

**Dominique LOIR-MONGAZON**  
Consultant en thermique et environnement  
☎ : 06.20.41.45.31  
✉ : [contact@kephir-environnement.com](mailto:contact@kephir-environnement.com)



## Audit énergétique sur opération BBC

### Dossier n° BBC0915

<p><b>Client:</b></p> <p>L. Tafforeau et M. Granjean</p> <p>38 rue de Luffendorf 68580 LARGITZEN</p>	
	

Métrés du projet fournis par l'architecte: Remy CLADEN:

#### Situation et orientation :

- Longitude : 07°11'14 E - Latitude : 47°33' 41 N - Altitude : 390m
- Façade Sud donnant sur la rue décalée de +24° par rapport au Sud
- SHON calculée après rénovation : 260 m<sup>2</sup>
- SHab prise comme Surface de Référence Energétique (SRE) calculée sur plan : 234 m<sup>2</sup> (avec comble aménagés et réhabilitation d'une partie de la grange côté Est)

**Dominique LOIR-MONGAZON**

Consultant en thermique et environnement

☎ : 06.20.41.45.31

✉ : [contact@kephir-environnement.com](mailto:contact@kephir-environnement.com)



## **Avant Propos sur la méthodologie utilisée par KEPHIR-Environnement**

**KEPHIR-Environnement utilise un logiciel dédié conforme à l'arrêté portant approbation de la méthode de calcul TH-C-E ex sur la partie thermique** (calcul des conductances, des déperditions par les parois opaques et vitrées, des apports solaires directs, diffus et réfléchis, des masques proches et lointains, des pertes et consommations de distribution par les réseaux hydrauliques et de la durée de relance des émetteurs en chauffage, des préconisations en matière de ventilation d'hygiène et de confort, des pertes récupérables des systèmes, du calcul de la puissance conventionnelle de chauffage à pleine charge et des débits d'air exfiltrés, etc.)

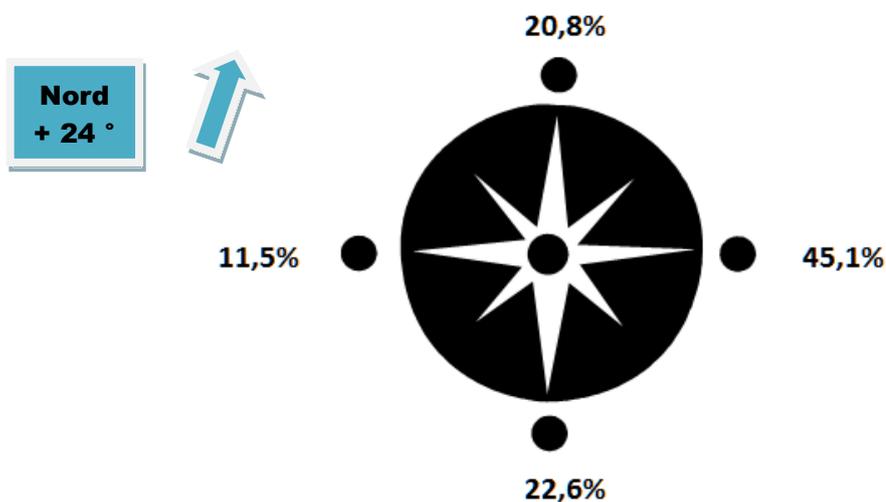
En revanche, pour tenir compte des demandes des clients souhaitant avoir une approche plus réaliste que conventionnelle de leur consommation énergétique réelle après travaux, KEPHIR-Environnement déroge à certaines conventions du calcul réglementaire trop favorables et peu réalistes. Les points concernés sont listés ci-dessous et peuvent être justifiés ci besoin.

- Les données climatiques utilisées sont les données météo locales quand elles sont disponibles et quand elles sont plus pénalisantes que les données réglementaires. En particulier la Tbase utilisée pour le calcul des puissances de chauffage est de -15°C en Alsace (contre - 9°C réglementairement).
- Les apports internes sont calculés et la valeur retenue est la plus pénalisante, entre celle préconisée par défaut par le PHI (2.1 W/m<sup>2</sup>) et celle calculée. La valeur du Th-C-E ex réglementaire de 5 W/m<sup>2</sup>, non réaliste et trop favorable, n'est pas utilisée car elle conduirait à des résultats en Cep inférieurs de 15% en moyenne !
- Les déperditions sont toutes calculées avec une température de consigne de 20°C plus réaliste mais plus pénalisante (de 7% à 10% en plus pour l'énergie utile en chauffage par rapport à la consigne conventionnelle de 19° C).
- Les consommations d'électricité sont prises sur le critère le plus défavorable (en fonction de la surface 2.1W/m<sup>2</sup> réglementairement ou en fonction du nombre de résidents selon le PHI).
- Les ponts thermiques intégrés sont calculés systématiquement en fonction du choix constructif et du type de fourrure utilisé (chevronnage bois plein ou poutre en I, fourrure métallique...). Nous utilisons les valeurs Uw au lieu des valeurs Ujn plus favorables mais basées sur des comportements d'utilisation des volets et fermetures non maitrisables.
- Les équipements préconisés sont ceux ayant un agrément du PHI. En particulier pour les centrales double flux, les valeurs de rendement utilisées sont celles calculées sur l'air extrait (plus pénalisantes). Si le choix se porte sur un équipement non certifié PHI, le rendement sur air neuf est minoré de 12% pour tenir compte de la méthode sur air extrait.

**Les résultats fournis en énergie primaire, selon les préconisations des cahiers des charges et en fonction des postes pris en compte par ceux-ci, sont donc plus réalistes et, en tout état de cause, moins favorables que ceux fournis par les logiciels réglementaires utilisant les valeurs par défaut préconisées par le Th-C-E ex.**

### Caractéristiques du bâtiment:

- Ferme bloc du début XIX<sup>ème</sup> en pans de bois sur deux étages + comble. Remplissage des colombages en briques pleines. Situation à équidistance environ de Mulhouse et de Belfort à la sortie de Largitzen sans masques lointains. Le projet de rénovation de cet ancien bâtiment est de réhabiliter en BBC l'ancienne partie d'habitation, d'aménager les combles et une partie de la grange situé à l'est pour augmenter la surface habitable de 114 m<sup>2</sup>.
- L'habitation principale est prolongée à l'est par une grange. Une ouverture dans la façade Sud permettra de faire pénétrer un peu de lumière naturelle par le nouveau pignon Est qui sera vitré. Un nouvel espace technique recevant la chaudière et la centrale double flux sera aménagé dans le garage pour limiter les pertes de distribution et les pertes à l'arrêt. Le ballon pour l'ECS calorifugé de 300l sera quant à lui placé dans le volume chauffé
- La partie habitation est située en partie sur une cave ventilée (49 m<sup>2</sup>) semi enterrée. Le reste de l'habitation à une emprise au sol de 62.5 m<sup>2</sup>.
- La toiture est une toiture à 2 pans de 40° en tuiles mécaniques. Elle couvre l'habitation et la grange. Des avancées de toit, à restaurer en façade Sud et Ouest, permettent un meilleur confort d'été.
- Les fenêtres actuelles sont en bois avec du simple vitrage. Les portes de belle facture seront à rénover et toutes les fenêtres seront changées pour permettre d'atteindre l'objectif de 1.5 vol/h en n50.
- La surface totale des baies passera de 13.2 à 50 m<sup>2</sup> pour avoir un bon éclairage naturel des pièces de vie. Le pignon Est sera vitré partiellement entre l'habitation et la grange sur les niveaux étage et comble. La partie sol de la grange sera de préférence gravillonnée en clair pour permettre une réflexion du rayonnement diffus (masque pour le rayonnement direct côté est). La répartition des baies est indiquée par la figure ci-dessous.



## Déperditions thermiques initiales de l'habitation :

- L'habitation n'est pas habitée actuellement. Elle était chauffée par un poêle à bois.
- Les déperditions sur l'ancienne unité d'habitation ont été estimées en prenant la valeur U moyenne d'une paroi de 17cm pan de bois / brique plâtrée intérieur avec enduit chaux extérieur soit  $2.2 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . et une ventilation naturelle de 7 vol/heure en n50 qui correspond à ce type de construction ancienne.
- L'estimation sur les déperditions de l'enveloppe donne une valeur en énergie utile de  $280 \text{ kWh/m}^2$  de SRE.

Nous prendrons comme objectif  $40 \text{ kWh/m}^2$  pour le chauffage en énergie utile afin d'atteindre le facteur 7.

Deux scénarios de chauffage seront étudiés en plus. Un scénario biomasse et un scénario avec des capteurs solaires pour l'ECS.

## Données climatiques du site :

- La station météo de référence la plus proche est celle de Belfort (voir ci-dessous). Une corrections en latitude et altitude est faite par rapport à la station météo:

<b>Altitude station météo</b>	<b>422</b>	m
T base site de référence	-15	°C
H <sub>T</sub> (nombre de jour de chauffe)	215	jours/an
G <sub>t</sub> corrigé t° consigne	78,0	kKh/an
G <sub>t</sub> Refroidissement	15,5	kKh/an
G <sub>t</sub> sol	50	kKh/an
Facteur correctif sol (par défaut)	0,64	-
Facteur correctif sol (calculé)	0,47	
Rayonnement annuel Nord	117	kWh/(m <sup>2</sup> an)
Rayonnement annuel Est	246	kWh/(m <sup>2</sup> an)
Rayonnement annuel Sud	451	kWh/(m <sup>2</sup> an)
Rayonnement annuel Ouest	258	kWh/(m <sup>2</sup> an)
Rayonnement annuel Global	394	kWh/(m <sup>2</sup> an)
Type de sol (choisir)	Sol type par défaut	
Zone climatique	H1b	-
Vitesse moyenne vent	2,30	m/s
Humidité relative max	90%	
Rapport rayonnement Global / Diffus	3,86	

## Données sur l'habitation après rénovation :

Altitude du projet	390	m
SHON	260	m <sup>2</sup>
SRE (SHAB ou SU)	234	m <sup>2</sup>
Surface de toiture	140	m <sup>2</sup>
Volume chauffé (VL)	650	m <sup>3</sup>
Hauteur moyenne	2,8	m
Rapport Volume / Surfaces déperditives ( $C_{ref} = VL / A_{PF-RT}$ )	1,7	
Facteur de compacité ( $C = Sp / Shab$ )	2,3	
Catégorie local	CE1	-
Nombre de jours d'occupation	330	jours
Nombre de logements (UH)	1	-
Nombre d'occupants projetés	4	Personnes
Surface de parois internes	170	m <sup>2</sup>
Valeur régionale par défaut	0,11	Albédo
Rapport SHON <sub>RT</sub> / SRE	1,11	-
Facteur de protection au vent	Moyen	0,07
Classe d'inertie	Moyenne	165
Facteur d'intermittence:	0,95	

- Les données sur la SHab tiennent compte de la surépaisseur liée à une isolation rapportée par l'intérieur de 16 cm en moyenne de béton de chanvre projeté de façon à ne pas perturber les caractéristiques hygrothermiques de ce type de construction. Le béton de chanvre projeté étant capillaire et hygroscopique, il permettra de bien réguler l'humidité intérieure en fonction des saisons marquées de cette partie de Sundgau.

## Hypothèses de calculs :

- Température de confort : 20° en journée avec une consigne nuit et week-end de 16°. Facteur d'intermittence de 0.95
- La valeur du 2test d'infiltrométrie réalisé de 0.39 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> en Q4 soit 1.25 en n50 est meilleur que la prévision et bien meilleur que la valeur à ne pas dépasser pour une rénovation BBC soit 0.8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> en Q4
- Bâtiment inertie moyenne : facteur de relance pour la chaudière : 1.4
- Consommation en ECS économique : 25 l/pers/jour. T alimentation eau froide : 10.5° - Nombre de puisages annuels : 3600 pour 4 personnes
- Apport énergie interne : Le calcul détaillé fait à partir des équipements présents est de 1.45 W/m<sup>2</sup>. Une valeur de 1.6 W/m<sup>2</sup> de SRE a été retenue pour tenir compte des évolutions liées à l'avancée en âge des enfants. Cette valeur est plus contraignante que la valeur par défaut fournie par le PHPP de 2.1 W/m<sup>2</sup> de SRE.
- Débit de ventilation de 200 m<sup>3</sup>/h (soit 0.31 vol/h) retenu pour satisfaire aux besoins réglementaires et maintenir l'humidité relative à 40%.

## Description des parois opaques de l'habitation

Description des parois opaques de l'habitation	Valeur U W/(m <sup>2</sup> .K)	Valeur R (m <sup>2</sup> .K) / W	Déphasage heures
Mur en pans de bois de 120mm - 40% en surface de poutrage remplissage béton de chanvre (λ 0.09) doublé par 160 mm de béton de chanvre projeté (λ 0.085). Enduit extérieur (15mm) et intérieur (10mm) chaux faiblement hydraulique.	0.337	3	10.7
Mur brique de 260 mm + 100 mm d'Hagabiotherm* (λ 0.06) + enduit chaux intérieur ( <i>correspond à une petite surface au Nord donnant anciennement sur un espace tampon</i> )	0.454	2.2	
Mur brique de 450 mm + 100 mm d'Hagabiotherm (λ 0.06) + enduit chaux intérieur ( <i>correspond à l'extension des façades N et S côté grange</i> )	0.407	2.5	
Pignon vitré ossature bois OSB (22mm) comme freine vapeur + 2 couches (140 + 160 mm steico flex (λ 0.038) + 40 mm steico therm crépi (λ 0.42) Ossature servant à la construction du nouveau pignon Est vitré	0.137	7.3	15.8
Mur porotherm optibric de 200 mm (λ 0.28) doublé par 140 mm laine de bois (λ 0.038) (complément au pignon vitré Est)	0.215	4.7	12.8
Parois ossature bois pour la construction de la lucarne de toit au sud. Frein vapeur + 100 mm steico therm (λ 0.042) + pare pluie	0.392	2.6	6.3
Rampants en cellulose insufflé sur 300 mm (λ 0.04) en tre armature poutre en I (10%). Frein vapeur intérieur et pare pluie ouvert à la diffusion de vapeur	0.139	7.2	11.2
Plancher bas sur cave ventilé : Parquet sur 30 mm de liège (λ 0.05) + OSB + 240 mm de ouate de cellulose entre poutre en I Fermeture côté cave par 25mm de fibralith (λ 0.1)	0.14	7.2	
Dalle sur sol : hérisson/Cage mousse de verre compacté sur 30 cm + chape béton maigre C8/C10 de 6 cm environ recouvert dallage pierre ou carrelage	0.236	4.2	
Ponts thermiques variant entre	0.16 /- 0.05	(W/m.K)	
<b>Toutes les valeurs R sont conformes aux exigences de la rénovation « élément par éléments » en zone H1</b>			

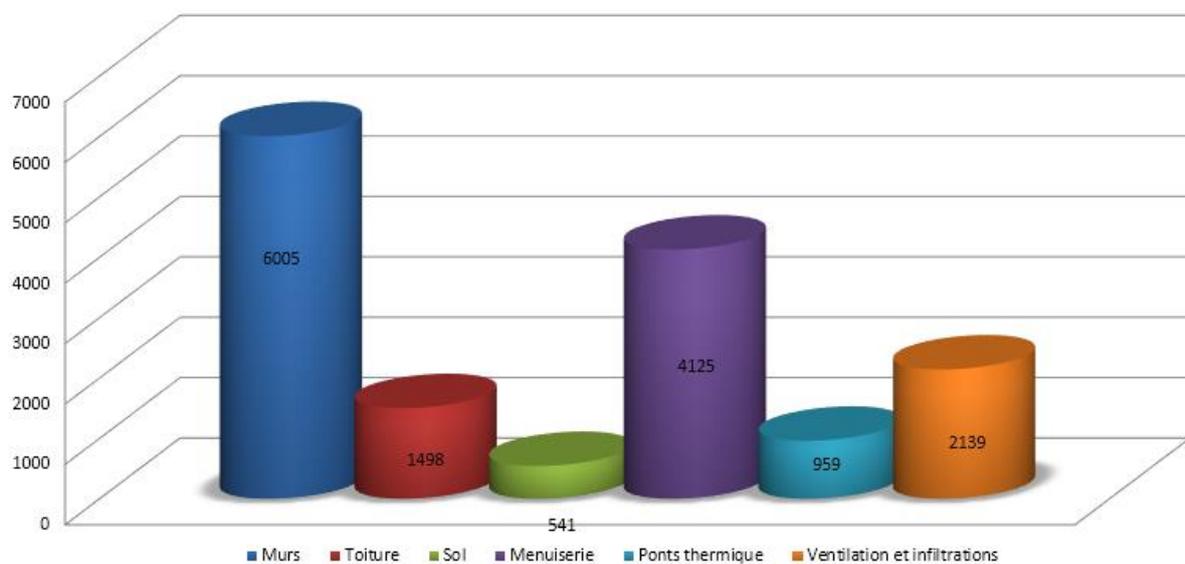
(\* ) Le HAGA BIOTHERM est un enduit isolant (0.06) à haute capacité de diffusion de vapeur

## Données utilisées pour l'énergie primaire :

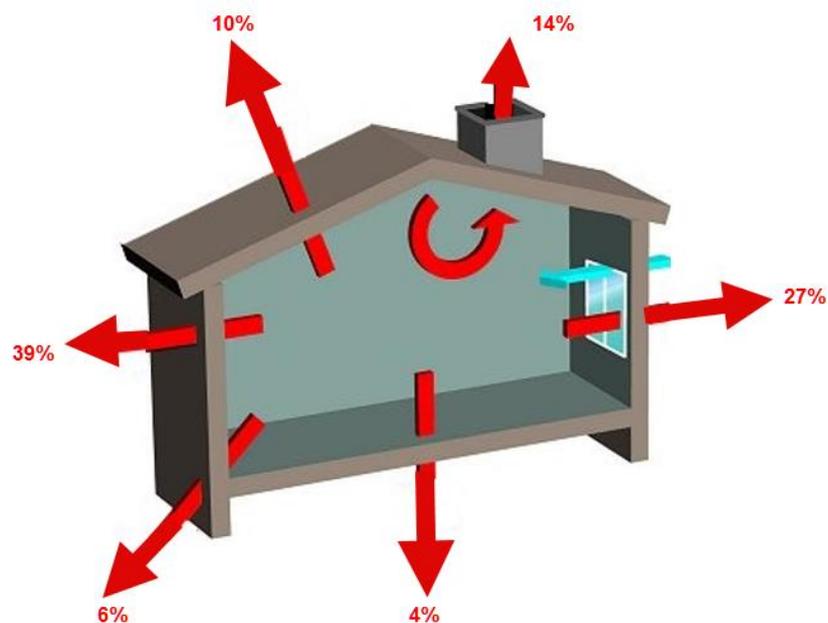
Combustible	EP	PRG	E grise	
			kg eq CO2/kWh	kWh/kWh
Gaz	1	0,237	1,11	1,15
Fioul	1	0,3	1,23	1,22
Granulés de bois	0,6	0,037	0,21	0,24
Bois	0,6	0,013	0,052	0,07
Electricité	2,58	0,18	<b>3,50</b>	3

- L'utilisation de la biomasse favorise ce type de projet

## Synthèse des déperditions



Déperditions brutes en kWh / an (au dessus) et en pourcentage (en dessous)





(22%) ce qui permettra de très bons apports solaires. La surchauffe d'été n'est pas à craindre pour 5 raisons :

- Des avancés de toit en façade Sud et Ouest créent un facteur d'ombrage favorable en été.
- En raison de l'isolation rapportée en béton de chanvre, l'inertie du bâtiment est très bonne et le déphasage important.
- Le pignon Est n'apportera qu'une lumière diffuse (80% d'ombrage environ)
- La VMC double flux permettra une surventilation en été.
- Les 30cm de ouate de cellulose en toiture permettent un très bon déphasage (environ 11 heures)
- Caractéristique des vitrages et des châssis choisis :
  - Double vitrage basse émissivité 4/16/4 Argon - Epsilon = 0.04 : FS 56% et  $U_g : 1.10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
  - Triple vitrage type Planitherm argon (4/16/4/16/4): FS 60% et  $U_g : 0.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
  - Châssis bois 68mm pour le double vitrage ( $U_f : 1.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + \psi_{\text{espaceur}} : 0.04 \text{ W/m}$ ) et 78mm pour le triple vitrage ( $U_f : 1.1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + \psi_{\text{espaceur}} : 0.35 \text{ W/m}$ )

**Les caractéristiques de ces vitrages constituent des valeurs plafonds à prendre en compte lors de la réhabilitation. Les doubles vitrages ont été prévus pour les expositions Sud et Ouest, les Vlux et la lucarne de toit.**

**Le triple vitrage a été prévu pour la façade Nord et le pignon Est vitré.**

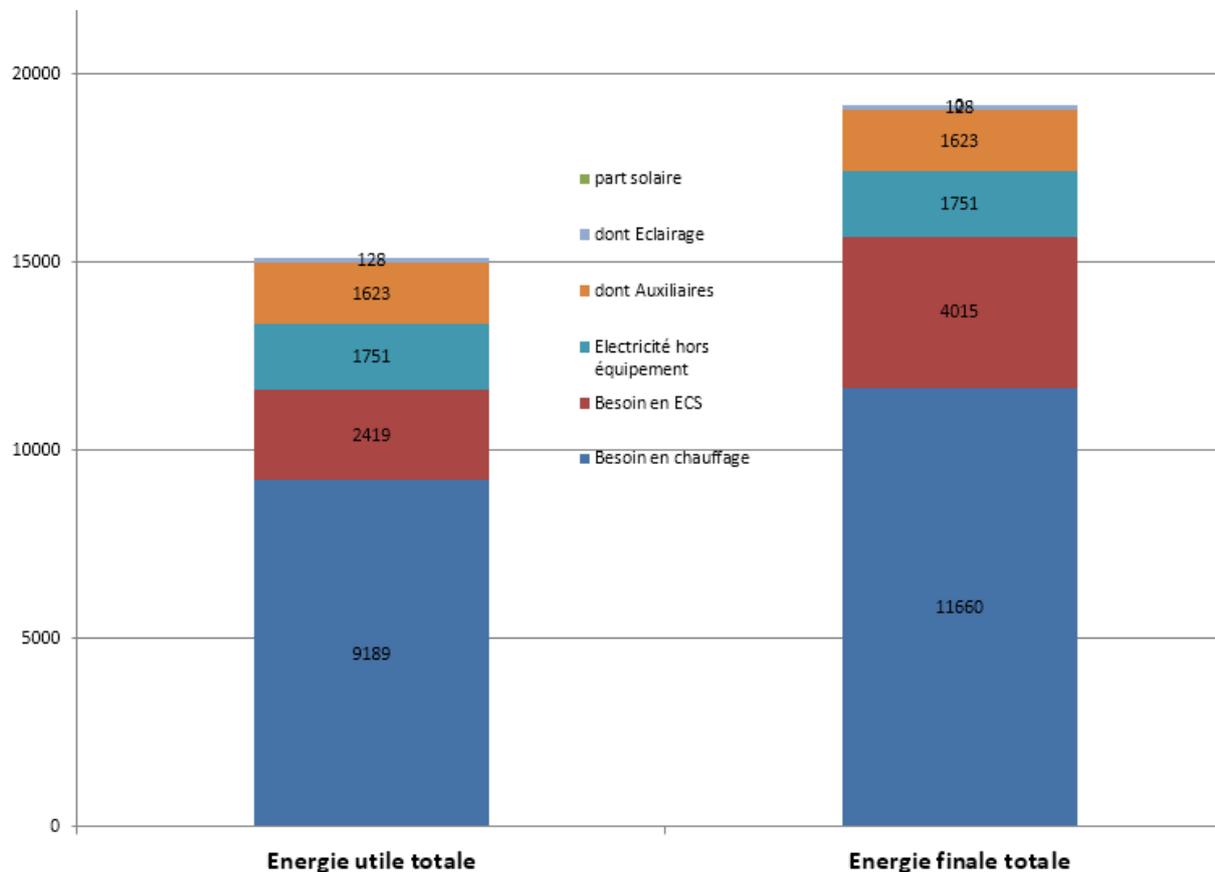
**Les facteurs d'ombrage selon exposition sont présentés en annexe.**

**Le calcul donne des valeurs  $U_w$  variant de 0.8 à 1.36  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$  avec une valeur moyenne  $U_w$  de 0.97  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$**

- En raison de leur cachet, les anciennes portes seront rénovées. Cette rénovation devra être soignée pour avoir une bonne étanchéité à l'air. Nous retiendrons comme valeur  $U_d : 2.2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Les déperditions aérauliques représentent le troisième poste avec 14%. Elles ont été calculées en tenant compte des caractéristiques d'une VMC double flux Zehnder Confo air 350
  - Zehnder ComfoAir Q jusqu'à 600  $\text{m}^3/\text{h}$  - Efficacité thermique certifiée par le marquage NF : 97% (certification PHI : ComfoAir Q 350 - 90%, ComfoAir Q 450 - 88%, ComfoAir Q 600 - 87%)
  - Débit retenu : 200  $\text{m}^3/\text{h}$  soit un renouvellement d'air moyen de 0.31 vol/h situé dans la limite basse de la zone de confort

- Longueur du conduit d'air neuf : 1m et du conduit d'air repris : 4 m soit un rendement réel de 88.2% avec une conductance des conduits de 0.28 W/m.K
  - Consommation : 150 W de puissance absorbée maximale
- Les pertes par ponts thermiques sont faibles grâce à l'isolation rapportée en béton de chanvre et à l'isolation de la dalle par 30 cm de mousse de verre.

### Synthèse des consommations estimées par poste en énergie utile et finale:



**L'énergie utile** caractérise la performance de l'enveloppe isolante. Elle a été calculée pour atteindre une consigne de température de 20°C pour ce projet.

**L'énergie finale** tient compte des différentes pertes de distribution et de stockage ainsi que du rendement des équipements et du coefficient de performance pour les pompes à chaleur. **C'est l'énergie qui est mesurée au niveau du compteur.**

Le premier poste au niveau de l'énergie utile est évidemment le chauffage avec environ **9200 kWh par an** (en comptant les pertes par les tuyauteries) et de **11700 kWh** en tenant compte du rendement d'une chaudière granulé KWB easy fire de **12 kW** avec comme caractéristiques :

- Rendement chaudière en régime stationnaire : 94%
- Rendement sur cycle de base : 90%
- Pertes de chaleur stationnaires de la chaudière à 70°C : 1.5%
- Ballon tampon pour l'ECS de 300l avec 50W de déperdition de stockage

### Estimation des coûts liés aux différentes consommation d'énergie :

Répartition des consommations énergétiques en kWh						
	Energie utile totale	Energie finale totale	Source énergie	Energie primaire Ep	Ep / m² SHON <sub>RT</sub>	Coût annuel €
Besoin en chauffage	9189	11660	Granulés	6996	26,9	760
Besoin en ECS	2419	4015	Granulés	2409	9,3	158
Production ECS solaire		0	Solaire	0	0	0
Electricité hors équipement	1751	1751	Electricité	4516,4	17,4	280
dont Auxiliaires	1623	1623	Electricité	4187	16	260
dont Eclairage	128	128	Electricité	329	1	20
Equipement	2779	2779	Electricité	7169	27,6	445

Avec eau froide

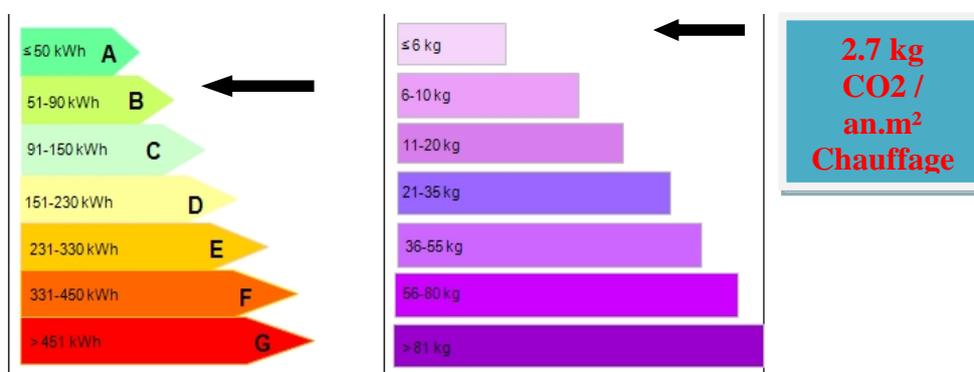
Total hors climatisation et équipement	13358	17426		13922	53,5	1198	1525
--	-------	-------	--	-------	------	------	------

Les coûts ont été calculés en prenant en compte un coût de 0.065 € du kWh pour les granulés de bois et de 0.16 € du kWh pour l'électricité.

### Synthèse des résultats :

Besoins en énergie primaire (Ep) pour Chauffage, ECS, éclairage et auxiliaires :

**Environ 53.5 kWh/m² de SHON (Ep Ref 64 kWh /m²)**



Bbio <sub>max</sub> Effinergie+ =	73,60
Cep <sub>max</sub> Effinergie+ (kWh <sub>ep</sub> /an.m² S <sub>RT</sub> ) =	64,00

## Données environnementales :

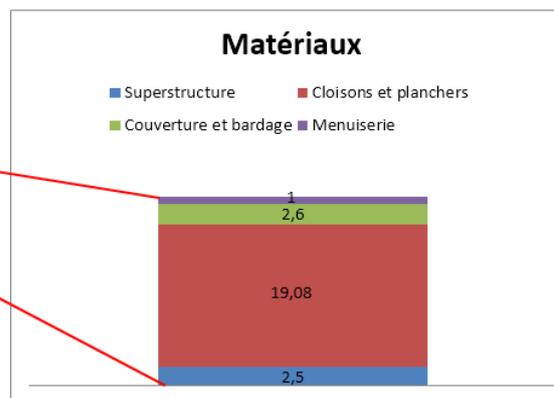
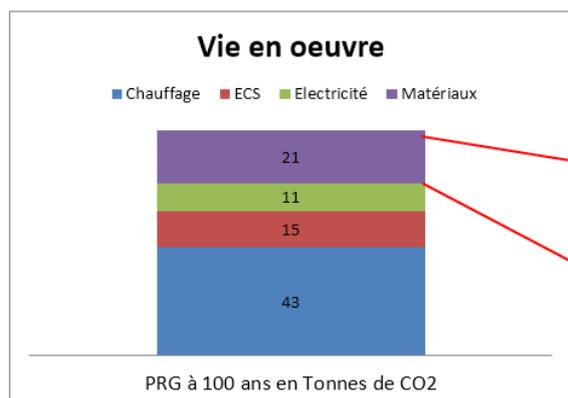
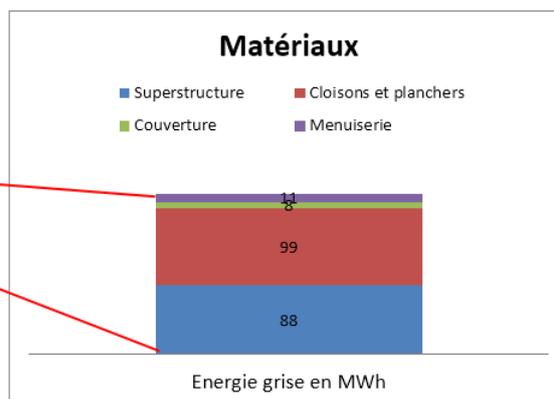
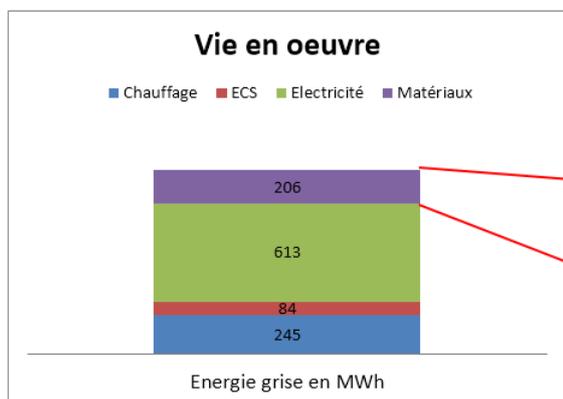
Données tirées de la base KBOB / Ecoinvent

### Données environnementales vie en œuvre

	PRG à 100 ans	Energie grise
Chauffage	43	245
ECS	15	84
Electricité	11	613
Matériaux	21	206
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>1148</b>

### Données environnementales matériaux

	PRG à 100 ans	Energie grise
Superstructure	-3	88
Cloisons et planchers	19,08	98,90
Couverture et bardage	2,6	8,2
Menuiserie	2,5	11
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>206</b>



Le projet de rénovation répond en tout point au cahier des charges BBC et au facteur 7 nécessaire pour répondre aux engagements sur le réchauffement climatique. En outre l'utilisation du béton de chanvre permet d'être neutre en carbone et cette rénovation est peu gourmande en énergie non renouvelable (192 MWh).

La méthode de calcul TH-C-E ex 2008 pour l'existant a été utilisée ainsi que la base de données matériaux KBOB / Ecoinvent

## Annexes :

Objectif ou résultat du test de perméabilité :	0,39	Qd en m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	1,25	n50 (Vol/h)	Objectif CC	0,8	Selon standard	Accompli ?	oui
Eu = Besoin de chaleur chauffage	9189	kWh	39,2	kWh/(m <sup>2</sup> SRE.an)	60,0	kWh/(m <sup>2</sup> .an)		oui	
Ef = Besoin de chaleur total Chauffage et ECS	11607	kWh							
Eu = Besoin de réfrigération	0	kWh	0,0	kWh/(m <sup>2</sup> SHON.an)					
Ef = Besoin de réfrigération	0	kWh							
Cep (en énergie primaire conventionnelle) (5 postes)	13922	kWh	53,5	kWh/(m <sup>2</sup> SHON.an)	64,0	kWh/(m <sup>2</sup> .an)		oui	
Valeur Bbio:	73,10	Points			73,6	Points		oui	
PRG à 100 ans énergie (hors domestique)	69	T eq CO <sub>2</sub>	0,27	T eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> SHON					
PRG à 100 ans matériaux	21	T eq CO <sub>2</sub>	0,08	T eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> SHON					
Energie grise à 100 ans énergie (hors domestique)	942	MWh	3,6	MWh/m <sup>2</sup> SHON					
Energie grise à 100 ans matériaux	206	MWh	0,79	MWh/m <sup>2</sup> SHON					
Puissance de chauffage nécessaire	8,0	kW	31,0	W/m <sup>2</sup> SRE	10	Norme passive		non	
Valeur Ubat:	0,31	W/m <sup>2</sup> .K			0,40	W/m <sup>2</sup> .K		oui	
Déperdition thermiques des parois du bâtiment (H) :	168,2	W/K							
Nombre d'heure de surchauffe en été	1036	h			876	h max		non	
Puissance de réfrigération nécessaire - confort	3,0	kW							
Pourcentage de surface de baies par rapport à la Shab:	21,9%				16,67%	de la Shab		oui	
Production d'électricité:		kWh <sub>el</sub>		de l'électricité consommée	0	kg de CO <sub>2</sub> évités/an			

## BESOIN DE CHALEUR DE CHAUFFAGE ANNUEL

<b>Déperditions conductives <math>Q_T</math></b>								<b>13128</b>	kWh/an
<b>Système de ventilation:</b>									
Taux effectif de disponibilité thermique : $\eta_{eff}$		88%							
Taux de disponibilité thermique de PC: $\eta_{PCV}$		0%							
Renouvellement d'air équivalent énergétique par la ventilation: $nL$			$n_{vent} \cdot \eta_{eff}$	$\eta_{PCV}$					
			0,31	0,88				0,036	1/h
	$V_L$	$n_L$	$C_{p,air}$	$Q_T$					
	650	0,036	0,34	78,0				626	kWh/an
<b>Déperditions aérauliques par la ventilation <math>Q_L</math></b>									
	650	$n_{L,filtration}$	0,34	78,0				1513	kWh/an
<b>Déperditions aérauliques par infiltration <math>Q_{infiltration}</math></b>									
	$Q_T$	$Q_L$	$Q_{infiltration}$	Facteur d'intermittence					
<b>Total des déperditions <math>Q_D</math></b>				0,95				14504	kWh/an
	13128	626	1513						
<b>Orientations des surfaces</b>									
	Facteur de réduction du rayonnement	Facteur solaire (valeur g)	Surface des fenêtres	Rayonnement global sur la période de chauffe (G)					
		(rayon. perp.)	$m^2$	$kWh/(m^2 \cdot an)$					
1. nord	0,50	0,61	10,28	144				445	kWh/an
2. est	0,23	0,61	22,22	320				1016	kWh/an
3. sud	0,54	0,60	11,14	456				1633	kWh/an
4. ouest	0,48	0,60	5,67	195				315	kWh/an
5. horizontal	0,20	0,00	0,00	394				0	kWh/an
<b>Apports solaires <math>Q_S</math> (voir feuille fenêtres)</b>								3409	kWh/an
		Longueur de la période de chauffe	Puissance des apports internes	Asse					
		jours/an	$W/m^2$	$m^2$					
<b>Apports internes <math>Q_i</math></b>		0,024	215	1,6	234			1934	kWh/an
<b>Apports gratuits <math>Q_f</math></b>								5343	kWh/an
<b>Rapport apport gratuits / déperditions (poids des apports)</b>								36,84%	
<b>Degré d'utilisation des apports <math>\eta_c</math></b>								100%	
<b>Total des apports <math>Q_G</math></b>								5320	kWh/an
<b>Besoin de chauffage <math>Q_H</math></b>								9184	kWh/an

## Répartition des ombrages par orientation

Orientation	Surface de vitrage $m^2$	Facteur d'ombrage	
		Été	Hiver
nord	6,93	0,76	0,87
est	21,25	0,29	0,29
sud	7,95	0,82	0,88
ouest	3,81	0,59	0,83
horizontal	0,00	1,00	1,00
<b>Moyenne</b>	<b>7,99</b>	<b>0,69</b>	<b>0,77</b>