21 MED INGENIERIE

Etude de Faisabilité Géothermique

Ecole et Maison des Patrimoines Bénévent l'Abbaye (23)

Etat des lieux – Bilan énergétique – Etude technique – Analyse financière

Version 5 : du 29 Mai 2018

Rédacteur : Nicolas GROS en collaboration avec Karim TOUILI

SOMMAIRE

01. Contexte et objectifs de l'étude 3

a) Présentation du site 4

b) Vue aérienne 5

c) Photos 6

d) Plans 8

e) Données météorologiques 11

f) Occupation 13

02. Caractéristiques des sites 15

a) Niveau d'isolation thermique 16

b) Equipements de chauffage 35

c) Equipements de ventilation 42

d) Déperditions thermiques 46

e) Situation énergétique initiale 52

f) Définition des besoins thermiques 56

03. Analyse technique 61

a) La géothermique 62

b) Surface géothermique 64

c) Points réglementaires 66

d) PAC géothermique 67

e) Consommation géothermie 69

f) Données environnementales 70

g) Exploitation et entretien 71

h) Montage juridique 72

i) Planning prévisionnel d'études et de travaux 73

j) Situation énergétique projet géothermie 74

04. Etude économique, financière et environnementale 76

a) Chiffrage 78

b) Analyse des coûts d'exploitation 80

c) Temps de retour sur investissement 84

d) Analyse environnementale 86

e) Aide financière 88

05. Conclusion 90

06. Annexe 91

01. Contexte et objectifs de l'étude

Contexte de l'étude

Dans le cadre de la rénovation de la Maison des Patrimoines et de l'Ecole de la commune de Bénévent l'Abbaye, le syndicat départemental d'énergie de la Creuse (SDEC23) aide la commune dans le choix d'une nouvelle source d'énergie renouvelable.
Le bâtiment est situé au cœur de la commune de Bénévent L'Abbaye, et cette dernière est située dans le département de La Creuse en région Nouvelle-Aquitaine. La commune comporte environ 839 habitants (donnée INSEE 2014).

Objectifs poursuivis

Cette étude a pour objectif de mettre en évidence la faisabilité technique et financière d'une PAC géothermique pour la commune de Bénévent l'Abbaye.

Contenu du rapport

Les objectifs de cette étude sont :

- D'évaluer les consommations énergétiques globales du site ;
- De déterminer l'espace disponible pour les capteurs géothermique et de valider son adéquation avec les consommations prévisionnelles ;
- Comparer le projet d'ENR à une solution de référence en termes d'investissement, d'exploitation et d'impact environnemental ;
- De réaliser le chiffrage de chaque solution technique retenue et d'évaluer la rentabilité financière des investissements ;
- De mettre en évidence les gains environnementaux d'un programme d'énergie renouvelable géothermique.

a) Présentation du site

Le Projet est composé de deux bâtiments distincts, la Maison des Patrimoines et l'Ecole.

La Maison des patrimoines est un ancien bâtiment composé d'un seul bâtiment à plusieurs niveaux :

- Rez-de-chaussée Bas
- Rez-de-chaussée Haut
- Etage 1 : R+1

Surface Hors Œuvre Nette : 798 m²

Surface chauffée : 611 m²

Ce site exclusivement sur terre-plein est composé principalement de Salles d'Expositions et d'Ateliers.

Le bâtiment a bénéficié de récentes rénovations concernant notamment les menuiseries.

L'Ecole représente la majeure partie d'un ancien bâtiment, correspondant à deux niveaux :

- Rez-de-chaussée
- Etage 1 : R+1

Surface Hors Œuvre Nette : 1427 m²

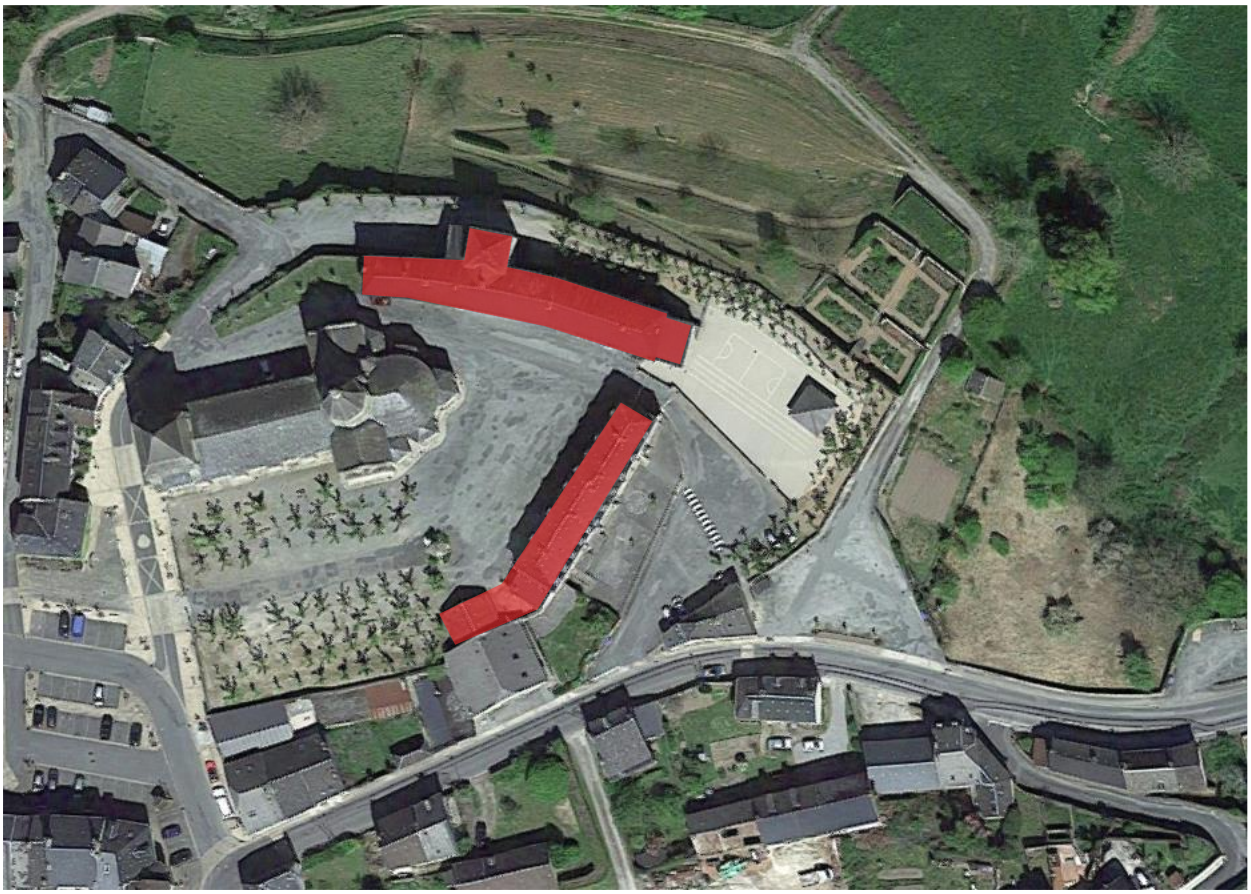
Surface chauffée : 1044 m²

Ce site est sur Local non-chauffé et est composé principalement de Salles de classe et de bureaux.

L'ensemble des bâtiments est situé au cœur de la commune de Bénévent l'Abbaye.

b)Vue aérienne

La photo ci-dessous présente la vue aérienne des bâtiments concernés (vue aérienne orientée au Nord).



Les bâtiments en encadré rouge sont : au Nord la zone Ecole, au Sud la Maison des Patrimoines.

c) Photos

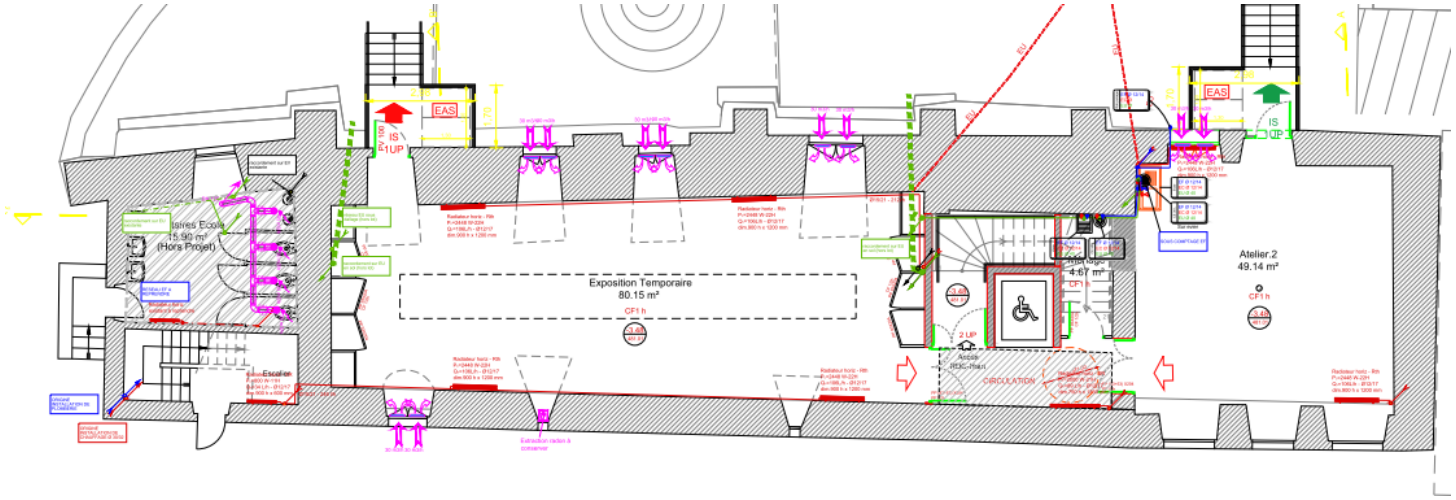
La Maison des Patrimoines

L'Ecole

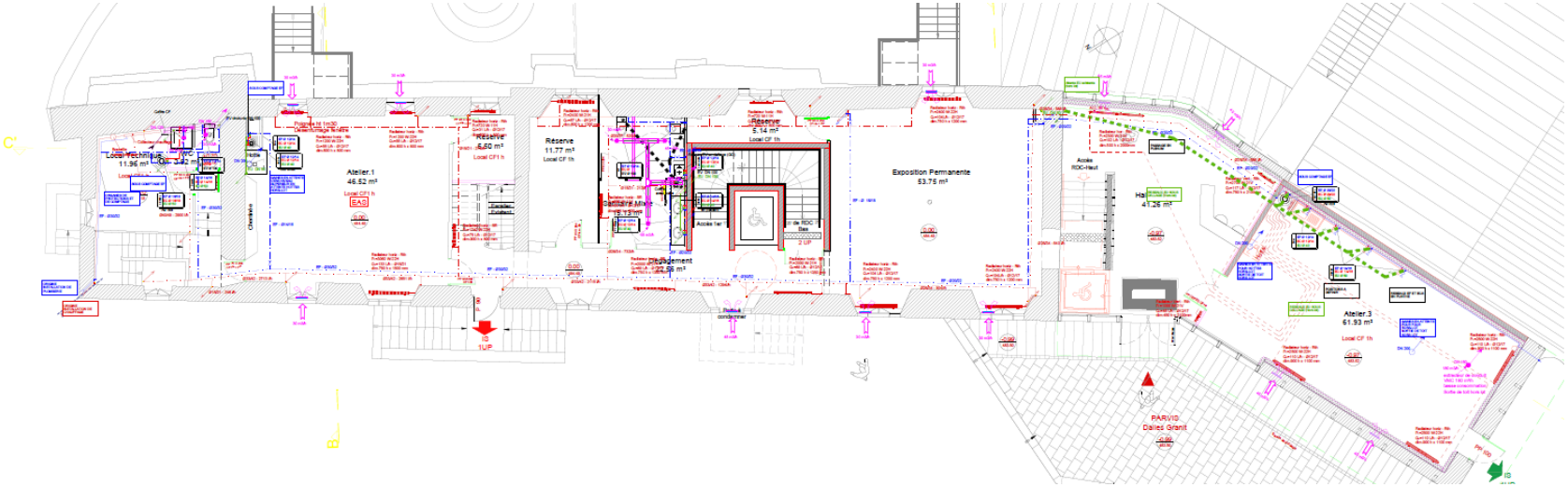
d) Plans

Maison des Patrimoines

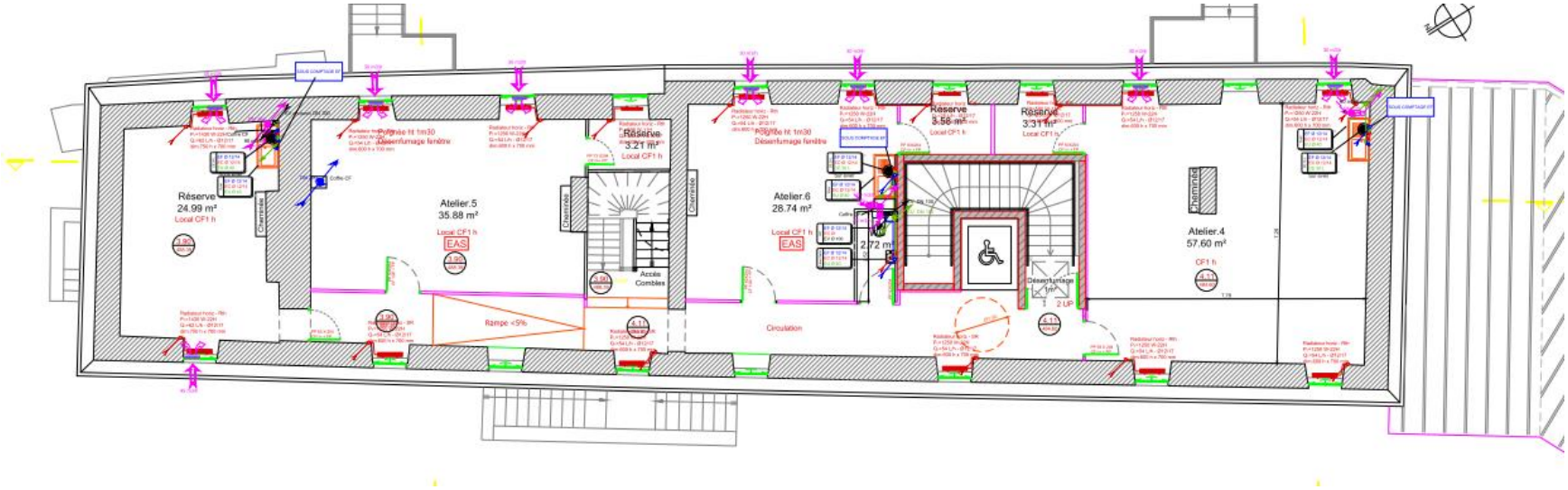
Plan rez-de-chaussée bas



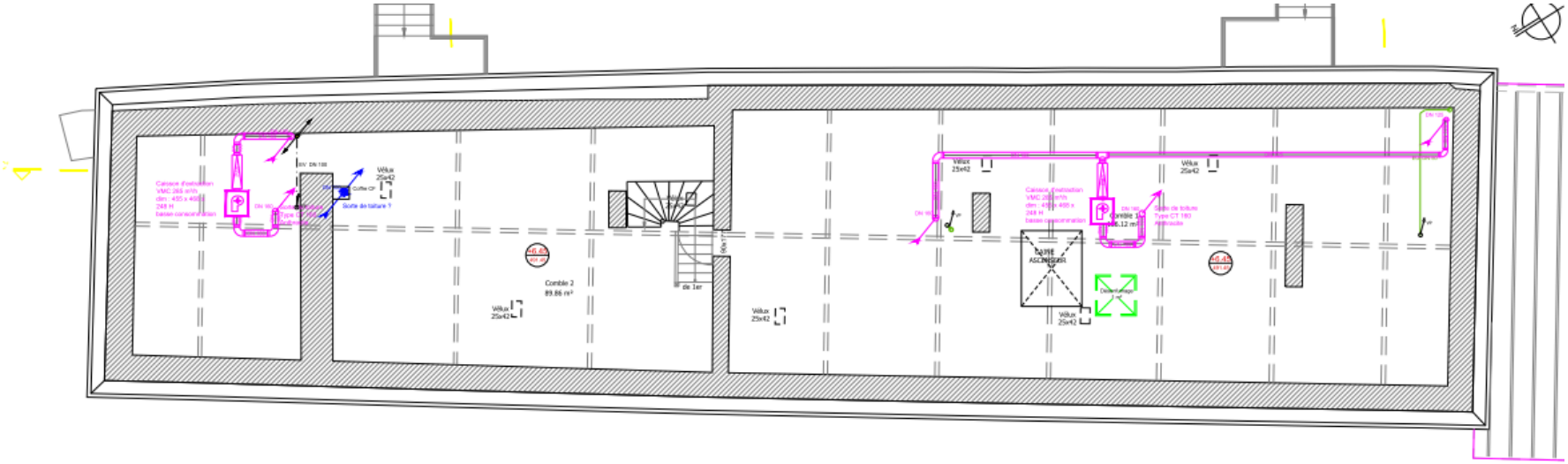
Plan rez-de-chaussée haut



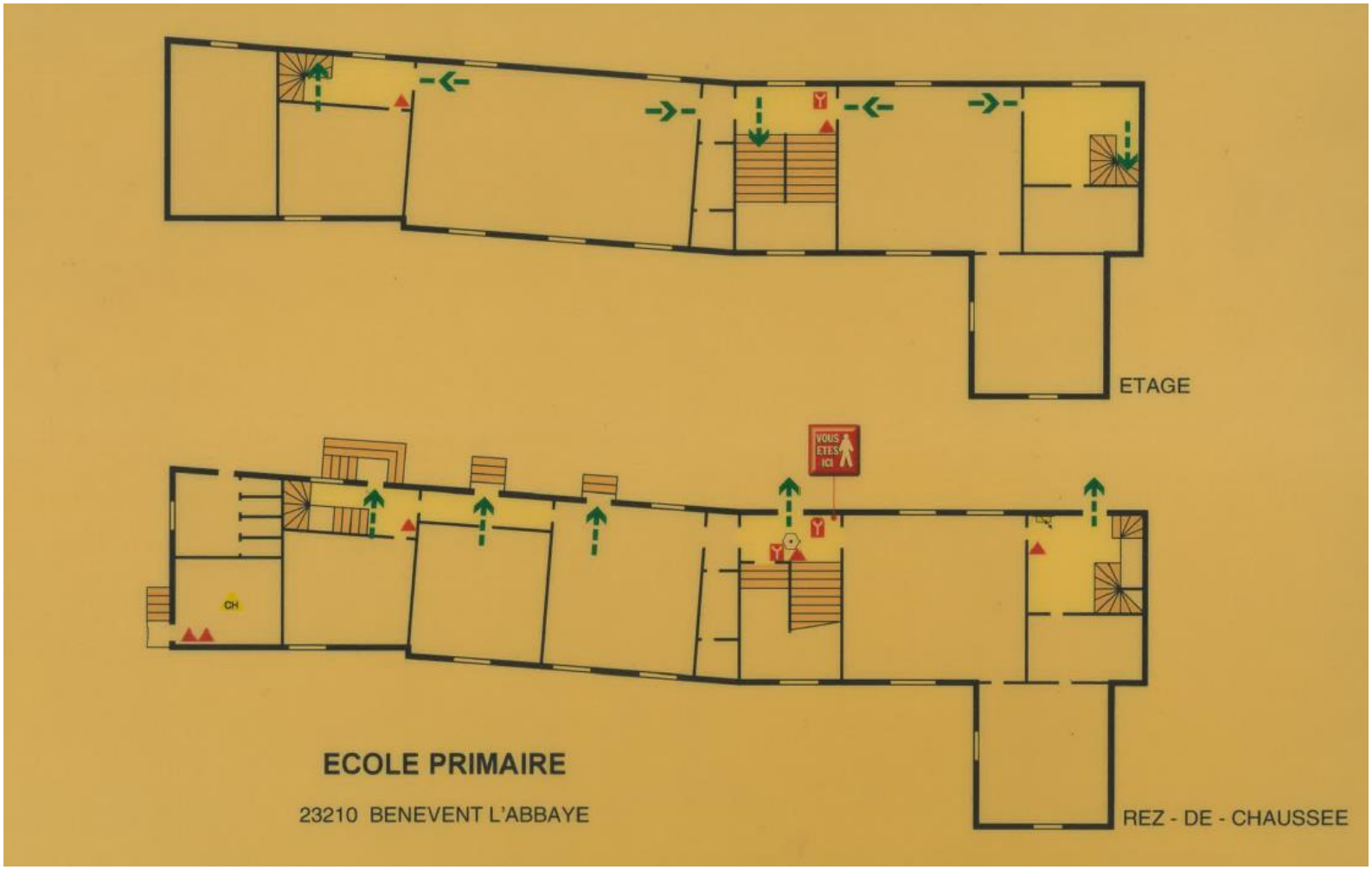
Plan étage R+1



Plan combles



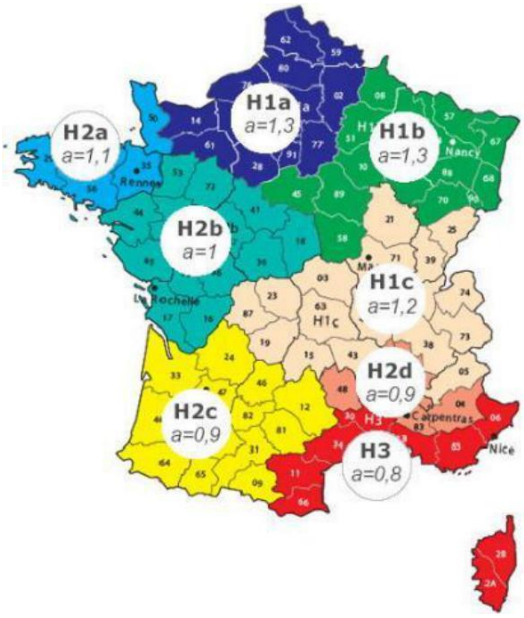
Ecole



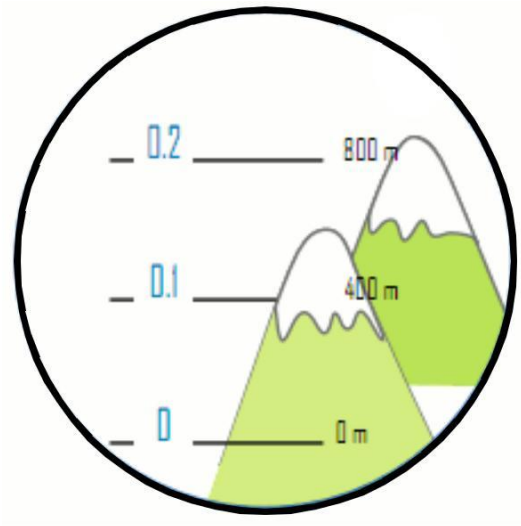
La partie dans le prolongement de l'Ecole n'a pas été fournie mais a été prise en compte dans l'étude.

e) Données météorologiques

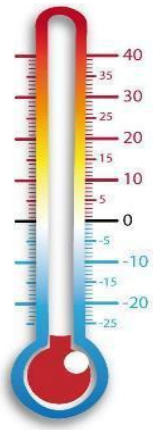
Zone climatique : H1C



Altitude : 480m



Température extérieure de base : -9°C

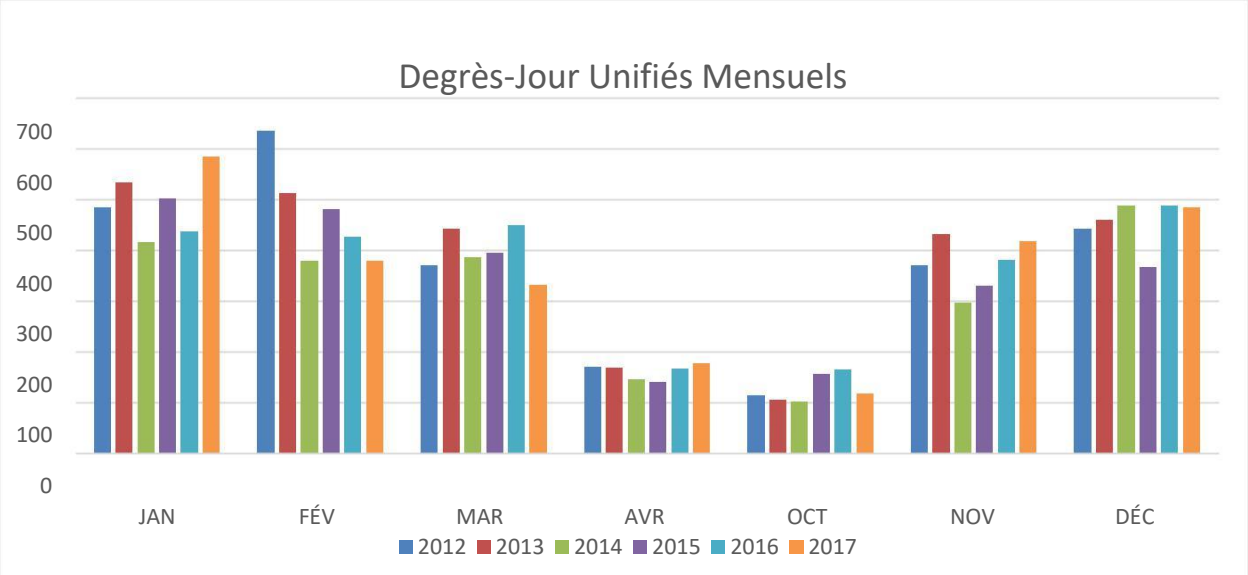


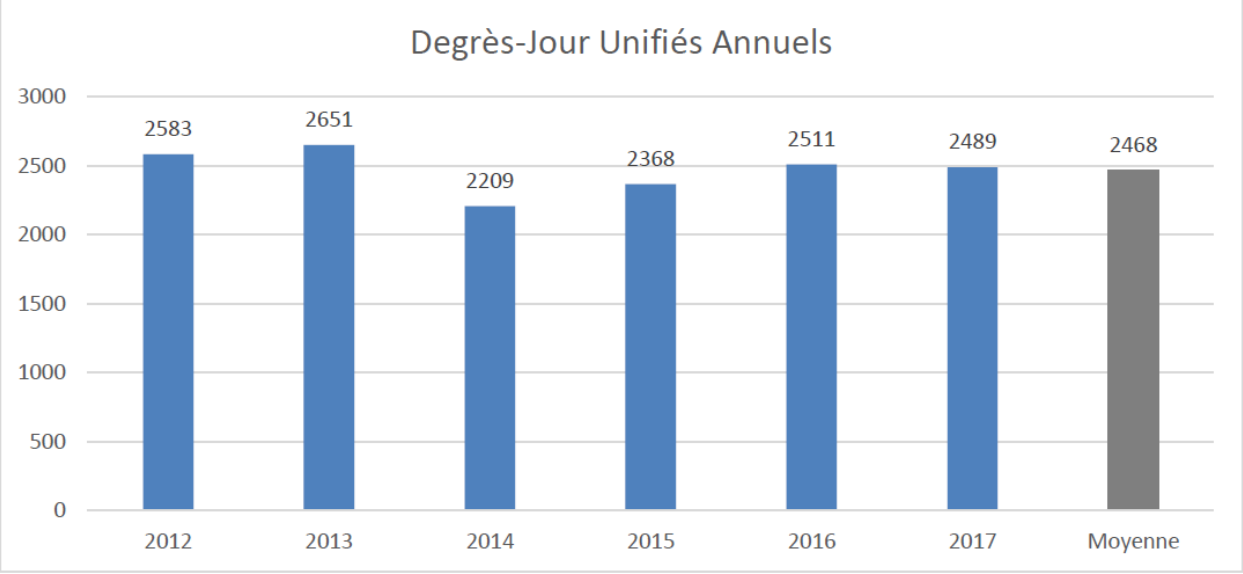
	Moy	1973 - 2016
Température moyenne annuelle [°C] Température Minimale moyenne annuelle [°C]	12,5 °C 8,1 °C	11,6 °C 7,7 °C
Température Maximale moyenne annuelle [°C] Pluviométrie annuelle moyen [mm] Ensoleillement	16,6 °C 715 1853 h	16,2 °C 514 1849 h

Afin de prendre en considération la rigueur climatique, nous utilisons les Degrés Jours Unifiés (DJU). Les degrés Jours Unifiés (DJU) sont utilisés pour qualifier la rigueur d'un climat et caractériser ainsi une consommation de chauffage.

Les DJUs représentent l'écart de température entre une température intérieure de chauffage et la température extérieure moyenne de la journée.

Les graphiques suivants présentent les DJUs relevés de 2012 à 2017 sur la station météorologique Météo France de Guéret. Il est plus opportun de s'appuyer sur des DJUs récents plutôt que sur des DJUs trentenaires en raison du changement climatique.





La saison de chauffage s'étend du 15 octobre au 15 avril. Nous considèrerons un DJU moyen de 2 468 °C/Jour dans cette étude pour une température intérieure de chauffage de 20°C.

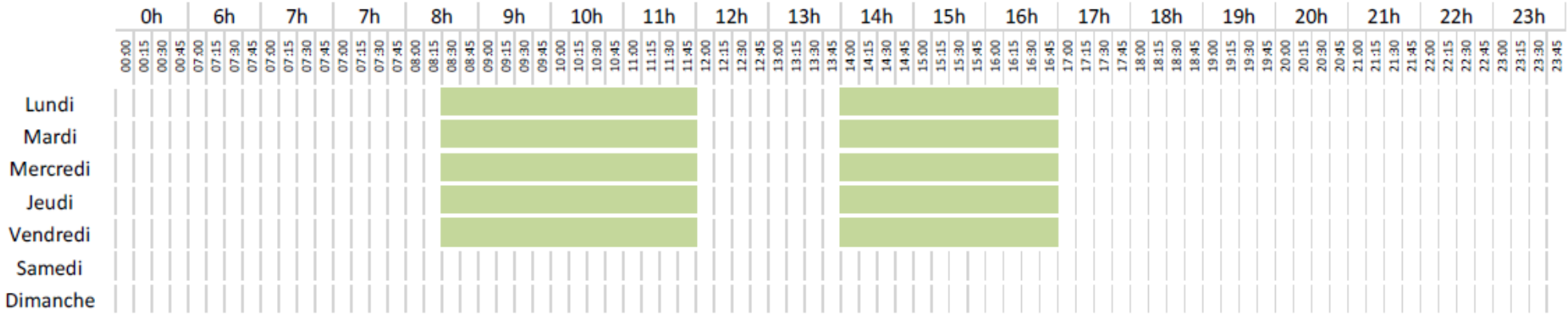
f) Occupation

Les bâtiments présentent un planning d'occupation tel que celui-ci :

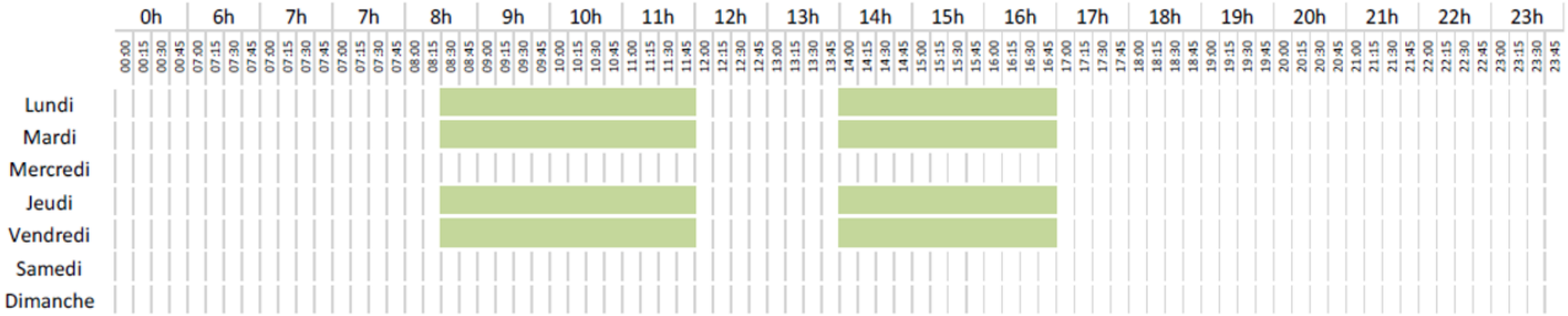
	Maison des Patrimoines	Ecole
Lundi	8h30-12h 14h-17h	8h30-12h 14h-17h
Mardi	8h30-12h 14h-17h	8h30-12h 14h-17h
Mercredi	8h30-12h 14h-17h	fermé
Jeudi	8h30-12h 14h-17h	8h30-12h 14h-17h
Vendredi	8h30-12h 14h-17h	8h30-12h 14h-17h
Samedi	fermé	fermé
Dimanche	fermé	fermé

Planning d'occupation

Maison des Patrimoines



Ecole



02. Caractéristiques des sites

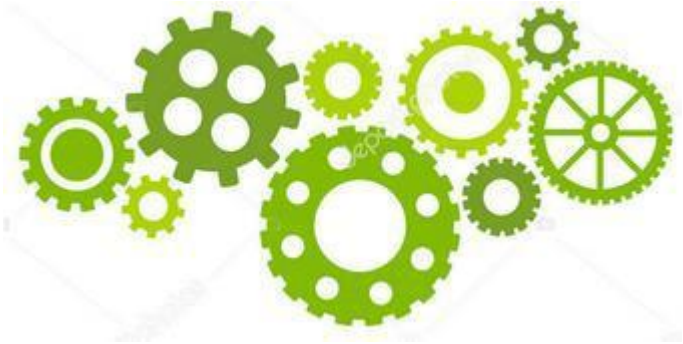
Ce chapitre présente un descriptif détaillé des bâtiments :

- Niveau d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air des bâtiments :
  - Menuiseries extérieures
  - Parois verticales : murs exposés sur l'extérieur et des locaux non chauffés
  - Plafonds : combles perdus
  - Planchers : plancher sur terre-plein, plancher sur extérieur ou sur locaux non chauffés
  - Le type de ventilation

Ce descriptif permettra d'évaluer le niveau de déperdition thermique du bâtiment.

- Détail des équipements techniques impactant les consommations en chauffage :
  - Le système de chauffage (production, distribution, émission, régulation)

Ce descriptif permettra d'évaluer le rendement global de l'installation de chauffage du bâtiment.



a) Niveau d'isolation thermique

Chaque paroi composant le bâtiment est décrite de telle façon à qualifier le niveau de performance thermique global de l'enveloppe du bâtiment. L'objectif est ici de comparer chaque paroi par rapport aux exigences de la réglementation thermique en rénovation. A titre de comparaison, la performance thermique exigée avec les standards d'isolation actuels est présentée à travers les certificats d'économie d'énergie (C2E).

La performance des parois dit « opaques » (murs, plafonds et planchers) est représentée par l'indicateur « résistance thermique de paroi – Rp ». Il s'exprime en m².K/W. Plus la valeur est élevée et plus la paroi est performante. Il ne faut pas confondre avec le « R isolant » qui traduit la résistance thermique de l'isolant seul.

La performance des parois dit « vitrées » (fenêtres, portes vitrées, baies …) est représentée par l'indicateur « conductivité thermique de la menuiserie – Uw (U window) ». Il s'exprime en W/m².K. Plus la valeur est faible et plus la menuiserie est performante. Lors de la présence d'une protection nocturne, on qualifie la performance thermique de la menuiserie et des volets. On utilise alors le Ujn (U jour/U nuit).

Les surfaces présentées sont données à titre indicatif. Elles sont arrondies et ne peuvent servir de base de chiffrage pour l'élaboration des travaux de rénovation. Pour rappel, cette étude est réalisée pour évaluer la faisabilité des travaux de rénovation. C'est la mission de maitrise d'œuvre qui établira le quantitatif exact.

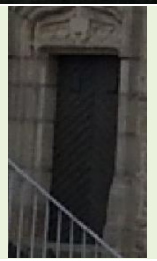
Légende :

✓ Niveau de performance adapté. Il n'est pas conseillé d'intervenir sur ce poste.

✓ Niveau de performance acceptable compte tenu de la réglementation thermique existante mais il est possible de renforcer l'isolation pour générer des économies supplémentaires et atteindre un objectif énergétique plus ambitieux.

✗ Faible niveau de performance obligeant à la réalisation de travaux de rénovation.

FENETRES & PORTES

Type / Protection	Surface / part	Uw [W/m².K]	Ujn [W/m².K]	Etanchéité	Performance	Avis de l'expert	Photo
Fenêtres	59,05 m² 74,3 %	1,9	1,9	Bonne	Bonne	**A conserver**	
Portes vitrées	16,73 m² 21,0 %	1,9	1,9	Bonne	Bonne	**A conserver**	
Porte pleine	3,74 m² 4,7 %	1,9	1,9	Bonne	Bonne	**A conserver**	

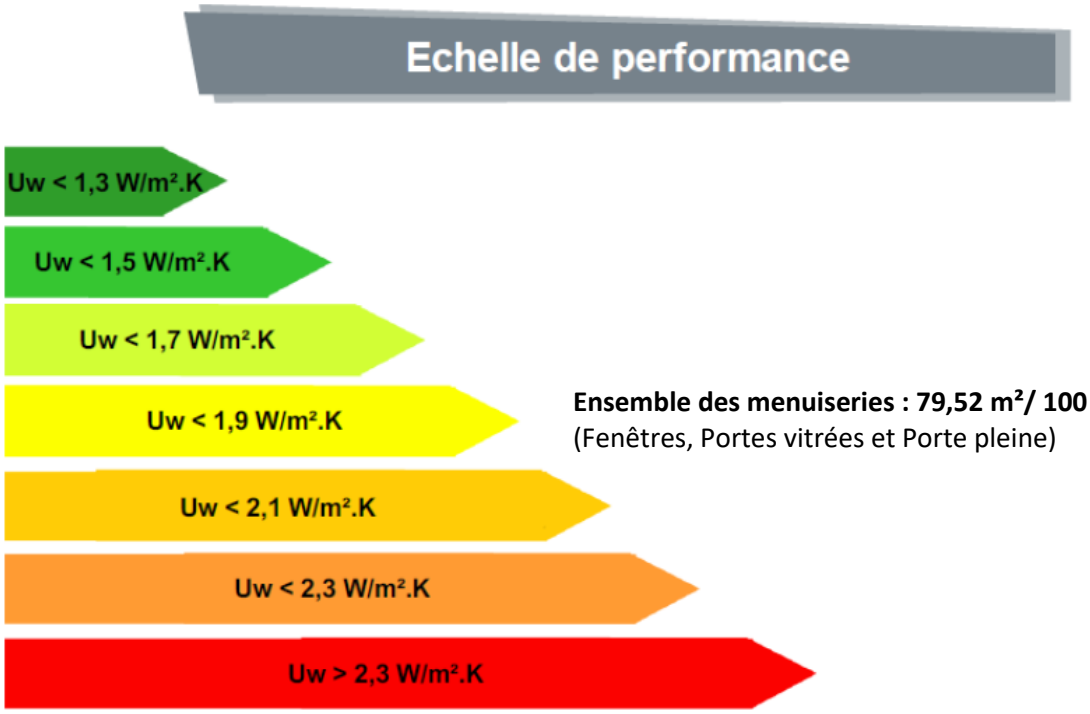
Les images présentées dans ce tableau sont celles avant les rénovations effectuées.
La valeur des Uw est bien celles des menuiseries actuelles.

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : Uw < 1,9 W/m².K

Objectif* C2E : Uw < 1,3 W/m².K

CEE Certificats d'Economies d'Energie



Ensemble des menuiseries : 79,52 m²/ 100 %
(Fenêtres, Portes vitrées et Porte pleine)

Ecole

FENETRES & PORTES

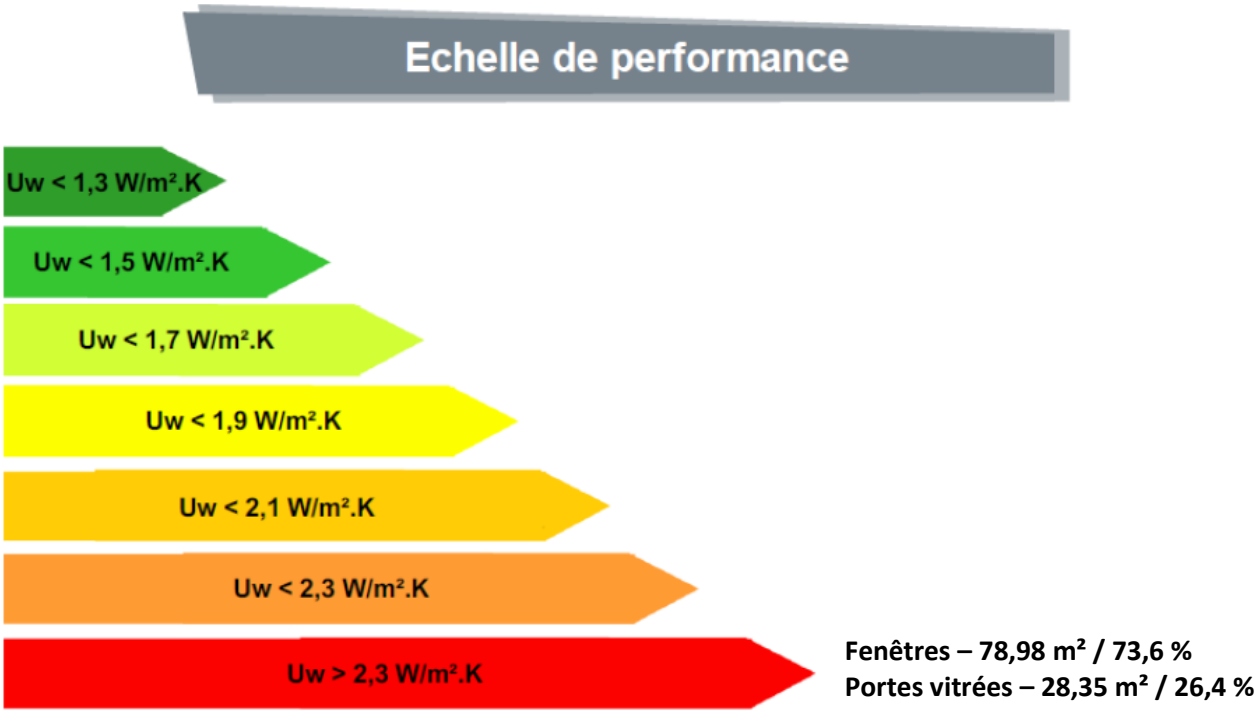
Type / Protection	Surface / part	Uw [W/m².K]	Ujn [W/m².K]	Etanchéité	Performance	Avis de l'expert	Photo
Fenêtres - Bois Double Vitrage 6mm avec lame d'air	78,98 m² 73,6 %	2.,8	2,8	Médiocre	Médiocre	**A remplacer**	
Portes vitrées - Bois Double Vitrage 6mm avec lame d'air	28,35 m² 26,4 %	2,8	2,8	Médiocre	Médiocre	**A remplacer**	

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : Uw < 1,9 W/m².K

Objectif* C2E : Uw < 1,3 W/m².K

CEE
Certificats d'Economies d'Energie



ANALYSE DES MENUISERIES EXTERIEURES

Les menuiseries bois de la zone Ecole ont de faibles performances thermiques et engendrent des déperditions de chaleur (déperditions surfaciques et déperditions volumiques liées aux infiltrations d'air). Elles correspondent à la totalité des menuiseries du bâti. Ces performances induisent également un effet de paroi froide, créant de l'inconfort thermique.

Les menuiseries du bâtiment Maison des Patrimoines quant à elles ont été rénové et sont performantes.

Le remplacement de ces équipements par des doubles vitrages performants et à rupteurs de ponts thermiques est primordial d'un point de vue confort thermique et déperditif. Les vitrages devront également comporter un traitement solaire pour le confort d'été (Sw ≥ 0,36). La rénovation des fenêtres permettra de supprimer les courants d'air et de maitriser les débits de renouvellement d'air avec la ventilation mécanique.

Suivant les avis techniques des fabricants, un Uw de 1,3 W/m² .K peut être atteint avec une menuiserie double vitrage en bois ou en PVC de 16mm avec remplissage air ou argon. Un Uw de 1,7 W/m².K peut être atteint avec une menuiserie double vitrage en aluminium de 18mm avec remplissage argon et un rupteur de pont thermique.

MURS

Type / Protection	Surface / part	Rp [m².K/W]	Performance	Avis de l'expert	Localisation
Mur en pierre non isolé (épaisseur 70 cm)	321,43 m² 44,5 %	0.412	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)
Mur en pierre non isolé (épaisseur 80 cm)	44,03 m² 6,1 %	0.471	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)
Mur en pierre non isolé (épaisseur 90 cm)	113,23 m² 15,7 %	0.529	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)
Mur en pierre non isolé (épaisseur 110 cm)	87,92 m² 12,2 %	0.647	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)
Mur en pierre non isolé (épaisseur 155 cm)	47,09 m² 6,5 %	0.911	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)
Mur en pierre non isolé (épaisseur 200 cm)	4,2 m² 0,6 %	1.18	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)
Mur en pierre isolé (épaisseur 80 cm)	68,55 m² 9,5 %	3,6	Bon	**A conserver**	(voir plan ci-après)
Mur rideau	36,15 m² 5,0 %	0.22	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : R paroi > 3,2 m².K/W

Objectif* C2E : R isolant > 3,7 m².K/W

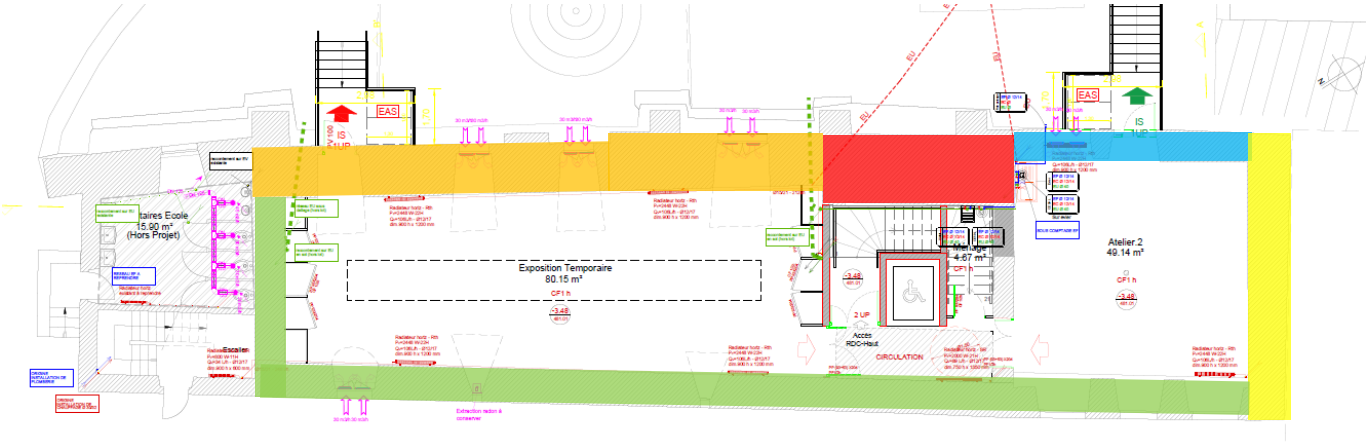
CEE Certificats d'Economies d'Energie

Performance conseillée : Résistance Thermique isolant > 5 m².K/W

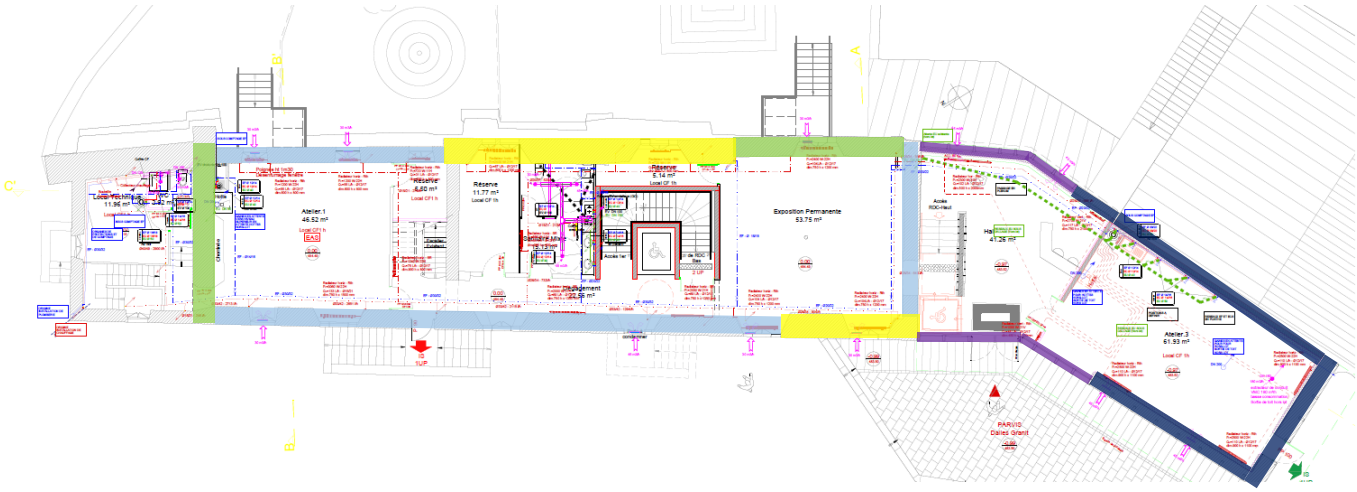
Isolant biosourcé : Panneau fibre de bois 20cm – R = 5 m².K/W

Isolant classique : Polystyrène Expansé/Laine minérale 16cm – R = 5 m².K/W

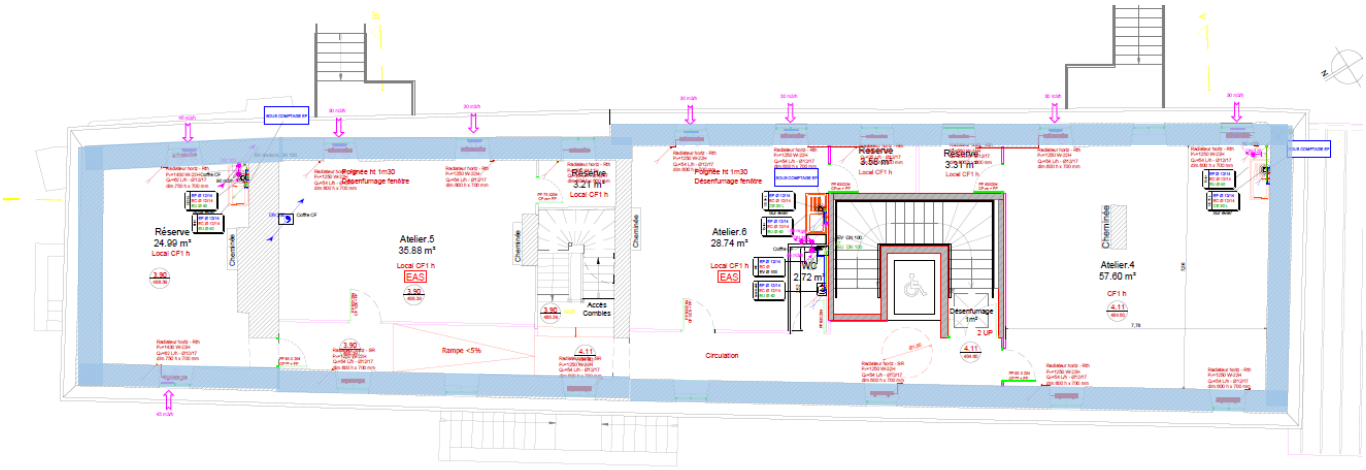
Rez-de-chaussée Bas

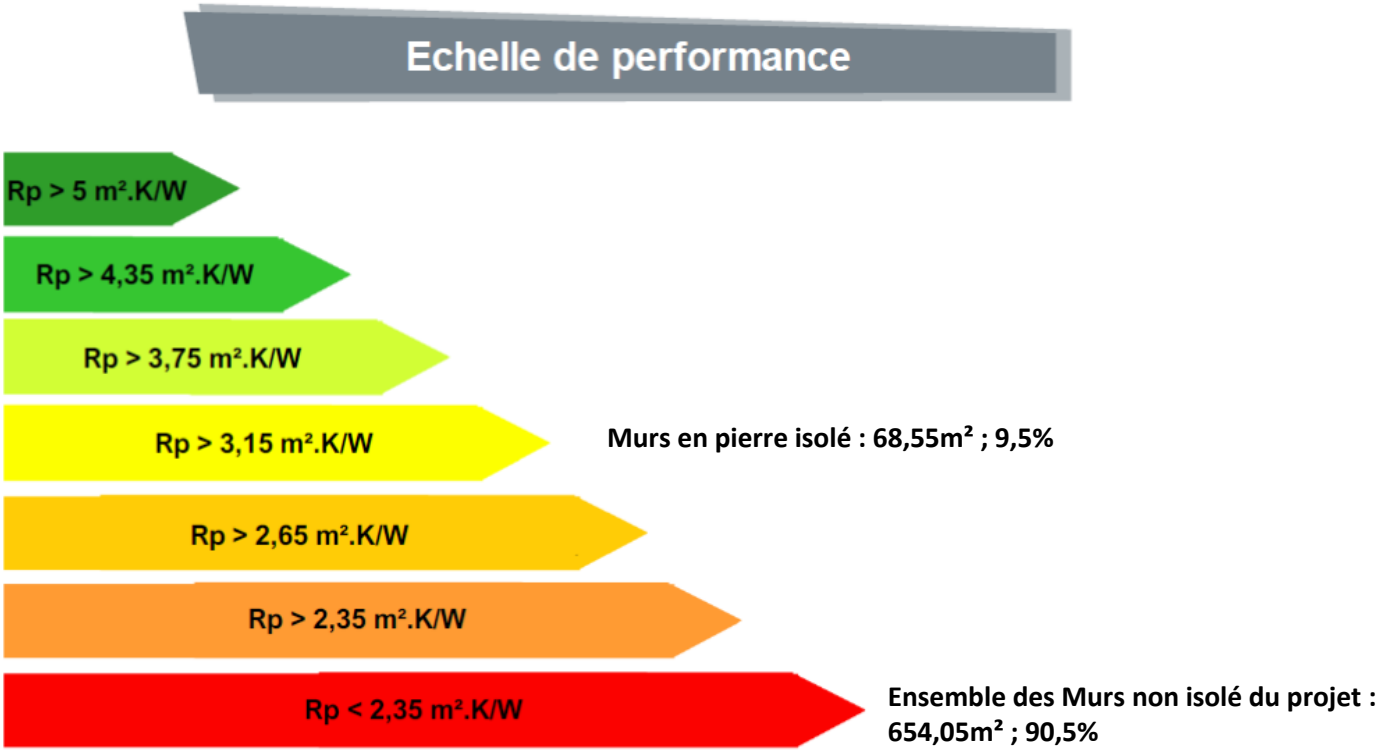


Rez-de-chaussée Haut



Etage R+1




Echelle de performance
Rp > 5 m².K/W
Rp > 4,35 m².K/W
Rp > 3,75 m².K/W
Rp > 3,15 m².K/W
Murs en pierre isolé : 68,55m² ; 9,5%
Rp > 2,65 m².K/W
Rp > 2,35 m².K/W
Rp < 2,35 m².K/W
Ensemble des Murs non isolé du projet : 654,05m² ; 90,5%

Ecole

MURS

Type / Protection	Surface / part	Rp [m².K/W]	Performance	Avis de l'expert	Localisation
Mur en pierre non isolé (épaisseur 80 cm)	747,5 m² 100 %	0.471	Médiocre	**A isoler**	(voir plan ci-après)

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : R paroi > 3,2 m².K/W

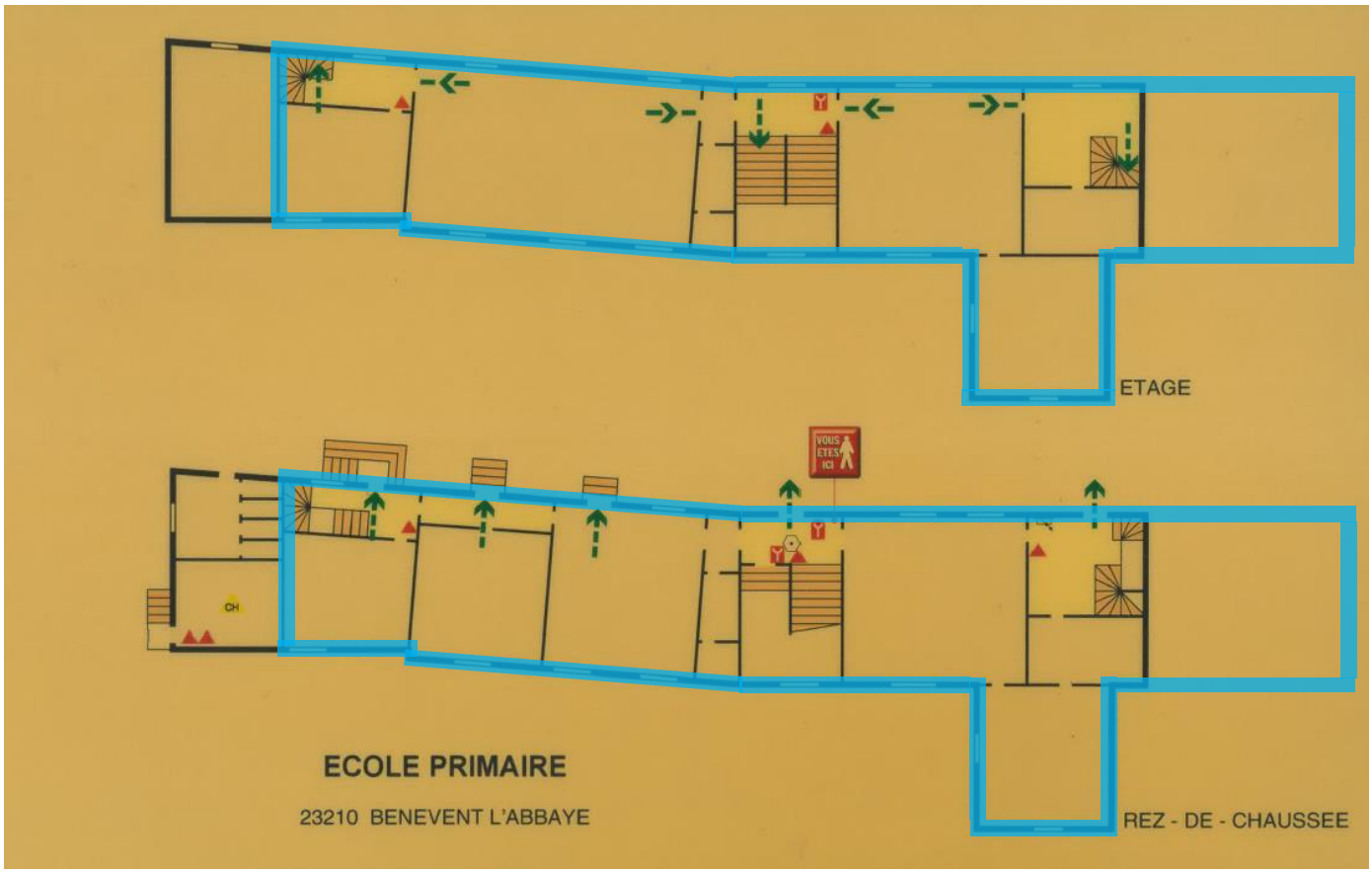
Objectif* C2E : R isolant > 3,7 m².K/W

CEE Certificats d'Économies d'Énergie

Performance conseillée : Résistance Thermique isolant > 5 m².K/W

Isolant biosourcé : Panneau fibre de bois 20cm – R = 5 m².K/W

Isolant classique : Polystyrène Expansé/Laine minérale 16cm – R = 5 m².K/W



Echelle de performance

- Rp > 5 m².K/W
- Rp > 4,35 m².K/W
- Rp > 3,75 m².K/W
- Rp > 3,15 m².K/W
- Rp > 2,65 m².K/W
- Rp > 2,35 m².K/W
- Rp < 2,35 m².K/W

Ensemble des Murs non isolé : 747,5m² ; 100%

ANALYSE

Pour l'ensemble des murs de ces sites, le niveau d'isolation thermique global des parois est très faible puisque les murs ne sont pas isolés et comportent pour la majorité une résistance thermique **R inférieure à 0.65** m².K/W. Ce qui est insuffisant au regard de la Nouvelle Réglementation Thermique en Rénovation (R min = 3,2 m².K/W) et des standards dans le neuf (Risolant > 3,7 m².K/W).

Il est conseillé de cibler, une résistance thermique R de 5 m².K/W ce qui représente 16cm de laine de verre ou 19cm de fibre de bois. Contre 12 cm et 14 cm pour un R de 3,7 m².K/W.

Afin de conserver l'inertie thermique tout en améliorant l'isolation thermique, il est conseillé d'isoler les murs par l'extérieur. Dans certains cas contraignants où l'isolation thermique des murs par l'intérieur est plus simple à réaliser il peut tout de même être opportun d'isoler quelques murs par l'extérieur afin d'offrir de l'inertie thermique. Cependant, il faudra alors être vigilant aux ponts thermiques.

L'isolation thermique par l'extérieur (ITE) à elle seule est plus couteuse que l'isolation par l'intérieur (ITI) mais l'ITE présente de nombreux atouts :

- Pas de réduction de la surface utile ;
- Réduction des ponts thermiques ;
- Meilleures inerties thermiques ;
- Il n'est pas nécessaire de modifier les installations électriques (prises de courants, prises réseau, interrupteurs, radiateurs électriques…) ;
- Il n'est pas nécessaire de déplacer le système de chauffage, surtout lorsqu'il s'agit d'un chauffage central (radiateurs à eau, tuyauteries …) ;
- Les travaux peuvent être réalisés en site occupé ;
- Léger surcoût lorsqu'il s'agit d'un ravalement de façade.

Globalement, l'isolation thermique par l'extérieur présente plus d'avantages que l'isolation par l'intérieur. En revanche, l'ITI s'avère être une solution incontournable en cas de façade protégé architecturalement.

Un isolant classique type laine minérale permettra de renforcer le niveau d'isolation des murs à moindre coût mais d'un point de vue environnemental l'énergie grise nécessaire à la fabrication de la laine de verre est 7,8 fois plus importante que celle nécessaire pour la laine de bois. L'utilisation d'isolants biosourcés peut bénéficier d'une aide financière spécifique et les bâtiments qui utilisent des isolants biosourcés peuvent être labélisés « bâtiment biosourcé ».

Les isolants biosourcés sont des isolants naturels qui offrent un meilleur confort en été puisque la température extérieure pénètre plus lentement dans le bâtiment.

Notion de déphasage thermique : Si la température extérieure est de 35°C, alors l'importance d'avoir une excellente isolation est primordiale. En effet, si dans le bâtiment la température est à ce moment-là de 21 °C, il y a de fortes chances que celle-ci augmente. Mais si l'isolation est performante, le déphasage thermique fera que la température ne pourra augmenter que lentement, voire pas du tout, pendant quelques heures. Parallèlement, la nuit, l'isolant restituera la chaleur emmagasinée dans la journée dans le bâtiment, limitant ainsi la fraîcheur pour un confort thermique irréprochable.

PLAFONDS

Type / Protection	Surface / part	Rp [m².K/W]	Performance	Avis de l'expert	Photo
Laine de verre projetée 40cm	230 m² 100 %	8	Très bonne	A conserver	

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

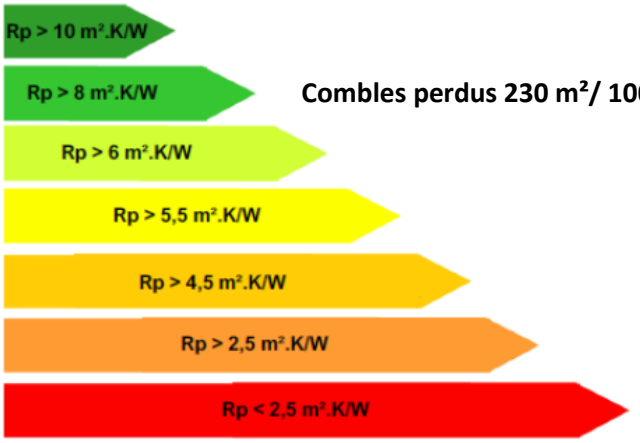
Objectif RT Rénovation : R paroi > 5,2 m².K/W (combles perdus)
R paroi > 4,5 m².K/W (toiture terrasse)

Objectif C2E : R isolant > 7 m².K/W (combles perdus logement)
R isolant > 6 m².K/W (rampants de toiture et combles perdus tertiaire)
R isolant > 4,5 m².K/W (toiture terrasse)
Faux plafond non élligibles

CEE Certificats d'Economies d'Energie

Performance conseillée : Résistance Thermique isolant = 10 m².K/W
Isolant biosourcé : Ouate de cellulose en flocon 45cm – R = 9,5 m².K/W
Isolant classique : Laine minérale en flocon 47cm – R = 10 m².K/W

Echelle de performance



Combles perdus 230 m²/ 100%

Ecole

PLAFONDS

Type / Protection	Surface / part	Rp [m².K/W]	Performance	Avis de l'expert	Photo
Laine de verre projetée 25cm	517,1 m² 100 %	6	Très bonne	A conserver	

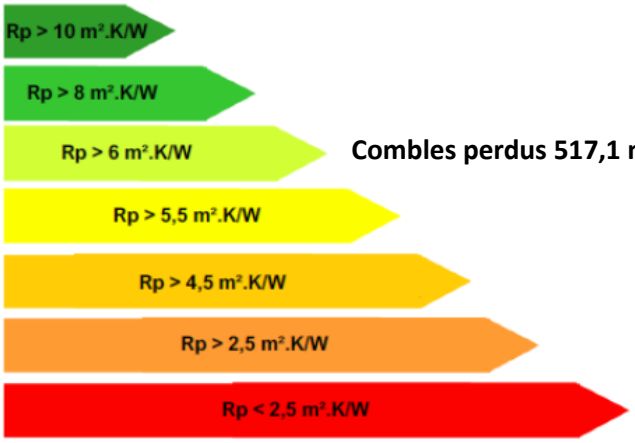
RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : R paroi > 5,2 m².K/W (combles perdus)
R paroi > 4,5 m².K/W (toiture terrasse)

Objectif C2E : R isolant > 7 m².K/W (combles perdus logement)
R isolant > 6 m².K/W (rampants de toiture et combles perdus tertiaire)
R isolant > 4,5 m².K/W (toiture terrasse)
Faux plafond non élligibles

Performance conseillée : Résistance Thermique isolant = 10 m².K/W
Isolant biosourcé : Ouate de cellulose en flocon 45cm – R = 9,5 m².K/W
Isolant classique : Laine minérale en flocon 47cm – R = 10 m².K/W

Echelle de performance



Combles perdus 517,1 m²/ 100%

ANALYSE
<u>Descriptif des combles perdus :</u> L'ensemble des toitures des deux bâtiments sont isolées avec au moins 25cm de laine projetée ce qui amène à une résistance thermique de 6 m².K/W pour l'Ecole et de 8 m².K/W, ce qui est bon. La Nouvelle Réglementation Thermique dans l'existant exige au minimum un coefficient de 5,2 m².K/W. Concernant les standards de rénovation, il est préconisé d'atteindre une résistance thermique globale d'au moins 9 m².K/W ce qui équivaut à 36cm d'isolant (conductivité thermique de 0,04 W/m.K).

PLANCHERS

Type / Protection	Surface / part	Rp [m².K/W]	Performance	Avis de l'expert	Photo
Planchers sur Terre-plein non-isolé	254 m² 100%	2.4	Faible	**A isoler**	-

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : R paroi > 3 m².K/W

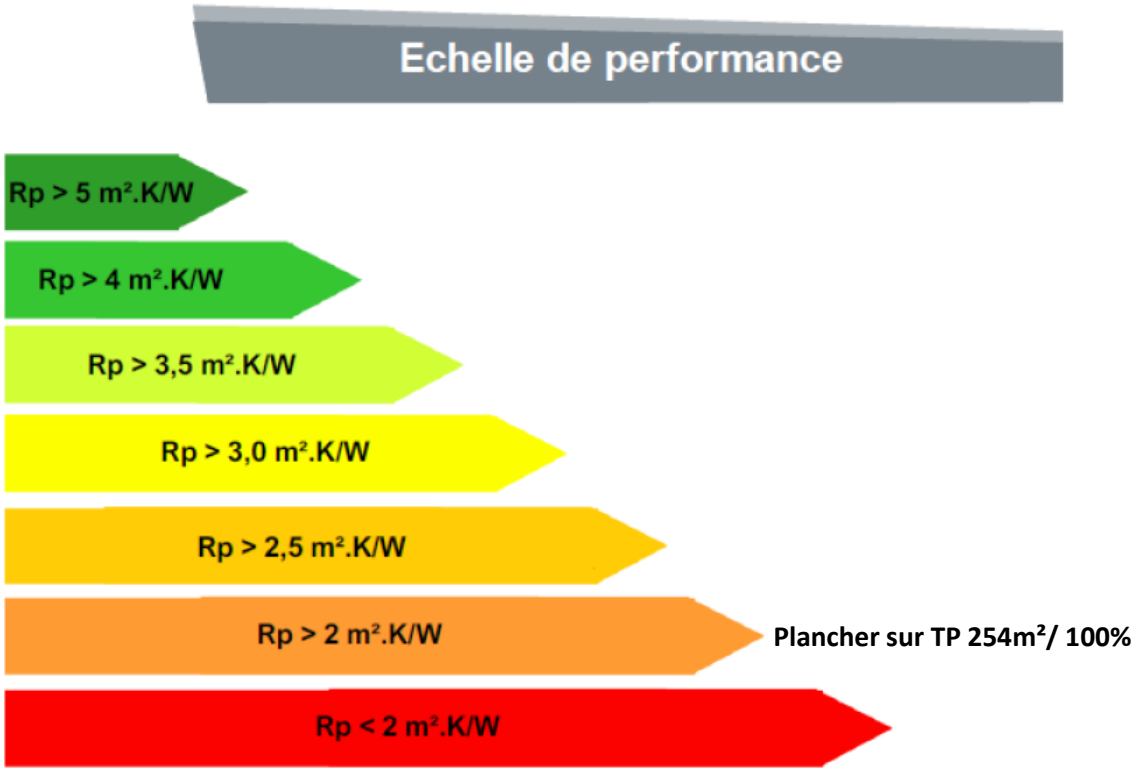
Objectif* C2E : R isolant > 3 m².K/W

CEE
Certificats d'Economies d'Energie

Performance conseillée : Résistance Thermique isolant > 5 m².K/W

Isolant biosourcé : Ouate de cellulose 20cm – R = 5 m².K/W

Isolant classique : Polystyrène Expansé/Laine minérale 16cm – R = 5 m².K/W


Echelle de performance
Rp > 5 m².K/W
Rp > 4 m².K/W
Rp > 3,5 m².K/W
Rp > 3,0 m².K/W
Rp > 2,5 m².K/W
Rp > 2 m².K/W
Plancher sur TP 254m²/ 100%
Rp < 2 m².K/W

Ecole

PLANCHERS

Type / Protection	Surface / part	Rp [m².K/W]	Performance	Avis de l'expert	Photo
Planchers intermédiaire (sur local non-chauffé)	517,1 m² 100%	0,64	Faible	**A isoler**	-

RT Rénovation
Réglementation
Thermique

Objectif RT Rénovation : R paroi > 3 m².K/W

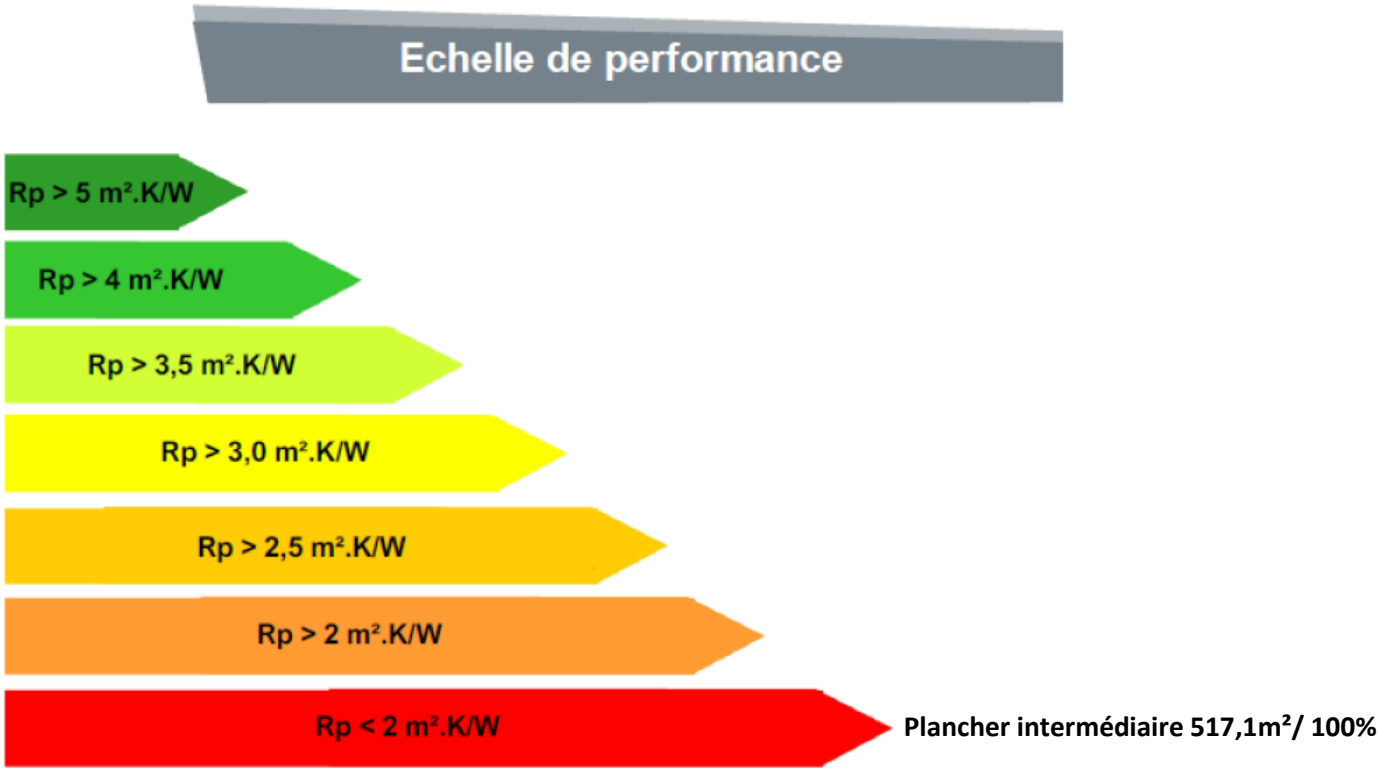
Objectif* C2E : R isolant > 3 m².K/W

CEE Certificats d'Economies d'Energie

Performance conseillée : Résistance Thermique isolant > 5 m².K/W

Isolant biosourcé : Ouate de cellulose 20cm – R = 5 m².K/W

Isolant classique : Polystyrène Expansé/Laine minérale 16cm – R = 5 m².K/W



ANALYSE

La Nouvelle Réglementation Thermique dans l'existant exige au minimum une résistance thermique d'isolant R de 3 m².K/W.

Descriptif plancher sur terre-plein :

Les planchers sur terre-plein anciens sont très rarement isolés. Les planchers sur terre-plein représentent un poste difficile à isoler puisque les travaux sont lourds, couteux et imposent d'immobiliser le bâtiment. En effet, l'isolation d'un tel plancher impose de rehausser le plancher bas : pose de panneaux d'isolant (12cm d'épaisseur environ) avec création d'une nouvelle chape en béton de 5cm. Ce type de rénovation implique d'importantes modifications qui sont alors à prévoir au niveau des menuiseries intérieures et extérieures (hauteur de passage, hauteur de seuil, accessibilité pour les personnes à mobilité réduite). Les équipements techniques tels que les radiateurs, le réseau de chauffage et les prises électriques doivent être rehaussés en conséquence. Il est important de noter que les déperditions par le sol (terrestre) sont moins importantes qu'avec l'air extérieur puisque la terre est un isolant naturel.

Descriptif intermédiaire (sur local non-chauffé) :

Tout comme les planchers sur TP, les planchers sur intermédiaire anciens sont rarement isolés. C'est également un poste difficile à isoler à la différence qu'ils peuvent avoir l'opportunité d'être isolé par l'extérieur (le dessous du plancher), par de la laine projetée. Cette méthode ne doit en aucun cas changer la nature ou la sécurité (par exemple : sécurité incendie) du local non-chauffé. Concernant l'isolation par l'intérieur (le dessus du plancher) cela revient à la même complexité de la rénovation pour les planchers sur terre-plein.

b) Equipements de chauffage

Le site dispose d'un local technique situé au RDC de l'Ecole, comportant la chaufferie. Celle-ci fonctionne avec deux chaudières fioul pour les deux bâtiments (Maison des Patrimoines et Ecole).

Production de chauffage

Modèle Type	Chappée NXR 1C - 2 allures	Gulliver RG5D - 2 allures
Energie	Fioul	Fioul
Puissance	70 kW	55 kW
Rendement	η_{moyen} : 92.4	η_{moyen} : 93.1
Date de fabrication	1991	-
Puissance élec absorbé	-	0.47 kW
Température de service	80°C	80 °C

La maintenance de la chaufferie comprend deux interventions d'un chauffagiste par an afin de réaliser le démarrage de la chaudière en début de saison de chauffage, le réglage du brûleur, l'arrêt de la chaudière en fin de saison de chauffage et le ramonage de la cheminée

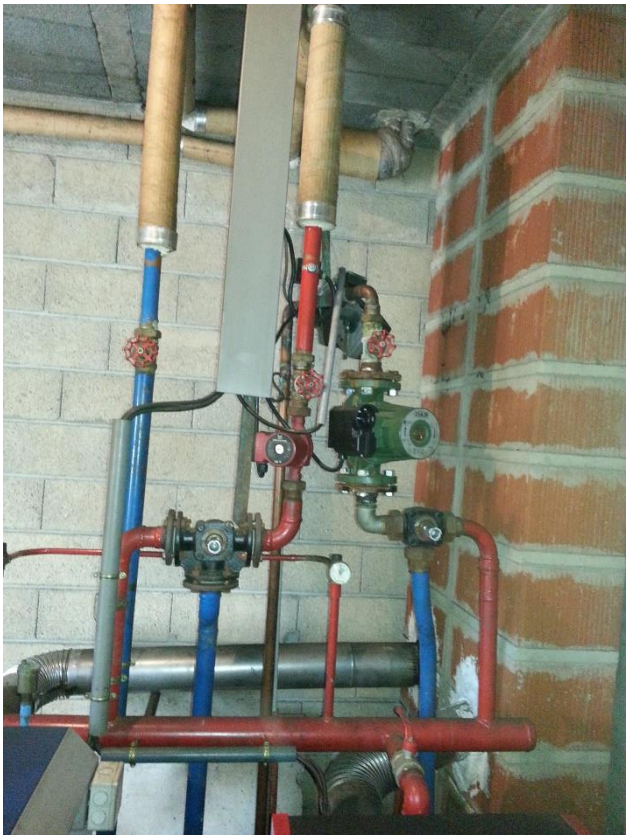
ANALYSE DU SYSTEME DE PRODUCTION DE CHAUFFAGE

Les chaudières sont de type « haute-température ». La chaudière Gulliver est la chaudière principale. La chaudière Chappée quant à elle correspond aux besoins d'appoint ou en cas de maintenance. Les performances affichées sont très moyennes puisque les rendements s'élèvent d'environ à 92.5-93%. Par sa date de fabrication la chaudière chapée a dépassé sa durée de vie théorique (estimée à 25ans), et la visite sur site a permis d'émettre l'hypothèse que la chaudière Gulliver est également ancienne (bien que la donnée soit manquante).

Distribution du chauffage

On comptabilise 2 départs de chauffage à température constante. Les réseaux de distribution ne sont pas identifiés clairement. Chaque départ de réseaux comporte une vanne 3 voies motorisée avec leur circulateur simple tout ou rien.

Les pompes de charge des chaudières ne sont pas visibles donc semblent être intégrées à ces dernières. Les éléments de chaufferie sont en parti calorifugé.



Emission du chauffage

Les sites sont équipés de radiateurs en acier. Ils sont installés sur un réseau bi-tube et pour certains sont équipés de robinets thermostatiques. L'ensemble est fonctionnel. La durée de vie théorique d'un robinet thermostatique est évaluée à 15 ans environ.

Radiateurs en acier avec robinet :

Sans robinets thermostatiques

Avec robinet thermostatique

ANALYSE DES EMETEURS DE CHAUFFAGE

Les radiateurs équipés de robinets thermostatiques permettent d'ajuster le chauffage en fonction des conditions internes (apports de chaleur solaire, par les occupants, appareils, etc…).

Pour assurer un bon fonctionnement de la distribution du chauffage, une commande de pompes peut être modifiée pour mettre en place une variation électronique de vitesse adaptant le débit au besoin.

Choisir un radiateur à eau pour le chauffage central

Il existe plusieurs modèles de radiateurs à eau, les plus répandus sont les suivants : le radiateur en fonte, le radiateur en acier et le radiateur en aluminium :

- Les radiateurs en fonte prennent du temps à chauffer et à refroidir car très massifs, ils emmagasinent beaucoup d'énergie et possèdent une grande inertie de chauffage. Robustes, ils auront une durée de vie assez longue. Sa durée de vie théorique est d'environ 40ans.

- Les radiateurs en aciers, eux, sont moins imposants, plus discrets. Ils se réchauffent très rapidement mais se refroidissent également très vite. Leur inertie est faible, ils cessent de chauffer dès que la chaudière a arrêté de fonctionner. Sa durée de vie théorique est d'environ 20ans.

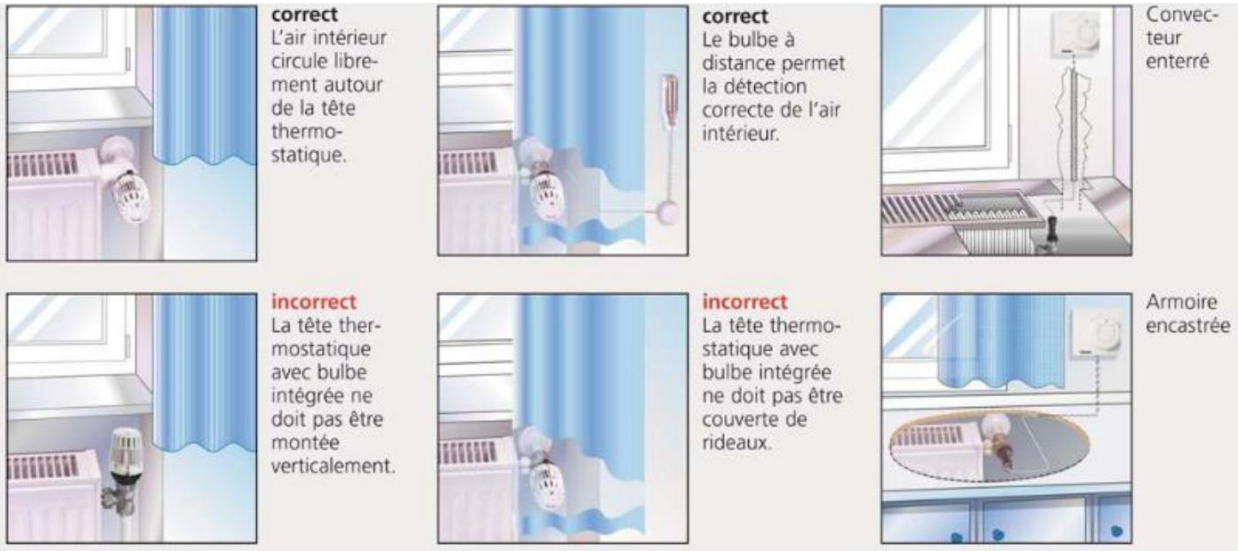
- Les radiateurs en aluminium chauffent très rapidement et conservent assez longtemps la chaleur. Leur inconvénient principal est qu'ils ne pourront pas être associés à un système de radiateurs utilisant un autre matériel que l'aluminium (incompatible avec les réseaux en cuivre).

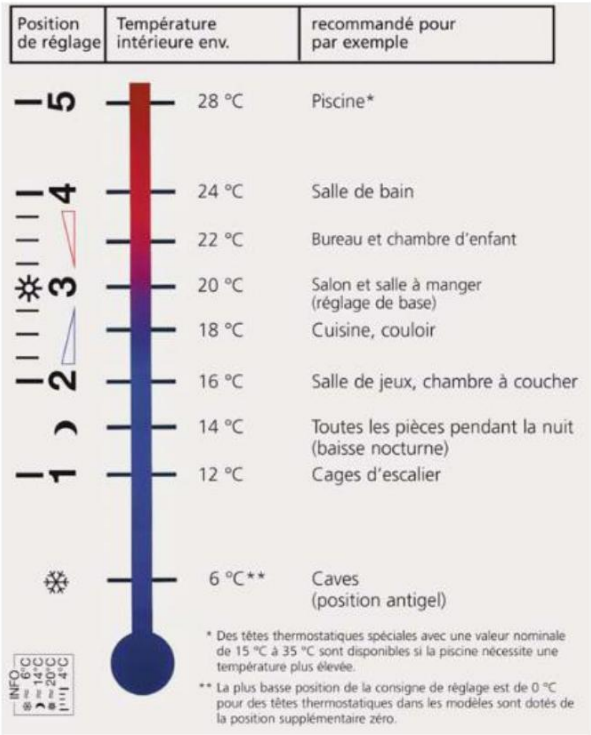
Afin de prolonger la durée de vie de radiateurs, il est impératif de :

- ✓ Purger régulièrement les radiateurs afin d'éliminer l'air à l'origine de bruits, de corrosion, de baisse de rendement de l'installation, et de la formation de boues. Une eau très noire ou très orangée nécessite l'intervention d'un professionnel afin d'en déterminer l'origine et de faire les opérations correctives nécessaires.
- ✓ Vérifier régulièrement la pression du circuit d'eau chaude. Pour un bâtiment d'un étage, sa valeur doit être comprise entre 1 et 1.5 bar.
- ✓ Il est judicieux de ne pas recouvrir ni habiller les radiateurs. Cela prive les occupants de la chaleur radiative qui participe au confort et diminue les échanges thermiques.

Fonctionnement d'un robinet thermostatique

Les robinets thermostatiques sont utilisés pour le réglage de la température pièce par pièce généralement pour des corps de chauffe avec circuit hydraulique, convecteurs et radiateurs. Les têtes thermostatiques permettent d'exploiter les apports gratuits de sources de chaleur internes et externes, comme par exemple la chaleur des rayons du soleil, l'apport calorifique des personnes et des appareils électriques etc…
Les têtes thermostatiques gardent la température de l'air ambiant à un niveau constant, de sorte que le gaspillage de l'énergie peut être évité.
Un réglage précis par le moyen de ces têtes thermostatiques avec élément sensible intégré n'est pas possible, si celles-ci sont couvertes par les rideaux, des revêtements de radiateurs, etc, ou bien si elles sont montées dans des niches ou en position verticale. Dans ce cas le montage d'une sonde ou d'un régulateur à distance est nécessaire.





Position de réglage	Température intérieure env.	recommandé pour par exemple
5	28 °C	Piscine*
4	24 °C	Salle de bain
	22 °C	Bureau et chambre d'enfant
3	20 °C	Salon et salle à manger (réglage de base)
	18 °C	Cuisine, couloir
2	16 °C	Salle de jeux, chambre à coucher
	14 °C	Toutes les pièces pendant la nuit (baisse nocturne)
1	12 °C	Cages d'escalier
❄	6 °C**	Caves (position antigel)

* Des têtes thermostatiques spéciales avec une valeur nominale de 15 °C à 35 °C sont disponibles si la piscine nécessite une température plus élevée.

** La plus basse position de la consigne de réglage est de 0 °C pour des têtes thermostatiques dans les modèles sont dotés de la position supplémentaire zéro.

INFO ❄ ≈ 6°C ☽ ≈ 14°C ☼ ≈ 20°C

Régulation du chauffage

Le site ne dispose d'aucun système de régulation du chauffage en chaufferie. Le chauffage est maintenu 24h sur 24 et 7 jours sur 7. Le site dispose donc d'un **système de régulation du chauffage médiocre**.

La rénovation de la chaufferie permettra d'intégrer des régulateurs permettant de :

- Programmer des plannings de chauffage caler sur les plannings d'occupation
- Programmer des températures de consigne en chauffage : 20°C (par exemple)
- Programmer des températures de réduit en chauffage : 18°C (par exemple)
- De régler une loi d'eau et un décalage de consigne
- De distribuer du chauffage en fonction de la température extérieure.

c) Equipements de ventilation

Les équipements de ventilation représentent un des postes de consommation les plus importants puisque le renouvellement d'air influe sur les consommations en chauffage et les auxiliaires de ventilation (ventilateurs) impactent les consommations en électricité.

Les bâtiments sont équipés d'un système de ventilation mécanique contrôlé simple flux non réglable.

Grille de ventilation en plafond :

Les bâtiments pourraient être équipés d'une ventilation mécanique contrôlée simple flux autoréglable avec une régulation des débits de ventilation en fonction du niveau d'occupation (voir fiche préconisation en page suivante).

VMC simple flux modulée dans les bureaux

Principe de la ventilation mécanique contrôlée simple flux autoréglable par extraction :

Le système de ventilation simple flux assure le renouvellement de l'air au sein de chaque pièce. Il évacue efficacement les polluants et l'humidité et assure également un appoint d'air neuf permanent. L'air pollué est aspiré à travers des bouches situées au plafond et est rejeté à l'extérieur par l'intermédiaire d'un réseau de gaines situés dans les combles. L'air neuf est introduit à travers des grilles d'entrée d'air généralement situées dans les menuiseries des fenêtres.

Régulation des débits de ventilation :

Le débit est maîtrisé grâce à des modules de régulation autoréglables. Avec la ventilation modulée, le fonctionnement du système de ventilation des locaux sera asservi à des détecteurs optiques de mouvement placés dans les différentes pièces, ou à une mesure du taux de CO2. Les débits de ventilation seront ainsi optimisés en fonction de la réelle occupation des locaux dans le but de limiter les déperditions par renouvellement d'air.

Caisson de ventilation basse-consommation :

Le caisson de ventilation devra être compatible avec la modulation des débits et sera de type basse-consommation afin de ne pas générer une importante surconsommation en électricité.

Régulation spécifique en période d'inoccupation :

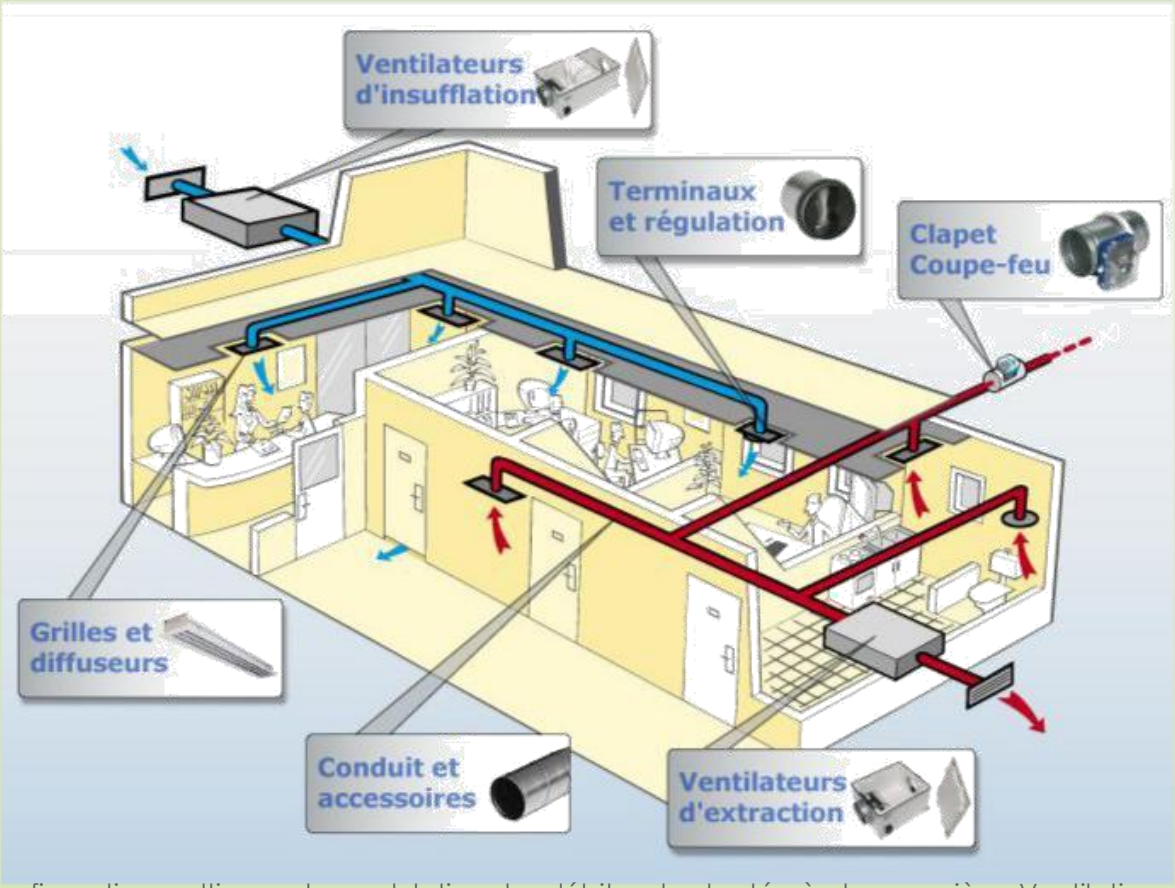
L'installation de ventilation pourra être équipée d'un système de régulation (horloge par exemple) permettant l'arrêt de la ventilation en dehors des périodes d'occupation (quelques heures après le départ du dernier occupant). Cela permettant d'éviter de renouveler l'air inutilement (consommations en chauffage) et de faire fonctionner les ventilateurs (consommations en électricité).

La solution consiste à conserver le réseau aéraulique existant, les grilles d'entrée d'air situées dans les menuiseries des fenêtres et les bouches d'extraction d'air dans les faux plafonds mais à positionner des capteurs de présence (bureaux) ou des sondes CO2 (salles de réunions). Le caisson de ventilation devra être compatible avec une telle configuration.

Observation

- Des travaux de rénovation rendant l'enveloppe du bâtiment étanche et l'absence de système de ventilation peuvent poser des problèmes d'humidité dans les pièces. L'installation d'une VMC permet de traiter efficacement ce phénomène.

- Les débits minimums à extraire sont fixés par les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983 pour l'habitat, et le Code du Travail pour le tertiaire.



Configuration multizone : la modulation des débits est adaptée à chaque pièce Ventilation en mode pression constante – Cndbnr = 0,57

Avantages	Inconvénients
- Maitrise des débits de renouvellement d'air. - Renouvellement d'air adapté en fonction du niveau d'occupation et du taux de pollution intérieur. - Diminution des consommations en chauffage. - Meilleurs confort intérieur.	- Nécessite un bâtiment comportant une enveloppe étanche à l'air afin de ne pas générer de surconsommation en chauffage (maitrise des débits). Attention aux anciennes fenêtres dans le secrétariat !

VMC simple flux Hygroréglable B

Description

La VMC simple flux hygro B régule le débit d'air en fonction du taux d'humidité intérieur (hygrométrie), à la fois par les bouches d'extraction et les entrées d'air. Ces dernières se ferment plus ou moins en fonction du l'hygrométrie : elles sont hygroréglables. Cela permet d'avoir une meilleure régulation et ainsi d'évacuer au mieux l'humidité et de limiter les déperditions de chaleur par renouvellement d'air.

Les bouches d'extraction constituent l'élément majeur d'un système hygroréglable. Les bouches hygroréglables sont équipées d'un clapet relié mécaniquement à un ruban hygrostatique. Ce ruban va se tendre ou se détendre selon qu'il soit chargé ou non d'humidité, et ainsi faire varier le degré d'ouverture du clapet et donc du débit d'air sortant. Elles ont toutes en commun ce système de régulation mécanique, mais les bouches de la cuisine et des toilettes ont des particularités qui optimisent encore davantage la gestion du débit en fonction des besoins.

L'ouverture de la bouche d'extraction de la cuisine peut être forcée pour un besoin ponctuel (odeurs, condensation, fumées). Pour accroitre le débit d'air et donc forcer l'ouverture maximum du clapet, la bouche sera selon le fabriquant munie d'une tirette ou reliée à un bouton poussoir. Une pression sur le bouton poussoir ou commande sur la tirette lancera une temporisation intégrée à la bouche d'extraction (de l'ordre de 30mn), durée pendant laquelle le débit d'air sera plus important.

La bouche des toilettes est quant à elle équipée d'un détecteur de présence la rendant totalement autonome. Son clapet s'ouvre dès qu'une présence est détectée, là-encore pour une durée de l'ordre de 30mn. Elle ne nécessite par conséquent aucun matériel ni câblage supplémentaire. Ces bouches peuvent fonctionner soit à piles, soit électriquement ou soit mécaniquement.

Observation

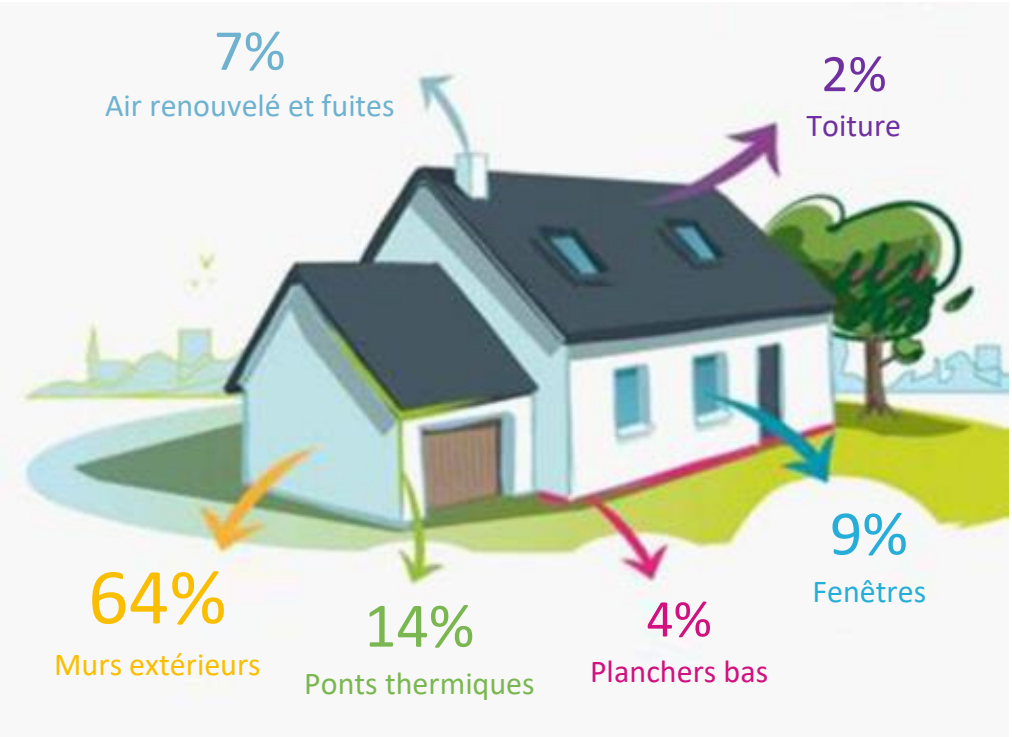
- Des travaux de rénovation rendant l'enveloppe du bâtiment étanche et l'absence de système de ventilation peuvent poser des problèmes d'humidité dans les pièces. L'installation d'une VMC permet de traiter efficacement ce phénomène.
- Pour être conforme à la réglementation, la VMC hygroréglable doit disposer d'un Avis Technique attribué par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).
- Les débits minimums à extraire sont fixés par les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983 pour l'habitat, et le Code du Travail pour le tertiaire.

Avantages	Inconvénients
- Diminution des consommations en chauffage. - Débit de renouvellement d'air adapté aux besoins. - Meilleurs efficacité du renouvellement d'air. - Temps de retour intéressant. - Gains énergétique et environnemental intéressant.	

d) Déperditions thermiques

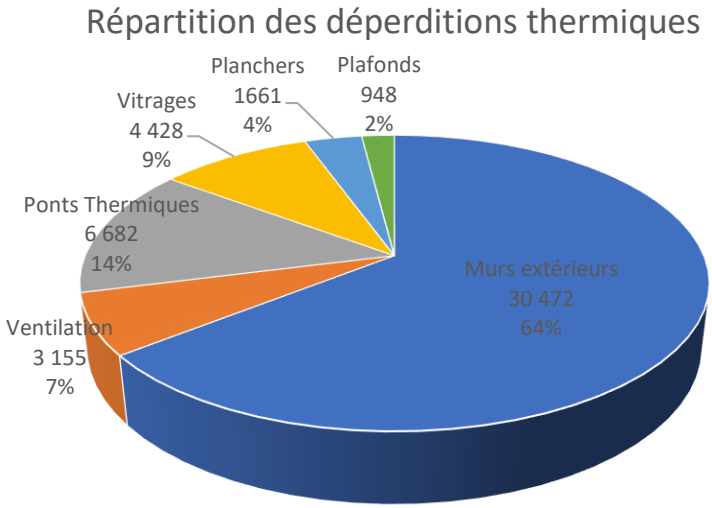
Les relevés sur les bâtiments ont permis de réaliser une étude thermique et de mettre en évidence les postes les plus déperditifs. Les bâtiments ont été mis en situation de totale occupation et avec le système de ventilation mécanique en fonctionnement. Vous trouverez ci-dessous la répartition des déperditions et un détail par poste plus précis dans les pages suivantes.

Maison des Patrimoines



Classement des parois les plus déperditives aux moins déperditives :

Postes de déperdition	Déperditions thermiques Isolation actuelle	
Murs extérieurs	30 472 W	64%
Ponts thermiques	6 682 W	14%
Menuiseries extérieures	4 428 W	9%
Ventilation et Infiltrations d'air	3 155 W	7%
Planchers	1661 W	4%
Plafonds	948 W	2%
TOTAL	47 346 W	100%



ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES

Compte tenu de l'isolation général du bâtiment, il est attendu un certain niveau de déperdition. Le poste de déperdition le plus élevé est observé au niveau des murs avec 64% des déperditions totales. Une isolation de l'ensemble des murs est impérative. Celle-ci peut s'effectuer par l'extérieure comme par l'intérieure (sous réserve de contraintes).

Les ponts thermiques représentent eux un poste de déperditions très importants (14%). Une isolation thermique des murs par l'extérieur et le traitement des points singuliers peuvent permettre de réduire les ponts thermiques.

Les menuiseries quant à elles, représentent 9%. Ce domaine a bénéficié de ressentes rénovation.

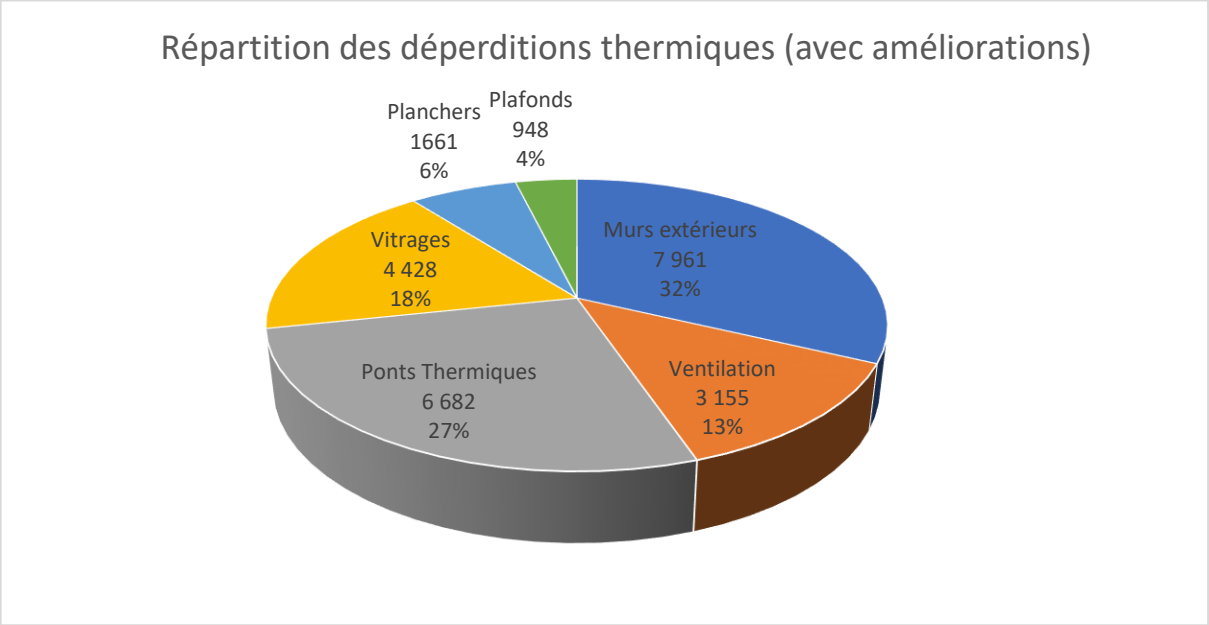
Le système de ventilation et les infiltrations d'air sont à hauteur de 7% des déperditions totales. Elles pourraient être réduites en installant une régulation des débits de ventilation (VMC hygroréglable type B).

Les déperditions par les planchers et plafonds représentent seulement 6% des déperditions. Ce qui est attendu en vue du bâti, étant en élévation sur trois étages (plus de déperditions venant des surfaces verticales que horizontales) et comporte une isolation existante en plafond.

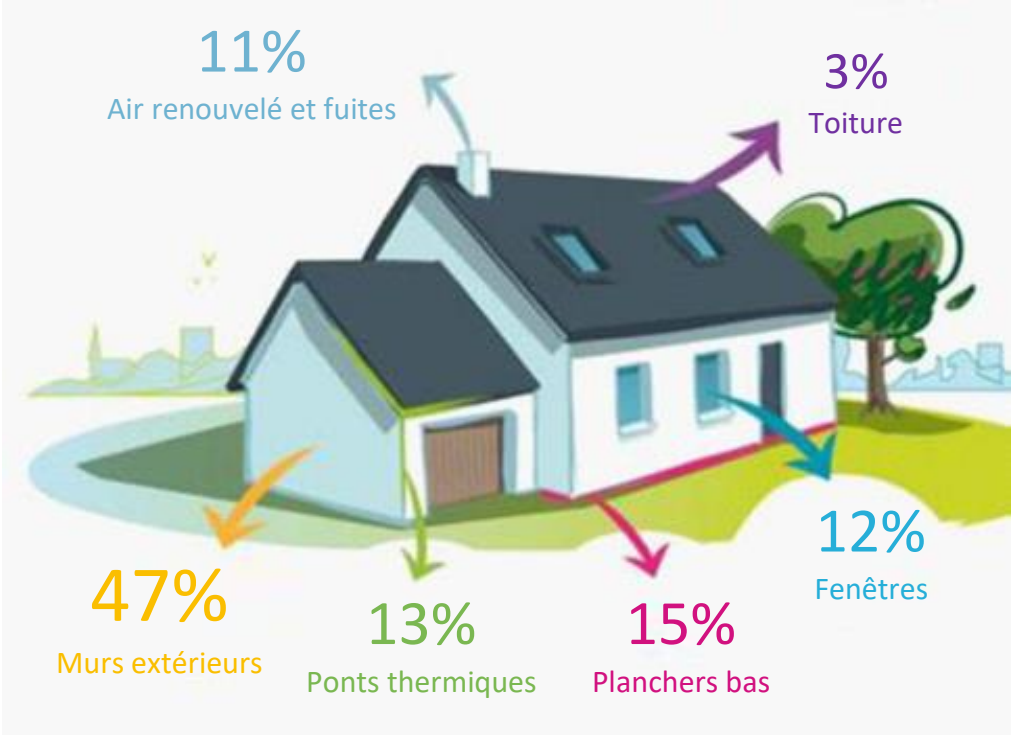
Une autre solution est présentée dans le tableau suivant présentant la réduction des déperditions thermiques si des travaux d'isolation complémentaires sont entrepris avec :

- L'isolation de l'ensemble des murs.

	Déperditions thermiques Isolation actuelle		Déperditions thermiques Isolation optimale		Ecart/ Gain
Murs extérieurs	30 472 W	64%	7 961	32%	73.9%
Ponts thermiques	6 682 W	14%	3 155	13%	0.0%
Menuiseries extérieures	4 428 W	9%	6 682	27%	0.0%
Ventilation et Infiltrations d'air	3 155 W	7%	4 428	18%	0.0%
Planchers	1 661 W	4%	1 661	6%	0.0%
Plafonds	948 W	2%	948	4%	0.0%
TOTAL	47 346 W	100%	24 835 W	100%	47,5%

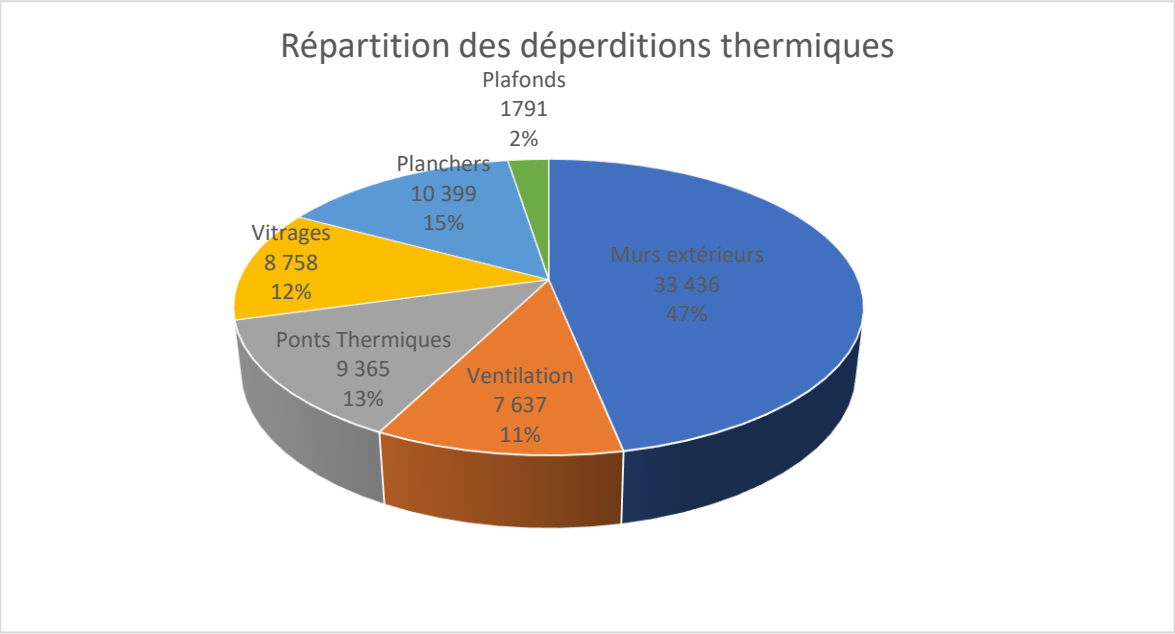


Ecole



Classement des parois les plus déperditives aux moins déperditives :

Postes de déperdition	Déperditions thermiques Isolation actuelle	
Murs extérieurs	33 436 W	47%
Planchers	10 399 W	15%
Ponts thermiques	9 365 W	13%
Menuiseries extérieures	8 758 W	12%
Ventilation et Infiltrations d'air	7 637 W	11%
Plafonds	1 791 W	3%
TOTAL	71 386 W	100%



ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES

Compte tenu de l'isolation général du bâtiment Ecole, il est à nouveau attendu un certain niveau de déperdition. Dévoilant les points suivants :

Le poste le plus déperditif est au niveau des murs avec 47%. De même que pour la Maison des Patrimoines, une isolation de l'ensemble des murs est impérative.

L'ensemble des planchers eux représentent 15%. Mais seront difficile à traiter comme évoqué dans la partie a) Niveau d'isolation thermique. Une isolation sous plancher est conseillée (sous réserve d'exploitation du local non chauffé).

Les ponts thermiques sont à hauteur de 13%. Une isolation thermique des murs par l'extérieur et le traitement des points singuliers peuvent permettre de réduire les ponts thermiques.

Les menuiseries quant à elles, représentent 12%. Elles sont peu performantes et peuvent engendrer de l'inconfort de type « paroi froide ».

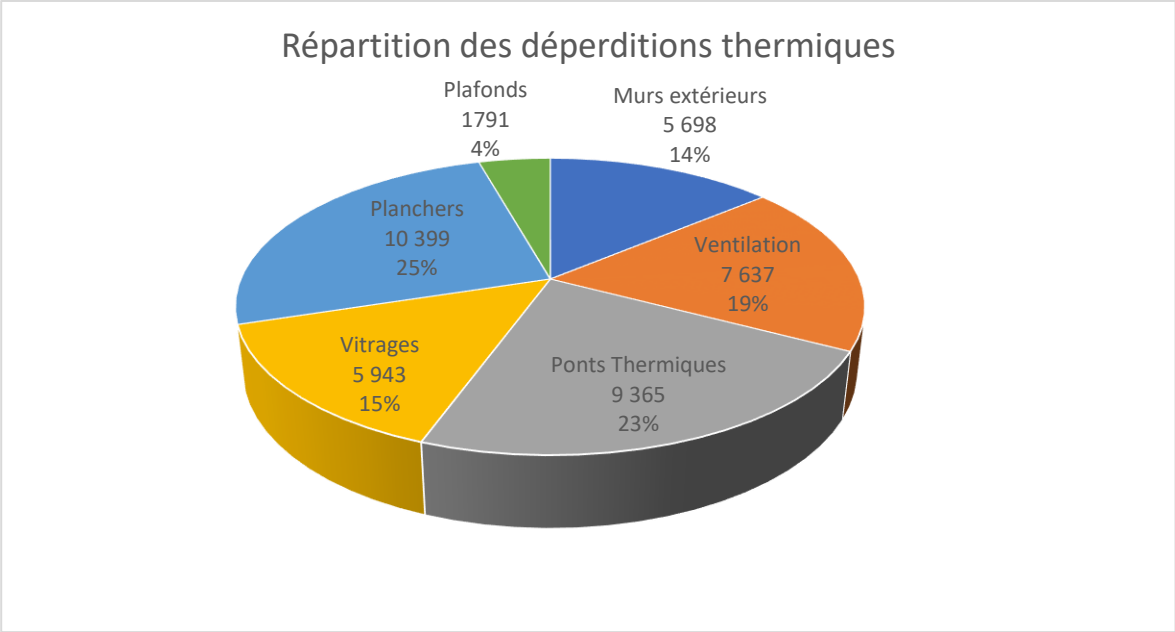
Le système de ventilation et les infiltrations d'air sont de 11% des déperditions totales. Elles pourraient être réduites également par une régulation des débits de ventilation (VMC hygroréglable type B).

Les déperditions par les plafonds représentent seulement 3% des déperditions ce qui est normal étant donné l'existence d'une isolation en laine pulsée en plafond.

De la même manière, une autre solution est présentée dans le tableau suivant présentant la réduction des déperditions thermiques si des travaux d'isolation complémentaires sont entrepris avec :

- L'isolation de l'ensemble des murs.
- Amélioration de la performance de l'ensemble des menuiseries.

	Déperditions thermiques Isolation actuelle		Déperditions thermiques Isolation optimale		Ecart/ Gain
Murs extérieurs	33 436 W	47%	5 698 W	14%	83.0
Planchers	10 399 W	15%	10 399 W	25%	0.0
Ponts thermiques	9 365 W	13%	9 365 W	23%	0.0
Menuiseries extérieures	8 758 W	12%	5 943 W	15%	32.1
Ventilation et Infiltrations d'air	7 637 W	11%	7 637 W	19%	0.0
Plafonds	1 791 W	3%	1 791 W	4%	0.0
TOTAL	71 386 W	100%	40 833	100%	42.8



Le renforcement de l'isolation thermique des autres parois permettrait de pouvoir diminuer la puissance de chaufferie de 140 kW à environ 94 kW.

e) Situation énergétique initiale

Mixte énergétique

Le tableau suivant présente le mixte énergétique et les usages associés pour les bâtiments :

		Electricité	Fioul
Usages principaux	Chauffage		X
	Rafraichissement		
	Eau Chaude Sanitaire	X	
	Eclairage	X	
	Auxiliaires de ventilation	X	
	Auxiliaires de chauffage	X	

Rappelons que le système PAC géothermique permettra de répondre uniquement aux besoins en chauffage. La production en eau chaude sanitaire étant faible et assurée par des ballons électriques.

Analyse et simulation énergétique initiale

Le tableau suivant présente la répartition de la consommation actuelle. Cette consommation a été établie sur la base d'un calcul théorique.

	Consommation Energie finale		Consommation Energie primaire		Emissions de CO2		Dépenses en énergie	
	kWh ef	%	kWh ep	%	kg CO2	%	€ TTC	%
Chauffage	344 736	88%	344 736	74%	103 421	97%	26 305	79%
Eau Chaude Sanitaire	12 000	3%	30 960	7%	480	0%	1 797	5%
Eclairage	20 114	5%	51 894	11%	2 012	2%	3 012	9%
Auxiliaires de chauffage	3 072	1%	2 681	1%	62	0%	156	0%
Auxiliaires de ventilation	12 844	3%	33 138	7%	769	1%	1 922	6%
TOTAL	392 766	100%	463 409	100%	106 744	100%	33 191	100%

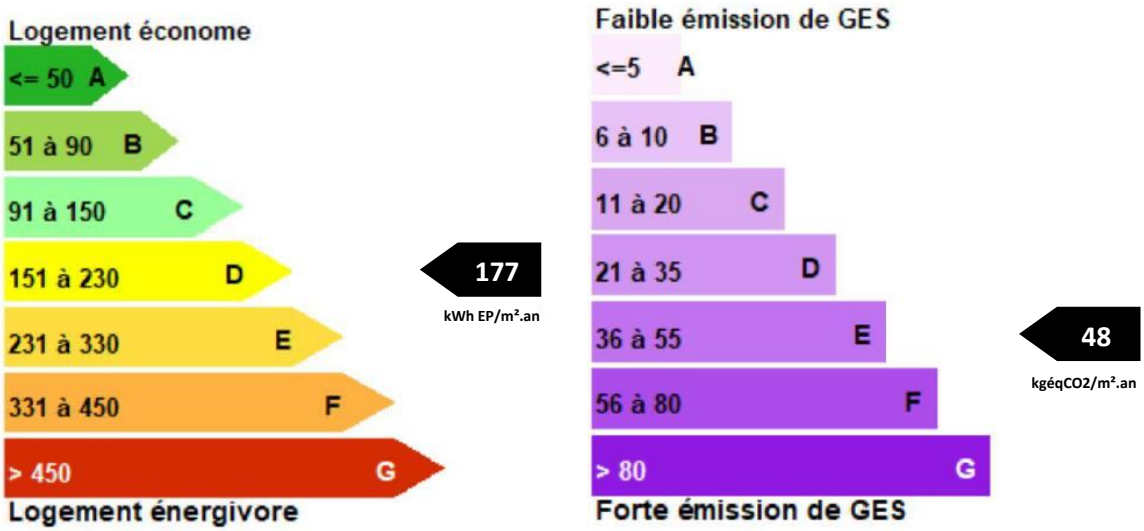
ANALYSE

Le poste chauffage représente la majeure partie des consommations (88%), des dépenses (79%) et des émissions de gaz à effet de serre (97%). La consommation totale en énergie actuelle est estimée à 392 800 kWh/an pour une dépense moyenne de 33 200 €TTC/an.

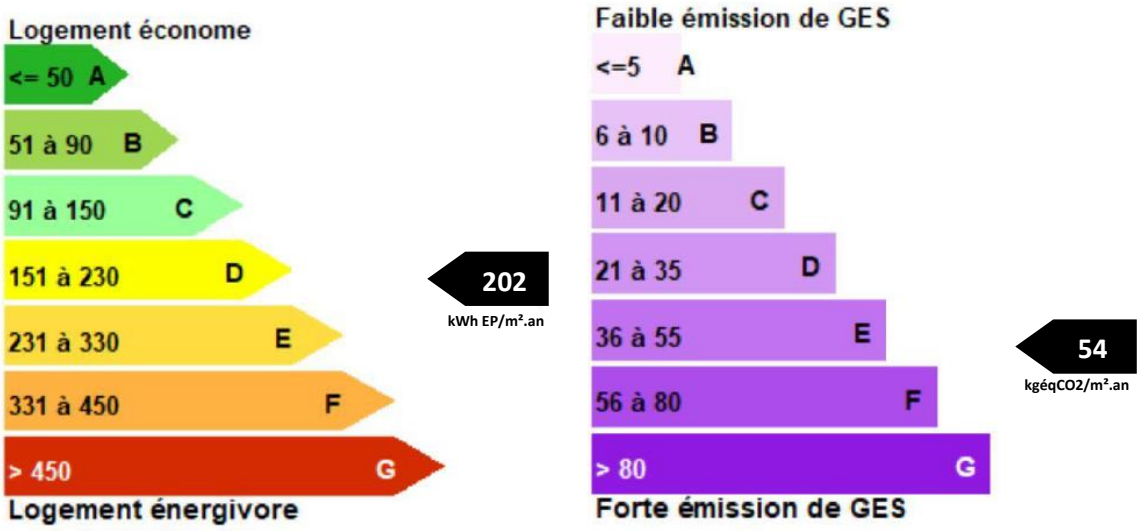
Etiquette DPE équivalente de la situation initiale

A titre d'information, une étiquette énergie type « étiquette DPE » a été établie afin de positionner la performance énergétique et environnementale du bâtiment.

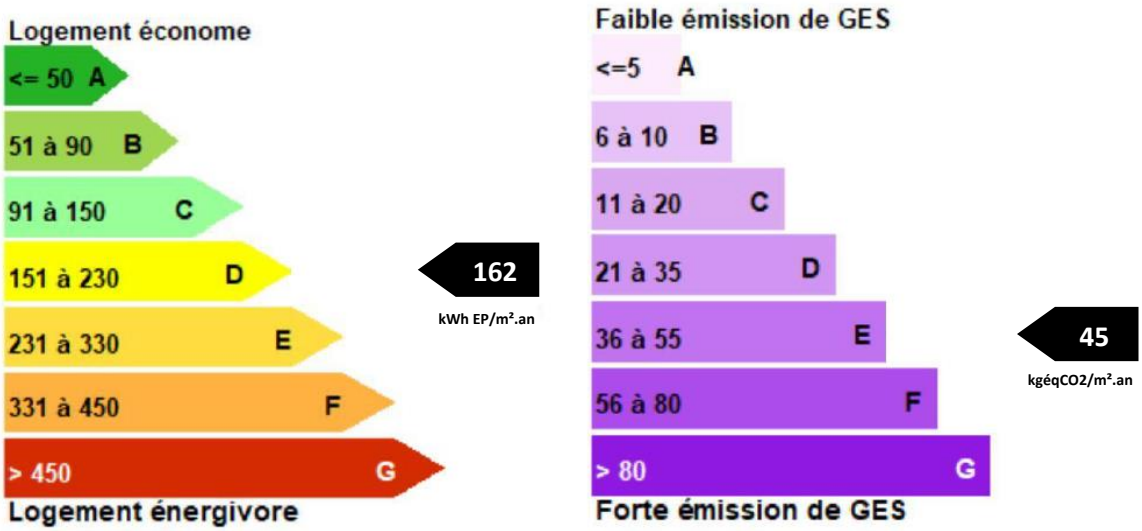
Etiquette Energétique situation initiale (Global)



Etiquette Energétique situation initiale (Maison des Patrimoines)



Etiquette Energétique situation initiale (Ecole)



Nota : La performance du bâtiment établie en équivalent DPE est donnée à titre indicatif. Il ne peut en aucun cas remplacer un Diagnostic de Performance Energétique réalisé par un diagnostiqueur agréé.

f) Définition des besoins thermiques

L'évaluation des besoins thermiques fait intervenir dans le calcul les paramètres suivants :

- Degrés-jour Unifiés : 2 468 °C/Jour
- Température extérieure de base : -9°C
- Température intérieure de chauffage : 20°C

Les **besoins en chauffage** sont alors évalués à **242 576 kWh/an**.

La consommation en chauffage correspond à la quantité d'énergie nécessaire pour produire ces 242 576 kWh. Il est donc fait notion du rendement global des installations de chauffage, à savoir :

	Chaufferie Fioul actuelle
Rendement de production (1)	92%
Rendement de distribution (2)	90%
Rendement de d'émission (3)	93%
Rendement de régulation (4)	91%
Rendement de global	70%

En considérant les besoins en chauffage et le rendement global de l'installation, la **consommation en chauffage actuelle** est évaluée à **344 736 kWh**.

(1) Le rendement de production dépend des caractéristiques de la chaudière.
(2) Le rendement de distribution dépend des caractéristiques des tuyauteries de chauffage et des pompes de circulation.
(3) Le rendement d'émission dépend des caractéristiques des radiateurs et du type de robinet présent sur les radiateurs.
(4) Le rendement de régulation dépend des caractéristiques de la programmation du chauffage et du mode de production du chauffage (à température constante/en fonction de la température extérieure).

Situation de référence

Ce scénario sert de base de comparaison. Il s'agit d'évaluer ici les coûts de rénovation du matériel existant si une PAC géothermique n'était pas retenue. Il s'agit d'un projet hypothétique permettant d'évaluer la rentabilité de l'installation.

Des descriptifs détaillés de certains travaux sont présents dans les pages suivantes.

Les travaux de rénovation intègrent :

- Le remplacement de l'ancienne chaudière au fioul par une chaudière à condensation offrant un rendement de production de 98% ;

Les travaux suivants sont à intégrer dans la rénovation de la chaufferie qu'elle soit au fioul ou géothermique :

- Adapter le réseau de chauffage primaire et les départs de chauffage (distributeur/collecteur, vannes 3 voies, pompes de circulations doubles électroniques …) ;
- Installer un système de régulation du chauffage (planning de chauffage avec réduit, régulateur) ;
- Remplacement des équipements en chaufferie (vase d'expansion, soupape de sécurité, pressostat manque d'eau, compteur d'eau, etc) ;
- Calorifuger les tuyauteries et les éléments de chaufferie (pompes et vannes) ;
- Installer des compteurs d'énergie en départ de chaque départ de chauffage (surveillance de la consommation, refacturation …) ;
- Mettre aux normes la chaufferie (sécurité incendie, électricité …).

Le tableau suivant présente la consommation en chauffage de référence avec la chaufferie au fioul rénovée :

	Chaufferie Fioul actuelle	Chaufferie Fioul rénovée
Besoins en chauffage [kWh]	242 576	134 163
Rendement chaudière	92%	98%
Rendement Global	70%	92%
Consommations [kWh]	344 736	**145 830**
Quantité de combustible [Litres]	34 611	14 641

La **consommation en chauffage** du scénario de **référence** s'élève à **145 830 kWh/an.**

POMPES DE CIRCULATION

Les pompes actuelles sont très anciennes. Il est à prévoir le remplacement des deux pompes de circulation des circuits de chauffage par des modèles électroniques à débits variables ce qui permettra de réduire les consommations électriques, de réduire les déperditions calorifiques par tuyauterie et de réduire la maintenance des auxiliaires de chauffage puisqu'ils seront moins sollicités.

Dans un contexte règlementaire toujours plus exigeant en matière d'économie d'énergie, de rendement énergétique, et de protection de l'environnement, l'utilisation de pompe et de circulateur à débit variable ce justifie pleinement. D'autant que les pompes sont de gros consommateurs d'énergie dans un bâtiment.

Le **fonctionnement des pompes en continu** et à plein régime dans une installation de chauffage ou de climatisation **n'est nécessaire que 6 à 7 % du temps**, tandis que 44% du temps on utilise que **25 % des besoins maximums** ce qui laisse une énorme place aux économies.

La réduction ou l'augmentation de débit par variation de vitesse permet d'adapter le débit de la pompe aux pertes de charges réelles de l'installation en permanence. Les performances de l'électronique et des moteurs de ces pompes sont assez importantes, suffisamment pour obtenir des rendements, jamais atteints avec des pompes à débit constant. Et qui dit meilleur rendement dit économies d'énergie.

CALORIFUGE

Les tuyauteries de chauffage et les éléments de chaufferie ne sont pas isolés.

Des **tuyaux non isolé**s peuvent représenter **entre 5 à 10% de déperditions en énergie** si le réseau est important et en grande majorité dans une zone non chauffée.

Il n'est pas nécessaire d'isoler les tuyauteries de chauffage transitant dans les zones chauffées puisque la chaleur perdue chauffera les volumes.

Les corps de pompe et les éléments qui composent la distribution ne sont pas non plus isolés. Les corps de pompes pourront être équipés d'une coquille d'isolation. Les autres éléments pourront être enveloppés par des matelas d'isolant qui sont amovibles permettant ainsi de manipuler les vannes ou de réaliser un contrôle.

Technique d'isolation des tuyaux de chauffage : R

- La bande isolante : une bande d'isolation est assez facile à mettre en place, mais moins efficace que d'autres solutions.
- Les manchons rigides : on trouve différents manchons à enfiler autour des tuyaux de chauffage. Les plus fréquents sont la mousse de polyéthylène ou l'élastomère. Il existe des manchons d'isolation en coin, idéaux pour les courbures.
- La laine minérale : pour une protection complète, mais plus délicate à mettre en place, vous pouvez opter pour la laine minérale.

Chaufferie équipée de matelas d'isolant :

REGULATION DU CHAUFFAGE

La chaufferie actuelle ne dispose d'aucun équipement de régulation du chauffage. Le chauffage est maintenu 24h/24. Seuls les radiateurs à eau chaude sont équipés de robinets thermostatiques.

La régulation du chauffage est l'équipement permettant d'améliorer le confort thermique tout en générant des économies d'énergie. Pour rappel, **chaque degré supplémentaire au-dessus de 19°C engendre 7% de plus sur la facture énergétique !**

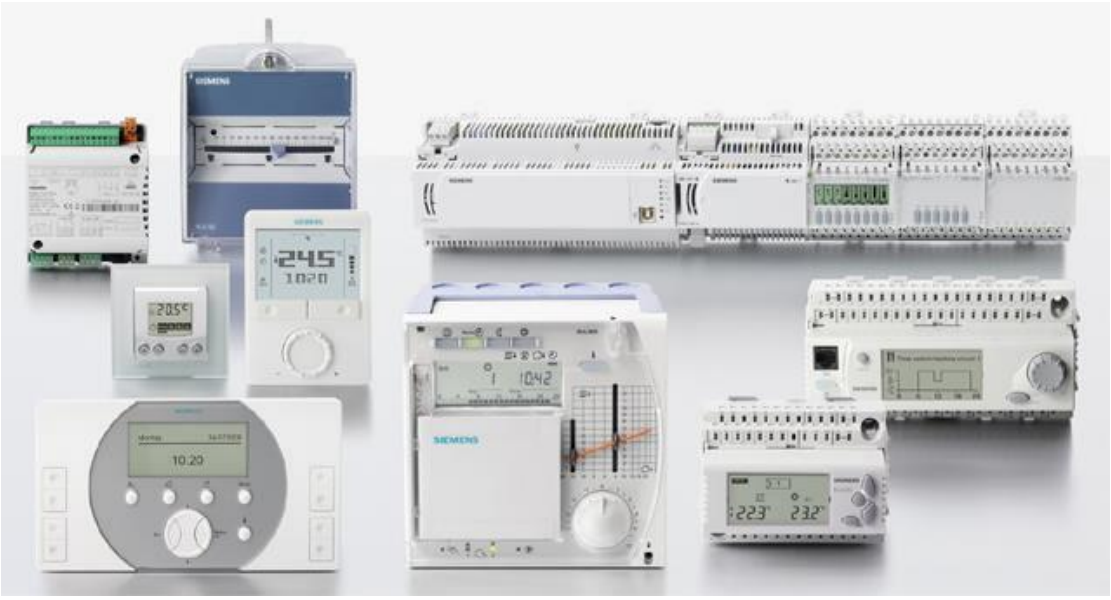
La régulation gère tous les organes électriques ou de combustion de l'installation. On retrouve principalement 4 types de régulations, utilisés seuls ou de manière combinée :

- L'**aquastat** : une loi d'eau est fixée et donne la consigne de température de production chaudière. Elle peut être à haute température (régime 90/70°C), moyenne température (75/65°C) ou basse température (35/27°C).

- le **thermostat d'ambiance** : il permet de maintenir une température ambiante constante selon une température de consigne choisie, le générateur adaptant son fonctionnement suivant les ordres qu'elle reçoit du thermostat ; il peut être mécanique ou électronique, programmable ou non, disposer d'un pilotage à distance (thermostat dit « connecté ») avec un fonctionnement « tout ou rien », « modulant » ou « PID », monozone ou multizone.

- la **régulation en fonction de la température extérieure** : en complément ou non d'un thermostat d'ambiance, elle complète le système de chauffage en mesurant la température extérieure afin de prendre en compte les variations météorologiques et permettre au générateur (telle une chaudière ou une pompe à chaleur) de réagir avant que le bâtiment n'ait eu le temps de se refroidir.

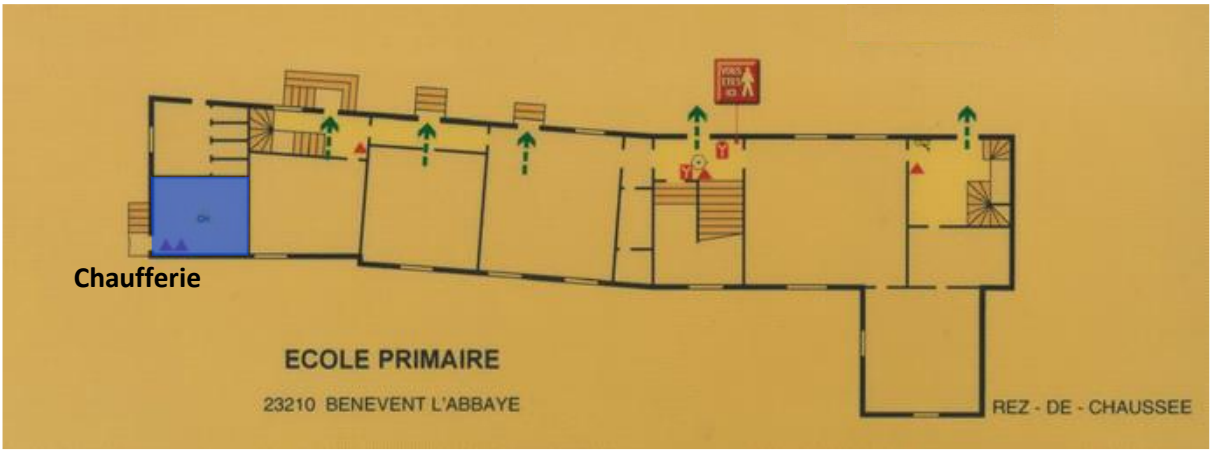
- le robinet ou **vanne thermostatique** fixé sur les radiateurs : il permet d'ajuster la température pièce par pièce en fonction de l'usage et de valoriser les apports de chaleur gratuits dans le bâtiment ; il peut être mécanique ou électronique et être alors programmable ou piloté à distance.



(Régulateurs de chauffage)

03. Analyse technique

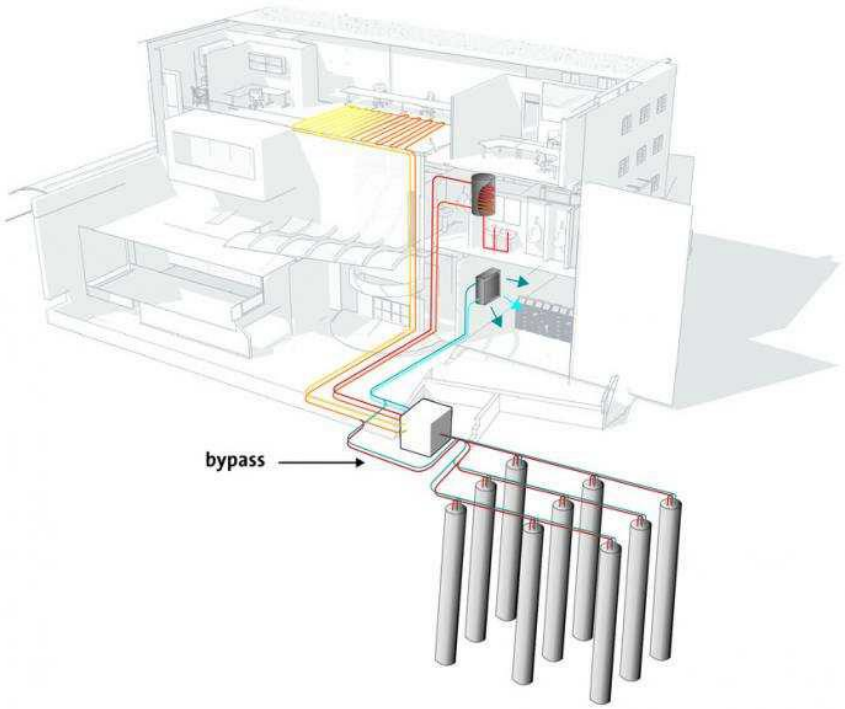
Le projet consiste à remplacer les chaudières au fioul par des PAC géothermique. Le bâtiment Ecole dispose d'un local technique de 24,5m² au RDC (voir image ci-dessous), où se situe actuellement les chaudières Fioul.



a) La géothermique

La géothermie représente une importante source d'énergie renouvelable encore peu utilisé en France.

C'est une énergie écologique et propre qui consomme très peu de gaz à effet de serre. Le seul impact sur l'environnement provient du fonctionnement de la PAC, en électricité. Avec un système adapté et dimensionné aux besoins, les réserves d'énergie peuvent être considérées comme constantes et inépuisables. Une solution également très modulable du fait de sa réversibilité, permet de viser un confort optimale sur toutes les saisons.



Un système géothermique demande un investissement plus important mais les coûts de fonctionnements sont moindres.

Cette énergie renouvelable permet donc une grande autonomie et simplification par rapport à la gestion des autres énergies de chauffage.

Caractéristiques des différents types de géothermies.

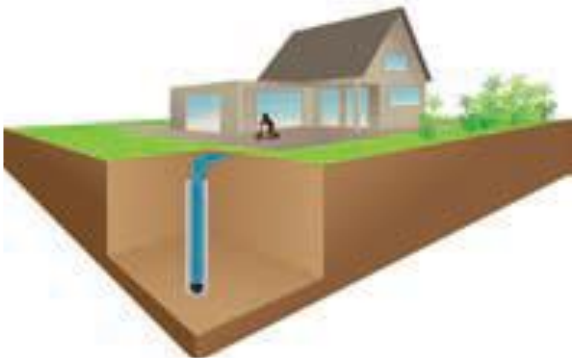
- La Géothermie Horizontale.

Ce système permet de récupérer l'énergie à faible profondeur. Il est composé de capteurs horizontaux répartis et enterrés de 0,60m à 1,20m et d'un fluide caloporteur relié à une PAC afin de retransmettre cette énergie captée. La surface de capteurs nécessaire représentera environ 1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer.

- La Géothermie Verticale.

Ce système permet de récupérer l'énergie en profondeur pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres. A ces profondeurs la température du sol est stable tout au long de l'année. Les sondes verticales sont installées à l'aide d'un forage et scellées par du ciment. A l'intérieur des sondes circule un fluide caloporteur glycolé. L'emprise au sol est donc minime par rapport aux capteurs horizontaux.

Ce système peut être équipé de plusieurs sondes appelé « champs de sondes » afin d'augmenter le potentiel d'énergie.



- La Géothermie sur nappes ou aquifères.

Cette technique, similaire à la précédente permet de puiser la chaleur contenue dans l'eau (nappes phréatiques, rivières ou lacs). Elle nécessite deux forages pouvant atteindre chacun plusieurs dizaines ou centaines de mètres de profondeur. Ce type d'installation permet de fournir du chauffage et du rafraîchissement.

b)Surface géothermique

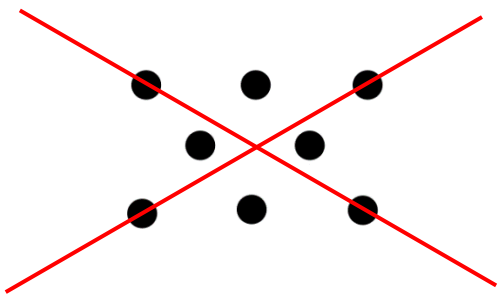
En vue de la puissance à générer ainsi que la surface potentiellement exploitable pour la géothermie, la solution la plus adéquat est d'opter pour un champs de sondes géothermique verticale, envisagé aux emplacements sur l'image ci-dessous (rectangles rouge). Chaque surface représente un potentiel d'environ 300m², soit un potentiel d'environ 600m² au total.

Il est impératif de vérifier l'exploitation des surfaces avant toute démarche plus approfondie dans ce projet.

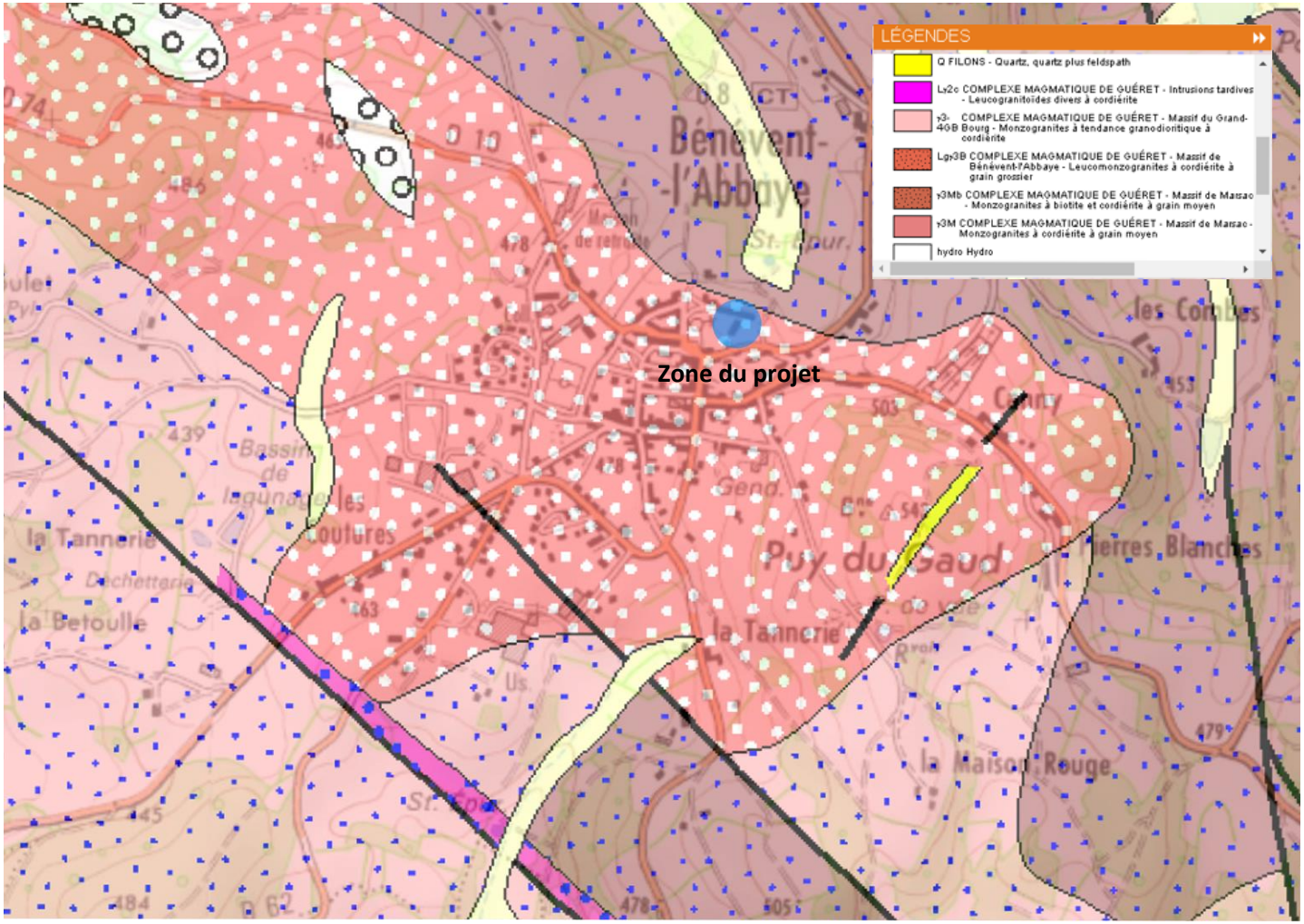
Cet emplacement a été choisi selon des critères spécifiques afin de favoriser la production des sondes géothermies. Il est nécessaire d'avoir un alignement des sondes de manière linéaire et non rectangulaire. Une répartition linéaire permet d'empêcher les interactions entre les sondes.

Répartition linéaire :

Répartition rectangulaire :



Plan de composition des sols



Plan BRGM ; source : http://infoterre.brgm.fr

c) Points réglementaires

	Profondeur d'exploitation	Conditions
Code Minier	de 0 à 100m	Déclaration des condition d'exploitation du sol
	>100m	Nécessité d'autorisation : - Permis de recherche - Permis d'exploitation

(Le projet actuel n'est pas dans le cas d'un puisage sur nappe d'eau)

	Débit de puisage	Conditions
Code de l'Environnement	de 8 m^3/h à 80 m^3/h	Déclaration des condition d'exploitation du sol
	>100m	Nécessité d'autorisation

d) PAC géothermique

Pompe à chaleur

Caractéristiques techniques

Critères	Caractéristiques	Unités
Puissance nominale	47,8	kW
Puissance frigorifique	39	kW
COP	>4	
Hauteur	1450	mm
Longueur	1848	mm
Largeur	811	mm
Fluide caloporteur	R134a	
Température de départ (chauffage)	73	°C
Pression de service (chauffage)	6	bar
Durée de Vie	25ans (maximum)	

Sonde géothermique

Critères	Caractéristiques V1	Unités
Nombre	14	
Matériel	Polyéthylène	
Pression de service	16	bars
Hauteur	100	m
Diamètre max (pied de sonde)	98	mm
Dimensions des sondes	Ø32 x 2,9	mm
Fluide caloporteur	Eau Glycolée	

L'intérêt est multiple :

- Système relativement autonome avec un faible entretient (simples contrôles).
- Pas de matière première de type combustible.
- Réversibilité du système pour un meilleur confort d'été et d'hiver pour des usagers.
- Très faibles émissions de GE

e) Consommation géothermie

Le tableau suivant présente la consommation prévisionnelle en chauffage du projet géothermique avec les différents scénario :

	Chaufferie Fioul actuelle	Chaufferie Fioul rénovée	PAC géothermique
Besoins en chauffage [kWh]$_{électrique}$	242 576	134 163	
Rendement [%] / COP	92%	98%	>4
Rendement Global	70%	92%	4
Consommations [kWh]$_{électrique}$	344 736	145 830	**33 541**
Quantité de combustible [Litres]$_{fioul}$	34 611	14 641	-

La situation avec PAC géothermique, représente le changement du système de chauffage (PAC géothermique ainsi que les améliorations d'isolation des bâtiments).

La nouvelle **consommation prévisionnelle électrique** avec PAC géothermique est évaluée à **33 541 kWh/an**.

f) Données environnementales

Le système géothermique n'émet pas de GES. Les émissions de GES sont de manière indirectement dû au fonctionnement de la PAC (équipement électrique).

D'après les équivalences de l'AMORCE en soutien avec l'ADEME l'émission de de GES pour une PAC géothermique et équivalent à 0.065 gCO2/kWh.

Réf :http://www.amorce.asso.fr/media/filer_public/5f/5b/5f5b8f43-286f-4e32-8171-3f3f7f401b2c/rce23_-_comparatif_modes_chauffage_et_prix_de_vente_chaleur_2013ok.pdf

g) Exploitation et entretien

Surveillance et entretien annuel par un professionnel qualifié est obligatoire.

Il est conseillé de confier la maintenance et le petit entretien (P2) à un prestataire spécialisé.
L'exploitant doit assurer :

- le contrôle et l'entretien des installations,
- la maintenance préventive,
- la conduite, la surveillance et le dépannage,
- la surveillance du bon fonctionnement de l'installation.

Il est possible également de demander la garantie totale et le renouvellement des matériels si nécessaire(P3).

h) Montage juridique

Le système avec 2 PAC géothermiques dessert deux bâtiments. Il appartient au maître d'ouvrage de prendre en charge le financement des ouvrages. Celui-ci optera pour une exploitation soit en régie directe, soit en gestion privée avec intéressement (partenariat, concession, affermage, …).

La maîtrise d'ouvrage peut décider de gérer son équipement :

- Dans le cadre d'une régie à personnalité morale et/ou autonomie financière et conclure des marchés de travaux et/ou d'exploitation,
- Elle a aussi la possibilité de procéder à une délégation de service public : pour un contrat de concession ou d'affermage.

Les installations et les réseaux donneront lieu à des amortissements. Les durées préconisées par l'administration pour les installations de chauffage sont de 10 à 20 ans.

Si la maîtrise d'ouvrage choisi une gestion en régie, le service devra être géré en conformité avec les règles financières et comptables publiques. Les marchés de travaux, de fournitures ou de prestations doivent être conclus selon des procédures applicables aux marchés publics.

Il est fortement conseillé de former du personnel compétent pour la gestion de la chaufferie bois et du réseau, ainsi que d'assurer le suivi des compétences en cas de départs/relais/absence.

Dans une régie, la maîtrise d'ouvrage prend en charge l'ensemble de la gestion du service avec ses moyens humains et matériels. Elle peut aussi s'appuyer sur une entreprise prestataire de services pour réaliser l'exploitation (actions soumises au code des marchés publics). Cette option est recommandée si la maitrise d'ouvrage ne possède pas le personnel adéquat. A l'exception du directeur et du comptable public, le personnel est soumis au droit privé.

i) Planning prévisionnel d'études et de travaux

A la suite de la présente étude de faisabilité, un marché de maîtrise d'œuvre pourra être lancé afin de réaliser le forage pour les sondes géothermique.

La réalisation du projet sera réalisée dans un délai qu'il conviendra de définir lors de la contractualisation de l'étude entre la commune et l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Toutefois un planning prévisionnel de réalisation des phases d'études et de travaux est proposé ci-après :

- Phase ESQ : 2 semaines,
- Phases APS : 4 semaines,
- Phase APD : 3 semaines,
- Phases PRO et DCE : 4 semaines,
- Phase ACT : 2 semaines,
- Phase DET : 11 semaines,
- Phase OPC : 3 semaines,
- Phase AOR : 1 semaine.

Phases du projet	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Mois 7
ESQ	x						
APS	x	x					
APD		x	x				
PRO/DCE			x	x			
Consultation des entreprises							
ACT				x	x		
Lancement des travaux							
DET					x	x	
OPC						x	x
AOR							x

A noter que la durée des travaux estimée concernant le forage et la mise en place des sondes géothermique est estimé à environ 1 mois et variable selon le nombre de sondes.

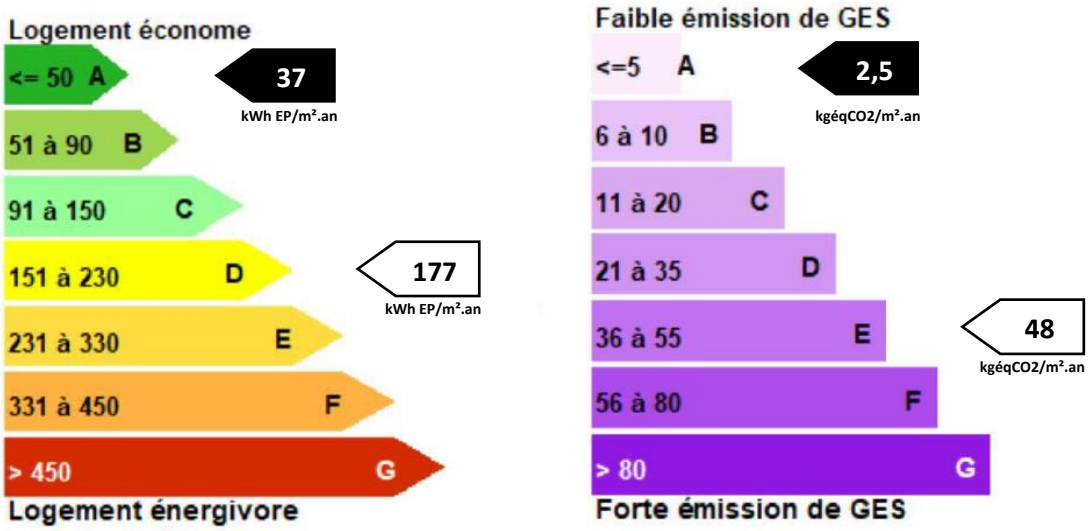
j) Situation énergétique projet géothermie

Le tableau suivant présente les consommations en énergie prévisionnelles pour le projet géothermique (**avec** rénovation) :

	Consommation Energie finale		Consommation Energie primaire		Emissions de CO2		Dépenses en énergie	
	kWh ef	%	kWh ep	%	kg CO2	%	€ TTC	%
Chauffage	33 541	41%	86 535	42%	2 180	40%	2 559	27%
Eau Chaude Sanitaire	12 000	15%	30 960	15%	480	9%	1 797	19%
Eclairage	20 114	25%	51 894	25%	2 012	37%	3 012	32%
Auxiliaires de chauffage	3 072	4%	2 681	1%	62	1%	156	2%
Auxiliaires de ventilation	12 844	16%	33 138	16%	769	14%	1 922	20%
TOTAL	81 571	100%	205 208	100%	5 503	100%	9 445	100%

A titre d'information, une étiquette énergie type « étiquette DPE » a été établie afin de positionner la performance énergétique et environnementale du bâtiment. En aucun cas, cette étiquette n'a de valeur de DPE.

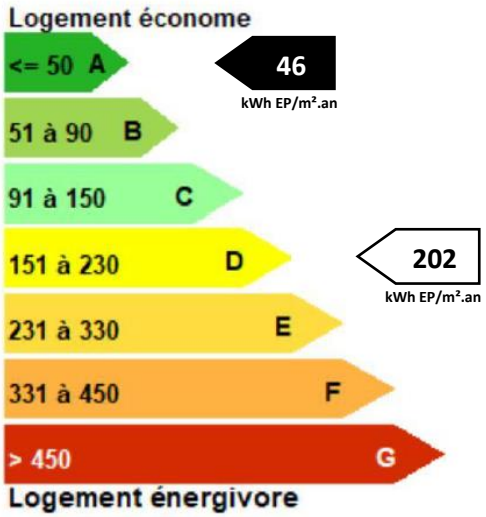
Etiquette Energétique théorique projet géothermie global

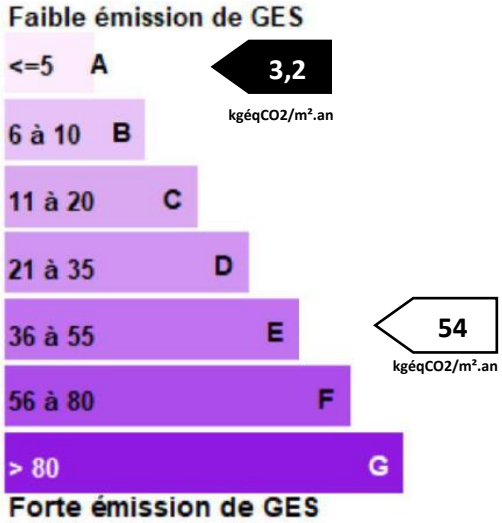


Nota : La performance du bâtiment établie en équivalent DPE est donnée à titre indicatif. Il ne peut en aucun cas remplacer un Diagnostic de Performance Energétique réalisé par un diagnostiqueur agréé.

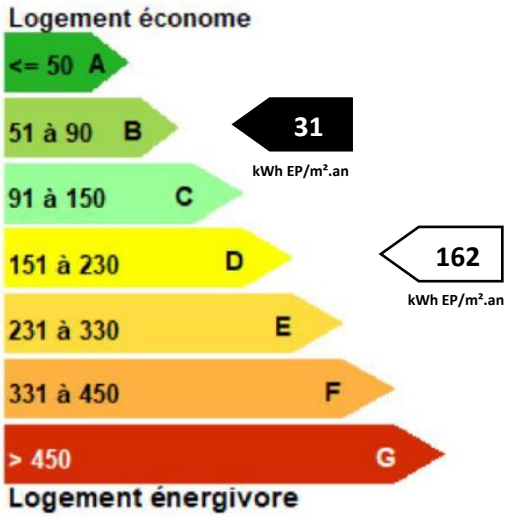
Le projet géothermique permet de changer de changer de classe énergétique (en classe A) car les consommations en chauffage ont diminué, cela permet de réduire également de 140 points l'étiquette énergétique et de 45 points l'étiquette climatique en gagnant 4 classes climatiques en passant de E à A.

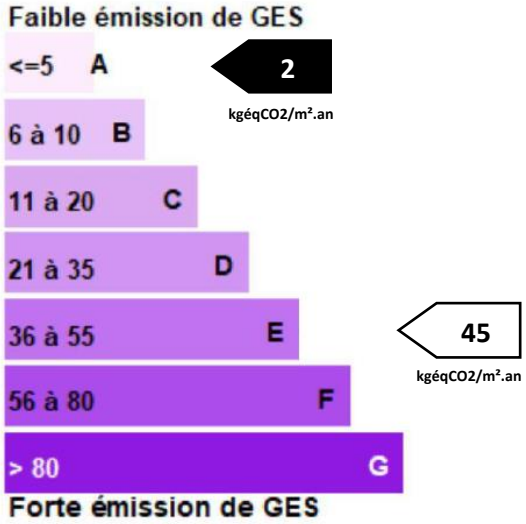
Etiquette Energétique théorique projet géothermie Maison des Patrimoines





Etiquette Energétique théorique projet géothermie Ecole





04. Etude économique, financière et environnementale

Cette partie a pour objectif de déterminer la faisabilité économique et financière du projet. Elle servira d'aide à la décision.

Hypothèses de calcul

➢ **Evolution des prix**

Le prix de l'énergie **fioul** est basé sur le prix de l'année 2018. Soit **76,3 € TTC/MWh.**
Le prix du kWh **électrique** est basé sur le prix de l'année 2018. Soit **149,7 € TTC/MWh**.

Avec une TVA sur le prix du fioul et de l'électricité de 20%.

Coûts d'exploitation

Afin d'effectuer les prévisions de coût d'exploitation de la chaufferie, il faut prendre en compte les postes suivants :

Le poste P1 correspond à l'achat annuel d'énergies.

Le poste P'1, prend en compte les consommations en électricité des différents équipements associés au fonctionnement des chaufferies.

Le poste P2 correspond aux coûts d'exploitation et de maintenance en petits entretiens (contrôle des paramètres chaudière).

Le poste P3 correspond aux provisions réalisées en cas de grosses réparations des équipements constituant l'installation.

Le poste P4 correspond aux annuités. Le taux d'emprunt simulé ici est de 2 % et le remboursement sur 20 ans.

Coût du MWh utile

Il s'agit d'exprimer la dépense liée au fonctionnement de la chaudière en coût global, ramenée au besoin de chaleur du site (en TTC/kWh utile). Elle correspond à la somme des postes annuels de dépense liés :

- Au combustible
- A l'entretien courant
- Aux provisions pour renouvellement
- Au financement des investissements (intérêts d'emprunt) [en fonction des cas]

a) Chiffrage

Le tableau suivant synthétise les coûts d'investissement de l'installation au fioul (référence) et la solution géothermie (avec les améliorations). Le détail du chiffrage est présenté en page suivante :

	Fioul de référence	Géothermie (2x47,8kW)	Unités
Chaudières et périphériques			
Installation Fioul	20 400		€ HT
Installation PAC Géothermique		44 000	€ HT
Rénovation chaufferie	25 700	25 700	€ HT
Sous-total HT	46 100	69 700	€ HT
Dépose de l'existant	3 000	3 000	€ HT
Forage pour SGV		109 051	€ HT
TOTAL Investissement travaux	49 100	196 751	€ HT
Maitrise d'œuvre et ingénierie	3 928	15 740	€ HT
Imprévus	1 473	5 903	€ HT
TOTAL			
Total HT	**54 501**	**201 744**	**€ HT**
TVA 20%	10 900	40 349	€
TOTAL TTC	65 401	242 092	€ TTC

Détail du tableau (voir page suivante)

Des frais de travaux d'adaptation (à hauteur de 15 000€) peuvent être considéré mais pas pris en compte dans ce calcul car non éligibles aux aides de l'ADEME, la Région ou encore le SDEC.

Le scénario géothermique est nettement plus coûteux dû aux surcoûts d'investissement de travaux à hauteur de 370% par rapport au scénario de référence.

	Fioul de référence	Géothermie (2x47,8kW)	Unités
Installation Fioul			
Chaudière à condensation	16 000		€ HT
Fumisterie	4 000		€ HT
Divers - Mise en service	400		€ HT
Sous-total installation fioul	20 400		€ HT
Installation PAC géothermique			
PAC (2x47,8kW)		44 000	€ HT
Rénovation chaufferie			
Création boucle primaire	4 900	4 900	€ HT
Boucle secondaire (réseau, pompes, vannes,…)	9 100	9 100	€ HT
Electricité (tableau, câble, protections,…)	8 400	8 400	€ HT
Vase d'expansion	700	700	€ HT
Calorifuge	1 500	1 500	€ HT
Divers (extincteur, vidange et remplissage réseau,…)	1 100	1 100	€ HT
Sous-total rénovation	25 700	25 700	€ HT
Sous-total HT	46 100	69 700	€ HT
Dépose de l'existant			
Chaudières fioul et équipements existants	3 000	3 000	€ HT
Forage pour SGV			
Matériels		47 759	€ HT
Exécution, Main d'œuvre		61 292	€ HT
Sous-total forage SGV		109 051	€ HT
TOTAL Investissement travaux	49 100	196 751	€ HT
Maitrise d'œuvre et ingénierie			€ HT
8% du matériel	3 928	15 740	€ HT
Imprévus			€ HT
3% des travaux	1 473	5 903	€ HT
TOTAL			
Total HT	**54 501**	**201 744**	**€ HT**
TVA 20%	10 900	40 349	€
TOTAL TTC	65 401	242 092	€ TTC

b) Analyse des coûts d'exploitation

Sans aides financières

Les hypothèses de calculs suivantes, pour les différents programmes ont été prises selon la base du document de l'AMORCE en soutien avec l'ADEME et ajusté selon le cas présent.

Réf :http://www.amorce.asso.fr/media/filer_public/5f/5b/5f5b8f43-286f-4e32-8171-3f3f7f401b2c/rce23_-_comparatif_modes_chauffage_et_prix_de_vente_chaleur_2013ok.pdf

✓ Coûts d'exploitation des différents scénarios **(P1, P'1 et P2)** :

	Fioul existant	Fioul rénové	Géothermie	Unités
P1 - Achat combustibles	13 200	11 040	3 812	€ TTC
Chaleur géothermique*			3 812	€ TTC
Combustible fioul	13 200	11 040		€ TTC
P'1 - Conso. Auxiliaires électriques	156	156	282	€ TTC
P2 - Entretiens et petites réparations	264	264	494	€ TTC
Total P1, P1' et P2	**13 620**	**11 460**	**4 588**	**€ TTC**
Economies annuelles d'exploitation	-	-	6 872	€
	-	2 160	9 032	€
Coût du MWh	102.1	85.9	34,4	€ TTC/MWh
Ecart	-	-	-60,0%	
	-	-15.9%	-66,3%	

✓ Coûts d'exploitation avec P3 des différents scénarios **(P1, P'1, P2 et P3)** :

	Fioul existant	Fioul rénové	Géothermie	Unités
P1 - Achat combustibles	13 200	11 040	3 812	€ TTC
Chaleur géothermique*			3 812	€ TTC
Combustible fioul	13 200	11 040		€ TTC
P'1 - Conso. Auxiliaires électriques	156	156	282	€ TTC
P2 - Entretiens et petites réparations	264	264	494	€ TTC
P3 - Provisions grosses réparations	-	1 080	500	€ TTC
Total P1, P1', P2 et P3	**13 620**	**12 540**	**5 089**	**€ TTC**
Economies annuelles d'exploitation	-	-	7 451	€
	-	1 080	8 531	€
Coût du MWh	102.1	94.0	38,1	€ TTC/MWh
Ecart	-	-	59,4%	
	-	-7.9%	62,6%	

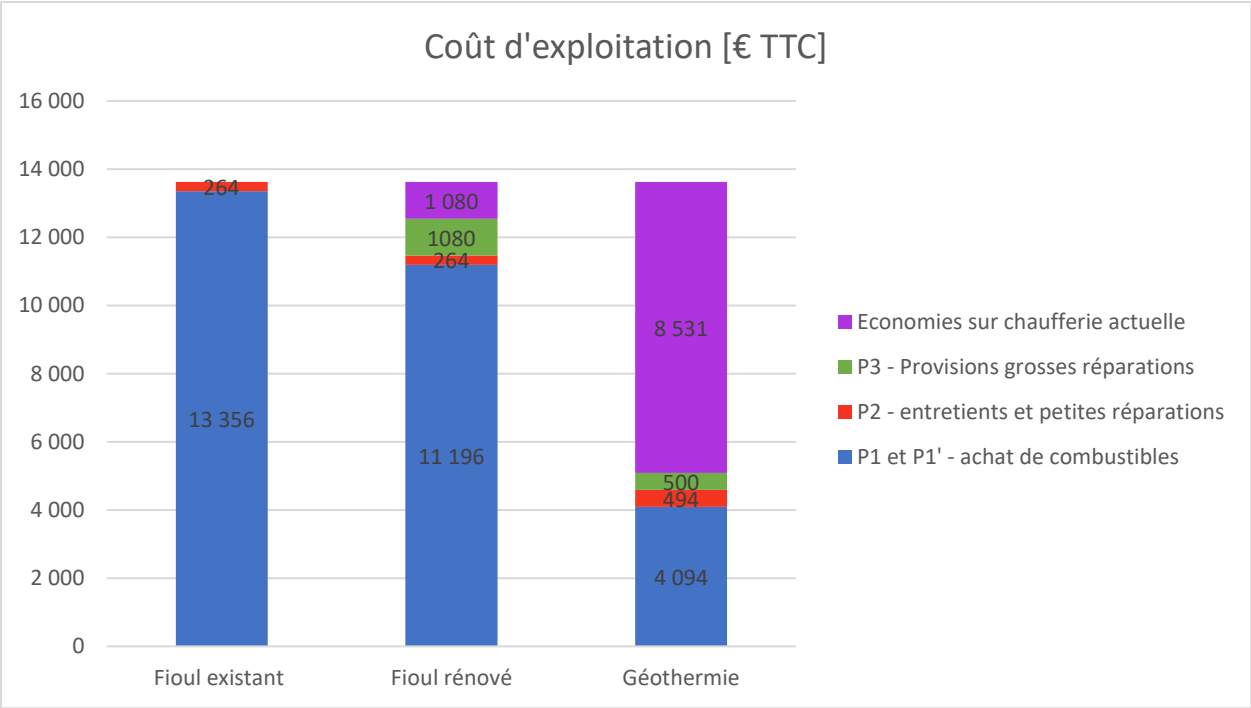
✓ Coûts d'exploitation avec P4 des différents scénarios **(P1, P'1, P2, P3 et P4)** :

	Fioul existant	Fioul rénové	Géothermie	Unités
P1 - Achat combustibles	13 200	11 040	3 812	€ TTC
Chaleur géothermique*			3 812	€ TTC
Combustible fioul	13 200	11 040		€ TTC
P'1 - Conso. Auxiliaires électriques	156	156	282	€ TTC
P2 - Entretiens et petites réparations	264	264	494	€ TTC
P3 - Provisions grosses réparations	-	1 080	500	€ TTC
P4 - Annuités (sans aides financières)	0	3 360	4 035	€ TTC
Intérêts annuités	0	611	734	€ TTC
Total exploitation 1ère année sans subventions (P1, P1', P2, P3 et P4)	**13 620**	**15 900**	**9 124**	**€ TTC**
Economies annuelles d'exploitation	-	-	6 776	€
	-	-2 280	4 496	€
Coût du MWh	102.1	119.2	68,4	€ TTC/MWh
Ecart	-	-	42,6%	
	-	16.7%	33,0%	

Les données communiquées par le SDEC montrent que la somme à emprunter correspond à 55% du coût total du projet €HT ; le projet ne peut pas obtenir plus de 45% d'aide.

Synthèse

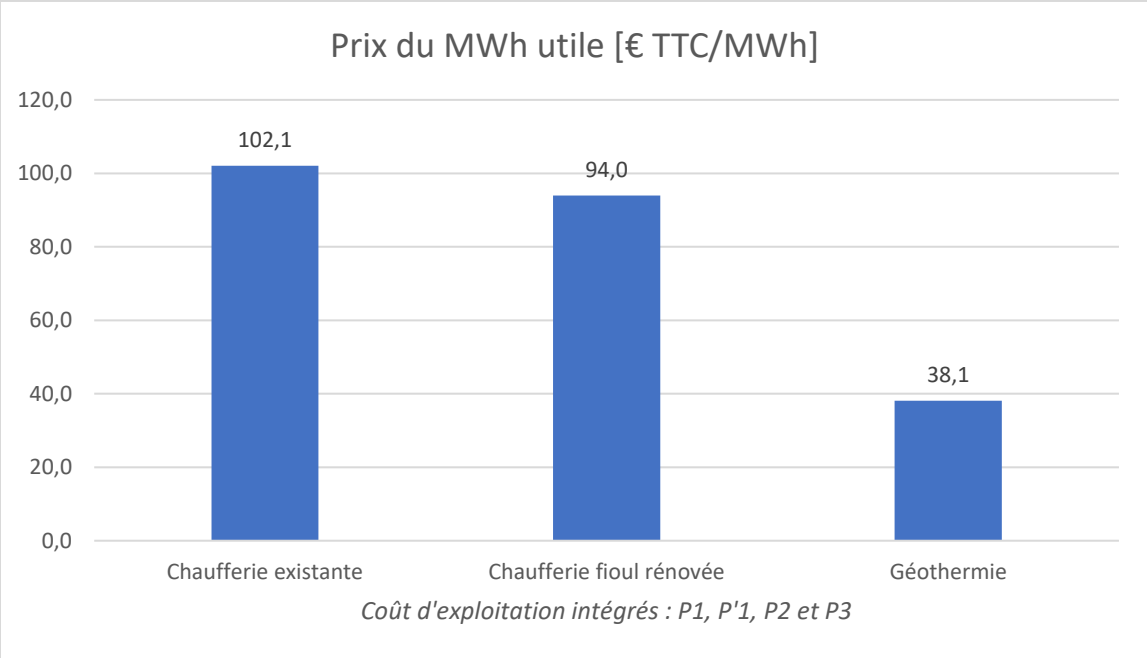
Le graphique suivant présente les coûts d'exploitation P1, P'1, P2 et P3 de la situation de référence (chaufferie fioul rénovée) et de la situation géothermique ainsi que de la situation actuelle :



On visualise facilement les économies sur la facture réalisé par la géothermie avec le programme (P1). La réduction de la dépense liée au combustible (P1) représente alors -69,3% par rapport au Fioul existant.

Les économies du projet géothermie représentent environ 8 530€ par rapport à la situation actuelle au fioul, et 7 450€ par rapport à la situation Fioul rénové.

Le graphique suivant compare le prix du MWh utile entre la situation actuelle, la situation avec la chaufferie au fioul rénovée et la situation avec la nouvelle chaufferie géothermique :



La solution géothermique permet de réduire le coût de la chaleur de 55,9 €TTC/MWh en passant de 94,0 € TTC/MWh (fioul) à 38,1 € TTC/MWh (géothermie).

Par rapport à la situation actuelle, le gain est encore plus important puisqu'il est de 64 €TTC/MWh en passant de 102 € TTC/MWh (fioul) à 38,1 € TTC/MWh (géothermie).

Coût du MWh utile du projet géothermique : 38,1 € TTC / MWh

Réduction de 62 % par rapport au fioul (référence)

Et une réduction de 59 % par rapport à la situation actuelle

c) Temps de retour sur investissement

Temps de Retour Brut (TRB) : C'est le temps nécessaire pour que le cumul des économies annuelles équilibre le surcoût d'investissement : il ne prend pas en compte la notion d'actualisation, ni l'évolution des coûts des énergies.

TRB = Surinvestissement / Economie annuelle sur P1+P1'+P2+P3

	Chaufferie fioul rénovée	Géothermie (2x47,8kW)
Coût d'exploitation P1+P'1+P2+P3 [€TTC]	12 540	5 089
Economie [€]	-	7 451
Coût d'investissement [€ HT]	54 501	201 744
Surcoût d'investissement [€]	**-**	**147 243**
Temps de retour brut [ans]	**-**	**20 ans**

Le tableau suivant compare le projet géothermique avec la situation de référence :

Temps de retour brut sur le SUR-INVESTISSEMENT (sans aides) : 20 ans

Le tableau suivant compare le projet géothermique et le projet de référence avec la situation actuelle :

	Chaufferie fioul existante	Chaufferie fioul rénovée	Géothermie (2x47,8kW)
Coût d'exploitation P1+P'1+P2+P3 [€TTC]	13 620	12 540	5 089
Economie [€]	-	1 080	8 531
Coût d'investissement [€ HT]	-	54 501	201 744
Temps de retour brut [ans]	-	**42 ans**	**23 ans**

Temps de retour brut sur INVESTISSEMENT (sans aides) : 23 ans

Les tableaux suivants synthétisent les différentes solutions avec différentes valeurs d'aides pour la solution géothermique :

Investissement Sans aides : 201 744 € HT	**Brut**
Temps de retour sur le SUR-investissement*	20 ans
Temps de retour sur investissement**	23 ans

Investissement avec 30% d'aides : 141 221 € HT	**Brut**
Temps de retour sur le SUR-investissement*	12 ans
Temps de retour sur investissement**	16 ans

Investissement avec 45% d'aides : 110 595 € HT	**Brut**
Temps de retour sur le SUR-investissement*	8 ans
Temps de retour sur investissement**	13 ans

Investissement avec 70% d'aides : 60 523 € HT	**Brut**
Temps de retour sur le SUR-investissement*	1 ans
Temps de retour sur investissement**	7 ans

Investissement avec 80% d'aides : 40 349€ HT	**Brut**
Temps de retour sur le SUR-investissement*	<1 an
Temps de retour sur investissement**	4 ans

*Par rapport à la chaufferie fioul rénovée
**Par rapport à la situation actuelle

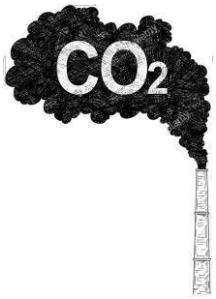
Les Tableaux ci-dessus sont une représentation des solutions avec aides financières.

Les temps de retour sur investissement sont élevés. Le projet géothermique devient rentable à partir de 38 ans (sans aides).

d)Analyse environnementale

Rejets et pollution

Bien qu'étant les plus médiatisés, les rejets de CO_2 ne sont pas les seuls éléments à prendre en compte. Différentes études permettent de quantifier les rejets dans les fumées en fonction de l'énergie utilisée.



➢ **Gaz à effet de serre :**

A partir des consommations actuelles en fioul et en comparant avec les consommations des scénarios étudiés, il est possible d'évaluer en première approche l'impact environnemental de ceux-ci. Pour chaque énergie, il est possible de quantifier la quantité de gaz à effet de serre (en équivalent CO2) émise par kWh :

Type d'énergie	Facteur d'émission en kg équivalent CO2 par kWh
Fioul	0,300
Géothermie	0,065

Impact environnemental en CO2 par énergie

	Rejet de CO2	Emissions de GES évitées par rapport à la situation ACTUELLE		Emissions de GES évitées par rapport à la situation REFERENCE	
	Tonne CO2 équivalent/an				
Situation actuelle	52 TCO2	-	-	-	-
Référence	43 TCO2	9	-17%	-	-
Scénario géothermie	11,3 TCO2	40.7	-78%	31.7	-74%

Par rapport à la situation, le projet géothermique permettra d'éviter 78% d'émission de CO2 contre seulement 17% pour le projet de référence.

Emissions de CO2 du projet géothermique : 11,3 Tonnes CO2/an
Réduction des émissions de CO2 (/actuelle) : 78%

A titre indicatif, c'est l'équivalent en émission de CO2 de 27 voitures (pour une moyenne 17 000km/an).

➢ **Acidification atmosphérique :**

Il s'agit de l'augmentation de la quantité de substances acides dans la basse atmosphère, à l'origine des pluies acides. L'unité retenue est le gramme d'équivalent SO2 :

Type d'énergie	Acidification de l'air en kgSO2/MWh utile
Fioul	4,814
Electrique	0,16

Impact environnemental en SO2 par énergie

	Rejet de SO2	Emissions de SO2 évitées par rapport à la situation ACTUELLE		Emissions de SO2 évitées par rapport à la situation REFERENCE	
	kg SO2 équivalent/an				
Situation actuelle	835 kgSO2	-	-	-	-
Référence	696 kgSO2	139	-17%	-	-
Scénario géothermie	28 kgSO2	807	-97%	668.2	-96%

Par rapport à la situation actuelle, le projet géothermique permettra d'éviter 97% d'émission de SO2 ce qui représente 807 kg de SO2 émis en moins, contre seulement 17% pour le projet de référence par rapport à la situation actuelle.

Emissions de SO2 projet géothermie : 28 kg SO2/an

Réduction des émissions de SO2 (/actuelle) : 97%

e) Aide financière

Plusieurs aides existent pour le financement de projets utilisant la géothermie mais elles tendent à se réduire. On distingue principalement deux aides : le fond chaleur qui est géré par l'ADEME et les certificats d'économies.

- Le fond chaleur est destiné aux projets dont la production est comprise entre 25 et 500MWh/an. Ce projet n'est donc pas éligible.

- Les certificats d'économies ne financent plus les opérations avec de la géothermie pour les bâtiments tertiaires.

Concernant les collectivités, elles peuvent intégrer ce type d'investissement dans la Dotation d'équipement des territoires ruraux (DETR).

Dotation d'Equipement des Territoires Ruraux

Extrait du règlement DETR 2019 disponible en ligne sur : http://www.creuse.gouv.fr/Politiques-publiques/Collectivites-territoriales/Concours-financiers-et-dotations/Dotation-d-Equipement-des-Territoires-Ruraux/Reglement-DETR-2019

La Dotation d'Equipement des Territoires Ruraux (DETR) est régie par les articles R. 2334-19 à R. 2334-35 du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT).

Les aides au titre de la DETR sont attribuées par décision du Préfet après examen des dossiers présentés par les collectivités éligibles (article L. 2334-33).

Dans le département de la Creuse, sont éligibles :

- toutes les communes ;
- tous les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre ;
- les autres EPCI qui étaient éligibles en 2010 à la Dotation Globale d'Equipement (DGE) des communes ou à la Dotation de Développement Rural (DDR) ;
- les syndicats mixtes créés en application de l'article L. 5711-1 du CGCT et les syndicats de communes créés en application de l'article L. 5212-1 du CGCT dont la population n'excède pas 60 000 habitants.

Les catégories d'opérations d'investissement éligibles et les taux de subvention sont fixés par une commission composée de représentants des maires et présidents de communauté de communes éligibles à la DETR dont la liste figure en page 3.

Ce guide présente, entre autres, les catégories d'opérations ainsi que les taux de subvention retenus pour 2019, sur décision de la commission des élus réunie le 24 septembre 2018.

RUBRIQUE : **5 a**

MAIRIES – BUREAUX ADMINISTRATIFS DES EPCI

Taux de subvention DETR maximum : 50%.

Cumul des aides : cumul possible avec d'autres aides publiques dans la limite de 80% du montant HT ou dans la limite du taux maximum prévu par le programme régional en cas de subvention européenne.

Type de travaux subventionnables	Type de travaux EXCLUS
• Grosses réparations, construction ou extension, mise aux normes • Accessibilité aux handicapés • Mobilier, informatique	• Matériel d'occasion

Service pouvant être consulté pour conseil en amont de la constitution du dossier :
✓ Direction Départementale des Territoires (pour la partie accessibilité).

Pièces complémentaires à fournir :
✓ Photos.

Ainsi, pour ce projet géothermique, l'aide maximale pourrait atteindre 100 872 € (sur la base du montant hors taxe de 201 744€HT).

05. Conclusion

Les bâtiments présentent de faibles qualités par rapport aux performances thermiques. Le niveau de performance initiale des bâtiments peut être exprimé à l'aide d'une étiquette DPE et situe le site en classe énergétique D avec 177 kWhep/m².an et en classe climatique E avec 48 kg Co2/m².an. A titre de comparaison, les constructions existantes en France se situe à 270 kWhep/m².an.

La chaufferie située au RDC de l'Ecole comporte l'espace adéquat pour recueillir deux PAC géothermiques. La puissance demandée afin de remplacer intégralement l'équipement de la chaufferie actuelle, restreint le type de choix possible pour les différentes configurations de sondes géothermiques (sondes verticales). L'espace situé entre la Maison des Patrimoines et l'église ainsi que celui à côté de la chaufferie de l'Ecole, peut accueillir les sondes géothermiques. Il sera néanmoins **impératif** de vérifier la possibilité d'occupation de ces zones.

La chaufferie devra être totalement rénovée (réseaux de distribution, pompes, vannes de régulation, calorifuge, éléments de sécurité électriques et de chaufferie, installation électrique …). Ces éléments viennent alourdir l'investissement mais ils seraient également à prévoir avec une nouvelle chaudière au fioul.

Les PAC géothermiques porteront un COP supérieur à 4,0. Les besoins en chauffage ont été évalué à 94 kW (avec des améliorations thermiques ciblés).

L'amélioration en PAC permet de modifier l'étiquette énergétique de 177 kWhEP/m².an, à 37 kWhEP/m².an, en classe A. L'étiquette des émissions de GES diminue également de 48 kgéqCO2/m².an, à 2,5 kgéqCO2/m².an, de classe A.

La facture théorique de chauffage concernant les situations énergétiques théoriques diminue de 30 000 € TTC/an à 9 445 €TTC/an soit une économie de 68%.

Le niveau des émissions de CO2 s'élevant à 52 T CO2/an est réduit à 11,3 T CO2/an soit une réduction de 78% de gaz à effet de serre (économie de 27 voitures par an). Les émissions de SO2 s'élevant à 835 kgSO2/an sont réduites à 28 kgSO2/an soit une réduction de 97% de SO2.

Le coût d'investissement total s'élève à 201 744 €HT soit un surcoût d'investissement nettement élevé par rapport à la situation de référence (Fioul rénové). En revanche, les coûts d'exploitations (P3) et de maintenances sont plus faibles de l'ordre 7 500€ (toujours par rapport à la situation de référence). On peut alors comparer un temps de retour sur le sur-investissement à environ 20 ans, ainsi qu'un temps de retour sur investissement à environ 23 ans (par rapport à la situation actuelle et sans aides).

On peut en conclure qu'étant donné le temps de retour sur investissement du projet est correct, étant donné que la durée de vie d'une pompe à chaleur est de 25 ans ce projet peut être considéré viable même sans aides financière.

06. Annexe

Facteurs de conversion des gaz à effet de serre

2 Contenu des énergies en kg d'équivalent CO_2

En kilogramme de CO_2 par kilowattheure PCI d'énergie finale :

	TOUS USAGES CONFONDUS (consommations relevées par factures ou mesures)	Consommations par usage (estimées au moyen d'une méthode de calcul)				
		CHAUFFAGE	ECS	REFROIDISSEMENT	ECLAIRAGE	AUTRES USAGES
Bois, biomasse	0,013	0,013	0,013			
Gaz naturel	0,234	0,234	0,234	0,234		
Fioul domestique	0,300	0,300	0,300	0,300		
Charbon.	0,384	0,384	0,384			
Gaz propane ou butane	0,274	0,274	0,274	0,274		
Autres combustibles fossiles	0,320	0,320	0,320			
Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0	0	0	0	0	0
Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)	0,084	0,180	0,040	0,040	0,100	0,060