AUDIT ENERGETIQUE



Villa 6 - Impasse VERRIER

Référence du document : TSD/RA/1-1583/16.014

OVALEE INGENIERIE
UNE AGENCE DU GROUPE N·E·P·S·E·N

13 rue de la Faourette, 31100 TOULOUSE

Tel : 05 82 75 67 98 - Fax : 01 43 99 29 50

Table des matières

1. PREAMBULE 4

2. RESUME 6
   2.1. Fiche de synthèse : Etat initial 6
   2.2. Fiche de synthèse : Etat final 7

3. OBJECTIFS DE L'AUDIT ENERGETIQUE 8
   3.1. Contexte de l'étude – Objectifs du Maître d'Ouvrage 8
   3.2. Contenu du rapport 8
   3.3. Données d'entrée 8
   3.4. Limites de l'étude 9

4. PRESENTATION DU BÂTIMENT 9
   4.1. Données de contexte 9
      4.1.1. Introduction 9
      4.1.2. Données climatiques 9
      4.1.3. Travaux à venir 9
   4.2. Description du bâtiment 10
      4.2.1. Bâti 10
      4.2.1. Chauffage 11
      4.2.2. Eau chaude Sanitaire 12
      4.2.3. Ventilation 13
      4.2.4. Eclairage 13
      4.2.5. Synthèse des atouts & dysfonctionnements 13

5. ANALYSE DES CONSOMMATIONS 14
   5.1. Consommations réelles 14
      5.1.1. Electricité 14
      5.1.2. Gaz 14
   5.2. SIMULATION THEORIQUE 15
      5.2.1. Chauffage 15
      5.2.2. ECS 20
      5.2.3. Bilan des consommations 21
      5.2.4. Etiquette énergétique 23

6. PRECONISATIONS & SCENARII 24
   6.1. Préconisations 24
      6.1.1. Note sur les CEE : 25
      6.1.2. Potentiel d'amélioration 26
      6.1.3. Potentiel d'approvisionnement en énergies renouvelables 26
      6.1.4. Amélioration de l'enveloppe 27
      6.1.5. Amélioration des équipements 27
      6.1.6. Préconisations diverses 28
   6.2. Scénarii – Programme de travaux 29
   6.3. Programme 1 29
      6.3.1. Nouvelle étiquette énergétique après améliorations 29
   6.4. Programme 2 30

6.4.1. Nouvelle étiquette énergétique après améliorations 30
6.5. Programme 3 31
6.5.1. Nouvelle étiquette énergétique théorique après améliorations 31

7. ANALYSE FINANCIERE 32
7.1. Introduction 32
7.2. Etude financière 32
7.2.1. Hypothèses 32
7.2.2. Bilan de l'étude financière 32

8. CONCLUSION 33

1. PREAMBULE

L'audit énergétique est un outil d'aide à la décision à destination de la Maîtrise d'ouvrage. Il comporte une analyse approfondie du bâtiment ainsi que des propositions d'actions et de programmes basés sur une étude technico-économique comparative des différentes solutions techniques envisagées.

Notre étude s'est déroulée en cinq phases :

- **Pré-analyse :** « prise de connaissance » avant la visite du site sur la base des documents transmis (plans, DOE, consommations énergétiques, études éventuellement déjà réalisées, etc.) ;
- **Visite du site :** relevé détaillé et « reportage photo » sur site afin de récolter toutes les données nécessaires à l'étude ;
- **Modélisation énergétique du bâtiment :** sur la base des plans, données d'entrée (DOE, etc.) et des relevés effectués afin de disposer d'une situation énergétique de référence, caractérisée par diverses grandeurs traduisant la performance énergétique du bâtiment (coefficients G_1, G_2, etc.) ;
- **Confrontation du modèle :** suite à une analyse détaillée des consommations réelles du bâtiment, analyse critique des résultats théoriques de la modélisation énergétique ;
- **Proposition d'améliorations :** sur la base du travail précédent, propositions des solutions pour améliorer la performance énergétique du bâtiment. Démarche axée autour de la démarche Négawatt, priorisant la sobriété énergétique (réduction des besoins), avant l'efficacité des systèmes et enfin la substitution d'énergies fossiles par des énergies renouvelables.

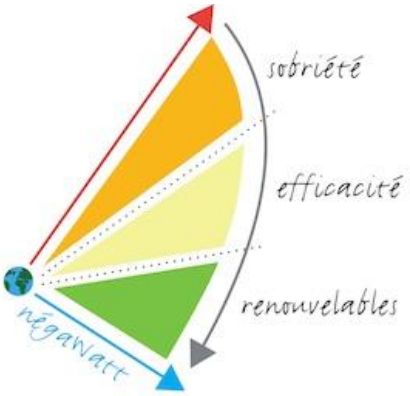
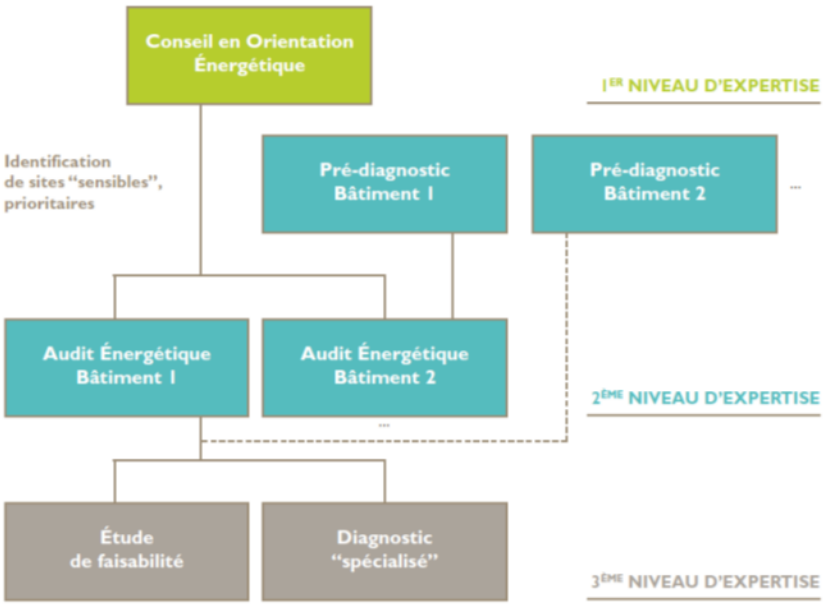


Illustration de la démarche Négawatt (Source : www.negawatt.org)

Ce rapport d'étude présente les résultats de nos travaux à deux niveaux de lecture.

Le **premier niveau** (la partie « Résumé ») permet de prendre connaissance des points essentiels de notre étude de manière très rapide. Le **second niveau** (le corps du rapport) présente de manière détaillée les hypothèses et résultats de notre étude.

L'audit énergétique se situant au second niveau d'expertise (cf. graphe ci-dessous), ces deux niveaux de lecture permettent une pleine connaissance de tous les acteurs décisionnels des potentiels d'amélioration et permettent d'orienter les choix du maître d'ouvrage quant à la suite à donner à cette étude.



Positionnement de l'audit énergétique par rapport aux autres études « énergie – bâtiment » (Source ADEME)

Glossaire

CEE : Certificat d'Economie d'Energie

Conductivité thermique (l) : grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction

COP : Coefficient de Performance

CPTh : Coefficient de Performance Thermique

CTA : Centrale de Traitement d'Air

DJU : Degré Jour Unifié

DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Energie Primaire : énergie disponible à l'état brut dans la nature *(ex : le gaz naturel)*

Energie Finale : énergie se situant en fin de chaîne de transformation de l'énergie *(ex : l'électricité)*

ERP : Etablissement Recevant du Public

G1 : coefficient moyen de déperditions par le bâti

G2 : coefficient moyen de déperditions par la ventilation

GES : Gaz à Effet de Serre

GTB : Gestion Technique du Bâtiment

GTC : Gestion Technique Centralisée

LNC : Local Non Chauffé

PAC : Pompe A Chaleur

RT 2005 : Règlementation Thermique de 2005

SHON : Surface Hors Œuvre Nette

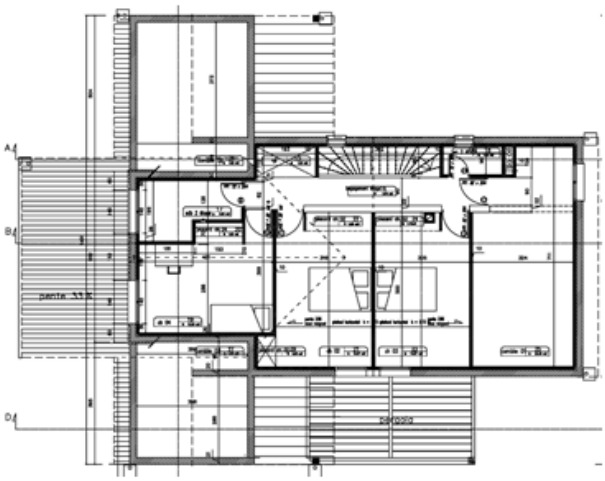
SU : Surface utile

Ubât : coefficient moyen de déperditions du bâtiment

2. RESUME

2.1. FICHE DE SYNTHESE : ETAT INITIAL

Ovalee INGENIERIE	Villa 6 - Impasse VERRIER	02/11/2016



Impasse Marcel VERRIER
31700 BLAGNAC

Année de Construction :	1985
Réhabilitations :	RAS

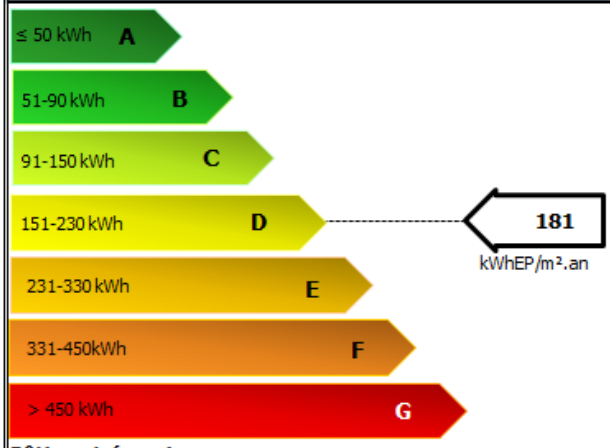
SHON :	216 m²	**Surface chauffée :**	197 m²
Valeur conventionnelle :	331 028 €	**Volume chauffé :**	492 m3
Nombre d'occupants :	3 / 4 personnes	**Catégorie d'ERP :**	NA
Fonction du bâtiment :	Maison individuelle type 4		

CONSOMMATIONS ENERGETIQUES ET COÛTS

Les consommations présentées ci-dessous sont issues des calculs théoriques réalisés sur la base des informations transmises par la Maîtrise d'Ouvrage et nos relevés sur site.

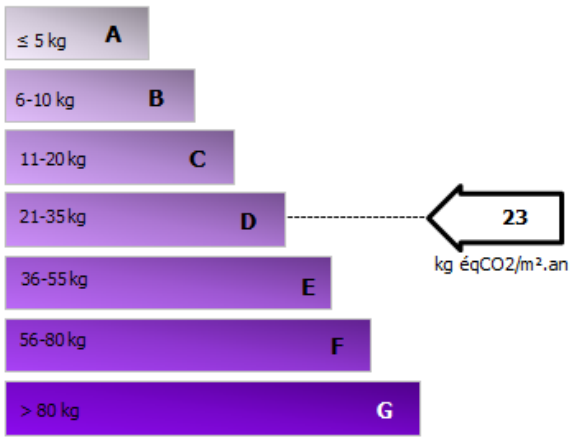
	Consommations		Coûts		Coût du kWh
Electricité	8 246	kWh/an	940	€ TTC/an	*0,114 € (DPE)*
Gaz naturel	17 752	kWh/an	692	€ TTC/an	*0,039 € (DPE)*

Consommations énergétiques :
(pour les consommations d'énergie totales)



Bâtiment énergivore

Emissions de Gaz à Effet de Serre :
(pour les consommations d'énergie totales)



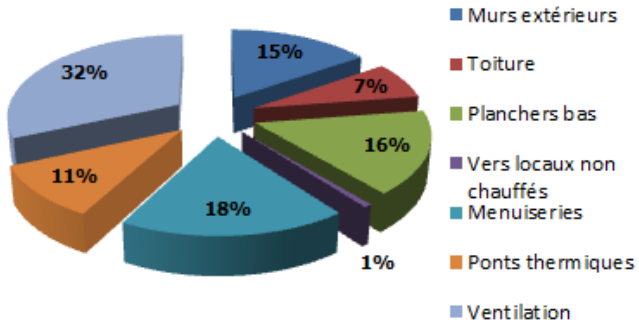
Forte émission de GES

Etiquette énergétique de type: Logement (6.B) basée sur la surface SHON soit : 216 m².

2.2.FICHE DE SYNTHESE : ETAT FINAL

Ovalee INGENIERIE	Villa 6 - Impasse VERRIER	02/11/2016

Coefficient de déperditions : G= 0,69 W/m3.K



Points forts actuels du bâtiment

Parois extérieures déjà isolés
Bonne compacité du bâtiment
Menuiseries extérieures performantes
Chauffage gaz naturel performant

Points faibles actuels du bâtiment

-

Objectifs de l'étude	Etablir un état des lieux et proposer des solutions d'amélioration énergétique
Axes de réduction des besoins énergétiques	Complément d'isolation toiture
Axes d'optimisation des équipements	Changement de système de chauffage (PAC air / eau ou chaudière gaz naturel) Mise en place d'une VMC hygro B avec caisson basse consommation
Axes d'amélioration de la gestion du bâtiment	-

Programme 1	Programme 2	Programme 3
Mise en place d'une VMC hygro B + caisson basse consommation Chaudière gaz à condensation pour chauffage et ECS	Mise en place d'une VMC hygro B + caisson basse consommation PAC Air/Eau pour chauffage et ECS	Mise en place d'une VMC hygro B + caisson basse consommation PAC Air/Eau pour chauffage et ECS Surisolation des combles
Investissement € HT	**Investissement € HT**	**Investissement € HT**
3 605 €	6 605 €	7 880 €

Réductions des consommations énergétiques		Réductions des consommations énergétiques		Réductions des consommations énergétiques	
12%	D	14%	D	14%	D
Réduction des émissions de GES		**Réduction des émissions de GES**		**Réduction des émissions de GES**	
19%	C	77%	B	78%	B

Conclusions de l'étude	Il existe peu d'axes d'amélioration d'un point de vue énergétique, essentiellement sur les système de chauffage et de production d'ECS

3. OBJECTIFS DE L'AUDIT ENERGETIQUE

3.1. CONTEXTE DE L'ETUDE – OBJECTIFS DU MAITRE D'OUVRAGE

Dans le cadre de l'amélioration de l'efficacité énergétique et du confort d'usage des installations, le SNIA Pôle de Toulouse a confié à OVALEE la réalisation d'une étude énergétique de la villa n°6 de la résidence NORMANDIE, sise impasse Marcel VERRIER à Blagnac.

3.2. CONTENU DU RAPPORT

La présente étude comprend **quatre parties**.

Les **deux premières parties** s'adressent en priorité aux « techniciens ». Elles comprennent la **description et l'analyse de l'existant** :

- Références météorologiques
- Etude du bâti avec le calcul des différentes déperditions thermiques
- Détermination des besoins théoriques de chauffage et confrontation avec le réel (factures énergétiques)
- Calcul et analyse des consommations énergétiques autres que chauffage

Les **deux dernières parties** s'adressent davantage aux « décideurs ». Elles concernent la recherche de **solutions d'amélioration** de l'existant et une **étude financière** détaillée.

- Détermination des potentiels d'amélioration et des potentiels de recours aux énergies renouvelables
- Pistes de réduction des besoins et recherche de la sobriété énergétique
- Amélioration des performances des équipements et recours aux énergies renouvelables
- Propositions de scenarii de travaux
- Analyse financière détaillée des programmes de travaux

En fin de rapport, une synthèse reprend l'ensemble des points importants de l'étude.

3.3. DONNEES D'ENTREE

Documents			
	Descriptif	*Fourni ?*	*Remarques*
Plans	Plan du site	Oui	
	Plan de façade	Non	
	Plan de masse	Non	
Consommations	Gaz	Non	
	Fioul	Non	
	Bois	Non	
	Réseau de chaleur	Non	
	Electricité	Non	
	Eau	Non	
Contrats d'exploitation	Chaudière	Non	
	Groupe froid	Non	
Questionnaires	Gestionnaire	Non	
	Occupants	Non	

3.4. LIMITES DE L'ETUDE

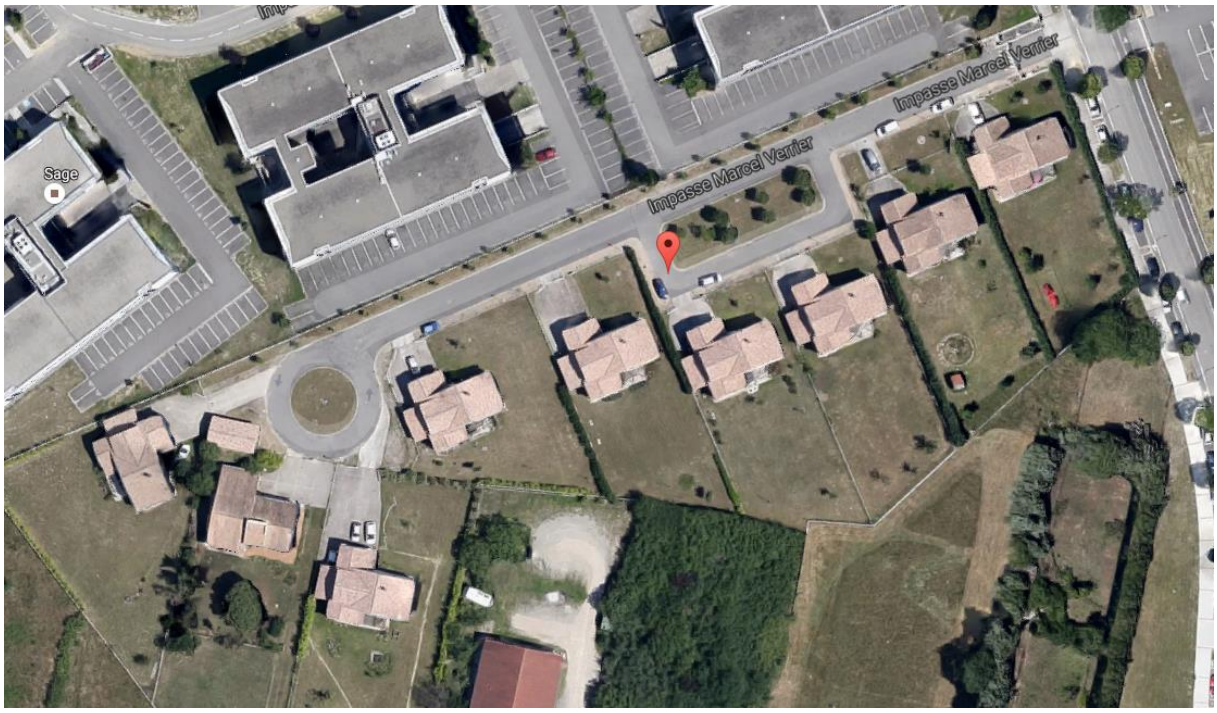
Des hypothèses ont été réalisées sur la nature et l'épaisseur de l'isolant présent en combles, ainsi que sur la VMC (caisson d'extraction inaccessible).

4. PRESENTATION DU BÂTIMENT

4.1. DONNEES DE CONTEXTE

4.1.1. Introduction

La villa n°6 est située impasse Marcel Verrier à Blagnac, et fait partie d'un ensemble de 9 villas construites en plusieurs étapes.



Plan de masse – Vue aérienne du site – source Google Maps

La villa 6 a été construite aux alentours de l'année 1985, sur 2 niveaux (RDC et R+1).

Sa surface habitable est de 190 m² environ + 1 garage de 22 m². La villa ne présente aucune mitoyenneté et possède des façades orientées sur les 4 points cardinaux principaux.

Les menuiseries extérieures de la villa ont été remplacées, ainsi que sa production de chauffage et ECS au gaz.

4.1.2. Données climatiques

Les données utilisées pour les aspects climatiques sont issues de la station météo (COSTIC) de TOULOUSE-BLAGNAC, la température de base pour ce site est de -6°C. Le bâtiment est situé en zone climatique H2c.

4.1.3. Travaux à venir

Pas de travaux programmés à court terme.

4.2. DESCRIPTION DU BATIMENT

4.2.1. Bâti

Désignation	Description	Observations
Structure	Structure maçonnée traditionnelle avec isolation thermique intérieure - hypothèse contre-cloison sur ossature métallique	Hypothèse isolation thermique 10cm intérieure sous contre-cloison sur ossature métallique
Façades	Façades enduites couleur de ton moyenne	Présence de fissures sur les façades de la villa 6
Toitures	Couverture en tuiles de terre cuite sur charpente bois traditionnelle ou fermettes (combles non accessibles lors de la visite)	Bon état général apparent de la couverture - Hypothèse 20 cm d'isolation thermique (laine de verre) dans les combles
Menuiseries extérieures	Menuiseries extérieures à châssis PVC équipés de double vitrage type 4/16/4. Baie vitrée séjour en aluminium à rupteur de ponts thermiques et vitrage 4/16/4	Fermetures par persiennes ou volets roulants selon les menuiseries
Planchers	Plancher bas sur terre plein	Pas d'information sur le niveau d'isolation, supposé nul dans le cadre de cette étude

Confort d'été	Le confort d'été est jugé satisfaisant, au vu de la configuration des pièces, des matériaux et de la surface et orientation des parois vitrées
Confort d'hiver	Le confort d'hiver est jugé satisfaisant, notamment au vu de la bonne performance thermique des menuiseries et parois extérieures de la maison, ainsi que du système de chauffage.

Façades





Façades de la maison enduite extérieur





Façade | Fissures en façade

Toiture



Couverture tuiles de terre cuite sur charpente bois

Menuiseries extérieures		
		 
Baie vitrée à châssis aluminium avec double vitrage type 4/16/4		Menuiserie PVC avec double vitrage type 4/16/4

4.2.1. Chauffage

Production	
Type d'énergie :	Gaz naturel
Zones chauffées :	Ensemble de la maison hormis garage
Descriptif :	Chaudière gaz
Marque :	VIESSMANN - VITOPEND 100
Puissance installée :	Puissance nominale de 10,5 à 24 kW
Age de l'installation :	1985
Performance de la source :	Bonne
Commentaires :	Confort thermique et performance énergtique assez bon
Distribution	
Type de réseau :	Réseau bitube cuivre alimentant les émetteurs de chaleur circulant en dalle
Nombre de réseau :	1
Performance de la distribution :	Bonne
Commentaires :	Pas de déséquilibre thermique particulier relevé lors de la visite
Emission	
Type d'émetteur :	Radiateurs à eau chaude en acier équipés de robinets thermostatiques
Performance de l'émission :	Bonne
Commentaires :	RAS
Régulation	
Type de régulation et programmation horaire :	Gestion de la température de consigne et programmation via le thermostat déporté de la chaudière
Programmation horaire :	Non visible sur site - réduit de 2°C supposé de 22h à 06h
Gestion	
Type de gestion :	Interne
Qualité du contrat :	Optimisé
Qualité de la gestion :	Optimisée
Commentaires :	

Chauffage / ECS




Chaudière gaz mixte chauffage / ECS



Radiateur à eau chaude



Robinet thermostatique



Robinet thermostatique



Programmateur chauffage



Sèche serviette électrique

4.2.2. Eau chaude Sanitaire

Production	
Type d'énergie :	Gaz naturel
Nature :	Production ECS semi-accumulée depuis la chaudière gaz mixte
Puissance installée :	24kW
Age de l'installation :	1985
Performance de la source :	Bonne
Commentaires :	RAS
Stockage	
Type de stockage :	Ballon de stockage ECS de 100L
Qualité du calorifuge :	Bonne
Distribution	
Calorifugeage de la distribution :	Distribution en quasi intégralité en local chauffé
Gestion	
Type de gestion :	Interne
Qualité du contrat :	Optimisé
Qualité de la gestion :	Optimisée

ECS




Chaudière gaz mixte chauffage / ECS

4.2.3. Ventilation

Ventilation mécanique	
Type de ventilation :	Ventilation mécanique par caisson d'extraction en combles et bouches d'extractions dans les pièces humides. Présence d'entrées d'air sur les parois extérieures des pièces sèches.
Zones ventilées :	Ensemble de la maison
Puissance des ventilateurs :	Non accessible
Débits d'extraction cumulés :	Environ 100 m3/h
Durée de fonctionnement :	Ventilation mécanique en fonctionnement continu
Commentaire :	Pas de désordres particuliers constatés sur site
Gestion	
Type de gestion :	Interne
Qualité du contrat :	Optimisée
Qualité de la gestion :	Optimisée
Commentaire :	

Ventilation





Bouches d'extraction ventilation mécanique contrôlée

4.2.4. Eclairage

Eclairage Intérieur	
Type d'éclairage installé :	Différents types de luminaires, lampes, .. selon les zones du logement
Puissance installée :	Environ 5 kW
Commentaire :	RAS
Eclairage naturel	
Potentiel d'éclairement naturel :	L'ensemble des pièces du logement a un accès suffisant à la lumière naturelle
Commentaire :	RAS
Gestion	
Interrupteurs :	Interrupteurs simples ou va-et-vients selon les zones
Détection de présence :	NC
Programmation horaire :	NC
Commentaire :	

4.2.5. Synthèse des atouts & dysfonctionnements

Le bâtiment possède aujourd'hui une trentaine d'années, et comme dit précédemment, semble avoir bénéficié d'opérations de rénovation énergétique (remplacement menuiseries extérieures, remplacement système de chauffage/ECS).

Ses performances thermiques sont donc meilleures que les standards de l'époque de construction, avec notamment des bonnes moyennes des menuiseries extérieures et des systèmes de chauffage/ECS.

Par ailleurs, le bâtiment semble posséder (pas de sondages destructifs réalisés sur site) une bonne performance au niveau de ses parois extérieures, isolées thermiquement par l'intérieur.

5. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

5.1. CONSOMMATIONS REELLES

5.1.1. Electricité

Aucune facture énergétique ne nous a été transmise. Le présent audit énergétique est donc réalisé sur la seule base des calculs théoriques réalisés.

5.1.2. Gaz

Aucune facture énergétique ne nous a été transmise. Le présent audit énergétique est donc réalisé sur la seule base des calculs théoriques réalisés.

5.2.SIMULATION THEORIQUE

Dans cette partie du rapport, les hypothèses et résultats de la simulation énergétique du bâtiment vont être présentés.

5.2.1. Chauffage

5.2.1.1. Postes déperditifs

Nous présentons dans cette partie du rapport d'étude les différentes compositions des parois extérieures et menuiseries du bâtiment étudié. La performance thermique de chaque composant de l'enveloppe thermique du bâtiment est donc clairement établie dans les tableaux qui suivent.

Cette partie décrit ensuite les ponts thermiques du bâtiment ainsi que les déperditions par renouvellement d'air.

Enfin, elle est conclue par un bilan général des déperditions du bâtiment et une mise en forme graphique de ces déperditions.

✓ Murs sur extérieur :

Nom de la paroi	Composition	Epaisseur (m)	Conductivité thermique (W/m.K)	Rp (m^2.K/W)	R_{RT} par élément (m^2.K/W)	Ecart avec la RT Existant par éléments
Façade Sud RDC	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Façade Ouest RDC	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Façade Nord RDC	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Façade Est RDC	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Paroi Sud R+1	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Paroi Ouest R+1	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Paroi Nord R+1	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			
Paroi Est R+1	Enduit de ciment	0,010	0,80	3,02	2,30	-31%
	Briques creuses (perforations verticales)	0,210	0,45			
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			

✓ Murs sur LNC[1] :

Nom de la paroi	Composition	Epaisseur (m)	Conductivité thermique (W/m.K)	Rp (m².K/W)	R_{RT} par élément (m².K/W)	Ecart avec la RT Existant par éléments
Paroi sur garage	Briques creuses	0,150	0,45	2,87	2,00	-44%
	Laine de verre classique	0,100	0,04			
	Plaques de BA13	0,010	0,25			

✓ Planchers Bas :

Nom de la paroi	Composition	Epaisseur (m)	Conductivité thermique (W/m.K)	Rp (m².K/W)	R_{RT} par élément (m².K/W)	Ecart avec la RT Existant par éléments
Plancher bas sur TP	Béton plein	0,200	2,00	0,10	0,00	Non applicable

✓ Toitures :

Nom de la paroi	Composition	Epaisseur (m)	Conductivité thermique (W/m.K)	Rp (m².K/W)	R_{RT} par élément (m².K/W)	Ecart avec la RT Existant par éléments
Toiture sous combles	Panneaux OSB (à lamelles minces orientées)	0,030	0,15	4,46	4,50	1%
	Laine de verre ancienne	0,200	0,05			
Plafond sous rampants	Laine de verre ancienne	0,100	0,05	2,16	2,30	6%
	Plaques de BA13	0,010	0,33			

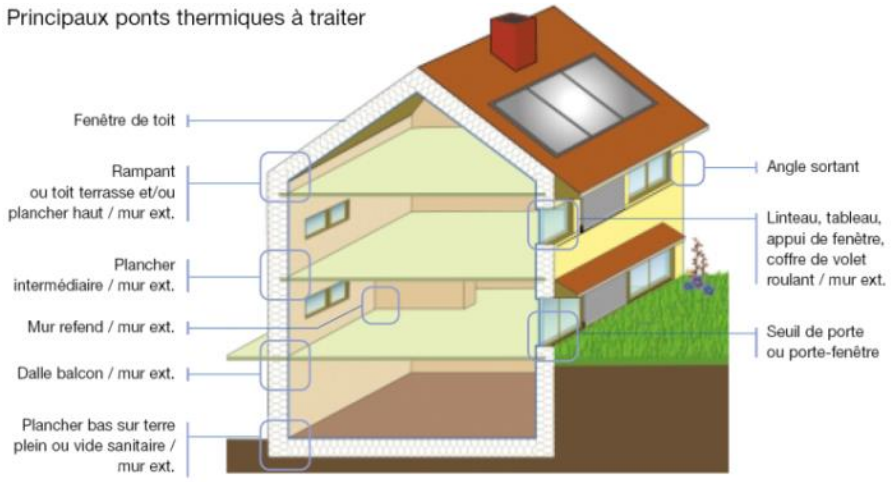
✓ Menuiseries :

Type	U menuiserie (W/m².K)	U_{RT} par élément (W/m².K)	Ecart avec la RT Existant par éléments	Surface (m²)
Double vitrage métal 4-16-4 (Air + RPT) avec occultation	2,10 W/ m².K	2,3	-9%	12
Double vitrage PVC 4-16-4 (Air) avec occultation	1,80 W/ m².K	2,3	-22%	13,4
Porte bois non isolée	3,50 W/ m².K	2,3	52%	3,5
Porte métallique isolée (2 cm d'isolant)	1,60 W/ m².K	2,3	-30%	2

✓ Ponts Thermiques :

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente un défaut ou une diminution de résistance thermique (à la jonction de deux parois en général). Les jonctions entre deux matériaux de résistance thermique ou de conductivité thermique différentes créent un pont thermique. La constitution de la paroi influe sur les ponts thermiques. Ainsi, avec une isolation extérieure, une grande partie des ponts thermiques sont réduits ou supprimés.

[1] LNC : Local Non Chauffé, caractérisant une paroi en contact avec un local « tampon » entre la partie chauffée et l'extérieur. *Ex : garage, cellier, stockage, archives, …*



L'analyse thermographique d'un bâtiment, le cas échéant, permet de visualiser les déperditions thermiques de celui-ci et d'illustrer la présence de ponts thermiques, de défauts d'isolation ou de défauts d'étanchéité à l'air, confortant ainsi les observations et relevés réalisés sur le terrain.

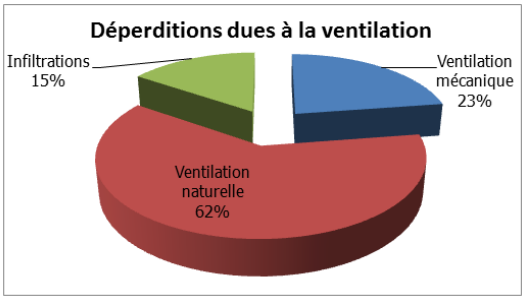
Ponts thermiques du bâtiment			
Nom de la liaison	Linéaire total	Psi moyen	Déperditions
Parois extérieures/Planchers bas	42 m	0,22 W/mK	9,28 W/K
Parois extérieures/Planchers intermédiaires	42 m	0,60 W/mK	25,31 W/K
Murs/Murs angles rentrant	10 m	0,02 W/mK	0,20 W/K
Murs/Murs angles sortant	30 m	0,03 W/mK	0,90 W/K
Déperdition totale par les ponts thermiques			**35,69 W/K**

✓ <u>Ventilation :</u>

Un bâtiment étanche à l'air est un bâtiment qui ne doit pas laisser s'échapper des calories par des entrées d'air parasites notamment au niveau des jonctions entre éléments de parois. Pour autant, renouveler l'air d'un bâtiment est une nécessité vitale :

- pour y apporter un air neuf et pourvoir aux besoins en oxygène des occupants;
- pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent ;
- pour éliminer l'excès d'humidité ;
- et enfin pour fournir aux appareils à combustion l'oxygène dont ils ont besoin pour fonctionner sans danger pour la santé.

Type de ventilation	Taux de renouvellement d'air (Vol/h)	Débit (m^3/h)	Part des déperditions par ventilation (%)
Ventilation mécanique	0,15	72	23%
Ventilation naturelle	0,40	197	62%
Infiltrations	0,10	49	15%
Taux de renouvellement d'air neuf	0,65		



5.2.1.2. Bilan des déperditions[2]

BILAN DES DEPERDITIONS

Volume chauffé	**492 m3**	**Compacité**	**0,83 m-1**
Ubât	**0,57 W/ m².K**	**CPTh (kWhEF/m².DJU)**	**0,02**

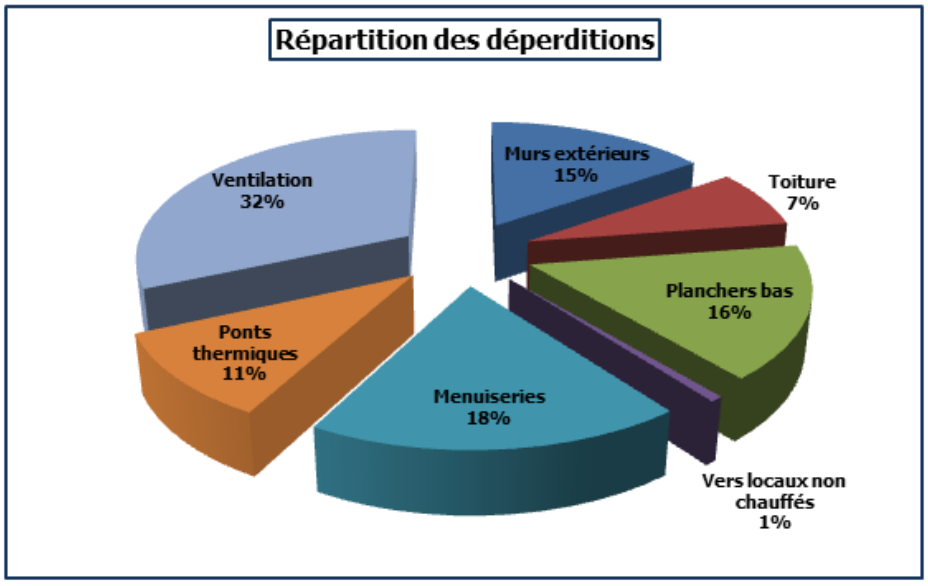
	Surface totale (m²)	Déperditions (W/K)	%
Murs extérieurs	167	52,4	15%
Toiture	104	24,8	7%
Planchers bas	98	55,7	16%
Vers locaux non chauffés	9	2,3	1%
Menuiseries	30	62,6	18%
Ponts thermiques	-	35,7	10%
Ventilation	-	108,1	32%

Déperditions par le bâti G1= 0,47 W/m3.K

Déperditions par le renouvellement d'air G2= 0,22 W/m3.K

Déperditions totales G= 0,69 W/m3.K

TOTAL DES DEPERDITIONS	**342 W/K**



Analyse : Les déperditions thermiques de la villa sont globalement bien réparties entre le plancher bas, les murs extérieurs et les menuiseries (49% à eux trois).

Les déperditions par renouvellement d'air représentent également 1/3 des pertes thermiques du bâtiment.

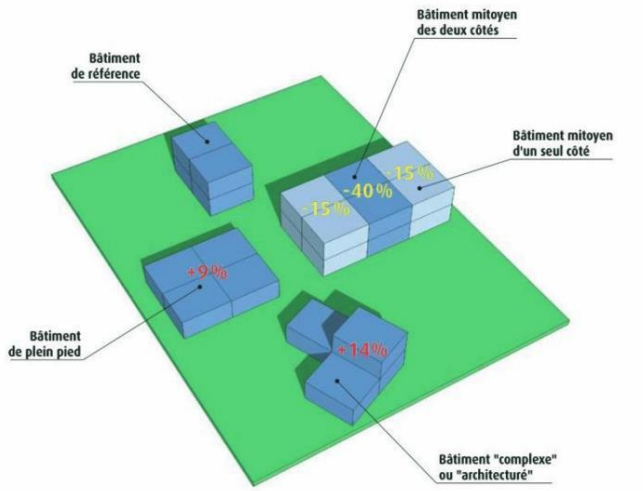
[2] Le CPTh est le Coefficient de Performance Thermique du bâtiment, il représente le besoin moyen en chauffage par m² de surface déperditive pour 1 DJU. C'est le rapport entre la consommation de chauffage théorique (Cch) en kWhEF, et les DJU bruts (DJUb) multipliés par la surface de l'enveloppe (Se)

$$CPth = \frac{Cch}{DJUb \times Se} \left[kWhEF.K^{-1}.m^{-2} \right]$$

La compacité (C) est le rapport entre la surface de l'enveloppe (Se) et le volume d'un bâtiment (V) :

$$C = \frac{Se}{V}\left[m^{-1}\right]$$

Son calcul permet de comparer des formes différentes par rapport à un volume à chauffer donné. La recherche d'une compacité accrue a une justification économique, les déperditions thermiques par les parois sont alors réduites et la géométrie de l'enveloppe est plus simple à mettre en place.



Exemple de coefficient de forme en fonction de géométries standards. (Source ADEME)

5.2.1.3. Apports

Ce tableau présente la quantité totale d'apports internes et externes reçus par le bâtiment durant la saison de chauffe.

La totalité de ces apports n'est pas récupérée et une partie est donc « perdue ». Ces pertes sont principalement dues au fait que parfois ces apports vont entrainer des surchauffes ou dépassements de la température de consigne, ne venant dès lors plus diminuer les besoins énergétiques bruts du bâtiment.

BILAN DES APPORTS	
SOLAIRES	3 609 kWh
INTERNES	3 609 kWh
APPORTS RECUPERABLES	7 218 kWh
APPORTS RECUPERES	3 053 kWh
APPORTS RECUPERES / BESOINS BRUTS	22%

5.2.1.4. Rendements installations

Nous récapitulons ici les données caractéristiques de l'installation de chauffage et les rendements associées. Le rendement global de l'installation est obtenu après multiplication des rendements des postes suivants : **Génération, Régulation, Distribution et Emission**.

Nota : Des rendements supérieurs à 100% s'expliquent par l'utilisation de Pompes à Chaleur (PAC) donc l'efficacité énergétique est supérieure à 1.

Système de chauffage	Rendement global	Taux de couverture des besoins
Chaudière gaz murale	86%	100%

5.2.1.5. Bilan

Ci-après un bilan des consommations de chauffage nécessaires au bâtiment étudié. Les Degrés Jour Unifiés bruts trentenaires (DJU bruts 30) correspondent aux DJU moyens sur la période de chauffe pour les années comprises entre 1971 et 2000, et pour la station météo de référence de l'étude à une température de consigne de 18°C. Ces DJU sont ensuite corrigés pour correspondre aux températures réelles de chauffe des différentes zones thermiques du bâtiment. Les apports réellement récupérés correspondent, comme précisé dans le paragraphe précédent, à la part des apports qui est récupérée pour diminuer les besoins de chauffage du bâtiment.

SITUATION THEORIQUE DE REFERENCE POUR LE CHAUFFAGE BASEE SUR LES DEGRES JOUR UNIFIES TRENTENAIRES		
DJU bruts (moyenne trentenaire) :	1768	$P_{théo}$chauffage
DJU corrigés :	1754	55 W/m² SHON
Température extérieure moyenne :	8 °C	
BESOINS BRUTS DE REFERENCE		**14 379 kWh**
APPORTS RECUPERES		**3 120 kWh**
Part d'apports récupérés par rapport aux besoins bruts du bâtiment		**22%**
BESOINS NETS DU BÂTIMENT DE REFERENCE		**11 260 kWh**
Rendement théorique de l'installation de chauffage en énergie finale		**86%**
CONSOMMATION DE CHAUFFAGE DE REFERENCE		**13 163 kWh**
PUISSANCE UTILE THEORIQUE DE CHAUFFAGE NECESSAIRE		**12 kW**

Consommations d'énergie théoriques pour le chauffage						
	Electricité	**Gaz**	**Fioul**	**Bois**	**Réseau de chaleur**	**TOTAL**
Consommations totales estimées de chauffage par énergie	0 kWh	13 163 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	**13 163 kWh**

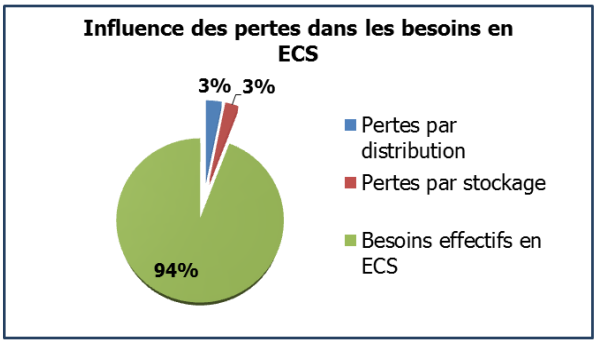
5.2.2. ECS

Voici le récapitulatif des installations d'ECS dans le bâtiment, ainsi que de leurs besoins, pertes et consommations énergétiques.

Génération		Stockage	Besoins	
Equipement	Vétusté	Volume total stocké (L)	Consommation d'eau chaude (L)	Consommation énergétique (kWh)
Chaudière gaz	Très bon état	100	72 380	4 589

Consommation totale d'ECS (m^3)	72 m3

Pertes par distribution	145 kWh
Pertes par stockage	122 kWh
Besoins effectifs en ECS	4 322 kWh



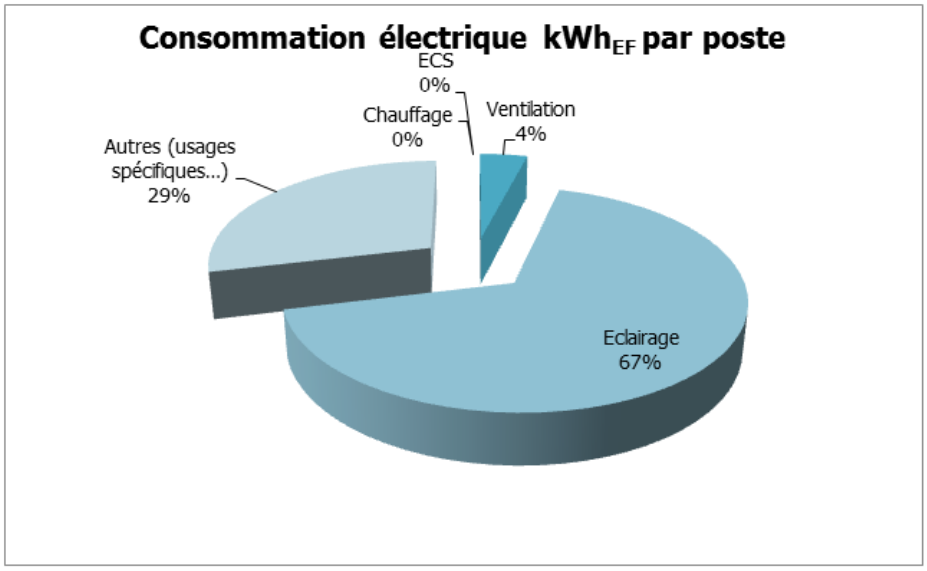
5.2.3. Bilan des consommations

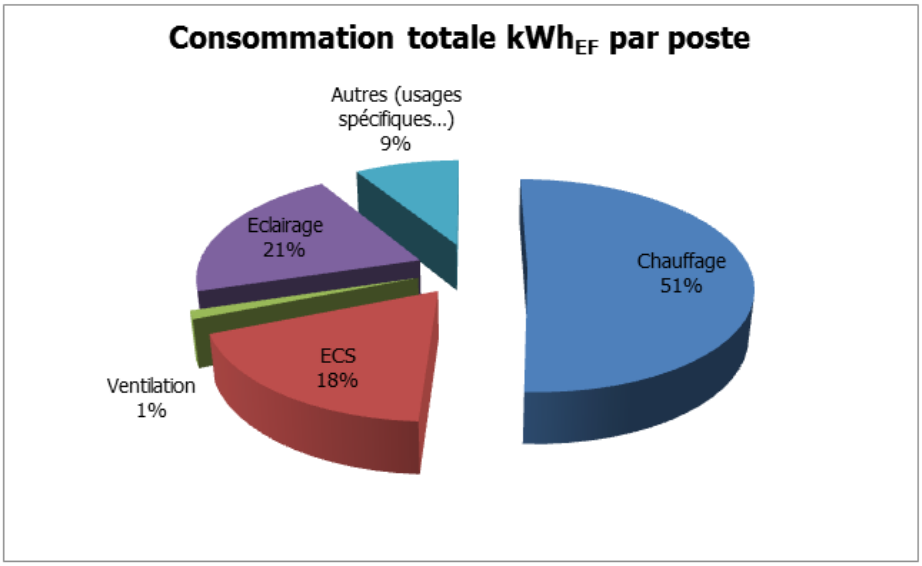
Ci-après une représentation de la répartition par énergie et par poste consommateur des différentes consommations énergétiques du bâtiment étudié.

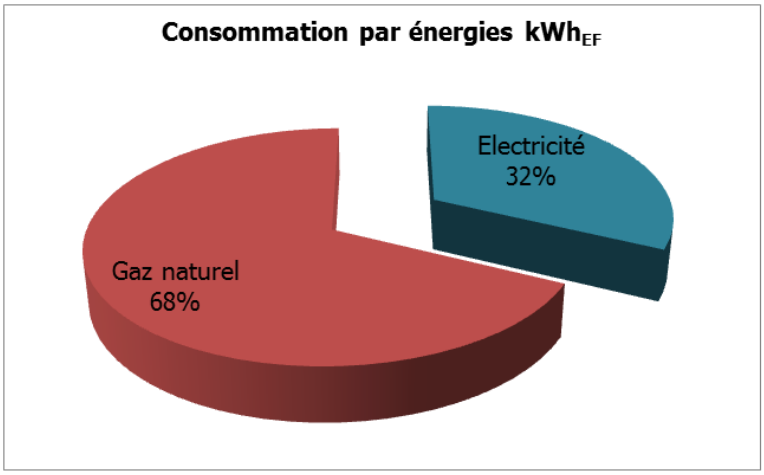
CONSOMMATIONS THEORIQUES DE L'ANNEE REPRESENTATIVE			
Poste de consommation	**Electricité**	**Gaz naturel**	TOTAL
Chauffage	**0 kWhEF**	**12 800 kWhEF**	12 800 kWhEF
ECS	**0 kWhEF**	**4 589 kWhEF**	4 589 kWhEF
Ventilation	**314 kWhEF**		314 kWhEF
Eclairage	**5 250 kWhEF**		5 250 kWhEF
Autres (usages spécifiques...)	**2 245 kWhEF**		2 245 kWhEF
TOTAL Energie Finale	**8 246 kWhEF**	**17 390 kWhEF**	25 636 kWhEF

Voici le comparatif des consommations théoriques issues de la simulation énergétique du bâtiment, avec les consommations réelles issues des factures énergétiques.

ECART ENTRE LES CONSOMMATIONS REELLES ET LES CONSOMMATIONS THEORIQUES POUR L'ANNEE REPRESENTATIVE			
Totaux	**Electricité**	**Gaz naturel**	TOTAL
Consommations théoriques	**8 246 kWhEF**	**17 390 kWhEF**	25 636 kWhEF
Consommations réelles	**0 kWhEF**	**0 kWhEF**	0 kWhEF
Ecart en kWhEF	**Non applicable**	**Non applicable**	**Non applicable**
% d'Ecart	**Non applicable**	**Non applicable**	**Non applicable**





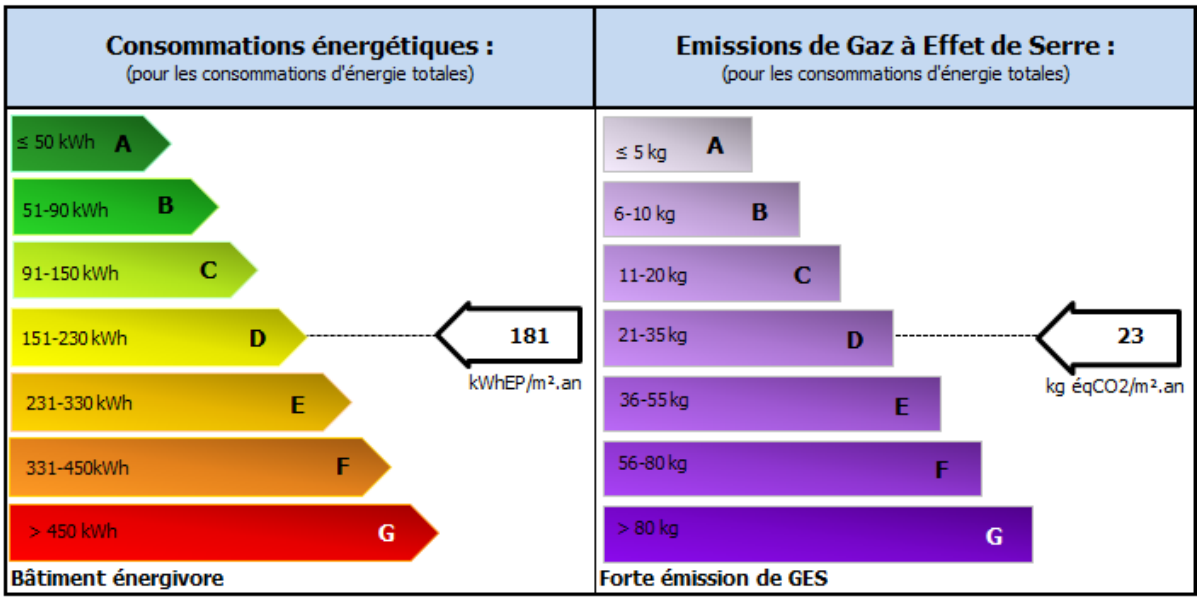


Analyse : Les postes de chauffage et production d'ECS (et donc de gaz naturel) représentent près de 68% des consommations globales de la villa. L'éclairage représente le principal poste consommateur d'électricité, avec 67% du total annuel.

5.2.4. Etiquette énergétique

L'étiquette énergétique présentée ci-dessous correspond à la photographie de l'état actuel du bâtiment, considérant les usages faits de l'électricité, ainsi que les consommations de chauffage basées sur les DJU trentenaires.

Totaux	Electricité	Gaz naturel	TOTAL
Energie Finale	8 246 kWhEF	17 752 kWhEF	25 998 kWhEF
Energie Primaire	21 275 kWhEP	17 752 kWhEP	39 027 kWhEP
Emission GES	693 kgEqCO2	4 154 kgEqCO2	4 847 kgEqCO2
Coût annuel	789 € HT	701 € HT	1 489 € HT



Cette étiquette énergétique est basée sur la SHON du bâtiment soit : 216 m².

Cette étiquette énergétique correspond aux consommations théoriques du modèle avec les **conditions climatiques moyennes** constatées des trente dernières années. Cette étiquette énergétique servira de base de comparaison lors de la phase de simulation de programmes pluriannuels de travaux.

6. PRECONISATIONS & SCENARII

6.1. PRECONISATIONS

Cette partie de l'étude permet de mettre en évidence les différentes actions permettant l'amélioration du confort des occupants tout en réduisant les consommations énergétiques. Ces actions sont présentées selon trois axes « logiques ».

- Réduction des besoins énergétiques
- Amélioration des équipements et recours aux énergies renouvelables
- Améliorations n'ayant pas ou peu d'impact sur les consommations énergétiques

Un classement des préconisations proposées selon le degré d'« urgence » estimée sera réalisé, et seront notamment différenciées :

- Les actions urgentes,
- Les actions à mener à court et moyen terme,
- Les actions à mener à plus long terme.

Les actions urgentes sont en rapport direct avec des dysfonctionnements repérés ou ne nécessitant pas d'investissement conséquent.

Les actions à mener à court et moyen terme sont des actions dont le potentiel d'amélioration de la performance énergétique et le coût d'investissement sont plus conséquents.

Enfin, les actions à mener à long terme sont celles qui peuvent nécessiter des études complémentaires (3ème niveau d'expertise), qui doivent être intégrées à des travaux de rénovation globale ou qui sont conditionnées par la réalisation préalable d'autres travaux (ex : isolation avant remplacement de la production de chauffage).

Il est à noter que pour tout ce qui concerne les prix, il s'agit de coûts travaux (en valeur 2016), les éventuels frais de maitrise d'œuvre ou autres frais annexes n'étant pas intégrés à ces budgets.

Il sert à différencier deux préconisations portant sur un même poste (remplacement du système de chauffage, isolation d'un composant..).

Le coût ce cette préconisation est généralement plus élevé, mais son impact sur l'environnement est bien meilleur (faible énergie grise, peu d'émission de GES…).

Tarifs des énergies utilisés pour l'estimation des temps de retour sur investissement :

Coût MWh d'électricité :	95,65 €HT/MWh
Coût MWh de gaz naturel :	68,55 €HT/MWhPCI

6.1.1. Note sur les CEE :

Introduit par la loi du 13 juillet 2005, le dispositif des Certificats d'économie d'énergie (CEE) est un dispositif d'incitation aux économies d'énergie contraignant les fournisseurs d'énergie (électricité, gaz réseau ou citerne, fioul, carburant, chaleur/froid), dénommés « obligés » à accompagner les consommateurs (collectivités, entreprises, particuliers) dans leurs investissements visant à réduire leur consommation énergétique.

L'unité de compte du CEE est le kWhCUMAC. L'abréviation «CUMAC» provient de la contraction de « cumulés » – afin de tenir compte des économies générées sur toute la durée de vie de l'équipement utilisé – et « actualisés » afin de prendre en compte une actualisation financière annuelle (taux d'actualisation fixé à 4% par année). Dans la pratique cela revient à imaginer ce qui aurait été consommé si les actions n'avaient pas été entreprises.

Le calcul des kWh CUMAC est facilité par la fourniture de fiches standardisées définissant les équipements, les travaux type ouvrant droit à des CEE, et indiquant le mode de calcul.

5. Montant de certificats en kWh cumac

Montant unitaire en **kWh cumac / m²**					Surface chauffée en **m²**		Branche	Facteur d'occupation
Usage de la chaudière	Zone climatique	Puissance de la chaudière en kW						
		< 30 kW	≥ 30 kW					
Chauffage	H1	**770**	**930**	X	**S**	X	Bureaux	**1,1**
	H2	**630**	**760**				Enseignement	**0,8**
	H3	**420**	**510**				Commerces	**1,1**
Chauffage et eau chaude sanitaire	H1	**860**	**1 000**				Hôtellerie – Restauration	**1,4**
	H2	**720**	**860**				Santé	**0,9**
	H3	**500**	**610**					

Exemple de calcul des CEE pour l'opération standardisée de mise en place d'une chaudière gaz à condensation – *Source : (www.developpement-durable.gouv.fr)*

Pour chacune des solutions et des programmes de travaux que nous présentons, nous calculons les CEE potentiellement récupérables.

6.1.2. Potentiel d'amélioration

Poste à améliorer	Marges de progrès		
Bâti	☑ Limitées	☐ Moyennes	☐ Importantes
Equipements techniques	☑ Limitées	☐ Moyennes	☐ Importantes
Gestion du bâtiment	☑ Limitées	☐ Moyennes	☐ Importantes
Comportement des utilisateurs	☐ Limitées	☑ Moyennes	☐ Importantes

6.1.3. Potentiel d'approvisionnement en énergies renouvelables

	Solutions	Contraintes	Action proposée
Energies renouvelables	*Solaire thermique*	Envisageable si consommation ECS constante tout au long de l'année	Non
	Géothermie	Non pertinent techniquement et financièrement pour ce projet	Non
	Aérothermie	Envisageable en remplacement de la chaudière gaz actuelle	Oui
	Hydrothermique	Non pertinent techniquement et financièrement pour ce projet	Non
	Bois	Non pertinent techniquement et financièrement pour ce projet	Non
	Eolien	Non pertinent techniquement et financièrement pour ce projet	Non
	Photovoltaïque	Non pertinent techniquement et financièrement pour ce projet	Non
Autres	*Réseau collectif*	Pas de réseau collectif à proximité	Non
	Réseau urbain	Pas de réseau urbain à proximité	Non
	Chaudière condensation	Envisageable en remplacement de la chaudière gaz actuelle	Oui
	Cogénération	Non pertinent techniquement et financièrement pour ce projet	Non

6.1.4. Amélioration de l'enveloppe

Les préconisations présentées dans ce paragraphe permettent d'améliorer la performance énergétique de l'enveloppe thermique du bâtiment et de contribuer à la sobriété énergétique du bâtiment.

✓ Parois opaques :

Titre de la préconisation	Descriptif de la Préconisation	Investissement	Gain énergétique kWhEP/m².an	Gain GES kgEqCO2/m².an	Gain annuel € HT/an	IEE € HT/kWhEF économisé	Temps de retour brut	CEE kWh CUMAC	Urgence
Surisolation des combles	Mise en place d'un complément d'isolation dans les combles par soufflage de laine de verre ou laine de roche pour obtenir une résistance totale de 8 m².K/W	1 275 €	1,77	0,41	15 €	3,33 €	85 an(s)	161 500	3

6.1.5. Amélioration des équipements

Les préconisations présentées dans ce paragraphe améliorent le rendement global des équipements techniques du bâtiment et pour certains diminuent aussi les besoins énergétiques du bâtiment (ventilation, températures de consigne, etc.)

✓ Chauffage et ECS :

Titre de la préconisation	Descriptif de la Préconisation	Investissement	Gain énergétique kWhEP/m².an	Gain GES kgEqCO2/m².an	Gain annuel € HT/an	IEE € HT/kWhEF économisé	Temps de retour brut	CEE kWh CUMAC	Urgence
Mise en place d'une PAC air/eau	Mise en place d'une PAC air/eau double service pour assurer le chauffage et la production d'ECS du logement - type YUTAKI S de chez HITACHI ou techniquement équivalent.	5 500 €	26,66	17,39	773 €	0,42 €	8 an(s)	150 080	2
Titre de la préconisation	**Descriptif de la Préconisation**	**Investissement**	**Gain énergétique kWhEP/m².an**	**Gain GES kgEqCO2/m².an**	**Gain annuel € HT/an**	**IEE € HT/kWhEF économisé**	**Temps de retour brut**	**CEE kWh CUMAC**	**Urgence**
Chaudière gaz à condensation	Remplacement de la chaudière actuelle par une chaudière gaz à condensation permettant de profiter de meilleurs rendements de production, notamment en mi-saison. Production mixte chauffage/ECS	2 500 €	8,83	2,07	75 €	1,31 €	34 an(s)	103 200	2

✓ Ventilation :

Titre de la préconisation	Descriptif de la Préconisation	Investissement	Gain énergétique kWhEP/m².an	Gain GES kgEqCO2/m².an	Gain annuel € HT/an	IEE € HT/kWhEF économisé	Temps de retour brut	CEE kWh CUMAC	Urgence
VMC Hygro B	Remplacement des bouches d'extraction et des entrées d'air autoréglables par des dispositifs hygro B. Remplacement du caisson d'extraction par un caisson basse consommation type MicroWatt	1 105 €	13,27	2,43	112 €	0,45 €	10 an(s)	0	1

6.1.6. Préconisations diverses

Titre de la préconisation	Description
Mise en place de mousseurs hydroéconomes sur les robinets.	Un robinet standard débite environ 12 litres par minute. Les mousseurs hydroéconomes permettent de réduire ce débit de 30 à 70 % (débit de 4 et 8 litres/minute) sans perte de confort.
Mise en place de robinets mitigeurs double commande à limiteur de course	En positon standard ce type de robinet délivre un débit limité et un dispositif (bouton à enfoncer ou à manette de commande à soulever plus fortement) permet de délivrer ponctuellement un débit plus important pour le remplissage des récipients notamment.
Mise en place de mitigeurs thermostatiques pour les douches.	Cet appareil est doté de deux poignées, une poignée servant à régler la température de l'eau (avec une butée fixée à 38°C limitant les risques de brûlures), l'autre réglant le débit. Ce produit présente l'avantage de maintenir une température constante quel que soit le débit demandé.
Mise en place d'un module de récupération des eaux de pluie pour alimentation des sanitaires et ou arrosage.	Mise en place d'une cuve de récupération d'eau de pluie en aval de la toiture. La cuve permettra l'alimentation des chasses d'eau des WC. Nécessité de créer un double réseau et d'un surpresseur ou d'une pompe afin d'alimenter les chasses des WC. Possibilité d'utilisation de l'eau collectée pour arrosage des espaces verts du bâtiment.
Mise en place de réservoirs de chasses d'eau à double débit (3/6 L) en lieu du système actuel	Si le système est ancien, il consomme en général 9 à 10 litres d'eau par cycle (et jusqu'à 18 litres). Son remplacement par un pack WC double commande 3/6 litres ou la réduction du volume de chasse, peut alors être rapidement amorti (économie d'eau jusqu'à 50%, représentant jusqu'à 10 % de la consommation d'eau de la maison).
Sensibilisation des usagers	Tout programme de rénovation énergétique doit s'accompagner d'une sensibilisation des occupants et utilisateurs afin de les initier aux bonnes pratiques de l'utilisation de leur bâtiment.
Mise en place de barrettes multiprise pour suppression des consommations à l'arrêt	La puissance appelée à l'arrêt par un ordinateur s'élève en moyenne à 5,2W. Cette consommation peut être supprimée en équipant l'ordinateur d'une barrette multiprise. L'utilisateur, lorsqu'il éteint son ordinateur doit alors aussi couper l'alimentation électrique grâce à l'interrupteur de la barrette (coût inférieur à 10 € TTC). Les économies seront plus importantes si d'autres périphériques sont branchés sur la multiprise (une imprimante, un scanner, des haut-parleurs...)

6.2. SCENARII – PROGRAMME DE TRAVAUX

Nous proposons ici 3 programmes, intégrant tout ou partie des préconisations faites plus haut. Dans chaque programme, les préconisations sont ordonnées par ordre de mise en œuvre.

6.3. PROGRAMME 1

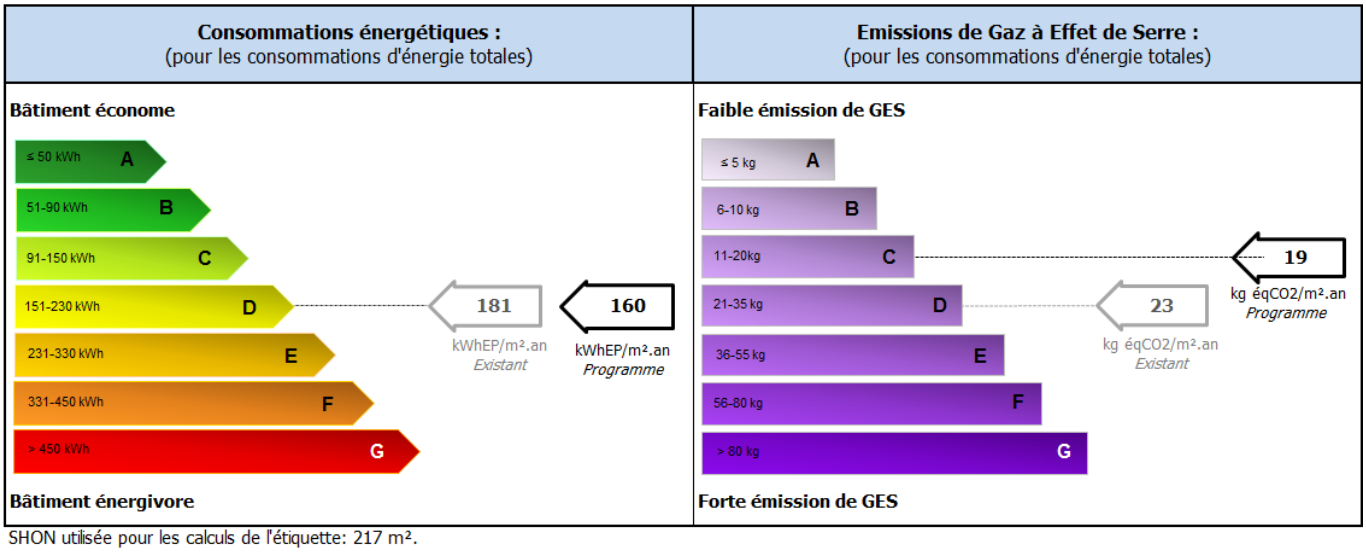
Ce programme combine la mise en place d'une ventilation mécanique contrôlée type hygro + le remplacement du caisson de ventilation par un caisson basse consommation + le remplacement de la chaudière gaz actuelle par une **chaudière gaz à condensation**, assurant à la fois la production des besoins de chauffage et d'ECS.

Programme 1

Investissement	Anciennes étiquettes énergétiques		Nouvelles étiquettes énergétiques	
17 €HT/m² SHON	D	D	D	C

Programme de travaux	Investissement	Gain énergétique (MWhEF)	Gain énergétique (MWhEP)	Gain Emissions (TeqCO2)	Gain financier annuel	Réduction de la consommation (EP)	Réduction des émissions	CEE kWh CUMAC
VMC Hygro B Chaudière gaz à condensation	3 605 €	4	4	0,9	176 €	12%	19%	103 200

6.3.1. Nouvelle étiquette énergétique après améliorations



SHON utilisée pour les calculs de l'étiquette: 217 m².

6.4. PROGRAMME 2

Ce programme combine la mise en place d'une ventilation mécanique contrôlée type hygro + le remplacement du caisson de ventilation par un caisson basse consommation + le remplacement de la chaudière gaz actuelle par une **PAC air/eau,** assurant à la fois la production des besoins de chauffage et d'ECS.

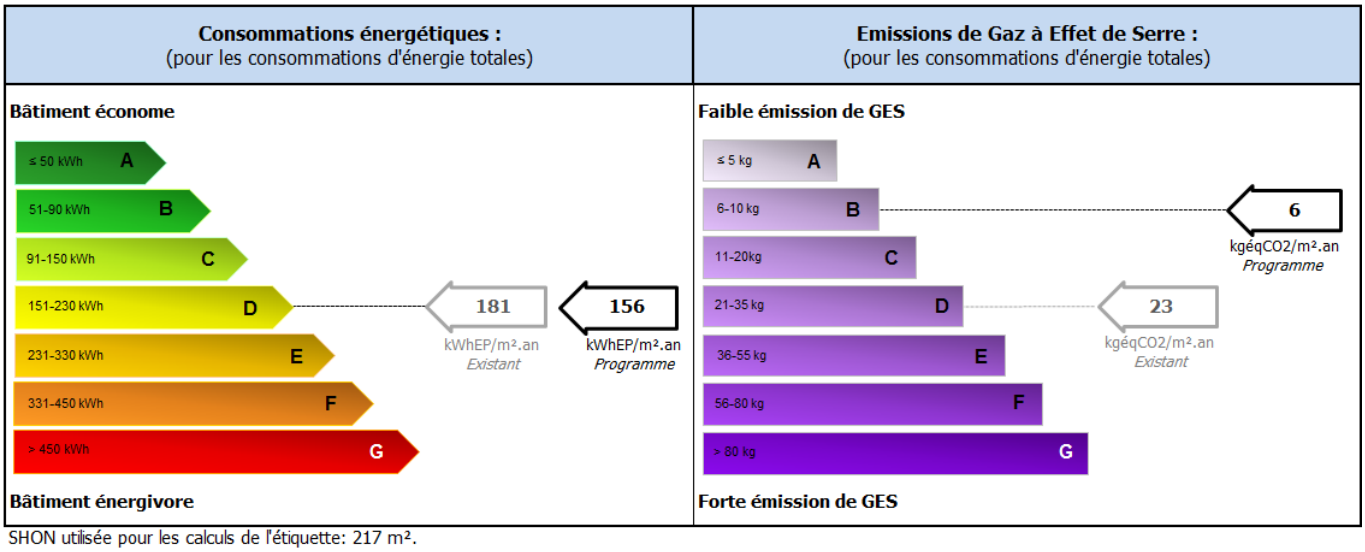
Cette solution permet d'obtenir les meilleurs résultats en termes de gain environnemental, avec une réduction de 77% des émissions de GES, du fait du meilleur coefficient de conversion de l'électricité (84 g_{CO2}/kWh_{EF}) par rapport à celui du gaz naturel (230 g_{CO2}/kWh_{EF}).

Programme 2

Investissement	Anciennes étiquettes énergétiques		Nouvelles étiquettes énergétiques	
31 €HT/m² SHON	D	D	D	B

Programme de travaux	Investissement	Gain énergétique (MWhEF)	Gain énergétique (MWhEP)	Gain Emissions (TeqCO2)	Gain financier annuel	Réduction de la consommation (EP)	Réduction des émissions	CEE kWh CUMAC
VMC Hygro B Mise en place d'une PAC air/eau	6 605 €	13	5	3,7	240 €	14%	77%	150 080

6.4.1. Nouvelle étiquette énergétique après améliorations



SHON utilisée pour les calculs de l'étiquette: 217 m².

6.5. PROGRAMME 3

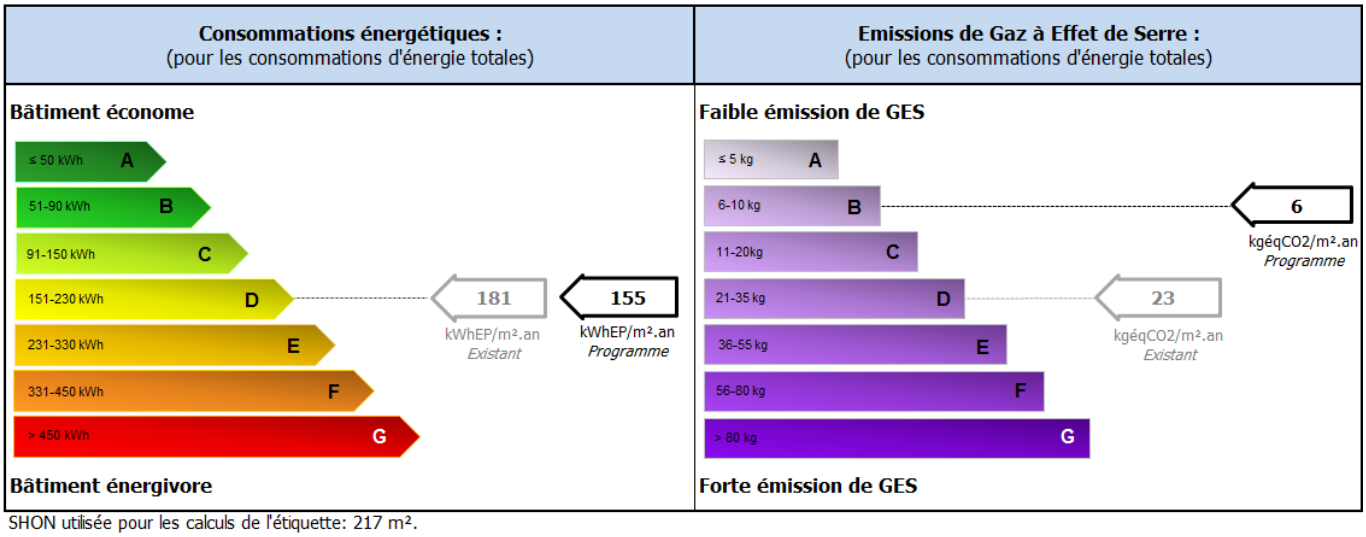
Ce programme combine le programme 2 + la sur-isolation des combles par soufflage de laine de verre ou laine de roche dans les combles.

Programme 3

Investissement	Anciennes étiquettes énergétiques		Nouvelles étiquettes énergétiques	
36 €HT/m² SHON	D	D	D	B

Programme de travaux	Investissement	Gain énergétique (MWhEF)	Gain énergétique (MWhEP)	Gain Emissions (TeqCO2)	Gain financier annuel	Réduction de la consommation (EP)	Réduction des émissions
VMC Hygro B	7 880 €	13	6	3,8	252 €	14%	78%
Mise en place d'une PAC air/eau							
Surisolation des combles							

6.5.1. Nouvelle étiquette énergétique théorique après améliorations



SHON utilisée pour les calculs de l'étiquette: 217 m².

7. ANALYSE FINANCIERE

7.1. INTRODUCTION

Cette partie du rapport présente une étude financière comparative des différents programmes de travaux présentés précédemment. Cette étude se base sur les mêmes hypothèses pour chacun des programmes de travaux étudiés (évolution du coût des énergies, du coût de la vie, taux d'intérêt des emprunts, coût de rachat des CEE, ...).

7.2. ETUDE FINANCIERE

7.2.1. Hypothèses

Coût	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
Montant HT du programme de travaux	**3 605,00 € HT**	**6 605,00 € HT**	**7 880,00 € HT**
Part des travaux en TVA 19,6%	100%	100%	100%
Part des travaux en TVA 5,5%	0%	0%	0%
Part des travaux sans TVA	0%	0%	0%
Montant TTC du programme de travaux	**4 326,00 € TTC**	**7 926,00 € TTC**	**9 456,00 € TTC**
Maîtrise d'œuvre et des autres services (bureau de contrôle, SPS, ...)	8%	8%	8%
AMO	0%	0%	0%
Assurance Dommages Ouvrage	0,0%	0,0%	0,0%
Etudes complémentaires (montant TTC)	0,00 € TTC	0,00 € TTC	0,00 € TTC
Montant TTC de l'opération	**4 672,08 € TTC**	**8 560,08 € TTC**	**10 212,48 € TTC**

Aides	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
CEE	103 200 kWhCUMAC	150 080 kWhCUMAC	311 580 kWhCUMAC
Valorisation CEE	0,2 c€/kWhCUMAC	0,2 c€/kWhCUMAC	0,2 c€/kWhCUMAC
Montant de la valorisation CEE	**206,40 € TTC**	**300,16 € TTC**	**623,16 € TTC**
Choisissez l'aide dont vous souhaitez bénéficier? FEDER-ADEME-Région ou CEE	☐ FEDER-ADEME-Région ☑ CEE	☐ FEDER-ADEME-Région ☑ CEE	☐ FEDER-ADEME-Région ☑ CEE
Autre aide A	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**
Autre aide B	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**
Autre aide C	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**
Montant TTC de l'opération	**4 672,08 € TTC**	**8 560,08 € TTC**	**10 212,48 € TTC**
Montant cumulé des aides	**816,12 € TTC**	**1 125,72 € TTC**	**1 213,08 € TTC**
Montant TTC net de l'opération après aides	**3 855,96 € TTC**	**7 434,36 € TTC**	**8 999,40 € TTC**

Economies d'énergie	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
Energie économisée la première année	**4 053 kWhEF**	**12 932 kWhEF**	**13 062 kWhEF**
Argent économisé la première année	**175,68 € HT**	**239,59 € HT**	**252,09 € HT**
Temps de retour brut (Inv/Eco 1ère année)	**21 an(s)**	**28 an(s)**	**32 an(s)**
Hypothèse d'augmentation annuelle du coût de l'électricité	6%	6%	6%
Hypothèse d'augmentation annuelle du coût du gaz	6%	6%	6%
Hypothèse d'augmentation annuelle du coût du fioul	6%	6%	6%
Hypothèse d'augmentation annuelle du coût du bois	1%	1%	1%
Hypothèse d'augmentation annuelle du coût de l'énergie du réseau de chaleur	1%	1%	1%
Production d'énergie la première année	**0 kWh**	**0 kWh**	**0 kWh**
Vente d'énergie la première année	**0,00 € HT**	**0,00 € HT**	**0,00 € HT**
Durée du contrat	20 an(s)	20 an(s)	20 an(s)
Hypothèse d'augmentation annuelle du coût de la vie	1%	1%	1%

Financement	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
Investissement sur fonds propres	**3 855,96 € TTC**	**7 434,36 € TTC**	**8 999,40 € TTC**
Remboursement annuel total	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**

Le taux d'actualisation qui a été pris est de 1,5%.

7.2.2. Bilan de l'étude financière

BILAN FINANCIER	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
Montant TTC de l'opération	**4 672,08 € TTC**	**8 560,08 € TTC**	**10 212,48 € TTC**
Montant cumulé des aides	**816,12 € TTC**	**1 125,72 € TTC**	**1 213,08 € TTC**
Montant TTC net de l'opération après aides	**3 855,96 € TTC**	**7 434,36 € TTC**	**8 999,40 € TTC**
Montant TTC des annuités	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**
Energie économisée la première année	**4 053 kWhEF**	**12 932 kWhEF**	**13 062 kWhEF**
Gains financiers la première année	**210,12 € TTC**	**286,55 € TTC**	**301,50 € TTC**
Energie produite la première année	**0 kWh**	**0 kWh**	**0 kWh**
Gains financiers liés à la vente de l'énergie produite	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**	**0,00 € TTC**
Temps de retour brut (Inv/Eco 1ère année)	**21 an(s)**	**28 an(s)**	**32 an(s)**
Temps de retour actualisé	**14 ans**	**18 ans**	**19 ans**
Taux d'enrichissement en capital à 20 ans	**77,3%**	**25,4%**	**9,0%**

8. CONCLUSION

La villa n°6 possède un potentiel de réduction des consommations énergétiques très limité, notamment du fait de la bonne performance thermique de l'ensemble des postes déperditifs et consommateurs d'énergie :

- Bonne isolation thermique du bâti
- Bonne performance thermique des menuiseries extérieures
- Bonne performance énergétique des systèmes de chauffage / ECS

Les consommations de chauffage et ECS étant prépondérantes (68% environ), les actions proposées sont centralisées autour de ces deux postes.

Les deux principales solutions proposées ici pour diminuer les consommations de chauffage et d'ECS sont les suivantes :

- Mise en place d'une chaudière gaz à condensation à la place de la chaudière gaz actuelle
- Mise en place d'une PAC air/eau double service à la place de la chaudière gaz actuelle
    - Permet la suppression de l'abonnement gaz et limite donc les coûts fixes du logement

La réalisation des travaux proposés permettrait de diminuer d'environ 15% les consommations actuelles du site.