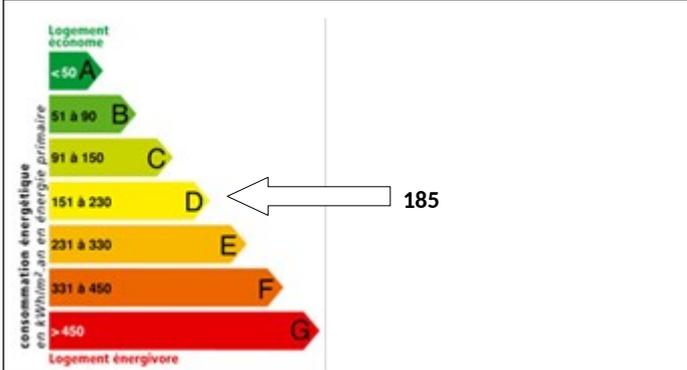
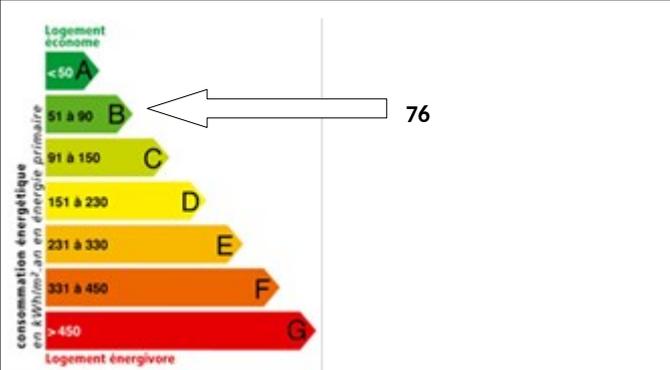


Audit énergétique



Maison individuelle de M.X

Étiquette énergétique initiale* en kWhep/m ² .an (5 usages RT)	Étiquette énergétique* projet en kWhep/m ² .an (5 usages RT)
 <p>Logement économe < 50 A 51 à 90 B 91 à 150 C 151 à 230 D ← 185 231 à 330 E 331 à 450 F > 450 G Logement énergivore</p>	 <p>Logement économe < 50 A 51 à 90 B ← 76 91 à 150 C 151 à 230 D 231 à 330 E 331 à 450 F > 450 G Logement énergivore</p>

* étiquettes indicatives, ne constituent pas un DPE (les méthodes de calculs sont différentes)

Date de la visite	01/01/16	Auditeur	M. BRIDE Benoît
Date de 1 ^{ère} restitution	15/01/16	Version du rapport	A
Date de validation	20/01/16		

Synthèse

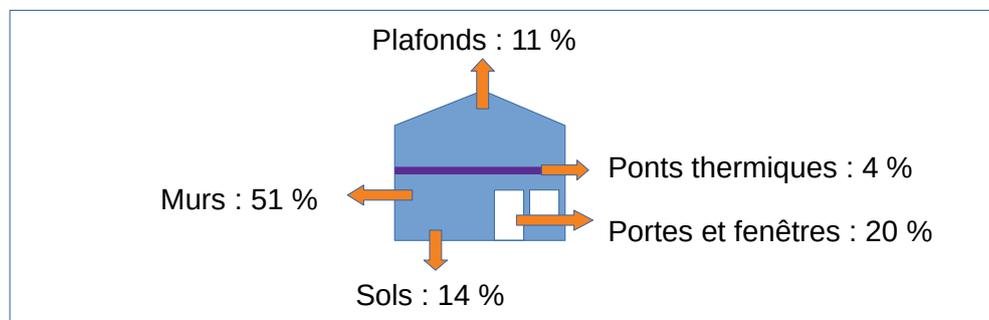
M.X souhaite faire analyser la performance thermique de sa maison récemment acquise. L'objectif est de connaître et prioriser les différentes opérations permettant de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer le niveau de confort en hiver en en été, et de juguler les problématiques d'humidité. Les travaux de rénovation ont déjà débuté. La maison est chauffée partiellement et elle est occupée par 4 personnes.

Descriptif de la maison

Le bâtiment en pierre date de 1935, et le logement a une surface habitable de 137 m² sur 2 niveaux chauffés.

La maison est située dans une commune de petite montagne, en zone pavillonnaire. Le jardin est orné de quelques arbres mais les façades profitent largement de la lumière du soleil. Le chauffage est assuré par un poêle à bois unique. L'eau chaude sanitaire est produite par un ballon électrique. La maison est peu isolée, et elle ne dispose pas d'une ventilation mécanique. Les ouvrants sont soit anciens en simple vitrage bois soit plus récents en double vitrages classiques.

Modélisation des déperditions thermiques de votre maison



Synthèse de l'état des lieux

Paroi	Avis
Murs	Les murs sont très peu et partiellement isolés, ils représentent la part principale des déperditions thermiques.
Plafonds	L'isolation présente en plafonds est moyennement efficace.
Sols	Les sols ne sont pas isolés, ils créent un effet de paroi froide et de l'inconfort.
Ouvrants	Les doubles-vitrages récents sont corrects thermiquement. Les simples vitrages anciens sont par contre sources d'entrée d'air et d'inconfort thermique.
Système	Avis
Chauffage	Le poêle utilise une énergie renouvelable et peu chère (bois-bûches), et il a un rendement correct.
Eau chaude sanitaire	Le ballon devrait être placé en zone chauffée pour diminuer ses déperditions.
Ventilation	Peu maîtrisée : son insuffisance peut créer des problèmes de condensation.

A l'issue de ces constats, la simulation thermique montre que la quantité de chaleur nécessaire au chauffage complet de la maison est importante (26 stères par an), mais le poêle actuel ne peut pas assurer le confort thermique dans toutes les pièces par grands froids en raison du manque d'isolation.

Consommation initiale et scénarios de rénovation

SCENARIOS DE RÉNOVATION						
Opération	Gain*	Coût	État initial	Scénario 40 %	Scénario BBC	Scénario Alternatif
Isolation des murs par l'extérieur	28%	38000 € HT		OUI	OUI	OUI
Remplacement des ouvrants anciens	6%	14000 € HT		OUI	OUI	OUI
Mise en place d'une VMC hygroréglable de type B	6%	1800 € HT		OUI	OUI	OUI
Isolation du sous-sol	7%	5200 € HT		-	OUI	OUI
Isolation des rampants	3%	2900 € HT		-	OUI	OUI
Isolation des combles	6%	2700 € HT		-	OUI	OUI
Récupérateur de chaleur sous douche	6%	2000 € HT		-	OUI	OUI
Remplacements des doubles vitrages récents	2 %	9000 € HT		-	-	OUI
Remplacement du poêle à bois-bûches	8%	5500 € HT		-	-	OUI
Mise en place d'une VMC double flux	10%	7500 € HT		-	-	-
Chauffe-eau solaire	11%	6000 € HT		-	-	-
Installation d'un poêle à granulés	12%	6500 € HT		-	-	-
Installation de panneaux photovoltaïques	7%	3500 € HT		-	-	-
Consommation en kWh/m².an			185	111	76	67
Coefficient d'étanchéité Q4 en m³/(h.m²)			1.7	1.6	1.5	1.4
Gain en énergie primaire du scénario			-	40%	59%	64%
Gain en énergie finale du scénario			-	49%	67%	73%
Coût Global du scénario			-	53 800 € HT	66 600 € HT	81 100 € HT
Facture énergétique annuelle (conventionnelle)			2150 € TTC	1270 € TTC	860 € TTC	750 € TTC
Gains annuels			-	880 €	1290 €	1400 €
Temps de retour sur investissement maximal en années (cf. annexe 4)			-	62	52	58
Ubât en W/m².K			1.26	0.69	0.48	0.44
Émissions de CO₂ du Bâtiment en kgeqCO₂/m².an			4	2	1	1

* gain sur consommation d'énergie primaire

Table des matières

1. Introduction.....	5
2. Souhaits du particulier.....	5
2.1. Attentes générales.....	5
2.2. Volontés particulières sur les énergies, les matériaux et les systèmes.....	5
2.3. Modification du bâti.....	5
3. Méthodologie.....	5
3.1. Logiciel de calcul thermique et outils utilisés.....	6
3.2. Objectif à atteindre.....	6
3.3. Hypothèses de travail.....	6
3.4. Rappel sur les unités et définitions.....	6
4. Description de l'état initial de l'habitation.....	7
4.1. Caractéristiques générales.....	7
4.2. Composition des parois.....	8
4.2.1 Plafonds et toiture.....	8
4.2.2 Murs.....	9
4.2.3 Sols.....	11
4.2.4 Ouvrants.....	11
4.3. Description des systèmes.....	12
4.3.1 Chauffage.....	12
4.3.2 Production d'eau chaude sanitaire.....	13
4.3.3 Ventilation.....	14
4.4. Points d'attention particuliers.....	14
5. Consommations énergétiques.....	14
5.1. Consommations d'énergie calculées.....	14
5.2. Comparaison entre les consommations calculées et les consommations réelles.....	15
6. Synthèse de l'état des lieux.....	16
7. Propositions d'améliorations.....	16
7.1. Amélioration de la performance du bâti.....	17
7.1.1 Isolation des murs par l'extérieur.....	17
7.1.2 Isolation du sous-sol.....	18
7.1.3 Isolation des rampants.....	18
7.1.4 Isolation des combles.....	19
7.2. Ouvrants.....	19
7.2.1 Remplacement des ouvrants anciens.....	19
7.2.2 Remplacements des doubles vitrages récents.....	20
7.3. Amélioration des performances des systèmes.....	21
7.3.1 Mise en place d'une VMC hygro-réglable de type B.....	21
7.3.2 Mise en place d'une VMC double flux.....	22
7.3.3 Récupérateur de chaleur sous douche.....	23
7.3.4 Chauffe-eau solaire.....	24
7.3.5 Remplacement du poêle à bois-bûches.....	25
7.3.6 Installation d'un poêle à granulés.....	25
7.3.7 Installation de panneaux photovoltaïques.....	26
7.4. Traitement de l'étanchéité à l'air.....	26
7.5. Traitement des ponts thermiques.....	27
7.6. Traitement des pathologies.....	27
8. Scénarios de réhabilitation.....	27
8.1. Scénario BBC et scénarios par étapes.....	27
8.2. Résultats détaillés de la solution BBC globale.....	29
9. Conclusion.....	30
10. Annexe 1 : Plans.....	32
11. Annexe 2 : Traitement de l'étanchéité à l'air.....	33
12. Annexe 3 : Astuces de sobriété énergétique.....	34
13. Annexe 4 : Retours sur investissement.....	36
14. Annexe 5 : Autres conventions de calcul.....	37

1. Introduction

Actuellement en France, le secteur du bâtiment est celui qui consomme le plus d'énergie. Le parc immobilier étant majoritairement ancien, la rénovation thermique massive des bâtiments est indispensable pour atteindre les objectifs ambitieux de maîtrise des consommations d'énergie que le pays s'est fixé.

Avant toute intervention sur un bâtiment, il est indispensable de cibler les points d'améliorations et de proposer des solutions adaptées de travaux grâce à un audit énergétique.

L'audit énergétique se déroule de la manière suivante :

- visite et état des lieux du bâtiment,
- réalisation d'une simulation thermique à partir des données recueillies sur site et des documents en notre possession,
- propositions chiffrées (énergétique et financière) des pistes d'améliorations,
- présentation d'une solution pour atteindre le niveau BBC-rénovation (Bâtiment Basse Consommation au sens du label Effinergie), selon une approche globale ou par étapes,
- estimation des coûts énergétiques annuels,
- conclusion sur la faisabilité d'un projet BBC.

2. Souhaits du particulier

2.1. Attentes générales

M.X souhaite faire analyser la performance thermique de sa maison récemment acquise. L'objectif est de connaître et prioriser les différentes opérations permettant de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer le niveau de confort en hiver en en été, et de juguler les problématiques d'humidité. Les travaux de rénovation ont déjà débuté. La maison est chauffée partiellement et elle est occupée par 4 personnes.

2.2. Volontés particulières sur les énergies, les matériaux et les systèmes

En ce qui concerne l'isolation, le propriétaire désire étudier la pertinence et la faisabilité des opérations suivantes :

- isolation des plafonds,
- isolation des murs par l'extérieur,
- changement des huisseries anciennes,
- isolation des sols depuis le sous-sol.

Concernant les systèmes et les types d'énergie, le remplacement du poêle à bois est envisageable suite à la rénovation thermique (le poêle actuel est un modèle « basique » placé en urgence avant l'hiver).

Les types de matériaux à utiliser seront de préférence biosourcés.

2.3. Modification du bâti

La maison date de 1935, mais elle a déjà bénéficié de modifications dans le passé lors de l'aménagement des surfaces habitables.

Aucune modification du bâti n'est prévue par la suite, mais des cloisons seront supprimées. La salle de bain sera probablement refaite.

3. Méthodologie

L'audit énergétique est fondé sur des calculs de consommations conventionnelles qui peuvent différer des consommations réelles selon le comportement des usagers. Le niveau des consommations annoncées se base sur les hypothèses rappelées ci-dessous.

3.1. Logiciel de calcul thermique et outils utilisés

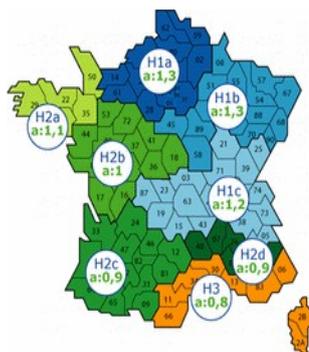
Calculs réalisés avec le logiciel **U48winV2** (calculs thermiques en rénovation selon la méthode CSTB RT-CE-ex).

Outils utilisés : mètre laser, détecteur faible émissivité, hygromètre/thermomètre infrarouge, vitromètre, wattmètre

3.2. Objectif à atteindre

En rénovation, la valeur moyenne de consommations à atteindre en France pour atteindre le niveau BBC est de 80 kWhep/m².an (consommations exprimées en énergie primaire).

Cette valeur est pondérée par l'altitude et la zone climatique. Pour votre habitation l'objectif est le suivant.



Zone climatique	H1c
Altitude (m)	540
Valeur maximale des consommations pour être BBC sur votre projet (Cep en kWhep/m².an)	104

3.3. Hypothèses de travail

Nombre de personnes : 4

Scénario d'occupation journalière permanente.

Documents disponibles : photographies, factures d'énergie, plans, DPE.

3.4. Rappel sur les unités et définitions

RT : réglementation thermique. Les usages retenus pour le calcul des consommations sont :

- le chauffage,
- l'eau chaude sanitaire,
- la ventilation et les auxiliaires de chauffage,
- l'éclairage,
- la climatisation.

SRT : La surface thermique au sens de la réglementation thermique, qui inclut en particulier l'emprise des murs extérieurs.

Énergie primaire : c'est l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés. Ce sont principalement le pétrole brut, les schistes bitumineux, le gaz naturel, les combustibles minéraux solides, la biomasse, le rayonnement solaire, l'énergie hydraulique, l'énergie du vent, la géothermie et l'énergie tirée de la fission de l'uranium. Elle diffère de l'énergie finale qui est l'énergie livrée au consommateur (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

kWhep : kilowatt heure d'énergie primaire :

- pour le pétrole, le gaz et le charbon, 1 kWh consommé est égal à 1 kWhep.
- pour l'électricité, 1 kWh consommé est égal à 2,58 kWhep, car au niveau de la centrale électrique, le rendement est au mieux de 40 %.
- pour le bois (bûches et granulés), 1 kWh consommé est égal à 0,6 kWhep, car il s'agit d'une énergie considérée comme renouvelable.

Cep [kWhep/m².an]: Consommation annuelle conventionnelle d'énergie primaire par m² de SRT

R pour les isolants : résistance thermique en (m².K)/W. Plus R est grande, plus le matériau est isolant.

U [W/m²K] : Coefficient de transmission thermique d'une paroi. Plus les U sont faibles et plus les parois sont performantes. $U = 1/R$

Ubât [W/m²K] : Coefficient moyen de déperditions spécifique par transmission du bâtiment qui tient compte à la fois des pertes thermiques surfaciques et linéiques ramenées à la somme des aires intérieures des parois déperditives.

Q4 : niveau de fuites d'air du bâtiment (débit en m³/h.m²)

4. Description de l'état initial de l'habitation

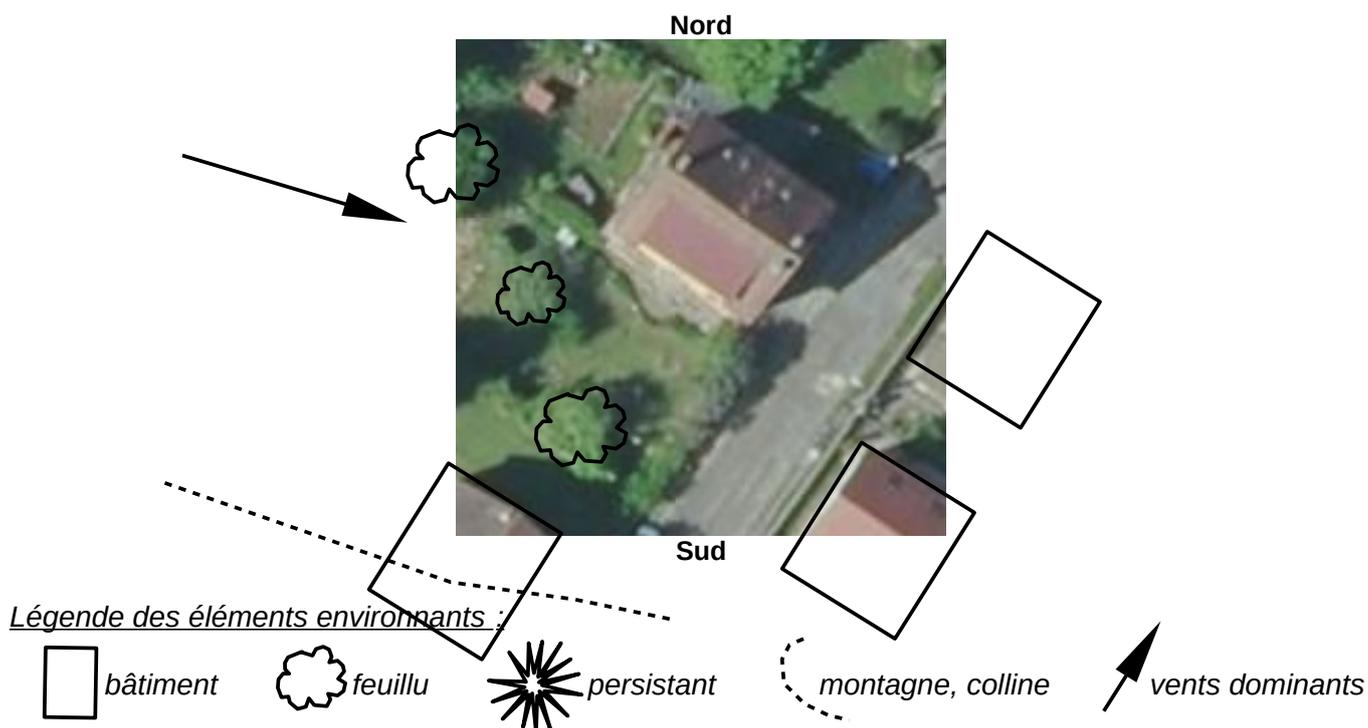
4.1. Caractéristiques générales

Type de bâtiment : maison individuelle

Type de structure :

- Année de construction : 1935
- Surface SRT (m²) : 177
- Nombre de pièces : 14 (salles de bain, WC et halls inclus)
- Surface SHAB (m²) : 137
- Nombre de niveaux chauffés : 2
- Surface chauffée (m²) : 137

Plan de situation :



État général et situation de l'habitation :

La maison est située dans une commune de petite montagne, en zone pavillonnaire. Le jardin est orné de quelques arbres mais les façades profitent largement de la lumière du soleil. Le chauffage est assuré par un poêle à bois unique. L'eau chaude sanitaire est produite par un ballon électrique. La maison est peu isolée, et elle ne dispose pas d'une ventilation mécanique. Les ouvrants sont soit anciens en simple vitrage bois soit plus récents en double vitrages classiques.

Le premier niveau d'habitation est situé au dessus d'un sous-sol semi enterré. Il comporte un hall d'entrée, un séjour-cuisine, deux chambres et une salle de bain.

Le deuxième niveau est aménagé sous le toit, et il comporte un couloir, un séjour, quatre chambres, une cuisine, un WC et une salle de bain.

4.2. Composition des parois

NB : les avis généraux sur l'état des parois et des systèmes dans les paragraphes ci-dessous prennent en considération à la fois l'usure et la performance thermique. Ils sont notés avec les trois niveaux suivants :

- ☺ : bon
- ☹ : moyen
- ⊖ : mauvais

4.2.1 Plafonds et toiture

Plafonds sous combles			
Localisation	Sous combles non habitables (plafonds horizontaux)		
Composition toiture ou plafond	Plafond bois et plâtre + isolant		
Nature et épaisseur d'isolant	Laine de verre 10cm		
Date de l'isolation	~1990		
Surface (m ²)	U (W/ m ² .K)	U réf BBC (W/ m ² .K)	État
56 m ²	0.62	0,10 à 0,15	⊖: mauvais
Points particuliers	-		



Rampants			
Localisation	Sous toiture (plafonds inclinés)		
Composition toiture ou plafond	Plafond bois et plâtre + isolant		
Nature et épaisseur d'isolant	Laine de verre 10cm		
Date de l'isolation	~1990		
Surface (m ²)	U (W/ m ² .K)	U réf BBC (W/ m ² .K)	État
18 m ²	0.65	0,10 à 0,15	⊖: mauvais
Points particuliers	-		



4.2.2 Murs

Murs extérieurs non isolés			
Localisation	Façades maison, zones non doublés à l'intérieur		
Composition des murs	Pierre 50cm + parement (plâtre)		
Présence de murs de refends	Deux refends transversaux		
Nature et épaisseur d'isolant	-		
Date de l'isolation	-		
Surface (m ²)	U (W/ m ² .K)	U réf BBC (W/ m ² .K)	État
104 m ²	1.7	0,25	⊖: mauvais
Points particuliers	-		



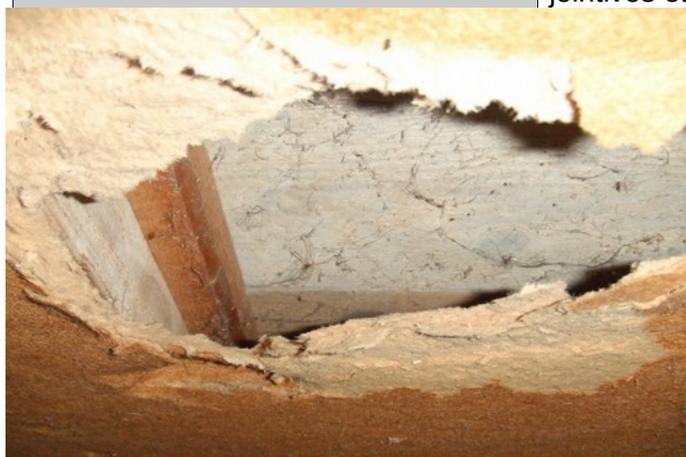


Murs extérieurs isolés 5cm			
Localisation	Murs du 2 ^e niveau doublés par l'intérieur		
Composition des murs	Pierre 50cm + doublage		
Présence de murs de refends	-		
Nature et épaisseur d'isolant	Laine de verre ~5cm		
Date de l'isolation	~1990		
Surface (m ²)	U (W/ m ² .K)	U réf BBC (W/ m ² .K)	État
47 m ²	0.66	0,25	⊗: mauvais
Points particuliers	-		



4.2.3 Sols

Plancher sur sous-sol			
Localisation	Sol des pièces du premier niveau		
Composition du plancher bas	Plancher bois + gravats		
Nature et épaisseur d'isolant	-		
Date de l'isolation	-		
Surface (m ²)	U (W/ m ² .K)	U réf BBC (W/ m ² .K)	État
73 m ²	1.32	0,18 à 0,28	☹: mauvais
Points particuliers	Plaques de fibre de bois isorel à certains endroits, non jointives et globalement inefficaces.		



4.2.4 Ouvrants

Type	Nom- bre	Type d'occul- tation	Année de pose	Basse émissivité (oui /non)	Uw ou Ud (W/m ² .K)	Uw ou Ud réf BBC (W/ m ² .K)	Etat
Fenêtres anciennes simple-vitrage bois	5	Volets bois	?	non	4,0 à 4,5	0,7 à 1,4	☹: mauvais
Fenêtres anciennes avec survitrage bois	3	Volets bois	?	non	3,0 à 3,5	0,7 à 1,4	☹: mauvais
Fenêtres et portes-fenêtres double-vitrage bois	7	Volets bois	~1990	non	2,5 à 3,0	0,7 à 1,4	☺ : moyen
Fenêtres de toit double vitrage bois	4	-	~1990	non	2,5 à 3,0	0,7 à 1,4	☺ : moyen
Portes d'entrée anciennes simple vitrage bois	2	Volets bois	?	non	4,0 à 5,0	0,7 à 1,4	☹: mauvais
Points particuliers	-						



4.3. Description des systèmes

4.3.1 Chauffage

Chauffage principal	
Type d'énergie	Bois-bûches
Systèmes de production	Poêle
Rendement système	79 %
Localisation (volume chauffé/non chauffé)	Volume chauffé
Puissance	10,6kW
Année de pose	2015
Type d'émetteur de chaleur	-
Présence de vannes thermostatiques	-
Régulation	Non
Conduites de chauffage isolées (oui /non)	-
État du système	☺ : bon
Points particuliers	-



4.3.2 Production d'eau chaude sanitaire

Système de production d'eau chaude	
Type d'énergie	Électricité
Système de production	Ballon électrique
Volume du ballon (litres)	100
Localisation (volume chauffé/non chauffé)	Volume non chauffé
Puissance	1200W
Année de pose	2015
Etat du système	☺ : moyen
Points particuliers	-



4.3.3 Ventilation

Système de ventilation	
Ventilation mécanique	Non
Type de ventilation	Naturelle
Année de pose	-
Localisation des entrées d'air	-
Etat du système	☹: mauvais
Points particuliers	-

4.4. Points d'attention particuliers

Contrainte architecturale (avis ABF, limite de propriétés) :

Aucune contrainte portée à notre connaissance.

Étanchéité à l'air :

Une rénovation au niveau BBC peut nécessiter un travail important sur l'étanchéité à l'air du bâtiment (cf. annexe 2).

Défauts d'étanchéité repérés :

- Fenêtres et portes non jointives : des courants d'air sont susceptibles d'être ressentis près des huisseries anciennes.
- Trappe d'accès aux combles sans joint : l'air chaud est susceptible de s'échapper ou l'air froid des combles peut pénétrer dans la maison.
- Lambris de rampants sans film frein-vapeur : L'air chaud peut s'échapper entre les lames.

Dans le calcul RT-CEx, le débit de fuite pris en compte par défaut pour les calculs est de 1,7 m³/h.m² (valeur imposée). Seul un test d'étanchéité par porte soufflante permet de connaître une valeur plus précise du débit de fuite.

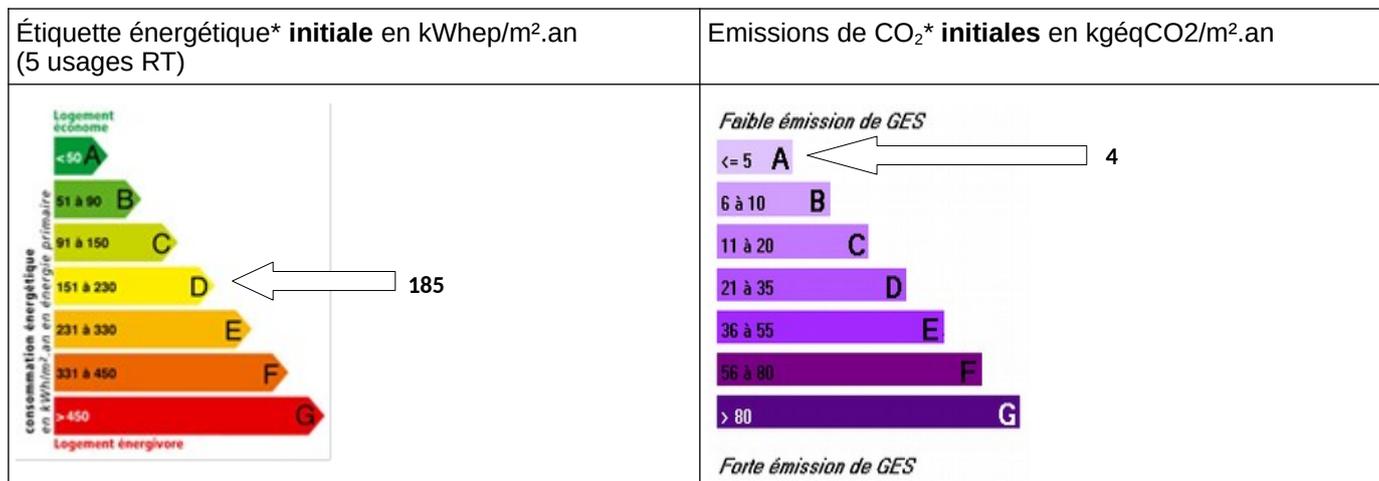
Pathologies liées à l'humidité :

Au moment de la visite, aucune problématique d'humidité n'a été signalée.

5. Consommations énergétiques

5.1. Consommations d'énergie calculées

Un calcul des consommations a été réalisé selon les méthodes de calcul thermique réglementaire pour l'existant (selon les 5 usages de la RT et la méthode TH-C-E ex).

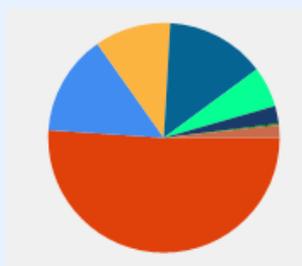


* étiquettes indicatives, ne constituent pas un DPE (les méthodes de calculs sont différentes)

Le bâtiment est fortement consommateur en énergie primaire. Cela s'explique par la quasi absence d'isolation.

Répartition des déperditions donnée par le logiciel :

■ -> Total Murs	208,41	(51,1 %)
■ Planchers	57,82	(14,2 %)
■ Plafonds	43,44	(10,6 %)
■ Vitrages	56,92	(13,9 %)
■ Portes	23,20	(5,7 %)
■ Linéiques L8	10,08	(2,5 %)
■ Linéiques L9		(0,0 %)
■ Linéiques L10	1,00	(0,2 %)
■ Autres ponts therm.	7,20	(1,8 %)
	408,07	W/C



Sur ce logement, les déperditions thermiques des parois se rangent dans l'ordre suivant (décroissant) :

1. Les murs extérieurs (majoritairement)
2. Les ouvrants
3. Les sols
4. Les plafonds

Cet ordre nous renseigne sur les priorités en terme d'isolation.

Le renouvellement d'air (ventilation) est également une cause importante des déperditions, et son amélioration pourra aussi générer un gain énergétique si l'étanchéité à l'air du bâti est correctement effectuée.

5.2. Comparaison entre les consommations calculées et les consommations réelles

Pour chauffer intégralement et de façon permanente la maison et pour produire l'eau chaude sanitaire, le logiciel calcule les consommations conventionnelles suivantes :

Chauffage	Quantité (kWh)	Coût annuel (€)
Bois bûches	41630	1670
ECS		
Electricité	2610	420
Autres consommations		
Electricité	400	60
TOTAL		2150

Au total, la facture énergétique calculée est de 2150€ annuels, hors abonnements. Cette consommation est dite conventionnelle, elle suppose un comportement « moyen » et ne prend pas en compte la sobriété dont peuvent faire preuve les occupants de la maison.

La maison étant chauffée partiellement (sur la moitié de sa surface), à une température assez basse, les consommations réelles sont très inférieures aux consommations conventionnelles calculées par le logiciel : la consommation établie à partir des volumes de bois brûlés annuellement est de 22500 kWh (14,5 stères), soit environ 45 % de moins que le calcul.

NB: les coûts au kWh et les pouvoirs calorifiques pris en compte sont issus de l'argus de l'énergie de l'AJENA (voir www.ajena.org).

6. Synthèse de l'état des lieux

Les tableaux suivants synthétisent les constats suite à l'état des lieux

Paroi	Avis
Murs	Les murs sont très peu et partiellement isolés, ils représentent la part principale des déperditions thermiques.
Plafonds	L'isolation présente en plafonds est moyennement efficace.
Sols	Les sols ne sont pas isolés, ils créent un effet de paroi froide et de l'inconfort.
Ouvrants	Les doubles-vitrages récents sont corrects thermiquement. Les simples vitrages anciens sont par contre sources d'entrée d'air et d'inconfort thermique.

Système	Avis
Chauffage	Le poêle utilise une énergie renouvelable et peu chère (bois-bûches), et il a un rendement correct.
Eau chaude sanitaire	Le ballon devrait être placé en zone chauffée pour diminuer ses déperditions.
Ventilation	Peu maîtrisée : son insuffisance peut créer des problèmes de condensation.

A l'issue de ces constats, la simulation thermique montre que la quantité de chaleur nécessaire au chauffage complet de la maison est importante (26 stères par an), mais le poêle actuel ne peut pas assurer le confort thermique dans toutes les pièces par grands froids en raison du manque d'isolation.

7. Propositions d'améliorations

Ce chapitre décrit les opérations d'économies d'énergie susceptibles d'être mise en œuvre pour atteindre le niveau BBC (bâtiment basse consommation d'énergie). Les gains énergétiques sont calculés entre le niveau de consommation initial du bâtiment et le niveau de consommation avec l'amélioration.

Les coûts sont des estimations obtenus à partir d'une liste de devis équivalents sur d'autres bâtiments, ils devront être affinés via la demande de devis propres à ce logement. Les coûts pouvant varier selon les professionnels, selon la zone géographique et selon les types de matériels et de matériaux choisis, il est conseillé de demander plusieurs devis pour chaque chantier. Les professionnels devront également affiner les métrés (surfaces de paroi, cotes de fenêtres...) et les dimensionnements pour chaque opération.

7.1. Amélioration de la performance du bâti

7.1.1 Isolation des murs par l'extérieur

Description	
Pose de panneaux isolants de 16 à 22 cm d'épaisseur et enduit de finition	
Performance	$R_{\text{additionnelle}} = 4,0 \text{ à } 5,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U_{\text{paroi}} = 0,14 \text{ à } 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Mise en œuvre	<p>L'intégralité des façades extérieures sont concernées. L'épaisseur d'isolant sera plus important sur les façades nord-est et nord-ouest.</p> <p>Cette technique (par l'extérieur) permet de juguler les ponts thermiques des murs de refend et des planchers et d'obtenir un meilleur confort grâce à l'inertie du bâtiment (accumulation de chaleur en hiver et de fraîcheur en été).</p> <p>Différents isolants sont compatibles avec cette technique, mais sur ce type de murs anciens, on évitera d'utiliser des produits imperméables à la vapeur d'eau (enduits étanches, certains isolants polystyrène ou polyuréthane, isolants revêtus d'un parement aluminium...) pour ne pas emprisonner l'humidité au risque de la propager vers d'autres zones de la maison et d'altérer le mur ou l'isolant.</p> <p>Un isolant imputrescible doit être placé sur les 15 premiers centimètres au dessus du sol extérieur, et il doit descendre autant que possible 30 cm en dessous du niveau du plancher de l'habitation pour juguler les ponts thermiques sur le pourtour de la maison.</p> <p>Lors du remplacement des huisseries, un positionnement en nu extérieur du mur permettra de joindre simplement l'isolant avec le dormant. Dans le cas contraire (menuiseries en tunnel), il faudra prévoir le retour d'isolant (panneaux rigides d'épaisseur maximale possible) au niveau des ouvertures.</p>
	<p>Cas 1</p> <p>Cas 2</p>
Étanchéité à l'air	Pas de précaution particulière.

Isolation des murs par l'extérieur :

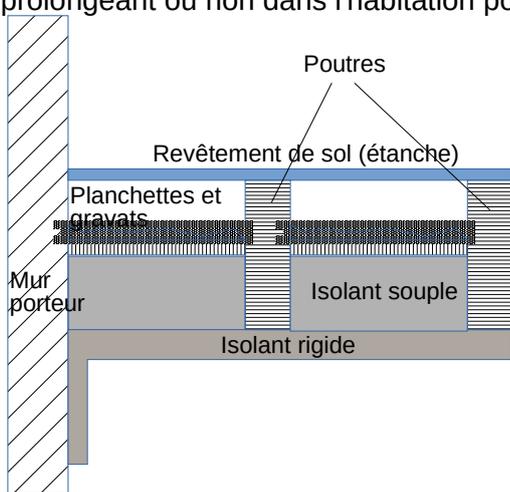
Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **38000 € HT**, (hypothèses: 190m² d'isolant laine/fibre de bois et enduit de finition)

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **28 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : **OUI**

7.1.2 Isolation du sous-sol

Description	
Isolation du plafond du sous-sol par 10 cm de panneaux isolants.	
Performance	$R_{\text{additionnelle}} = 2,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$ $U_{\text{paroi}} = 0,31 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Mise en œuvre	<p>Pour cette opération, on déposera intégralement les plaques au plafond du sous-sol.</p> <p>On mettra ensuite en place entre les poutres un isolant de type laine, perméable à la vapeur d'eau. Un isolant rigide sera ensuite fixé par dessous, et chevillé dans les poutres, de manière à compléter l'isolant jusqu'à une épaisseur de 10cm. Cet isolant rigide permettra également le maintien de l'isolant souple.</p> <p>On isolera également les poutres et les murs porteurs (sur 30cm environ) se prolongeant ou non dans l'habitation pour éviter les ponts thermiques.</p> 
Étanchéité à l'air	Tous les passages de circuits (eau, gaz, électricité) doivent être calfeutrés pour éviter tout passage d'air vers l'habitation.

Isolation du sous-sol :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **5200 € HT**, (hypothèses: 73m² d'isolant laine et fibre de bois)

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **7 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.1.3 Isolation des rampants

Description	
Dépose des isolations dégradées des rampants et mise en place de 25cm de panneaux isolants.	
Performance	$R_{\text{additionnelle}} = 7,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$ $U_{\text{paroi}} = 0,16 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Mise en œuvre	<p>Il est fortement conseillé d'utiliser des isolants à fort déphasage (fibres végétales, laine de bois par exemple) pour un meilleur confort d'été.</p> <p>Les panneaux seront fixés sous toiture en deux couches croisées, puis un film d'étanchéité sera mis en place, puis le nouveau parement sera installé (plaques de gypse, lambris etc.).</p>
Étanchéité à l'air	Un film d'étanchéité (de type frein vapeur hygrovariable) continu doit être placé contre l'isolation côté habitation.

Isolation des rampants :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **2900 € HT**, (*hypothèses: 20 m² d'isolant laine de bois*)

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **3 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.1.4 Isolation des combles

Description	
Dépose des anciennes isolations dans les combles et mise en place de 30cm d'isolant en vrac.	
Performance	$R_{\text{additionnelle}} = 7,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U_{\text{paroi}} = 0,13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Mise en œuvre	Il est préférable d'utiliser des isolants à fort déphasage (ouate de cellulose par exemple) pour un meilleur confort d'été : ces isolants freineront l'entrée de la chaleur pendant 10-12h contre seulement 5-6h pour les isolants synthétiques (laines minérales, polyuréthane, polystyrène...) Une fois l'étanchéité vérifiée et corrigée (si nécessaire), l'isolant en vrac est soufflé sur l'intégralité du grenier, et s'adapte à toutes les configurations de support. Si l'on désire pouvoir se rendre dans les combles, une reprise de plancher est nécessaire : des réhausses en bois doivent alors être posées avant la mise en place de l'isolant, l'isolant est soufflé entre les réhausses et le plancher est posé sur ces dernières. La trappe d'accès doit également être isolée (avec un isolant rigide type fibre de bois pour permettre l'ouverture).
Étanchéité à l'air	L'étanchéité sera vérifiée avant soufflage, et tous les trous et fissures seront bouchés ou colmatés. Si nécessaire, un film d'étanchéité (de type frein vapeur hygrovariable) continu sera placé entre l'isolation et l'habitation. La trappe d'accès doit être étanche à l'air et donc munie de joints.

Isolation des combles :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **2700 € HT**, (*hypothèses: 56 m² de ouate de cellulose, sans reprise de plancher*)

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **6 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.2. Ouvrants

NB : La performance thermique d'une fenêtre est traduite par un U_w (ou U_d pour une porte) qui qualifie la fenêtre (vitrage + menuiserie), U_g ne qualifie que le vitrage.

Le coefficient S_w quantifie la capacité à laisser pénétrer la chaleur du soleil.

7.2.1 Remplacement des ouvrants anciens

Description	
Remplacement des huisseries anciennes par des ouvrants à isolation renforcée.	
Performance	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, $S_w > 0,3$
Mise en œuvre	<p>Les ouvrants concernés sont les ouvrants anciens à simple vitrage, avec ou sans survitrages, ainsi que les deux doubles-vitrages de la cuisine (moins efficaces que les autres doubles-vitrages).</p> <p>Le remplacement diviserait par deux les déperditions thermiques des doubles vitrages et par quatre celles des simple vitrage. Si cette opération globale n'est pas prévue dans le projet de rénovation, il faudrait a minima remplacer les fenêtres simple-vitrage, qui sont très froides et peuvent générer des problèmes de condensation.</p> <p>Opération à coordonner avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'isolation des murs par l'extérieur si elle est mise en œuvre: prévoir alors une mise en place au nu extérieur de la façade ; • la mise en place de la ventilation : prévoir les entrées d'air de type hygroréglables sur les ouvrants des pièces sèches. <p>Les propriétaires désirent créer des sas d'entrée en alternative au remplacement des portes : ceci est possible mais les parois entre ce sas et les zones chauffées devront alors être isolées.</p>
Étanchéité à l'air	Soin à apporter lors de la pose des nouvelles menuiseries au niveau de la liaison mur/dormant afin de limiter les défauts d'étanchéité à l'air qui pourraient résulter d'interstices ou de trous entre les menuiseries et les murs.

Remplacement des ouvrants anciens :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **14000 € HT**, (*hypothèses: ouvrants bois-aluminium*)

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **6 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : **OUI**

7.2.2 Remplacements des doubles vitrages récents

Description	
Remplacement des doubles vitrages plus récents par des ouvrants à isolation renforcée.	
Performance	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, $S_w > 0,3$
Mise en œuvre	<p>Les ouvrants concernés sont les ouvrants doubles-vitrages plus récents, fenêtres de toit comprises.</p> <p>Les conseils de mise en œuvre sont similaires à ceux de l'opération précédente.</p> <p>Ces ouvrants peuvent aussi être améliorés via le remplacement des vitrages seuls, en choisissant des nouveaux vitrages à faible émissivité et intercalaire plastique.</p>
Étanchéité à l'air	Soin à apporter lors de la pose des nouvelles menuiseries au niveau de la liaison mur/dormant afin de limiter les défauts d'étanchéité à l'air qui pourraient résulter d'interstices ou de trous entre les menuiseries et les murs.

Remplacements des doubles vitrages récents :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **9000 € HT** (*hypothèses: ouvrants bois-aluminium*)

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **2 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : -

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.3. Amélioration des performances des systèmes

7.3.1 Mise en place d'une VMC hygroréglable de type B

Description	
<p>Mise en place d'un caisson de VMC et d'un circuit d'extraction avec bouches hygroréglables. La ventilation mécanique contrôlée hygroréglable assure le renouvellement d'air dans la maison en extrayant un débit dans les pièces humides (salle de bain, WC et cuisine), ce débit étant réglé en fonction de l'humidité de la pièce. L'air est alors plus sain et les risques de condensation dans la maison sont limités.</p>	
Performance	Moteur basse consommation (puissance moyenne de l'ordre de 10W)
Mise en œuvre	<p>Le caisson serait installé dans les combles et des gaines relieraient les bouches d'extraction des pièces humides au caisson, en choisissant un placement central pour limiter la longueur et le nombre de coudes des gaines.</p> <p>Les gaines doivent être isolées pour les sections passant dans des zones non chauffées ; elles doivent également être étanches, de façon à éviter les entrées d'air et les fuites parasites.</p> <p>Les entrées d'air dans les pièces sèches (chambres et séjours) seront placés en haut des ouvrants et seront également modulés en fonction de l'humidité. Cette opération est à prévoir lors du remplacement des ouvrants. Si les ouvrants ne sont pas changés, les entrées d'air seront percées sur les battants existant : cette opération est à demander de préférence au menuisier ayant effectué la pose de ces huisseries.</p> <p>On vérifiera les espaces de passage de l'air sous les portes intérieures.</p> <p>La mise en place d'une VMC double-flux amènerait des économies d'énergie supplémentaires pour un renouvellement d'air plus important. Avec la VMC hygroréglable, les débits extraits sont plus faibles, il faut donc veiller à ne pas polluer l'air intérieur par un apport de matériaux ou de mobilier émetteurs de polluants (COV, formaldéhydes...).</p>
Étanchéité à l'air	Les passages de gaine entre l'habitation et les combles seront calfeutrés pour éviter toute entrée d'air parasite.

Mise en place d'une VMC hygroréglable de type B :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **1800 € HT**

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **6 %** (*l'économie d'énergie est liée à la diminution des flux d'air froids dans la maison par rapport à une ventilation convenable avec le système actuel ; cette économie est très dépendante de l'étanchéité à l'air du bâtiment et donc de la bonne mise en œuvre des autres travaux de rénovation: joints entre éléments, continuité des films d'étanchéité...*)

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : **OUI**

7.3.2 Mise en place d'une VMC double flux

Description	
<p>La ventilation mécanique contrôlée double flux assure le renouvellement d'air dans la maison en soufflant un débit contrôlé dans les pièces sèches et en extrayant un débit équivalent dans les pièces humides. L'air est alors plus sain et les risques de condensation dans la maison sont limités. Le système est équipé d'un échangeur thermique qui récupère la chaleur de l'air extrait pour le restituer à l'air soufflé.</p>	
Performance	<p>Rendement de l'échangeur : 90 % Ventilateurs basse consommation</p>
Mise en œuvre	<p>Les gaines seront de préférence rigides, et isolées pour les sections passant dans des zones non chauffées. Elle seront étanches, de façon à éviter les entrées d'air et les fuites parasites.</p> <p>Les opérations suivantes sont à prévoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation d'un caisson de ventilation mécanique contrôlé double-flux. • Mise en place de conduits de soufflage d'air vers les chambres et autres pièces sèches. • Mise en place de conduits d'extraction d'air vers les pièces humides (cuisine, salle de bain, WC). • Mise en place d'une gaine de prise d'air neuf et de refoulement d'air vicié sur le toit via les combles. <p>Ce système est plus performant que la ventilation hygroréglable mais son installation est plus complexe (gaines vers toutes les pièces).</p>
Étanchéité à l'air	<p>Les passages de tuyauterie entre l'habitation et l'extérieur seront calfeutrés pour éviter toute entrée d'air parasite.</p> <p>Dans le cas d'une VMC double-flux, aucune entrée d'air autres que celles de la VMC n'est nécessaire : les ouvrants des pièces sèches ne doivent donc pas comporter d'entrée d'air.</p>

Mise en place d'une VMC double flux :

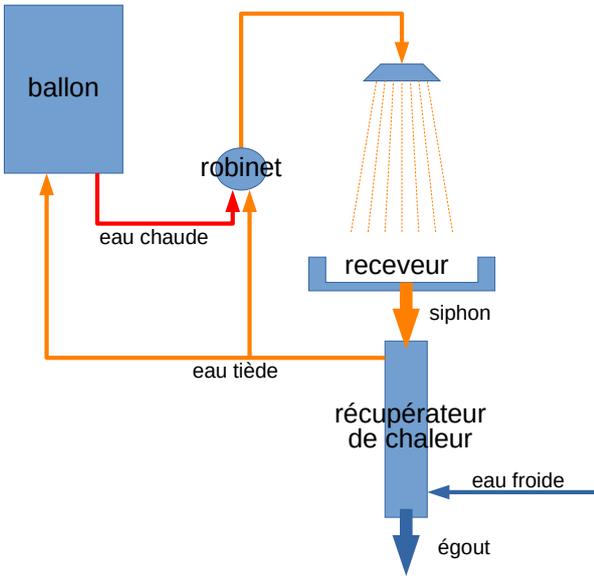
Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **7500 € HT**

Gain énergétique (en énergie primaire et finale) et financier par rapport à l'état initial : **10 %**
(l'économie d'énergie est liée à la diminution des flux d'air froids dans la maison par rapport à une ventilation convenable avec le système actuel ; cette économie est très dépendante de l'étanchéité à l'air du bâtiment et donc de la bonne mise en œuvre des autres travaux de rénovation: joints entre éléments, continuité des films d'étanchéité...)

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : -

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.3.3 Récupérateur de chaleur sous douche

Description	
Mise en place d'un récupérateur de chaleur sur eau grise des douches	
Performance	Efficacité de 50% minimum
Mise en œuvre	<p>Un récupérateur de chaleur sur eau grise est un échangeur thermique qui récupère la chaleur de l'eau chaude des douches, et qui réchauffe l'eau froide arrivant au ballon d'eau chaude et au point de puisage.</p> <p>Le récupérateur serait placé sous la douche lors de la rénovation de la salle de bain, au niveau inférieur. Si le logement est équipé d'un lave-vaisselle, les autres points de puisage n'utilisent qu'une faible part de l'eau chaude sanitaire.</p>  <p>Si un ballon d'eau chaude électrique est installé sans panneaux solaires thermiques, il conviendrait de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le placer dans l'espace chauffé, au plus proche des points de puisage pour raccourcir le temps d'attente de l'eau chaude ; • isoler les canalisations d'eau chaude ; • installer des mousseurs à réduction de débit sur tous les robinets et douches.
Étanchéité à l'air	Pas de précaution particulière.

Récupérateur de chaleur sous douche:

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **2000 € HT**

Gain énergétique par rapport à l'état initial : **6 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : **OUI**

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.3.4 Chauffe-eau solaire

Description	
Mise en place d'un panneau solaire thermique sur le toit et d'un ballon d'eau chaude à appoint électrique.	
Performance	Rendement optique de 80%, circuit hydraulique isolé
Mise en œuvre	<p>Le pan de toit côté sud-ouest, à 35° par rapport à l'horizontal et sans ombrage, jouit d'une orientation correcte.</p> <p>Les panneaux peuvent aussi être placés en vertical, sur la façade sud-est : ce positionnement réduit les apports de chaleur par rapport à un toit, mais il permet de garder une bonne performance en hiver lorsque le soleil est bas, et il évite les surchauffes d'été.</p> <p>On estime que 60% des besoins en eau chaude pourraient être produits par l'énergie solaire. L'appoint électrique permettrait de produire les 40% restants (lors des périodes prolongées sans soleil).</p> <p>Le ballon d'eau chaude serait placé dans le garage, au plus proche du panneau solaire.</p>
Étanchéité à l'air	Les passages de réseau (eau et électricité) doivent être colmatés pour éviter tout passage d'air froid dans l'habitation.

Chauffe-eau solaire :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **6000 € HT**, (hypothèses: 4m² de panneaux, ballon 300 litres)

Gain énergétique par rapport à l'état initial : **11 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : -

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.3.5 Remplacement du poêle à bois-bûches

Description	
Mise en place d'un nouveau poêle dans le séjour/cuisine en lieu et place du poêle actuel.	
Performance	Rendement de 80% à puissance nominale; label « flamme verte »
Mise en œuvre	<p>Les propriétaires ont installé leur premier poêle (un modèle simple et bon marché) en urgence pour chauffer la maison les premiers hivers. A l'issue de la rénovation thermique, ils étudieront l'opportunité de remplacer ce poêle (qui sera surdimensionné).</p> <p>De nombreux modèles sont disponibles, on retiendra les critères de choix suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • rendement de l'appareil : plus il est élevé et mieux on récupère la chaleur du bois ; • puissance de l'appareil : on évitera une puissance trop importante, qui peut conduire à surchauffer la pièce inutilement et à utiliser l'appareil dans des conditions de combustion à bas régime (moins efficace) ; • poids de l'appareil : plus il est lourd et plus on peut stocker de chaleur dans la masse, ce qui permet de continuer à tempérer la pièce entre deux flambées (le nec plus ultra étant le poêle de masse, mais dont le poids doit pouvoir être soutenu par le sol) ; • modèle étanche (avec entrée d'air canalisée depuis les espaces non chauffés ou l'extérieur) ; • présence d'une plaque de cuisson ou d'un four : diminution potentielle de la consommation d'énergie pour la cuisine. <p>La performance dépend beaucoup de la manière d'allumer le poêle et de conduire sa combustion : on préférera l'allumage de haut et bas et on évitera le fonctionnement à bas régime ou le passage de nuit (pour plus de détail voir annexe 3, § « Optimiser la combustion du bois-bûches »).</p>
Étanchéité à l'air	Le poêle doit être équipé d'une entrée d'air étanche (en provenance du sous-sol).

Remplacement du poêle à bois-bûches :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **5500 € HT**

Le coût est très dépendant de la puissance de chauffage, qui elle-même dépend fortement de la qualité de l'isolation du bâti. Il est donc conseillé de ne rénover le chauffage qu'une fois les opérations d'isolation terminées, pour ne pas sur-dimensionner le système et risquer de le voir fonctionner trop souvent à bas régime (rendement moins bon et durée de vie réduite).

Gain énergétique par rapport à l'état initial : **8 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : -

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.3.6 Installation d'un poêle à granulés

Description	
Mise en place d'un poêle à granulés de bois dans le séjour/cuisine	
Performance	Rendement de 90% à puissance nominale; label « flamme verte »
Mise en œuvre	<p>Le poêle serait installé en lieu et place du poêle actuel. Il peut être équipé d'un ventilateur permettant de distribuer la chaleur dans d'autres pièces.</p> <p>La régulation de l'alimentation en granulés permet de chauffer le logement de façon automatique en l'absence des occupants, ou pendant la nuit.</p> <p>Ce système est plus simple à piloter que le bois-bûche, mais l'énergie est plus onéreuse.</p>
Étanchéité à l'air	Le poêle doit être équipé d'une entrée d'air étanche (en provenance du sous-sol).

Installation d'un poêle à granulés :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **6500 € HT**

Le coût est très dépendant de la puissance de chauffage, qui elle-même dépend fortement de la qualité de l'isolation du bâti. Il est donc conseillé de ne rénover le chauffage qu'une fois les opérations d'isolation terminées, pour ne pas sur-dimensionner le système et risquer de le voir fonctionner trop souvent à bas régime (rendement moins bon et durée de vie réduite).

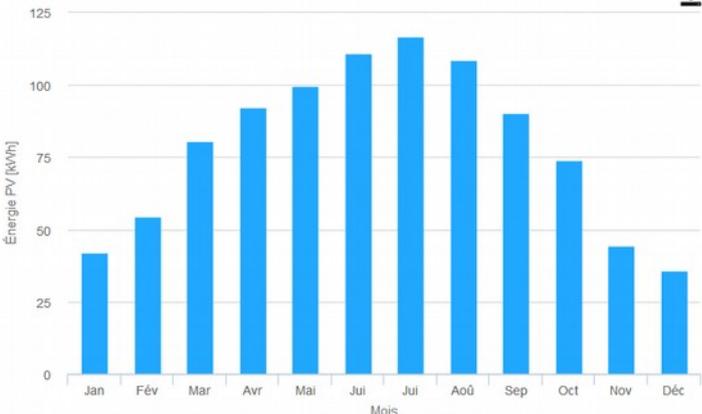
Gain énergétique par rapport à l'état initial : **12 %**

Pour cette opération, le gain en énergie primaire n'est pas assimilable au gain sur la facture énergétique car il y a changement des types d'énergies : le granulés de bois étant plus onéreux que les bûches, la facture augmenterait.

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : -

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.3.7 Installation de panneaux photovoltaïques

Description																											
Installation de panneaux photovoltaïques sur le toit sud-est.																											
Performance	Efficacité du module > 15 % avec garantie de puissance sur 30 ans																										
Mise en œuvre	<p>Les panneaux auraient une puissance de 900 Wc, pour une surface d'environ 5m². Ils seraient installés en mode « autoconsommation », de manière à alimenter en électricité les appareils de la maison. Ceci nécessiterait de la part des occupants une adaptation de leurs habitudes : les appareils gros consommateurs d'électricité (lave-linge, lave-vaisselle...) devraient être mis en route de préférence lors des journées ensoleillées.</p> <p>La production annuelle est estimée à 950kWh et se répartirait comme suit :</p> <p style="text-align: center;">Production énergétique mensuelle du système PV fixe</p>  <table border="1"><caption>Production énergétique mensuelle du système PV fixe</caption><thead><tr><th>Mois</th><th>Énergie PV (kWh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Jan</td><td>45</td></tr><tr><td>Fév</td><td>55</td></tr><tr><td>Mar</td><td>80</td></tr><tr><td>Avr</td><td>90</td></tr><tr><td>Mai</td><td>100</td></tr><tr><td>Jui</td><td>110</td></tr><tr><td>Jui</td><td>115</td></tr><tr><td>Aoû</td><td>105</td></tr><tr><td>Sep</td><td>90</td></tr><tr><td>Oct</td><td>75</td></tr><tr><td>Nov</td><td>45</td></tr><tr><td>Déc</td><td>35</td></tr></tbody></table> <p>La rentabilité de l'installation complète par un artisan est dépendante du taux d'autoconsommation de l'électricité produite. Si 100 % de la production est autoconsommée (hypothèse maximale mais inatteignable sans batterie), le temps de retour sur investissement est de 23 ans.</p>	Mois	Énergie PV (kWh)	Jan	45	Fév	55	Mar	80	Avr	90	Mai	100	Jui	110	Jui	115	Aoû	105	Sep	90	Oct	75	Nov	45	Déc	35
Mois	Énergie PV (kWh)																										
Jan	45																										
Fév	55																										
Mar	80																										
Avr	90																										
Mai	100																										
Jui	110																										
Jui	115																										
Aoû	105																										
Sep	90																										
Oct	75																										
Nov	45																										
Déc	35																										
Étanchéité à l'air	-																										

Installation de panneaux photovoltaïques :

Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris) : **3500 € HT**

Gain énergétique par rapport à l'état initial : **7 %**

Opération intégrée au scénario « **Bâtiment Basse Consommation** » : -

Opération intégrée au scénario « **40% d'économie d'énergie** » : -

7.4. Traitement de l'étanchéité à l'air

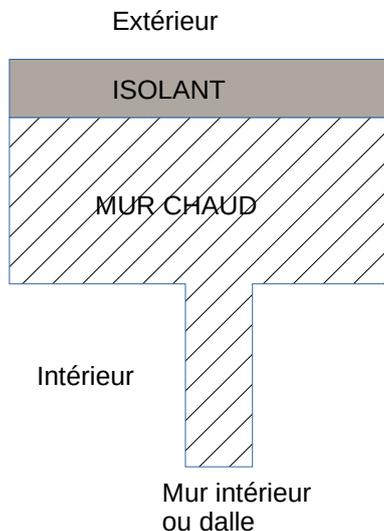
Les solutions proposées par rapport aux défauts constatés sont les suivantes :

- Fenêtres et portes non jointives : remplacement ou rénovation des portes et fenêtres.

- Trappe d'accès aux combles sans joint : mise en place de joint pour rendre la trappe étanche.
- Lambris de rampants sans film frein-vapeur : mise en place d'un frein-vapeur lors de la reprise de l'isolation des rampants.

7.5. Traitement des ponts thermiques

L'isolation par l'extérieur permet de traiter correctement les ponts thermiques des murs de refend et des dalles.



Les ponts thermiques des balcons/terrasses subsisteront, ainsi que les déperditions thermiques associées. Néanmoins, ils ne créeront pas de points exagérément froids car les murs seront globalement plus chauds qu'avec l'isolation intérieure.

7.6. Traitement des pathologies

Aucune pathology signalée ou rencontrée. Néanmoins, la mise en place d'une VMC réduira les risques de condensations avec l'amélioration de l'étanchéité à l'air.

8. Scénarios de réhabilitation

8.1. Scénario BBC et scénarios par étapes

Le tableau suivant liste l'ensemble des opérations nécessaires :

- à l'atteinte du niveau « Bâtiment Basse Consommation » (BBC : consommation inférieure à 104 kWhEP/m²/an) ;
- à la réduction de la consommation d'énergie de 55 % par rapport à l'état initial.

La dernière colonne décrit un scénario alternatif encore plus ambitieux.

NB : le gain en consommation de chaque scénario est calculé par rapport à l'état initial du logement. Le calcul thermique d'un scénario étant une simulation nouvelle incluant l'ensemble des opérations conseillées, la somme des pourcentages ne permet pas de calculer le gain de l'état final.

SCENARIOS DE RÉNOVATION						
Opération	Gain*	Coût	État initial	Scénario 40 %	Scénario BBC	Scénario Alternatif
Isolation des murs par l'extérieur	28%	38000 € HT		OUI	OUI	OUI
Remplacement des ouvrants anciens	6%	14000 € HT		OUI	OUI	OUI
Mise en place d'une VMC hygroréglable de type B	6%	1800 € HT		OUI	OUI	OUI
Isolation du sous-sol	7%	5200 € HT		-	OUI	OUI
Isolation des rampants	3%	2900 € HT		-	OUI	OUI
Isolation des combles	6%	2700 € HT		-	OUI	OUI
Récupérateur de chaleur sous douche	6%	2000 € HT		-	OUI	OUI
Remplacements des doubles vitrages récents	2 %	9000 € HT		-	-	OUI
Remplacement du poêle à bois-bûches	8%	5500 € HT		-	-	OUI
Mise en place d'une VMC double flux	10%	7500 € HT		-	-	-
Chauffe-eau solaire	11%	6000 € HT		-	-	-
Installation d'un poêle à granulés	12%	6500 € HT		-	-	-
Installation de panneaux photovoltaïques	7%	3500 € HT		-	-	-
Consommation en kWhep/m².an			185	111	76	67
Coefficient d'étanchéité Q4 en m³/(h.m²)			1.7	1.6	1.5	1.4
Gain en énergie primaire du scénario			-	40%	59%	64%
Gain en énergie finale du scénario			-	49%	67%	73%
Coût Global du scénario			-	53 800 € HT	66 600 € HT	81 100 € HT
Facture énergétique annuelle (conventionnelle)			2150 € TTC	1270 € TTC	860 € TTC	750 € TTC
Gains annuels			-	880 €	1290 €	1400 €
Temps de retour sur investissement maximal en années (cf. annexe 4)			-	62	52	58
Ubât en W/m2.K			1.26	0.69	0.48	0.44
Émissions de CO₂ du Bâtiment en kgeqCO₂/m².an			4	2	1	1

* gain sur consommation d'énergie primaire

Coûts de conception et de suivi de projet :

Des coûts supplémentaires de conception et de suivi peuvent impacter le projet de rénovation BBC :

- Assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) ou maîtrise d'œuvre (MOe) : utile pour une bonne coordination des entreprises, suivi des travaux par un professionnel de la maîtrise d'œuvre (coût

de 7% à 12% du montant des travaux HT) ou par un assistant à maîtrise d'ouvrage (coût de 1000 € HT à 2500 € HT).

- Test d'étanchéité à l'air : Un test final d'étanchéité à l'air après travaux est également obligatoire pour vérifier que le niveau des fuites d'air est maîtrisé. Coût estimé de 400 à 700 € HT. Un test d'étanchéité à l'air en cours de chantier, voire également au démarrage, est conseillé pour pouvoir contrôler et reprendre au besoin certains points faibles.

Retours sur investissement :

Le temps de retour sur investissement (TRI, en nombre d'années) est en général calculé de la façon suivante :

$$TRI = \text{investissement} / \text{gains annuels}$$

En ne comptant dans les gains annuels que le gain sur la facture énergétique, le TRI peut atteindre plusieurs dizaines d'années. Cela ne paraît acceptable que pour des éléments qui ne connaîtront pas de défaillance (comme une isolation de qualité qui peut durer plus de quarante ans). Mais pour être plus juste dans le calcul, il serait nécessaire de prendre en compte dans les gains annuels les gains de confort, le gain sur la valeur immobilière, les coûts évités etc. Cette prise en compte améliore fortement le temps de retour sur investissement, mais malheureusement, ces gains sont difficiles à chiffrer précisément en €.

On ne peut donc pas donner de calculs précis de ces TRI mais seulement une valeur maximale (voir annexe 4 pour plus de détails).

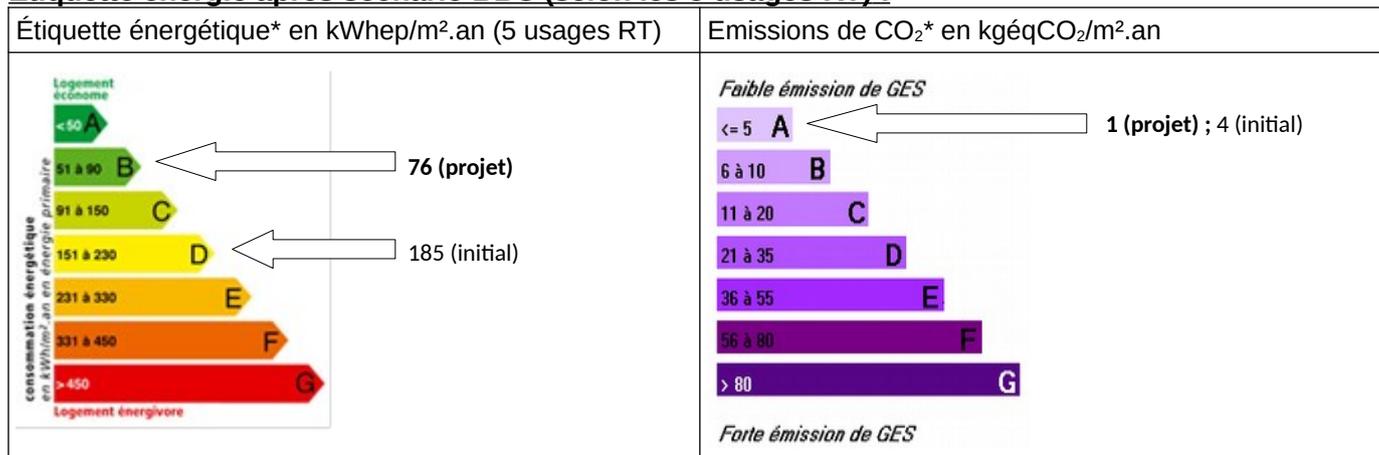
Calculs pour primes (ma prime rénov', certificats d'économie d'énergie...):

Certaines subventions nécessitent de justifier un gain en économie d'énergie en exprimant la consommation sur la surface habitable de la maison et en excluant la consommation de l'éclairage, des auxiliaires de chauffage et de la ventilation (restent 3 usages), en la rapportant à la surface habitable. Ces consommations étant très faibles par rapport au chauffage et à la production d'eau chaude, les gains annoncés dans le tableau ci-dessus sont utilisables tel quel pour cette justification, et ce d'autant plus qu'il ont une marge par rapport au seuil demandé.

De même les nouvelles conventions du DPE 2021 sont très différentes, et favorisent l'utilisation de l'électricité au détriment des autres énergies (comme le bois). Ces conventions ne sont pas complètement stabilisés, et ne peuvent pas être utilisées telles quelles pour un audit énergétique abouti. Néanmoins, les conversions pour les valeurs de ces consommations sont données pour chaque scénario en annexe 5.

8.2. Résultats détaillés de la solution BBC globale

Étiquette énergie après scénario BBC (selon les 5 usages RT) :



* étiquettes indicatives, ne constituent pas un DPE (les méthodes de calculs sont différentes)

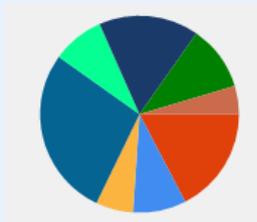
Le bâtiment est rénové de manière complète et le résultat obtenu est supérieur aux exigences demandées pour le niveau BBC.

Besoin de chauffage après travaux : 8 kW*

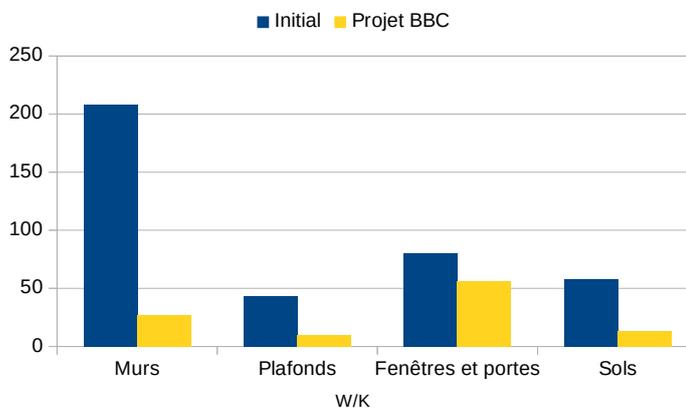
* cette puissance est indicative, elle est donnée pour le logement complet, pour une température minimale du lieu et avec les hypothèses du scénario BBC pour l'isolation, l'étanchéité à l'air et la ventilation . A noter que dans le cas d'un système avec stockage (ballon tampon...), la puissance nominale doit être plus importante.

Répartition des pertes après travaux :

→ Total Murs	26,94	(17,4 %)
Planchers	13,43	(8,7 %)
Plafonds	9,42	(6,1 %)
Vitrages	42,97	(27,7 %)
Portes	13,20	(8,5 %)
Linéiques L8	25,20	(16,3 %)
Linéiques L9		(0,0 %)
Linéiques L10	16,50	(10,7 %)
Autres ponts therm.	7,20	(4,6 %)
	154,85	W/C



Evolution des déperditions



Détail de l'estimatif de la facture énergétique du logement après travaux :

Après travaux, le coût annuel des énergies s'élève à 860€, répartis comme suit :

Chauffage	Quantité (kWh)	Coût annuel (€)
Bois bûches	12300*	490
ECS		
Electricité	1900	300
Autres consommations		
Electricité	440	70
TOTAL		860

* soit environ 8 stères de bois par an pour un confort thermique complet sur toute la maison

9. Conclusion

Sur ce logement une rénovation BBC est possible dans la mesure où les points suivants sont traités de façon rigoureuse et coordonnée :

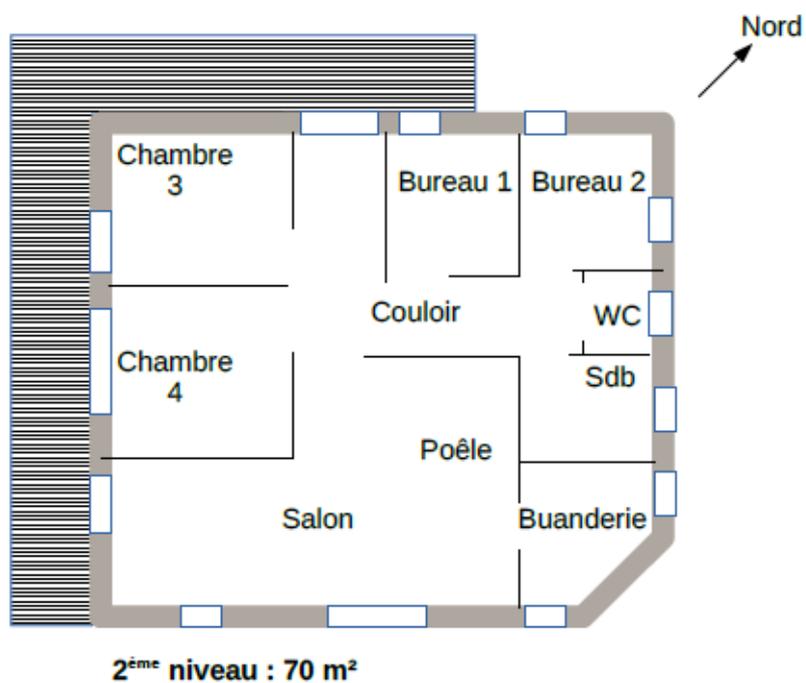
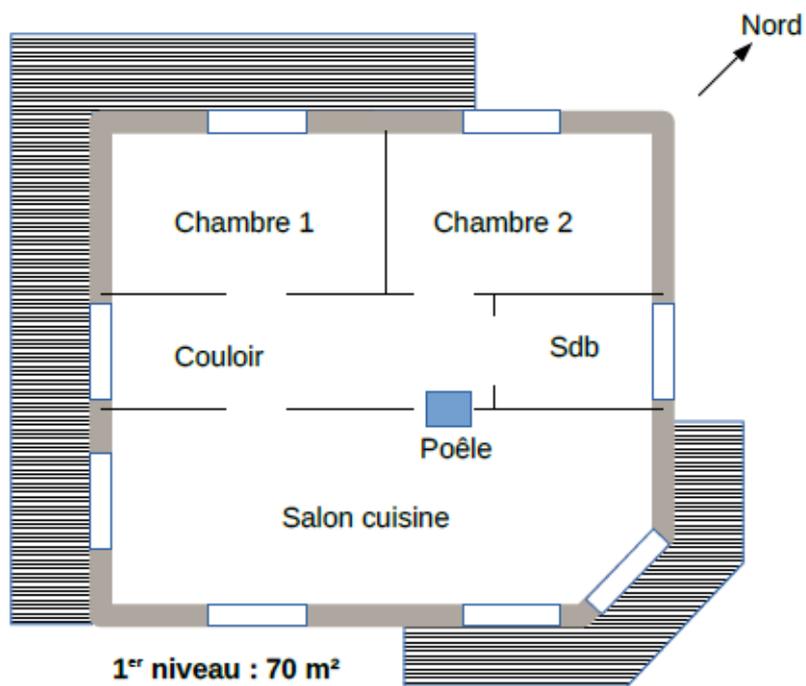
- la reprise de l'isolation du bâti, au niveau des plafonds, des sols, des murs et des ouvrants ;
- la mise en place d'un système de ventilation performant;
- l'installation d'un système de récupération de chaleur sur l'eau chaude.

Le confort de la maison serait fortement amélioré grâce à la rénovation BBC. Les pièces seraient chauffées sans dépense excessive d'énergie. Les problèmes de condensation peuvent être évités grâce à une ventilation adaptée et la reprise de l'étanchéité à l'air du bâti réduirait les entrées d'air parasites.

Dans le cadre d'une démarche par étapes, les travaux conseillés dans le scénario 40 % concernent les parois du bâti les plus déperditives (murs), les ouvrants anciens (à coordonner avec les murs) et la ventilation. Ces opérations permettent d'atteindre les 40 % d'économie d'énergie.

Il est possible d'imaginer d'autres scénarii de rénovation BBC par étapes, l'important étant que le bâtiment atteigne une bonne performance énergétique en coordonnant et en priorisant les interventions selon l'état d'usure des éléments à rénover, tout en étant compatible avec le budget annuel disponible. D'une façon générale, et quel que soit le scénario, il est fortement conseillé d'effectuer les travaux d'isolation avant la rénovation du mode de chauffage, car l'isolation peut diminuer de façon importante la puissance de l'appareil à installer.

10. Annexe 1 : Plans



11. Annexe 2 : Traitement de l'étanchéité à l'air

Un bâtiment rénové sans une bonne étanchéité à l'air peut avoir une consommation supérieure de 20 à 30 % par rapport au même bâtiment bien étanche.

De manière générale, les points de vigilance concernant l'étanchéité à l'air sont les suivants :

Toiture (combles)

- Les raccords entre murs / plafonds
- Les raccords entre murs / plancher au niveau des plinthes
- Les raccords entre pans de plafonds (entre rampants et combles horizontaux par exemple)
- Les raccords plafonds / trappes

Murs extérieurs (ossature bois, murs maçonnés)

- Les doublages intérieurs isolants (exemple des isolants avec plaque de plâtre collée) avec infiltration au niveau des liaisons doublages/planchers, au niveau des prises de courant ou au niveau des plinthes
- Les fissures sur les murs maçonnés
- Les joints de maçonnerie vieillissants et défectueux
- Les percements pour passage de gaines
- Les raccords du frein vapeur avec la dalle
- Les traversées du frein vapeur avec une gaine ou un câble électrique
- Les réservations dans les murs

Menuiseries

- Les châssis des fenêtres sur murs ou sur plafonds
- Les jonctions menuiserie/maçonnerie
- Les coffres de volets roulants : source importante d'infiltrations en périphérie, au niveau du raccord entre le coffre et le mur et au niveau des trappes de visite et d'entretien
- Les seuils de portes donnant sur l'extérieur et sur les balcons.

Autres points

- Les boîtiers et prises électriques à rendre étanches
- Les fourreaux de câbles (câbles électriques, téléphoniques) et de tubes (eau...) lorsqu'une extrémité se trouve à l'extérieur du volume étanche
- Les trappes d'accès sur gaines techniques traversant les logements.
- Les passages pour les divers réseaux (réseaux VMC, électriques, chauffage, eau chaude, etc.) avec risque de fuite d'air.
- Les implantations des tableaux électriques
- Les joints de dilatation, sur toute leur longueur

12. Annexe 3 : Astuces de sobriété énergétique



Avec la mise en œuvre des travaux préconisés dans cet audit, vous pourrez profiter pleinement d'un logement confortable et très économe en énergie. En attendant la réalisation de cette rénovation, vous pouvez d'ores et déjà effectuer un ensemble de gestes simples pour diminuer vos factures d'énergie et protéger l'environnement : ces économies seront moins importantes que celles obtenues par la rénovation complète, mais elles peuvent être tout de même substantielles.

Certains de ces gestes seront toujours applicables une fois la rénovation terminée, permettant un gain supplémentaire par rapport à celui qui a été calculé pour un comportement conventionnel.

x **Chauffer à la bonne température selon l'usage des pièces :**

Si certaines pièces de votre habitation ne sont pas utilisées (chambres d'amis, couloirs...), fermer les portes et baisser fortement le chauffage dans ces zones engendre un gain substantiel. Il convient cependant de continuer à aérer correctement toutes les pièces pour éviter les problèmes de condensation, et pour y garder un air sain lors des ré-utilisations. Il est aussi préférable que ces pièces non utilisées soient situées au nord de l'habitation, créant ainsi un espace de protection entre la façade froide et la zone occupée en permanence.

Globalement, sur l'ensemble du logement, baisser d'un degré la température de chauffage peut permettre une réduction de 7 % des dépenses énergétiques pour un logement moyennement isolé (pour un logement bien isolé, ce pourcentage est encore plus important). La régulation de la température dans chaque pièce a donc un impact important sur la consommation d'énergie. En règle général, on retient une température moyenne de 19°C dans les pièces de vie, et une température inférieure dans les chambres à coucher non utilisées le jour. Cependant ces règles sont variables selon la manière d'utiliser le logement.

Dans l'idéal, chaque pièce devrait pouvoir être régulée en température selon son occupation ou non tout au long de la journée et selon le type d'activité qui y est effectuée (sédentaire, active...). Il est bien sûr indispensable de pouvoir réduire le chauffage en cas d'absence (durant le travail ou les vacances).

x **Fermer et ouvrir les volets :**

En période froide, pour profiter pleinement de la chaleur gratuite du soleil, ouvrir les volets des fenêtres bien orientées est essentiel. Il est intéressant de le faire même dans les pièces non utilisées et fermées.

Mais lorsque le soleil se couche, il est conseillé de fermer l'intégralité des volets pour réduire un peu les pertes thermiques de l'ouvrant (surtout s'il est ancien). Si vous avez installé des rideaux, il est également intéressant de les fermer à la nuit pour réduire la sensation de froid près des fenêtres.

x **Réduire les entrées d'air parasites :**

Si vous avez repéré des entrées d'air anormales dans votre logement (fissures, trous dans les murs, vitre brisée, tuyaux...), il est intéressant de les faire colmater par un professionnel (opération potentiellement peu onéreuse) ou de le faire vous-même si vous estimez en avoir les compétences. Cependant, il ne faut en aucun cas boucher les bouches d'aérations de votre logement (sur les ouvrants par exemple), car elles assurent l'évacuation des éventuels polluants intérieurs et de l'humidité.

x **Profiter des journées chaudes :**

En mi-saison, l'air extérieur est parfois plus chaud que l'air intérieur, surtout dans des maisons à forte inertie (murs de pierre). Vous pouvez en profiter pour éteindre le chauffage et ouvrir en grand les fenêtres de votre habitation.

D'une manière générale, si vous aérez une pièce en ouvrant les fenêtres, il est conseillé de le faire aux heures les plus chaudes de la journée, en éteignant le chauffage dans cette pièce, et en se limitant à cinq minutes environ s'il fait froid dehors.

x **Optimiser la combustion du bois-bûches :**

Un poêle ou un insert à bûches fonctionne à son meilleur rendement s'il est utilisé à son régime nominal. L'utilisation de ces appareils au ralenti engendre souvent une mauvaise combustion, favorisant l'encrassement des vitres et des cheminées, et nécessitant une quantité de bois plus importante pour une chaleur moindre.

Il est donc préférable de réaliser de grosses flambées, et de laisser s'éteindre le feu lorsqu'il fait trop chaud, quitte à refaire une flambée quelques heures plus tard.

Lorsque les braises sont consommées, il est aussi conseillé de fermer les entrées d'air de l'appareil pour limiter son refroidissement.

Pour assurer une combustion optimale dès l'allumage, il existe également une méthode dite « de haut en bas » particulièrement efficace et expliquée au lien ci-dessous :

<http://www.pachama.eu/telecharge/allumage.mp4>

x **Réduire la consommation d'eau chaude :**

Toute réduction de consommation d'eau chaude engendre à la fois une économie d'eau et une économie d'énergie (grâce à la moindre sollicitation du chauffe-eau).

C'est le cas lors de la mise en place de mousseurs sur les robinets et de douchette à économie d'eau. Ces dispositifs sont peu chers, rentabilisés en un ou deux ans, et disponibles dans tous les magasins de bricolage. Il convient cependant de les choisir avec soin : ils peuvent diminuer de moitié les débits tout en produisant un jet parfaitement agréable.

Pour réduire les pertes énergétiques du ballon d'eau chaude, on peut également réduire la température de chauffe (mais en aucun cas en dessous de 50°C, pour éviter la prolifération de bactéries), ou choisir un fonctionnement uniquement en heures creuses (en général de nuit).

Lors de vos absences prolongées (vacances), il est préférable de couper le chauffe-eau pour éviter qu'il ne consomme de l'énergie inutilement pour maintenir le ballon en température.

Bien sûr une douche est moins gourmande en eau chaude qu'un bain, et une toilette au gant est encore plus économique (et pas moins hygiénique si le gant est propre...).

Si vous faites la vaisselle à la main, il est préférable de remplir un bac d'eau chaude plutôt que de la laisser couler continûment.

x Entretien la chaudière :

Si votre chaudière est encrassée ou si le brûleur est mal réglé, son rendement baisse. Il est donc important de réaliser un entretien régulier (réglage et nettoyage des échangeurs) pour en réduire sa consommation.

La température de chauffe dans les radiateurs doit également être bien réglée, car une température trop élevée dégrade aussi le rendement du système. Si la chaudière dispose d'une régulation de la température d'eau chaude en fonction des conditions extérieures, il est donc important de demander un ajustement de la courbe de chauffe « au plus bas » pour maximiser le rendement de l'installation.

x Nettoyer la VMC :

Les filtres et le réseau d'air (en particulier les bouches) de votre VMC doivent être nettoyés régulièrement, car toute salissure provoque une surconsommation du ventilateur ou une diminution des débits d'air (et donc un air moins sain dans le logement).

x Utiliser les bonnes ampoules :

Les ampoules basse consommation disponibles aujourd'hui sont très efficaces, mais chaque type de technologie est adapté à un type d'utilisation :

- les ampoules à filament : ce sont les plus énergivores et les moins durables, elles sont à éviter ;
- les fluo-compactes : elles consomment peu d'énergie, mais elles peuvent nécessiter un petit temps de chauffe avant de délivrer leur pleine lumière. Elles doivent être utilisées dans les lieux où l'on éclaire l'espace sur des durées prolongées (pièces de vie) ;
- les LED : ce sont les plus économes et les plus durables. A l'allumage, elles délivrent immédiatement leur pleine puissance, elles peuvent donc être utilisées même dans les endroits où l'allumage est bref (hall, couloir, toilettes...).

Il faut également adapter la puissance des ampoules au besoin réel : forte puissance dans une pièce de vie, petite lampe pour un travail au bureau...

Les lampes halogènes sont à éviter car elles sont très énergivores.

NB : toutes les ampoules ne sont pas utilisables avec un variateur de lumière.

x Diminuer la consommation de l'électroménager :

Bien que l'audit énergétique ne couvre pas cet usage, en diminuer la consommation est source d'économies. On pourra retenir les conseils suivants :

- éteindre les appareils plutôt que les laisser en veille ;
- dans le lave-linge, préférer les cycles à basse température, et attendre que le tambour soit plein avant de lancer une lessive ;
- dans le lave-vaisselle, préférer les cycle économiques, et ne le lancer que quand le bac est plein ;
- dégivrer régulièrement le réfrigérateur et le congélateur, et nettoyer les condenseurs (échangeurs en métal à l'arrière des appareils de froid) ;
- décongeler les aliments dans le réfrigérateur ;
- utiliser un auto-cuiseur (temps de cuisson réduit) ;
- éteindre tous les appareils lorsqu'on ne les utilise plus (écrans, ordinateurs, radio...) ;
- quand vient le moment de remplacer un appareil, en choisir un à faible consommation d'énergie (A++, A++ +).

NB : certaines étiquettes énergie sur les appareils électroménagers sont trompeuses, car des niveaux supplémentaires ont été ajoutés (A+, A++ et A+++). Ainsi un appareil classé en A n'est pas forcément un appareil économe.

13. Annexe 4 : Retours sur investissement

Le projet de rénovation thermique global nécessite un investissement important, et on peut évaluer la rentabilité de ce projet en divisant le coût d'investissement par le gain annuel escompté (ce qui nous donne un temps de retour sur investissement en années). Cependant ces deux grandeurs (investissement et gain) sont à affiner en fonction de divers paramètres.

Le coût de l'investissement

Il peut être diminué de façon importante grâce aux moyens suivants :

- crédit d'impôt ou forfait pour la transition énergétique (aide de l'état) ;
- certificats d'économie d'énergie (à demander avant la signature des devis auprès de fournisseurs d'énergie) ;
- subventions régionales (selon éligibilité) ;
- autres aides, à affiner avec votre interlocuteur de l'espace info énergie ou de l'ANAH ;
- auto-rénovation (qui peut être accompagnée par un professionnel) ;
- coûts évités : suite à la rénovation, certains appareils peuvent durer plus longtemps parce qu'il sont sollicités moins souvent (exemple d'une chaudière ou d'un poêle), ou la rénovation peut éviter un autre investissement (exemple du climatiseur).

A noter également que certains coûts ne sont pas uniquement imputables à la rénovation énergétique si l'on rénove **des éléments vétustes, dont la maintenance s'avère parfois inévitable.**

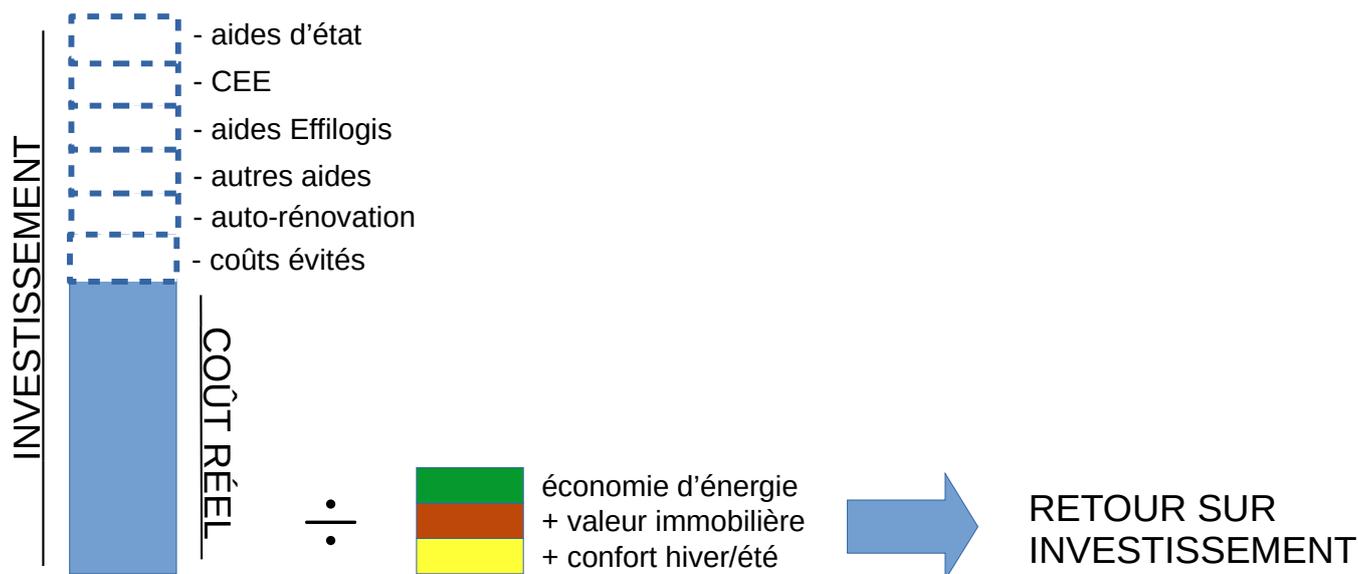
Le gain escompté

Il est à évaluer à partir des éléments suivants :

- gain annuel sur la facture énergétique (calculé dans les scénarios proposés ci-dessus) : il est susceptible de croître dans les années à venir car le tarif des énergies augmente chaque année ;
- gain en terme de confort, en hiver comme en été, d'un point de vue thermique ou du point de vue de la qualité de l'air intérieur : il est réel lors d'une rénovation de qualité mais pas forcément transposable en euros ;
- gain sur la valeur immobilière de la maison, qui serait récupéré en cas de vente du bien.

Ces éléments impliquent que la rentabilité est plus importante que le calcul simplifié (investissement sur gain énergétique).

Les gains sont à prendre en compte sur toute la durée de vie du système, sachant que **pour des isolants de qualité bien mis en œuvre, la longévité peut dépasser les 40 ans.**



14. Annexe 5 : Autres conventions de calcul

Consommations pour chaque scénario en énergie primaire, 3 usages (chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire), rapportées à la surface habitable :

3 usages, énergie primaire, SHAB				
Scénario	État initial	Scénario BBC	Scénario 40 %	Scénario Alternatif
Consommation en kWhep/m ² .an	231	90	135	78
Gain en énergie primaire du scénario	-	61%	42%	66%

Consommations pour chaque scénario en énergie finale, 3 usages (chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire), rapportées à la surface habitable :

3 usages, énergie finale, SHAB				
Scénario	État initial	Scénario BBC	Scénario 40 %	Scénario Alternatif
Consommation en kWhef/m ² .an	323	104	162	84
Gain en énergie finale du scénario	-	68%	50%	74%

Transposition des calculs RT-Cex avec les conventions DPE 2021 : 5 usages, rapportées à la surface habitable, un kWh d'électricité émet 79g de CO₂ (180g dans la réglementation thermique), un kWh d'électricité représente 2,3kWh d'énergie primaire (2,58 dans la réglementation thermique), un kWh de bois représente 1 kWh d'énergie primaire (0,6 dans la réglementation thermique).

DPE 2021 (valeurs estimées, un DPE pourra différer selon les hypothèses utilisées par l'intervenant)				
Scénario	État initial	Scénario BBC	Scénario 40 %	Scénario Alternatif
Consommation en kWhep/m ² .an	354	129	194	109
Emissions de CO ₂ en kg/m ² .an	6	3	4	2
Etiquette	F	C	D	B

Données complémentaires :

Consommations d'énergie primaire par usage sur SRT (arrondies à l'unité) :

Scénario	État initial	Scénario BBC	Scénario 40 %	Scénario Alternatif
Consommation totale en kWhep/m ² SRT.an	185	76	111	67
Consommation chauffage en kWhep/m ² SRT.an	141	42	67	32
Consommation eau chaude sanitaire en kWhep/m ² SRT.an	38	28	38	28
Consommation refroidissement en kWhep/m ² SRT.an	0	0	0	0
Consommation éclairage en kWhep/m ² SRT.an	6	6	6	6
Consommation auxiliaires en kWhep/m ² SRT.an	0	1	1	1

Surfaces de déperdition :

Total = 324 m²

Hors plancher bas (ATbat) = 251 m²