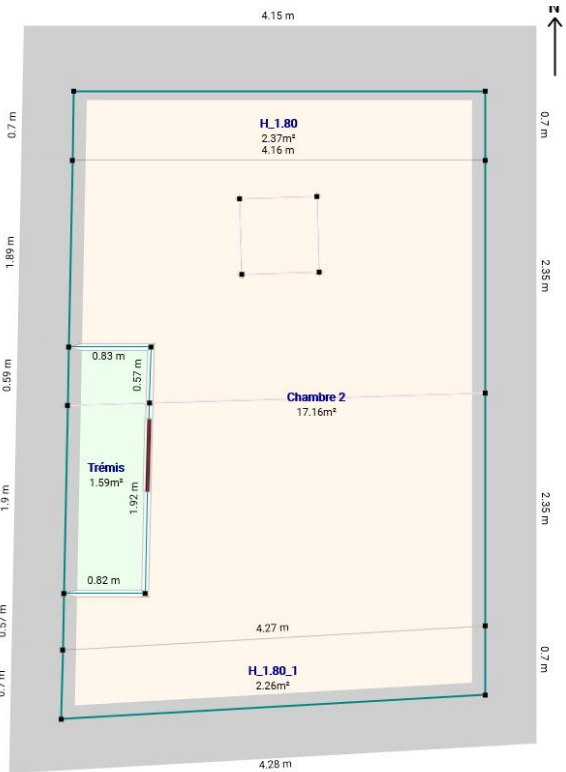
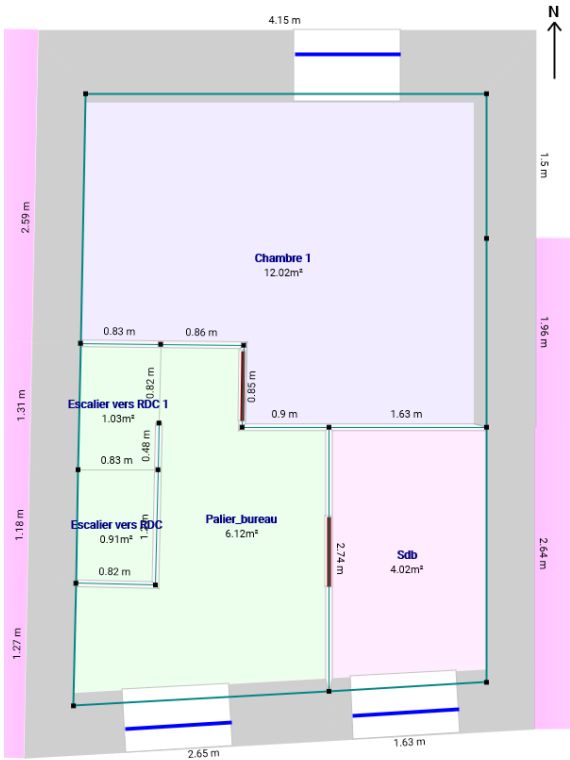
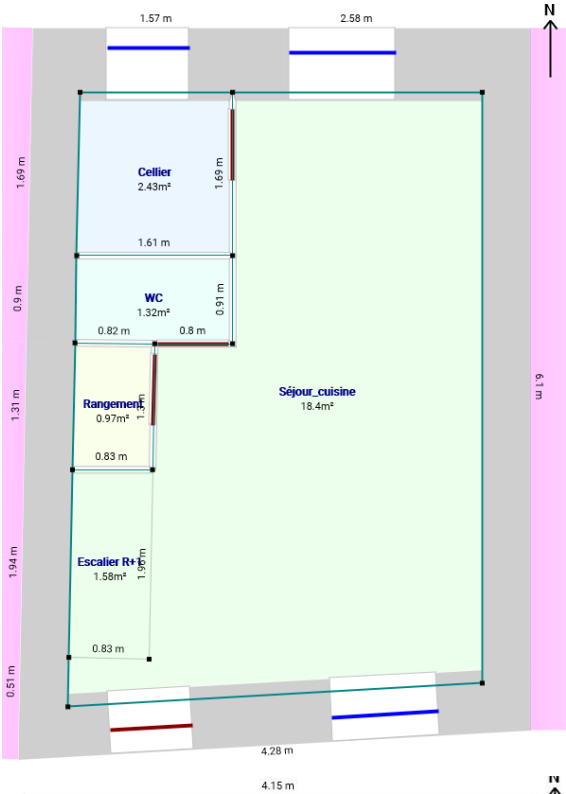




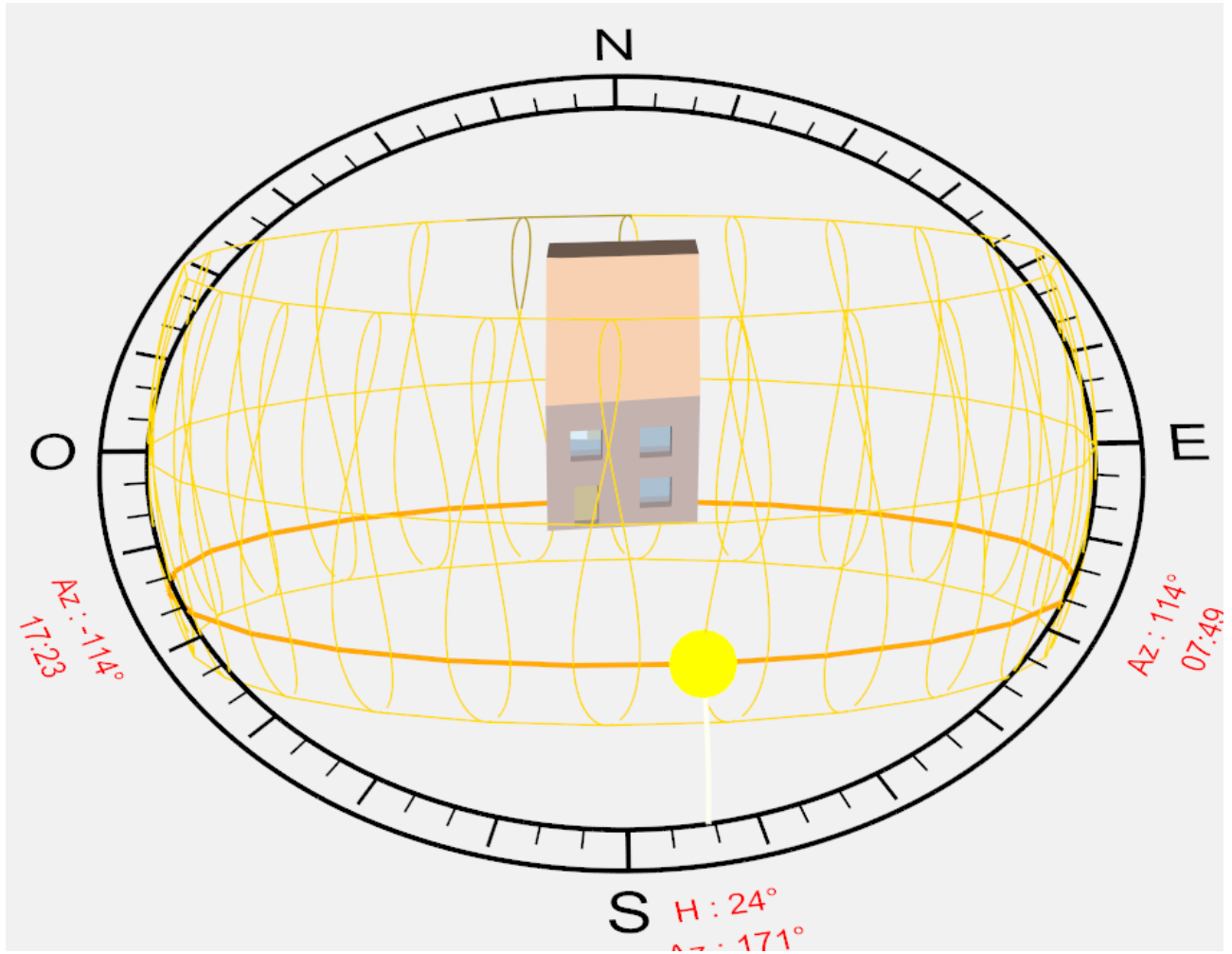
Zonage a l'état projet (A1) (aménagement d'une chambre dans le comble)

ZONAGE PROJET :  
SHAB : 62,45 m<sup>2</sup>  
volume : 188 m<sup>3</sup>  
At bat : 120,5 m<sup>2</sup>

Zones	SHAB	Volume
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
TOTAL	62.5	187.6
Séjour cuisine	24.5	77.3
ch 1	12.0	30.3
ch 2	17.2	57.7
wc	1.3	3.4
Sdb	4.0	10.2
rgt	1.0	2.5
Cellier	2.4	6.2



## ENVIRONNEMENT



*Vue du modèle 3D de la maison (projet) avec éclairage solaire le 5 novembre à 12H00, heure solaire (extraite de la simulation thermique).*

*Cette typologie de maison est normalement mitoyenne des deux côtés et située dans un contexte rural dense, en situation réelle, les apports solaires seraient inférieurs.*

### 7.3 Annexe 3 : MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION C2

RDC

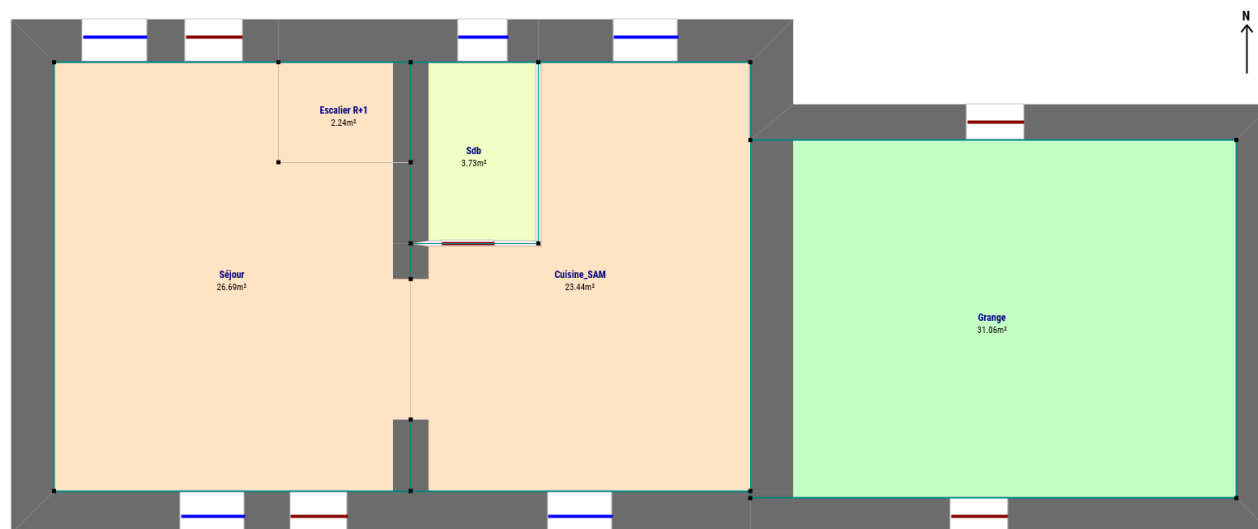
#### LOGICIEL UTILISÉE :

IZUBA Pleiades

La modélisation prend en compte l'ensemble des hypothèses communes imposées par le CSTB présent dans le livrable v2.

C'est à dire : - En été, ouverture des fenêtres la nuit de 22 à 7h sur la période de mai à septembre.

- En hiver, chauffage de la période de mai à septembre sans ouverture de fenêtre.



R+1

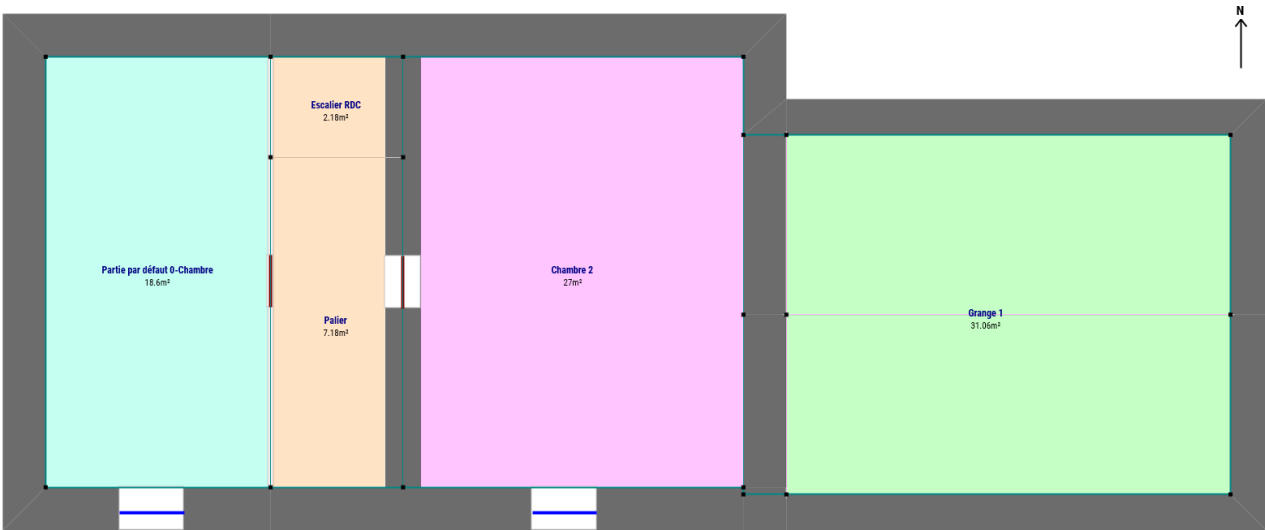
**ZONAGE À L'ÉTAT EXISTANT :**

**SHAB : 106,6 m<sup>2</sup>**

**volume : 267,2 m<sup>3</sup>**

**At bat : 200 m<sup>2</sup>**

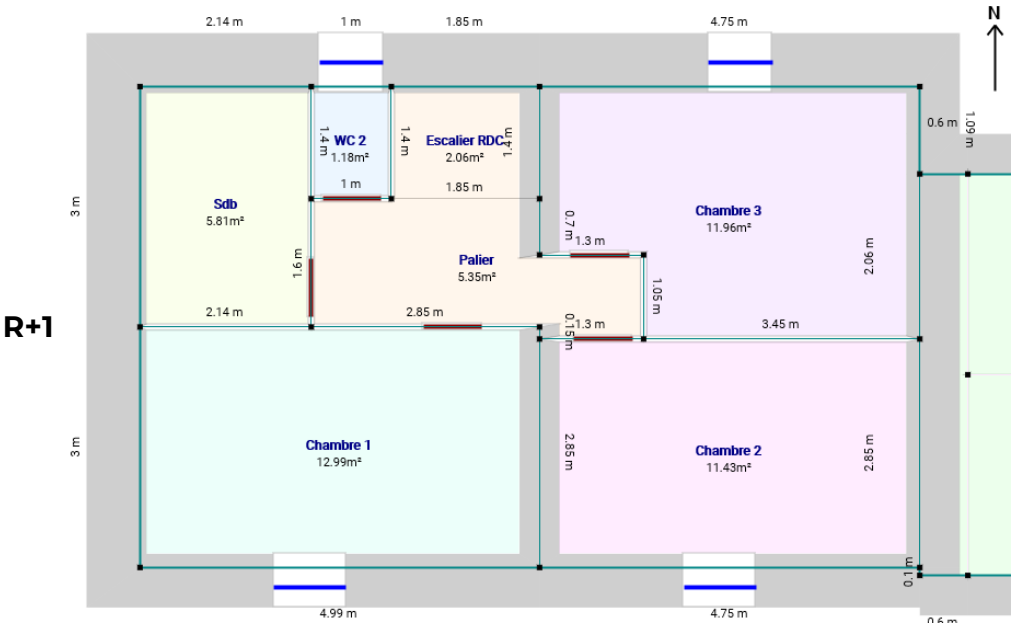
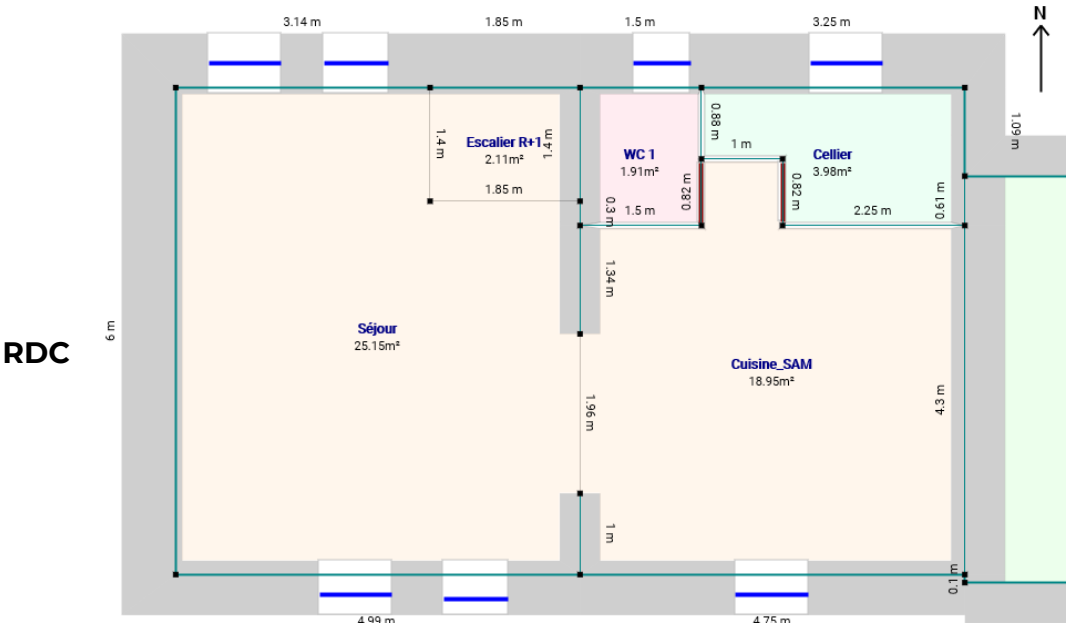
Zone	Nb Pièce	Surface	Volume
	Générale		
		m <sup>2</sup>	m3
grange	1	0.000	102.197
Combles	1	0.000	59.900
séjour	1	57.303	150.647
ch1	1	18.600	43.803
ch2	1	27.000	63.585
Sdb	1	3.731	9.142



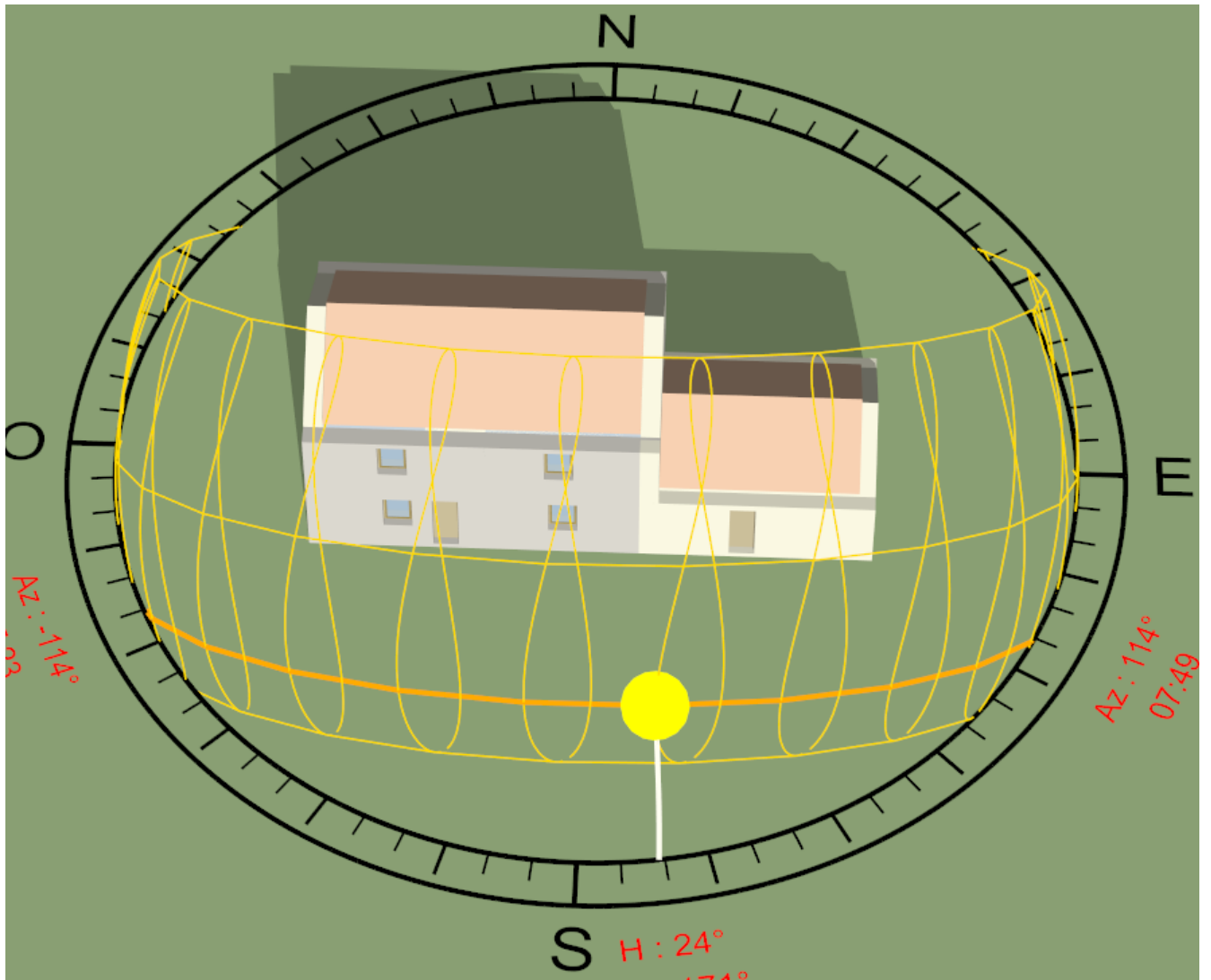
Zonage a l'état projet C2

ZONAGE À L'ÉTAT projet :  
SHAB : 98,7 m²  
volume : 235 m³  
At bat : 185 m²

Zones	SHAB	Volume
	m²	m³
TOTAL	98.7	400.0
grange	0.0	104.7
Combles	0.0	59.9
séjour	49.5	129.2
ch1	13.0	27.5
ch2	11.4	24.2
Sdb	5.8	12.3
WC 2	1.2	2.5
WC 1	1.9	4.7
Cellier	4.0	9.7
ch3	12.0	25.3



## ENVIRONNEMENT



*Vue du modèle 3D de la maison (projet) avec éclairage solaire le 5 novembre à 12H00, heure solaire (extraite de la simulation thermique).*

7.4 Annexe 4 : MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION C4

LOGICIEL UTILISÉE :

IZUBA Pleiades

La modélisation prend en compte l'ensemble des hypothèse communes imposées par le CSTB présent dans le livrable v2 pour l'analyse du confort d'été.  
C'est à dire : - En été, ouverture des fenêtres la nuit de 22 à 7h sur la période de mai à septembre.  
- En hiver, chauffage de la période de mai à septembre sans ouverture de fenêtre.

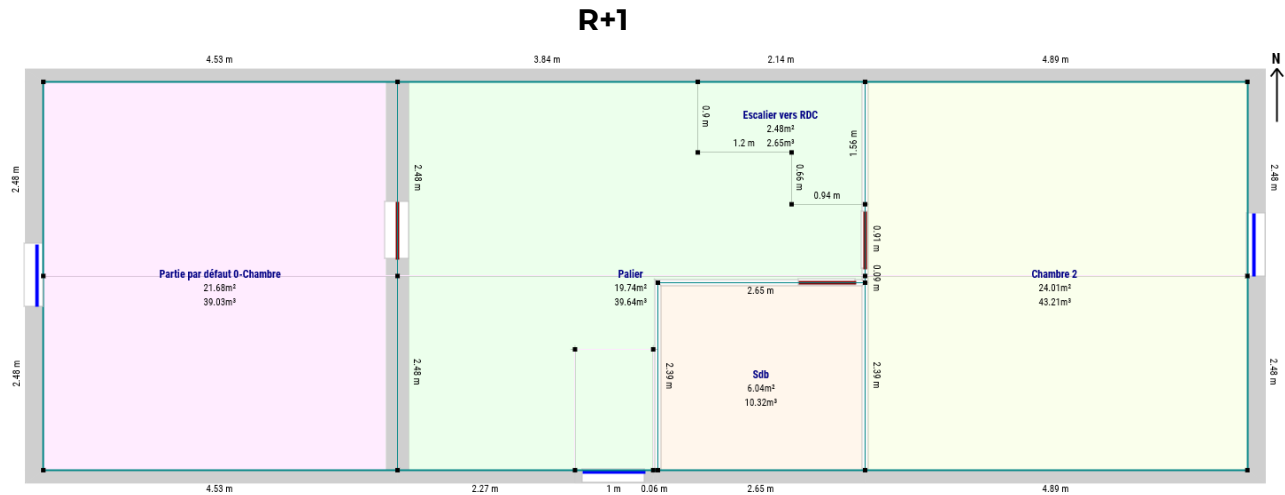
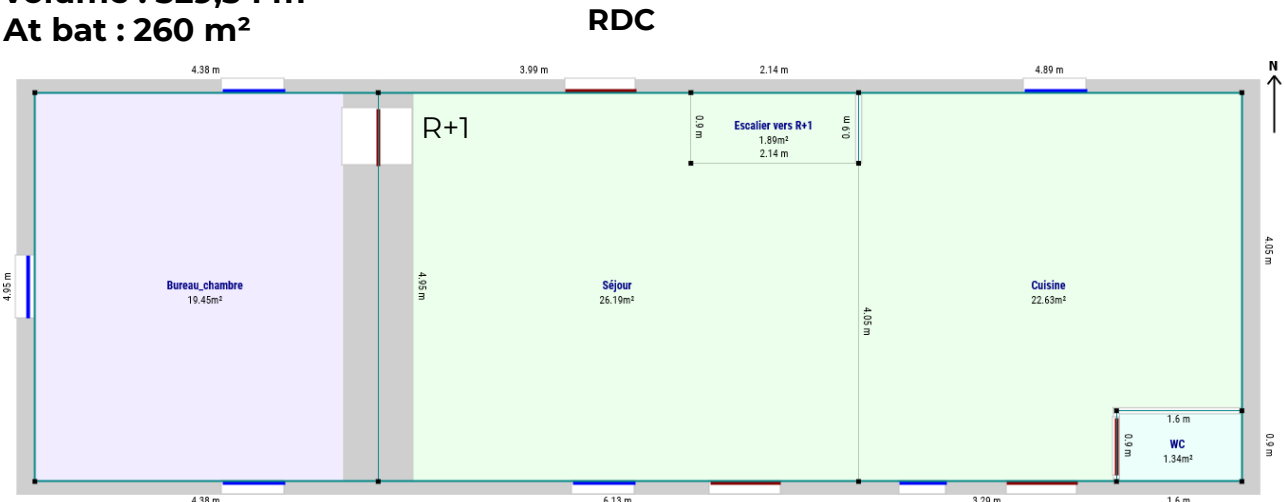
Zone	Nb Pièce	Surface	Volume
	Générale		
		m²	m3
séjour	1	60.937	180.212
bureau	1	19.454	52.915
Sdb	1	2.859	10.323
WC	1	1.342	3.650
ch 1	1	10.841	39.026
ch2	1	12.004	43.214

ZONAGE À L'ÉTAT EXISTANT :

SHAB : 107,4 m²

volume : 329,34 m³

At bat : 260 m²

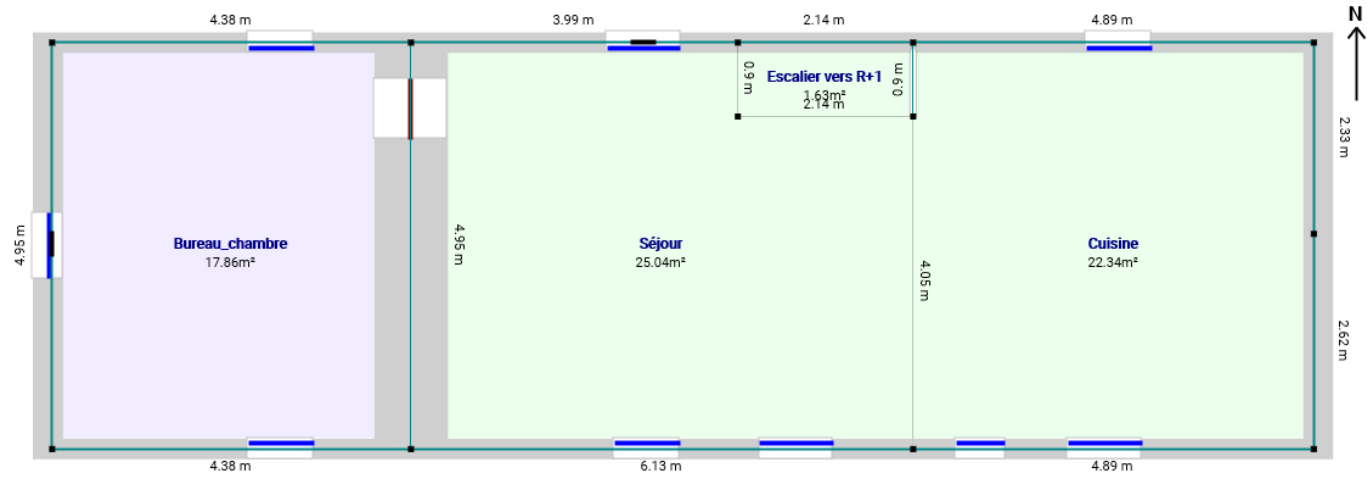


Zonage a l'état projet C4

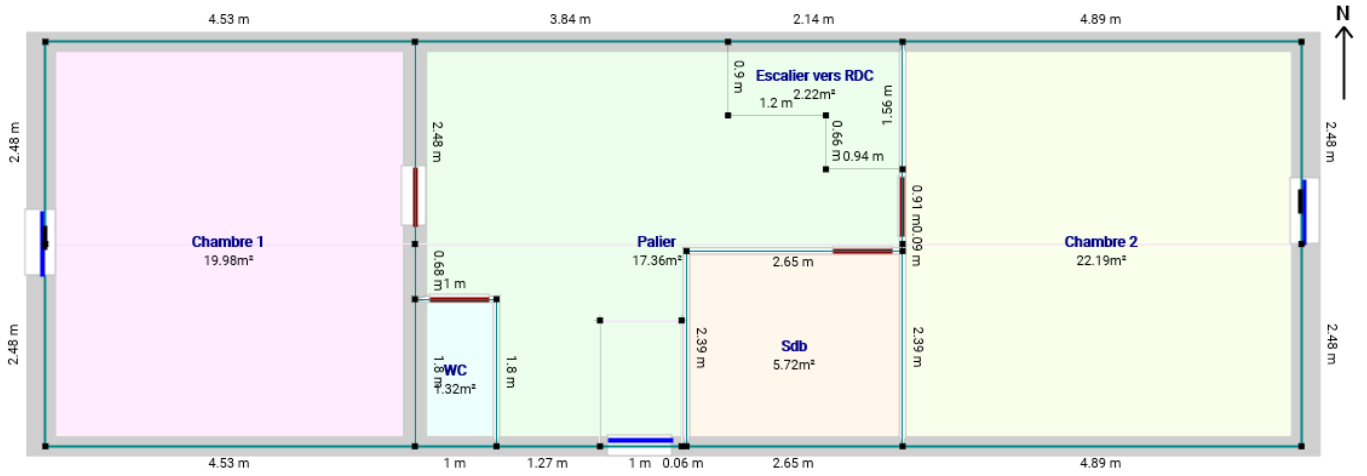
ZONAGE PROJET :  
SHAB : 102,4 m²  
volume : 314 m³  
At bat : 252 m²

Zones	SHAB	Volume
	m²	m³
TOTAL	102.4	313.5
séjour	59.0	173.1
bureau	17.9	48.6
Sdb	2.9	10.3
WC	0.4	1.8
ch 1	10.5	37.8
ch2	11.7	42.0

RDC



R+1





## ENVIRONNEMENT

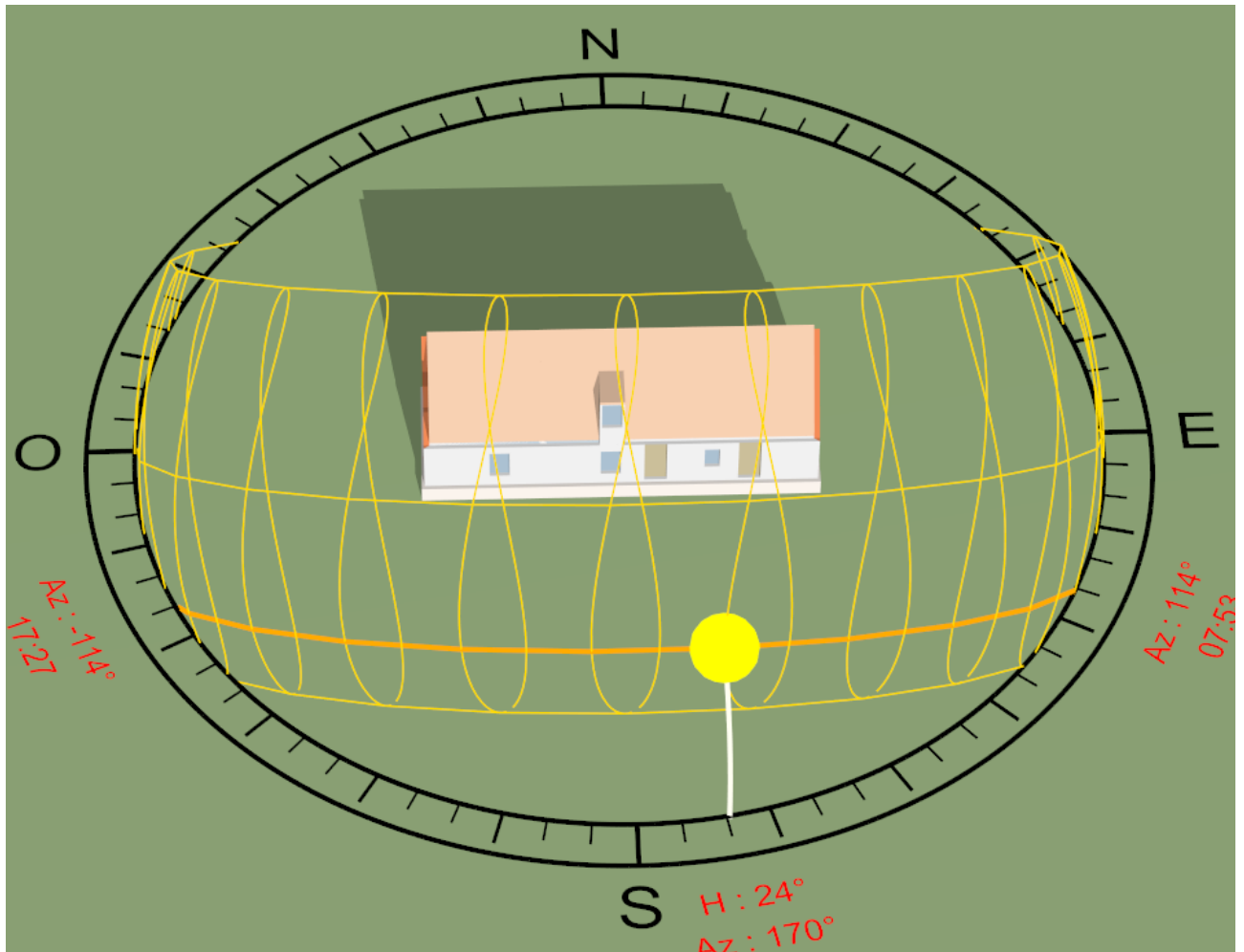


Figure 3: Vue du modèle 3D de la maison (projet) avec éclairage solaire le 5 novembre à 12H00, heure solaire (extraite de la simulation thermique).

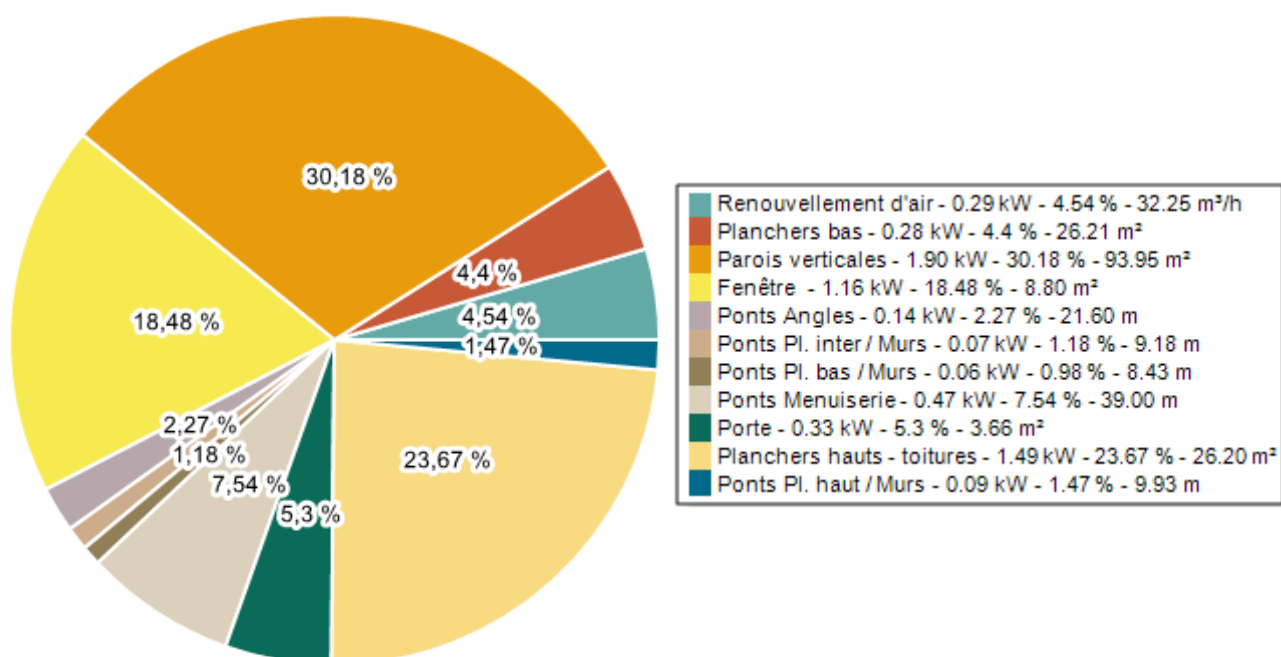
Les apports solaires sont faibles du fait du manque de surface vitrée, il conviendra de remplacer les portes opaques par des portes fenêtres.

## 7.5 Annexe 5 : RESULTATS DETAILES

### 7.5.1 Situation initiale A1

Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kWh/an) entre :

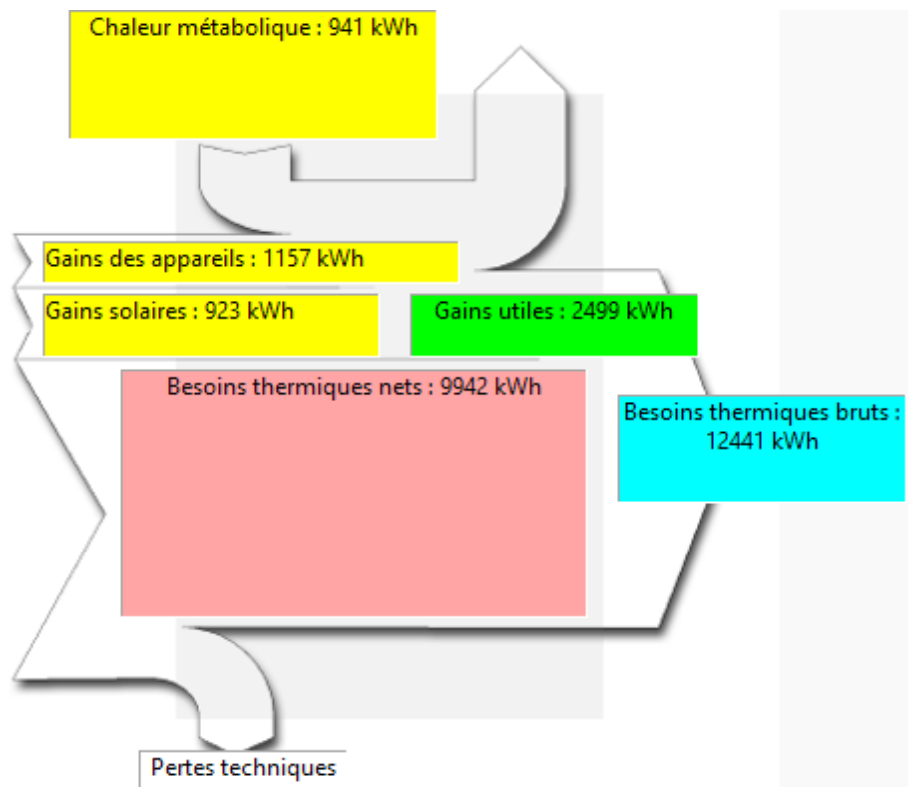
- RÉSULTATS DES SIMULATIONS
  - Présentation des résultats pour l'état existant
- Répartition des déperditions thermiques
- Le logiciel Pléiades ne permet pas de faire une répartition des déperditions thermiques en kWh/an, nous vous proposons en revanche la répartition des déperditions en kW conformément à la norme EN 12831.
- Les déperditions de la maison à l'état existant sont estimées à 6,3 kW



A1

	Déperditions
	Existant
	[W]
Cuisine	1280
Salon	820
Entrée – cage escalier – palier R+1	890
Chambre 1	1770
Chambre 2 ex bureau projet	1240
Salle de bain	610
Chambre R+2	Combles perdus
total	6610
<b>avec 20 % de surpuissance pour la relance après un refroidissement hivernal</b>	7932
<b>kW</b>	<b>8</b>

## Diagramme de Sankey



La simulation dynamique donne un besoin thermique net de : 9 942 kWh

Les gains (apports) gratuits : énergie solaire, chaleur dégagée par les occupants et les équipements électriques apportent 2 499 kWh/an soit **20 % du besoin thermique total.**

## Détails des apports par zones

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Apports solaires bruts	Apports solaires nets	Apports éclairage	Apports occupants	Apports puissance dissipée
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>47.4</b>		<b>973.7</b>	<b>922.5</b>	<b>99.8</b>	<b>940.8</b>	<b>1 057.5</b>
Combles	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cuisine	10.8	6484	105.1	101.6	21.2	258.2	290.2
ch 1	10.8	6484	65.8	62.5	20.8	258.2	290.2
ch 2	8.8	6484	232.1	221.9	15.3	212.2	238.6
wc	1.0	0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0
Sdb	1.9	0	232.1	205.1	5.4	0.0	0.0
Pallier cage esc	5.3	0	106.5	106.2	18.9	0.0	0.0
salon	8.8	6484	232.1	225.3	15.5	212.2	238.6

## Consommations données en énergie finale, par zone thermique

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Chauff. Gaz	Chauff. Elec.	ECS Gaz	ECS Elec.	Aux. Vent. Elec.	Aux. Dist. Elec.	Eclairage Elec.	Usage Spe. Elec.	Gaz	Elec.
	m²	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>47.4</b>		<b>18 314.3</b>	<b>60.1</b>	<b>1 717.5</b>	<b>25.6</b>	<b>0.0</b>	<b>81.8</b>	<b>99.1</b>	<b>1 057.5</b>	-	-
Non répartisable	0.0	0	45.6	8.5	7.8	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	53.4	32.7
Combles	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cuisine	10.8	6484	2 144.3	4.5	0.0	0.0	0.0	9.7	20.2	290.2	2 144.3	324.6
ch 1	10.8	6484	6 202.5	20.8	0.0	0.0	0.0	28.6	19.8	290.2	6 202.5	359.4
ch 2	8.8	6484	3 082.4	8.0	0.0	0.0	0.0	13.5	15.5	238.6	3 082.4	275.6
wc	1.0	0	83.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	3.3	0.0	83.3	3.9
Sdb	1.9	0	1 896.9	6.0	1 709.7	1.4	0.0	8.3	6.6	0.0	3 606.6	22.3
Pallier cage esc	5.3	0	2 525.1	6.7	0.0	0.0	0.0	11.1	18.1	0.0	2 525.1	35.8
salon	8.8	6484	2 334.2	5.2	0.0	0.0	0.0	10.2	15.7	238.6	2 334.2	269.7

pour un total de 21 356 kWh an soit 451 kWh/m²/an

## Consommations données en énergie primaire

	Consommations kWh/an	Coefficient de transformation EF > EP	Consommations kWh/an	SHAB	kWh/m²/an
électricité	1 324	2,3	3 045	<b>47,4</b>	64
gaz	20 032	1	20 032		423
<b>Total</b>	<b>21 356</b>		<b>23 077</b>		<b>487</b>

## Calcul des coûts liés à l'énergie

Les énergies utilisées à l'existant et leurs tarifications sont les suivantes :

Énergie	Utilisation	Prix de l'abonnement	Prix du kWh
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage</li> <li>ECS</li> </ul>	238€	0,11€
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation</li> <li>auxiliaires de chauffage</li> <li>Éclairage</li> <li>Usages spécifiques</li> </ul>	173€	0,23€

## Coût d'exploitation :

Coût d'exploitation (Chauffage Froid ECS Aux ventil Aux hydrau Eclairage Usage spécifique) :					
	Gaz (€)	Electricité (€)	Entretien (€)	Total (€)	CO2 (kg)
Exploitation	2 442	458	140	3 040	4 627

Soit 98 kg de CO2/an/m²

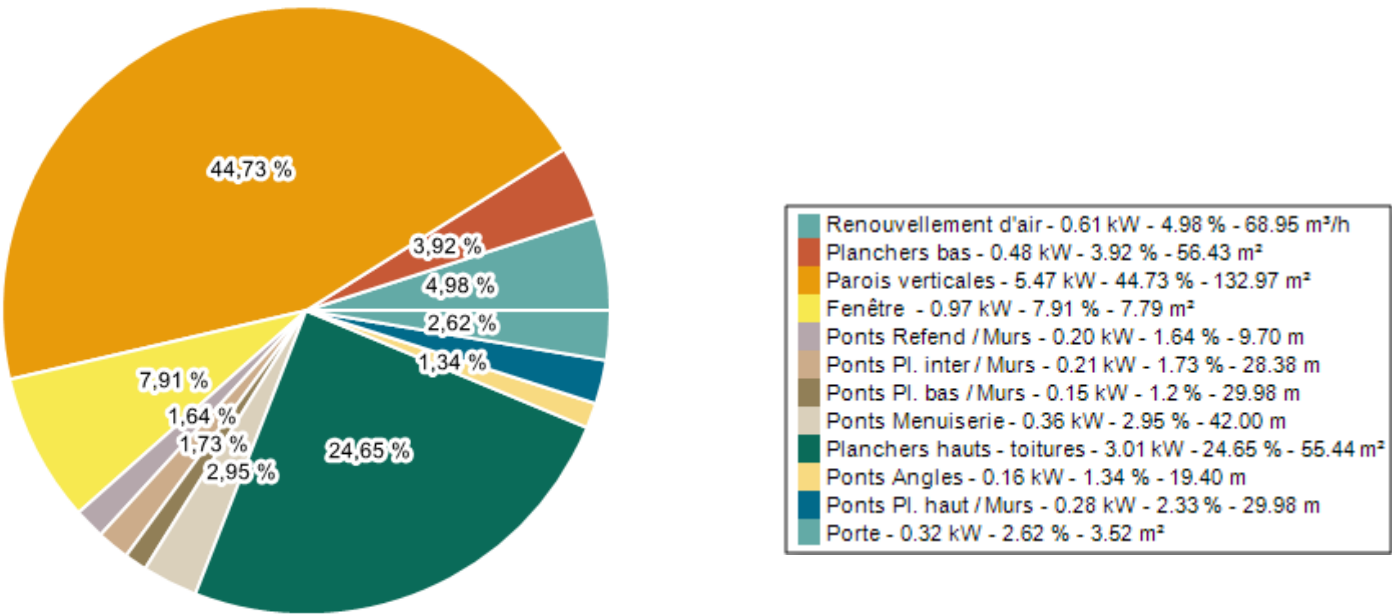
7.5.2 Situation initiale C2

Présentation des résultats pour l'état existant

Répartition des déperditions thermiques

Le logiciel Pléiades ne permet pas de faire une répartition des déperditions thermiques en kWh/an, nous vous proposons en revanche la répartition des déperditions en kW conformément à la norme EN 12831.

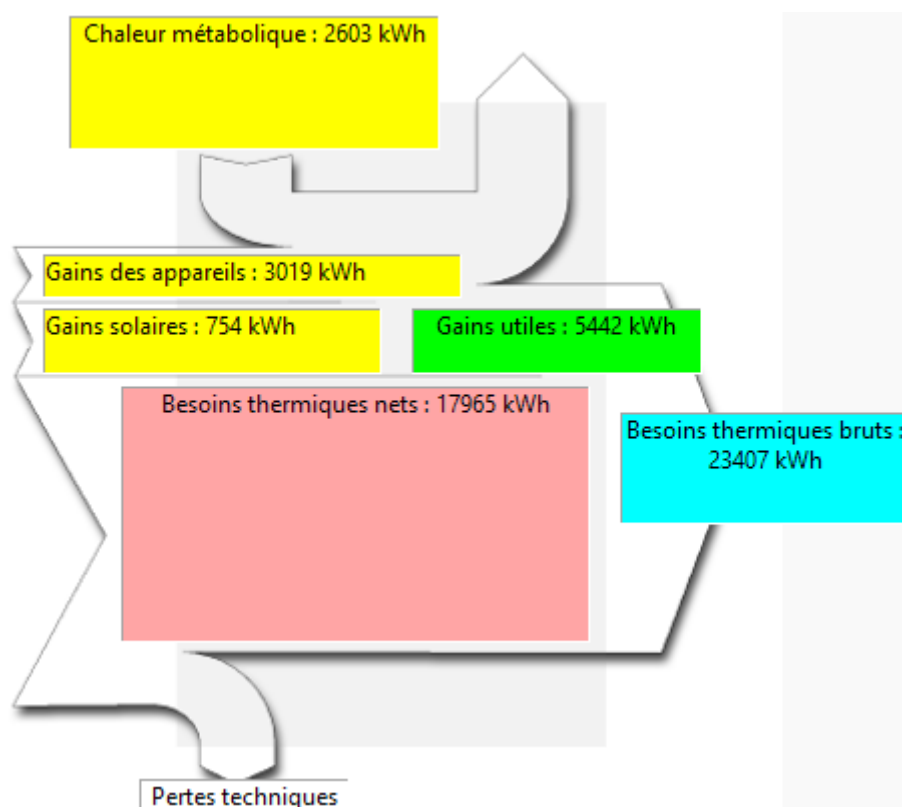
Les déperditions de la maison à l'état existant sont estimées à 12 kW



C2

	Déperditions
	Existant
	[W]
Séjour	6 270
Sdb	350
Chambre 1	2 750
Chambre 2	3 470
total	12 840
avec 20 % de surpuissance pour la relance après un refroidissement hivernal	15 408
kW	15

## Diagramme de Sankey



La simulation dynamique donne un besoin thermique net de : 17 965 kWh

Les gains (apports) gratuits : énergie solaire, chaleur dégagée par les occupants et les équipements électriques apportent 5 442 kWh/an soit **23 % du besoin thermique total.**

## Détails des apports par zones

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Apports solaires bruts	Apports solaires nets	Apports éclairage	Apports occupants	Apports puissance dissipée
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>106.6</b>		<b>764.9</b>	<b>754.1</b>	<b>242.9</b>	<b>2 603.0</b>	<b>2 776.0</b>
grange	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Combles	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
séjour	57.3	6681	481.7	474.9	128.5	1 449.5	1 545.8
ch1	18.6	6681	131.2	129.1	40.9	470.5	501.8
ch2	27.0	6681	131.2	129.6	66.3	683.0	728.4
Sdb	3.7	0	20.7	20.5	7.3	0.0	0.0

## Consommations données en énergie finale, par zone thermique

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Chauff. Gaz	Chauff. Elec.	ECS Gaz	ECS Elec.	Aux. Vent. Elec.	Aux. Dist. Elec.	Eclairage Elec.	Usage Spe. Elec.	Gaz	Elec.
	m²	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>106.6</b>		<b>38 905.1</b>	<b>59.5</b>	<b>4 101.8</b>	<b>26.2</b>	<b>0.0</b>	<b>193.6</b>	<b>243.7</b>	<b>2 776.0</b>	-	-
Non répartissable	0.0	0	49.7	7.0	19.3	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	69.0	31.2
grange	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Combles	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
séjour	57.3	6681	20 287.6	24.6	0.0	0.0	0.0	100.1	128.8	1 545.8	20 287.6	1 799.3
ch1	18.6	6681	7 726.1	12.1	0.0	0.0	0.0	38.9	41.5	501.8	7 726.1	594.3
ch2	27.0	6681	9 049.4	12.5	0.0	0.0	0.0	45.7	66.3	728.4	9 049.4	852.8
Sdb	3.7	0	1 792.3	3.4	4 082.5	2.0	0.0	9.0	7.2	0.0	5 874.8	21.5

pour un total de 46 306 kWh an soit 434 kWh/m²/an

## D) Consommations données en énergie primaire

	Consommations kWh/an	Coefficient de transformation EF > EP	Consommations kWh/an	SHAB	kWh/m²/an
électricité	3 299	2,3	7 588	<b>106,6</b>	71
gaz	43 007	1	43 007		403
<b>Total</b>	<b>46 306</b>		<b>50 595</b>		<b>475</b>

Calcul des coûts liés à l'énergie

Les énergies utilisées à l'existant et leurs tarifications sont les suivantes :

Énergie	Utilisation	Prix de l'abonnement	Prix du kWh
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage</li> <li>ECS</li> </ul>	238€	0,11€
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation</li> <li>auxiliaires de chauffage</li> <li>Éclairage</li> <li>Usages spécifiques</li> </ul>	173€	0,23€

## Coût d'exploitation :

Coût d'exploitation (Chauffage Froid ECS Aux ventil Aux hydrau Eclairage Usage spécifique) :					
	Gaz (€)	Electricité (€)	Entretien (€)	Total (€)	CO2 (kg)
Exploitation	4 969	912	140	6 021	9 969

Soit 94 kg de CO2/an/m²

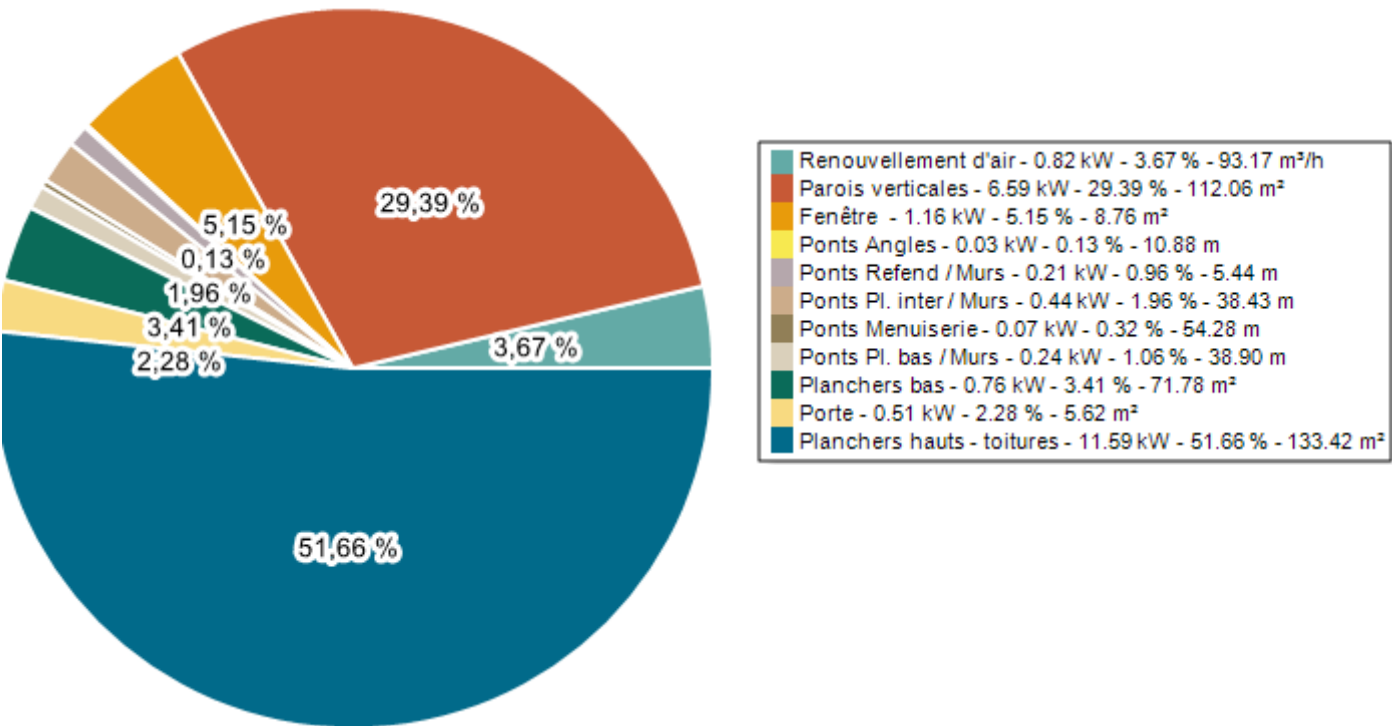
RÉSULTATS DES SIMULATIONS

Présentation des résultats pour l'état existant

Répartition des déperditions thermiques

Le logiciel Pléiades ne permet pas de faire une répartition des déperditions thermiques en kWh/an, nous vous proposons en revanche la répartition des déperditions en kW conformément à la norme EN 12831.

Les déperditions de la maison à l'état existant sont estimées à 23kW

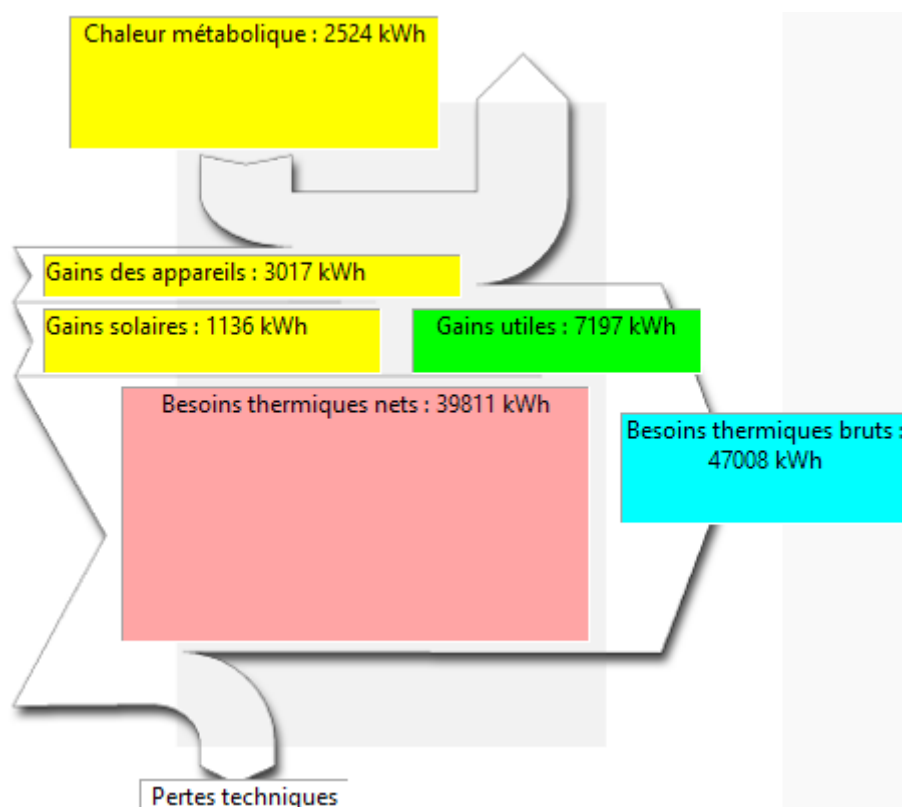


C4

	Déperditions
	Existant
	[W]
Séjour / cuisine / palier R+1	9 930
Bureau	3 080
WC	460
Chambre 1	4 180
Chambre 2	4 600
Salle de bain	1 010
total	23 260
avec 20 % de surpuissance pour la relance après un refroidissement hivernal	27 912
kW	28



## Diagramme de Sankey



La simulation dynamique donne un besoin thermique net de : 39 811 kWh

Les gains (apports) gratuits : énergie solaire, chaleur dégagée par les occupants et les équipements électriques apportent 7 197 kWh/an soit **15 % du besoin thermique total.**

## Détails des apports par zones

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Apports solaires bruts	Apports solaires nets	Apports éclairage	Apports occupants	Apports puissance dissipée
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>107.4</b>		<b>1 159.9</b>	<b>1 136.2</b>	<b>232.2</b>	<b>2 523.5</b>	<b>2 785.0</b>
séjour	60.9	6484	695.6	682.6	131.8	1 489.6	1 643.9
bureau	19.5	6484	284.3	276.8	34.0	475.5	524.8
Sdb	2.9	0	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0
WC	1.3	0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0
ch 1	10.8	6484	67.0	65.8	24.5	265.0	292.4
ch2	12.0	6484	113.0	110.9	25.7	293.4	323.8

## Consommations données en énergie finale, par zone thermique

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Chauff. Gaz	Chauff. Elec.	ECS Gaz	ECS Elec.	Aux. Vent. Elec.	Aux. Dist. Elec.	Eclairage Elec.	Usage Spe. Elec.	Gaz	Elec.
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>107.4</b>		<b>69 998.1</b>	<b>59.5</b>	<b>4 100.3</b>	<b>26.2</b>	<b>0.0</b>	<b>221.1</b>	<b>228.6</b>	<b>2 785.0</b>	-	-
Non répartisable	0.0	0	28.1	5.9	20.0	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	48.1	30.2
séjour	60.9	6484	25 682.8	17.7	0.0	0.0	0.0	79.4	131.4	1 643.9	25 682.8	1 872.4
bureau	19.5	6484	11 937.9	9.7	0.0	0.0	0.0	37.6	33.4	524.8	11 937.9	605.5
Sdb	2.9	0	3 078.8	2.3	4 080.3	2.0	0.0	9.9	9.7	0.0	7 159.0	23.8
WC	1.3	0	1 732.4	1.8	0.0	0.0	0.0	5.7	4.6	0.0	1 732.4	12.1
ch 1	10.8	6484	13 092.6	10.3	0.0	0.0	0.0	42.1	23.8	292.4	13 092.6	368.7
ch2	12.0	6484	14 445.5	11.8	0.0	0.0	0.0	46.4	25.7	323.8	14 445.5	407.7

pour un total de 77 418 kWh an soit 721 kWh/m<sup>2</sup>/an

## Consommations données en énergie primaire

	Consommations kWh/an	Coefficient de transformation EF > EP	Consommations kWh/an	SHAB	kWh/m <sup>2</sup> /an
électricité	3 320	2,3	7 636	<b>107,4</b>	71
gaz	74 098	1	74 098		690
<b>Total</b>	<b>77 418</b>		<b>81 734</b>		<b>761</b>

Calcul des coûts liés à l'énergie

Les énergies utilisées à l'existant et leurs tarifications sont les suivantes :

Énergie	Utilisation	Prix de l'abonnement	Prix du kWh
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage</li> <li>ECS</li> </ul>	238€	0,11€
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation</li> <li>auxiliaires de chauffage</li> <li>Éclairage</li> <li>Usages spécifiques</li> </ul>	173€	0,23€

Coût d'exploitation :

	Gaz (€)	Electricité (€)	Entretien (€)	Total (€)	CO2 (kg)
Exploitation	8 389	918	140	9 447	17 029

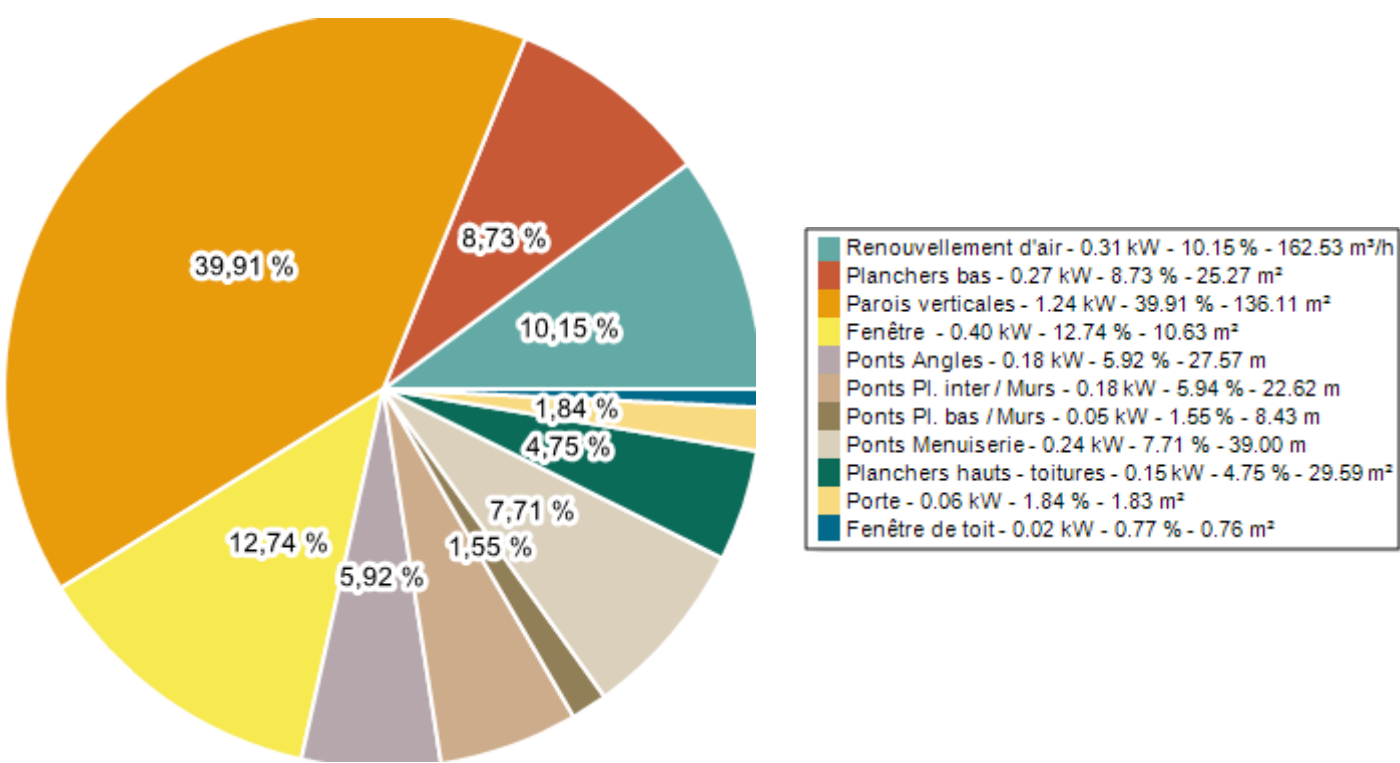
Soit 159 kg de

Présentation des résultats pour l'état après travaux

Répartition des déperditions thermiques

Le logiciel Pléiades ne permet pas de faire une répartition des déperditions thermiques en kWh/an, nous vous proposons en revanche la répartition des déperditions en kW conformément à la norme EN 12831.

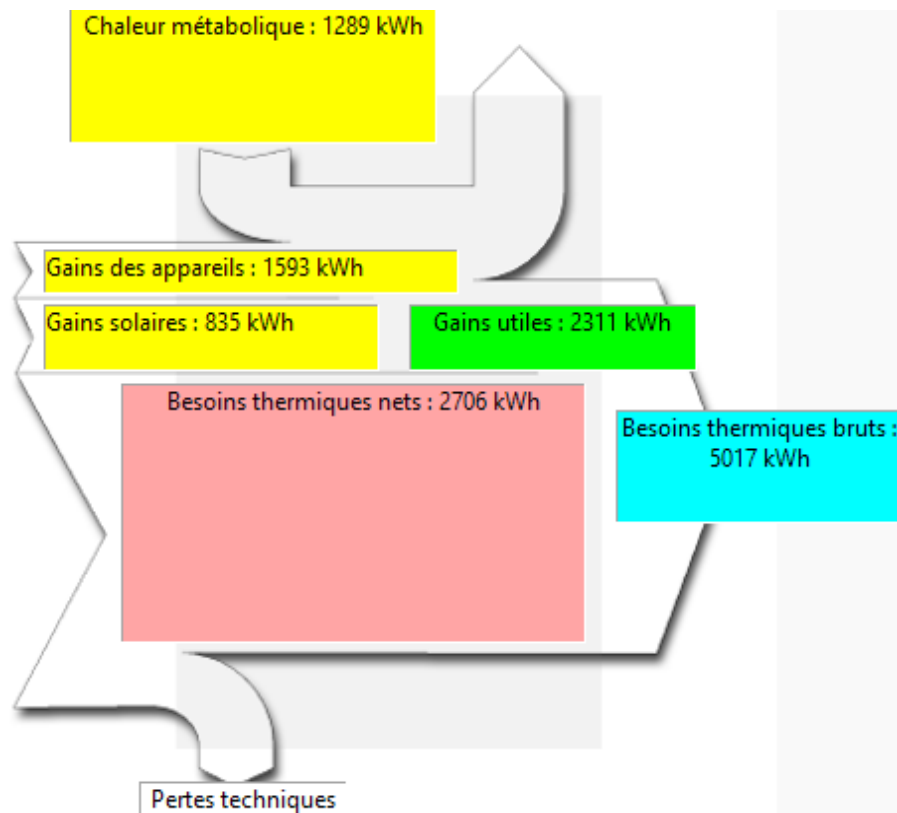
Les déperditions de la maison à l'état projet sont estimées à 3,2 kW



A1

	Déperditions
	Projet
	[W]
Séjour/cuisine	1740
Palier R+1	
Cellier	240
WC	60
Salle de bain	230
Chambre R+1	430
Chambre R+2	820
total	3520
<b>avec 20 % de surpuissance pour la relance après un refroidissement hivernal</b>	4224
<b>kW</b>	<b>4</b>

- Diagramme de Sankey



La simulation dynamique donne un besoin thermique net de : 2 706 kWh

Les gains (apports) gratuits : énergie solaire, chaleur dégagée par les occupants et les équipements électriques apportent 2 311 kWh/an soit **46 % du besoin thermique total.**

- Détails des apports par zones

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Apports solaires bruts	Apports solaires nets	Apports éclairage	Apports occupants	Apports puissance dissipée
	m²	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>62.5</b>		<b>859.3</b>	<b>835.0</b>	<b>144.4</b>	<b>1 288.7</b>	<b>1 448.7</b>
Séjour cuisine	24.5	6484	586.0	573.3	44.8	588.6	661.7
ch 1	12.0	6484	45.5	44.1	24.9	288.4	324.1
ch 2	17.2	6484	25.2	25.2	55.9	411.8	462.9
wc	1.3	0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0
Sdb	4.0	0	163.7	155.2	6.4	0.0	0.0
rgt	1.0	0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0
Cellier	2.4	0	39.0	37.2	4.3	0.0	0.0

- Consommations données en énergie finale, par zones thermiques

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Chauff. Bois	Chauff. Elec.	ECS Elec.	Aux. Vent. Elec.	Aux. Dist. Elec.	Eclairage Elec.	Usage Spe. Elec.	Bois	Elec.
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>62.5</b>		<b>4 285.3</b>	<b>23.2</b>	<b>624.6</b>	<b>649.9</b>	<b>0.0</b>	<b>143.7</b>	<b>1 448.7</b>	-	-
Non répartissable	0.0	0	0.0	0.0	330.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	330.9
Séjour cuisine	24.5	6484	4 285.3	0.0	0.0	288.4	0.0	44.8	661.7	4 285.3	994.9
ch 1	12.0	6484	0.0	0.0	0.0	72.2	0.0	24.8	324.1	0.0	421.2
ch 2	17.2	6484	0.0	0.0	0.0	72.3	0.0	55.0	462.9	0.0	590.2
wc	1.3	0	0.0	0.0	0.0	72.2	0.0	4.5	0.0	0.0	76.7
Sdb	4.0	0	0.0	23.2	293.7	72.4	0.0	6.7	0.0	0.0	396.0
rgt	1.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	3.3
Cellier	2.4	0	0.0	0.0	0.0	72.3	0.0	4.6	0.0	0.0	76.8

Pour un total de 7175 kWh an soit 115 kWh/m<sup>2</sup>/an

- Consommations données en énergie primaire

	Consommations kWh <sub>ef</sub> /an	Coefficient de transformation EF > EP	Consommations kWh <sub>ef</sub> /an	SHAB	kWh <sub>ep</sub> /an/m <sup>2</sup>
électricité	2 890	2,3	6 647	<b>62,45</b>	106
granulés	4 285	1	4 285		69
<b>Total</b>	<b>7 175</b>		<b>10 932</b>		<b>175</b>

- Calcul des coûts liées à l'énergie

Les énergies utilisées à l'existant et leurs tarifications sont les suivantes :

Énergie	Utilisation	Prix de l'abonnement / entretien	Prix du kWh
Granulés de bois	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage</li> </ul>	140 €	0,07€
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECS</li> <li>• Ventilation</li> <li>• auxiliaires de chauffage</li> <li>• Éclairage</li> <li>• Usages spécifiques</li> </ul>	173€	0,23€

Coût d'exploitation :

Coût d'exploitation (Chauffage Froid ECS Aux ventil Aux hydrau Eclairage Usage spécifique ):					
	Bois (€)	Electricité (€)	Entretien (€)	Total (€)	CO2 (kg)
Exploitation	343	833	140	1 315	313

## Analyse nombre d'heure de dépassement A1 Var 1

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	10	30	129	1130	447	137			
Chambre 1	10	30	466	1333	570	158			
Chambre 2	8	30	1085	1560	854	287			
WC	11	29	124	1151	400	82			
Salle de bain	9	29	134	1127	401	138			
rangement	13	28	175	693	198				
Cellier	11	30	198	1319	636	155			
RDC et palier occupation	21	29	0	590	152	9			
Chambre 1 occupation	16	29	226	778	258	22			
Chambre 2 occupation	15	30	727	962	442	73			

## Analyse nombre d'heure de dépassement A1 Var 3

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	11	29	124	1111	415	116			
Chambre 1	10	30	438	1335	555	141			
Chambre 2	9	30	1067	1554	850	275			
WC	11	29	129	1164	392	77			
Salle de bain	10	29	130	1107	391	116			
rangement	11	29	125	1140	370	71			
Cellier	12	30	161	1292	602	115			
RDC et palier occupation	20	29		579	136	7			
Chambre 1 occupation	16	29	206	781	250	22			
Chambre 2 occupation	16	30	720	958	444	68			

## Analyse nombre d'heure de dépassement A1 Var 6

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone A1 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th_BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	10	26	319	118					
Chambre 1	10	27	1819	150	1				
Chambre 2	9	27	2486	244	5				
WC	11	25	309	112					
Salle de bain	10	26	455	113					
rangement	11	25	316	82					
Cellier	12	26	459	185					
RDC et palier occupation	17	26	136	8					
Chambre 1 occupation	15	27	1192	20	1				
Chambre 2 occupation	14	27	1733	49	2				

**Le confort en hiver est moins bon en comparaison de A1 réf qui prend en compte une double-flux.**



## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D)

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
RDC et palier	10	30	127	1157	467	186			
Chambre 1	9	30	1013	1399	677	229			
Chambre 2	8	31	1458	1580	916	314	1		
WC	11	30	141	1221	422	174			
Salle de bain	9	30	140	1162	428	183			
rangement	11	30	127	1189	408	167			
Cellier	11	31	230	1328	639	187	1		
RDC et palier occupation	21	29		609	166	12			
Chambre 1 occupation	15	30	669	826	308	29			
Chambre 2 occupation	15	30	1010	971	480	82			

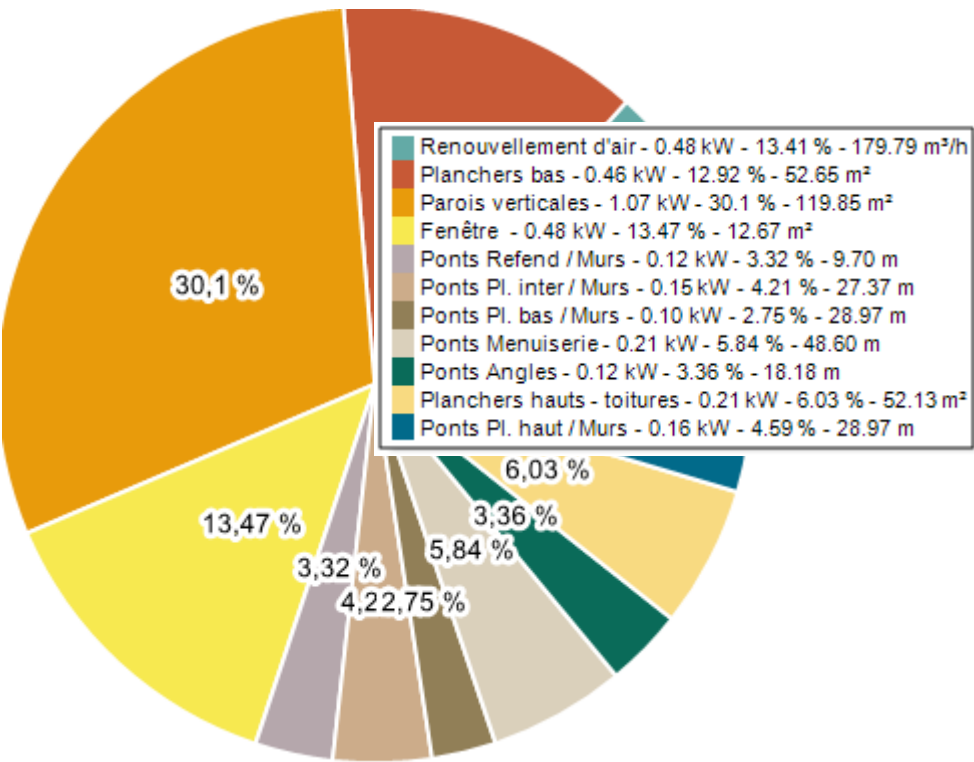
**Le confort en été est moins bon en comparaison de A1 réf qui prend en compte une double-flux.**

7.5.5 Situation après travaux C2

Répartition des déperditions thermiques

Le logiciel Pléiades ne permet pas de faire une répartition des déperditions thermiques en kWh/an, nous vous proposons en revanche la répartition des déperditions en kW conformément à la norme EN 12831.

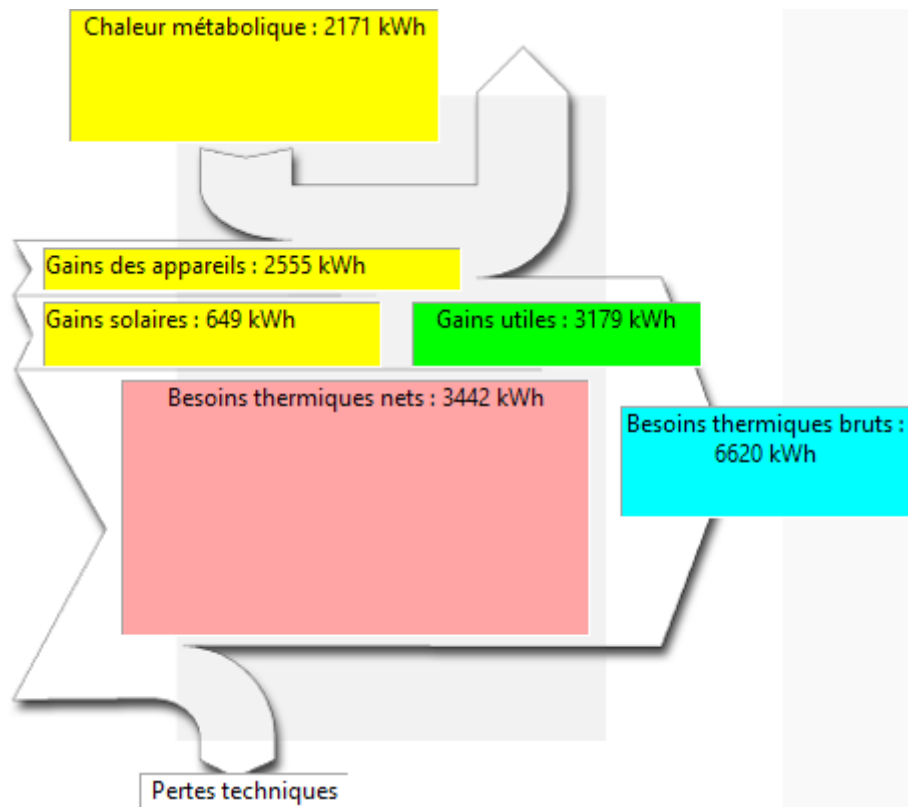
Les déperditions de la maison à l'état projet sont estimées à 3,55 kW



C2

	Déperditions
	Projet
	[W]
Séjour/cuisine/palier	1990
WC RDC	90
Cellier	230
WC R+1	60
Sdb R+1	140
Chambre 1	470
Chambre 2	470
Chambre 3	370
total	3450
avec 20 % de surpuissance pour la relance après un refroidissement hivernal	4140
kW	4

- Diagramme de Sankey



La simulation dynamique donne un besoin thermique net de : 3 442 kWh

Les gains (apports) gratuits : énergie solaire, chaleur dégagée par les occupants et les équipements électriques apportent 3 179 kWh/an soit **48 % du besoin thermique total.**

- Détails des apports par zones

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Apports solaires bruts	Apports solaires nets	Apports éclairage	Apports occupants	Apports puissance dissipée
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>98.7</b>		<b>659.2</b>	<b>648.7</b>	<b>239.3</b>	<b>2 171.3</b>	<b>2 315.7</b>
grange	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Combles	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
séjour	49.5	6681	392.4	386.5	116.2	1 250.9	1 334.0
ch1	13.0	6681	102.5	100.9	29.9	328.7	350.5
ch2	11.4	6681	102.5	100.6	25.3	289.1	308.3
Sdb	5.8	0	0.0	0.0	18.9	0.0	0.0
WC 2	1.2	0	9.4	9.1	2.7	0.0	0.0
WC 1	1.9	0	13.7	13.5	5.4	0.0	0.0
Cellier	4.0	0	23.9	23.4	7.2	0.0	0.0
ch3	12.0	6681	14.8	14.7	33.9	302.7	322.8

- Consommations données en énergie finale, par zone thermique

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Chauff. Bois	Chauff. Elec.	ECS Elec.	Aux. Vent. Elec.	Aux. Dist. Elec.	Eclairage Elec.	Usage Spe. Elec.	Bois	Elec.
	m²	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>98.7</b>		<b>3 639.0</b>	<b>401.3</b>	<b>749.1</b>	<b>263.3</b>	<b>0.0</b>	<b>244.1</b>	<b>2 315.7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Non répartisable	0.0	0	0.0	0.0	635.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	635.9
grange	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Combles	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
séjour	49.5	6681	3 639.0	0.0	0.0	93.8	0.0	116.6	1 334.0	3 639.0	1 544.4
ch1	13.0	6681	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	30.3	350.5	0.0	406.8
ch2	11.4	6681	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	25.7	308.3	0.0	360.1
Sdb	5.8	0	0.0	401.3	113.2	26.1	0.0	19.8	0.0	0.0	560.4
WC 2	1.2	0	0.0	0.0	0.0	26.1	0.0	3.9	0.0	0.0	30.0
WC 1	1.9	0	0.0	0.0	0.0	26.1	0.0	6.5	0.0	0.0	32.6
Cellier	4.0	0	0.0	0.0	0.0	13.1	0.0	7.4	0.0	0.0	20.5
ch3	12.0	6681	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	34.0	322.8	0.0	382.8

Pour un total de 7613 kWh an soit 77 kWh/m²/an

- Consommations données en énergie primaire

	Consommations kWh/an	Coefficient de transformation EF > EP	Consommations kWh/an	SHAB	kWh/m²/an
électricité	3 974	2,3	9 140	<b>98,7</b>	93
Bois	3 639	1	3 639		37
<b>Total</b>	<b>7 613</b>		<b>12 779</b>		<b>129</b>

- Calcul des coûts liés à l'énergie

Les énergies utilisées à l'existant et leurs tarifications sont les suivantes :

Énergie	Utilisation	Prix de l'abonnement / entretien	Prix du kWh
Bois bûches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage</li> </ul>	140 €	0,04€
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECS</li> <li>• Ventilation</li> <li>• auxiliaires de chauffage</li> <li>• Éclairage</li> <li>• Usages spécifiques</li> </ul>	173 €	0,23€

Coût d'exploitation :

Coût d'exploitation (Chauffage Froid ECS Aux ventil Aux hydrau Eclairage Usage spécifique ):					
	Bois (€)	Electricité (€)	Entretien (€)	Total (€)	CO2 (kg)
Exploitation	146	993	140	1 279	339

Soit 3,4 kg de  
CO2/an/m²

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C2 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Séjour	11	26	715	61					
Chambre 1	10	27	1 565	105	1				
Chambre 2	10	27	1 942	123	3				
Salle de bain	11	25	782	37					
WC 2	10	28	1 145	68	6				
WC 1	11	26	1 240	33					
Cellier	12	27	1 158	118	2				
Chambre 3	10	27	1 741	114	3				
Séjour occupation	11	26	366	17					
Chambre 1 occupation	10	27	1 095	25	1				
Chambre 2 occupation	10	27	1 400	30	3				
Chambre 3 occupation	10	27	1 240	35	3				

<b>Analyse du confort d'hiver dans les chambres en occupation</b>				
°C	T mini	Nb H < 14	Nb H < 16	Nb H > 18
Séjour occupation	11	7	9	118
Chambre 1 occupation	10	8	43	402
Chambre 2 occupation	10	8	81	613
Chambre 3 occupation	10	8	48	471

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>						
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</b>						
<b>période</b>	<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T max	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32
Séjour	30	1 098	455	77		
Chambre 1	29	1 377	651	148		
Chambre 2	30	1 407	683	178		
Salle de bain	29	1 232	484	77		
WC 2	30	1 085	456	90		
WC 1	30	1 047	386	34		
Cellier	30	1 335	623	86		
Chambre 3	30	1 398	692	157		
Séjour occupation	30	608	183	14		
Chambre 1 occupation	29	850	339	39		
Chambre 2 occupation	29	869	357	45		
Chambre 3 occupation	30	866	363	50		

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C2 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32	Nb H > 34
Séjour	10	26	1 130	99					
Chambre 1	9	27	2 083	146	3				
Chambre 2	9	27	2 339	151	3				
Salle de bain	9	26	1 382	118					
WC 2	9	28	1 765	118	8				
WC 1	10	27	2 153	79	2				
Cellier	11	27	1 627	162	2				
Chambre 3	9	27	2 501	153	5				
Séjour occupation	10	26	668	20					
Chambre 1 occupation	9	27	1 503	32	3				
Chambre 2 occupation	9	27	1 710	33	3				
Chambre 3 occupation	10	27	1 786	40	5				

**Analyse du confort d'hiver dans les chambres en occupation**

°C	T mini	Nb H < 14	Nb H < 16	Nb H > 18
Séjour occupation	10	7	21	234
Chambre 1 occupation	9	10	91	627
Chambre 2 occupation	9	15	121	806
Chambre 3 occupation	10	14	122	833



<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>						
<b>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</b>						
<b>période</b>	<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T max	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32
Séjour	29	1 141	463	126		
Chambre 1	29	1 414	673	196		
Chambre 2	29	1 428	702	203		
Salle de bain	29	1 337	560	155		
WC 2	29	1 136	483	133		
WC 1	29	1 099	389	98		
Cellier	29	1 361	651	147		
Chambre 3	29	1 429	713	201		
Séjour occupation	29	623	191	14		
Chambre 1 occupation	30	872	357	42		
Chambre 2 occupation	30	882	373	43		
Chambre 3 occupation	30	884	378	51		

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C2 état projet :**

<b><u>Analyse des heures de dépassement par zone</u></b>						
<b><u>Projet en situation 2 (H3_Th-D)</u></b>						
<b>période</b>	<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T max	Nb H > 24	Nb H > 26	Nb H > 28	Nb H > 30	Nb H > 32
Séjour	29	1104	416	24		
Chambre 1	29	1382	623	110		
Chambre 2	29	1414	660	133		
Salle de bain	29	1241	465	25		
WC 2	30	1097	422	27		
WC 1	30	1047	348	12		
Cellier	30	1324	589	55		
Chambre 3	30	1405	663	121		
Séjour occupation	29	606	159	9		
Chambre 1 occupation	29	851	327	31		
Chambre 2 occupation	29	875	349	36		
Chambre 3 occupation	30	870	349	41		

Le scénario de double fenêtre prend en compte que les deux portes-fenêtres ne sont pas traitées de cette façon (pont thermique d'ébrasement élevé). Dans le cas où les ébrasements étaient traités, les résultats seraient d'avantage meilleurs que le projet de référence sur le confort d'été.

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C2 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	10	26	840	61					
Chambre 1	10	27	881	145	3				
Chambre 2	9	27	941	173	3				
Salle de bain	10	25	1 080	52					
WC 2	10	28	993	78	5				
WC 1	11	26	963	29					
Cellier	11	27	694	121	2				
Chambre 3	10	27	1 019	157	5				
Séjour occupation	17	26	73	15					
Chambre 1 occupation	17	27	96	30	3				
Chambre 2 occupation	17	27	107	36	3				
Chambre 3 occupation	17	27	103	40	5				

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D)

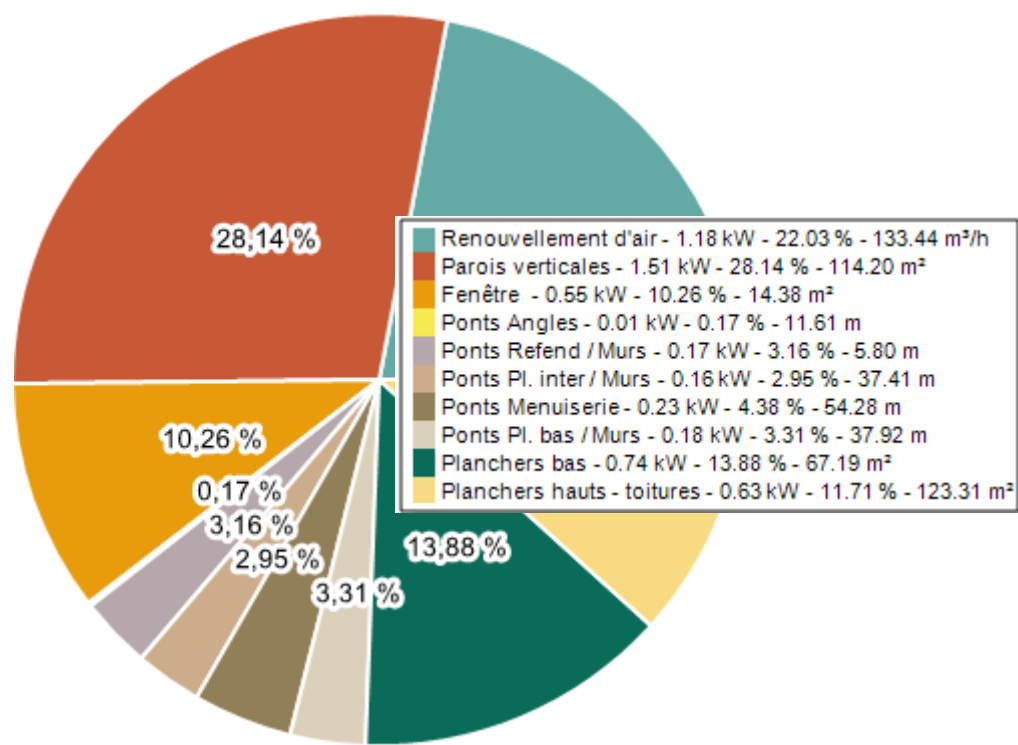
période	Mai à Octobre					
°C	T max	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32
Séjour	30	1 146	501	127		
Chambre 1	30	1 455	758	230		
Chambre 2	30	1 488	804	269		
Salle de bain	30	1 318	613	131		
WC 2	30	1 150	525	127		
WC 1	30	1 097	403	80		
Cellier	30	1 364	670	137		
Chambre 3	30	1 491	833	258		
Séjour occupation	30	630	210	17		
Chambre 1 occupation	30	901	386	57		
Chambre 2 occupation	30	924	418	66		
Chambre 3 occupation	30	926	430	75		

7.5.6 Situation après travaux C4

Répartition des déperditions thermiques

Le logiciel Pléiades ne permet pas de faire une répartition des déperditions thermiques en kWh/an, nous vous proposons en revanche la répartition des déperditions en kW conformément à la norme EN 12831.

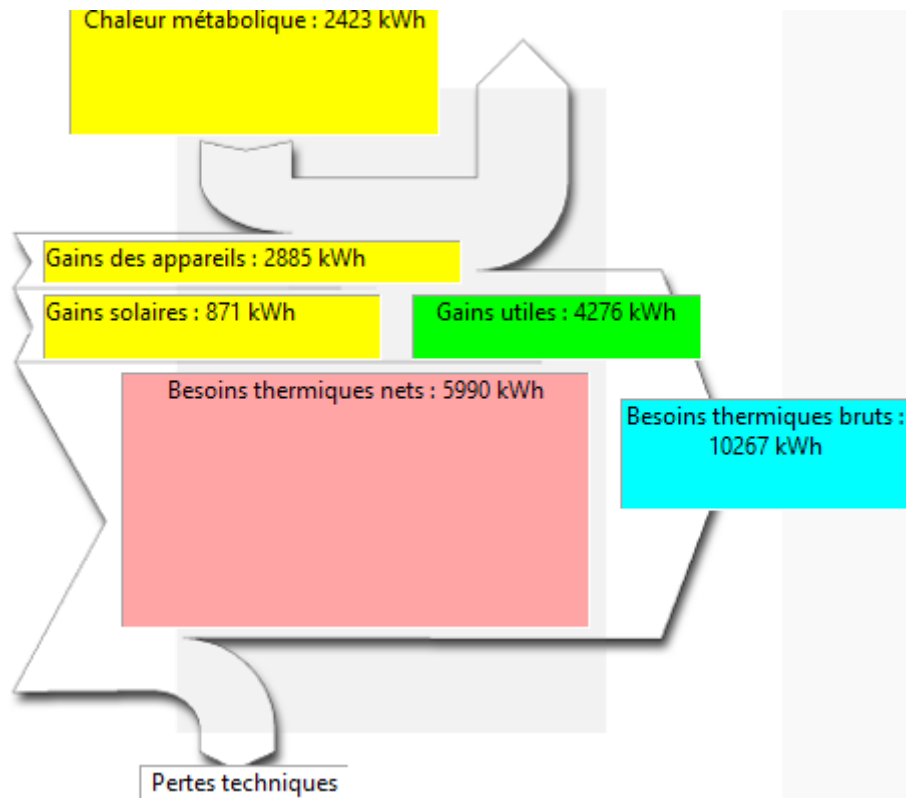
Les déperditions de la maison à l'état projet sont estimées à 5,4 kW



C4

	Déperditions
	Projet
	[W]
Séjour / cuisine / palier R+1	3 170
Bureau	1 230
WC	20
Chambre 1	600
Chambre 2	640
Salle de bain	800
total	6 460
avec 20 % de surpuissance pour la relance après un refroidissement hivernal	7 752
kW	8

- Diagramme de Sankey



La simulation dynamique donne un besoin thermique net de : 5 990kWh

Les gains (apports) gratuits : énergie solaire, chaleur dégagée par les occupants et les équipements électriques apportent 4 276 kWh/an soit **42 % du besoin thermique total.**

- Détails des apports par zones

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Apports solaires bruts	Apports solaires nets	Apports éclairage	Apports occupants	Apports puissance dissipée
	m²	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>102.4</b>		<b>891.5</b>	<b>871.2</b>	<b>210.6</b>	<b>2 423.4</b>	<b>2 674.4</b>
séjour	59.0	6484	600.7	585.6	109.4	1 442.3	1 591.8
bureau	17.9	6484	173.9	170.3	31.9	438.3	483.7
Sdb	2.9	0	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0
WC	0.4	0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0
ch 1	10.5	6484	42.6	42.1	26.4	257.1	283.8
ch2	11.7	6484	74.3	73.2	29.5	285.6	315.2

- Consommations données en énergie finale, par zone thermique

Zones	SHAB	Nb h. occ.	Chauff. Elec.	ECS Elec.	Aux. Vent. Elec.	Aux. Dist. Elec.	Eclairage Elec.	Usage Spe. Elec.	Elec.
	m <sup>2</sup>	h.	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>102.4</b>		<b>1 545.2</b>	<b>769.0</b>	<b>155.6</b>	<b>39.2</b>	<b>207.9</b>	<b>2 674.4</b>	<b>-</b>
Non répartisable	0.0	0	10.2	655.9	0.0	0.0	0.0	0.0	666.0
séjour	59.0	6484	233.4	0.0	80.9	3.9	109.8	1 591.8	2 019.8
bureau	17.9	6484	718.6	0.0	0.0	21.5	31.3	483.7	1 255.1
Sdb	2.9	0	45.7	113.1	49.8	1.1	9.7	0.0	219.4
WC	0.4	0	15.0	0.0	24.9	0.3	1.4	0.0	41.7
ch 1	10.5	6484	272.0	0.0	0.0	6.7	26.8	283.8	589.2
ch2	11.7	6484	250.3	0.0	0.0	5.8	28.9	315.2	600.1

Pour un total de 5 391 kWh an soit 53 kWh/m<sup>2</sup>/an

- Consommations données en énergie primaire

	Consommations kWh/m <sup>2</sup> /an	Coefficient de transformation EF > EP	Consommations kWh/m <sup>2</sup> /an	SHAB	kWh/m <sup>2</sup> /an
électricité	5 391	2,3	12 399	<b>102,4</b>	121
<b>Total</b>	<b>5 391</b>		<b>12 399</b>		<b>121</b>

- Calcul des coûts liés à l'énergie

Les énergies utilisées à l'existant et leurs tarifications sont les suivantes :

Énergie	Utilisation	Prix de l'abonnement	Prix de l'entretien	Prix du kWh
Électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage</li> <li>• ECS</li> <li>• Ventilation</li> <li>• auxiliaires de chauffage</li> <li>• Éclairage</li> <li>• Usages spécifiques</li> </ul>	173€	140 €	0,23€

Coût d'exploitation :

	Electricité (€)	Entretien (€)	Total (€)	CO2 (kg)
Exploitation	1 414	140	1 554	370

Soit 3,6 kg de  
CO2/an/m²



**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C4 état projet :**

<b><u>Analyse des heures de dépassement par zone</u></b>									
<b><u>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</u></b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	8	27	879	164	15				
Bureau	8	27	1108	115	5				
Salle de bain	8	27	826	175	23				
WC	8	27	823	155	1				
Chambre 1	7	27	1054	185	24				
Chambre 2	7	28	967	230	60				
Séjour occupation	16	27	107	41	7				
Bureau occupation	16	27	146	27	5				
Chambre 1 occupation	15	27	134	48	6				
Chambre 2 occupation	15	28	112	71	21				

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D)

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	8	31	456	1 146	614	272	10		
Bureau	8	30	603	1 080	524	214			
Salle de bain	8	31	400	1 213	655	284	20		
WC	8	31	417	1 230	590	265	2		
Chambre 1	7	31	626	1 366	756	311	37		
Chambre 2	7	32	575	1 373	802	372	84		
Séjour occupation	19	30		587	243	47			
Bureau occupation	19	30		547	208	26			
Chambre 1 occupation	19	30		786	351	72			
Chambre 2 occupation	18	31	8	791	373	115	10		

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D) en zone de bruit BR2 et 3

*scénario d'ouverture des fenêtres différé*

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	8	31	456	1 391	787	325	12		
Bureau	8	30	603	1 324	689	253			
Salle de bain	8	31	400	1 462	847	339	26		
WC	8	31	417	1 466	817	317	5		
Chambre 1	7	31	626	1 620	1 000	407	47		
Chambre 2	7	32	575	1 655	1 041	486	106		
Séjour occupation	19	30		805	362	85			
Bureau occupation	19	29		746	306	49			
Chambre 1 occupation	19	31		1 001	536	150	4		
Chambre 2 occupation	18	32	8	1 030	552	206	28		

**Confort thermique atteint, pour chaque pièce en zone C4 état projet :**

<b>Analyse des heures de dépassement par zone</b>									
<b>Projet en situation 1 (H1a_Th-BC)</b>									
<b>période</b>	<b>année entière</b>			<b>Mai à Octobre</b>					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	8	27	927	130	6				
Bureau	9	27	1154	66	2				
Salle de bain	8	27	872	140	2				
WC	9	26	885	126					
Chambre 1	8	27	1080	163	10				
Chambre 2	7	28	986	207	35				
Séjour occupation	16	27	121	33	6				
Bureau occupation	16	27	170	21	2				
Chambre 1 occupation	16	27	144	44	4				
Chambre 2 occupation	15	28	118	66	15				

Quelques jours après  
l'arrêt de la chaudière  
(pendant la nuit du 16  
mai)

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D)

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	8	30	462	1 167	610	226			
Bureau	8	30	620	1 110	491	140			
Salle de bain	8	30	401	1 236	653	240			
WC	8	30	430	1 244	588	229			
Chambre 1	7	31	635	1 384	755	284	12		
Chambre 2	7	31	582	1 388	803	336	44		
Séjour occupation	19	30		597	244	42			
Bureau occupation	19	30		565	203	17			
Chambre 1 occupation	19	30		798	345	71			
Chambre 2 occupation	18	31	7	796	370	113	5		

## Analyse des heures de dépassement par zone

### Projet en situation 2 (H3\_Th-D) en zone de bruit BR2 et 3

*scénario d'ouverture des fenêtres différé*

période	année entière			Mai à Octobre					
°C	T mini	T max	Nb H < 19	Nb H > 24	Nb H >26	Nb H >28	Nb H >30	Nb H >32	Nb H >34
Séjour	8	30	462	1 394	775	282			
Bureau	8	30	620	1 317	650	174			
Salle de bain	8	30	401	1 464	833	294			
WC	8	30	430	1 471	797	274			
Chambre 1	7	31	635	1 615	986	362	14		
Chambre 2	7	31	582	1 646	103	431	68		
Séjour occupation	19	30		800	344	79			
Bureau occupation	19	30		735	280	35			
Chambre 1 occupation	19	31		994	517	136	1		
Chambre 2 occupation	18	31	7	1 018	552	190	21		

