

# Benoît BRIDE - Pachama Energie

Adresse : 4 rue du champ d'Augeon

39130 CLAIRVAUX LES LACS

Tél : 09 72 53 00 71

Courriel : [benoitbride@ovh.fr](mailto:benoitbride@ovh.fr)

[www.pachama.eu](http://www.pachama.eu)

## Étude thermique

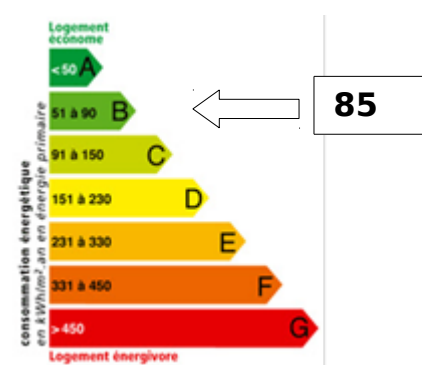


Maison individuelle de M. X  
Adresse confidentielle

Etiquette énergétique **initiale**  
en kWhep/m<sup>2</sup>.an (5 usages RT)



Etiquette énergétique **projet**  
en kWhep/m<sup>2</sup>.an (5 usages RT)



Date de la visite	01/12/2015	Date du rapport	31/12/2015
Personnes présentes	M. X	Version du rapport	A

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>SOUHAITS DU PARTICULIER.....</b>	<b>3</b>
<b>1.MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>4</b>
<b>2.DESCRPTION DE L'ÉTAT INITIAL DE L'HABITATION.....</b>	<b>5</b>
<b>3.CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES.....</b>	<b>12</b>
<b>4.PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS.....</b>	<b>14</b>
<b>5.SCÉNARIO DE RÉHABILITATION AU NIVEAU BBC.....</b>	<b>18</b>
<b>6.CONCLUSION.....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXE 1 : PLANS.....</b>	<b>22</b>
<b>ANNEXE 2 : NOTES.....</b>	<b>23</b>
<b>ANNEXE 3 : MON PARCOURS DE RÉNOVATION.....</b>	<b>24</b>
<b>ANNEXE 4 : DÉFINITIONS.....</b>	<b>25</b>
<b>ANNEXE 5 : TRAITEMENT DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR.....</b>	<b>26</b>

# 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'étude thermique 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<sup>1</sup>-rénovation, selon une approche globale ou par étapes,
- estimation des coûts énergétiques annuels en fonction de l'évolution du prix des énergies,
- conclusion sur la faisabilité d'un projet BBC.

## Souhaits du particulier

### **Attentes générales**

Monsieur X souhaite rénover thermiquement sa maison récemment acquise. La maison est de qualité inégale, avec peu d'isolation, un système de chauffage basique mais neuf (poêle à bois), et des ouvrants parfois très anciens.

### **Volontés particulières sur les énergies, les matériaux et les systèmes**

Il désire privilégier si possible les matériaux sains et naturels. Il a la possibilité de faire un certain nombre de travaux en autoconstruction.

M. X aimerait que sa maison puisse être chauffée avec un volume annuel de bois bûche minimal, et qu'elle ne se refroidisse pas trop lors des nuits d'hiver alors que le poêle à bois n'est plus alimenté.

### **Modification du bâti**

Pas de modifications prévues sur les murs extérieurs. Mais la maison sera réagencée à l'intérieur : un escalier intérieur sera mis en place (a priori au centre de la maison, avec la trémie près du poêle à bois. Une cloison du deuxième niveau sera supprimée, et toutes les pièces s'ouvriront ainsi sur le salon et la trémie d'escalier.

---

<sup>1</sup>Bâtiment Basse Consommation d'énergie

# 1. Méthodologie

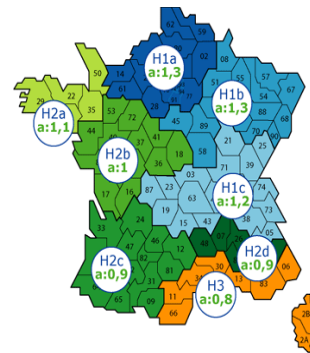
L'audit énergétique est fondé sur des calculs de consommations conventionnelles qui peuvent différer des consommations réelles selon le comportement des usagers. Le niveau des consommations annoncées se base sur les hypothèses rappelées ci-dessous :

## Objectif à atteindre

En rénovation, la valeur moyenne de consommations à atteindre en France pour atteindre le niveau BBC est de 80 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an (consommations exprimées en énergie primaire).

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

Zone climatique	H1c	<b>Valeur maximale des consommations pour être BBC sur votre projet (Cep en kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an)</b>	<b>104</b>
Altitude (m)	550		



## Hypothèses de travail

Nombre de personnes : 4

Scénario d'occupation journalière permanente.

Documents disponibles : Plan de la maison, photos, DPE de l'acquisition (2015).

## Rappel sur les unités et définitions

**Cep** [kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an]: Consommation annuelle conventionnelle d'énergie primaire<sup>2</sup> par m<sup>2</sup> de SRT

**SRT** = La surface thermique au sens de la réglementation thermique.

**R** pour les isolants : résistance thermique en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grande, plus le matériau est isolant.

---

<sup>2</sup>L'énergie primaire 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,...).

**U** [W/m<sup>2</sup>K] : Coefficient de transmission thermique d'une paroi. Plus les U sont faibles et plus les parois sont performantes.  $U = 1/R$

**Ubât** [W/m<sup>2</sup>K] : 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.

**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.

**Q<sub>4</sub>** : niveau de fuites d'air du bâtiment (débit en m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>)

## 2. Description de l'état initial de l'habitation

### Caractéristiques générales

Type de bâtiment	
Maison individuelle	

Type de structure			
Année de construction	1934	Surface SRT (m <sup>2</sup> )	140
Nombre de pièces	7	Surface SHAB (m <sup>2</sup> )	132
Nombre de niveaux chauffés	2	Surface chauffée (m <sup>2</sup> )	140

### Etat général et situation

La maison est une construction en pierre datant de 1934, sur sous-sol. Elle se situe dans une petite ville, face à face avec une maison au sud-est, de l'autre côté de la rue. A l'ouest, se trouve une petite colline, qui cache le soleil du soir à la maison.

Le bâtiment est constitué de deux appartements sur deux étages, en train d'être réunis. La pièce de vie principale du premier étage est lumineuse, avec des ouvrants vers l'est, le sud et l'ouest. Deux chambres sont situées au premier étage, côté nord-ouest.

Au deuxième étage, la pièce principale est utilisée en bureau, et les deux chambres seront utilisés lorsque l'escalier intérieur sera installé.

La maison n'a pas été rénovée depuis très longtemps, elle est assez peu isolée : elle comporte quelques doublages intérieurs (dans une chambre au premier et sur tout le second étage). Les combles comportent une quinzaine de centimètres de laine de verre (certainement 20cm au départ, mais tassé maintenant).



## Composition des parois

### Toiture / combles

Combles perdus et rampants

#### Combles perdus

Localisation	Sous toiture, partie centrale		
Composition de la toiture / plancher haut	Plancher Bois + isolant		
Nature et épaisseur d'isolant	Laine de verre de 15 cm d'épaisseur		
Date de l'isolation	Inconnue, probablement autour de 1980		
Surface (m <sup>2</sup> ) ou proportion (% du total)	U toiture (W/ m <sup>2</sup> .K)	U réf BBC (W/ m <sup>2</sup> .K)	Etat*
55 m <sup>2</sup>	0,30	0,10 à 0,15	Moyen

#### Points particuliers concernant la toiture

L'isolant posé est ancien et globalement tassé.



\* Avis général à la fois sur l'état du bâti et la performance.

<b>Rampants</b>			
Localisation	Côtés de toiture mansardés		
Composition de la toiture / plancher haut	Doublage bois + isolant		
Nature et épaisseur d'isolant	Laine de verre de 10 cm d'épaisseur		
Date de l'isolation	Inconnue, probablement autour de 1980		
Surface (m <sup>2</sup> ) ou proportion (% du total)	U toiture (W/ m <sup>2</sup> .K)	U réf BBC (W/ m <sup>2</sup> .K)	Etat
20 m <sup>2</sup>	<b>0,40</b>	0,10 à 0,15	Moyen
<b>Points particuliers concernant la toiture</b>			

## Murs

<b>Mur 1</b>			
Localisation	Façades et pignons premier niveau (sauf chambre nord)		
Composition des murs	Pierre		
Présence et localisation des murs de refends	Présence de murs de refends transversaux		
	Murs non isolés		
Nature et épaisseur d'isolant	-		
Date de l'isolation	-		
Surface (m <sup>2</sup> ) ou proportion (% du total)	U murs (W/ m <sup>2</sup> .K)	U réf BBC (W/ m <sup>2</sup> .K)	Etat
57 m <sup>2</sup>	<b>2</b>	0,25	Moyen
<b>Points particuliers concernant les murs :</b>			
Présence de murs de refends.			
Présence d'un escalier extérieur et d'un balcon en béton.			
L'isolation extérieure sur ce bâtiment permettrait de résoudre les ponts thermiques liés aux murs de refends, mais pas ceux du balcon et de l'escalier extérieur.			

<b>Mur 2</b>			
Localisation	Façades et pignons deuxième niveau + chambre nord du premier niveau		
Composition des murs	Pierre+doublage		
Présence et localisation des murs de refends	Présence de murs de refends transversaux		
	Isolation intérieure		
Nature et épaisseur d'isolant	Laine de verre 8cm, doublage plâtre		
Date de l'isolation	Inconnue, probablement autour de 1980		
Surface (m <sup>2</sup> ) ou proportion (% du total)	U murs (W/ m <sup>2</sup> .K)	U réf BBC (W/ m <sup>2</sup> .K)	Etat
88 m <sup>2</sup>	<b>0,4</b>	0,25	Moyen



### **Points particuliers concernant les murs :**

Présence de murs de refends.

Présence d'un escalier extérieur et d'un balcon en béton.

L'isolation extérieure sur ce bâtiment permettrait de résoudre les ponts thermiques liés aux murs de refends, mais pas ceux du balcon et de l'escalier extérieur.

### **Planchers bas**

Localisation	Sur sous-sol
Composition du plancher bas	Poutre bois + plancher
Nature et épaisseur d'isolant	Non isolé
Date de l'isolation	-

Surface (m <sup>2</sup> ) ou proportion (% du total)	U plancher bas (W/ m <sup>2</sup> .K)	U réf BBC (W/ m <sup>2</sup> .K)	Etat
75 m <sup>2</sup>	2.5	0,18 à 0,28	Moyen

### **Points particuliers concernant le plancher bas :**

Le plancher bas donnant sur le sous-sol n'est pas isolé, il est paré de plaques de fibres de bois (OSB) ou d'isorel mou (1cm) par endroit. Le sous-sol est aménagé en atelier, garage et cave avec une dalle béton, il subit une importante circulation d'air extérieur.



### **Plancher intermédiaire**

Plancher bois

### **Commentaires sur le plancher intermédiaire :**

Le bâtiment est construit sur deux niveaux, le plancher intermédiaire est en poutres de bois, avec double plancher et gravats rapportés entre les poutres.

## Ouvrants

### Description des ouvrants

Les fenêtres sont toutes en menuiseries bois.

Onze d'entre elles sont relativement récentes, en bon état et munies de doubles vitrages 4-12-4 ou 4-6-4 à air.

Huit d'entre elles sont des simples vitrages très anciens, parfois paré d'un survitrage rapporté en plexiglas.

Les deux portes extérieures sont en menuiserie bois munies de simple vitrage.



Type	Nombre de fenêtres ou portes	Type d'occlusion	Année de pose	Couche basse émissivité (oui/non)	Uw ou Ud (W/m <sup>2</sup> .K)	Uw ou Ud réf BBC (W/m <sup>2</sup> .K)	Etat
Double Vitrage	11 fenêtres	Volets battants bois	Fin 1990	non	1,8 à 2	0,7 à 1,4	Moyen
Simple Vitrage	8 fenêtres	Volets battants bois	Non connue	non	3 à 4	0,7 à 1,4	Mauvais
Simple Vitrage	2 portes	Aucun	Non connue	non	3 à 4	0,7 à 1,4	Mauvais

### Commentaires sur les ouvrants :

Les ouvrants non isolés en simple vitrages créent une situation d'inconfort en raison des problèmes d'étanchéités à l'air et de l'effet de paroi froide.

## Description des systèmes

<b>Chauffage principal</b>	
Type d'énergie	Bois bûches
Systèmes de production	Un poêle (et une cheminée ouverte peu utilisée, elle ne sera pas prise en compte dans les calculs)
Localisation (volume chauffé/non chauffé)	Volume chauffé
Puissance	11 kW
Année de pose	2015
Type d'émetteur de chaleur	-
Présence de vannes thermostatiques	-
Régulation	Non
Conduites de chauffage isolées (oui /non)	Non
Etat du système	Bon
<b>Points particuliers concernant le chauffage :</b> Le poêle est le seul appareil de chauffage de la maison, il ne chauffe réellement que l'étage du bas, mais la chaleur monte dans certaines pièces du deuxième étage. Il est idéalement situé, au centre de l'habitation. L'appareil est neuf et affiche un rendement à régime nominal de 79 %. Une entrée d'air provenant du sous-sol aéré lui est adjacente.	

<b>Chauffage d'appoint</b>
<b>Description du chauffage d'appoint :</b> Une résistance électrique radiative est installée dans la salle de bain.
<b>Pourcentage de consommation :</b> Cette résistance est utilisé très occasionnellement, son impact est négligeable et elle n'est pas prise en compte dans les calculs.

<b>Production d'eau chaude sanitaire</b>	
Type d'énergie	Electricité
Système de production	Chauffe-eau électrique
Volume du ballon (litres)	200
Localisation (volume chauffé/non chauffé)	Volume non chauffé
Puissance	2 000 W
Année de pose	inconnue
Etat du système	Mauvais
<b>Points particuliers concernant l'eau chaude sanitaire</b> Le ballon d'eau chaude est ancien, il comporte de nombreux points de rouille.	

<b>Ventilation</b>	
Ventilation mécanique	Absente
Type de ventilation	Naturelle
Année de pose	-
Localisation des entrées d'air	Des entrées d'air sont situées sur certaines menuiseries. Une entrée d'air est présente dans la pièce principale (salon cuisine), pour l'alimentation en air comburant du poêle. Des conduits de cheminée non utilisés disposent de bouches d'extraction d'air.
Etat du système	-
<p><b>Points particuliers concernant la ventilation</b></p> <p>Le renouvellement d'air est aléatoire, il engendre un risque par rapport à la condensation sur les points froids du bâti et sur la qualité de l'air intérieur.</p>	

### Points d'attention particuliers

#### **Contrainte architecturale (avis ABF, limite de propriétés)**

RAS

#### **Etanchéité à l'air**

Une rénovation au niveau BBC nécessite un travail important sur l'étanchéité à l'air du bâtiment, et par conséquent sur la ventilation (non installée pour le moment).

#### **Défauts repérés**

Dans le cas présent, le bâtiment comporte des entrées au niveau des châssis des menuiseries, de la porte donnant sur l'extérieur et sur l'ensemble du plancher inférieur (plancher sur sous-sol non jointif).

La prise d'air du poêle bois est située dans l'enceinte chauffée mais l'air est à la température du sous-sol, ce qui atténue les déperditions. Une prise d'air sur un puits canadien serait plus efficace souhaitable. Le poêle, bien que récent, ne comporte pas de conduit d'admission d'air extérieur.

Le conduit de la cheminée ouverte du deuxième étage comporte un volet d'obturation, qui est pour le moment maintenu fermé. Cette position atténue les fuites d'air non maîtrisées, mais ne permet pas un renouvellement de l'air de cette pièce.

#### **Q4 estimatif état initial**

En l'absence de test, le débit de fuite pris en compte par défaut pour les calculs est de  $1,7 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$ . Ce débit prend en compte le fait que le poêle à bois crée une dépression importante du bâtiment, et ce malgré l'absence de VMC.

#### **Humidité**

Il n'y a pas de remontées d'eau par capillarité dans l'habitation, le premier niveau habité étant surélevé. L'absence de ventilation contrôlée présente cependant un risque quant à la condensation sur les points froids du bâti.

## **Ponts thermiques**

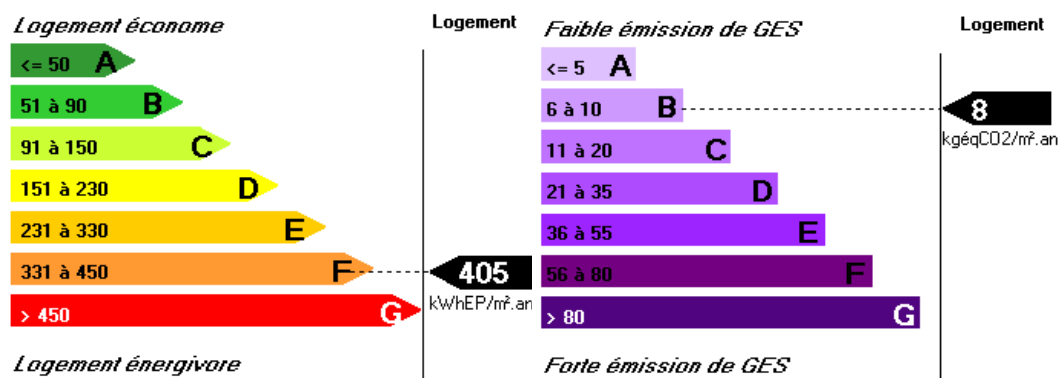
Le bâtiment existant a été isolé par l'intérieur partiellement. Il comprend de nombreux ponts thermiques notamment au niveau des murs de refend, et au niveau des balcon et escalier extérieurs.

Une isolation par l'extérieure, même si elle ne supprime pas les ponts thermiques du balcon et de l'escalier, permet néanmoins de supprimer ceux des murs de refend.

### 3. Consommations énergétiques

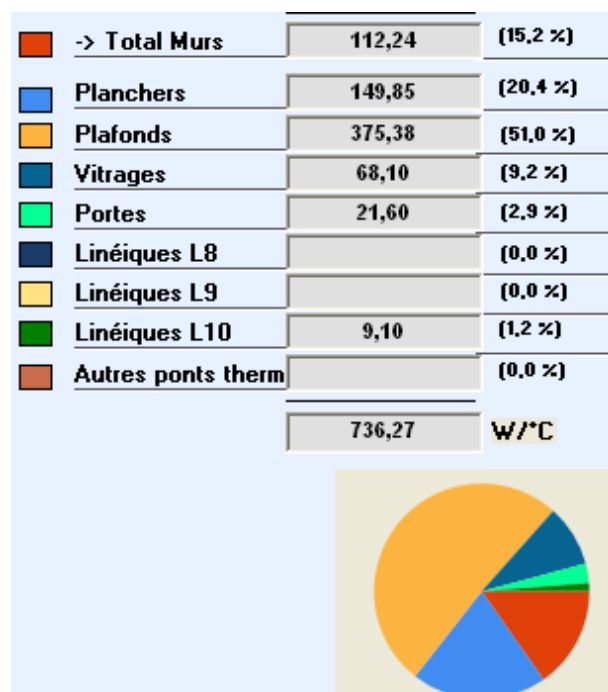
#### Consommations d'énergie calculées

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).



Le bâtiment est fortement consommateur en énergie primaire. Cela s'explique par l'isolation très partielle et ancienne.

Répartition des déperditions donnée par le logiciel :



Les points principaux à traiter sont dans l'ordre de leur impact sur la consommation :

- l'isolation des combles et rampants ;
- l'isolation du plancher sur sous-sol ;
- l'isolation des murs ;
- la rénovation des ouvrants.

La mise en place d'une ventilation est également un point primordial à traiter.

## Comparaison entre les consommations calculées et les consommations réelles

### Consommations théoriques calculées pour les différents postes :

La maison vient d'être acquise, le propriétaire ne dispose pas de factures ou de relevés antérieurs.

Le poste de dépense énergétique principal est le chauffage : le cubage de bois pour le chauffage de la maison est estimé à 30 stères par ans, ce qui représente une dépense de 1200 € par ans (prix à 40€ le stère chez le fournisseur sollicité en 2015).

Pendant un mois, un suivi des consommations du chauffe-eau par watt-mètre a été réalisé : il indique une consommation d'environ 3 kWh par jour. Ceci représente environ 1100 kWh électriques par an, soit 120€ par ans (à 11c€ le kWh d'après le contrat souscrit). Cette consommation énergétique pour l'ECS est assez basse, elle est explicable par le fait que les robinets sont équipés de mousseurs, que les douches sont à économie d'eau, et par le comportement relativement économe de la famille.

## 4. Propositions d'améliorations

Ce chapitre décrit les propositions d'améliorations possibles d'économies d'énergie pour atteindre le niveau BBC. Les gains énergétiques sont calculés par rapport au niveau de consommation initial du bâtiment. **Le gain de la solution globale est donc différent de la somme des gains pris séparément.**

### Amélioration de la performance du bâti

#### 1. Isolation des combles

Description	
La première amélioration à apporter au bâtiment est l'isolation de la toiture : 1) Isolation des combles perdus par 35 cm de laine de cellulose (conformément au souhait du propriétaire de privilégier les matériaux naturels ou issus du recyclage). 2) reprise des doublages des rampants avec 20 cm de laine de bois	
<b>Performance</b>	$R_{\text{additionnelle}} = 8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$   $U_{\text{paroi}} = 0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
<b>Mise en œuvre</b>	Il est conseillé d'enlever les panneaux de laine de verre existant, et de souffler l'isolant sur toute la surface de combles.
<b>Étanchéité à l'air</b>	Il est conseillé de traiter toutes les éventuelles entrées d'air dans le bâtiment avant de souffler l'isolant, en particulier au niveau des jointures entre le plancher des combles et les murs et doublages. Un film d'étanchéité sera mis en place en profitant de la mise à nu des rampants afin de garantir le joint entre les hauts de murs et le film.
<b>Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris)</b>	<b>3 800 € HT</b>
Gain énergétique par rapport à l'état initial	30 %

## 2. Isolation du plancher bas

Description	
La deuxième amélioration à apporter au bâtiment est l'isolation des du plancher sur sous-sol par 15 cm de panneaux de fibre de bois (conformément au souhait du propriétaire de privilégier les matériaux naturels ou issus du recyclage). Isoler en sous face permet de ne pas générer de gros travaux pour l'isolation du plancher bas.	
Performance	$R_{\text{additionnelle}} = 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$   $U_{\text{paroi}} = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Mise en œuvre	Pas de contrainte particulière. Les panneaux isolants doivent être posés de manière parfaitement jointive et appliqués contre le plancher afin d'éviter les interruptions dans la couche isolante (= pont thermique) et les courants de convection. Le sol du premier étage sera a priori rénové par le propriétaire : une attention particulière devra être apportée à l'étanchéité du sol (ragréage ou autre), afin d'éviter la migration d'humidité des pièces d'habitation vers le plancher et l'isolant.
Etanchéité à l'air	Pas de précaution particulière.
Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris)	3 000 € HT
Gain énergétique par rapport à l'état initial	13 %

## 3. Remplacement des fenêtres et portes anciennes

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

Description	
Pour obtenir une performance compatible avec le niveau BBC, il est préconisé de remplacer les vitrages anciens (les 8 ouvrants à simple vitrage) par des doubles vitrages 4-16-4 à lame d'argon et couche faible émissivité.	
Performance	$U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Mise en œuvre	Si la solution de la VMC double flux (voir ci-dessous) est adoptée, les menuiseries ne doivent pas comporter d'entrée d'air. Dans le cas contraire, des entrées d'air en position haute de l'ouvrant doivent être installées dans les chambres et dans les autres pièces sans extraction d'air. Les menuiseries seront posées en tunnel extérieur de la maçonnerie si la solution d'isolation par l'extérieur est mise en œuvre (voir ci-dessous).
Etanchéité à l'air	Prévoir des garnitures d'étanchéité entre la maçonnerie et la menuiserie
Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris)	6 000 € HT
Gain énergétique par rapport à l'état initial	3 %

## 4. Isolation des murs par l'extérieur

Description
Il est conseillé de <b>faire attention à l'humidité dans l'isolation des murs anciens en pierres :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- traiter les remontées d'eau du sol dans les murs (barrière étanche, drainage)</li> <li>- éviter d'utiliser des produits imperméables à la vapeur d'eau (enduits étanches, isolants polystyrène ou polyuréthane, isolants revêtus d'un parement aluminium...) pour ne pas emprisonner l'humidité au risque d'altérer les murs et de dégrader ses performances thermiques.</li> </ul> <p>L'amélioration des murs proposée consiste à l'ajout d'isolant par l'extérieur avec 15 cm de fibre de bois sous enduit ou pare-pluie/bardage (selon l'esthétique désirée). Cela permettra de réduire les ponts thermiques des murs de refend et d'obtenir un</p>



meilleur confort grâce à l'inertie du bâtiment (accumulation de chaleur dans les murs, moins de flambées quotidiennes dans le poêle à bois). Le risque de formation de condensation entre la pierre et l'isolant dû à des transferts de vapeur d'eau ou à des remontées capillaires sera faible avec cette solution.		
<b>Performance</b>	$R_{\text{additionnelle}} = 4,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$U_{\text{paroi}} = 0,18 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
<b>Mise en œuvre</b>	Pose de panneaux isolants en fibre de bois rigide et enduit de finition perméable à la vapeur d'eau. OU Pose des panneaux entre bois de structure, ajout d'un film pare-pluie et d'un bardage. L'isolant doit être descendu au minimum de 30 cm par rapport au niveau du plancher donnant sur sous-sol. Prévoir le retour d'isolant au niveau des menuiseries pour celles qui sont conservées en tunnel intérieur.	
<b>Étanchéité à l'air</b>	Pas de précaution particulière.	
<b>Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris)</b>	<b>25000 € HT</b>	
Gain énergétique par rapport à l'état initial	11 %	

## 5. Mise en place d'une VMC double flux

<b>Description</b>		
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.		
<b>Performance</b>	Rendement de l'échangeur : 80 % Ventilateur basse consommation	
<b>Mise en œuvre</b>	Installation d'un caisson de ventilation mécanique contrôlée dans la buanderie du deuxième niveau. 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.	
<b>Étanchéité à l'air</b>		
<b>Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris)</b>	<b>5 000 € HT</b>	
Gain énergétique par rapport à l'état initial	15 %	

## Amélioration des performances des systèmes

## 6. Mise en place d'un chauffe-eau thermodynamique

<b>Description</b>	
L'eau du ballon est chauffée prioritairement par une pompe à chaleur, ce qui peut diviser par trois la consommation d'électricité par rapport au ballon électrique classique.	
<b>Performance</b>	COP de 3 à 15°C de température d'air

<b>Mise en œuvre</b>	Le chauffe-eau peut venir remplacer le ballon actuel, situé dans la cave suffisamment vaste. La pièce est non chauffée mais tempérée par la température du sol, ce qui est idéal pour un système thermodynamique avec une prise d'air à l'intérieur.	
<b>Étanchéité à l'air</b>	RAS	
<b>Coût estimé (matériaux et mise en œuvre compris)</b>	<b>3000 € HT</b>	
Gain énergétique par rapport à l'état initial	7 % supplémentaires	

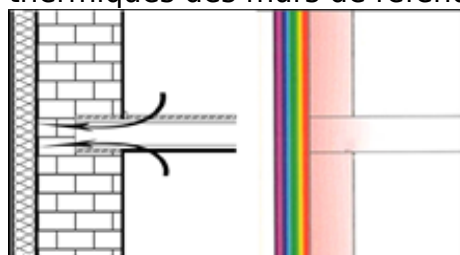
### Traitement de l'étanchéité à l'air

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

1. Joints entre dormants et ouvrants des ouvertures extérieures (portes et fenêtres)  
Solution : remplacement des ouvrants anciens en simple vitrages ; pour les autres fenêtrés, en bon état, rénovation des joints ouvrant/dormant
2. Liaison maçonnerie - charpente :  
Solution : étanchéfier avec frein vapeur, collage et/ou ruban adhésif.
3. Réseau électricité, téléphone et TV. :  
Solution : étanchéfier les gaines par bouchon de mastic.
4. Entrée d'air plancher bas  
Solution : rénovation du sol du premier niveau (prévu par le propriétaire) en prenant soin de créer une barrière continue (film ou ragréage).
5. Arrivée d'air pour le poêle à bois  
Solution : ajouter une grille refermable à ouvrir lors du fonctionnement du poêle, et à fermer lors de son arrêt.

### Traitement des ponts thermiques

L'isolation par l'extérieur permet de traiter correctement la plupart des ponts thermiques des murs de refend.



Concernant les ponts thermiques liés au balcon et à l'escalier extérieur, on conseille un doublage intérieur léger (frisette, enduit argile chènevotte...) et perméables à l'eau face aux emprises linéiques. A certains endroits de la maison, ce doublage intérieur existe déjà.

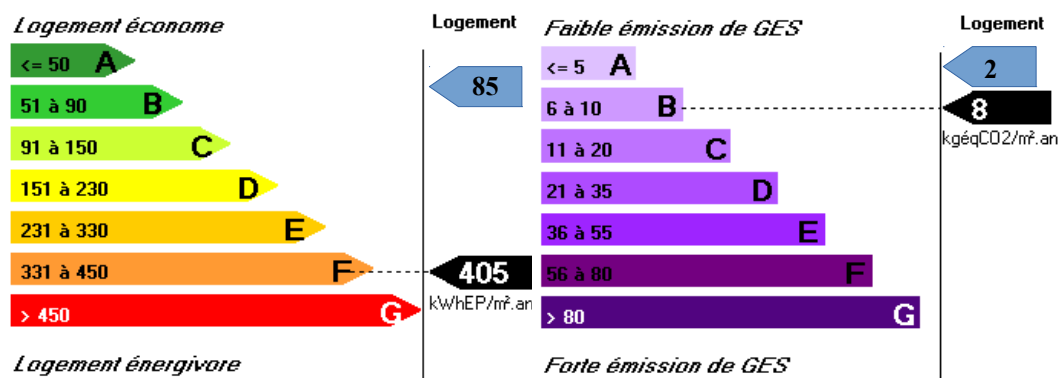
### Traitement des pathologies

Pas de pathologie identifiée.

## 5.Scénario de réhabilitation au niveau BBC

### Solution BBC globale

#### **Etiquette énergie après travaux (selon les 5 usages RT)**



Le bâtiment est rénové de manière complète et le résultat obtenu est supérieur aux exigences demandées pour le niveau BBC (104 kWhEP/m²/an).

**Besoin de chauffage après travaux exprimés en kW : 5 kW**

#### **Estimation de la facture énergétique du logement après travaux \***

Consommations d'énergie	€ TTC/an
Chauffage	150
Eau chaude sanitaire	45
Autres usages	120
Total sans abonnement	215
<b>Total avec abonnement</b>	<b>285</b>

\*selon base de prix février 2014

## Synthèse des Propositions BBC globale

Amélioration	Consom- mation [kWhep/m <sup>2</sup> .an]	Q4 [m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )]	Gain en consom- mation [%]	Coût des Travaux	Facture énergétique annuelle	Ubât [W/m2. K]	Emissions de CO <sub>2</sub> du Bâtiment [kg <sub>eqCO2</sub> /m <sup>2</sup> . an]
Etat initial	405	1,3			1 460 € TTC	2,3	8
Isolation des combles (1)			30%	3500 € HT			
Isolation du plancher bas (2)			13%	3000 € HT			
Remplacement des fenêtres et portes anciennes (3)			4%	6000 € HT			
Isolation des murs extérieurs (4)			11%	25000 € HT			
Mise en place d'une VMCF double flux (5)			15%	5000 € HT			
Mise en place d'un chauffe eau thermodynamique (6)			7%	3000 € HT			
Après travaux	85	0,8	79 %	45 500 € HT	285 € TTC	0,5	2

### Conception et suivi de projet

Assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) ou maîtrise d'œuvre (Moe)	Une bonne coordination des entreprises est nécessaire pour la réussite du projet. Il est conseillé de faire suivre les travaux par un professionnel de la maîtrise d'œuvre (coût de 7% à 12% du montant des travaux HT) ou un assistant à maîtrise d'ouvrage (coût de 800 € HT à 2000 € HT). Voir détails en annexe 4.
Etude thermique réglementaire	Une étude thermique réglementaire sera nécessaire pour valider la performance atteinte. Son coût est estimé de 500 à 900 € 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 600 € HT. <b>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.</b>

## Solution BBC par étapes

### Synthèse des Propositions BBC par étapes

Amélioration	Consommation [kWhep/m <sup>2</sup> .an]	Q4 [m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )]	Gain en consommation [%]	Coût des Travaux	Facture énergétique annuelle	Ubât [W/m2.K]	Emissions de CO <sub>2</sub> du Bâtiment [kg <sub>eqco2</sub> /m <sup>2</sup> .an]
<b>Etape 1</b>							
<b>Recherche d'une réduction des consommations d'au moins 40 % par rapport à l'état initial</b>							
Isolation des combles (1)			30%	3500 € HT			
Isolation du plancher bas (2)			13%	3000 € HT			
Remplacement des fenêtres et portes anciennes (3)			4%	6000 € HT			
Mise en place d'une VMCF double flux (5)			15%	5000 € HT			
<b>Total Etape 1</b>	<b>153</b>	<b>0,8</b>	<b>62 %</b>	<b>17500 € HT</b>	<b>800 € TTC</b>	<b>0,7</b>	<b>3</b>
<b>Etape 2</b>							
<b>Recherche du niveau BBC</b>							
Isolation des murs extérieurs (4)			11%	25000 € HT			
Mise en place d'un chauffe eau thermodynamique (6)			7%	3000 € HT			
<b>Total Etape 2</b>	<b>85</b>	<b>0,8</b>	<b>17 %</b>	<b>28 000 € HT</b>			
<b>Total Etape 1+ Etape 2</b>	<b>85</b>	<b>0,8</b>	<b>79 %</b>	<b>45 500 € HT</b>	<b>285 € TTC</b>	<b>0,5</b>	<b>2</b>

### Conception et suivi de projet

Assistance à maîtrise d'ouvrage ou maîtrise d'œuvre	Rédaction du cahier des clauses techniques particulières avant consultation des entreprises, validation de la conformité des devis des entreprises vis-à-vis de la performance énergétique recherchée, planification des interventions. Coût estimé ≈ 1 500 € HT
Etude thermique réglementaire	Etude thermique réglementaire.
Test d'étanchéité à l'air	Sensibilisation des entreprises en amont des travaux -Réalisation d'un test d'infiltrométrie -Recherche des fuites éventuelles

**Attention :** Lors de la mise en œuvre de la solution BBC par étapes, certains travaux peuvent éventuellement provoquer des surcoûts et sujétions qui ne seraient pas nécessaires pour une rénovation BBC globale.

## 6. Conclusion

Deux solutions sont présentées pour atteindre le niveau BBC. La seconde est une variante de la première, réalisée par étapes.

Les propositions visent une amélioration de la performance thermique du bâti (isolation des parois et fenêtres pour diminuer les consommations d'énergie) avant d'envisager une amélioration technique des équipements (ventilation, production d'eau chaude sanitaire).

Le système de chauffage existant étant neuf et utilisant une énergie renouvelable (bois), il n'est pas envisagé de le changer. Une isolation renforcée permettra de l'utiliser de façon intermittente, contrairement à aujourd'hui où il fonctionne en feu continu en période hivernale. De plus, l'isolation des murs par l'extérieur permettra de stocker l'énergie du poêle lors de son fonctionnement, et cette énergie sera relâchée par les murs vers l'air intérieur lors de ses arrêts (nuits). Le poêle est situé au centre du premier niveau, et le réagencement envisagé par le propriétaire prévoit la mise en place d'une trémie d'escalier dans le couloir proche du poêle : cette configuration est idéale pour laisser la chaleur monter dans les pièces du haut, mais elle implique que l'isolation de la maison soit particulièrement soignée pour que la chaleur perdue ne soit pas trop importante par rapport à la puissance nominale de l'appareil (11kW). La rénovation thermique complète est indispensable pour que cette configuration de chauffage fonctionne.

L'installation d'un groupe de ventilation mécanique est importante pour cette maison qui ne dispose que d'extraction d'air aléatoires. L'air sera assaini, les risques de condensation seront moindres et les pertes thermiques liées aux entrées d'air seront limitées.

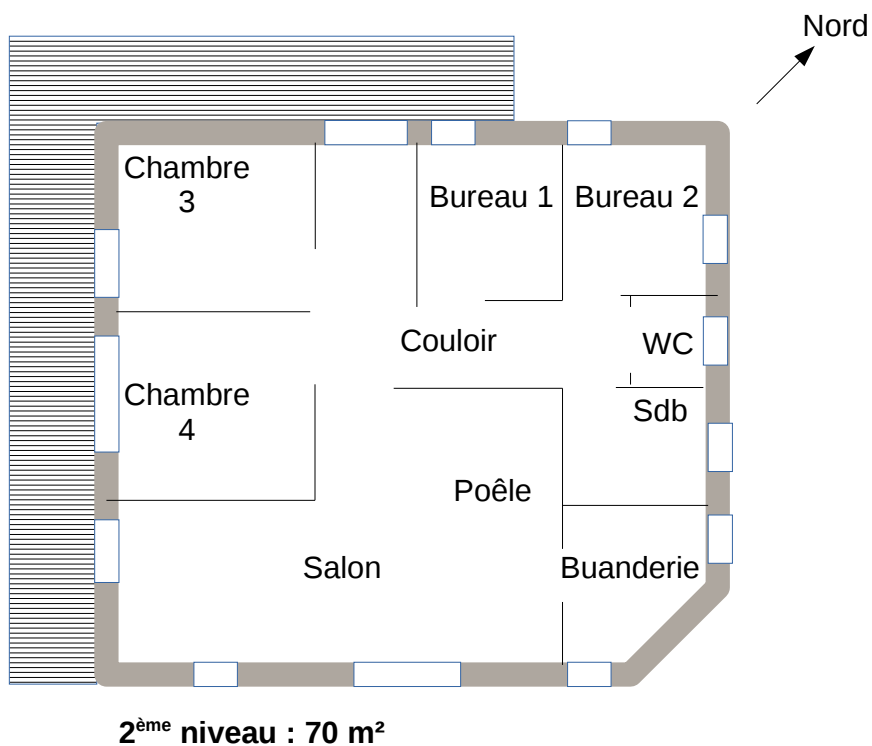
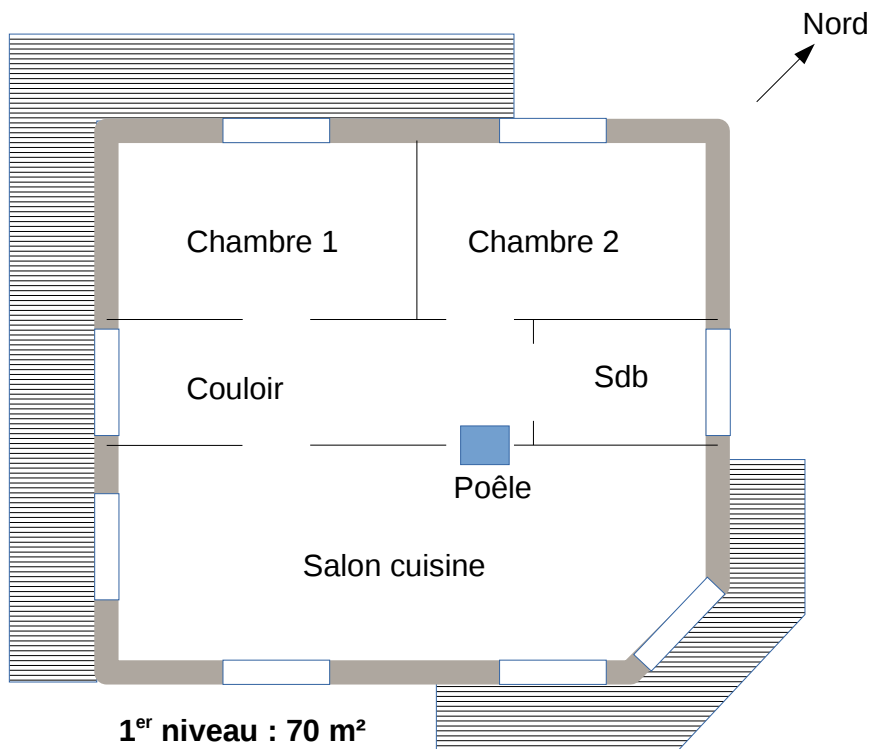
Dans le cadre d'une démarche par étapes, une première phase concerne les parois du bâti les plus importantes (plancher, toiture et vitrages) et la mise en place d'une ventilation performante.

Les deux solutions permettent à terme d'obtenir le même niveau de performance, elles ont des factures de consommations d'énergie similaires. Cependant la solution par étapes ne permet de réaliser des économies importantes qu'à l'issue de l'ensemble des travaux.

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 priorisant les interventions selon l'état d'usure des éléments à rénover (exemple des fenêtres anciennes), tant en étant compatible avec le budget annuel disponible.

Le propriétaire ayant la possibilité de réaliser certains travaux en autoconstruction, les coordonnées d'un professionnel de l'isolation RGE (reconnu garant de l'environnement) lui ont été communiquées. Ce professionnel peut dispenser des formations et des appuis aux auto-constructeurs. Les travaux les plus simples à réaliser soi-même sont l'isolation des combles et l'isolation du plancher bas. L'installation devra bien sûr être conforme aux préconisations de mise en œuvre des isolants choisis, et une attention particulière devra être apportée aux problématiques d'étanchéité à l'air.

## Annexe 1 : Plans



## Annexe 4 : Définitions

### Bureau d'étude thermique (BET)

La partie énergétique du bâtiment est son domaine. Avec les plans du projet, il calcule la consommation d'énergie avant et après travaux. Il préconise également les épaisseurs d'isolant et la puissance du système de chauffage.

### Etude thermique

L'étude thermique permet de réaliser les calculs réglementaires (méthode de calcul [Th-C-E-ex](#)) en cas de certification BBC. L'étude thermique permet également d'établir un bilan des consommations énergétiques d'un logement en précisant les caractéristiques thermiques des isolants et des systèmes de chauffage ; l'étude thermique est réalisée par le BET et est effectuée une fois que vous aurez arrêté vos choix d'isolants, des systèmes de chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation et cela avant de démarrer les travaux. Si des changements sont apportés en cours de chantier, l'étude thermique réglementaire devra être modifiée.

### Maître d'œuvre (Moe)

Le maître d'œuvre ou architecte est là pour vous assister dans votre projet de rénovation, de la définition de vos besoins jusqu'à la réception des travaux réalisés.

Quelques exemples de prestations réalisées par le maître d'œuvre :

- conception architecturale : aménagement des espaces intérieurs,
- dépôt de permis de construire ou déclaration préalable,
- interlocuteur du projet pour les expertises et le suivi technique,
- aide aux démarches de certification BBC,
- consultation des entreprises,
- suivi du chantier, coordination des entreprises et vérification des mesures de perméabilité à l'air,
- réception des travaux réalisés...



## Annexe 5 : 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.**

Sur ce projet, il faudra surveiller la qualité de mise en œuvre selon les précisions apportées dans les différentes propositions de travaux.

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

- **Toiture (combles)**
  - Les raccords entre murs /toiture
  - Les raccords entre murs /plancher au niveau de la plinthe...)
  - Les raccords maçonnerie - charpente
  - Les raccords entre pans de toiture
  - Les raccords toiture/trappes
- **Murs extérieurs (ossature bois, murs maçonnés)**
  - Les doublages intérieurs isolants (isolant + plaque de plâtre collé sur les murs) avec infiltration au niveau des 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 toiture
  - Les jonctions menuiserie/maçonnerie
  - Les coffres de volets roulants : Très grosse source 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, EU, EP, EV, électriques, chauffage, ECS, etc.) avec risque de fuite d'air.
  - Les percements pour passage de conduites, portes, caisson de volet, boîtiers électriques, boîtiers téléphone et TV, prises de courant...
  - Les implantations des tableaux électriques
  - Les joints de dilatation, sur toute leur longueur