



Alexis RENARD  
Parc d'activités du Bois Cesbron  
Rue Rolland Garos  
44 7010 Orvault  
Tél : 06 75 41 13 31  
Mail : alexis.renard@te44.fr



Arthur DEBROISE  
5 rue du Tertre  
44 570 Carquefou  
Tél : 06 58 10 13 96  
arthur.debroise@aunea.eu



Nathan BOUDAUD  
La Station  
18 boulevard Paul Perrin  
44 600 Saint-Nazaire  
Tél : 07 66 56 82 33  
nathan.boudaud@akajoule.com

## Synthèse de l'étude

Synthèse des scénarios d'amélioration proposés :

Poste	N°	Nature de l'intervention	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Rénovation	0	Aménagement de la partie non chauffée de la dépendance	X	X	X
Piscine	1	Arrêt de la piscine	X	X	X
Chauffage	2A	Chauffage par pompe à chaleur air/eau	X	X	
Chauffage	2B	Chauffage par géothermie			
Chauffage	2C	Chauffage par chaufferie biomasse (bois)			X
Eclairage	3	Mise en place d'éclairage LED	X	X	X
Ventilation	4	CTA double-flux		X	X
Ventilation	4B	VMC simple-flux	X		
Enveloppe	5	Remplacement des menuiseries anciennes		X	X
Enveloppe	6	Renforcement de l'isolation des murs		X	X
Régulation	7	Installation de régulation	X	X	X

Synthèse des scénarios d'amélioration proposés :

	Situation actuelle	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
<b>Consommation totale (kWh EF)</b>	42 300	21 700	20 300	30 900
<b>Baisse à l'actuel</b>	-	49%	52%	22%
<b>Facture énergétique totale (€TTC)</b>	6670	3 980	4 060	4 508
<b>Baisse à l'actuel</b>	-	25%	29%	22%
<b>Emission de CO<sub>2</sub>eq (tonnes)</b>	8.9	1.3	1.3	1.4
<b>Baisse à l'actuel</b>	-	86%	85%	85%

## Table des matières

1 - Synthèse de l'étude.....	2
1 - Conduite de l'audit.....	5
1.1 - Démarrage.....	5
1.2 - Objectifs de l'étude – cahier des charges SYDELA 2020/2024 .....	5
2 - Présentation du site .....	6
2.1 - Informations générales .....	6
2.2 - Vue aérienne .....	6
2.3 - Visite du site .....	7
2.4 - Fonctionnement du site .....	7
2.5 - Consommations .....	10
3 - Analyse du bâti et systèmes.....	12
3.1 - Description du bâti .....	12
4 - Analyse des données.....	21
4.1 - Bilan de puissance .....	21
4.2 - Tableaux de bord énergétique : répartition des consommations .....	22
4.3 - Calcul réglementaire Th CE ex.....	25
5 - Calcul STD : focus sur le confort d'été .....	27
5.1 - Constat initial .....	27
5.2 - Calcul confort d'été.....	27
5.3 - Préconisations relatives au confort d'été .....	32
6 - Propositions d'amélioration énergétique .....	34
6.1 - Introduction.....	34
6.2 - Fiche action 0, considérée par défaut : aménagement de la partie de la dépendance non utilisée actuellement.....	35
6.3 - Fiche action 1 : Arrêt de la piscine .....	36

6.4 - Fiche action 2 : Chauffage par pompe à chaleur .....	37
6.5 - Fiche action 2bis : Chaufferie bois .....	39
Poste.....	39
6.7 - Fiche action 3 : Mise en place d'éclairage LED .....	40
6.8 - Fiche action 4 : Centrale de traitement d'air double-flux.....	41
6.9 - Fiche action 5 : Remplacement des menuiseries anciennes .....	43
6.10 - Fiche action 6 : Renforcement de l'isolation des murs.....	46
6.11 - Fiche action 7 : Installation d'une régulation.....	47
6.12 - Tableau synthèse des actions .....	48
7 - Scénario d'amélioration .....	49
7.1 - Présentation des scénarios .....	49
7.2 - Scénario d'amélioration 1 .....	50
7.3 - Scénario d'amélioration 2 .....	51
7.4 - Scénario d'amélioration 3 .....	52
7.5 - Résultats du calcul réglementaire.....	54
7.6 - Combinaisons des solutions pour le confort d'été .....	55
8 - Conclusion .....	56
9 - Annexes .....	57
9.1 - Liste des abréviations.....	57
9.2 - Les CEE, mode d'emploi .....	57
9.3 - Facteurs d'émissions de CO2 des différentes énergies .....	58
9.4 - Détail des facteurs de conversion en énergie finale.....	59

## 1 - Conduite de l'audit

### 1.1 - Démarrage

Pour cet audit, la commune a choisi les options suivantes :

5- Calcul réglementaire Th-C-EX

7- Confort d'été (via logiciel Pléiades)

### 1.2 - Objectifs de l'étude – cahier des charges SYDELA 2020/2024

Aujourd'hui, **la loi de transition énergétique pour la croissance verte** donne, entre autres, pour objectifs de réduire de 40 % les émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990 et de porter la part des énergies renouvelables à plus de 30 % de la consommation énergétique finale d'énergie en 2030.

C'est dans ce contexte que la commune de Corcoué-sur-Logne a fait le choix d'auditer la Bagatelle, une ancienne maison de maître qui va devenir la nouvelle mairie de la commune.

Un **audit énergétique de bâtiment** s'attarde de manière globale sur l'analyse de l'existant (isolation thermique de l'enveloppe, production de chaleur, de froid, de ventilation, d'ECS, installation électrique et éclairage, usage et régulation des équipements techniques) afin de permettre l'élaboration de programmes d'amélioration globaux du site étudiés.

À la suite de la récolte, l'analyse et le traitement des informations techniques et administratives concernant le bâtiment étudié, l'audit énergétique doit donc permettre :

- D'optimiser les coûts de fonctionnement et de mieux gérer les consommations ;
- D'identifier les potentiels d'économies d'énergie de chauffage et d'électricité
- De proposer des actions de maîtrise des consommations via des améliorations techniques et/ou par des modifications des pratiques et modes d'utilisation du bâtiment
- D'identifier un potentiel intérêt pour l'utilisation des énergies renouvelables
- D'aider la commune à mener à bien sa démarche d'efficacité énergétique
- D'informer sur le positionnement des actions vis-à-vis du décret tertiaire pour les bâtiments assujettis.

## 2 - Présentation du site

### 2.1 - Informations générales

<b>Nom du bâtiment</b>	Maison Bagatelle
<b>Année de construction</b>	Avant 1900
<b>Adresse</b>	Bagatelle, Rue de la poste, 44650 Corcoué-sur-Logne
<b>Surface</b>	Environ 470 m <sup>2</sup> avec la dépendance
<b>Usage</b>	Ancienne habitation avec dépendance, mairie en devenir
<b>Nombre de niveaux</b>	R0, R+1 et R+2
<b>Fréquentation</b>	En continu pour l'habitation, horaires de bureau dans le futur
<b>Nombre d'occupant</b>	2 occupants / Plutôt une dizaine dans le projet

Le site est une ancienne habitation « La Bagatelle » qui va être réhabilité pour devenir la nouvelle mairie de la commune de Corcoué-sur-Logne. Le site subit un changement d'usage drastique.

### 2.2 - Vue aérienne





## 2.3 - Visite du site

Déroulement de la visite sur site :

<b>Date de la visite</b>	10/02/2023
<b>Personnes présentes</b>	Piotr LEPINE, Nathan BOUDAUD
<b>Conditions de visite</b>	La visite s'est déroulée en période hivernale le 10/02/2023. La température extérieure était de 10°C.

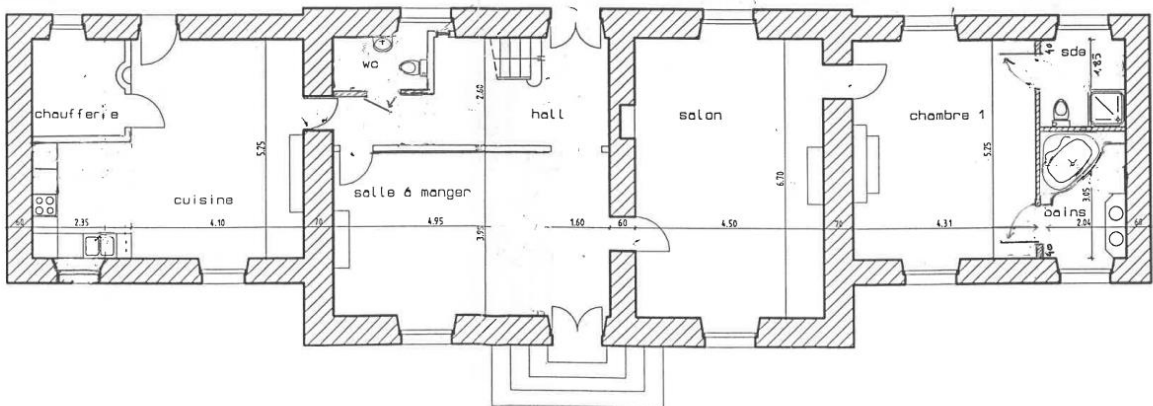
## 2.4 - Fonctionnement du site

### 2.4.1 - Description des locaux

Partie du bâtiment	Niveau	Surface	Usage
Maison principale	R0, R+1 et R+2	292 m <sup>2</sup>	Ancienne habitation, bureaux de la mairie dans le futur
Dépendance	R0, R+1	176 m <sup>2</sup>	Ancienne habitation (partie peu utilisée), bureaux de la mairie dans le futur

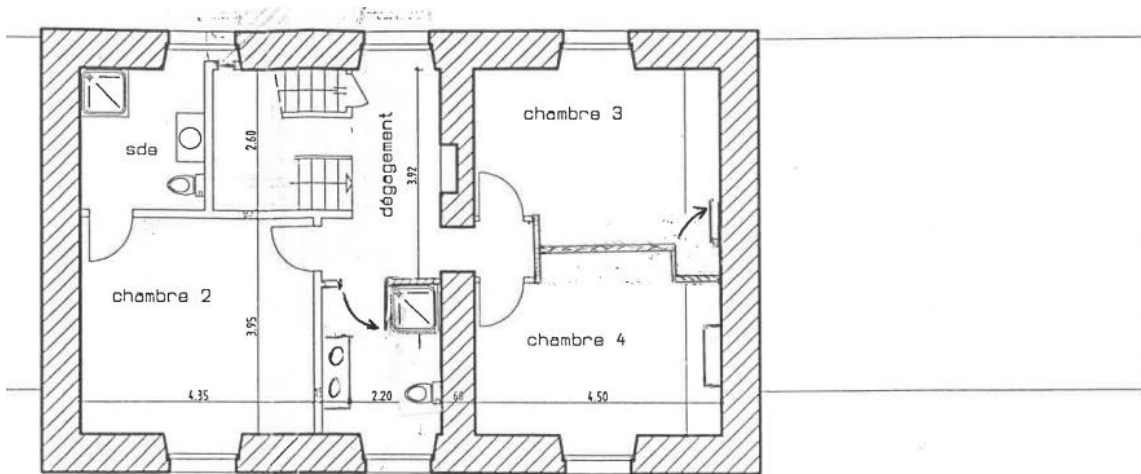
### 2.4.2 - Plans du bâtiment

Plan du RDC :



VUE EN PLAN REZ DE CHAUSSEE

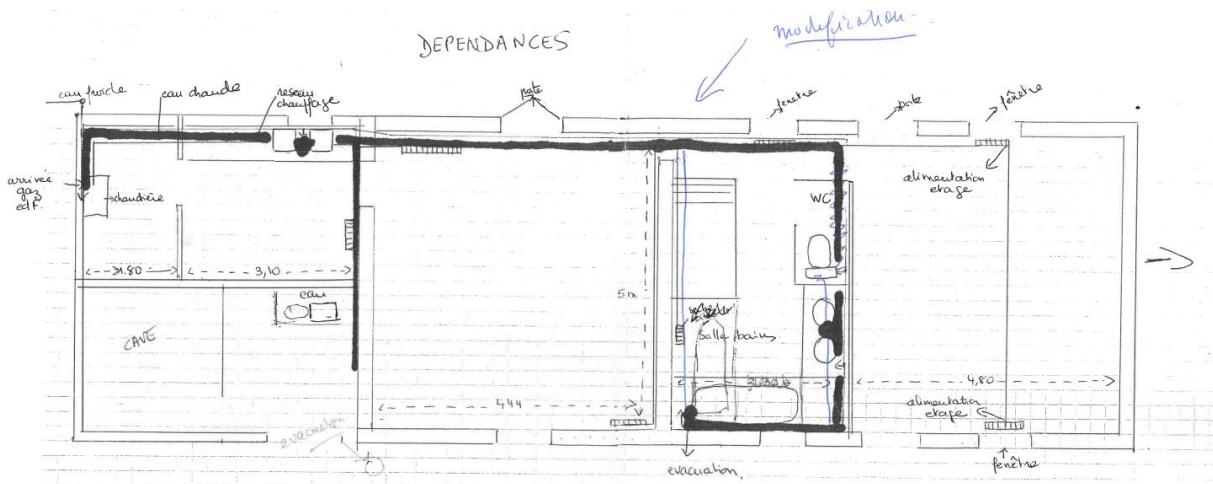
Plan du R+1 :



VUE EN PLAN ETAGE

Le R+2 n'était pas disponible en plan, il s'agit des combles qui ont été en partie aménagés.

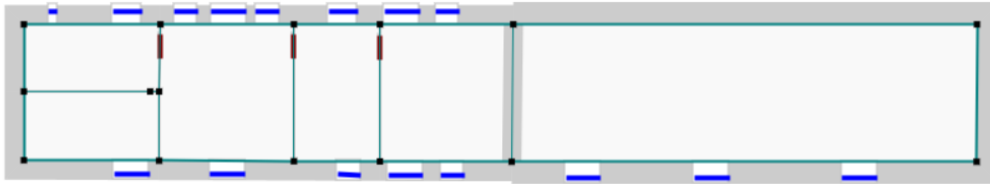
Plan de la dépendance (partie habitée) :





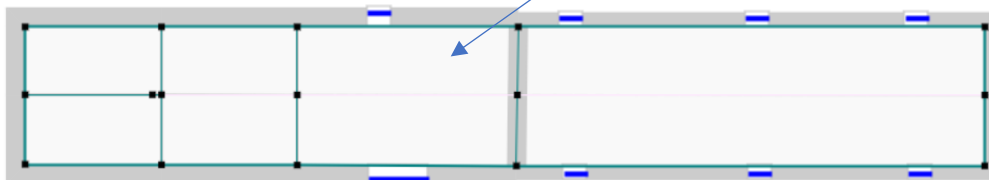
Pour une meilleure compréhension, voici les vues STD du bâtiment :

**Dépendance R0 :**

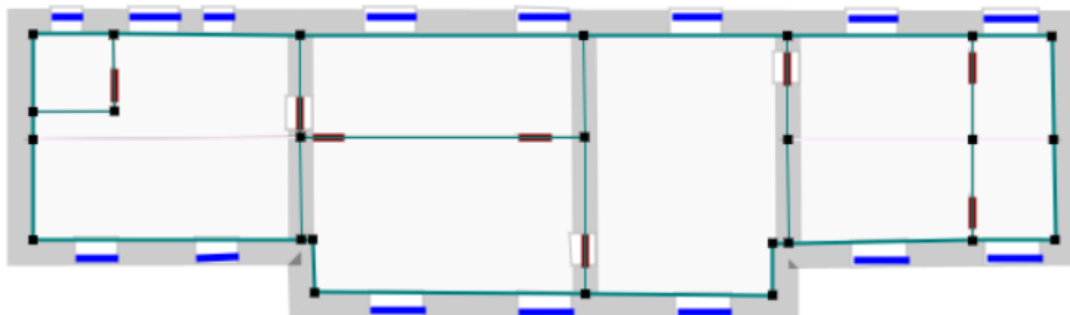


**Dépendance R+1 (combles non visités) :**

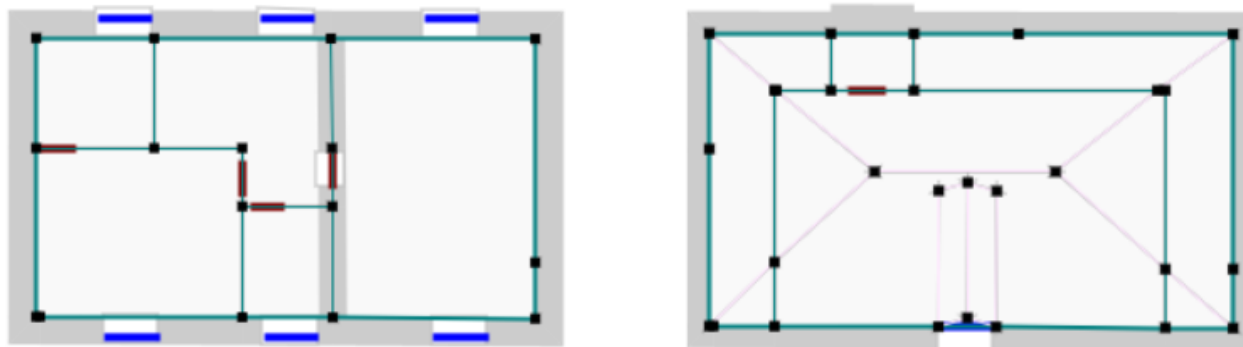
Seule partie actuellement habitée et chauffée



**Maison principale R0 :**



## Maison principale R+1 et R+2 (respectivement à gauche et à droite) :



### 2.4.3 - Occupation des locaux

Bâtiment	Niveau	Horaires d'occupation	Température consigne
Maison principale	R0, R+1, R+2	En continu	Estimation à 19°C, réduit la nuit à 15°C
Dépendance	R0, R+1	Rarement, surtout périodes estivales	19°C

**Remarque et analyse :** Le bâtiment changeant d'usage, les horaires et période d'occupation indiqués ici correspondent à son ancien usage. Les températures de consignes indiquées ici sont des hypothèses liées à l'usage des locaux et sont utilisées pour la STD.

## 2.5 - Consommations

### 2.5.1 - Climatologie

La différence entre la température du local (base : 18°C) et la température extérieure moyenne d'une journée s'appelle en effet degré-jours unifiés (DJU). Les degré-jours s'additionnent sur une année et sont représentatifs des consommations d'énergie pour le chauffage.

Les DJU pour la commune de Corcoué-sur-Logne sont issus de la base météorologique la plus proche (BOUGUENNAIS) présente sur le site CEGIBAT<sup>1</sup>.

Les DJU sont récapitulés ci-dessous pour chaque mois. Il s'agit des DJU moyennés sur la période 2010-2019.

<sup>1</sup> Source des données : <https://cegibat.grdf.fr/simulateur/calcul-dju>

Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
362	325	274	194	128	54	30	38	67	138	246	327

Les DJU permettent de prendre en compte la rigueur climatique de la situation géographique du lieu.

#### 2.5.1 - Consommation électricité

	Année 2021
<b>Consommation facturée (kWh<sub>élec</sub>)</b>	12 228 kWh
<b>Consommation en énergie finale (kWh EF)</b>	12 228 kWh EF

**Remarque :** La consommation de l'année 2021 indiquée ici n'est pas forcément représentative de celle futur lorsque le bâtiment aura changé d'usage. Elle permet cependant de quantifier en première approche les performances énergétiques des équipements existants du site, comme la piscine ou l'éclairage actuellement en place. Elle sera utilisée pour calibrer le modèle.

#### 2.5.1 - Consommation de propane

	Année 2021
<b>Consommation facturée (tonne de propane)</b>	1,625 t
<b>Consommation en énergie finale (kWh EF)</b>	20 767 kWh EF

**Remarque :** La consommation indiquée ici correspond à la consommation fournie par l'ancienne occupante. Le profil de consommation correspond donc à un usage résidentiel où la dépendance était très peu utilisée, et la grande majorité du temps non chauffée. Cette consommation sert à l'élaboration de notre modèle comme point de repère, mais n'est pas représentative des consommations futures si le bâtiment change d'usage.

### 3 - Analyse du bâti et systèmes

#### 3.1 - Description du bâti

##### 3.1.1 - Description de l'enveloppe

##### Maison principale :

Parois	Zone	Composition	U (W/m <sup>2</sup> /K)	Coef. U (W/m <sup>2</sup> .K) RT Bâtiment existant TH-C-E ex
Murs	Maison principale	Mur en pierre 60cm, panneau de laine de verre 45mm, lame d'air et placoplâtre BA13	0,62	≤ 0,33
Plancher bas	Toutes	Plancher ancien carrelage mortier et bois sur terre-plein	1,85	≤ 0,35
Plancher haut	Toiture isolée R+2 maison principale	Toiture ardoise et bois avec 20cm de laine de verre	0,2	≤ 0,20
	Toiture autres en tuile légèrement isolée	Toiture bois et tuile avec légère isolation 45mm de laine de verre	0,77	≤ 0,20
Menuiserie	Maison principale	Menuiseries bois double vitrage 4-6-4	4	≤ 1,9
	Maison principale	Menuiseries bois double vitrage 4-16-4	2	≤ 1,9
	Maison principale	Menuiseries bois simple-vitrage	5	≤ 1,9



Photo de l'isolation en combles R+2 et des menuiseries façade Nord

Dépendance :







Parois	Zone	Composition	U (W/m <sup>2</sup> /K)	Coef. U (W/m <sup>2</sup> .K) RT Bâtiment existant TH-C-E ex
Murs	Partie chauffée	Mur en pierre 60cm, panneau de laine de verre 45mm, lame d'air et placoplâtre BA13	0,62	≤ 0,33
	Murs dépendance non chauffés	Mur en pierre 60cm	3,3	≤ 0,33
Plancher bas	Toutes	<i>Plancher ancien carrelage mortier et bois</i>	1,85	≤ 0,35
Plancher haut	Toiture autres en tuile légèrement isolée	<i>Toiture bois et tuile avec légère isolation 45mm de laine de verre</i>	0,77	≤ 0,20
Menuiseries	Dépendance	Menuiseries bois double vitrage 4-10-4	3	≤ 1,9

Les données présentées en italiques sont des hypothèses basées sur l'âge du bâtiment et l'aspect des parois observées lors de la visite.







Partie habitée de la dépendance à gauche et mur non isolé partie non chauffée à droite

Synthèse de l'état de l'enveloppe :

Parois	Commentaires	Etat actuel
<b>Murs</b>	L'isolation des murs a été renforcée il y'a une vingtaine d'année, elle n'est cependant plus suffisante pour respecter les normes actuelles.	
<b>Plancher bas</b>	Pas d'isolation sur terre-plein, mais assez peu déperditif	
<b>Plancher haut</b>	La toiture semble suffisamment isolée à l'étage de la maison principale avec la laine de verre visible au-dessus des combles aménagés.	
	La toiture de la dépendance et des extensions de la maison principale n'ont pas été vues en détail, mais semblent présenter un niveau d'isolation similaire à la rénovation des murs, soit insuffisant pour les nouvelles normes thermiques.	
<b>Menuiseries</b>	Une partie des menuiseries a été changée en 2009 pour un double vitrage en bois plutôt performant	
	Le reste des menuiseries en double vitrage plus fins ou simple vitrage bois pourraient être changées pour rendre le bâtiment plus performant	

Echelle de notation :

-  Etat excellent – pas de travaux à prévoir
-  Bon état – pourrait être amélioré mais non prioritaire
-  Etat moyen – actions à prévoir
-  Mauvais état – éléments à prioriser



3.1.2 - Description des équipements

**Equipements de chauffage**

CHAUFFAGE				
Zone	Energie	Production	Emetteurs	Puissance totale (kW)
Maison principale	Gaz liquéfié Propane	Chaudière à condensation DE DIETRICH AGC 35	Radiateurs en fonte et en acier	35 kW
Dépendance	Gaz liquéfié Propane	Chaudière à condensation SAUNIER DUVAL ISOSPLIT F 30 E1	Radiateurs aciers et en fonte	30 kW (estimée car aucune plaque)
<b>TOTAL</b>				<b>65 kW</b>

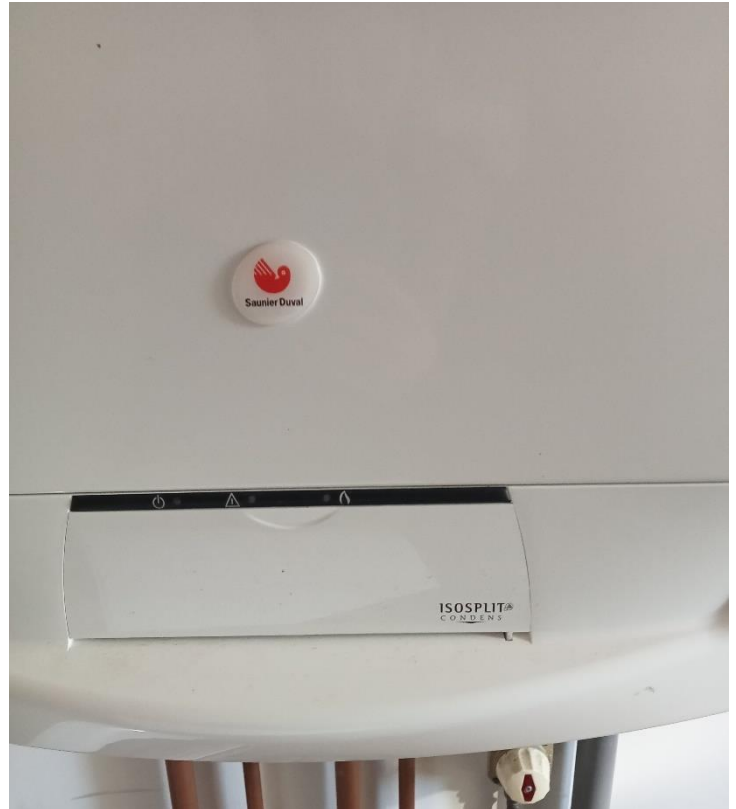
Actuellement, la seule régulation présente pour le chauffage est une horloge Grundfos plutôt ancienne, en photo ci-dessous, pour la maison principale. Les horaires considérés dans l'étude de l'habitation sont de 8h à 22h, ces horaires vont changer pour l'usage de bureau (8h-18h). La dépendance n'est pas du tout régulée, le contrôle se fait directement sur la chaudière. Les chaudières sont plutôt récentes, celle de la maison principale date de 2017 et l'autre possède une date d'installation inconnue mais semble en bon état. Les rendements saisonniers considérés sont de 98% (PCI). **Le réglage des radiateurs est manuel et des têtes thermostatiques sont présentes sur les radiateurs.**



*Photo de la régulation et d'un radiateur de la maison principale avec une tête thermostatique*



Photo de la chaudière de la maison principale au-dessus et de la dépendance à droite



### Renouvellement d'air

Lors de la visite, il a été observé des bouches de **VMC autoréglables** dans les pièces humides semblant correctement fonctionner. Si l'usage du bâtiment est amené à changer, il pourra être intéressant de rajouter un système de ventilation double-flux afin d'assurer un meilleur confort des usagers sans augmenter les déperditions. Le caisson de VMC n'a pas pu être clairement identifié, n'étant pas accessible directement dans les combles. **Il n'y a pas d'entrées d'air au-dessus des fenêtres.**

VENTILATION				
Zone	Type	Puissance unitaire (W)	Nombre	Puissance totale (W)
Maison principale	VMC SF	50	2	100
Dépendance	VMC SF	50	1	50
<b>TOTAL</b>			-	<b>150 W</b>

Les puissances ici sont estimées selon le nombre de bouche observées lors de la visite.



*Bouche type VMC autoréglable dans la cuisine*

On peut également noter ici une étanchéité médiocre de l'enveloppe qui engendre des infiltrations d'airs non négligeables (cf. bilan des déperditions en 6.1). Les joints des menuiseries sont existants mais commencent à être anciens pour certaines (menuiseries SUD essentiellement).



*Photo d'une menuiserie ouverte, joints apparents*

### Eclairage

Les éclairages sont essentiellement des ampoules à **incandescence** et des mini-spots pour les sanitaires. Ils sont commandés manuellement par des interrupteurs.

ECLAIRAGE				
Zone	Type	Puissance unitaire (W)	Nombre	Puissance totale (W)
Maison principale	Majorité d'éclairage 60W ancien (lustres)	60	27	1 620
Maison principale	Spots petites tailles	20	10	200
Dépendance	Eclairage 60W	60	Environ 10	600
<b>TOTAL</b>			-	<b>2420 W</b>



*Pièce type avec ampoule 60W*

**Eau chaude sanitaire**

ECS				
Zone	Energie	Type	Puissance (kW)	Volume(L)
Maison principale	Propane	Chaudière à condensation DE DIETRICH AGC 35	35 kW	Instantané
Dépendance	Propane	Chaudière à condensation SAUNIER DUVAL ISOSPLIT F 30 E1	30 kW	Instantané
<b>TOTAL</b>			<b>65kW</b>	-

## Autres équipements

AUTRES EQUIPEMENTS				
Zone	Equipement	Puissance unitaire (W)	Nombre	Puissance totale (W)
Toutes	Réfrigérateur, four etc	7 300	-	7 300
Piscine	Piscine : pompes et chauffage	5 000	-	5 000
<b>TOTAL</b>				<b>12 300 W</b>

Pour la piscine, on considère la puissance de la pompe à chaleur (chauffage) qui est de 4kW, et celle de la pompe et du système de filtration qui sont de 1kW au total environ. La pompe à chaleur fonctionne sur toute la saison d'utilisation de la piscine mi-juin à mi-septembre. La pompe à filtration fonctionne sur la même période mais en continu.

L'état des lieux sur les équipements est répertorié dans le tableau qui suit.

Poste	Commentaires	Etat actuel
<b>Chauffage</b>	Le chauffage du site est assuré par des chaudières propanes. Elles sont plutôt en bons états, mais restent des chaudières gaz qui génèrent beaucoup de gaz à effet de serre. La chaudière de la maison principale date de 2017 et l'âge de celle de la dépendance est inconnue.	⊖
<b>Renouvellement d'air</b>	VMC simple flux fonctionnelle pour l'usage d'habitation, environ 110m <sup>3</sup> /h estimée pour chaque caisson. A modifier pour l'usage de bureau.	⊕
<b>Eclairage</b>	Aucun éclairage LED dans le bâtiment.	⊖ ⊖
<b>ECS</b>	La production d'eau chaude est assurée par les chaudières propanes en instantané. L'eau chaude sanitaire n'est pas vraiment nécessaire pour la réhabilitation du site.	⊖

Echelle de notation :

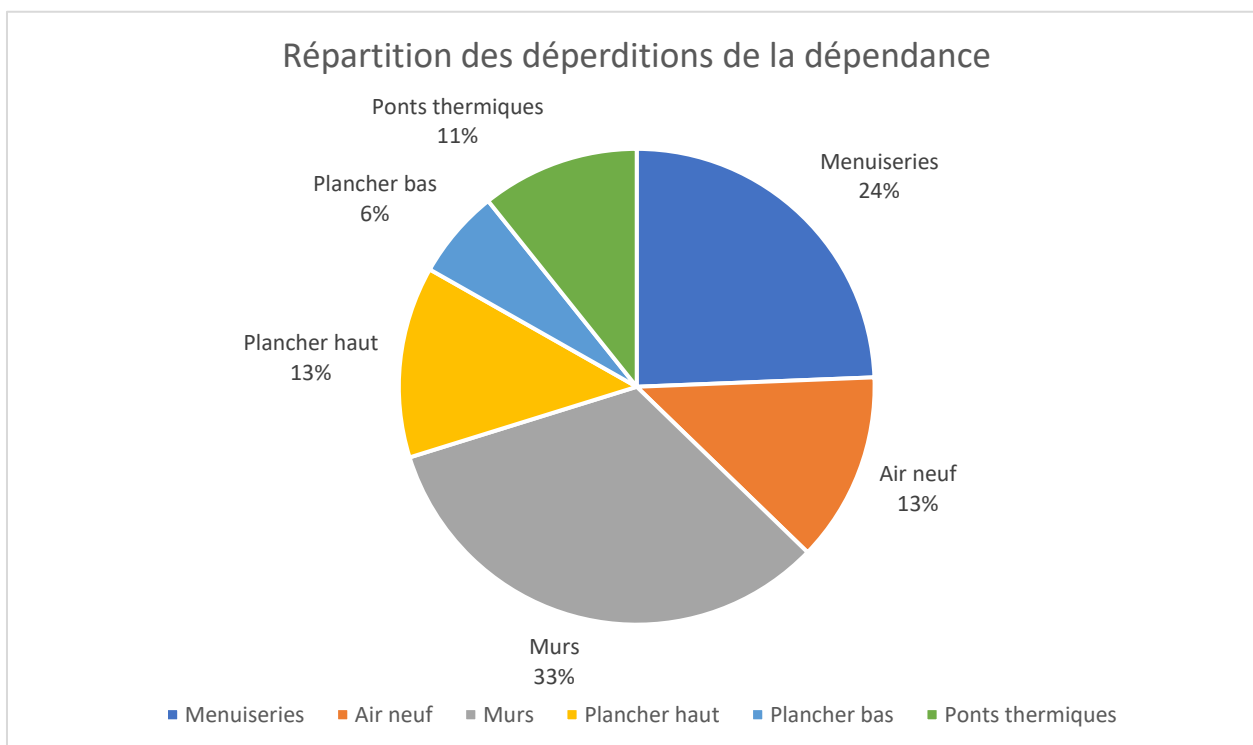
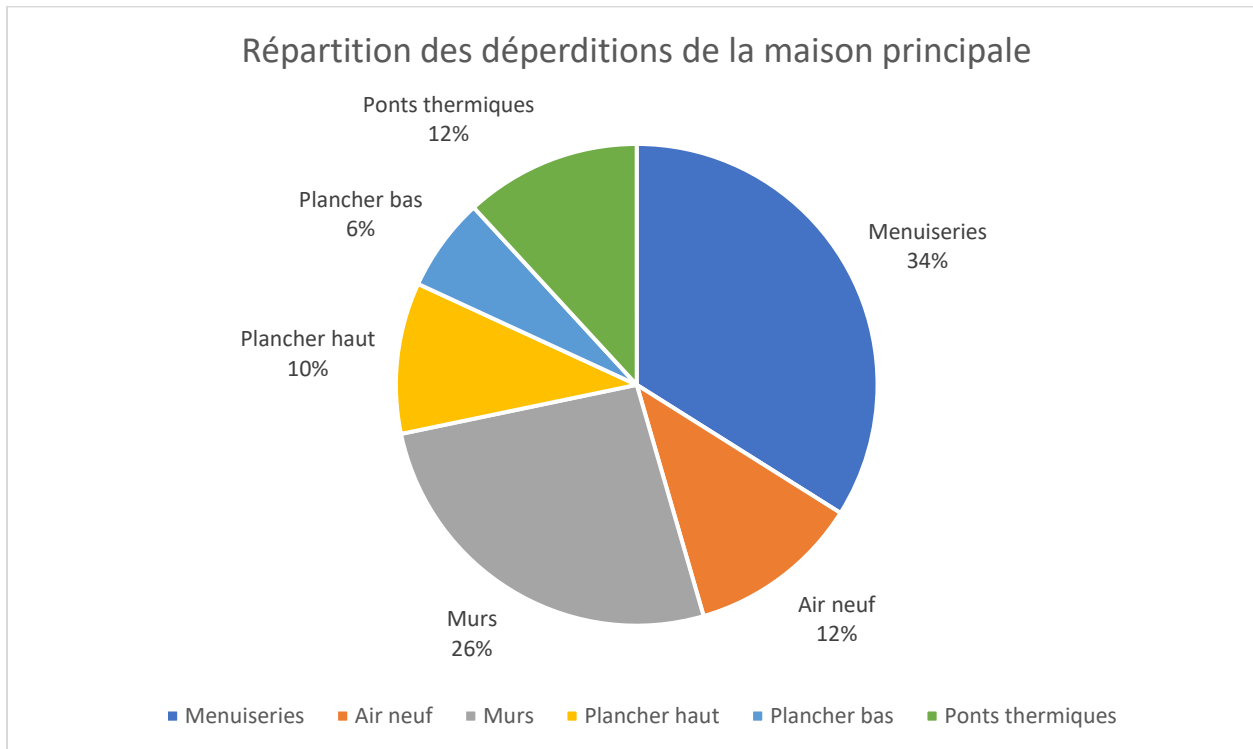
- ⊕ ⊕ Etat excellent – pas de travaux à prévoir
- ⊕ Bon état – pourrait être amélioré mais non prioritaire
- ⊖ Etat moyen – actions à prévoir
- ⊖ ⊖ Mauvais état – éléments à prioriser



## 4 - Analyse des données

### 4.1 - Bilan de puissance

<b>Dépense (kW)</b>	24 kW
<b>Puissance de chauffage maximum appelée (kW)</b>	26 kW



**Remarque et analyse** : Les parois verticales ne sont pas suffisamment isolées et représente la majorité (environ 30% en moyenne) des déperditions thermiques. Les menuiseries constituent environ 25% des déperditions du site. Le renouvellement d'air est essentiellement dû aux infiltrations d'airs à cause d'une enveloppe ancienne et des menuiseries, pour certaines vétustes. Améliorer ces trois points nécessite des travaux assez coûteux mais nécessaire, c'est pour cela que nous allons estimer la rentabilité de telles actions dans la suite de l'audit en partie 8 et 9.

Pour adapter le modèle théorique au site audité, le bâtiment a été considéré avec le scénario d'occupation d'habitation, c'est-à-dire avec la dépendance qui n'est pas chauffée et très peu utilisée.

<b>Consommations théoriques</b>	23 100 kWh PCS (d'après les 1.625l de propane de 2021)
<b>Consommations modèles</b>	Chauffage : 20 600 kWhPCS Eau chaude sanitaire : 2 600 kWhPCS <b>TOTAL : 23 200 kWh PCS</b>

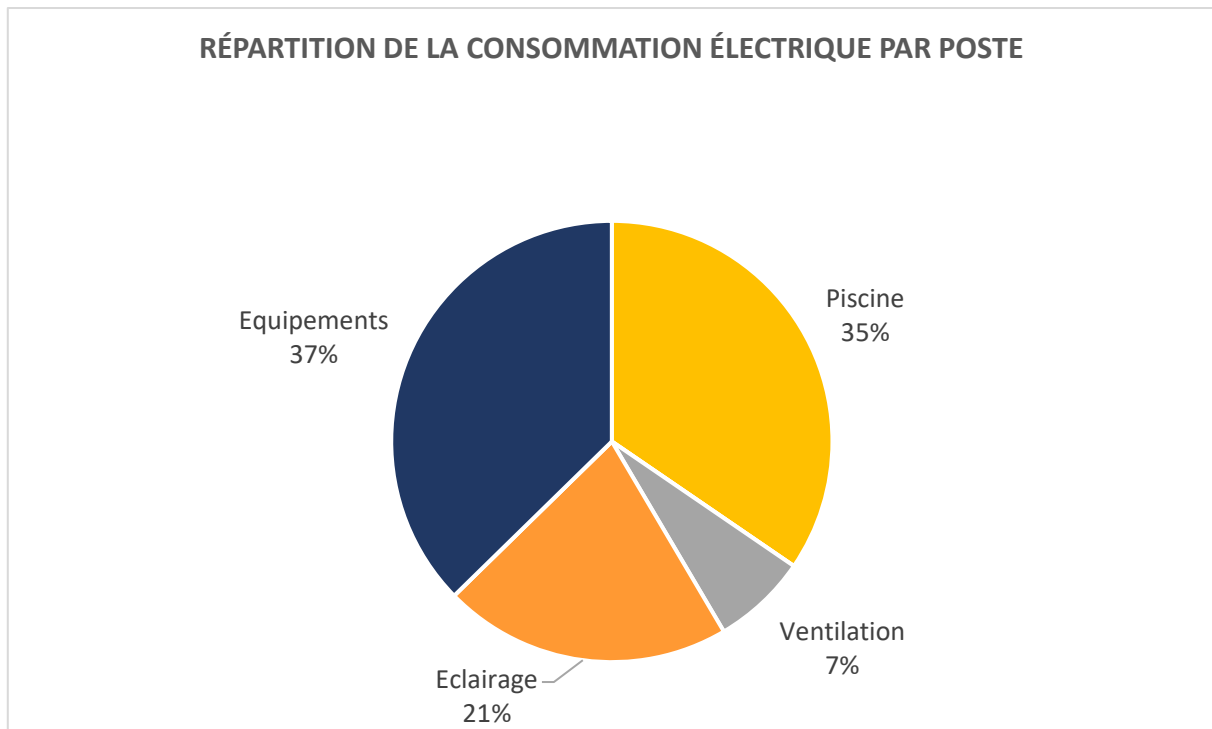
L'écart entre les consommations de notre modèle et la consommation de propane de l'année 2021 étant inférieur à 5%, il est considéré valide et servira de base pour le reste de l'étude.

#### 4.2 - Tableaux de bord énergétique : répartition des consommations

##### 4.2.1 - Tableau de bord électrique

Répartition de la consommation électrique du site :

Poste	Puissance installée (kW)	Consommation		Emission de GES (tCO2eq)
		kWh EF	% conso	
Piscine	5	4 360	35%	0.3
Ventilation	0.1	880	7%	0.1
Eclairage	2	2 670	21%	0.2
Equipements autres	7	4 710	37%	0.3
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>12 620</b>	<b>100%</b>	<b>0.9</b>

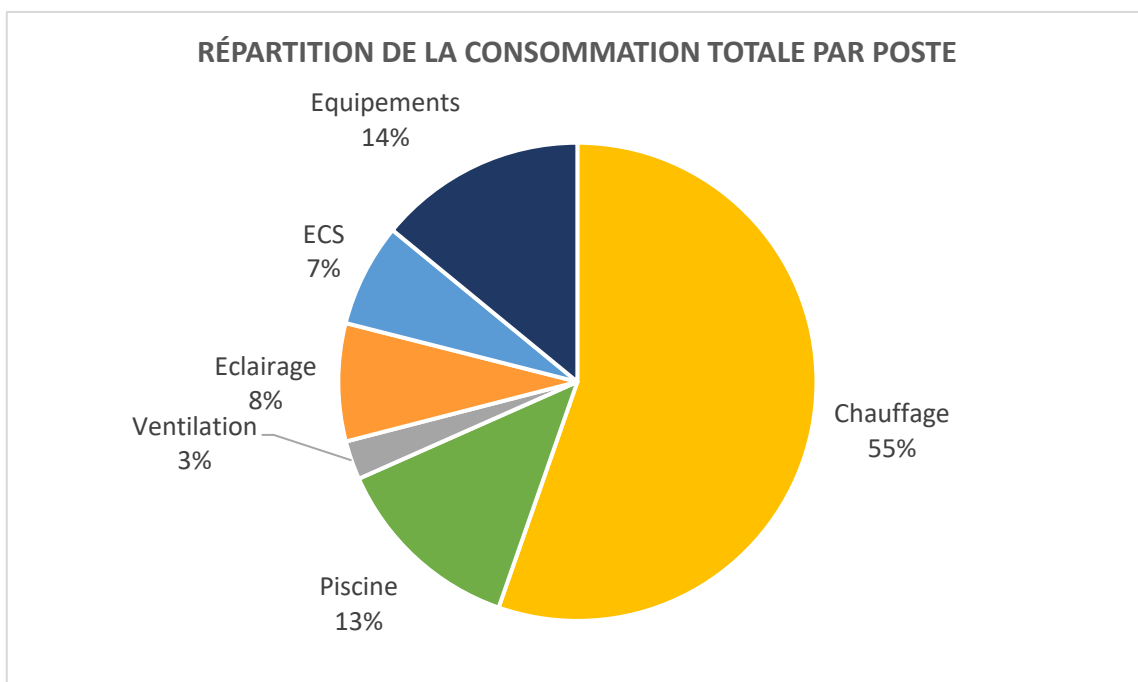


Consommation estimative (tableau de bord)	<b>12 620 kWh EF</b>
<b>Consommation réelle totale (facture)</b>	12 228 kWh EF
<b>Ecart</b>	+3 %

L'écart entre le modèle et la consommation réelle est de 3%, soit inférieur à 10% : on considère le modèle comme valide. On se rend bien compte de l'impact de la piscine dans la consommation globale d'électricité. Les autres postes sont plutôt classiques pour l'usage de la maison et ne pose pas spécialement de questions énergétiques. Les éclairages pourraient tout de même être convertis en LED pour limiter les consommations d'éclairages.

#### 4.2.2 - Tableau de bord général

Poste	Puissance installée (kW)	Consommation		Emission de GES (tCO <sub>2</sub> eq)
		kWh EF	% conso	
Chauffage	Gaz	18 540	55%	5.3
Piscine	Electricité	4 360	13 %	0.3
Ventilation	Electricité	880	3%	0.1
Eclairage	Electricité	2 670	8%	0.2
ECS	Gaz	2 340	7%	0.6
Equipements	Electricité	4 710	14%	0.3
TOTAL	/	<b>33 500</b>	<b>100%</b>	<b>6.5</b>



**Remarque et analyse :** Le chauffage au propane représente classiquement la majorité des consommations énergétiques du site. C'est également le principal émetteur de gaz à effet de serre sur le site actuellement. Changer le moyen de chauffage pour une énergie moins carbonée permettrait de limiter ces émissions. La piscine représente 13% de la consommation totale du site actuellement. C'est un usage qu'il est possible de réduire voir totalement éviter avec la rénovation du site.

#### 4.3 - Calcul réglementaire Th CE ex

**Attention** : la partie ci-dessous présente le Cep-initial du bâtiment ainsi que le Ubat-initial, obtenu via le module Th CE ex du logiciel Pléiade. Il s'agit d'un calcul réglementaire, sur la base d'un scénario d'usage conventionnel. Dans le cas de la maison Bagatelle, le bâtiment changeant d'usage et étant rénové avant, il s'agit d'une situation « initiale » **purement théorique, dans laquelle le bâtiment est utilisé comme bureau.**

#### Définitions :

Cep<sub>initial</sub> : consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, et l'éclairage des locaux, exprimée en kWh/m<sup>2</sup> d'énergie primaire.

Cep<sub>réf</sub> : consommation conventionnelle en énergie primaire du bâtiment ayant les caractéristiques de références.

Résultat du calcul réglementaire :

Partie	Cep-initial théorique	U-bat initial théorique	Cep-réf
Maison principale	190.71 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup>	0,975 W/(m <sup>2</sup> .K)	136.5 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup>
Dépendance	183.3 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup>	0.887 W/(m <sup>2</sup> .K)	130.8 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup>

#### Décomposition du Cep (hors prod. ENR) Initial: 193.67 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an

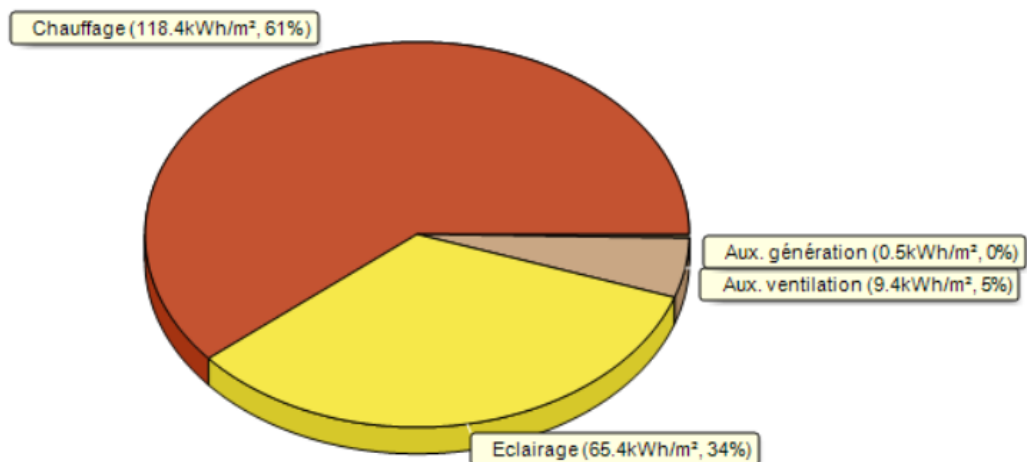


Figure 1 : Décomposition du Cep-initial théorique pour la maison principale issue du logiciel Pléiade

Décomposition du Cep (hors prod. ENR) Initial: 183.29 kWhEP/m<sup>2</sup>.an

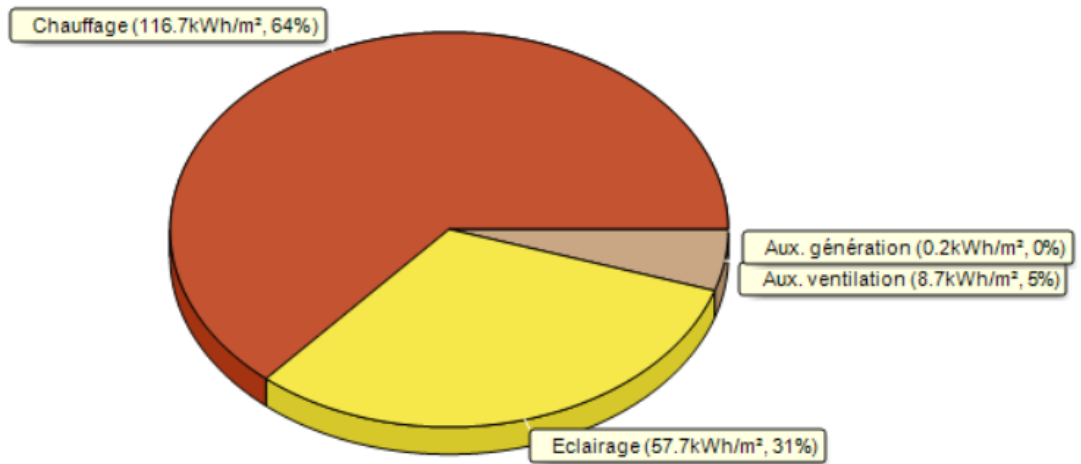


Figure 2 : Décomposition du Cep-initial théorique pour la dépendance issue du logiciel Pléiade



## 5 - Calcul STD : focus sur le confort d'été

### 5.1 - Constat initial

Le calcul a été réalisé sur le logiciel Pléiade.

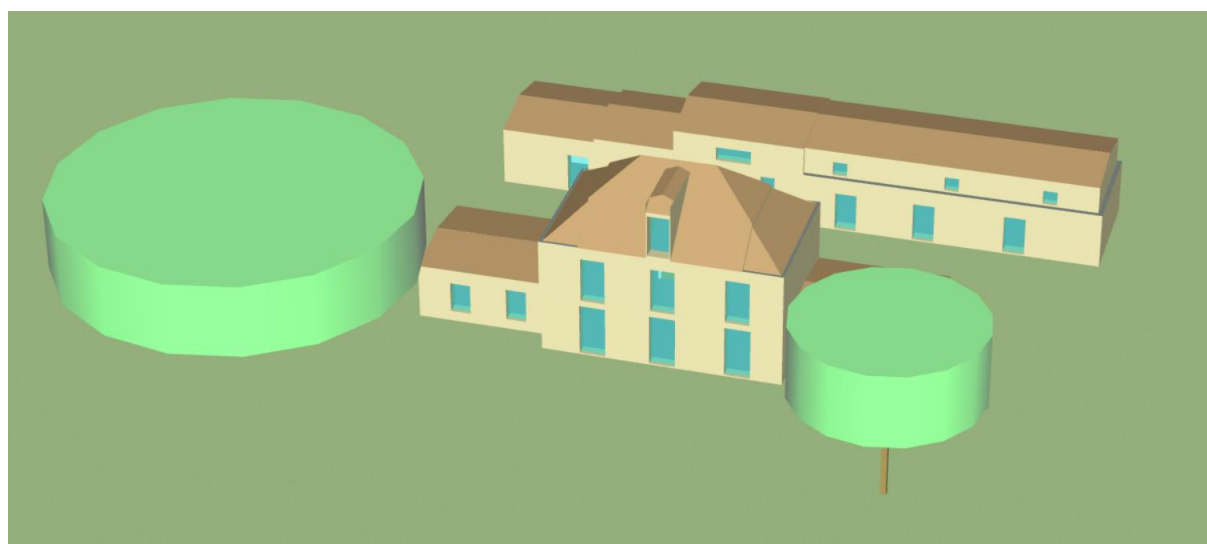
La commune de Corcoué a fait le choix d'étudier le confort d'été sur son bâtiment. Le bâtiment changeant d'usage, et n'ayant pas été occupé par les futurs usagers, il est difficile d'avoir des repères réels concernant le confort du bâtiment. L'état du bâtiment présenté dans cette étude est celui d'un usage de bureau, avec l'enveloppe et les systèmes de ventilations actuels, en partie non adapté.

Les observations ayant été faites sur place sont les suivantes :

Points positifs	Points négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On retrouve autour du bâtiment de nombreux espaces verts qui apportent de la fraîcheur à l'environnement proche. (Parc avec arbres plutôt feuillus et hauts)</li> <li>✓ Le bâtiment plutôt ancien présente une bonne inertie théorique avec ses épais murs en pierre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ L'isolant étant posé sur la paroi intérieure du bâtiment, cela peut limiter l'effet d'inertie rafraîchissant de la pierre en été</li> <li>✗ Le renouvellement d'air insuffisant peut contribuer au sentiment d'inconfort en été, surtout si des travaux de rénovations étanchéifient l'enveloppe.</li> </ul>

### 5.2 - Calcul confort d'été

La simulation thermique dynamique permet notamment de vérifier l'élévation des températures en été dans le bâtiment. Pour les calculs, des zones thermiques sont créées. Une zone thermique englobe les pièces dont l'usage et les caractéristiques thermiques sont identiques.



Le zonage thermique qui a été effectué est le suivant pour la maison principal :

N°	Zone thermique
1	RDC Chambre
2	RDC Pièces de vie
3	RDC Circulation
4	RDC Cuisine
5	RDC Salle de bain
6	R+1 Chambres
7	R+1 Salle de bain
8	R+1 Salle de bain Sud et Circulation
9	R+2 Chambre

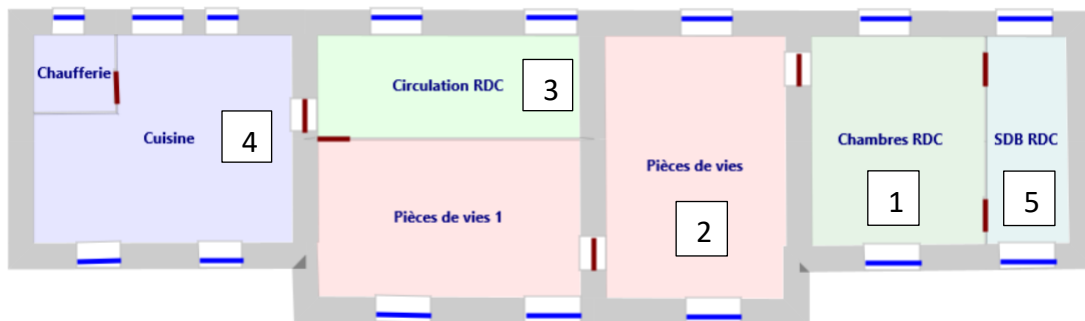


Figure 3 - Plan du R0 maison principale

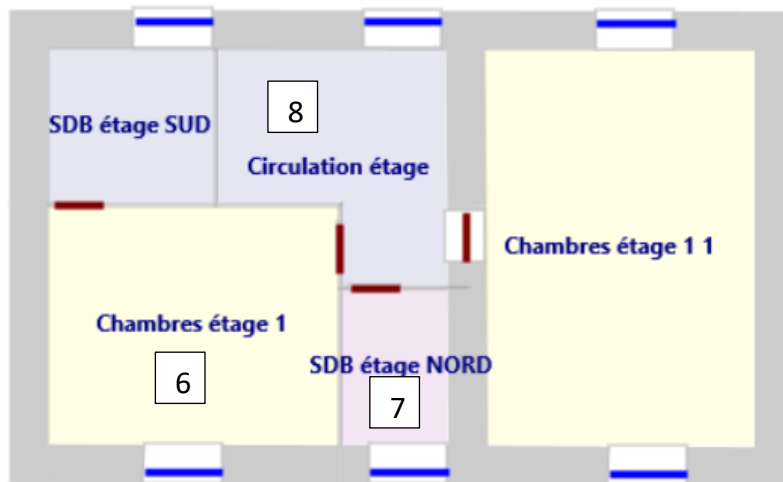


Figure 4 -Plan du R1

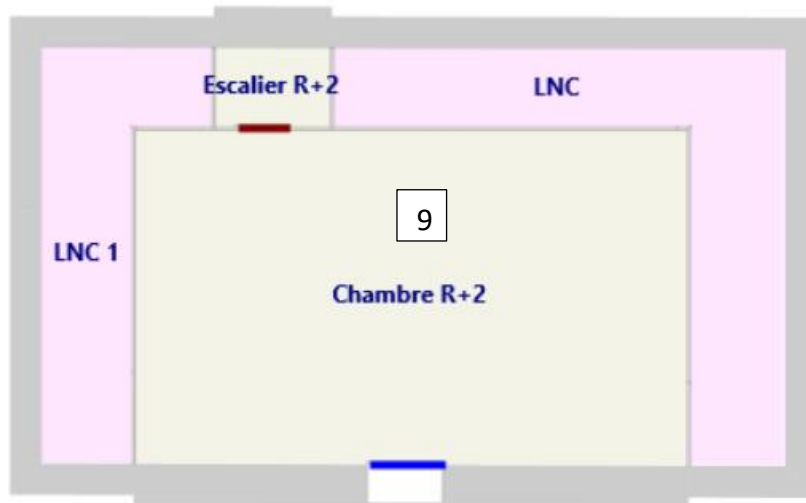


Figure 3 -Plan du R2

Un zonage a également été effectué pour la dépendance, mais ce bâtiment présente moins d'inconfort que la maison principale avec sa surface vitrée plus faible et une occupation plus rare. Il ne sera pas plus détaillé dans l'étude de confort d'été.

N°	Zone thermique
1	Dépendance étage
2	Dépendance cuisine
3	Dépendance salle de bain et circulation
4	Dépendance pièces de vie et chambre



Figure 4 -Plan de la dépendance RDC

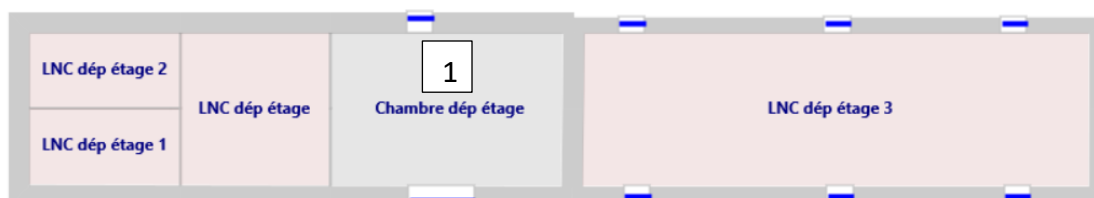


Figure 5 -Plan de la dépendance R+1

Pour chaque zone, il est possible d'obtenir la température maximale atteinte, ainsi qu'une **estimation de l'inconfort**. Cette estimation de l'inconfort est exprimée en pourcentage et est définie comme le rapport du nombre d'heure où la température intérieure de la zone est supérieure à 28°C, avec des occupants dans la salle, divisée par le nombre d'heure où la salle est occupée. Cela permet d'estimer la part du temps occupé de la salle où il fait trop chaud.

Attention cependant, ce calcul reste une simulation et peut s'éloigner de la réalité suivant l'usage réel de la salle. De plus, le fichier météo utilisé est représentatif du climat actuel, mais pas forcément du climat de 2040 ou 2050, qui sera certainement plus chaud. Les pièces n'ont pas été réaménagées dans la simulation.

#### Pour la maison principale :

Zone thermique	Température maximale atteinte (°C)	Taux d'inconfort (défini ci-dessus)
RDC Chambre	34.30	6.82%
RDC Pièces de vie	31.30	5.85%
RDC Circulation	34.20	3.52%
RDC Cuisine	33.20	4.32%
RDC Salle de bain	38.10	8.90%
R+1 Chambres	31.80	5.55%
R+1 Salle de bain	33.80	9.92%
R+1 Salle de bain Sud et Circulation	35.30	5.30%
R+2 Chambre	34.10	6.61%

Les températures maximales dans les salles de bains sont assez élevées, en effet les fenêtres et l'usage apporte beaucoup de chaleur dans ces pièces actuellement. Dans la réalité, elles sont certainement plus faibles que celles affichées ici, cela dépend de la gestion manuelle de l'aération du bâtiment. Pour la simulation, les fenêtres ont été considérés fermés la nuit, ce qui n'est pas forcément le cas pour une habitation, mais qui le sera pour la mairie.

#### Pour la dépendance :

Zone thermique	Température maximale atteinte (°C)	Taux d'inconfort (défini ci-dessus)
Dépendance étage	32.20	4.45%
Dépendance cuisine	30.30	2.29%
Dépendance salle de bain et circulation	32.30	3.39%
Dépendance pièces de vie et chambre	33.60	4.70%

Il y'a moins d'inconfort estival dans la dépendance, sa vulnérabilité à l'ensoleillement étant moindre avec une surface vitrée plus faible.

Il est également possible d’observer la température des locaux en parallèle de la température extérieure pour se rendre compte des variations de température intérieure journalière. Voici la courbe pour les pièces de vie de RDC de la maison principale, représentative du bâtiment.

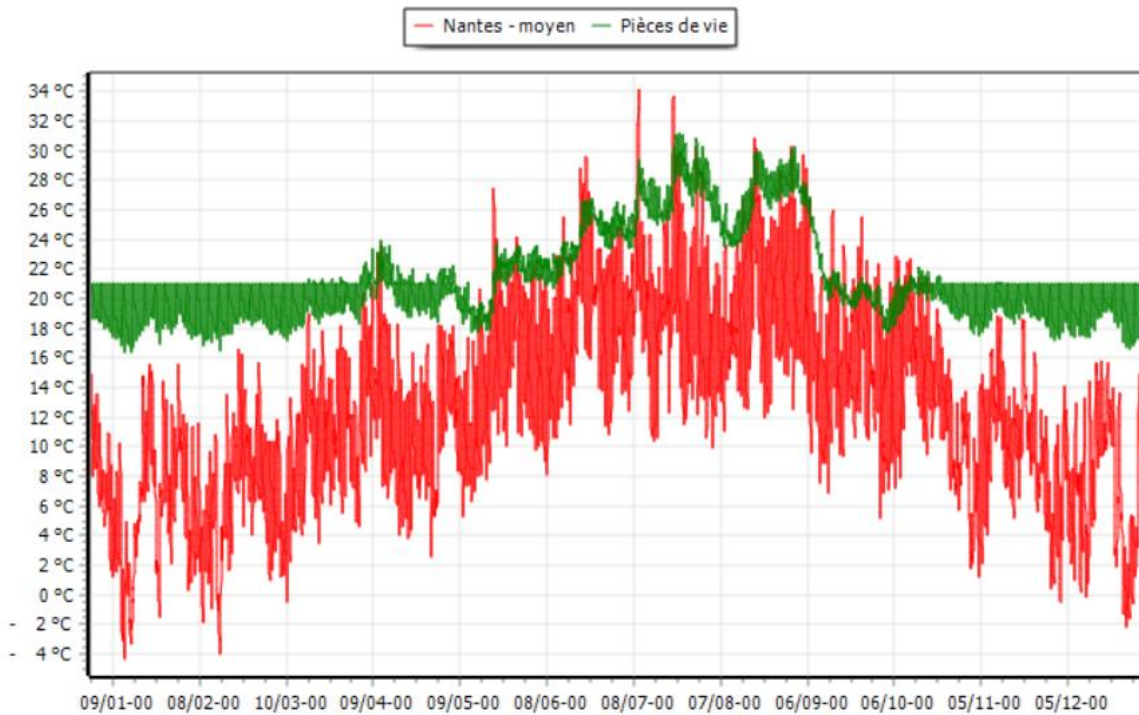


Figure 5 - Courbes de températures annuelles

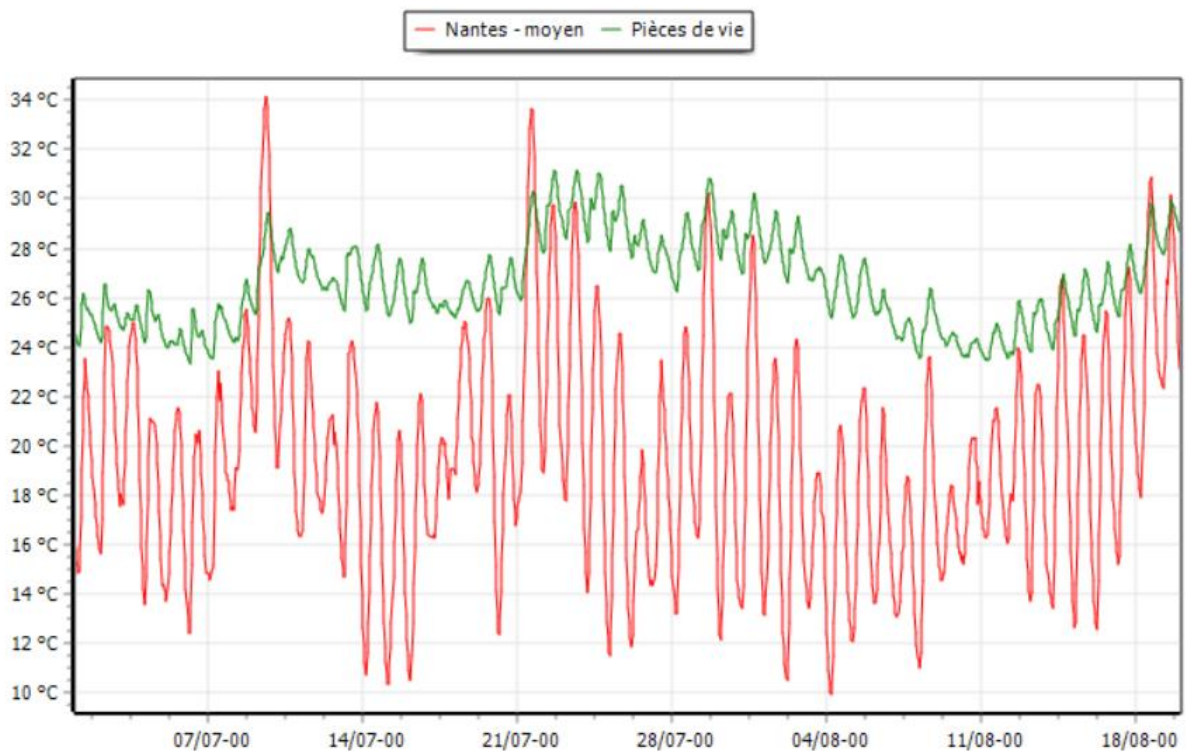


Figure 6 - Courbes de températures zoomées sur le mois de juillet-début août

Sans climatisation, le bâtiment subit facilement les pics de chaleurs de l'extérieur et sans système de ventilation adapté, il a du mal à redescendre en température pendant la nuit. En réalité, une ouverture des fenêtres la nuit suffit à le faire redescendre en température le bâtiment en saison chaude. C'est cependant une solution qui n'est pas vraiment envisageable pour un bâtiment publique inoccupé la nuit. On se tournera plutôt vers des vitrages plus performants vis-à-vis du rayonnement solaire, un système de ventilation permettant de rafraîchir le bâtiment la nuit et en dernier recours la climatisation. Ces préconisations seront incluses dans les actions générales proposées pour le bâtiment.

### 5.3 - Préconisations relatives au confort d'été

Il est à noter que des volets en bois sont déjà présents sur chaque menuiserie, ce qui permet de manuellement se protéger contre le rayonnement solaire. Attention cependant lors du changement d'usage, ces protections ne seront pas les plus pertinentes pour le nouvel usage de bureaux. Afin de garantir un confort optimal, les volets pourront être remplacés par des stores extérieurs de préférence, ou des brises soleils orientables et rétractables.

#### 5.3.1 - Menuiseries avec un facteur solaire réduit de 0.3

Afin de diminuer l'inconfort en été et de se préparer à des étés plus chauds, plusieurs solutions peuvent être envisagées. **Afin de réduire la quantité d'énergie solaire reçue à travers les menuiseries, il est envisageable d'installer de nouvelles menuiseries sur la façade SUD. Cela permettra également une meilleure performance thermique. Le gain sera présenté dans la fiche action en partie 8.**

#### 5.3.2 - Surventilation nocturne avec CTA

Il est également possible d'améliorer le renouvellement d'air de la salle si une centrale de traitement de l'air (CTA) est installée (cf. action proposée à cet égard en partie 8). En effet, il suffirait alors d'un simple réglage pour que le renouvellement de l'air soit intensifié pendant la nuit afin de rafraîchir le bâtiment plus efficacement. Cette solution est plus chère qu'une ventilation classique simple flux. Elle permettra cependant d'améliorer considérablement le confort des usagers en toutes saisons, tout en garantissant l'hygiène du bâtiment.

#### 5.3.3 - Ajout de pergola pour le RDC et auvent au R+1

Il est également possible d'installer une pergola de 2m de large au niveau de la cour centrale et des auvents pour l'étage et les fenêtres SUD de la dépendance (environ 80cm de débord). Cette pergola peut être végétalisée (moins cher) ou à lame rétractable (plus cher). Pour une pergola d'environ 50m<sup>2</sup> comme celle qui serait installée ici, l'investissement représente environ 25 000€ HT. Pour les auvents, le coût est plus faible, d'environ 2000€ HT. Les apports solaires sont diminués de 12% avec cette action, mais en particulier les soleils hauts d'été, la

température maximale de la maison est elle aussi impacté, passant de 38.1°C pour la salle de bain à 35.6°C après pose des protections.

**Pour la maison principale :**

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort après
RDC Chambre	6.82%	5,25%
RDC Pièces de vie	5.85%	3,9%
RDC Circulation	3.52%	1,65%
RDC Cuisine	4.32%	3,64%
RDC Salle de bain	8.90%	7,29%
R+1 Chambres	5.55%	4,03%
R+1 Salle de bain	9.92%	8,39%
R+1 Salle de bain Sud et Circulation	5.30%	3,14%
R+2 Chambre	6.61%	6,27%

**Pour la dépendance :**

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort (défini ci-dessus)
Dépendance étage	4.45%	4,45%
Dépendance cuisine	2.29%	2,29%
Dépendance salle de bain et circulation	3.39%	2,5%
Dépendance pièces de vie et chambre	4.70%	3,77%

La température de la dépendance est également diminuée, en passant de 33.8°C à 32.4°C

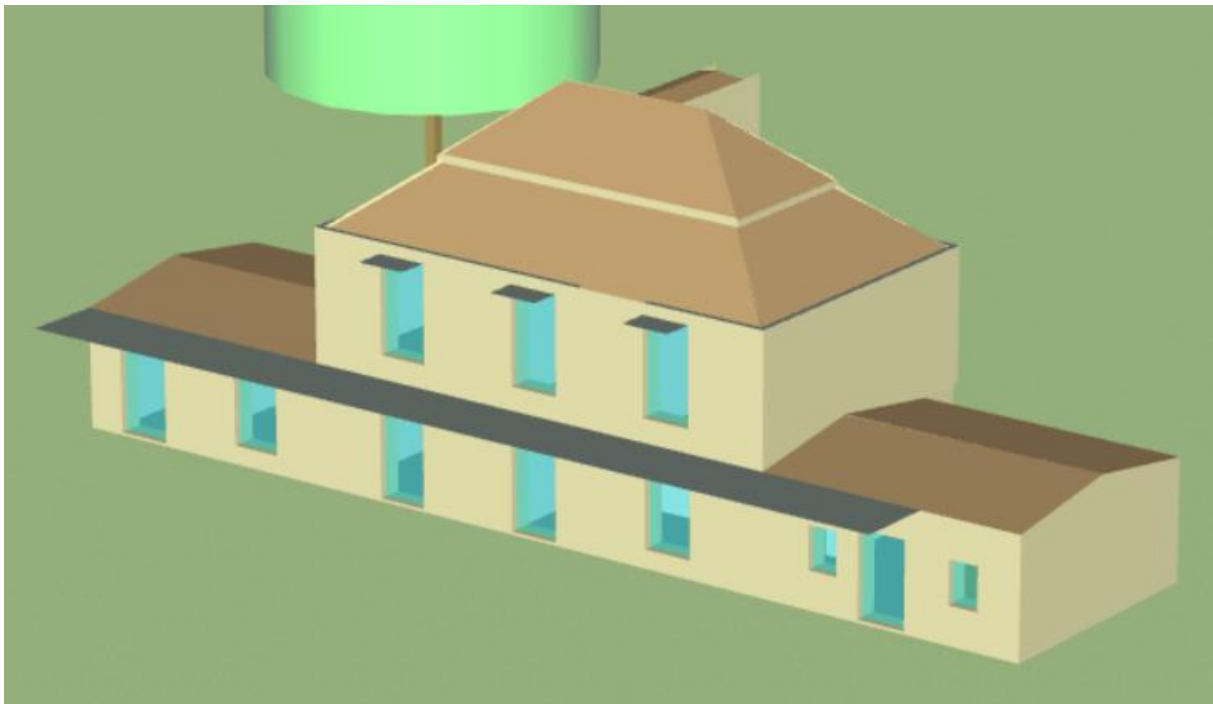


Figure 7 - modélisation des protections solaires dans Pléiade



## 6 - Propositions d'amélioration énergétique

### 6.1 - Introduction

Les montants des travaux donnés dans les paragraphes suivants sont estimatifs. Ils incluent la fourniture et la main d'œuvre. Ils s'entendent cependant hors maîtrise d'œuvre, sauf précision contraire.

Pour chaque solution, les économies financières sont financées dont des économies à l'année 1 calculées sur la base du dernier prix de la ressource payé par le bâtiment. Le temps de retour sur investissement est actualisé en fonction de l'évolution des prix ci-dessous :

- Electricité : +3%/an
- Propane : +4%/an

A l'année 1, le prix unitaire payé par le bâtiment pour l'électricité et les gaz est le suivant<sup>2</sup> :

- Electricité : 200 €TTC/MWh (énergie finale)
- Propane : 140 €TTC/MWh (énergie finale)

Le pourcentage d'économie est calculé par rapport à une consommation annuelle moyenne type pour le bâtiment, c'est-à-dire par rapport à la consommation déterminée par un état du bâtiment « fictif », si le bâtiment était occupé actuellement sans travaux préalables.

En ce qui concerne les subventions, le mode d'emploi des C2E est présenté en annexe.

Pour chacun des fiches actions présentées ci-après, l'échelle de notation des gains/dépenses engendrés par l'action est la suivante :

Investissement et gain		Confort	
€	Investissement ou gain peu important	=	Confort des usagers inchangé
€€	Investissement ou gain moyen	+	Confort des usagers légèrement amélioré
€€€	Gros investissement/gain	++	Confort des usagers grandement amélioré
CT, MT, LT	Court terme, Moyen terme et Long terme		

---

<sup>2</sup> Les coûts unitaires sont issus d'hypothèses concernant les prix de l'énergies vis-à-vis des fluctuations et des marchés actuels, afin d'estimer au mieux le coût actuel de l'énergie pour le bâtiment.

6.2 - Fiche action 0, considérée par défaut : aménagement de la partie de la dépendance non utilisée actuellement

Poste	Investissement €HT	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
		kWh	€TTC	tCO2		
Rénovation	150 000€	-2000	-400 €	-0.1	-4%	-

Mise en œuvre	Point de vigilance			
La partie servant actuellement de grange est rénovée dans cette action : isolation de l'intérieur pour les murs R=3.5, R=6 pour la toiture. Il est considéré dans l'étude un chauffage par pompe à chaleur réversible air/air à air soufflé qui pourra également assurer la climatisation en période de canicule.	ATTENTION le chiffrage indiqué ici est à titre informatif et ne remplace pas la maîtrise d'œuvre nécessaire à ce genre de travaux de rénovations pour avoir un budget précis. <b>Le mode de chauffage proposé ici n'est pas définitif et il peut tout à fait être raccordé au mode de chauffage du reste des bâtiments si du bois ou de la géothermie sont préférés.</b>			
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
Cette action ne génère pas de gains. Elle constitue un aménagement du site qui augmente les consommations énergétiques.	Financier €€€	Priorité CT	Confort ++	Economies -



Figure 8 - Partie à rénover en bleu

6.3 - Fiche action 1 : Arrêt de la piscine

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Piscine	-	- €	4 300	800 €	0.3	9%	Instantané

Mise en œuvre	Point de vigilance			
Les pompes de circulations et de chauffage de la piscine seraient arrêtées.				
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
Le gain est immédiat et ne nécessite pas d'investissement.	Financier	Priorité	Confort	Economies
	-	CT	=	€



Figure 9 - Photo de la piscine du site, bâché en hiver

## 6.4 - Fiche action 2 : Chauffage par pompe à chaleur

### 6.4.1 - Variante 2A Air/eau

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Chauffage	28 000 €	1 300 €	22 200	2 600 €	7.7	48%	9

Mise en œuvre	Point de vigilance			
-Installation de deux pompes à chaleur air/eau pour le chauffage de la future mairie : 8kW (dépendance) et 18kW (principale). Le coefficient de performance est calculé précisément par la STD (il varie selon les températures extérieures), et se situe entre 2.5 et 3.	-Dimensionnement des radiateurs à vérifier pour réutiliser le circuit existant lors d'une étude de faisabilité : la puissance installée des émetteurs semble trop juste pour la dépendance, il faudra peut-être prévoir un remplacement des émetteurs ou un chauffage complémentaire par air soufflé.			
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
L'économie d'énergie réalisée grâce à l'installation d'une pompe à chaleur est considérable. De plus, il est possible d'installer un système réversible qui réalise la climatisation des locaux en été.	Financier €€	Priorité CT	Confort =	Economies €€

L'investissement indiqué correspond à l'installation de deux pompes à chaleurs différentes pour la dépendance et la maison principale, de puissance thermique respective 8kW et 18kW.



Figure 10 -Exemple de pompe à chaleur avec unités extérieures de chez DAIKIN



6.4.1 - Variante 2B Géothermie

Poste	Investissement €HT	Aides €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Chauffage	85 000 €	30 000 €	26 200	3 400 €	8,0	57%	12

Mise en œuvre	Point de vigilance		
-Installation d'une pompe à chaleur géothermie sur sonde. COP moyen entre 4-5 selon le modèle et la profondeur réelle de forage. Puissance installée de 26kW.	-Dimensionnement des radiateurs à vérifier pour réutiliser le circuit existant lors d'une étude de faisabilité : la puissance installée des émetteurs semble trop juste pour la dépendance, il faudra peut-être prévoir un remplacement des émetteurs.  -La création d'un réseau de chauffage commun est nécessaire pour utiliser la même PAC pour les deux bâtiments.		
Intérêt/gains	Investissement	Gains	
L'économie d'énergie réalisée grâce à l'installation d'une pompe à chaleur est considérable. Ce type de PAC permet un meilleur rendement global mais coûte plus cher à l'investissement.	Financier €€€	Priorité MT	Confort = Economies €€

L'investissement indiqué correspond à l'installation d'une pompe à chaleur sur sondes, comprenant le prix du forage et de l'extension des réseaux de chauffage.

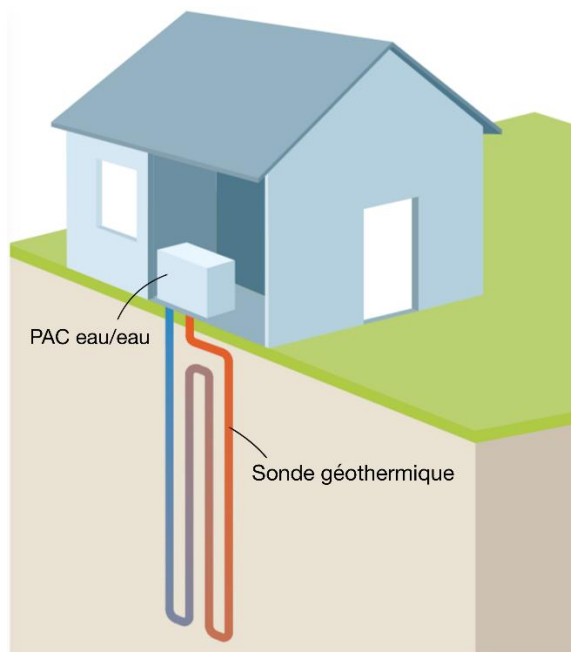


Illustration de la géothermie par le sol

### 6.5 - Fiche action 2C : Chaufferie bois

Poste	Investissement €HT	Fond chaleur €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Chauffage	36 000 €	7 500 €	-1 300	800	8,2	-3%	14

Mise en œuvre	Point de vigilance			
-Installation de deux chaudières bois à granulés pour chauffer : d'un côté la maison principale et de l'autre la dépendance et sa partie qui va être rénovée.	-Aucun travaux sur le réseau hydraulique n'est considéré pour cette action. (Normalement non nécessaire)			
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
L'énergie bois permet une certaine indépendance vis-à-vis du gaz, tout en limitant massivement l'émission de gaz à effet de serre. Les chaudières bois peuvent fonctionner à des températures qui ne nécessitent pas forcément de changer les émetteurs contrairement aux pompes à chaleur. Le bois est également moins cher que l'électricité ou le propane.	Financier €€	Priorité MT	Confort =	Economies €€

L'investissement indiqué correspond à l'installation de chaudières bois différentes pour la dépendance et la maison principale, de puissance thermique respective 10kW et 18kW. Elles sont performantes grâce à leur rendement énergétique (107% à puissance nominale).



Figure 11 -Exemple de chaudières bois ÖKOFEN

### 7.1 - Fiche action 3 : Mise en place d'éclairage LED

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Eclairage	2 000 €	- €	1300	200 €	0.1	3%	7

Mise en œuvre	Point de vigilance			
Les luminaires actuels de la Bagatelle peuvent être remplacés par des luminaires LED. La puissance installée sera réduite de moitié : 1.8kW → 0.9kW	Attention à l'éblouissement et à l'inconfort que peuvent apporter les LED si les modèles ne sont pas correctement réglés et choisis.			
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
-Durée de vie de l'éclairage LED élevée. -Meilleur efficacité énergétique	Financier €	Priorité CT	Confort =	Economies €

L'obtention des CEE nécessite l'installation de LED ultra performantes dont le surcoût n'est pas remboursé par les CEE en réalité. Ils ne sont donc pas considérés dans cette action.

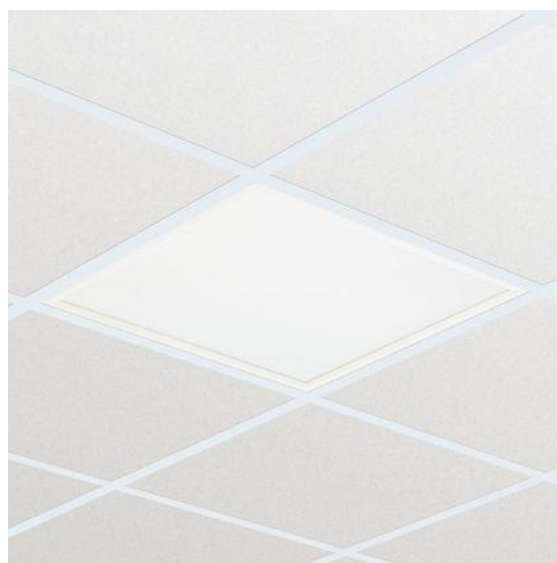


Figure 12 - Exemple de dalle LED dans un faux plafond



## 7.2 - Fiche action 4 : Centrale de traitement d'air double-flux

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Ventilation	23 000 €	1 200 €	-1 800	-300 €	-0.3	-	Confort

Centrale de traitement de l'air				
Mise en œuvre	Point de vigilance			
Il est proposé l'installation d'une centrale de traitement d'air pour garantir le confort et l'hygiène des futurs bureaux de la mairie.	Attention, l'installation d'un tel appareil, même étant performant énergétiquement, engendrera forcément une hausse de la consommation d'électricité. De plus, si la surventilation nocturne est envisagée, l'investissement pourra être un peu plus élevé.  <b>Les infiltrations doivent être minimisées afin d'optimiser le fonctionnement de cette CTA. Cela peut passer par des travaux d'étanchéité sur les menuiseries notamment.</b>			
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
Cette action augmente grandement le confort des usagers en garantissant le renouvellement d'air réglementaire (RSdT). Elle permet également de refroidir plus facilement le bâtiment en été en la faisant fonctionner la nuit.	Financier €€	<b>Priorité MT</b>	Confort +++	Economies -

L'investissement indiqué provient de devis obtenus pour une installation similaire (renouvellement d'air d'1 vol/h pour un usage de bureau).

**Impact sur le confort d'été si la CTA double-flux tourne la nuit à 2vol/h pour rafraîchir les pièces (cela demande un dimensionnement particulier lors de l'installation) :**

**Pour la maison principale :**

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort après
RDC Chambre	6.82%	3,26%
RDC Pièces de vie	5.85%	0,76%
RDC Circulation	3.52%	1,95%
RDC Cuisine	4.32%	4,11%
RDC Salle de bain	8.90%	7,29%
R+1 Chambres	5.55%	1,31%
R+1 Salle de bain	9.92%	6,44%
R+1 Salle de bain Sud et Circulation	5.30%	3,39%
R+2 Chambre	6.61%	3,69%

On remarque l'impact dans les pièces de vie et les chambres majoritairement. La cuisine étant resté en simple-flux essentiellement, les gains y sont moindres. Il est significatif pour les pièces de vie (temps d'inconfort divisé par deux). La température maximale atteinte n'est pas beaucoup impactée par cette action, étant plutôt dépendante des apports solaires en journée.

**Pour la dépendance :**

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort (défini ci-dessus)
Dépendance étage	4.45%	2.71%
Dépendance cuisine	2.29%	1.91%
Dépendance salle de bain et circulation	3.39%	1.82%
Dépendance pièces de vie et chambre	4.70%	2.29%

L'impact de la surventilation nocturne est également visible sur la dépendance, avec des durées d'inconfort qui sont également presque divisée par deux.

Il est également possible d'installer une VMC simple-flux, mais cela n'est pas du tout recommandé pour cet usage. En effet, l'inconfort engendré pourra être très gênant avec de l'air frais arrivant dans la pièce sans être préchauffé. De plus, les consommations de chauffage seront nettement augmentées.

**Action 4bis : Installation d'une VMC simple-flux :**

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Ventilation	11 000 €	- €	-4 400	-600 €	-1.1	-	Confort

Centrale de traitement de l'air			
Mise en œuvre	Point de vigilance		
Il est proposé l'installation d'une VMC simple flux pour garantir le renouvellement d'air recommandé pour un usage de bureau de la mairie.	Attention, l'installation d'un tel appareil engendrera une forte hausse de la consommation de chauffage en augmentant l'air neuf à réchauffer au sein du bâtiment.		
Intérêt/gains	Investissement	Gains	
Cette action augmente grandement le confort des usagers en garantissant le renouvellement d'air réglementaire (RSDT).	Financier €	Priorité MT	Confort ++ Economies -

### 7.3 - Fiche action 5 : Remplacement des menuiseries anciennes

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Enveloppe	50 000 €	800 €	1 800	200 €	0.5	4%	55

Installation des LED				
Mise en œuvre	Point de vigilance			
Les fenêtres orientées SUD de la maison principale et celles de la dépendance n'ont pas été remplacées comme les autres lors de la rénovation des menuiseries de 2009. Il est proposé un changement pour du Bois ou PVC 4-16-4 (avec facteur solaire de 0.3) selon les préférences.	Changer ces menuiseries peut avoir pour conséquence l'étanchéification du bâtiment, en particulier déranger pour les pièces proches des pièces humides ne possédant pas de ventilation actuellement. Diminuer le facteur solaire augmente aussi légèrement les consommations de chauffage.			
Intérêt/gains	Investissement		Gains	
Des menuiseries plus récentes peuvent avoir un facteur solaire plus faible ce qui diminue les risques de surchauffe estivales en laissant moins passer la chaleur à travers le vitrage.	Financier €€	Priorité LT	Confort +	Economies €



*Exemple de menuiseries de la dépendance qui serait changée*

## Impact sur le confort d'été avec les nouvelles menuiseries :

### Pour la maison principale :

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort après
RDC Chambre	6.82%	6,61%
RDC Pièces de vie	5.85%	5,13%
RDC Circulation	3.52%	2,58%
RDC Cuisine	4.32%	3,52%
RDC Salle de bain	8.90%	8,9%
R+1 Chambres	5.55%	4,92%
R+1 Salle de bain	9.92%	9,36%
R+1 Salle de bain Sud et Circulation	5.30%	4,15%
R+2 Chambre	6.61%	6,19%

L'impact de cette action est moins important que celui de la surventilation nocturne car il engendre une baisse du taux d'inconfort de seulement 1% en moyenne. C'est cependant une action qui possède également des gains énergétiques. Les apports solaires sont diminués de 20% sur l'ensemble du bâtiment avec cette action.

**Pour la dépendance :**

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort (défini ci-dessus)
Dépendance étage	4.45%	3,73%
Dépendance cuisine	2.29%	1,86%
Dépendance salle de bain et circulation	3.39%	1,78%
Dépendance pièces de vie et chambre	4.70%	3,09%

L'inconfort est légèrement réduit avec l'installation de ces menuiseries.

#### 7.4 - Fiche action 6 : Renforcement de l'isolation des murs

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Enveloppe	35 000 €	4 900 €	3 900	500 €	1.1	8%	30

Isolation des murs			
Mise en œuvre	Point de vigilance		
-Isolation par l'intérieur des murs des bâtiments avec 15cm de laine de verre (R>3). L'ancien isolant pourra être conservé s'il est en bon état. -environ 350m <sup>2</sup> de travaux au total	Il est préconisé de réaliser le changement des menuiseries en même temps que cette action pour limiter les ponts thermiques. Attention, la surface des pièces sera diminuée par cette action (environ 30 à 40m <sup>2</sup> selon l'épaisseur réelle d'isolant).		
Intérêt/gains	Investissement	Gains	
Permet d'améliorer le confort des parois froides et de garantir la continuité de l'isolant, l'ancien isolant datant de plus de 20ans désormais.	Financier €€	Priorité LT	Confort ++ Economies €

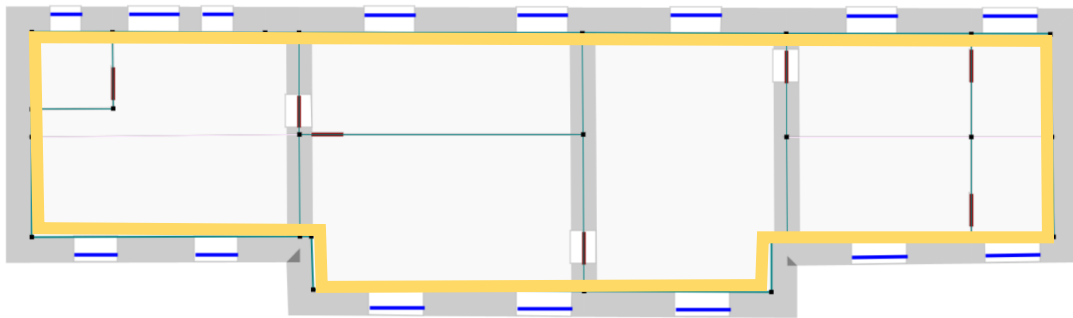


Figure 13 - Illustration de l'isolation sur le RDC de la maison principale

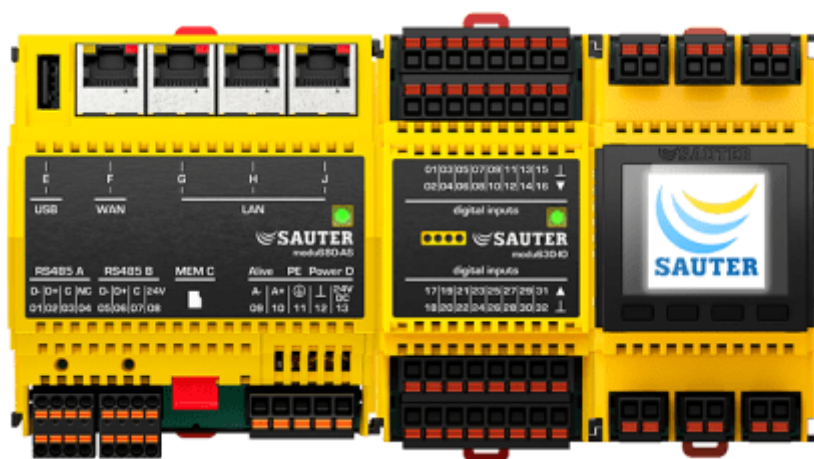
#### Point d'attention :

Des isolants biosourcés peuvent être également intéressants pour réaliser l'isolation du bâtiment. La fibre de bois et la laine de chanvre possèdent des performances d'hygro-régulation s'adaptant particulièrement bien aux bâtiments anciens. Cela permettrait d'améliorer d'autant plus le confort des usagers et la pérennité du bâti, tout en valorisant des matériaux plus écologiques. Le coût de l'isolation du bâtiment avec ces matériaux serait cependant plus élevé, se situant autour de 50 000€.

### 7.5 - Fiche action 7 : Installation d'une régulation

Poste	Investissement €HT	C2E €	Gains annuels			% d'économie conso totale	TRA
			kWh	€TTC	tCO2		
Enveloppe	5 000 €	700 €	5 400	700 €	1.5	12%	5

Amélioration de la régulation			
Mise en œuvre	Point de vigilance		
<p>Il est proposé d'installer une GTC pour la régulation (type B minimum pour obtention des CEE) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-programmer des horaires pour le chauffage des futurs locaux</li> <li>-adapter correctement la température de consigne en asservissant le chauffage avec des thermostats d'ambiance</li> </ul>	<p>Du temps est nécessaire afin de s'approprier le programme de régulation et de l'utiliser correctement, il est important de le programmer selon les besoins réels des usagers afin d'optimiser les consommations d'énergie liée au chauffage.</p>		
Intérêt/gains	Investissement	Gains	
Permet de réaliser des économies avec un investissement relativement faible par rapport aux autres actions.	Financier €	Priorité CT	Confort = Economies €€



Exemple d'automate possible de chez SAUTER



## 7.6 - Tableau synthèse des actions

Poste	N°	Nature de l'intervention	Invest. €HT	C2E / Aides €	Gains annuels			TRA (années)
					kWh	€TTC	tCO <sub>2</sub>	
Rénovation	0	Aménagement de la partie non chauffée de la dépendance	150 000 €	/	-2000	-400 €	-0.1	
Piscine	1	Arrêt de la piscine	- €	- €	4300	800 €	0.3	Immédiat
Chauffage	2A	Chauffage par pompe à chaleur air/eau	28 000 €	1 300 €	22200	2 600 €	7.7	9
Chauffage	2B	Chauffage par géothermie	85 000 €	30 000 €	26 200	3 400 €	8,0	12
Chauffage	2C	Chauffage par chaufferie biomasse	36 000€	7 600€	-1 300	800 €	8.2	14
Eclairage	3	Mise en place d'éclairage LED	2 000 €	- €	1300	200 €	0.1	7
Ventilation	4	CTA double-flux	23 000 €	1 200 €	-1 800	-300 €	-0.3	
Ventilation	4bis	VMC simple-flux	11 000€	-	-4 400	-600€	-1.1	
Enveloppe	5	Remplacement des menuiseries anciennes	50 000 €	800 €	1800	200 €	0.5	>30
Enveloppe	6	Renforcement de l'isolation des murs	35 000 €	4 900 €	3900	500 €	1.1	30
Régulation	7	Installation de régulation	5 000 €	700 €	5400	700 €	1.5	5

## 8 - Scénario d'amélioration

### 8.1 - Présentation des scénarios

Poste	N°	Nature de l'intervention	Invest. €HT	Gain (€TTC)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Rénovation	0	Aménagement de la partie non chauffée de la dépendance	150 000 €	-400 €	X	X	X
Piscine	1	Arrêt de la piscine	- €	800 €	X	X	X
Chauffage	2A	Chauffage par pompe à chaleur	28 000 €	2 600 €	X	X	
Chauffage	2B	Chauffage par géothermie	85 000 €	3 400 €			
Chauffage	2C	Chauffage par chaufferie biomasse	36 000€	800 €			X
Eclairage	3	Mise en place d'éclairage LED	2 000 €	200 €	X	X	X
Ventilation	4	CTA double-flux	23 000 €	-300 €		X	X
Ventilation	4bis	VMC simple-flux	11 000€	-600€	X		
Enveloppe	5	Remplacement des menuiseries anciennes	50 000 €	200 €		X	X
Enveloppe	6	Renforcement de l'isolation des murs	35 000 €	500 €		X	X
Régulation	7	Installation de régulation	5 000 €	700 €	X	X	X

Trois scénarios sont ici proposés pour la Bagatelle : un scénario sans travaux majeur sur l'enveloppe, en changeant les systèmes du site, les autres en ajoutant des travaux de rénovations sur les menuiseries et les murs. Le dernier scénario propose une alternative au premier moyen de chauffage proposée : la chaufferie biomasse. Dans les trois scénarios, il a été considéré la rénovation thermique de la partie aujourd'hui non utilisée de la dépendance. La géothermie a été considérée à titre informatif, mais semble présenter un temps de retour plus élevé que la pompe à chaleur air/eau, ainsi que des contraintes techniques plus importantes (emplacement des sondes, faisabilité etc).

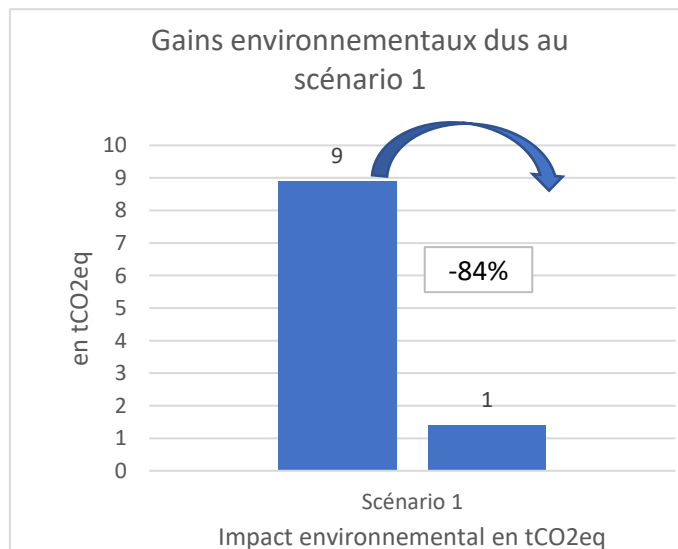
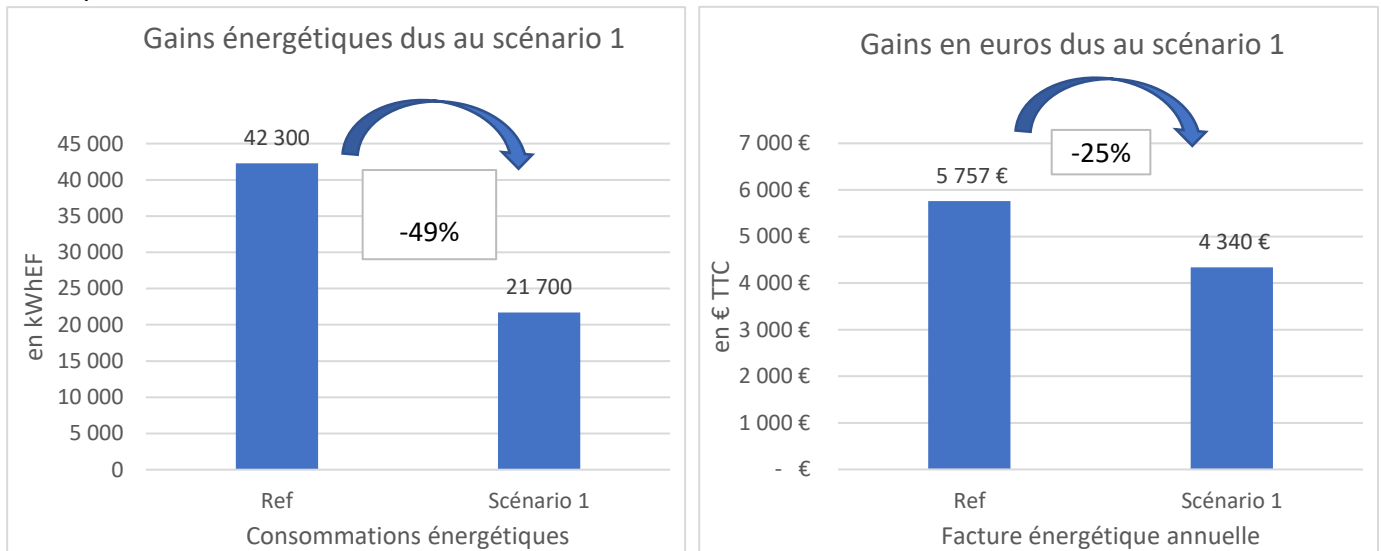
## 8.2 - Scénario d'amélioration 1

Le scénario d'amélioration 1 propose de mettre en œuvre les actions 0, 1, 2, 3, 4bis et 7. Il vise des actions à court-terme plutôt rentables. Le calcul des économies d'énergie réalisées prend en compte les interactions entre les différentes actions. En effet, lorsque deux actions permettent des économies, par exemple sur la consommation de chauffage, elles interfèrent. Les économies totales réalisées ne sont pas la somme des économies de chaque action.

Le changement de mode de chauffage permet des économies importantes.

Scénario 1	Investissement total €HT	C2E total	Nouvelle consommation finale kWh EF	% économie	Ratio consommation
Actions 0, 1, 2, 3, 4bis et 7	196 000 €	2 000 €	20 000	49%	46 kWh/m <sup>2</sup>

Le ratio de consommation en énergie finale atteint pour ce bâtiment suite à la mise en place du plan d'action 1 est donc de 46 kWhEF/m<sup>2</sup>.



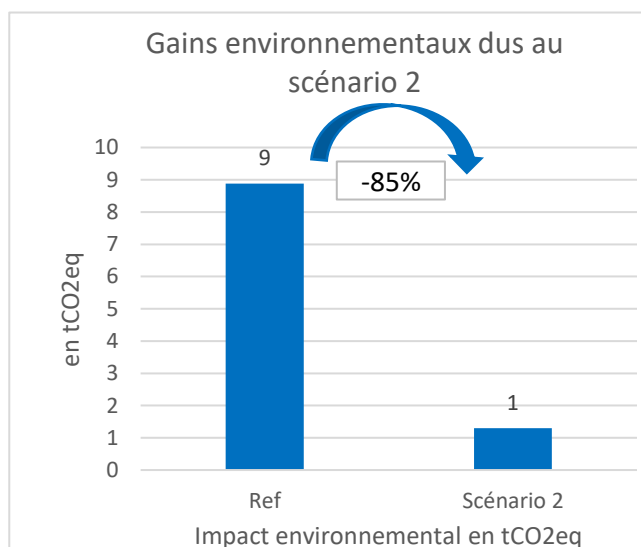
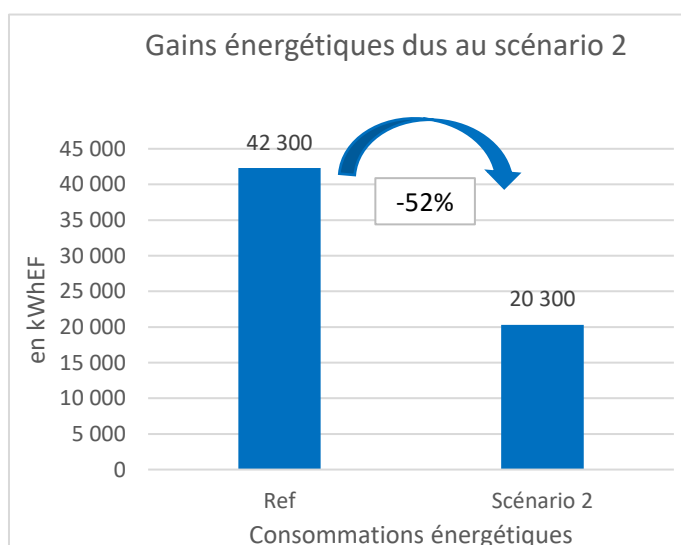
### 8.3 - Scénario d'amélioration 2

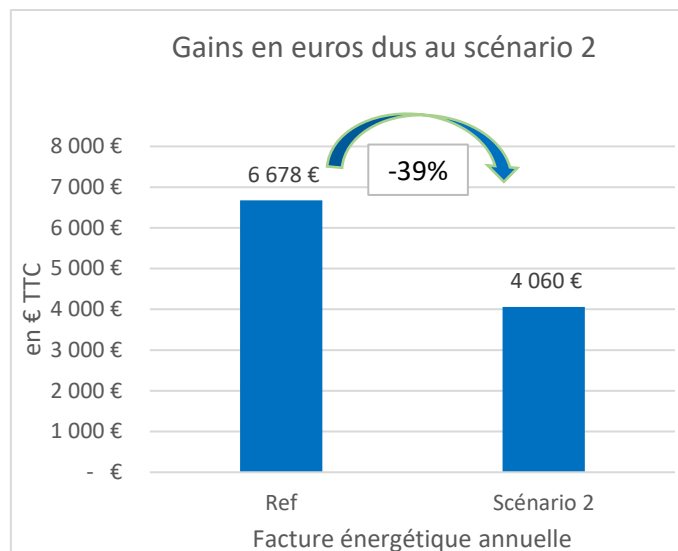
Le scénario d'amélioration 2 propose de mettre en œuvre toutes les actions proposées. Il vise à proposer un scénario de rénovation viable sur le plus long terme pour la Bagatelle. Le calcul des économies d'énergie réalisées prend en compte les interactions entre les différentes actions. En effet, lorsque deux actions permettent des économies, par exemple sur la consommation de chauffage, elles interfèrent. Les économies totales réalisées ne sont pas la somme des économies de chaque action.

Scénario 2	Investissement total €HT	CZE total	Nouvelle consommation finale kWh EF	% économie	Ratio consommation
Actions 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.	293 000 €	8 900 €	20 300	52%	43

Le ratio de consommation en énergie finale atteint pour ce bâtiment suite à la mise en place du plan d'action 2 est donc de 43 kWhEF/m<sup>2</sup>.

Le scénario 2 est presque au même niveau que le scénario 1 en consommations énergétiques, en effet, les déperditions et consommations apportées par la CTA sont compensées par les gains sur les menuiseries et les travaux d'isolation des murs.



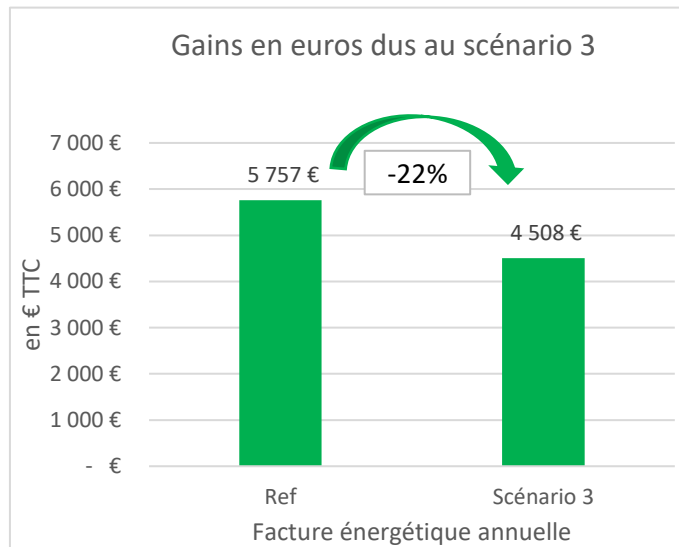
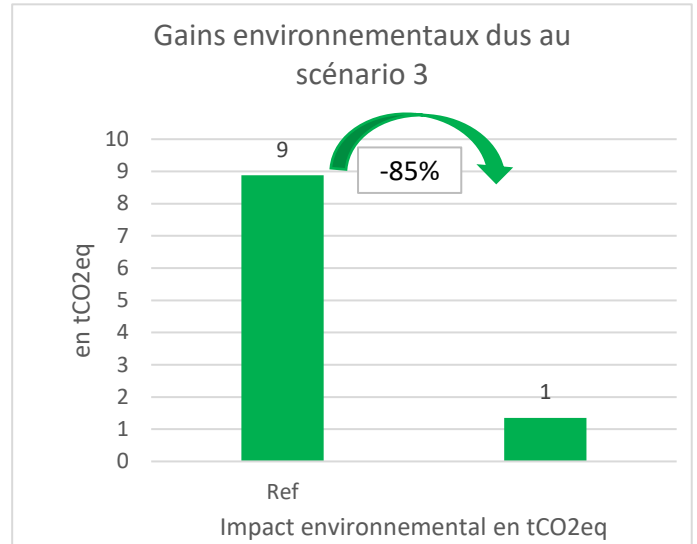
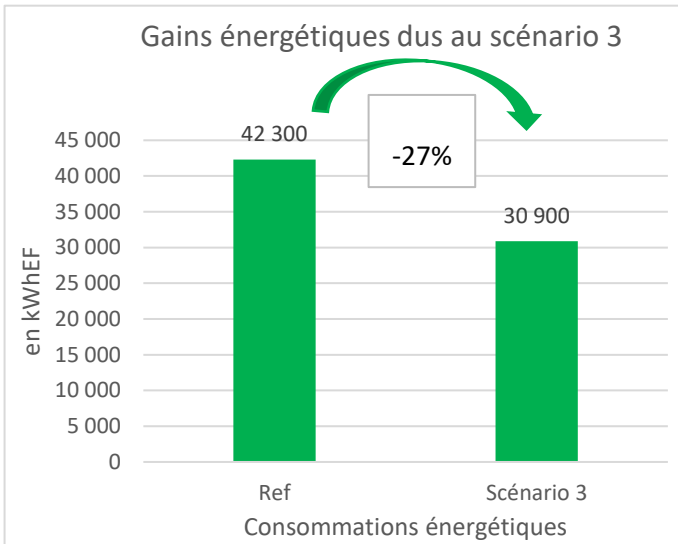


### 8.4 - Scénario d'amélioration 3

Le scénario d'amélioration 3 propose de mettre en œuvre toutes les actions proposées, **en changeant le moyen de chauffage pour une chaufferie bois au lieu des pompes à chaleur proposées**. Il vise à proposer un scénario de rénovation viable sur le plus long terme pour la Bagatelle. Le calcul des économies d'énergie réalisées prend en compte les interactions entre les différentes actions. En effet, lorsque deux actions permettent des économies, par exemple sur la consommation de chauffage, elles interfèrent. Les économies totales réalisées ne sont pas la somme des économies de chaque action.

Scénario 2	Investissement total €HT	Aides	Nouvelle consommation finale kWh EF	% économie	Ratio consommation
Actions 0, 1, 2bis, 3, 4, 5, 6 et 7.	301 000 €	15 100 €	30 900	27%	66

Le ratio de consommation en énergie finale atteint pour ce bâtiment suite à la mise en place du plan d'action 3 est donc de 66 kWhEF/m<sup>2</sup>. En effet, le bois augmente les consommations d'énergies finales par rapport aux pompes à chaleur.



## 8.5 - Résultats du calcul réglementaire

Scénario 1	Cep-réf (kWhEP/m <sup>2</sup> )	Cep-initial (kWhEP/m <sup>2</sup> )	Cep-projet (kWhEP/m <sup>2</sup> )	U batprojet (W/(m <sup>2</sup> .K))
Maison principale	137	194	145	0.975
Dépendance	159	183	158	0.775
Scénario 2	Cep-réf (kWhEP/m <sup>2</sup> )	Cep-initial (kWhEP/m <sup>2</sup> )	Cep-projet (kWhEP/m <sup>2</sup> )	U batprojet (W/(m <sup>2</sup> .K))
Maison principale	137	194	109	0.797
Dépendance	130	183	107	0.663
Scénario 3	Cep-réf (kWhEP/m <sup>2</sup> )	Cep-initial (kWhEP/m <sup>2</sup> )	Cep-projet (kWhEP/m <sup>2</sup> )	U batprojet (W/(m <sup>2</sup> .K))
Maison principale	122	194	85	0.797
Dépendance	127	183	100	0.663

Il est possible de remarquer, malgré des rénovations importantes, le Cep-réf du bâtiment reste trop bas pour qu'il soit envisageable d'atteindre un scénario rénovation BBC à -40% du Cep-réf. Cependant, une baisse de 30% du Cep-initial est atteinte dès le scénario 2, ce qui le rend conforme à la méthode Th CE ex pour les calculs du scénario 2 et 3.

L'énergie électrique étant assez pénalisée par le calcul réglementaire (coefficient de 2.3), l'énergie bois possède un meilleur ratio en énergie primaire malgré une consommation plus élevée en énergie finale.



## 8.6 - Combinaisons des solutions pour le confort d'été

Il est également possible de combiner les différentes solutions relatives au confort d'été : changer les menuiseries, poser des protections solaires, surventiler la nuit. Cela a pour effet de baisser considérablement l'inconfort au sein du bâtiment. La température maximale dans les pièces de vie de la maison Bagatelle ne dépasse pas 29°C au plus chaud avec ces solutions d'après la simulation.

### Pour la maison principale :

Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort après
RDC Chambre	6.82%	2,12%
RDC Pièces de vie	5.85%	0,34%
RDC Circulation	3.52%	0,25%
RDC Cuisine	4.32%	3,39%
RDC Salle de bain	8.90%	7,08%
R+1 Chambres	5.55%	0,55%
R+1 Salle de bain	9.92%	5,34%
R+1 Salle de bain Sud et Circulation	5.30%	1,44%
R+2 Chambre	6.61%	3,22%

### Pour la dépendance :

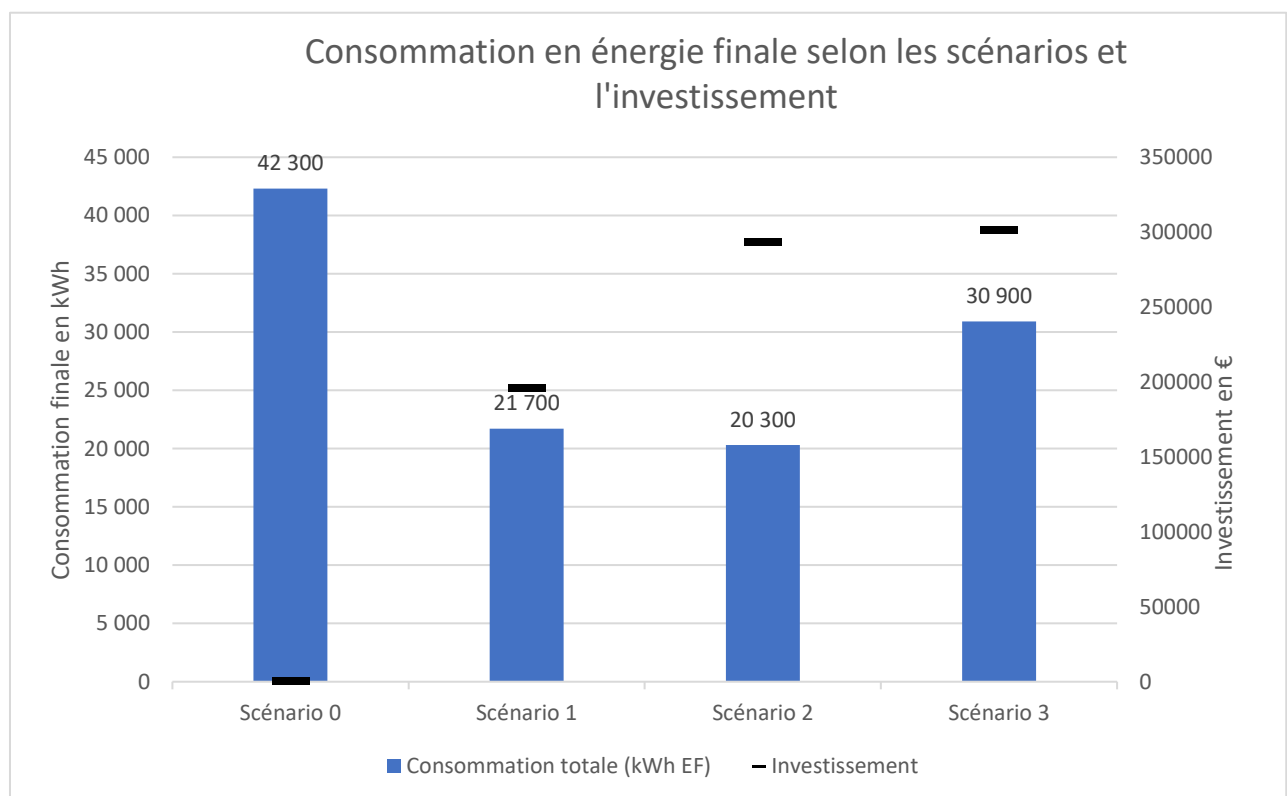
Zone thermique	Taux d'inconfort avant	Taux d'inconfort (défini ci-dessus)
Dépendance étage	4.45%	2,25%
Dépendance cuisine	2.29%	1,69%
Dépendance salle de bain et circulation	3.39%	0,81%
Dépendance pièces de vie et chambre	4.70%	0,85%

## 9 - Conclusion

La maison Bagatelle est une maison de maître datant du 19<sup>ème</sup> siècle, ayant subi des travaux de rénovations en 2000 pour l'isolation des murs et en 2010 pour le changement de certaines menuiseries sur la façade Nord de la maison principale. L'état de son enveloppe thermique est plutôt bon pour l'âge de la maison avec de l'isolation dans les murs et en toiture. Cependant certains ponts thermiques sont difficiles à éviter malgré les rénovations (murs de refends par exemple).

Le bâtiment ne semble pas présenter d'inconfort significatif en été grâce à ses épais murs en pierre qui présente une inertie intéressante en été. Cependant, des solutions ont été proposées afin de se prémunir des surchauffes à venir dans un monde qui se réchauffe. Sans dénaturer la façade du bâtiment, il est possible de changer les vitrages pour limiter les apports solaires, ou bien de rafraîchir le bâtiment pendant la nuit en surventilant. Sinon, il est également envisageable d'installer des protections solaires fixes, comme une pergola ou des auvents/casquettes solaires.

Le chauffage n'étant pas régulé actuellement, il est conseillé d'installer un système de gestion centralisé (GTC), permettant de piloter à distance et de façon optimiser la température au sein du bâtiment et le fonctionnement de ses systèmes. Concernant l'éclairage, il n'y a actuellement aucune LED sur le site. Des remplacements et installations sont à effectuer pour que l'éclairage de la future mairie soit performant. L'installation d'une ventilation double-flux permettra de garantir le confort des usagers et l'hygiène du bâtiment, tout en limitant l'impact sur les consommations énergétiques.



## 10 - Annexes

### 10.1 - Liste des abréviations

CVC : Chauffage Ventilation Climatisation

DJ : Degré Jour

EF : Energie Finale

HT : Hors Taxe

kWh e : kilowattheure électrique

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

PDL : Points De Livraison

TRB : Temps de Retour Brut

TTC : Toute Taxe Comprise

### 10.2 - Les CEE, mode d'emploi

**Définition** : Le certificat d'économie énergie est un bien meuble immatériel délivré par l'Etat à un demandeur qui a effectué une action d'économie d'énergie répondant à certains critères d'éligibilité. Il est inscrit sur un registre national. Le C2E s'exprime en kWh<sub>cumac</sub> (cumulé et actualisé). Il est négociable selon les règles habituelles du droit commercial.

Lancé en 2006 par la loi POPE, le dispositif permet de subventionner des actions de maîtrise de l'énergie. La loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (LEC) prolonge d'un an la quatrième période du dispositif des certificats d'économies d'énergie qui s'achèvera le 31 décembre 2021.

Les fournisseurs d'énergie doivent obtenir une quantité déterminée de certificats sur une période de 3 ans sous peine de devoir payer une pénalité par kWh<sub>cumac</sub> non obtenu fixée à 2c€. Ainsi lorsqu'une personne entreprend des actions de maîtrise de l'énergie éligibles au dispositif, elle obtient des certificats qu'elle pourra ensuite vendre aux fournisseurs d'énergie.

Pour faciliter le calcul des C2E, des fiches standardisées ont été publiées. Elles donnent une valeur conventionnelle de C2E potentiels en fonction du type d'action mise en œuvre. Si aucune fiche n'existe un dossier peut être déposé pour justifier du caractère exemplaire du projet et ainsi valoriser les économies réalisées sous forme de C2E.

### 10.3 - Facteurs d'émissions de CO2 des différentes énergies

Le calcul des économies de CO2 engendrées par les différentes actions proposées s'appuie sur les facteurs d'émission de CO2 donnés dans le texte de loi du Décret Tertiaire. Ces facteurs sont répertoriés ci-dessous.

<b>Combustible</b>	<b>Coeff (kg CO2/kWh PCI)</b>
Electricité hors autoconsommation tous usages	0,064
Gaz naturel issu de réseau	0,227
Gaz butane	0,272
Gaz propane	0,272
Fioul domestique	0,324
Charbon	0,385
Plaquettes d'industrie (10-15% d'humidité)	0,024
Plaquette forestière (25% d'humidité)	0,024
Granulés de bois ou briquettes (8% d'humidité)	0,03
Bûche de bois (20% d'humidité)	0,03
Autres combustibles fossiles	0,324

#### 10.4 - Détail des facteurs de conversion en énergie finale

	<b>Unité usuelle de facturation</b>	<b>Conversion unité</b>	
Elec (convecteur)	kWh elec	1	PCI / elec
Elec (PAC aéro)	kWh elec	1	PCI / elec
Elec (PAC géothermie)	kWh elec	1	PCI / elec
Fioul	L	9,97	kWh PCI/L
Gaz naturel	kWh PCS	0,90	kWh PCI/kWh PCS
Granulé	tonnes	4 800	kWh PCI/tonnes
Plaquettes C1	tonnes	3 500	kWh PCI/tonnes
Plaquettes C2	tonnes	3 100	kWh PCI/tonnes
Propane	kg	12,8	kWh PCI/kg