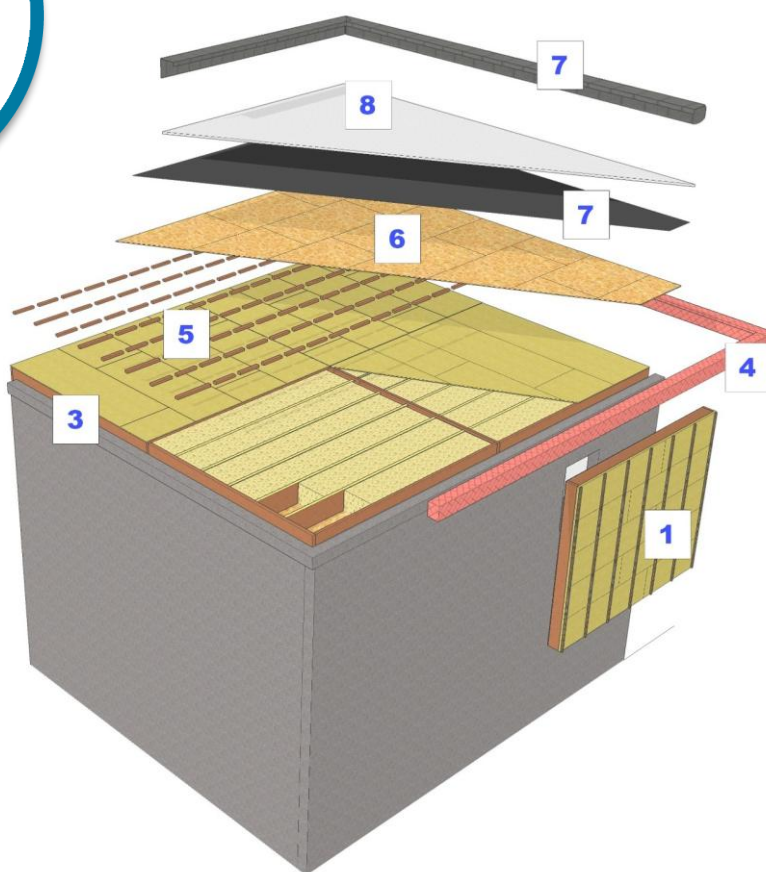


# GUIDE PERFORMANCIEL Crealead

Décembre 2025



RAPPORT RESTORE



---

## **RÉDACTION**

**Équipe Crealead**

---

## **COORDINATION**

Hafiane CHERKAOUI (CSTB)

Billy RAKOTOMALALA (CSTB)

---

## **RELECTURE**

Franck LEGUILLON (CSTB)

Rémi BOUCHIE (CSTB)

Fanny ARRAYET (CSTB)

Caroline BOUTELOUP (CSTB)



<b>1. OBJECTIF DE CE LIVRABLE .....</b>	<b>8</b>
<b>2. DESCRIPTION SUCCINCTE .....</b>	<b>8</b>
2.1. Typologies visées par la gamme de solutions développée .....	8
2.2. Description de la gamme de solutions de rénovation développée .....	10
<b>3. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>13</b>
3.1. Principe et outils de calcul .....	13
3.1.1. STD .....	13
3.1.2. ACV .....	14
3.2. Cibles à atteindre .....	15
3.3. Hypothèses .....	15
3.3.1. Hypothèses imposées par le CSTB .....	15
3.3.1.1. ACV .....	15
3.3.1.2. STD .....	16
3.3.2. Hypothèses spécifiques prises par le groupement .....	19
<b>4. PLAN D'EXPÉRIENCE .....</b>	<b>31</b>
<b>5. RÉSULTATS .....</b>	<b>34</b>
5.1. Variante B_V0 .....	34
5.1.1. Situation initiale .....	34
5.1.1.1. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kWh/an) .....	34
5.1.1.2. Indicateurs de performance énergétique .....	35
5.1.1.3. Confort thermique atteint, pour chaque pièce .....	35
5.1.1.4. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	37
5.1.2. Situation rénovée .....	37
5.1.2.1. Impact individuel de chaque geste .....	37
5.1.2.2. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions après regroupement des gestes .....	38
5.1.2.3. Impact environnemental de la solution .....	41
5.1.2.4. Santé confort .....	43
5.1.3. Déclinaison 1 - Autre nature de mur - Béton plein .....	43
5.1.3.1. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	44
5.1.4. Déclinaison 2 – Déclinaison 1 sur vide sanitaire .....	46
5.1.4.1. Indicateurs de performance énergétique .....	46
5.1.4.2. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce : .....	46
5.1.5. Déclinaison 3 – Déclinaison 1 avec plancher haut déjà isolé .....	47
5.1.5.1. Indicateurs de performance énergétique .....	47
5.1.5.2. Impact environnemental de la solution .....	47
5.1.5.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	48
5.1.6. Déclinaison 4 - Aménagement des combles .....	50
5.1.6.1. Indicateurs de performance énergétique .....	51
5.1.6.2. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	51
5.1.6.3. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce : .....	51
5.1.6.4. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	52
5.1.7. Récapitulatif des résultats .....	55
5.2. Variante B_V2 .....	57
5.2.1. Situation initiale .....	57
5.2.1.1. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kWh/an) .....	57
5.2.1.2. Indicateurs de performance énergétique .....	58
5.2.1.3. Confort thermique atteint, pour chaque pièce .....	58
5.2.1.4. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	61
5.2.2. Situation rénovée .....	67
5.2.2.1. Impact individuel de chaque geste .....	61
5.2.2.2. Impact global après regroupement des bouquets de travaux .....	65
5.2.2.3. Impact environnemental de la solution .....	69
5.2.2.4. Santé confort .....	71
5.2.3. Déclinaison 1 - Autre nature de mur – Mur en parpaing .....	72

5.2.3.1.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	72
5.2.3.2.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	73
5.2.3.3.	Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce : .....	75
5.2.4.	<i>Déclinaison 2 – Toiture débord large</i> .....	76
5.2.4.1.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	76
5.2.4.2.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce .....	77
5.2.4.3.	Santé confort .....	79
5.2.5.	<i>Déclinaison 3 – Sous-sol aménagé</i> .....	80
5.2.5.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	81
5.2.5.2.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	81
5.2.5.3.	Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce : .....	81
5.2.6.	<i>Déclinaison 4 – Menuiseries déjà remplacées, à conserver</i> .....	82
5.2.6.1.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et Impact environnemental de la solution .....	82
5.2.6.2.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce .....	83
5.2.7.	<i>Déclinaison 5 – Mitoyenne double</i> .....	85
5.2.7.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	85
5.2.7.2.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et impact environnemental de la solution .....	86
5.2.8.	<i>Récapitulatif des résultats</i> .....	87
5.3.	BV5 .....	91
5.3.1.	<i>Situation initiale</i> .....	97
5.3.1.1.	Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kW/an) .....	91
5.3.1.2.	Indicateurs de performance énergétique .....	92
5.3.1.3.	Confort thermique atteint, pour chaque pièce : .....	93
5.3.1.4.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	96
5.3.2.	<i>Situation rénovée</i> .....	96
	Impact individuel de chaque geste .....	96
5.3.2.1.	Impact global après regroupement des bouquets de travaux .....	98
5.3.2.2.	Impact environnemental de la solution .....	102
5.3.2.3.	Santé confort .....	104
5.3.3.	<i>Déclinaison 1 – Extension sur garage</i> .....	105
5.3.3.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	106
5.3.3.2.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	106
5.3.3.3.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	107
5.3.4.	<i>Déclinaison 2 – Autre nature de mur – double mur</i> .....	109
5.3.4.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	110
5.3.4.2.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	110
5.3.5.	<i>Déclinaison 3 – Déclinaison 1 sur terreplein</i> .....	110
5.3.5.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	110
5.3.5.2.	Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an .....	110
5.3.5.3.	Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce .....	111
5.3.6.	<i>Déclinaison 4 – Plancher haut déjà rénové</i> .....	111
5.3.6.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	112
5.3.6.2.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et Impact environnemental de la solution .....	112
5.3.6.3.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	112
5.3.6.4.	.....	113
5.3.7.	<i>Déclinaison 5 – Mitoyenne simple</i> .....	114
5.3.7.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	114
5.3.7.2.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et impact environnemental de la solution .....	114
5.3.8.	<i>Déclinaison 6 – ITE impossible sur 2 façades</i> .....	115
5.3.8.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	115
5.3.8.2.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et Impact environnemental de la solution .....	115
5.3.8.3.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce : .....	116
5.3.9.	<i>Déclinaison 7 – Réemploi</i> .....	118

5.3.9.1.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et impact environnemental de la solution .....	119
5.3.10.	<i>Déclinaison 8 - Menuiseries déjà remplacées, à conserver</i> .....	119
5.3.10.1.	Indicateurs de performance énergétique .....	119
5.3.10.2.	Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an et Impact environnemental de la solution .....	119
5.3.10.3.	Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce .....	120
5.3.11.	<i>Récapitulatif des résultats</i> .....	123
<b>6.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>127</b>
	<b>ANNEXE : HYPOTHÈSES COMMUNES À UTILISER</b> .....	<b>130</b>

# INTRODUCTION

Les projets RENOSTANDARD puis RESTORE ont été engagés pour favoriser la massification de la rénovation des maisons individuelles en diffuses. Ce parc de maisons (16,5 millions de maisons en résidence principale) est un vivier très important pour la réduction du besoin énergétique et de l'impact environnemental du secteur des bâtiments, 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 globales et performantes 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 plusieurs 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 « performanciel multiphysique » est d'évaluer les performances de la solution de rénovation développée par l'équipe de conception CREALED 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 et confort en mettant en œuvre des moyens visant à améliorer ces aspects, notamment l'éclairage et dans une moindre mesure, la qualité de l'air intérieur (QAI) ainsi que l'acoustique.

## 2. DESCRIPTION SUCCINCTE

### 2.1. Typologies visées par la gamme de solutions développée

Nous avons choisi les types de maisons suivantes :

- [B3.1](#) et [B3.2](#) ;
- [B4.1](#) et [B4.2](#) ;
- [B5.1](#) et [B5.2](#).

Pour en savoir plus, consultez [Classification typologique RESTORE - Pro'Réno](#).

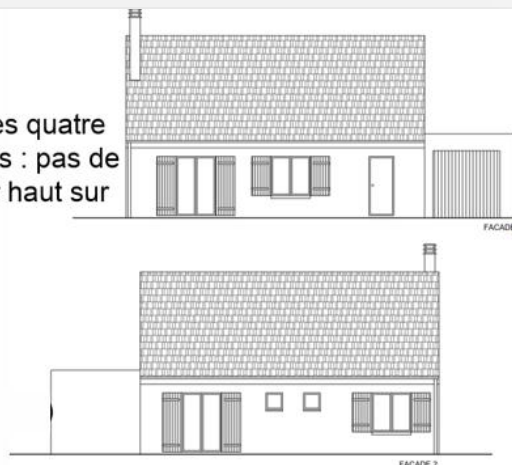
Ces maisons du corpus B (1969-1989, types B3 à B5), qu'elles soient isolées (.1) ou en bande (.2), présentent une morphologie globalement similaire. Les différences observées concernent principalement la qualité de l'isolation de l'enveloppe, influencée par les réglementations thermiques successives (RT 1974, RT 1982, RT 1988), ainsi que certains choix constructifs : nature des murs, forme de toiture, type de combles, configuration du sous-sol et éléments spécifiques. Ces variations ont un impact direct sur les choix techniques et les performances énergétiques.

Afin de représenter ces configurations, le CSTB a défini un plan de référence (v0) correspondant à une maison de plain-pied avec combles perdus et toiture à double pente, complété par cinq variantes couvrant les cas les plus fréquents. Trois de ces variantes ont été retenues pour les études multiphysiques, conformément au plan d'expérience présenté ci-après.

### Maison B\_V0

La plus simple des quatre typologies étudiées : pas de sous-sol, plancher haut sur combles perdus.

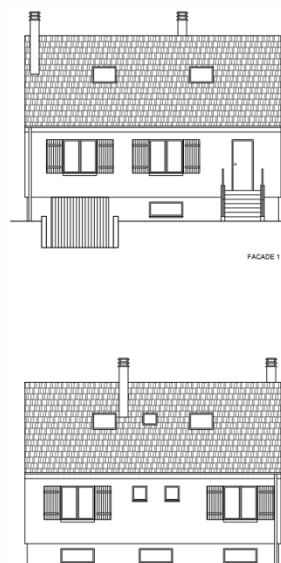
Points critiques :  
Cheminée  
Surélévation



### Maison B\_V2

Description :  
Comble aménagé (fenêtres de toit)  
Rez-de-chaussée  
Sous-sol « non chauffé »

Points critiques :  
Cheminée (coupe-feu)  
Fenêtres de toit  
Combinaison ITE / ITI (si sous-sol aménagé)



### Maison BV5

Maison Chalandon en  
toiture-terrasse

Points critiques :

Interface murs / toiture plate  
Etanchéité



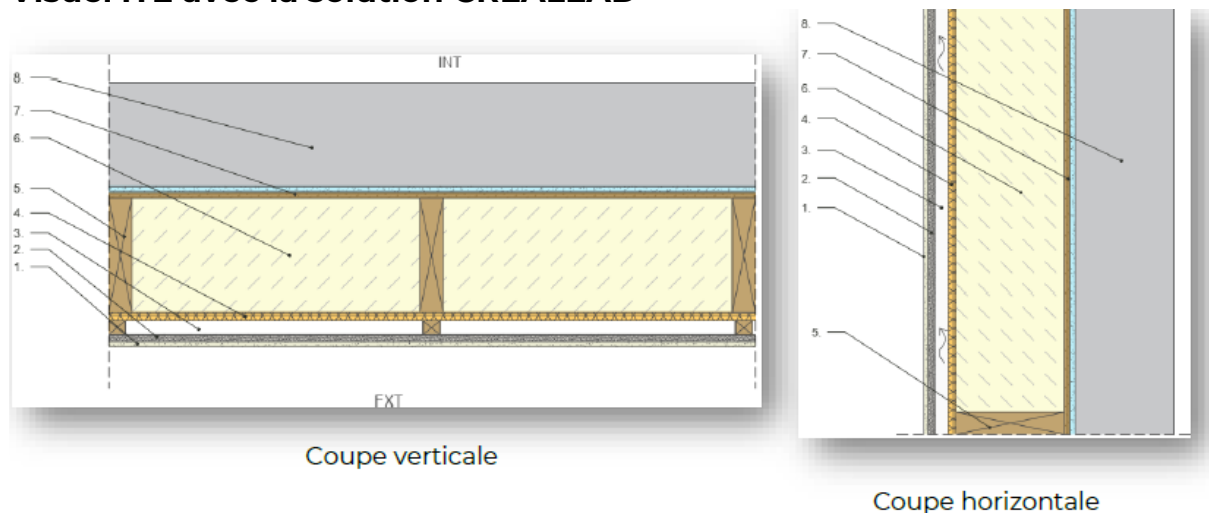
Remarques : Les plans détaillés des typologies et les caractéristiques de l'état initial de l'enveloppe sont dans les pages des typologies sur [Pro'Réno](#).

## 2.2. Description de la gamme de solutions de rénovation développée

Notre solution porte sur la réalisation d'une solution ITE composée au maximum de matériaux de réemploi (notamment du bois) et d'isolant biosourcé. Elle s'applique notamment aux murs extérieurs et aux toitures (rampants et toits plats).

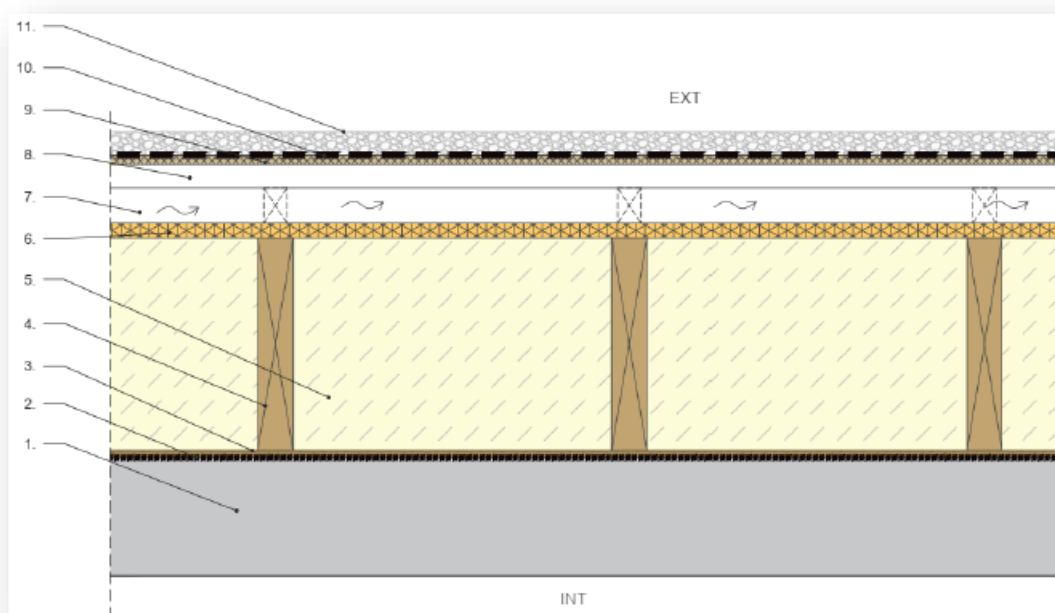
**La mise en œuvre est décrite dans le livrable dédié**, dont nous fournissons quelques extraits visuels ci-dessous pour une meilleure compréhension :

### Visuel ITE avec la solution CREALEAD



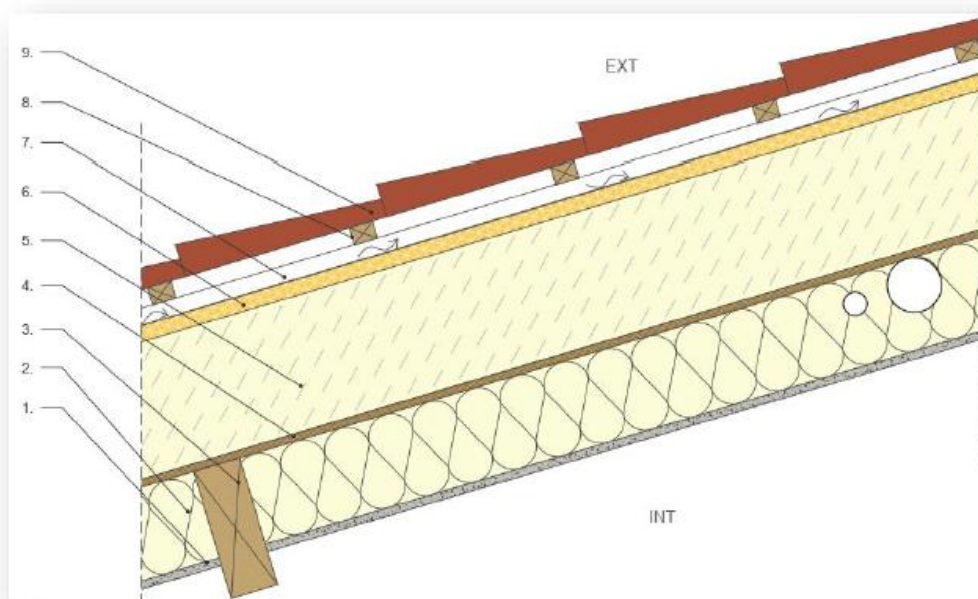
1. Enduit extérieur (environ 15 mm)
2. Panneau à enduire (13 mm)
3. Lame d'air ventilée (20 mm)
4. Panneau pare-pluie en fibre de bois (16 mm)
5. Montant d'ossature en bois local ou réemploi (45 x 220 mm)
6. Isolant insufflé biosourcé local, ici paille de riz (220 mm)
7. Panneau de particules certifié CTB-H (12mm)
8. Mur existant couvert d'un enduit de façade (200 mm + 15 mm)

## Visuel isolation d'une toiture-terrasse avec notre solution



1. Toiture existante
2. Étanchéité existante
3. Panneau de particules certifié CTB-H (12 mm)
4. Montant d'ossature en bois local ou réemploi (60 x 360 mm)
5. Isolant insufflé biosourcé local, ici paille de riz (360 mm)
6. Panneau de sous-toiture en fibre de bois (25 mm minimum)
7. Lamelle d'air ventilée traversante sur 4 faces (60 mm minimum)
8. Tasseau support du platelage
9. Platelage OSB avec rainure-languettes (18 mm)
10. Revêtement d'étanchéité EPDM
11. Granulat de type gravier roulé (réemploi potentiel, 40 mm minimum selon DTU 43.1)

## Visuel isolation d'une toiture rampante avec notre solution



1. Parement intérieur, par exemple plaque de gypse ou de plâtre (13 mm)
2. Ouate de cellulose insufflée après mise en œuvre des réseaux dans le vide technique (150 mm)
3. Charpente existante
4. Panneau de particules certifié CTB-H et structurel selon DTU 31.2 (12 mm)
5. Isolant insufflé biosourcé local, ici paille de riz (220 mm)
6. Panneau de sous-toiture en fibre de bois (25 mm minimum)
7. lame d'air ventilée (conforme au DTU de la couverture mise en œuvre avec un minimum de 20 mm)
8. Linteau de toiture (conforme au DTU de la couverture mise en œuvre)
9. Tuile mécanique

Nous fournissons en annexe de nos résultats des rapports de STD et d'ACV avec la description complète des parois utilisées et les hypothèses relatives à la rénovation globale. Ces différentes hypothèses ont été élaborées à partir d'échanges internes dans notre équipe et lors des réunions de travail avec le CSTB.

Pour en savoir plus sur la solution Crealead, consultez :

- [Fiche solution](#)
- [Guide technique](#)
- [Guide de mise en œuvre](#)
- [Guide répliquabilité](#)

## 3. MÉTHODOLOGIE

### 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 requises 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 doivent être exclusivement calculés par STD/SED.

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.

#### 3.1.1. STD

La STD est réalisée à l'aide du logiciel Pléiades Comfie – module STD.

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. Chaque zone (pièce) est soumise aux scénarios réglementaires de la RE2020. L'indicateur degré-heure (DH) pour chaque pièce est également calculé conformément à la méthode et les températures limites de la RE2020.

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

### 3.1.2. ACV

L'ACV est réalisée en utilisant le logiciel Pléiades Comfie – module ACV, selon une adaptation particulière de la méthode quartier énergie carbone (QEC) et de celle de la RE2020.

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.

Les contributeurs chantier et eau sont à évaluer selon la méthodologie de la RE2020.

## 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. Néanmoins, étant basé sur la méthode de calcul du DPE, quelques calculs selon la méthode 3CL sont réalisés sur quelques cas pour compléter les SED et vérifier au minimum l'atteinte l'étiquette énergétique B.

De plus, il est demandé à l'équipe de conception de minimiser l'impact environnemental des PCE (Produits de construction 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 sont explicitées et justifiées dans le paragraphe § 3.3.2.

### 3.3.1. Hypothèses imposées par le CSTB

#### 3.3.1.1. ACV

- Les données d'entrée retenues proviennent en priorité des fiches collectives FDES ou PEP, lorsque celles-ci couvrent les Produits de Construction et d'Équipements (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 :
  - o Lot 1 : VRD (Voirie et Réseaux Divers) ;
  - o Lot 2 : Infrastructure (éléments structurels du bâtiment, y compris les fondations, les dalles, les poteaux, etc.) ;
  - o Lot 3 : Superstructure (éléments porteurs au-dessus du sol, comme les piliers, les planchers, les poutres, etc.) ;
  - o 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, équipements sanitaires, etc.) ;
  - Lot 10 : CFO (Courants Forts) ;
  - Lot 11 : CFA (Courants faibles) ;
  - Lot 13 : Panneaux photovoltaïques.
- 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 m²**

La puissance de chauffe par pièce (zone) est déterminée 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/m² de surface au sol chauffé pour les calculs à l'état initial.

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

### **L'environnement**

Les masques proches et lointains sont ici négligés.

### **L'orientation**

Les orientations des maisons sont données en détails dans les plans en annexe. Il est demandé d'opérer des rotations pour traiter l'ensemble des 4 orientations possibles.

### **Zone de bruit**

2 situations devront être traitées :

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

Le détail de l'implication de ces zones de bruit 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 visées.

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)

N.B. : En dehors de la **période estivale**, de **juin à août**, les protections solaires doivent être considérées comme fermées la **nuit (de 22 h à 7 h)** et ouvertes pendant la **journée (de 7 h à 22 h)**. 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 de climatisation hormis l'ouverture de baie dont le renouvellement d'air est estimé à : 5 vol/h si traversant, 1 vol/h si non traversant. Le planning d'ouverture est donné en annexe.
- Chauffage et production ECS instantanée assuré par une chaudière gaz standard de 23 kW de puissance nominale (Rendement sur PCI à puissance nominale RPN 87 %, pour plus de détails voir en annexe)

### Éclairage

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.

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

Local non chauffé	Coefficient b
Combles	0.95
Dégagement, WC	0,5
Entresol	0.95

### 3.3.2. Hypothèses spécifiques prises par le groupement

#### État existant

- Mode d'ouverture STD scénarisé des fenêtres avec un ratio d'ouverture maximal de 20 % pour les fenêtres du RDC, de 80 % pour les fenêtres du R+1 et de 60 % pour les fenêtres de toit.
- Période de chauffage du 3 septembre au 29 avril.
- Fichier météo : données conventionnelles de la RE2020<sup>2</sup>
- Altitude du site 32 m
- Calcul des déperditions selon la norme EN12831 appliquée à la zone H3 (département 34)
- Températures de référence pour le calcul du nombre de degrés-heures : 26 °C la nuit de 22 h à 7 h et 28 °C la journée de 7 h à 22 h.

#### Maison BV\_5

- Le scénario de puissance dissipée (électrique) a été appliqué aux pièces séjour-Entrée / cuisine / chambre 1 / chambre 2 / chambre 3 / salle de bain.
- État initial : maison sur vide sanitaire et garage sur terre-plein.
- Surface habitable **110 m<sup>2</sup>**

#### Composition parois à l'état initial

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m <sup>2</sup> . K/ W)
Façade	Enduit Plâtre de 1,5 cm	0,32
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
Plancher bas sur vide sanitaire	Béton de 20 cm	0,1
Plancher haut	Dalle béton de 20 cm	0,1

<sup>2</sup> <https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/documents-complementaires-a706.html>

## Maison BV\_0

- Le scénario de puissance dissipée (électrique) a été appliqué aux pièces séjour-entrée / cuisine / chambre 1 / salle de bain.
- État initial : maison et garage sur terre-plein.
- Surface habitable **77 m²**

### Composition parois à l'état initial

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m². K/ W)
Façade	Enduit Plâtre de 1,5 cm	0,32
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
Plancher bas sur terre-plein	Béton de 20 cm	0,1
Plancher haut	Plafond plâtre lattis 17,5 cm	0,21

## Maison BV\_2

- Le scénario de puissance dissipée (électrique) a été appliqué aux pièces séjour-entrée / cuisine / chambre / salle de bain / chambre 1 / chambre 2 / chambre 3 / chambre 4
- Sous-sol non chauffé, combles aménagés
- Surface habitable **115 m²**

### Composition parois à l'état initial

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m². K/ W)
Façade	Brique plâtrière de 5 cm	0,58
	Lame d'air de 3,5 cm	
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
Façade sous-sol	Parpaing de 20 cm	0,3
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
Planchers bas et intermédiaires	Béton de 20 cm	0,1
Plancher haut	Placoplatre 13 mm	0,05

## État rénové

- Les différents scénarios sont les mêmes qu'à l'état initial ;
- L'isolation avec un retour d'isolant au niveau des fenêtres ;
- Remplacement des volets battants par des volets roulants PVC ;
- Ponts thermiques intégrés aux caissons d'isolation ;
- Temps de retour carbone  $Trc = \frac{Ic_{construction}}{Ic_{énergie\ initial} - Ic_{énergie\ rénové}}$

### Nouvelles caractéristiques des menuiseries

Menuiserie	Type	Coefficient U (W/m². K)	Sw/Sd	Tlw
Fenêtres	Double vitrage	1,5	0,46	0,56
Porte d'entrée	Opaque	0,8	0,03	
Fenêtre de toit	Velux	1,3	0,25	0,42

Volets roulants PVC	$\Delta R = 0,19 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
---------------------	--

### Nouvelles caractéristiques systèmes énergétiques

PAC air/eau 10kW					
Générateur:			Électricité Pac air extérieur / eau		
Fonction :			Chauffage		
Typologies des émetteurs :			Radiateurs, plafonds chauffants		
Fonctionnement à pleine charge : Certifié					
Températures amonts connues : -7 °C, 7 °C					
Températures avals connues : 32.5 °C, 42.5 °C, 51 °C					
Puissances Absorbées (kW)					
Av \ Am	-15 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C
Régime 35 / 30 °C	0	2,59	0	K2,1	0
Régime 45 / 40 °C	0	3,29	0	2,72	0
Régime 55 / 47 °C	0	3,99	0	3,33	0

Performance								
Av \ Am	-15 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C			
Régime 35 / 30 °C	0	3,03	0	4,5	0			
Régime 45/40 °C	0	2,46	0	3,6	0			
Régime 55/47 °C	0	1,89	0	2,7	0			

Valeurs								
Av \ Am	-15 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C			
Régime 35 / 30 °C	Justifiée	Certifiée	Justifiée	Certifiée	Justifiée			
Régime 45 / 40 °C	Justifiée	Certifiée	Justifiée	Certifiée	Justifiée			
Régime 55 / 47 °C	Justifiée	Certifiée	Justifiée	Certifiée	Justifiée			

Fonctionnement à charge partielle : Valeur déclarée		
Part des auxiliaires	Valeur certifiée	0,0038
Pas de limite des températures de sources		
Source amont		

Fonction		ECS			
Fonctionnement à pleine charge : Certifié					
Températures amonts connues : 7 °C					
Températures avals connues : 45 °C					
Puissances Absorbées (kW)					
Av \ Am	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C	35 °C
45 °C	0	0	1,13	0	0
Performance					
Av \ Am	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C	35 °C
	0	0	3,59	0	0
Valeurs					
Av \ Am	-7 °C	2 °C	7 °C	20 °C	35 °C
45 °C	Justifiée	Justifiée	Certifiée	Justifiée	Justifiée
Pas de limite des températures de sources					
Source amont					

Ballon de stockage ECS		
Complément	Stockage pompe à chaleur ECS	
Pertes thermiques du ballon (UA)	Valeur certifiée	3,25 W/K
Volume	190 litres	
Température maximale admissible du ballon	90 °C	
Hauteur relative de l'échangeur de base	0 %	

Emetteurs de chauffage		
Complément	Couple régulateur/émetteur permettant un arrêt total de l'émission	
Emetteur chaud	Radiateur à eau chaude	
Variation temporelle chaud	1 °C	Valeur justifiée
Variation spatiale chaud		Classe B3

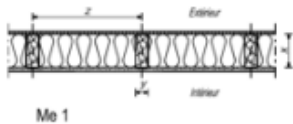
## Maison BV\_5

Nouvelles compositions des parois (nouveaux composants en bleu)

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m². K/ W)
<b>Façade</b>  <u>N.B.</u> La composition a évolué depuis la description et les simulations, cf. livrables techniques : Panneau pare-pluie plus mince (1,6 cm) qui donne sur une lame d'air faiblement ventilée (2,8 cm) derrière un bardage. Le R paroi baisse de 5,11 à 4,6 Cela engendre une hausse des consommations négligeable (+0,48 % sur le Cep)	Enduit Plâtre de 1,5 cm	5,11
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Pare vapeur	
	Paille hachée (20 cm ; R= 3,85)	
	Panneau de fibre de bois (4 cm ; R= 0,93)	
	Enduit à la chaux (1 cm)	
<b>Mur garage</b>	Enduit Plâtre de 1,5 cm	4,96
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Polystyrène expansé (18 cm ; R= 4,32)	

	Enduit Plâtre de 1,5 cm	
<b>Plancher bas sur vide sanitaire</b>	Béton de 20 cm	5,6
	Panneau PSE et laine de bois (17,5 cm ; R= 5,5)	
<b>Plancher haut</b>	Dalle béton de 20 cm	7,58
	Panneau OSB (0,9 cm)	
	Paille hachée (36 cm ; R= 6,92)	
	Panneau de fibre de bois (2,5 cm ; R= 0,49)	

### Ponts thermiques intégrés entre panneaux

Pont thermique intégré	Type	Entraxe	$\psi$	Nb/m <sup>2</sup>	X	%	valeur
<b>RES-me1</b> 	Linéaire	0.60	0.02				0.03

### Ventilation mécanique hygroréglable simple flux

Type	Groupe de ventilation simple flux
Puissances ventilateur	Reprise : 0,1351 W

### Débits VMC

Pièces	Type	Débits	
		Pointe	Base
Cuisine	Extraction	1 x 135 m <sup>3</sup> /h	1 x 45 m <sup>3</sup> /h
WC et WC1	Extraction	2 x 15 m <sup>3</sup> /h	2 x 15 m <sup>3</sup> /h
Salle de bain	Extraction	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	1 x 30 m <sup>3</sup> /h
Séjour	Entrée d'air	2 x 45 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 1	Entrée d'air	1 x 22 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 2	Entrée d'air	1 x 22 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 3	Entrée d'air	1 x 22 m <sup>3</sup> /h	

Tableau des composants de l'analyse du cycle de vie

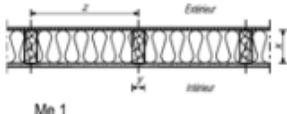
Nom	Quantité	Unité fiche
Polystyrène expansé et laine de bois (Isolant en sous face plancher bas)	58,80	m <sup>2</sup>
Enduit à la chaux	127,21	m <sup>2</sup>
Panneau de fibre de bois (murs)	127,21	m <sup>2</sup>
Paille hachée (murs)	127,21	m <sup>2</sup>
Pare-vapeur	127,21	m <sup>2</sup>
Panneau de fibre de bois (toiture)	60,85	m <sup>2</sup>
Paille hachée (toiture)	60,85	m <sup>2</sup>
Panneau OSB 9 mm	60,85	m <sup>2</sup>
Enduit plâtre	12,14	m <sup>2</sup>
Polystyrène expansé (isolation mur garage)	12,14	m <sup>2</sup>
Fenêtre bois double vitrage	8,92	m <sup>2</sup>
Porte bois	3,78	m <sup>2</sup>
Porte fenêtre bois double vitrage	5,88	m <sup>2</sup>
Volet roulant PVC	14,80	m <sup>2</sup>
Pompe à chaleur air/eau	1	unité
VMC Hygro B	1	unité
Bouches d'extraction	4	unité
Entrée d'air	5	unité
Membrane d'étanchéité EPDM	60,85	m <sup>2</sup>
Gravier	3,65	m <sup>3</sup>
Panneau OSB 15 mm	60,85	m <sup>2</sup>
Poutre en I	111	m
Montant douglas	1,10	m <sup>3</sup>
Chevron pour ventilation	0,27	m <sup>3</sup>
Montant douglas	2,30	m <sup>3</sup>
Poutre en I	232	m
Socle caissons (béton)	7	m <sup>2</sup>
Coffre volet roulant	9	unité

## Maison BV\_0

Nouvelles compositions des parois (nouveaux composants en bleu)

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m <sup>2</sup> . K/ W)
<b>Façade</b>  <u>N.B.</u> La composition a évolué depuis la description et les simulations, cf livrables techniques : Panneau pare-pluie plus mince (1,6 cm) qui donne sur une lame d'air faiblement ventilée (2,8 cm) derrière un bardage.  Le R paroi baisse de 5,11 à 4,6 Cela engendre une hausse des consommations négligeable (+0,48 % sur le Cep)	Enduit Plâtre de 1,5 cm	5,11
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Pare vapeur	
	Paille hachée (20 cm ; R= 3,85)	
	Panneau de fibre de bois (4 cm ; R= 0,93)	
	Enduit à la chaux (1 cm)	
<b>Mur garage</b>	Enduit Plâtre de 1,5 cm	4,96
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Polystyrène expansé (18 cm ; R= 4,32)	
	Enduit Plâtre de 1,5 cm	
<b>Plancher bas sur terreplein</b>	Béton de 20 cm	0,1
<b>Plancher haut (isolation des combles perdus)</b>	Plafond plâtre lattis 17,5 cm	7,9
	Ouate de cellulose 30 cm	

Ponts thermiques intégrés entre panneaux

Pont thermique intégré	Type	Entraxe	$\psi$	Nb/m <sup>2</sup>	X	%	valeur
<b>RES-me1</b>  	Linéaire	0.60	0.02				0.03

### Ventilation mécanique hygroréglable simple flux

Type	Groupe de ventilation simple flux
Puissances ventilateur	Reprise : 0,1807 W

### Débits VMC

Pièces	Type	Débits	
		Pointe	Base
Cuisine	Extraction	1 x 90 m <sup>3</sup> /h	1 x 30 m <sup>3</sup> /h
WC	Extraction	1 x 15 m <sup>3</sup> /h	1 x 15 m <sup>3</sup> /h
Salle de bain	Extraction	1 x 15 m <sup>3</sup> /h	1 x 15 m <sup>3</sup> /h
Séjour	Entrée d'air	1 x 60 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 1	Entrée d'air	1 x 45 m <sup>3</sup> /h	

Tableau des composants de l'analyse du cycle de vie

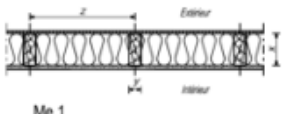
Nom	Quantité	Unité fiche
Enduit plâtre	11,27	m <sup>2</sup>
Polystyrène expansé (isolation mur garage)	11,27	m <sup>2</sup>
Enduit à la chaux	65,13	m <sup>2</sup>
Panneau de fibre de bois (murs)	65,13	m <sup>2</sup>
Paille hachée	65,13	m <sup>2</sup>
Pare-vapeur	65,13	m <sup>2</sup>
Ouate de cellulose	78,41	m <sup>2</sup>
Porte bois	3,78	m <sup>2</sup>
Fenêtre bois double vitrage	8,56	m <sup>2</sup>
Volet roulant PVC	7,84	m <sup>2</sup>
Socle caissons (béton)	8,00	m <sup>2</sup>
Montant Douglas	2,00	m <sup>3</sup>
Poutre en I	183,00	m
Pompe à chaleur air_ eau	1,00	unité
VMC hygro B	1,00	unité
Bouche d'extraction	3,00	unité
Entrée d'air	2,00	unité
Coffre volet roulant	4,00	unité

## Maison BV\_2

Nouvelles compositions des parois (nouveaux composants en bleu)

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m <sup>2</sup> . K/ W)
<b>Façade</b>  <u>N.B.</u> La composition a évolué depuis la description et les simulations, cf livrables techniques :  Panneau pare-pluie plus mince (1,6 cm) qui donne sur une lame d'air faiblement ventilée (2,8 cm) derrière un bardage.  Le R paroi baisse de 5,11 à 4,6. Cela engendre une hausse des consommations négligeable (+0,48 % sur le Cep).	Brique plâtrière de 5 cm	5,37
	Lame d'air de 3,5 cm	
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Pare vapeur	
	Paille hachée (20 cm ; R= 3,85)	
	Panneau de fibre de bois (4 cm ; R= 0,93)	
	Enduit à la chaux (1 cm)	
	Enduit Plâtre de 1,5 cm	
<b>Plancher bas sur sous-sol</b>	Béton de 20 cm	3,2
	Panneau PSE et laine de bois (10 cm ; R= 3,1)	
<b>Plancher haut</b>  <u>N.B.</u> La composition a évolué depuis la description et les simulations, cf livrables techniques.  On a finalement 15 cm de ouate de cellulose côté intérieur, puis 22 cm de paille hachée (total 15 + 22 = 37 cm > 36 cm initial avec un R qui s'améliore, en passant de 7,55 à 8,61). Le gain énergétique est négligeable (+0,3 % sur le Cep).	Placoplatre 13 mm	7,55
	Panneau OSB (1,2 cm)	
	Paille hachée (36 cm ; R= 6,92)	
	Panneau de fibre de bois (2,5 cm ; R= 0,49)	

### Ponts thermiques intégrés entre panneaux

Pont thermique intégré	Type	Entraxe	ψ	Nb/m <sup>2</sup>	X	%	valeur
<b>RES-me1</b>  	Linéaire	0.60	0.02				0.03

### Ventilation mécanique hygroréglable simple flux

Type	Groupe de ventilation simple flux
Puissances ventilateur	Reprise : 0,138 W

### Débits VMC

Pièces	Type	Débits	
		Pointe	Base
Cuisine	Extraction	1 x 35 m <sup>3</sup> /h	1 x 45 m <sup>3</sup> /h
WC	Extraction	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	1 x 30 m <sup>3</sup> /h
Salle de bain	Extraction	2 x 30 m <sup>3</sup> /h	2 x 30 m <sup>3</sup> /h
Séjour	Entrée d'air	1 x 45 m <sup>3</sup> /h	
Chambre	Entrée d'air	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 1	Entrée d'air	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 2	Entrée d'air	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 3	Entrée d'air	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	
Chambre 4	Entrée d'air	1 x 30 m <sup>3</sup> /h	

**Tableau des composants de l'analyse du cycle de vie**

Nom	Quantité	Unité fiche
Panneau de fibre de bois (toiture)	97,74	m <sup>2</sup>
Paille hachée (toiture)	97,74	m <sup>2</sup>
Panneau OSB 12 mm	97,74	m <sup>2</sup>
Polystyrène expansé et laine de bois (Isolant en sous face plancher bas)	78,82	m <sup>2</sup>
Enduit à la chaux	117,06	m <sup>2</sup>
Panneau de fibre de bois (murs)	117,06	m <sup>2</sup>
Paille hachée (murs)	117,06	m <sup>2</sup>
Pare-vapeur	117,06	m <sup>2</sup>
Fenêtre bois double vitrage	8,56	m <sup>2</sup>
Velux Bois double vitrage	5,02	m <sup>2</sup>
Porte bois	1,80	m <sup>2</sup>
Volet roulant PVC	12,86	m <sup>2</sup>
Coffre volet roulant	9,00	unité
Pompe à chaleur	1,00	unité
VMC hygro B	1,00	unité
Bouche d'extraction	4,00	unité
Entrée d'air	6,00	unité
Montant douglas	6,60	m <sup>3</sup>
Poutre en I	214,00	m
Pare pluie	97,74	m <sup>2</sup>
Latte et contre latte	0,43	m <sup>3</sup>

## 4. PLAN D'EXPÉRIENCE

Le plan d'expérience discuté en réunions d'accompagnement et validé conjointement entre CREALEAD et le CSTB, est présenté ci-dessous :

Référence du plan de la maison visée		Plan variante_V0					
Scénarios	Déclinaisons traitées	Énergie	Ic énergie	Ic construction	Confort été	Confort hiver	Analyse qualitative (acous, lux)
État initial	Déclinaison de référence	X	X		X	X	X
Rénovation globale (référence)	Déclinaison de référence	X	X	X	X	X	X
Corpus B_v0_ini_Déclinaison 1 : ITE	Travaux antérieurs - Murs déjà isolés	X		X	X		
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 1	Nature mur- Béton plein				X		
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 2 : Décll + isolation plancher bas	Plancher bas sur - Vide sanitaire	X				X	
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 3 : Décll - isolation plancher haut	Travaux antérieurs - Plancher de comble perdu déjà isolé	X		X	X		
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 4 : Aménagement combles	N.B. étage - RDC+1	X	X		X	X	

Référence du plan de la maison visée		Plan variante _V2					
Scénarios	Déclinaisons traitées	Énergie	Ic énergie	Ic construc-tion	Confort été	Confort hiver	Analyse qualitative (acous, lux)
État initial	Déclinaison de référence	X	X		X	X	X
Corpus B_v0_ini_Déclinaison 1	Travaux antérieurs - Rampants déjà isolés	X	X	X	X		
Rénovation globale (référence)	Déclinaison de référence	X	X	X	X	X	X
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 1	Nature mur – Mur en parpaing		X		X	X	
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 2	Toiture - Débord façade large		X		X		X
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 3 : SS aménagé	Plancher bas sur - Local Non Chauffé et chauffé (semi enterré)	X	X			X	
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 4 :	Travaux antérieurs - Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées		X	X	X		
Corpus B_V0_Glo_Déclinaison 5 : mitoyen	Compacité - maison mitoyenne double	X	X	X			

Référence du plan de la maison visée		Plan variante _V5					
Scénarios	Déclinaisons traitées	Énergie	Ic énergie	Ic construction	Confort été	Confort hiver	Analyse qualitative (acous, lux)
État initial	Déclinaison de référence	X	X		X	X	X
Rénovation globale (référence)	Déclinaison de référence	X	X	X	X	X	X
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 1 : extension sur garage	N.B. étage - RDC+1	X	X		X		
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 2 : nature mur	Nature mur - Double mur [+ lame d'air + contre cloison brique 5 cm]	X	X				
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 3 : DéclI - isolation plancher bas	Plancher bas sur - Terre-plein	X	X			X	
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 4 : - isolation plancher haut	Travaux antérieurs - Couverture déjà rénovée	X	X	X	X		
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 5 : Mitoyenne simple	Compacité - maison mitoyenne simple	X	X	X			
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 6 : ITE impossible sur 2 façades	Obstacle - Mur à proximité de limites parcellaires	X	X	X	X		
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 7 : Réemploi du bois pour la solution	Réemploi		X	X			
Corpus B_V5_Glo_Déclinaison 8 : Menuiseries déjà remplacées, à conserver	Travaux antérieurs - Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées	X	X	X	X		

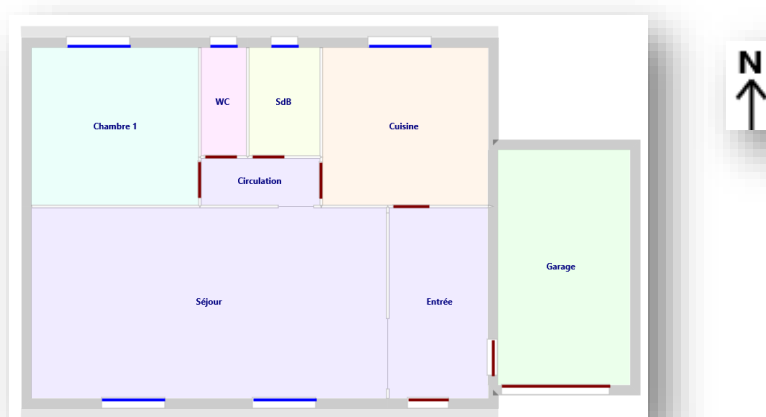
## 5. RÉSULTATS

Les résultats, organisés par variante, sont fournis dans la suite du présent document conformément au plan d'expérience. Les données volumineuses et secondaires sont reportées en annexe.

### 5.1. Variante B\_V0

#### 5.1.1. Situation initiale

Les simulations ont été faites à partir des hypothèses et scénarios donnés en annexe et des hypothèses du paragraphe §3.3. Les résultats sont donnés pour l'**orientation nord** (cf. image ci-après) et pour l'exposition au bruit **BR2**. Les résultats du confort d'été pour les autres orientations et exposition au bruit sont en annexe.



#### 5.1.1.1. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kWh/an)

Bilan thermique		
Besoins en chauffage	10 097	kWh / an
Répartition des déperditions		
Parois	9,0	kW
Menuiseries	1,3	kW
Ponts thermiques	0,5	kW
Infiltration d'air	0,3	kW
<b>Total</b>	<b>11</b>	kW

Apports solaires nets pièce par pièce		
Séjour-Entrée-Dégagement	2721	kWh
Chambre 1	404	kWh
Cuisine	404	kWh

### 5.1.1.2. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	373	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	331	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	1,95	W/ (m <sup>2</sup> .K)

### 5.1.1.3. Confort thermique atteint, pour chaque pièce

#### T°(C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	18,7	7,0
Chambre 1	16,4	7,0
Cuisine	16,6	7,0

#### T°(C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int. max en occupation (°C)	T int. max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	32,5	33,6
Chambre 1	32,5	33,5
Cuisine	32,3	33,5

#### Nombre de DH

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	2 457
Chambre 1	2 071
Cuisine	1 672

## Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour en occupation et inoccupation sur une année de 8760h

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	448	464	21	62	0	0
Chambre 1	391	435	15	46	0	0
Cuisine	384	442	7	41	0	0

Nombre d'heures > 24°C, > 26°C, 30°C de nuit en occupation et inoccupation sur une année de 8760h

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	804	120	594	118	118	77
Chambre 1	724	120	557	115	77	59
Cuisine	672	120	519	112	30	51

#### 5.1.1.4. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an	70

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage		
	Électricité (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an)	Gaz naturel(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an)
Chauffage		61,6
Production d'ECS		6,1
Auxiliaires de distribution	0,3	
Éclairage	0,1	
Autres usages	1,6	
<b>Total</b>	<b>70</b>	

### 5.1.2. Situation rénovée

#### 5.1.2.1. Impact individuel de chaque geste

G1 : Isolation des murs extérieurs par la solution CREALED

G2 : Isolation des combles perdus par de la ouate de cellulose

G3 : Remplacement des fenêtres simple vitrage par des fenêtres doubles vitrage

##### 5.1.2.1.1. Impact des gestes individuels sur la répartition des déperditions

Impact geste par geste		Déperditions (kW)					
		Parois	Menuiseries	Ponts thermiques	Infiltration d'air	Déperdition totale	% de réduction
<b>État initial</b>		8,95	1,29	0,48	0,32	11,04	
<b>G1</b>	ITE Murs	5,60	1,29	0,21	0,32	7,42	33 %
<b>G2</b>	Isolation Plancher haut	4,50	1,29	0,48	0,32	6,59	40 %
<b>G3</b>	Changement des fenêtres (Double vitrage)	8,95	0,57	0,48	0,32	10,32	7 %

## 5.1.2.1.2. Apports solaires pour chaque geste

Apports solaires nets pièce par pièce (kWh)				
	État initial	G1	G2	G3
Séjour-Entrée-Dégagement	2721	2169	2721	1839
Chambre 1	404	319	404	200
Cuisine	404	319	404	200

## 5.1.2.1.3. Impact des gestes individuels sur le nombre de degré-heure

Nombre de DH (°C.h)				
	État initial	G1	G2	G3
Séjour-Entrée-Dégagement	2 457	1 286	4 347	2 196
Chambre 1	2 071	926	3 243	1 854
Cuisine	1 672	790	2 677	1 452

## 5.1.2.2. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions après regroupement des gestes

Bilan thermique		
Besoins en chauffage	611	kWh /an
Besoins en chauffage initial	10 097	kWh /an
Réduction des besoins en chauffage	94 %	%
Besoin si température de consigne à 21 °C	1 164	kWh /an
Réduction de gains	5 %	%

Répartition des déperditions		
Parois	1,2	kW
Menuiseries	0,4	kW
Ponts thermiques	0,2	kW
Ventilation	0,5	
Infiltration d'air	0,2	kW
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	kW

Apports solaires nets pièce par pièce		
Séjour-Entrée-Dégagement	1101	kWh
Chambre 1	159	kWh
Cuisine	159	kWh

#### 5.1.2.2.1. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce

#### Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	13,0
Chambre 1	19,0	11,6
Cuisine	19,0	12,2

#### 5.1.2.2.2. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>98</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>43</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
Réduction de la consommation en énergie primaire	<b>74 %</b>	%
U-bat	<b>0,44</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

#### 5.1.2.2.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce

#### Nombre de DH

Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	2 635
Chambre 1	1 496
Cuisine	1 382

## Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	638	408	0	0	0	0
Chambre 1	373	347	0	0	0	0
Cuisine	349	335	0	0	0	0

Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1376	120	1045	120	27	0
Chambre 1	1294	120	778	120	1	0
Cuisine	1283	120	810	120	0	0

**Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation**

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	30,8	30,0
Chambre 1	30,3	29,5
Cuisine	30,2	29,5

*5.1.2.3. Impact environnemental de la solution*

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>2,8</b>	kgCO2/m²/an
Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage		
	Électricité (kgCO2/m²/an)	
Chauffage	0,3	
Production d'ECS	0,6	
Auxiliaires de ventilation	0,1	
Auxiliaires de distribution	0,04	
Éclairage	0,2	
Autres usages	1,6	
<b>Total</b>	<b>2,8</b>	

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	262	kgCO2/m²
Ic construction	5,2	kgCO2/m²/an
Temps de retour carbone	4	Année

Répartition par fiche	
Nom	%
Déclaration collective	85
Donnée environnementale par défaut. (pas de donnée disponible pour la paille hachée, non trouvée pour fibre de bois extérieure, pare-vapeur, VMC).	15

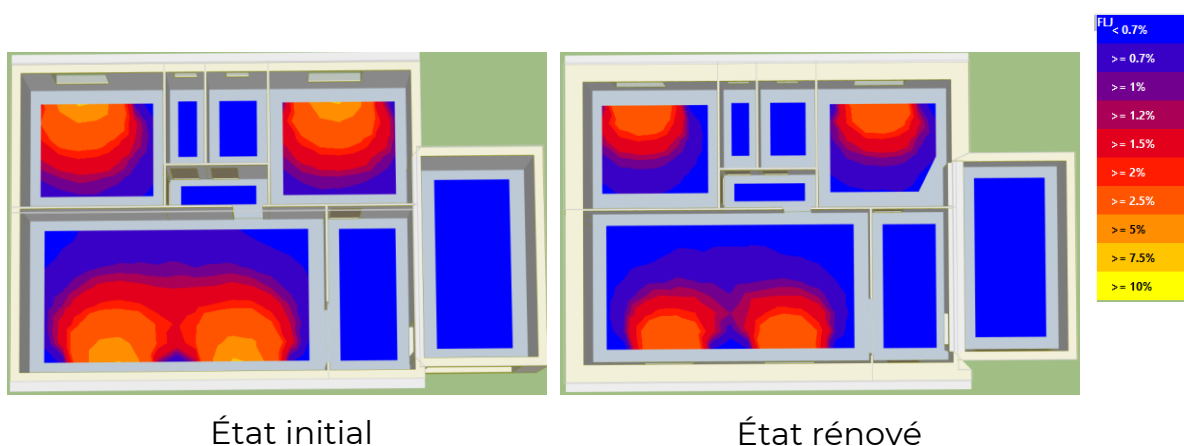
Répartition par module du cycle de vie					
Impact	A1-A3 Production	A4-A5 Construction	B Exploitation	C Fin de vie	D Bénéfices et charges au-delà du cycle de vie
<b>dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)</b>	<b>-2,8</b>	<b>14,56</b>	<b>164,68</b>	<b>106,69</b>	<b>-21,12</b>

Répartition par lot technique						
Impact	3 Superstructure - Maçonnerie	4 Couverture Étanchéité Charpente Zinguerie	6 Façades et menuiseries extérieures	7 Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peintures - Produits de décoration	8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire)	Total
dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)	9,81	0,98	23,09	0,28	227,86	262,00
Teneur en carbone biogénique du produit (kgC)	0	4,40	35,93	0	0	40,33

### 5.1.2.4. Santé confort

#### 5.1.2.4.1. Eclairage

	État initial		État rénové		% de réduction FLJ Moy
	FLJ Min	FLJ Moy	FLJ Min	FLJ Moy	
Séjour	0,33	1,95	0,17	1,30	-33 %
Chambre 1	0,47	2,23	0,26	1,50	-33 %
Cuisine	0,68	2,25	0,36	1,56	-31 %



### 5.1.3. Déclinaison 1 - Autre nature de mur - Béton plein

Remplacement du mur en parpaing par un mur en béton dont les caractéristiques sont en vert dans le tableau ci-dessous :

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m². K/ W)
<b>Façade</b>	Enduit Plâtre de 1,5 cm	4,92
	Béton lourd de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Pare vapeur	
	Paille hachée (20 cm ; R= 3,85)	
	Panneau de fibre de bois (4 cm ; R= 0,93)	
	Enduit à la chaux (1 cm)	

### 5.1.3.1. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :

#### 5.1.3.1.1. Nombre de DH

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	2 444
Chambre 1	1 371
Cuisine	1 307

## 5.1.3.1.2. Répartition des surchauffes

**Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour**

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	591	385	0	0	0	0
Chambre 1	333	327	0	0	0	0
Cuisine	316	293	0	0	0	0

**Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit**

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1372	120	1013	120	11	0
Chambre 1	1285	120	766	120	0	0
Cuisine	1281	120	789	120	0	0

### 5.1.3.1.3. Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	30,6	29,9
Chambre 1	30,0	29,4
Cuisine	29,9	29,4

### 5.1.4. Déclinaison 2 – Déclinaison 1 sur vide sanitaire

Les murs sont en béton et la maison sur vide sanitaire. L'isolation en sous face du plancher bas est effectuée.

#### 5.1.4.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	105	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	46	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	0,44	W/(m <sup>2</sup> .K)

### 5.1.4.2. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce :

#### 5.1.4.2.1. Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	12,5
Chambre 1	19,0	11,4
Cuisine	19,0	11,9

## 5.1.4.2.2. Nombre d'heures &lt; 19 °C en occupation hors période de réduit

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19 °C
Séjour-Entrée-Dégagement	0
Chambre 1	0
Cuisine	0

## 5.1.5. Déclinaison 3 – Déclinaison 1 avec plancher haut déjà isolé

Le plancher haut est considéré déjà isolé avec une résistance **R** de **1,53 m².K/W**. On applique les autres actions de rénovation (isolation des murs extérieurs, isolation du plancher bas, changement des menuiseries extérieurs, remplacement de la chaudière gaz par une pompe à chaleur air/eau).

## 5.1.5.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>111</b>	kWh <sub>ep</sub> /m²/an
Cef	<b>48</b>	kWh <sub>ef</sub> /m²/an
U-bat	<b>0,6</b>	W/(m².K)

## 5.1.5.2. Impact environnemental de la solution

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,2</b>	kgCO <sub>2</sub> /m²/an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	261	kgCO <sub>2</sub> /m²
Ic construction	5,22	kgCO <sub>2</sub> /m²/an
Temps de retour carbone	4	Année

### 5.1.5.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :

#### 5.1.5.3.1. Nombre de DH

Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	1 459
Chambre 1	968
Cuisine	781

## 5.1.5.3.2. Répartition des surchauffes

**Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour**

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	389	334	0	0	0	0
Chambre 1	285	297	0	0	0	0
Cuisine	236	258	0	0	0	0

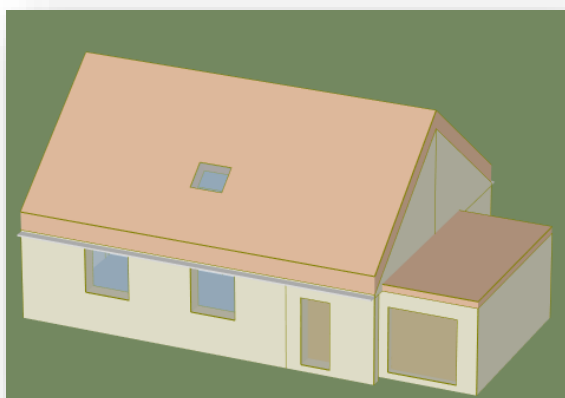
**Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit**

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1141	120	597	120	1	0
Chambre 1	914	120	496	120	0	0
Cuisine	962	120	453	120	0	0

### 5.1.5.3.3. Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	30,3	29,5
Chambre 1	29,8	29,1
Cuisine	29,7	29,0

### 5.1.6. Déclinaison 4 - Aménagement des combles



Nouvelle surface habitable : 116 m<sup>2</sup> dont 39 m<sup>2</sup> de combles aménagés

Composition de la toiture inclinée		
Plancher haut (isolation par l'extérieur de la toiture par la solution CREALEAD)	Panneau OSB	7,69
	Paille hachée (36 cm ; R= 6,92)	
	Panneau de fibre de bois (2,5 cm ; R= 0,49)	
	Lame d'air de 3,5 cm	
	Tuile	

Menuiserie	Type	Coefficient U (W/m <sup>2</sup> . K)	Sw/Sd	Tlw
Fenêtre de toit	Velux	1,5	0,46	0,56

#### 5.1.6.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>95</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>41</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,42</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

#### 5.1.6.2. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>2,7</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

#### 5.1.6.3. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce :

##### 5.1.6.3.1. Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	11,8
Chambre 1	19,0	10,7
Cuisine	19,0	11,2
Combles aménagés	19,0	10,0

5.1.6.3.2. *Nombre d'heures < 19 °C en occupation hors période de réduit*

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19 °C
Séjour-Entrée-Dégagement	0
Chambre 1	0
Cuisine	0
Combles aménagés	0

5.1.6.4. *Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :*5.1.6.4.1. *Nombre de DH*

Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	1 640
Chambre 1	859
Cuisine	836
Combles aménagés	1212

## 5.1.6.4.2. Répartition des surchauffes

**Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour**

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	899	548	0	0	0	0
Chambre 1	560	422	0	0	0	0
Cuisine	628	433	0	0	0	0
Combles aménagés	720	519	0	0	0	0

**Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit**

Nuit	Nombre d'heures >24°C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1294	120	1073	120	79	22
Chambre 1	1186	120	926	120	15	11
Cuisine	1189	120	921	120	34	18
Combles aménagés	1191	120	896	113	49	62

5.1.6.4.3. *Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation*

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,5	30,8
Chambre 1	30,8	30,5
Cuisine	31,0	30,5
Combles aménagés	31,7	31,9

### 5.1.7. Récapitulatif des résultats

Scénarios	Plan B_V0			
	Énergie		Ic énergie (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an)	Ic construction (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
	Cep (kWhep/m <sup>2</sup> /an)	Cef (kWhef/m <sup>2</sup> /an)		
État initial	373	331	70	
Rénovation globale (référence)	98	43	2,8	262
Déclinaison 1 : autre nature mur - Mur en béton				
Déclinaison 2 : Décll sur vide sanitaire (isolation plancher bas)	105	46		
Déclinaison 3 : Décll avec plancher haut déjà isolé	111	48		261
Déclinaison 4 : Aménagement combles	95	41	2,7	

L'état initial montre une consommation énergétique très élevée et un impact carbone en phase d'usage est également important, illustrant un besoin de rénovation.

Toutes les déclinaisons atteignent le niveau BBC rénovation avec des réductions de consommation comprises entre 70 % et 75 %. L'impact carbone en usage est quasi nul après rénovation, et le temps de retour carbone est court. La rénovation globale reste la solution la plus équilibrée, tandis que l'aménagement des combles maximise la performance énergétique mais demande une attention particulière au confort estival.

Scénarios	Plan B_V0							
	Confort été							
	T° max en occupation (°C)				DH (°C.h)			
	Séjour	Chambre 1	Cuisine	Combles aménagés	Séjour	Chambre 1	Cuisine	Combles aménagés
État initial	32,5	32,5	32,3		2 457	2 071	1 672	
Rénovation globale (référence)	30,8	30,3	30,2		2 635	1 496	1 382	
Déclinaison 1 : autre nature mur - Mur en béton	30,6	30	29,9		2 444	1 371	1 307	
Déclinaison 2 : Décll sur vide sanitaire (isolation plancher bas)								
Déclinaison 3 : Décll avec plancher haut déjà isolé	30,3	29,8	29,7		1459	968	781	
Déclinaison 4 : Aménagement combles	31,5	30,8	31	31,7	1 640	859	836	1212

L'état initial présente un inconfort estival marqué, avec des températures maximales dépassant 32 °C et des degrés-heures élevés dans l'ensemble des pièces.

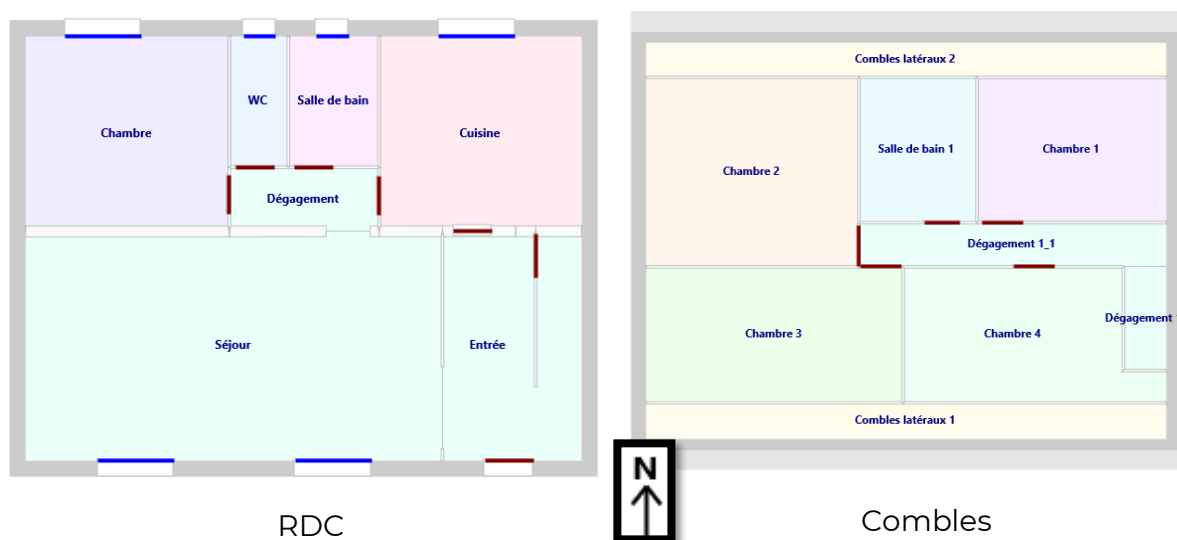
La rénovation globale permet de réduire les températures maximales d'environ 1,5 à 2 °C, traduisant une amélioration du confort d'été, bien que certaines pièces, notamment le séjour, présentent une accumulation de chaleur sur la durée.

Les déclinaisons mettant en œuvre une augmentation de l'inertie ou une isolation performante du plancher haut montrent des gains significatifs, avec une diminution notable des degrés-heures. À l'inverse, l'aménagement des combles, bien qu'avantageux sur le plan énergétique, accroît le risque de surchauffe estivale, en particulier dans les espaces sous toiture, et nécessite la mise en œuvre de stratégies complémentaires de protection solaire et de ventilation.

## 5.2. Variante B\_V2

### 5.2.1. Situation initiale

Les simulations ont été faites à partir des hypothèses et scénarios donnés en annexe et des hypothèses du paragraphe §3.3. Les résultats sont donnés pour l'**orientation nord** (cf. image ci-après) et pour l'exposition au bruit **BR2**. Les résultats du confort d'été pour les autres orientations et exposition au bruit sont en annexe.



#### 5.2.1.1. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kW/an)

Bilan thermique		
Besoins en chauffage	19 834	kWh / an
Répartition des déperditions		
Parois	18,6	kW
Menuiseries	1,6	kW
Ponts thermiques	3,4	kW
Infiltration d'air	0,4	kW
<b>Total</b>	<b>24,0</b>	kW

Apports solaires nets pièce par pièce		
Séjour-Entrée-Dégagement	2 566	kWh
Chambre	393	kWh
Chambre 1	491	kWh
Chambre 2	492	kWh
Chambre 3	1 191	kWh
Chambre 4	1 190	kWh
Cuisine	391	kWh

### 5.2.1.2. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	449	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	406	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	3,18	W/ (m <sup>2</sup> .K)

### 5.2.1.3. Confort thermique atteint, pour chaque pièce

#### T°(C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	18,4	7,0
Chambre	17,3	7,0
Chambre 1	15,2	7,0
Chambre 2	16,8	7,0
Chambre 3	16,2	7,0
Chambre 4	16,3	7,5
Cuisine	17,4	7,0

**T°(C) maximale atteinte en occupation et inoccupation**

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	36,1	37,9
Chambre	34,1	35,5
Chambre 1	39,8	41,4
Chambre 2	41,1	43,0
Chambre 3	43,8	46,5
Chambre 4	43,2	45,8
Cuisine	34,1	35,7

**Nombre de DH**

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	5 649
Chambre	4 306
Chambre 1	4 541
Chambre 2	5 347
Chambre 3	7 472
Chambre 4	7 525
Cuisine	3 772

## Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour en occupation et inoccupation sur une année de 8760h

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	746	637	320	439	120	214
Chambre	635	567	154	219	2	72
Chambre 1	744	712	390	534	230	407
Chambre 2	799	777	455	575	292	478
Chambre 3	1061	1131	588	770	410	635
Chambre 4	1078	1135	587	775	404	627
Cuisine	612	573	135	229	1	89

Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, 30 °C de nuit en occupation et inoccupation

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1031	135	736	135	400	126
Chambre	971	135	691	135	343	125
Chambre 1	660	135	512	129	72	97
Chambre 2	684	133	523	130	94	89
Chambre 3	761	135	573	131	156	101
Chambre 4	815	135	617	132	187	109
Cuisine	918	135	652	135	248	124

#### 5.2.1.4. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	kgCO2/m²/an	87

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage		
	Électricité (kgCO2/m²/an)	Gaz naturel(kgCO2/m²/an)
Chauffage		76,3
Production d'ECS		8,1
Auxiliaires de distribution	0,3	
Éclairage	0,1	
Autres usages	1,7	
<b>Total</b>	<b>87</b>	

#### 5.2.2. Situation rénovée

##### 5.2.2.1. Impact individuel de chaque geste

##### 5.2.2.1.1. Impact des gestes individuels sur la répartition des déperditions

Impact geste par geste		Déperditions (kW)					
		Parois	Menuiseries	Ponts thermiques	Infiltration d'air	Déperdition totale	% de réduction
<b>État initial</b>		<b>18,61</b>	<b>1,55</b>	<b>3,42</b>	<b>0,43</b>	<b>24,01</b>	
<b>G1</b>	ITE Murs	15,60	1,55	2,74	0,43	20,32	<b>15 %</b>
<b>G2</b>	Isolation Plancher haut	6,79	1,55	1,33	0,43	10,10	<b>58 %</b>
<b>G3</b>	Isolation Plancher bas	16,61	1,55	3,70	0,43	22,29	<b>7 %</b>
<b>G4</b>	Changement des fenêtres (Double vitrage)	18,63	0,66	3,42	0,43	23,12	<b>4 %</b>

5.2.2.1.2. *Apports solaires pour chaque geste*

Apports solaires nets pièce par pièce (kWh)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	<b>2566</b>	2273	2566	2566	1741
Chambre	<b>393</b>	378	393	393	192
Chambre 1	<b>491</b>	491	341	491	118
Chambre 2	<b>492</b>	492	342	492	118
Chambre 3	<b>1191</b>	1191	1069	1191	385
Chambre 4	<b>1190</b>	1190	1068	1190	385
Cuisine	<b>391</b>	378	391	391	192

5.2.2.1.3. *Impact des gestes individuels sur les consommations en énergie finale et primaire*

Impact geste par geste		Cef (kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an)	% de réduction du Cef	Cep (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an)	% de réduction du Cep	Ic énergie	% du Ic énergie
État initial		<b>406</b>		<b>449</b>		<b>87</b>	
<b>G1</b>	ITE Murs	347	14 %	389	13 %	73	15 %
<b>G2</b>	Isolation Plancher haut	232	43 %	272	39 %	48	45 %
<b>G3</b>	Isolation Plancher bas	381	6 %	424	5 %	81	6 %
<b>G4</b>	Changement des fenêtres (Double vitrage)	395	3 %	438	2 %	84	3 %

5.2.2.1.4. *Impact des gestes individuels sur le nombre de degré-heure*

Nombre de DH (°C.h)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	5 649	5 658	4 215	6 193	5 073
Chambre	4 306	4 229	3 298	4 514	3 942
Chambre 1	4 541	4 518	3 094	4 666	3 952
Chambre 2	5 347	5 354	3 772	5 450	4 741
Chambre 3	7 472	7 623	4 820	7 676	6 486
Chambre 4	7 525	7 605	4 777	7 844	6 504
Cuisine	3 772	3 703	2 883	3 899	3 403

5.2.2.1.5. *Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation*

T int max en occupation (°C)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	36,1	35,5	33,3	36,6	35,3
Chambre	34,1	33,5	32,6	34,4	33,5
Chambre 1	39,8	39,5	33,2	40,0	38,6
Chambre 2	41,1	41,1	33,3	41,2	40,0
Chambre 3	43,8	44,0	34,5	44,0	42,2
Chambre 4	43,2	43,3	34,6	43,5	41,5
Cuisine	34,1	33,3	32,7	34,5	33,5

T int max en inoccupation (°C)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	37,9	37,2	34,5	38,5	37,0
Chambre	35,5	34,8	33,9	35,8	34,7
Chambre 1	41,4	40,9	34,9	41,6	40,4
Chambre 2	43,0	42,9	34,9	43,1	41,9
Chambre 3	46,5	46,5	35,9	46,7	44,8
Chambre 4	45,8	45,5	35,8	46,0	44,0
Cuisine	35,7	34,7	34,2	36,0	34,9

5.2.2.1.6. *Température (°C) minimale atteinte en occupation et inoccupation*

T int min en occupation (°C)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	18,4	18,5	18,5	18,3	17,9
Chambre	17,3	18,0	17,4	16,8	17,2
Chambre 1	15,2	15,4	16,3	15,1	15,1
Chambre 2	16,8	17,0	18,2	16,8	16,7
Chambre 3	16,2	16,4	18,2	16,1	15,9
Chambre 4	16,3	16,5	18,2	16,2	15,8
Cuisine	17,4	18,2	17,5	16,9	17,3

T int min en inoccupation (°C)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	7,0	7,8	7,8	7,0	7,0
Chambre	7,0	7,8	7,3	7,0	7,0
Chambre 1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Chambre 2	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Chambre 3	7,0	7,0	7,8	7,0	7,0
Chambre 4	7,5	7,0	8,1	7,0	7,0
Cuisine	7,0	7,8	7,2	7,0	7,0

### 5.2.2.2. Impact global après regroupement des bouquets de travaux

#### 5.2.2.2.1. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kW/an)

Bilan thermique		
Besoins en chauffage	2 530	kWh /an
Besoins en chauffage initial	19 834	kWh /an
Réduction des besoins en chauffage	87 %	%
Besoin si température de consigne à 21 °C	3 875	kWh /an
Réduction de gains	7 %	%
Répartition des déperditions		
Parois	1,5	kW
Menuiseries	0,5	kW
Ponts thermiques	0,7	kW
Infiltration d'air	1,3	kW
<b>Total</b>	<b>4,1</b>	<b>kW</b>

Apports solaires nets pièce par pièce		
Séjour-Entrée-Dégagement	1083	kWh
Chambre	174	kWh
Chambre 1	85	kWh
Chambre 2	85	kWh
Chambre 3	352	kWh
Chambre 4	352	kWh
Cuisine	174	kWh

5.2.2.2.2. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce

**Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation**

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	10,9
Chambre	19,0	10,1
Chambre 1	18,4	9,9
Chambre 2	19,0	10,1
Chambre 3	18,9	10,9
Chambre 4	18,7	11,1
Cuisine	19,0	10,6

**Nombre d'heures < 19 °C en occupation hors période de réduit**

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19°C
Séjour-Entrée-Dégagement	0
Chambre	1
Chambre 1	1
Chambre 2	0
Chambre 3	1
Chambre 4	1
Cuisine	0

5.2.2.2.3. *Indicateurs de performance énergétique*

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>110</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>48</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
Réduction de la consommation en énergie primaire	<b>75 %</b>	%
U-bat	<b>0,37</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

5.2.2.2.4. *Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :***Nombre de DH**

Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	2 627
Chambre	1 914
Chambre 1	1 546
Chambre 2	1 955
Chambre 3	2 648
Chambre 4	2 765
Cuisine	1 575

## Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour.

Jour	Nombre d'heures >28°C		Nombre d'heures >32°C		Nombre d'heures >34°C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	547	482	0	0	0	0
Chambre	444	423	0	0	0	0
Chambre 1	380	405	0	0	0	0
Chambre 2	426	425	0	0	0	0
Chambre 3	570	509	0	0	0	0
Chambre 4	587	532	0	0	0	0
Cuisine	392	392	0	0	0	0

Nombre d'heures > 24°C, > 26°C, > 30°C de nuit

Nuit	Nombre d'heures >24°C		Nombre d'heures >26°C		Nombre d'heures >30°C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1350	135	872	135	109	28
Chambre	1243	135	698	135	20	16
Chambre 1	1191	135	660	135	9	35
Chambre 2	1240	135	751	135	37	43
Chambre 3	1340	135	901	135	87	47
Chambre 4	1344	135	925	135	95	39
Cuisine	1240	135	692	135	7	20

Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,1	30,6
Chambre	30,8	30,6
Chambre 1	30,7	30,8
Chambre 2	31,0	30,8
Chambre 3	31,5	31,4
Chambre 4	31,8	31,4
Cuisine	30,5	30,5

### 5.2.2.3. Impact environnemental de la solution

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage	
	Électricité (kgCO2/m²/an)
Chauffage	0,6
Production d'ECS	0,6
Auxiliaires de ventilation	0,1
Auxiliaires de distribution	0,04
Éclairage	0,2
Autres usages	1,7
<b>Total</b>	<b>3,2</b>

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	205	kgCO2/m²
Ic construction	4,1	kgCO2/m²/an
Temps de retour carbone	2,5	Année

Répartition par fiche	
Nom	%
Déclaration collective	63
Donnée environnementale par défaut (pas de donnée disponible pour la paille hachée, non trouvée pour fibre de bois extérieure, pare-vapeur, VMC)	37

Répartition par module du cycle de vie					
Impact	A1-A3 Production	A4-A5 Construction	B Exploitation	C Fin de vie	D Bénéfices et charges au-delà du cycle de vie
dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)	<b>-113,46</b>	<b>28,02</b>	<b>131,02</b>	<b>179,69</b>	<b>-20,12</b>

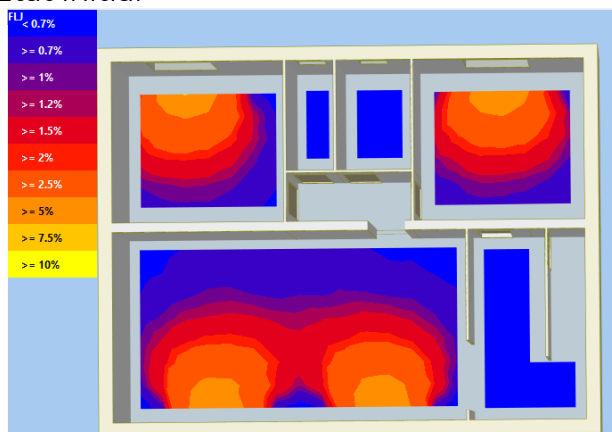
Répartition par lot technique					
Impact	3 Superstructure - Maçonnerie	4 Couverture Etanchéité Charpente Zinguerie	6 Façades et menuiseries extérieures	8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire)	Total
dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)	<b>26,18</b>	<b>-17,40</b>	<b>41,95</b>	<b>154,43</b>	<b>205,16</b>
Teneur en carbone biogénique du produit (kgC)	<b>0</b>	<b>42,60</b>	<b>35,11</b>	<b>0</b>	<b>77,71</b>

## 5.2.2.4. Santé confort

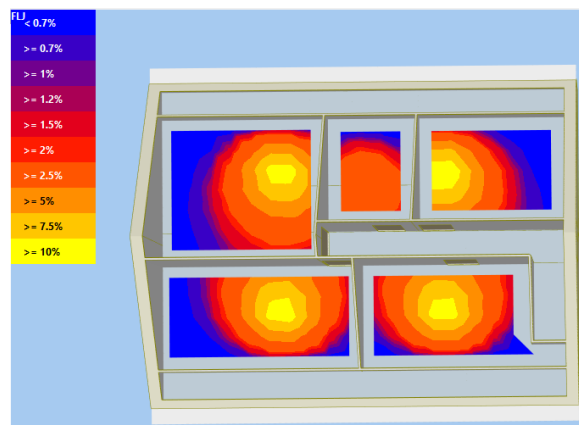
## 5.2.2.4.1. Éclairement

	État initial		État rénové		% de réduction FLJ Moy
	FLJ Min	FLJ Moy	FLJ Min	FLJ Moy	
Séjour	0,36	1,94	0,19	1,31	-33%
Chambre	0,41	2,22	0,22	1,51	-32%
Chambre 1	0,25	3,68	0,04	1,23	-31%
Chambre 2	0,17	3,00	0,02	0,94	-31%
Chambre 3	0,19	3,19	0,03	1,00	-31%
Chambre 4	0,06	3,69	0,01	1,17	-31%
Cuisine	0,70	2,23	0,40	1,52	-31%

État initial

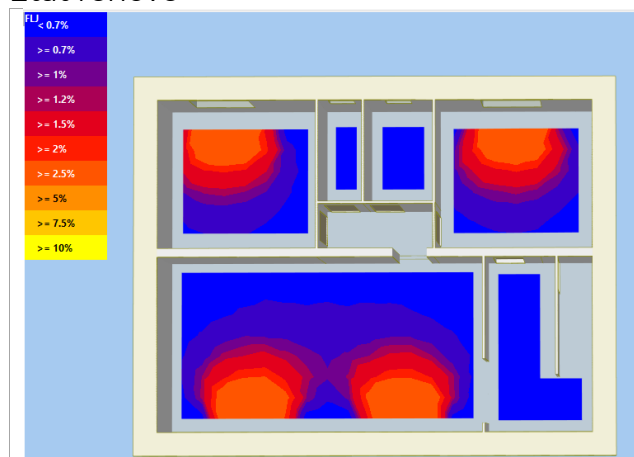


RDC

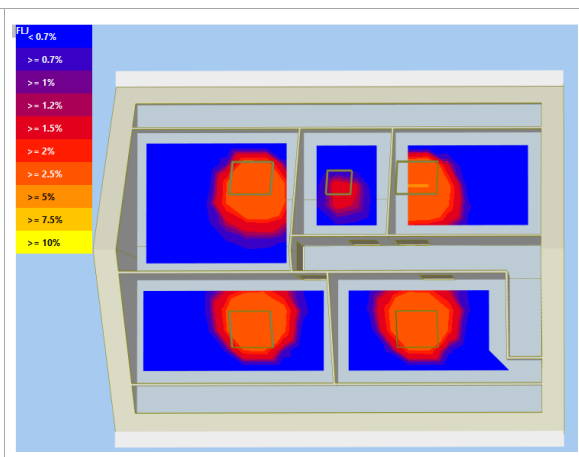


Combles aménagés

État rénové



RDC



Combles aménagés

### 5.2.3. Déclinaison 1 - Autre nature de mur – Mur en parpaing

Remplacement du double mur par un mur en parpaing dont les caractéristiques sont en vert dans le tableau ci-dessous :

Parois (Int. -> ext.)	Composants	Resistance R paroi (m <sup>2</sup> . K/ W)
Façade	Enduit plâtre 1,5 cm	5,11
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Pare vapeur	
	Paille hachée (20 cm ; R= 3,85)	
	Panneau de fibre de bois (4 cm ; R= 0,93)	
	Enduit à la chaux (1 cm)	
Plancher haut	Placoplatre 13 mm	7,55
	Panneau OSB (1,2 cm)	
	Paille hachée (36 cm ; R= 6,92)	
	Panneau de fibre de bois (2,5 cm ; R= 0,49)	

#### 5.2.3.1. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage	
	Électricité (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an)
Chauffage	0,6
Production d'ECS	0,6
Auxiliaires de ventilation	0,1
Auxiliaires de distribution	0,04
Éclairage	0,2
Autres usages	1,7
<b>Total</b>	<b>3,2</b>

### 5.2.3.2. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :

#### 5.2.3.2.1. Nombre de DH

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	2 684
Chambre	1 952
Chambre 1	1 564
Chambre 2	1 977
Chambre 3	2 689
Chambre 4	2 813
Cuisine	1 610

## 5.2.3.2.2. Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour.

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	552	490	0	0	0	0
Chambre	447	434	0	0	0	0
Chambre 1	385	407	0	0	0	0
Chambre 2	429	426	0	0	0	0
Chambre 3	575	520	0	0	0	0
Chambre 4	593	537	0	0	0	0
Cuisine	393	392	0	0	0	0

Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1351	135	889	135	122	34
Chambre	1260	135	708	135	21	22
Chambre 1	1196	135	671	135	8	39
Chambre 2	1244	135	767	135	37	47
Chambre 3	1343	135	914	135	91	49
Chambre 4	1343	135	941	135	96	41
Cuisine	1249	135	697	135	8	24

### 5.2.3.2.3. Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,1	30,6
Chambre	30,7	30,6
Chambre 1	30,7	30,8
Chambre 2	31,0	30,8
Chambre 3	31,5	31,4
Chambre 4	31,8	31,4
Cuisine	30,5	30,5

### 5.2.3.3. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce :

#### 5.2.3.3.1. Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	11,0
Chambre	18,9	10,2
Chambre 1	18,4	10,0
Chambre 2	19,0	10,1
Chambre 3	18,9	10,9
Chambre 4	18,8	11,2
Cuisine	19,0	10,7

#### 5.2.3.3.2. Nombre d'heures < 19 °C en occupation hors période de réduit

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19°C
Séjour-Entrée-Dégagement	0
Chambre	1
Chambre 1	1
Chambre 2	0
Chambre 3	1
Chambre 4	1
Cuisine	0

#### 5.2.4. Déclinaison 2 – Toiture débord large

Debord de toit de 1 m considéré (contre 40 cm dans le modèle de référence).

##### 5.2.4.1. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage	
	Électricité (kgCO2/m²/an)
Chauffage	0,6
Production d'ECS	0,6
Auxiliaires de ventilation	0,1
Auxiliaires de distribution	0,04
Éclairage	0,2
Autres usages	1,7
<b>Total</b>	<b>3,2</b>

### 5.2.4.2. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce

#### 5.2.4.2.1. Nombre de DH

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	2 481
Chambre	1 848
Chambre 1	1 479
Chambre 2	1 882
Chambre 3	2 493
Chambre 4	2 579
Cuisine	1 491

## 5.2.4.2.2. Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28°C, > 32°C, > 34°C de jour sur 8760 h dans l'année

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	517	477	0	0	0	0
Chambre	439	422	0	0	0	0
Chambre 1	380	405	0	0	0	0
Chambre 2	426	425	0	0	0	0
Chambre 3	533	488	0	0	0	0
Chambre 4	548	508	0	0	0	0
Cuisine	385	390	0	0	0	0

Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit sur 8760 h dans l'année

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1341	135	806	135	90	27
Chambre	1188	135	675	135	18	14
Chambre 1	1168	135	633	135	6	33
Chambre 2	1228	135	699	135	28	43
Chambre 3	1335	135	850	135	80	46
Chambre 4	1335	135	862	135	87	37
Cuisine	1217	135	654	135	3	18

### 5.2.4.2.3. Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

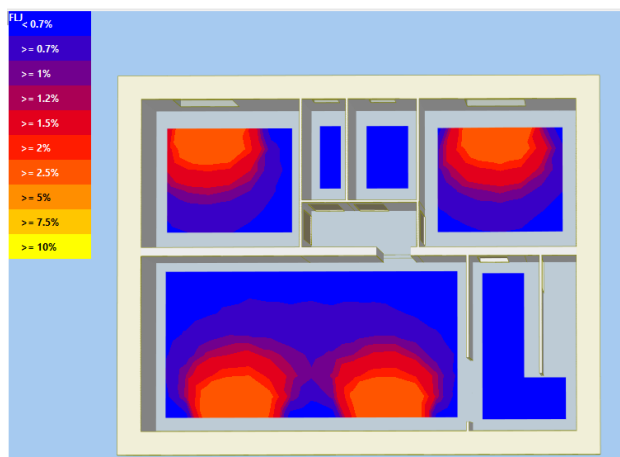
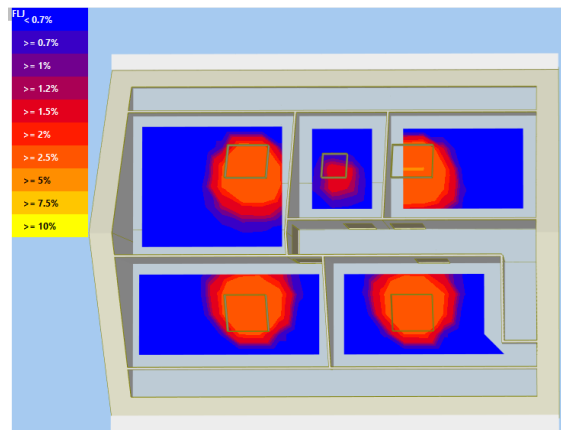
Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,1	30,6
Chambre	30,8	30,6
Chambre 1	30,7	30,8
Chambre 2	31,1	30,8
Chambre 3	31,4	31,3
Chambre 4	31,5	31,2
Cuisine	30,6	30,5

### 5.2.4.3. Santé confort

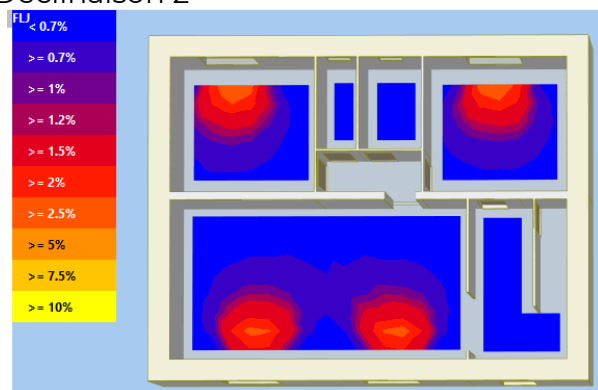
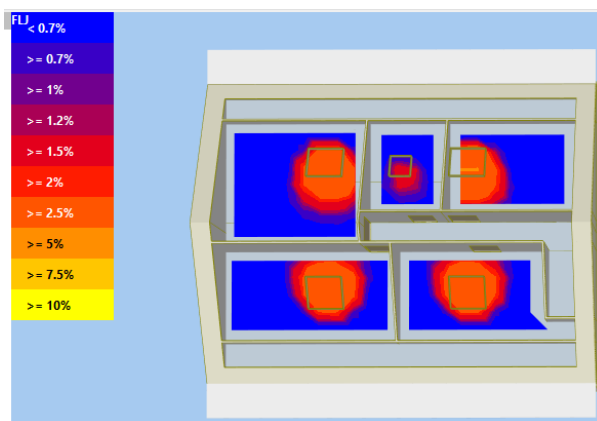
#### 5.2.4.3.1. Eclairement

	État rénové		Déclinaison 2		% de réduction FLJ Moy
	FLJ Min	FLJ Moy	FLJ Min	FLJ Moy	
Séjour	0,19	1,31	0,15	0,95	-27%
Chambre	0,22	1,51	0,18	1,11	-27%
Chambre 1	0,04	1,23	0,04	1,23	0%
Chambre 2	0,02	0,94	0,03	0,95	0%
Chambre 3	0,03	1,00	0,03	1,00	0%
Chambre 4	0,01	1,17	0,01	1,18	1%
Cuisine	0,40	1,52	0,28	1,11	-27%

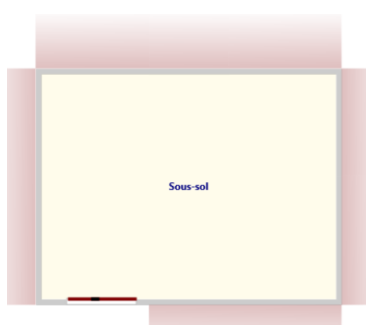
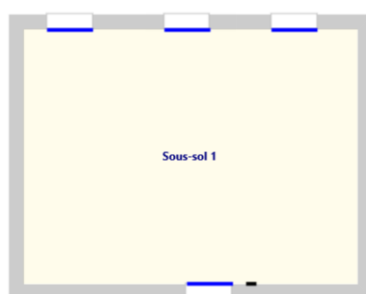
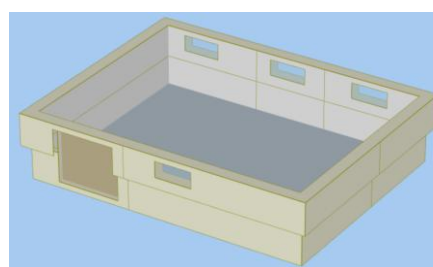
## État rénové de référence

**RDC****Combles aménagés**

## Déclinaison 2

*RDC**Combles aménagés*

## 5.2.5. Déclinaison 3 – Sous-sol aménagé

*Partie enterrée**Partie non enterrée*

La nouvelle surface habitable est de 192 m<sup>2</sup>. Les fenêtres ont les mêmes caractéristiques que celles de la rénovation globale et la solution CREALEAD appliquées aux murs extérieurs non enterrés.

### 5.2.5.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	68	kWhep/m <sup>2</sup> /an
Cef	30	kWhef/m <sup>2</sup> /an
U-bat	0,52	W/(m <sup>2</sup> .K)

### 5.2.5.2. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	2	kgCO2/m <sup>2</sup> /an

### 5.2.5.3. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce :

#### 5.2.5.3.1. Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19	12,0
Chambre	19	11,6
Chambre 1	18,8	10,4
Chambre 2	19	10,5
Chambre 3	19	11,7
Chambre 4	19	12,0
Cuisine	19	11,9
Sous-sol	19	13,4

### 5.2.6. Déclinaison 4 – Menuiseries déjà remplacées, à conserver

Les performances des fenêtres utilisées sont spécifiées dans le tableau ci-dessous :

Menuiserie	Type	Coefficient U (W/m <sup>2</sup> . K)	Sw/Sd	Tlw
Fenêtres et velux	Double vitrage	2,76	0,53	0,53

#### 5.2.6.1. Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m<sup>2</sup>.an et Impact environnemental de la solution

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,2</b>	kgCO2/m <sup>2</sup> /an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage	
	Électricité (kgCO2/m <sup>2</sup> /an)
Chauffage	0,6
Production d'ECS	0,6
Auxiliaires de ventilation	0,1
Auxiliaires de distribution	0,04
Éclairage	0,15
Autres usages	1,7
<b>Total</b>	<b>3,2</b>

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	189	kgCO2/m <sup>2</sup>
Ic construction	3,8	kgCO2/m <sup>2</sup> /an
Temps de retour carbone	2	Année

### 5.2.6.2. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce

#### 5.2.6.2.1. Nombre de DH

Zone BR2 / Orientation Nord	
Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	2 913
Chambre	1 968
Chambre 1	1 682
Chambre 2	2 220
Chambre 3	3 328
Chambre 4	3 422
Cuisine	1 662

## 5.2.6.2.2. Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	508	0	0	0	0	508
Chambre	430	0	0	0	0	430
Chambre 1	415	0	0	0	0	415
Chambre 2	462	0	0	0	0	462
Chambre 3	623	24	17	0	0	623
Chambre 4	637	24	19	0	0	637
Cuisine	403	0	0	0	0	403

Nombre d'heures > 24°C, > 26 °C, > 30 °C de nuit

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1359	135	984	135	123	35
Chambre	1282	135	759	135	24	18
Chambre 1	1226	135	763	135	25	39
Chambre 2	1281	135	873	135	59	50
Chambre 3	1352	135	1074	135	111	54
Chambre 4	1354	135	1077	135	123	45
Cuisine	1263	135	752	135	18	21

### 5.2.6.2.3. Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,3	31,0
Chambre	30,7	30,7
Chambre 1	30,8	30,9
Chambre 2	31,3	31,2
Chambre 3	33,1	32,9
Chambre 4	33,2	32,9
Cuisine	30,7	30,6

### 5.2.7. Déclinaison 5 - Mitoyenne double

Les murs Est et Ouest ne sont pas isolés et sont en contact mitoyen identique.



### 5.2.7.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>105</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>45</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,35</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

5.2.7.2. Émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an et impact environnemental de la solution

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	207	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ic construction	4,1	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an
Temps de retour carbone	2,5	Année

## 5.2.8. Récapitulatif des résultats

Scénarios	Plan B_V2			
	Cep (kWhep/m <sup>2</sup> /an)	Cef (kWhef/m <sup>2</sup> /an)	Ic énergie (kgC02/m <sup>2</sup> /an)	Ic construction (kgC02/m <sup>2</sup> )
État initial	449	406	87	
Rénovation globale (référence)	110	48	3,2	205
Déclinaison 1 : Autre nature mur - mur en parpaing			3,2	
Déclinaison 2 : Toiture - Débord façade large			3,2	
Déclinaison 3 : Sous-sol aménagé	68	30	2	
Déclinaison 4 : Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées, à conserver			3,2	189
Déclinaison 5 : Maison mitoyenne double	105	46	3	207
G1 : ITE murs	389	347	73	
G2 : Isolation toiture inclinée	272	232	48	

La maison V2 présente à l'état initial des consommations énergétiques très élevées et un impact carbone important en phase d'usage, traduisant un fort besoin de rénovation.

La rénovation globale permet une réduction d'environ 75 % des consommations d'énergie et une chute très significative de l'impact carbone, atteignant un niveau compatible avec le BBC rénovation.

Les déclinaisons mettent en évidence le rôle déterminant de la compacité et du traitement des volumes non chauffés : l'aménagement du sous-sol constitue le levier le plus performant, tant sur le plan énergétique que carbone.

Les scénarios de conservation d'éléments existants, notamment des menuiseries, permettent par ailleurs de réduire l'impact carbone de la phase construction sans dégrader les performances d'usage.

Enfin, les travaux partiels montrent que le traitement isolé de l'enveloppe (murs ou toiture) reste insuffisant pour atteindre des niveaux de performance satisfaisants.

Scénarios	Plan B_V2															
	Confort été															
	T° max en occupation (°C)								DH (°C.h)							
	Séjour	Ch.	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Ch.4	Cuisine	Sous-sol aménagé	Séjour	Ch.	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Ch.4	Cuisine	Sous-sol aménagé
État initial	36,1	34,1	39,8	41,1	43,8	43,2	34,1		5 649	4 306	4 541	5 347	7 472	7 525	3 772	
Rénovation globale (référence)	31,1	30,8	30,7	31	31,5	31,8	30,5		2 627	1 914	1 546	1 955	2 648	2 765	1 575	
Déclinaison 1 : Autre nature mur - mur en parpaing	31,1	30,7	30,7	31	31,5	31,8	30,5		2 684	1 952	1 564	1 977	2 689	2 813	1 610	
Déclinaison 2 : Toiture - Débord façade large	31,1	30,8	30,7	31,1	31,4	31,5	30,6		2 481	1 848	1 479	1 882	2 493	2 579	1 491	
Déclinaison 3 : Sous-sol aménagé																
Déclinaison 4 : Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées	31,3	30,7	30,8	31,3	33,1	33,2	30,7		2 913	1 968	1 682	2 220	3 328	3 422	1 662	
Déclinaison 5 : Maison mitoyenne double																
G1 : ITE murs	35,5	33,5	39,5	41,1	44	43,3	33,3		5 658	4 229	4 518	5 354	7 623	7 605	3 703	
G2 : Isolation toiture inclinée	33,3	32,6	33,2	33,3	34,5	34,6	32,7		4 215	3 298	3 094	3 772	4 820	4 777	2 883	

La maison V2 présente à l'état initial un inconfort estival très marqué, avec des températures maximales dépassant 40 °C dans les chambres et des degrés-heures extrêmement élevés.

La rénovation globale permet une amélioration très significative du confort d'été, en réduisant fortement les pics de température et les durées d'inconfort, bien que certaines pièces restent proches des seuils de vigilance.

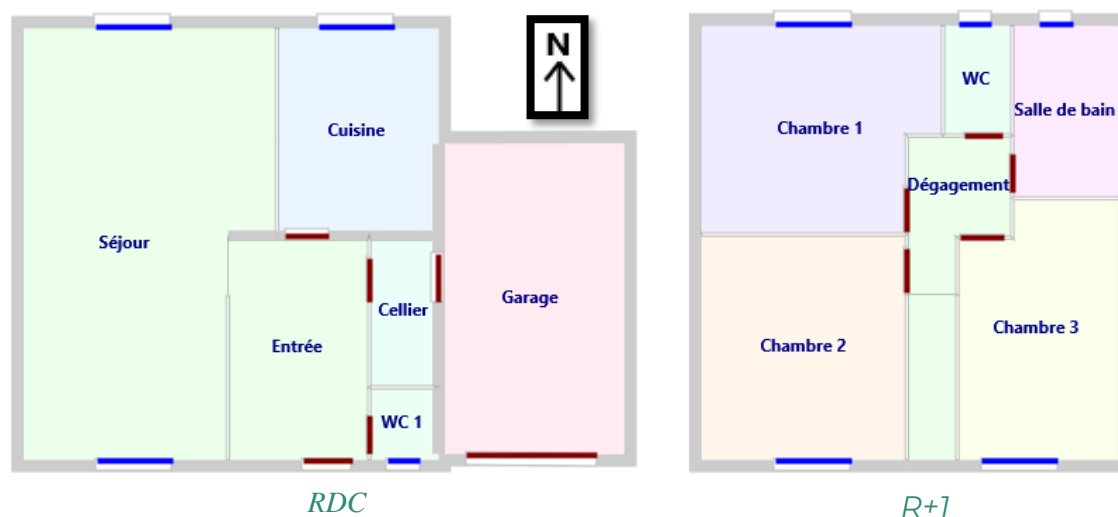
Les déclinaisons montrent que les dispositifs de protection solaire, tels que les débords de façade, contribuent à limiter les apports solaires mais avec un effet modéré. À l'inverse, la conservation de menuiseries performantes sans adaptation des protections solaires peut dégrader localement le confort d'été.

Les scénarios de travaux partiels confirment qu'une action isolée sur les murs ou la toiture est insuffisante pour traiter efficacement la surchauffe estivale, soulignant la nécessité d'une approche globale intégrant isolation, protections solaires et stratégie de ventilation.

## 5.3.BV5

### 5.3.1. Situation initiale

Les simulations ont été faites à partir des hypothèses et scénarios donnés en annexe et des hypothèses du paragraphe §3.3. Les résultats sont donnés pour l'**orientation nord** (cf. image ci-après) et pour l'exposition au bruit **BR2**. Les résultats du confort d'été pour les autres orientations et exposition au bruit sont en annexe.



#### 5.3.1.1. Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kW/an)

Bilan thermique		
Besoins en chauffage	20 397	kWh / an
Répartition des déperditions		
Parois	14,5	kW
Menuiseries	2,1	kW
Ponts thermiques	1,5	kW
Infiltration d'air	0,5	kW
<b>Total</b>	<b>18,6</b>	kW

Apports solaires nets pièce par pièce		
Séjour-Entrée-Dégagement	2265	kWh
Chambre 1	466	kWh
Chambre 2	1280	kWh
Chambre 3	1279	kWh
Cuisine	708	kWh

### 5.3.1.2. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	468	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	425	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	2,71	W/ (m <sup>2</sup> .K)

Consommation en énergie primaire et finale par type d'énergie et par usage				
	Cef (kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> )		Cep (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> )	
	Électricité	Gaz naturel	Électricité	Gaz naturel
Chauffage		360		360
ECS		31		31
Auxiliaires de distribution	5		12	
Éclairage	2		5	
Usage spécifique	26		60	
<b>Total</b>	<b>425</b>		<b>468</b>	

### 5.3.1.3. Confort thermique atteint, pour chaque pièce :

#### T°(C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	17,9	7,0
Chambre 1	16,7	7,0
Chambre 2	17,8	7,0
Chambre 3	17,1	7,0
Cuisine	16,0	7,0

#### T°(C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	34,3	36,3
Chambre 1	36,9	38,8
Chambre 2	37,3	39,3
Chambre 3	37,1	39,5
Cuisine	33,5	35,5

#### Nombre d'heures < 19 °C en occupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19°C
Séjour-Entrée-Dégagement	1
Chambre 1	2
Chambre 2	1
Chambre 3	2
Cuisine	3

**Nombre de DH**

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	3 142
Chambre 1	4 398
Chambre 2	4 958
Chambre 3	4 636
Cuisine	2 711

## Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour en occupation et inoccupation.

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	517	517	101	166	3	68
Chambre 1	586	586	249	277	99	135
Chambre 2	659	615	274	302	138	159
Chambre 3	641	635	277	339	125	187
Cuisine	497	510	43	145	0	41

Nombre d'heures > 24°C, > 26°C, 30 °C de nuit en occupation et inoccupation

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	885	135	622	135	187	120
Chambre 1	965	135	706	134	268	123
Chambre 2	1038	135	761	135	304	123
Chambre 3	983	135	716	134	264	123
Cuisine	759	135	600	134	121	113

#### 5.3.1.4. Les émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO2/m².an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	kgCO2/m²/an	91

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage		
	Électricité (kgCO2/m²/an)	Gaz naturel(kgCO2/m²/an)
Chauffage		81,8
Production d'ECS		7,1
Auxiliaires de distribution	0,3	
Éclairage	0,1	
Autres usages	1,7	
<b>Total</b>	<b>91</b>	

#### 5.3.2. Situation rénovée

##### Impact individuel de chaque geste

##### Impact des gestes individuels sur la répartition des déperditions

Impact geste par geste		Déperditions (kW)					
		Parois	Menuiseries	Ponts thermiques	Infiltration d'air	Déperdition totale	% de réduction
<b>État initial</b>		<b>14,53</b>	<b>2,05</b>	<b>1,51</b>	<b>0,51</b>	<b>18,60</b>	
<b>G1</b>	ITE Murs	8,49	1,94	0,91	0,51	11,85	<b>36 %</b>
<b>G2</b>	Isolation Plancher haut	8,68	2,05	1,92	0,51	13,16	<b>29 %</b>
<b>G3</b>	Isolation Plancher bas	13,06	2,05	1,78	0,51	17,40	<b>6 %</b>
<b>G4</b>	Changement des fenêtres (Double vitrage)	14,53	0,79	1,51	0,51	17,34	<b>7 %</b>

*Apports solaires pour chaque geste*

Apports solaires nets pièce par pièce (kWh)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	<b>2265</b>	1858	2290	2265	1425
Chambre 1	<b>466</b>	394	473	466	243
Chambre 2	<b>1280</b>	960	1298	1280	783
Chambre 3	<b>1279</b>	959	1298	1279	782
Cuisine	<b>708</b>	623	727	708	374

*Impact des gestes individuels sur les consommations en énergie finale et primaire*

Impact geste par geste		Cef (kWhef/m²/an)	% de réduction du Cef	Cep (kWhep/m²/an)	% de réduction du Cep
<b>État initial</b>		<b>425</b>		<b>468</b>	
<b>G1</b>	ITE Murs	317	25 %	358	23 %
<b>G2</b>	Isolation Plancher haut	344	19 %	386	18 %
<b>G3</b>	Isolation Plancher bas	357	16 %	399	15 %
<b>G4</b>	Changement des fenêtres (Double vitrage)	405	5 %	448	4 %

*Impact des gestes individuels sur le nombre de degré-heure*

Nombre de DH (°C.h)					
	État initial	G1	G2	G3	G4
Séjour-Entrée-Dégagement	3 142	2 528	2 153	4 018	2 896
Chambre 1	4 398	3 905	2 197	4 735	4 227
Chambre 2	4 958	4 219	2 682	5 397	4 728
Chambre 3	4 636	3 964	2 575	5 076	4 396
Cuisine	2 711	2 145	2 122	3 669	2 453

### 5.3.2.1. Impact global après regroupement des bouquets de travaux

Bilan thermique annuel de la maison et répartition des déperditions (en kW/an)

Bilan thermique		
Besoins en chauffage	2 613	kWh /an
Besoins en chauffage initial	20 397	kWh /an
Réduction des besoins en chauffage	87 %	%
Besoin si température de consigne à 21 °C	4 044	kWh /an
Réduction de gains	7 %	%
Répartition des déperditions		
Parois	1,2	kW
Menuiseries	0,6	kW
Ponts thermiques	1,1	kW
Infiltration d'air	1,1	kW
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>kW</b>

Apports solaires nets pièce par pièce		
Séjour-Entrée-Dégagement	1 014	kWh
Chambre 1	206	kWh
Chambre 2	598	kWh
Chambre 3	597	kWh
Cuisine	332	kWh

#### 5.3.2.1.1. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce

**Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation**

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	10,9
Chambre 1	19,0	11,0
Chambre 2	19,0	11,7
Chambre 3	19,0	11,5
Cuisine	19,0	10,4

**Nombre d'heures < 19 °C en occupation hors période de réduit**

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19°C
Séjour-Entrée-Dégagement	0
Chambre 1	0
Chambre 2	0
Chambre 3	0
Cuisine	0

#### 5.3.2.1.2. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	108	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	47	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
Réduction de la consommation en énergie primaire	77 %	%
U-bat	0,43	W/(m <sup>2</sup> .K)

Consommation par usage		
	Cef	Cep
Poste	Électricité (kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> )	Électricité (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> )
Chauffage	8	19
ECS	9	20
Auxiliaires de ventilation	1	3
Auxiliaires de distribution	1	2
Éclairage	2	5
Usage spécifique	26	60
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>108</b>

#### 5.3.2.1.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce

**Nombre de DH**

Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	1 398
Chambre 1	1 337
Chambre 2	1 711
Chambre 3	1 556
Cuisine	1 290

## Répartition des surchauffes

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour.

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	322	376	0	2	0	0
Chambre 1	302	373	0	3	0	0
Chambre 2	374	400	0	5	0	0
Chambre 3	355	397	0	12	0	0
Cuisine	321	386	0	11	0	0

Nombre d'heures > 24°C, > 26°C, > 30°C de nuit

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1220	135	675	135	11	74
Chambre 1	1220	135	684	135	7	72
Chambre 2	1279	135	835	135	17	73
Chambre 3	1256	135	768	135	13	76
Cuisine	1204	135	621	135	10	78

## Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,3	32,0
Chambre 1	31,1	32,0
Chambre 2	31,2	32,1
Chambre 3	31,2	32,2
Cuisine	31,2	32,4

### 5.3.2.2. Impact environnemental de la solution

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	3,2	kgCO2/m²/an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage	
	Électricité (kgCO2/m²/an)
Chauffage	0,6
Production d'ECS	0,6
Auxiliaires de ventilation	0,1
Auxiliaires de distribution	0,0
Éclairage	0,2
Autres usages	1,7
<b>Total</b>	<b>3,2</b>

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	215	kgCO2/m²
Ic construction	4,3	kgCO2/m²/an
Temps de retour carbone	2,5	Année

Répartition par fiche	
Nom	%
Déclaration collective	65
Donnée environnementale par défaut (pas de donnée disponible pour la paille hachée, non trouvée pour fibre de bois extérieure, pare-vapeur, VMC)	35

Répartition par module du cycle de vie					
Impact	A1-A3 Production	A4-A5 Construction	B Exploitation	C Fin de vie	D Bénéfices et charges au-delà du cycle de vie
dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)	<b>-78,11</b>	<b>26,72</b>	<b>127,04</b>	<b>160,39</b>	<b>-21,39</b>

Répartition par lot technique					
Impact	3 Superstructure - Maçonnerie	4 Couverture Étanchéité Charpente Zinguerie	6 Façades et menuiseries extérieures	8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire)	Total
dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)	<b>26,18</b>	<b>-17,40</b>	<b>41,95</b>	<b>154,43</b>	<b>205,16</b>
Teneur en carbone biogénique du produit (kgC)	<b>0</b>	<b>42,60</b>	<b>35,11</b>	<b>0</b>	<b>77,71</b>

## Répartition par lot technique

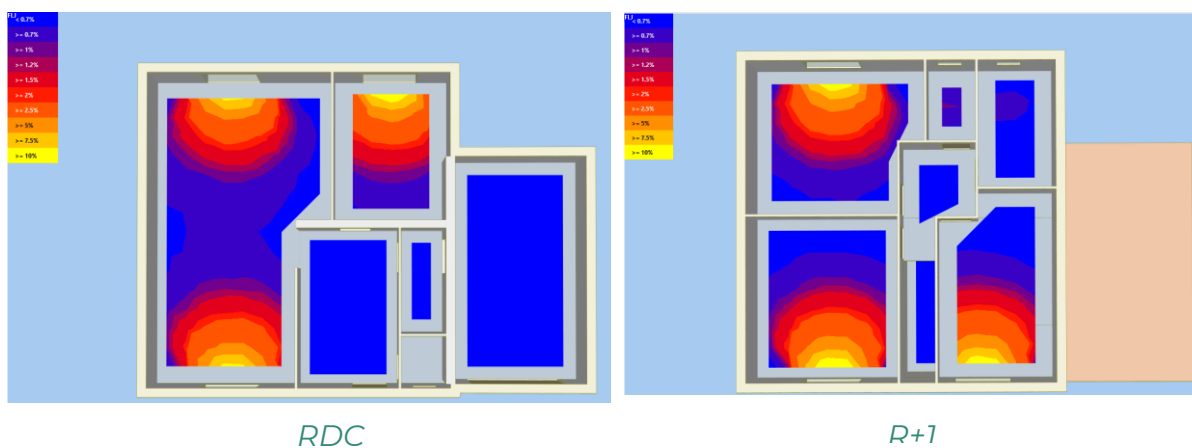
Impact	3 Super structure - Maçonnerie	4 Couverture Etanchéité Charpente Zinguerie	6 Façades et menuiseries extérieures	7 Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peintures - Produits de décoration	8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire)	Total
dyn. Émissions de gaz à effet de serre - total (kg CO2 eq.)	<b>24,76</b>	<b>-1,48</b>	<b>37,78</b>	<b>0,20</b>	<b>153,39</b>	214,65
Teneur en carbone biogénique du produit (kgC)	<b>0</b>	<b>28,10</b>	<b>38,85</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	66,96

## 5.3.2.3. Santé confort

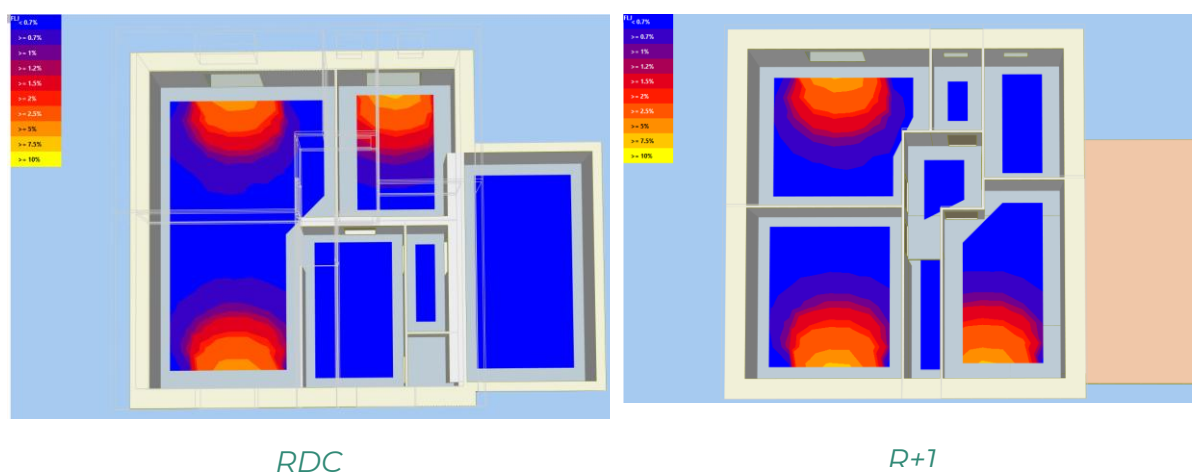
## Eclairage

	État initial		État rénové		% de réduction FLJ Moy
	FLJ Min	FLJ Moy	FLJ Min	FLJ Moy	
Séjour	0,37	2,00	0,25	1,35	-33 %
Chambre 1	0,39	2,67	0,19	1,75	-34 %
Chambre 2	0,42	1,29	0,21	0,89	-31 %
Chambre 3	0,42	2,38	0,32	1,58	-34 %
Cuisine	0,75	2,96	0,56	1,99	-33 %

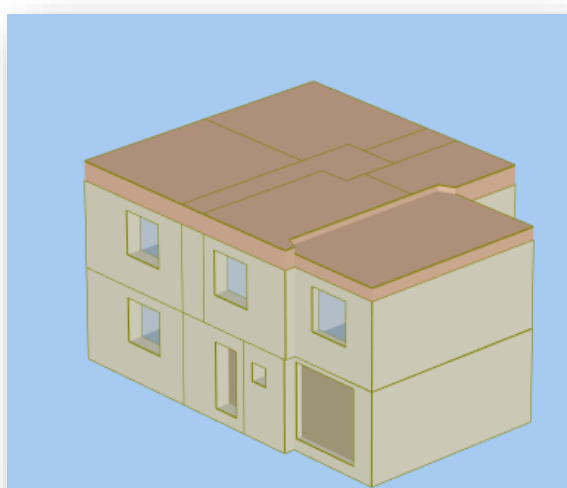
## État initial



## État rénové



## 5.3.3. Déclinaison 1 - Extension sur garage



Nouvelle surface habitable : 129 m<sup>2</sup>  
dont 19 m<sup>2</sup> d'extension

Composition des parois de l'extension		
Parois (int -> ext)	Composants	Resistance R paroi (m <sup>2</sup> . K/ W)
Façade	Placoplatre BA13	4,67
	Pare vapeur	
	Laine de bois (18,5 cm ; R= 4,4)	
	Lame d'air	
	Bois léger	
Plancher bas extension	Béton de 20 cm	5,6
	Panneau PSE et laine de bois (17,5 cm ; R= 5,5)	
Plancher haut	Panneau OSB (0,9 cm)	7,48
	Paille hachée (36 cm ; R= 6,92)	
	Panneau de fibre de bois (2,5 cm ; R= 0,49)	

### 5.3.3.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>105</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>46</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,45</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

### 5.3.3.2. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,1</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation par usage	
	Électricité (kgCO2/m²/an)
Chauffage	0,6
Production d'ECS	0,5
Auxiliaires de ventilation	0,1
Auxiliaires de distribution	0,04
Éclairage	0,2
Autres usages	1,7
<b>Total</b>	<b>3,1</b>

### 5.3.3.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :

Nombre de DH

	Nombre de DH (°C.h)
Séjour-Entrée-Dégagement	1 379
Chambre 1	1 349
Chambre 2	1 758
Chambre 3	1 581
Cuisine	1 236
Nouvelle pièce	914

*Répartition des surchauffes***Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour**

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	313	341	0	1	0	0
Chambre 1	297	349	0	1	0	0
Chambre 2	400	388	0	4	0	0
Chambre 3	348	348	0	24	0	0
Cuisine	297	356	0	11	0	0
Nouvelle pièce	295	328	0	105	0	0

**Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit**

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1235	135	714	135	12	74
Chambre 1	1242	135	723	135	7	72
Chambre 2	1287	135	874	135	18	73
Chambre 3	1263	135	844	135	19	78
Cuisine	1219	135	641	135	10	75
Nouvelle pièce	998	135	481	128	13	83

*Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation*

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,2	32,0
Chambre 1	31,1	32,0
Chambre 2	31,2	32,1
Chambre 3	30,9	32,3
Cuisine	31,2	32,3
Nouvelle pièce	31,6	33,8

## 5.3.4. Déclinaison 2 – Autre nature de mur - double mur

Remplacement du mur en parpaing par un double mur composé de parpaing, d'une lame d'air et d'une contre cloison brique dont les caractéristiques sont en vert dans le tableau ci-dessous :

Parois (int -> ext)	Composants	Resistance R paroi (m². K/ W)
Façade	Enduit Plâtre de 1,5 cm	5,36
	Brique creuse de 5 cm	
	Lame d'air de 3,5 cm	
	Parpaing de 20 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Pare vapeur	
	Paille hachée (20 cm ; R= 3,85)	
	Panneau de fibre de bois (4 cm ; R= 0,93)	
	Enduit à la chaux (1 cm)	
Mur garage	Enduit Plâtre de 1,5 cm	5,21
	Parpaing de 20 cm	
	Brique creuse de 5 cm	
	Lame d'air de 3,5 cm	
	Enduits (mortier) de 1,5 cm	
	Polystyrène expansé (18 cm ; R= 4,32)	
	Enduit Plâtre de 1,5 cm	
Plancher bas sur vide sanitaire	Béton de 20 cm	5,6
	Panneau PSE et laine de bois (17,5 cm ; R= 5,5)	
Plancher haut	Dalle béton de 20 cm	7,58
	Panneau OSB (0,9 cm)	
	Paille hachée (36 cm ; R= 6,92)	

	Panneau de fibre de bois (2,5 cm ; R= 0,49)	
--	---	--

#### 5.3.4.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>109</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>47</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,43</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

#### 5.3.4.2. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,2</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

#### 5.3.5. Déclinaison 3 – Déclinaison 1 sur terreplein

Il s'agit de l'extension sur garage sur terreplein. Ce qui n'implique une absence d'isolation en sous face du plancher bas.

##### 5.3.5.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>101</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>44</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,51</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

#### 5.3.5.2. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>2,9</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

### 5.3.5.3. Confort thermique d'hiver atteint, pour chaque pièce

Température (°C) intérieure minimale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)		
	T int min en occupation (°C)	T int min en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	19,0	11,9
Chambre 1	19,0	11,7
Chambre 2	19,0	12,4
Chambre 3	19,0	12,1
Cuisine	19,0	11,6
Nouvelle pièce	19,0	9,2

Nombre d'heures < 19 °C en occupation hors période de réduit

Confort thermique hiver (Septembre-Avril)	
	N.B. d'heures < à 19°C
Séjour-Entrée-Dégagement	0
Chambre 1	0
Chambre 2	0
Chambre 3	0
Cuisine	0
Nouvelle pièce	0

### 5.3.6. Déclinaison 4 – Plancher haut déjà rénové

Le plancher haut est considéré déjà isolé avec une résistance **R** de **3,95 m².K/W**. On applique les autres actions de rénovation (isolation des murs extérieurs, isolation du plancher bas, changement des menuiseries extérieurs, remplacement de la chaudière gaz par une pompe à chaleur air/eau).

### 5.3.6.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>110</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>48</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,47</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

### 5.3.6.2. Émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an et Impact environnemental de la solution

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,2</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	216	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ic construction	4,3	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an
Temps de retour carbone	2,5	Année

### 5.3.6.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :

Nombre de DH

Zone BR2 / Orientation Nord	
Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	1 431
Chambre 1	1 376
Chambre 2	1 711
Chambre 3	1 566
Cuisine	1 326

*Répartition des surchauffes***Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour sur 8760 h sur une année**

Jour	Nombre d'heures >28°C		Nombre d'heures >32°C		Nombre d'heures >34°C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	346	389	0	16	0	0
Chambre 1	335	394	0	21	0	0
Chambre 2	391	410	0	28	0	0
Chambre 3	363	409	0	37	0	0
Cuisine	342	394	0	32	0	0

**Nombre d'heures > 24°C, > 26°C, > 30°C de nuit sur 8760h sur une année**

Nuit	Nombre d'heures >24°C		Nombre d'heures >26°C		Nombre d'heures >30°C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1212	135	645	135	14	79
Chambre 1	1208	135	637	135	9	82
Chambre 2	1264	135	785	135	21	83
Chambre 3	1239	135	732	135	12	83
Cuisine	1183	135	615	135	12	81

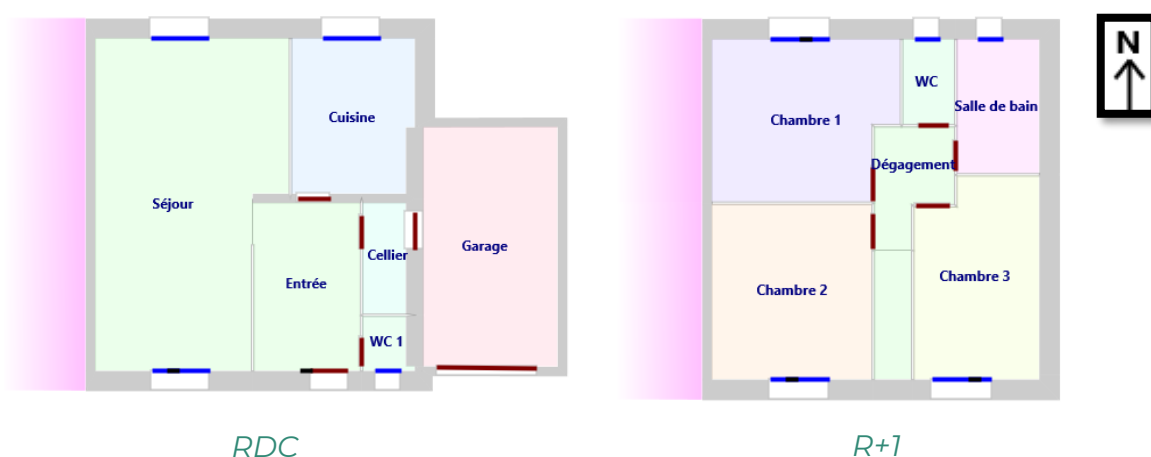
## 5.3.6.4.

Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,4	32,3
Chambre 1	31,3	32,4
Chambre 2	31,4	32,4
Chambre 3	31,3	32,5
Cuisine	31,4	32,6

### 5.3.7. Déclinaison 5 - Mitoyenne simple

Les murs ouest ne sont pas isolés. Ces murs restent en parpaing.



#### 5.3.7.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>105</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>46</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,42</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

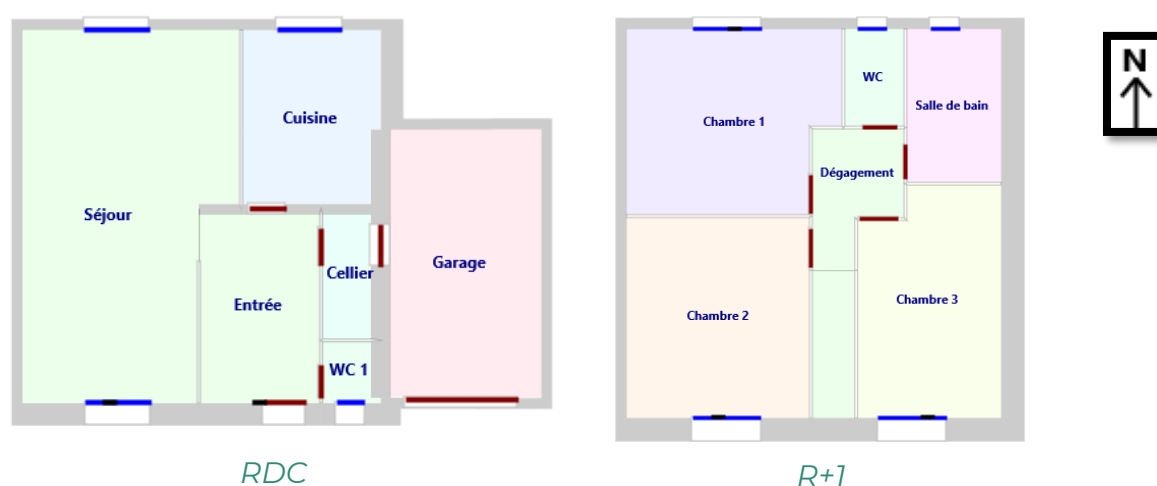
5.3.7.2. Émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an et impact environnemental de la solution

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	211	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ic construction	4,2	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an
Temps de retour carbone	2,4	Année

### 5.3.8. Déclinaison 6 - ITE impossible sur 2 façades

Les murs nord et ouest ne sont pas isolés.



#### 5.3.8.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>136</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>59</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>1,01</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

#### 5.3.8.2. Émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an et Impact environnemental de la solution

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>4,1</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	208	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ic construction	4,2	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an
Temps de retour carbone	2,4	Année

### 5.3.8.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce :

Nombre de DH

Zone BR2 / Orientation Nord	
Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	1 885
Chambre 1	1 915
Chambre 2	2 206
Chambre 3	1 698
Cuisine	1 566

*Répartition des surchauffes*

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour sur 8760h sur une année

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	438	444	1	96	0	0
Chambre 1	419	452	2	97	0	0
Chambre 2	470	470	2	114	0	0
Chambre 3	414	433	0	103	0	0
Cuisine	414	434	0	99	0	0

Nombre d'heures > 24 °C, > 26 °C, > 30 °C de nuit sur 8760 h sur une année

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	969	135	581	135	36	100
Chambre 1	900	135	574	135	41	103
Chambre 2	1048	135	633	135	63	105
Chambre 3	1051	135	596	135	17	94
Cuisine	891	135	550	135	15	97

Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation

Confort thermique été (Juin-Aout)		
Zone BR2 / Orientation Nord		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	32,1	33,2
Chambre 1	32,2	33,6
Chambre 2	32,2	33,7
Chambre 3	31,6	33,0
Cuisine	31,7	33,2

### 5.3.9. Déclinaison 7 - Réemploi

Les hypothèses du réemploi sont données dans le tableau ci-dessous :

Désignation	% de réemploi
Graviers roulés en toiture terrasse	100 %
Chevrans pour ventilation de la toiture terrasse	50 %
Entretoises et lambourdes sur chaque modules	15 %
OSB sur tout le projet (si protocole de vérification respecté)	50 %

Cela se traduit en quantité selon le tableau ci-après :

Nom	Quantité initiale	Quantité en réemploi	Unité fiche
Panneau OSB 9 mm	60,85	30,43	m <sup>2</sup>
Gravier	3,65	3,65	m <sup>3</sup>
Panneau OSB 15 mm	60,85	30,43	m <sup>2</sup>
Montant douglas	1,1	0,17	m <sup>3</sup>
Chevron pour ventilation	0,27	0,14	m <sup>3</sup>

### 5.3.9.1. Émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an et impact environnemental de la solution

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,2</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	235	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ic construction	4,7	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

### 5.3.10. Déclinaison 8 - Menuiseries déjà remplacées, à conserver

Les performances des fenêtres utilisées sont spécifiées dans le tableau ci-dessous

Menuiserie	Type	Coefficient U (W/m <sup>2</sup> . K)	Sw/Sd	Tlw
Fenêtres	Double vitrage	2,76	0,53	0,53

#### 5.3.10.1. Indicateurs de performance énergétique

Indicateurs de performances énergétiques		
Cep	<b>111</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cef	<b>48</b>	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> /an
U-bat	<b>0,51</b>	W/(m <sup>2</sup> .K)

### 5.3.10.2. Émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation du bâtiment en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an et Impact environnemental de la solution

Émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation de l'énergie en phase d'exploitation		
Ic Énergie	<b>3,2</b>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an

Empreinte carbone de la solution		
Ic construction	205	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ic construction	4,1	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an
Temps de retour carbone	2,4	Année

### 5.3.10.3. Confort thermique d'été atteint, pièce par pièce

#### Nombre de DH

Nombre de DH (°C.h)	
Séjour-Entrée-Dégagement	1 296
Chambre 1	1 238
Chambre 2	1 573
Chambre 3	1 435
Cuisine	1 148

*Répartition des surchauffes*

Nombre d'heures > 28 °C, > 32 °C, > 34 °C de jour.

**Zone BR2/Orientation Nord(initiale)**

Jour	Nombre d'heures >28 °C		Nombre d'heures >32 °C		Nombre d'heures >34 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	304	363	0	4	0	0
Chambre 1	294	359	0	5	0	0
Chambre 2	349	384	0	10	0	0
Chambre 3	328	382	0	15	0	0
Cuisine	297	366	0	13	0	0

Nombre d'heures > 24°C, > 26°C, > 30°C de nuit

**Zone BR2/Orientation Nord(initiale)**

Nuit	Nombre d'heures >24 °C		Nombre d'heures >26 °C		Nombre d'heures >30 °C	
	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation	Occupation	Inoccupation
Séjour-Entrée-Dégagement	1181	135	614	135	10	75
Chambre 1	1191	135	619	135	6	73
Chambre 2	1246	135	761	135	15	75
Chambre 3	1217	135	720	135	7	76
Cuisine	1114	135	560	135	8	77

*Température (°C) maximale atteinte en occupation et inoccupation*

Confort thermique été (Juin-Aout)		
	T int max en occupation (°C)	T int max en inoccupation (°C)
Séjour-Entrée-Dégagement	31,3	32,2
Chambre 1	31,2	32,2
Chambre 2	31,2	32,3
Chambre 3	31,2	32,3
Cuisine	31,2	32,5

## 5.3.11. Récapitulatif des résultats

Scénarios	Plan B_V2			
	Énergie		Ic énergie (kgCO2/m²/an)	Ic construction (kgCO2/m²)
	Cep (kWh <sub>ep</sub> /m²/an)	Cef (kWh <sub>ef</sub> /m²/an)		
<b>État initial</b>	468	425	91	
<b>Rénovation globale</b> (référence)	108	47	3,2	215
<b>Déclinaison 1</b> : extension sur garage	105	46	3,1	
<b>Déclinaison 2</b> : autre nature mur - double mur [+ lame d'air + contre cloison brique 5 cm]	109	47	3,2	
<b>Déclinaison 3</b> : Décll + plancher bas sur terre-plein	101	44	2,9	
<b>Déclinaison 4</b> : Couverture déjà rénovée	110	48	3,2	216
<b>Déclinaison 5</b> : Mitoyenne simple - maison mitoyenne simple	105	46	3	211
<b>Déclinaison 6</b> : ITE impossible sur 2 façades - Mur à proximité de limites parcellaires	136	59	4,1	208
<b>Déclinaison 7</b> : Réemploi pour la solution			3,2	235
<b>Déclinaison 8</b> : Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées, à conserver	111	48	3,2	205

La maison V5 présente à l'état initial des consommations énergétiques et un impact carbone en phase d'usage très élevés, en lien avec une typologie à toiture plate particulièrement défavorable.

La rénovation globale permet une réduction de près de 80 % des consommations d'énergie et une chute très significative de l'impact carbone, atteignant un niveau compatible avec le BBC rénovation.

Les déclinaisons montrent que la performance de V5 repose fortement sur le traitement de l'enveloppe, en particulier l'ITE et le plancher bas. Les scénarios contraints, notamment l'impossibilité d'isoler certaines façades, dégradent sensiblement les performances et constituent un point de vigilance majeur.

À l'inverse, les scénarios de conservation d'éléments existants ou de compacité accrue permettent de maintenir de bonnes performances tout en réduisant l'impact carbone de la phase construction.

Scénarios	Plan B_V5											
	Confort été											
	T° max en occupation (°C)						DH (°C.h)					
	Séjour	Ch. 1	Ch. 2	Ch. 3	Cuisine	Extension	Séjour	Ch. 1	Ch. 2	Ch. 3	Cuisine	Extension
État initial	34,3	36,9	37,3	37,1	33,5		3 142	4 398	4 958	4 636	2 711	
Rénovation globale (référence)	31,3	31,1	31,2	31,2	31,2		1 398	1 337	1 711	1 556	1 290	
Déclinaison 1 : extension sur garage	31,2	31,1	31,2	30,9	31,2	31,6	1 379	1 349	1 758	1 581	1 236	914
Déclinaison 4 : Couverture déjà rénovée	31,4	31,3	31,4	31,3	31,4		1 431	1 376	1 711	1 566	1 326	
Déclinaison 6 : ITE impossible sur 2 façades - Mur à proximité de limites parcellaires	32,1	32,2	32,2	31,6	31,7		1 885	1 915	2 206	1 698	1 566	
Déclinaison 8 : Menuiseries (fenêtres) déjà remplacées, à conserver	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2		1 296	1 238	1 573	1 435	1 148	

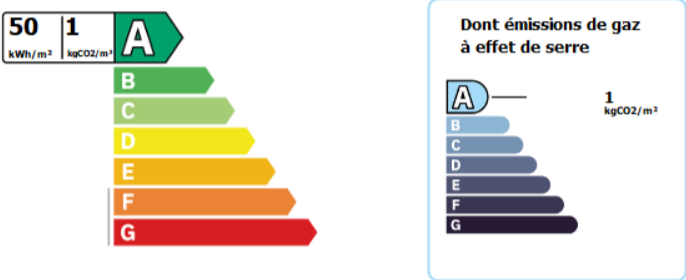
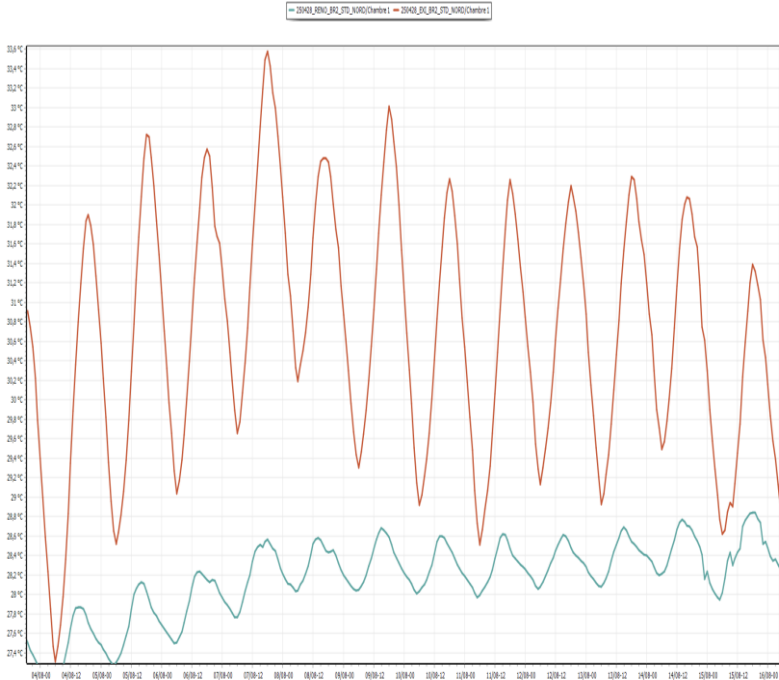
La maison V5 présente à l'état initial un inconfort estival marqué, avec des températures maximales supérieures à 37 °C et des degrés-heures élevés, notamment dans les chambres.

La rénovation globale permet une réduction significative des températures maximales et des durées d'inconfort, ramenant les indicateurs à des niveaux compatibles avec les seuils de vigilance.

Les déclinaisons confirment la sensibilité particulière de cette typologie à toiture plate au traitement de l'enveloppe : l'impossibilité de mettre en œuvre l'ITE sur certaines façades dégrade sensiblement le confort d'été.

À l'inverse, les scénarios intégrant une extension performante ou la conservation de menuiseries existantes maintiennent, voire améliorent, le confort estival

6. CONCLUSION

Volet	Résultats / performance (par rapport à l'état initial)	Eléments de justification
Énergie / Environnement	<p><b>État initial</b> : toutes les maisons présentent des consommations très élevées et un impact carbone en phase d'usage important, illustrant un besoin majeur de rénovation. Les maisons les plus complexes (V2 et V5) sont particulièrement énergivores, avec des Cep supérieurs à 440 kWh/m²/an et des Cef supérieurs à 400 kWh/m²/an.</p> <p><b>Rénovation globale de référence</b> : réduction des consommations d'énergie de l'ordre de 70-77 % selon la maison étudiée, chute très significative de l'impact carbone en phase d'usage (2,7-3,2 kgCO<sub>2</sub>/m²/an), la construction maîtrisée (≈205-262 kgCO<sub>2</sub>/m²), malgré la diversité des typologies.</p> <p>La solution développée comporte des matériaux (éléments bois d'ossatures, paille de riz) qui permettent de <b>stocker du carbone</b> lors de leur croissance.</p> <p>L'empreinte carbone de la rénovation est alors réduite, avec un <b>temps de retour carbone évalué autour de 3 ans</b>.</p>	 <p>The figure contains two charts. On the left is a standard energy performance label showing a range from 50 kWh/m² to 1 kWh/m², with a green arrow pointing to 'A'. On the right is a chart titled 'Dont émissions de gaz à effet de serre' showing a range from 1 kgCO<sub>2</sub>/m² to 1 kgCO<sub>2</sub>/m², with a green arrow pointing to 'A'.</p>
Confort d'été	<p><b>État initial</b> : toutes les maisons présentent des surchauffes marquées, avec des T° max supérieures à 32-43 °C et des DH très élevés (&gt;2 400 à 7 500 °C.h).</p> <p><b>Rénovation globale</b> : amélioration significative du confort d'été sur toutes les typologies, avec des T° max stabilisées autour de 30-31,5 °C, une forte réduction des degrés-heures et des amplitudes thermiques.</p> <p><b>Déclinaisons critiques</b> : aménagement des combles (V0) et impossibilité de mettre en œuvre l'ITE (V5) augmentent le risque de surchauffe estivale, particulièrement dans les pièces sous toiture ou orientées sud.</p> <p>Le graphique ci-contre illustre la température dans la chambre (BV0) avant rénovation (en rouge) et après rénovation (en bleu), pour les 15 premiers jours du mois d'août (sans occupants). La solution de rénovation permet de <b>réduire les apports solaires en été et de limiter les surchauffes</b>.</p>	 <p>The figure is a line graph showing temperature over time for room BV0. The y-axis represents temperature in °C, ranging from 27.5 to 35.5. The x-axis represents time from 01/08 to 15/08. Two lines are plotted: a red line representing the temperature before renovation and a blue line representing the temperature after renovation. The red line shows significant peaks, reaching up to 35.5 °C, while the blue line remains relatively stable, fluctuating between 28.5 and 30.5 °C.</p>

Santé et confort	QAI	La mise en place d'une ventilation mécanique simple flux permet <b>d'améliorer la qualité de l'air intérieur</b> , en apportant un renouvellement d'air et d'oxygène conforme aux exigences réglementaires.
	Éclairage	L'isolation thermique par l'extérieur réduit l'éclairage naturel dans la maison (cf calculs FLJ ex : -31 à -34 % pour BV5). Cependant, <b>ce calcul est basé sur une approche simplifiée</b> , qui ne <b>tient pas compte des facteurs de réflexion des embrasures des fenêtres</b> (qui seront remplacées). Aussi, une baisse moins significative peut être attendue après réalisation de la rénovation globale.
	Acoustique	La <b>solution améliorera la situation existante</b> car nous ajoutons un complexe d'isolation complémentaire, derrière un bardage en préservant ainsi la théorie « masse / ressort / masse ».

L'ensemble des simulations sur les maisons V0, V2 et V5 montre que la rénovation globale (comprenant la mise en œuvre de la solution Crealead) permet une réduction majeure des consommations énergétiques (≈70–77 %) et de l'impact carbone en phase d'usage (2,7–3,2 kgCO<sub>2</sub>/m²/an), tout en maintenant un Ic construction maîtrisé (≈205–262 kgCO<sub>2</sub>/m²). Cela grâce à **solution conçue à partir de ressources locales et de réemploi** (qui permet de valoriser des résidus agricoles) affiche des performances environnementales plus qu'attrayantes, avec un temps de retour carbone inférieur à 4 ans.

Les déclinaisons confirment que les leviers clés sont l'isolation des planchers, des murs et de la toiture, la continuité de l'ITE, le traitement des volumes non chauffés, ainsi que la compacité et la conservation de menuiseries existantes. Le confort d'été est fortement amélioré dans toutes les maisons étudiées, bien que les combles aménagés, la toiture plate ou l'absence d'ITE sur certaines façades nécessitent une vigilance particulière. Ces résultats soulignent que la performance globale de la solution repose sur une approche intégrée et équilibrée, où chaque levier contribue à optimiser simultanément consommation, carbone et confort thermique.

Nous espérons à présent passer en **phase opérationnelle** avec la réalisation d'une **première rénovation prototype instrumentée** pour vérifier ces résultats et conforter notre stratégie à moyen terme.

**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 à chaleur
PEP	Profil environnemental produit
QAI	Qualité de l'air Intérieur
QEC	Quartier échelle carbone
SDP	Surface de plancher
SHAB	Surface habitable
STD	Simulation thermique dynamique

## ANNEXE : HYPOTHÈSES COMMUNES À UTILISER

Pour rappel les caractéristiques exhaustives de l'enveloppe à l'état initial sont l'état initial sont inclus dans un **ensemble de ressources techniques mis à disposition sur [Pro'Réno](#)**, afin de faciliter la conception de solutions adaptées aux typologies

### Étanchéité à l'air :

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

Émetteurs 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 (°C)	60
Mode de régulation	Circulateur	Vitesse constante
	Fonctionnement	Débit constant et fonctionnement intermittent
	Débit nominal (m <sup>3</sup> /h)	0,2
	Puissance circulateur (W)	50
Surpuissance de l'émetteur (W/m <sup>2</sup> )	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

Émetteur 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
Bois	1
Électricité	2,3
Réseau urbain (chauffage)	1
Réseau urbain (froid)	1
Gaz méthane (naturel) issu des réseaux	1
Énergie renouvelable captée sur le bâtiment ou la parcelle	0
Autres énergies	1

## 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
Bois, biomasse - plaquettes forestière	0,024
Bois, biomasse - Granulés (pellets) ou briquettes	0,03
Bois, biomasse - Buche	0,03
Électricité chauffage	0,079
Électricité refroidissement	0,064
Électricité ECS	0,065
Électricité éclairage tertiaire	0,064
Électricité éclairage habitation	0,069
Électricité autres usages	0,064
Gaz méthane (naturel) issu des réseaux	0,227
Gaz butane	0,272
Gaz propane	0,272
Autres combustibles fossiles	0,324

## Scénarios :

### Température de consigne :

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

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	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	

**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
Lundi, mardi, jeudi, vendredi	70	70	70	70	70	70	70	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	70
Mercredi	70	70	70	70	70	70	70	100	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	70
Weekend	70	70	70	70	70	70	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	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 22 h à 7 h) et ouvertes pendant la journée (de 7 h à 22 h).

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	56 L / 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

m<sup>2</sup> unité  
 5,7 Watts/unité

par ex surface du local  
 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  
 0 kg/h/unité

m<sup>2</sup> en résidentiel, nombre de lits, nombres de douches  
 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	

**Éclairage :**

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								200	200											200	200	200		
Weekend								200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		