



Audit énergétique – Mairie d'Allaire

Indice B – Juin 2021



Date :	Indice :	Observations :
25/05/2021	A	Rapport final
07/06/2021	B	Ajout de la synthèse
Affaire :	Etude N°1860EAB	
Ingénieur d'études :	S. BLANCHARD T. DURAND	
Vérificateur :	S. BLANCHARD	
Approbateur :	G. ACCARION	
Titre :	<p style="text-align: center;">Réalisation d'un audit énergétique – Mairie d'Allaire</p>	
Illustration :		

Bureau d'études :



AKAJOULE SAS

18, Boulevard Paul Perrin

44 600 Saint - Nazaire

Tél : 07 82 74 66 32

stanislas.blanchard@akajoule.com

thibaud.durand@akajoule.com

Client :



MAIRIRE D'ALLAIRE

Place de la Mairie

56 350 Allaire

Tél : 02 99 71 91 09

dgs@allaire.info

Table des matières :

1	Introduction.....	5
1.1	Objectif et contexte de l'étude	5
1.2	Déroulement de l'étude.....	6
2	Synthèse de l'audit	7
2.1	Contexte	7
2.2	Situation initiale	7
2.3	Préconisations	7
3	Etat des lieux	8
3.1	Description du bâtiment	8
3.2	Historique des travaux	8
3.3	Période d'occupation et de chauffage	9
3.4	Coûts d'achats des énergies et de maintenance.....	10
3.5	Indicateur d'efficacité énergétique	14
4	Analyse de la courbe de charge.....	17
5	Climatologie	20
6	Caractéristiques du bâti : Etat actuel.....	21
6.1	Parois opaques	21
6.2	Menuiseries.....	25
6.1	Planchers bas.....	27
7	Les systèmes énergétiques.....	28
7.1	Ventilation.....	28
7.2	Chauffage.....	30
7.3	Climatisation	35
7.4	Equipements.....	35
8	Bilan du confort actuel	38
8.1	Retour des occupants	38
8.2	Mesures de température réalisées.....	38
8.3	Relevés à la caméra thermique	38
9	Répartition des consommations en énergie	41
9.1	Introduction	41
9.2	Chauffage.....	41
9.3	Autres usages - Electricité.....	43
9.4	Tableau de bord des consommations	46
10	Programme d'améliorations	48
10.1	Analyse énergétique du projet d'extension	50
10.2	Analyse du possible raccordement du bâtiment au réseau de chaleur biomasse de l'école	52
11	Aides et subventions	74
12	Scénarios.....	75
13	Conclusion	76
14	Annexes.....	77
14.1	Définition des différentes notations d'énergie	77
14.2	Notations	77



14.3 DJU	77
14.4 Rappel sur les besoins thermiques.....	78
14.5 Les menuiseries.....	78
14.6 Les C2E, mode d'emploi	78



1 Introduction

1.1 Objectif et contexte de l'étude

Située dans le département du Morbihan, en Bretagne, la commune d'Allaire compte aujourd'hui 4 000 habitants sur une superficie d'environ 40 km².

Située à 9 km à l'ouest de Redon, la commune d'Allaire représente le pôle relais structurant du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) du Pays de Redon-Bretagne Sud, offrant des services à environ 20 000 personnes.

Lauréate en juillet 2017 de l'appel à projet « Dynamise des bourgs ruraux et les villes en Bretagne », la municipalité a aujourd'hui pour projet d'établir une maison labellisée « France services » au sein des locaux de la mairie.

Pour ce faire, la commune souhaite, dans un premier temps, réaliser l'audit énergétique du bâtiment existant dans son intégralité.

Les objectifs de la commune sont multiples :

- Améliorer les performances énergétiques du bâtiment,
- Améliorer les conditions de travail du personnel : confort thermique mais aussi organisationnel,
- Améliorer les conditions d'accueil du public : accessibilité des personnes à mobilité réduite, etc.,
- Centraliser les services & rapprocher le service public des usagers (France Services) grâce à des travaux d'extension/rénovation.

Ici, il s'agit donc, pour notre entreprise, d'intégrer les enjeux énergétiques dans le programme architectural de rénovation et de labellisation France Services de la commune.

Dans ce cadre, AKAJOULE s'attachera à proposer des actions de performance énergétique innovantes avec réduction des coûts d'investissement.

Plus précisément, notre audit énergétique aura pour objectif d'identifier des programmes d'actions cohérents et adaptés sur le plan technico-économique mais aussi en rapport avec les moyens de la commune et les contraintes du site.

Ce plan d'actions permettra de définir un cahier des charges pour lancer des travaux pour atteindre, à minima, les objectifs de transition écologique que s'est donné la commune.



1.2 Déroulement de l'étude

1.2.1 Contact préliminaire

Date : Mars 2021

Personnes présentes : Constance Pierrard (Akajoule), Benjamin Bringtown (DGS)

Une visite du site a été réalisée afin d'appréhender le projet et les attentes du client.

1.2.2 Réunion d'enclenchement et visite

Date : 07/04/2021

Personnes présentes : Jean-François Mary (Maire), Pascal Noury (Adjoint aux bâtiments), Yoann Le Fol (Conseiller transition écologique), Benjamin Bringtown (DGS), Stanislas Blanchard (Akajoule), Thibaud Durand (Akajoule)

Une visite détaillée du bâtiment et des relevés des différents équipements ont ensuite été faits. Les données de construction et les plans du bâtiment ont été récupérés auprès du maître d'ouvrage.

Une seconde visite a été réalisée le vendredi 23/04/2021.

1.2.3 Réunion finale avec le responsable bâtiment

Date : 02/06/2021

Personnes présentes : Jean-François Mary (Maire), Jean-Paul Gautier (1^{er} adjoint), Pascal Noury (Adjoint aux bâtiments), Yoann Le Fol (Conseiller transition écologique), Stanislas Blanchard (Akajoule), Thierry Crespeau (cabinet Proggec).

Cette réunion permet la présentation des bilans énergétiques et de l'ensemble des solutions au maître d'ouvrage afin d'orienter ces choix de travaux.

Le rapport complet de l'étude a été transmis.

2 Synthèse de l'audit

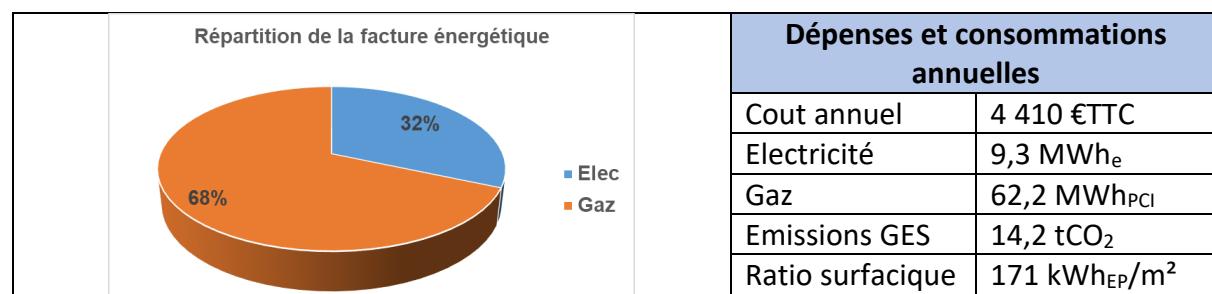
2.1 Contexte

La commune souhaite connaître l'ensemble des actions possibles sur ce bâtiment dont les derniers travaux majeurs datent de 1992 (extension côté Est). L'audit porte donc sur l'ensemble du bâtiment (enveloppe, système de chauffage et autres usages).

Il est prévu sur le bâtiment une extension dont l'usage sera partagé entre une Maison France Services MFS et la Mairie.

2.2 Situation initiale

SITUATION ENERGETIQUE 2017-2019



SITUATION DU BATI et DES SYSTEMES

Globalement l'extension est bien isolée. Pour le bâtiment d'origine, des éléments ont été repris (toiture et certaines menuiseries). L'enveloppe mérite cependant d'être isolée dans son ensemble.

	Bâtiment d'origine	Extension 1979	Extension 1992
Enveloppe	Murs	-(Red)	+(Green)
	Toiture	+(Green) -(Red)	+(Green)
	Plancher bas	-(Red)	-(Red)
	Menuiseries	-(Red) +(Green)	+(Green)
Chauffage	Production		-(Red)
	Distribution		+(Green)
	Régulation		-(Red)
Ventilation	Régulation	Naturelle	Naturelle
Eclairage	Technologie	-(Red)	-(Red)
			VMC SF +(Green)

2.3 Préconisations

A partir des actions détaillées dans l'audit, nous avons construits 3 scénarios.

	Scénario -30%	Scénario -40%	Scénario -40% + PV
Investissement nécessaire	61 000 €TTC	111 000 €TTC	133 000 €TTC
Ratio atteint	119 kWh _{EP} /m ² .an	101 kWh _{EP} /m ² .an	101 kWh _{EP} /m ² .an
Production PV	0%	0%	10,4 MWh _e ; 113%

3 Etat des lieux

3.1 Description du bâtiment

Le bâtiment étudié est une mairie construite sur deux étages. Une cave s'étend également sous une partie du bâtiment.

Le rez-de-chaussée est composé de trois zones principales :

- La salle du conseil à l'ouest,
- Une zone d'accueil du public au sud,
- Divers bureaux et salles de réunion au nord et à l'est.

L'étage est dédié à des bureaux ainsi que des zones d'archivage.

La cave est utilisée comme une zone d'archivage et contient également le local chaufferie.

3.2 Historique des travaux

Le bâtiment a été construit en 1971. Il a ensuite connu une première phase d'agrandissement de la partie nord (de plain-pied) et de réorganisation des espaces intérieurs en 1979.

Une extension a aussi été construite en 1992 sur la face est.

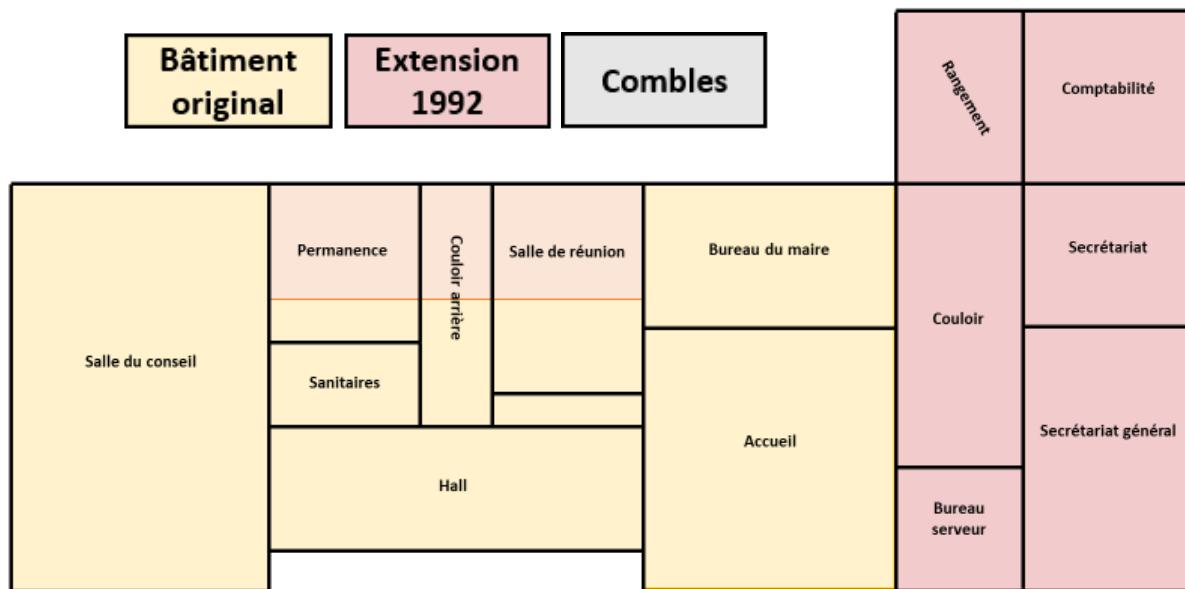


Figure 1 - Schéma du rez de chaussée

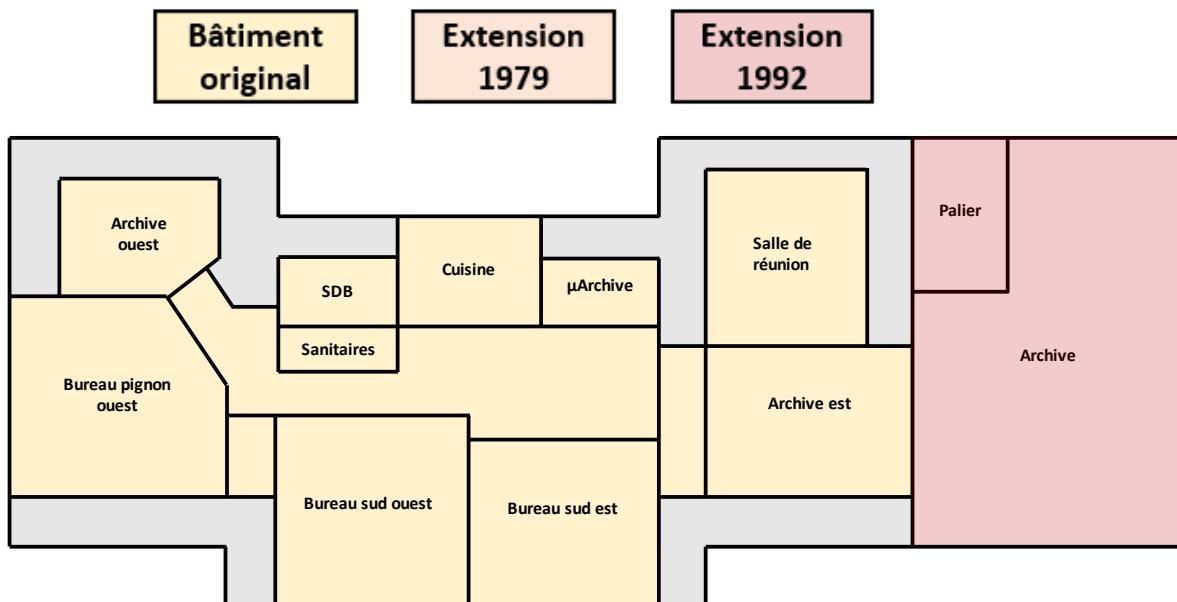


Figure 2 - Schéma du R+1

3.3 Période d'occupation et de chauffage

Le bâtiment est occupé de 8h à 19h du lundi au vendredi et de 8h à 12h le samedi matin par une dizaine de personnes.

Le chauffage est quant à lui utilisé de fin octobre à début mai.



3.4 Coûts d'achats des énergies et de maintenance

3.4.1 Achat d'électricité

La consommation électrique annuelle moyenne sur les saisons de chauffe 2018/2020 était de 9 262 kWh_e pour une facture de 1 391 €TTC.

Date	Consommation	Montant	Cout Moyen
			€TTC/MWh
01/2018	677	108,92	160,89
06/02/2018	678	109,08	160,89
03/2018	882	139,52	158,19
05/04/2018	883	139,68	158,19
05/2018	664	107,06	161,23
02/06/2018	664	107,06	161,23
2017 - 2018	3 771	572	152
02/07/2018	674	–	–
02/08/2018	641	142,14	221,75
02/09/2018	578	60,82	105,22
02/10/2018	708	–	–
02/11/2018	777	124,15	159,78
02/12/2018	851	135,44	159,15
02/01/2019	847	135,10	159,50
02/02/2019	921	147,28	159,91
02/03/2019	727	118,70	163,27
02/04/2019	812	131,19	161,56
02/05/2019	728	118,85	163,26
02/06/2019	717	116,93	163,08
2018 - 2019	8 981	1 231	137
02/07/2019	697	114,03	163,60
02/08/2019	645	107,14	166,11
02/09/2019	650	108,40	166,77
02/10/2019	737	121,98	165,51
02/11/2019	750	123,71	164,95
02/12/2019	1230	197,35	160,45
02/01/2020	928	150,97	162,68
02/02/2020	920	146,09	158,79
02/03/2020	822	132,08	160,68
02/04/2020	841	134,60	160,05
02/05/2020	685	111,58	162,89
02/06/2020	639	104,45	163,46
2019 - 2020	9 544	1 552	163
02/07/2020	702	114,15	162,61
02/08/2020	617	102,31	165,82
02/09/2020	657	108,70	165,45
02/10/2020	770	126,07	163,73
02/11/2020	854	138,41	162,07
12/2020	–	–	–
2020	3 600	590	164
Moyenne des saisons complètes 2018 – 2020	9 262	1 392	150

Tableau 1 : Historique des consommations d'électricité

	Audit énergétique – Mairie d'Allaire
	Indice B – 07 Juin 2021

Le prix moyen a augmenté de 8% entre 2018 et 2020 passant de 151,59 à 163,79 €/MWh_e. La consommation de janvier à novembre a augmenté de 7,8%.

Saison de chauffe	Consommation		Cout électricité	
	Valeur totale kWh _e	Evolution	Prix moyen €/MWh _e	Evolution
2017 – 2018	–	–	152	–
2018 – 2019	8 981		137	-9,6%
2019 – 2020	9 544	+6,3%	163	+18,7%
2020 – 2021	–	–	164	+0,7%
Moyenne	9 263		154	

Tableau 2 : Evolution de la consommation et couts – électricité

3.4.2 Achat de gaz

Le bâtiment de la mairie d'Allaire est alimenté en chaleur par une chaudière gaz. L'achat de gaz était effectué chez ENI jusqu'au 30/12/2018 puis chez Région gaz.

La consommation de gaz annuelle sur les saisons de chauffe 2017/2019 était de 62 167 kWh_{PCS} pour une facture de 3 021 €TTC.

Période		Consommation	Montant	Cout moyen
Début	Fin	kWh _{PCS}	€TTC	€TTC/MWh _{PCS}
04/02/2017	03/08/2017	25 161	–	–
2017		25 161	–	–
03/08/2017	06/02/2018	36 064	–	
06/02/2018	03/04/2018	–	492,86	
03/04/2018	03/06/2018	–	271,67	
03/06/2018	03/08/2018	28 160	290,40	
2017 – 2018		64 224	1 055	
03/08/2018	03/10/2018	–	–	
03/10/2018	29/12/2018	23 754	813,11	
29/12/2018	07/02/2019	10 847	–	
07/02/2019	30/07/2019	25 509	2 105,16	
2018 – 2019		60 110	2 918	48,6
30/07/2019	30/11/2019	655	–	
30/11/2019	01/01/2020	11 056	–	
01/01/2020	01/02/2020	11 336	–	
01/02/2020	01/03/2020	10 173	–	
01/03/2020	01/04/2020	9 913	–	
01/04/2020	01/05/2020	4 110	2 693,20	
01/05/2020	01/06/2020	0	57,49	
2019 - 2020		47 243	2 751	58,2
Moyenne des saisons de chauffe 2017 – 2020		57 192	2 241	53,4
Moyenne des saisons de chauffe complètes 2017 – 2019		62 167	3 021	48,6

Tableau 3 - Historique des consommations de gaz via les factures



Nous avons obtenu via le service de GRDF les consommations 2021. Elles sont intégrées ci-dessous pour information mais non pas été utilisées dans l'étude.

Saison de chauffe	Consommation		Coût gaz	
	Valeur totale kWh _{PCS}	Evolution	Prix moyen €/MWh _{PCS}	Evolution
2017 – 2018	64 224	/	NC	/
2018 – 2019	60 110	-6,4%	48,55	/
2019 – 2020	47 243	-21,4%	58,22	+20%
2020 – 2021	65 133	+38%	NC	NC

Tableau 4 : Evolution de la consommation et coûts – gaz

3.4.3 Entretien

Aucune information n'a été communiquée au sujet de l'entretien du bâtiment.

3.4.4 Analyse de la facture énergétique, des consommations et émissions de GES

Le principal poste de consommation énergétique est le gaz. Il représente 87% des consommations. Cependant l'achat de gaz ne représente que 68% des coûts énergétiques. Cela s'explique par un prix moyen de l'électricité beaucoup plus élevé que celui du gaz.

	Electricité	Gaz	Total
Consommations (MWh _{EF})	9,3	62,2	71,5
Consommations (MWh _{EP})	23,9	56,0	79,9
Ratio surfacique (kWh _{EP} /m ²)	51	120	171
Coût annuel (€TTC)	1 390	3 020	4 410
Emissions GES (t) ¹	1,5	12,7	14,2

Tableau 5 – Données énergétiques 2017 – 2019

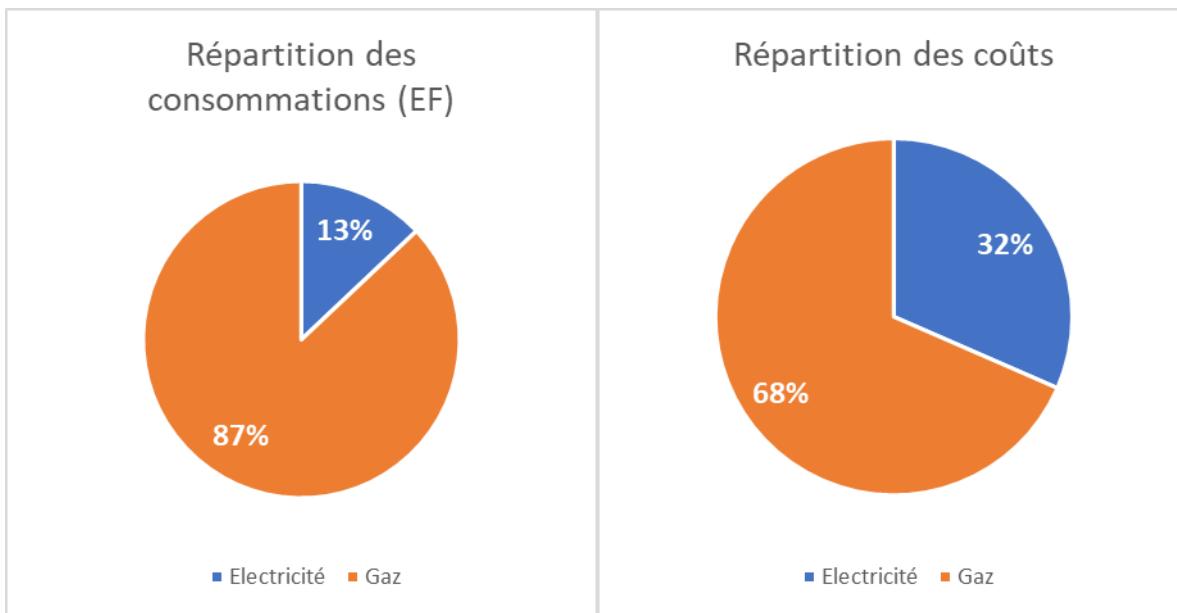


Figure 3 : Répartition des consommations et des coûts

¹ Facteurs de conversion utilisés : électricité = 0,064 kg/kWh_e, gaz = 0,227 kg/kWh_{PCI}



3.5 Indicateur d'efficacité énergétique

Les indicateurs ont pour but d'établir un suivi simplifié de la performance énergétique du bâtiment. En effet, ils peuvent être utilisés afin d'apprécier l'impact des actions engagées à la suite du diagnostic. A long terme, ils permettent également de constater des changements ou des dérives dans la gestion des énergies. Afin d'évaluer les économies pour chaque énergie, un indicateur spécifique à chacune a été établi.

Les indicateurs proposés ici le sont en fonction des données disponibles et pertinentes aujourd'hui. Ils seront à suivre sur les années à venir et pourront être réajustés si nécessaire.

3.5.1 Indicateur thermique

Le tableau ci-dessous présente l'indicateur énergétique pour les consommations de chaleur. Cet indicateur est calculé comme étant la consommation en kWh_{PCI} divisée par les DJU¹.

Indicateur thermique	2017 – 2018	2018 – 2019	2019 – 2020
Consommation de gaz (MWh _{PCI})	57,9	54,2	
DJU	1 933	1 894	1 715
Ratio énergétique (kWh _{PCI} / (DJU.m ²))	29,9	28,6	
Evolution du ratio		-4,3%	%

Tableau 6 : Indicateur d'efficacité énergétique – Chauffage

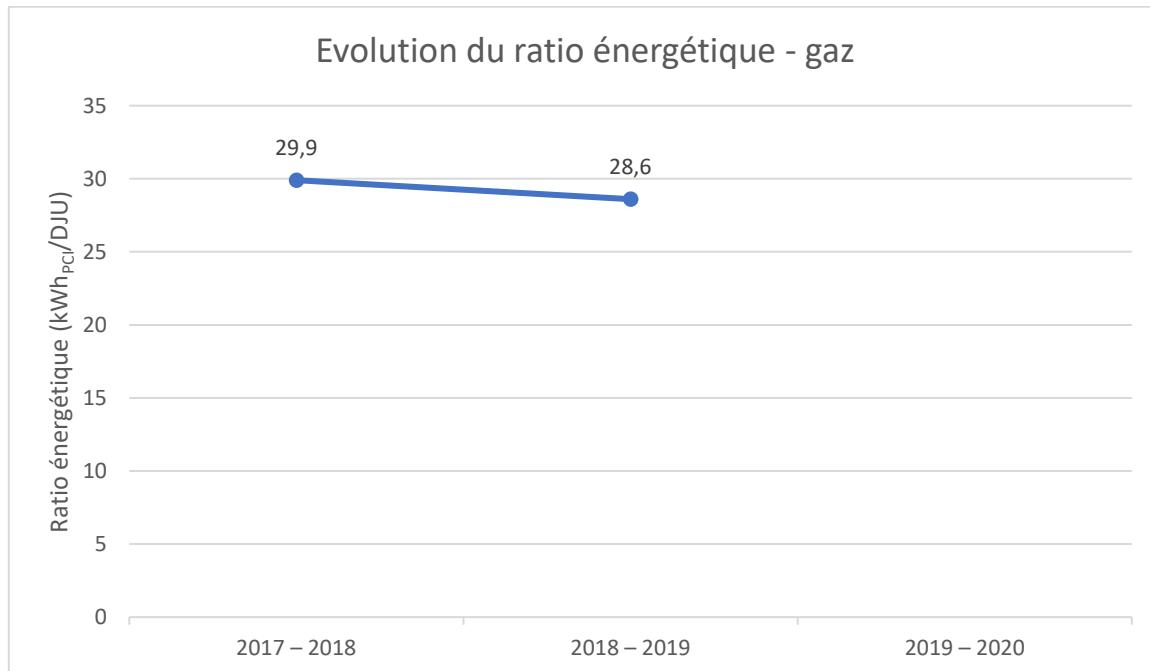


Figure 4 - Evolution de l'indicateur chaleur entre 2017 et 2020

¹ Degré jours unifié, voir explication page 56.

Le suivi de cet indicateur permet de s'affranchir des variations climatiques d'une année sur l'autre et donc d'identifier rapidement d'éventuelles surconsommations ou les économies engendrées par une action.

3.5.2 Indicateur Electricité

L'électricité est utilisée pour divers usages : à savoir ventilation, auxiliaires de chauffage, l'éclairage des bureaux, la partie bureautique ainsi que les équipements divers comme les équipements dans la salle de pause.

C'est pourquoi l'indicateur proposé est calculé comme étant la consommation d'électricité divisée par la surface totale du bâtiment. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de cet indicateur pour les trois dernières années.

Indicateur électricité	2018 – 2019	2019 – 2020
Consommation électricité (kWh _e)	8 981	9 544
Surface (m ²)	470	470
Ratio énergétique (kWh _e /m ²)	19,1	20,3
Evolution du ratio		+6%

Tableau 7 : Indicateurs d'efficacité énergétique – Electricité

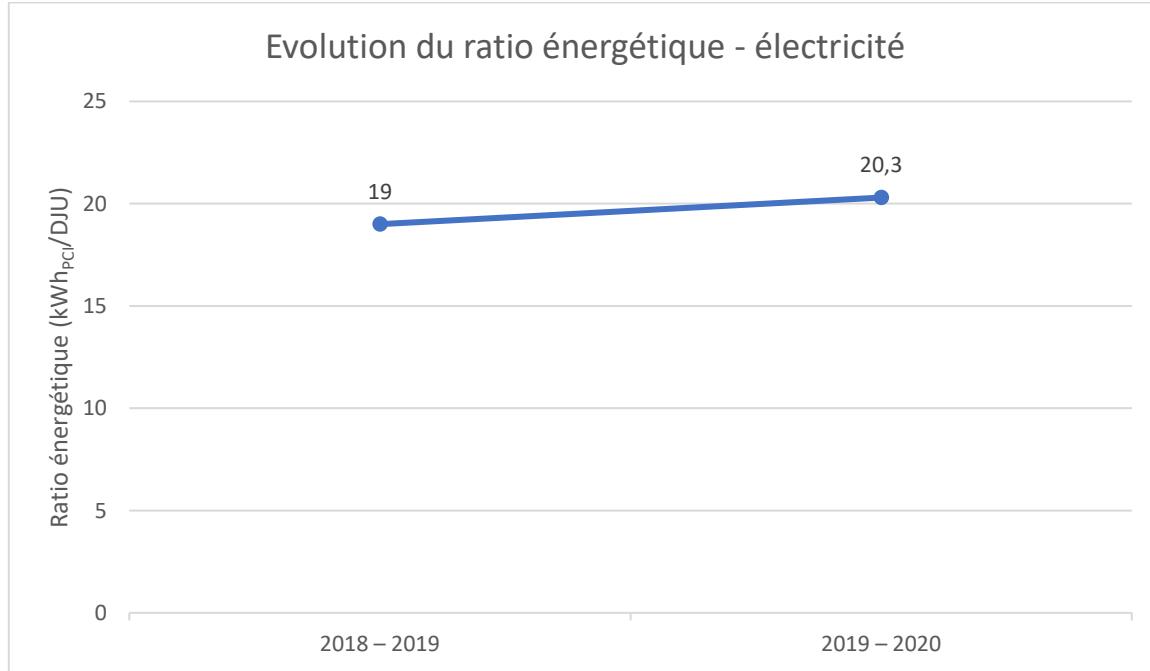


Figure 5 : Evolution de l'indicateur électrique entre 2017 et 2020

Le suivi de cet indicateur permet à isopérimètre d'identifier rapidement d'éventuelles surconsommations ou les économies engendrées par une action.

Analyse :

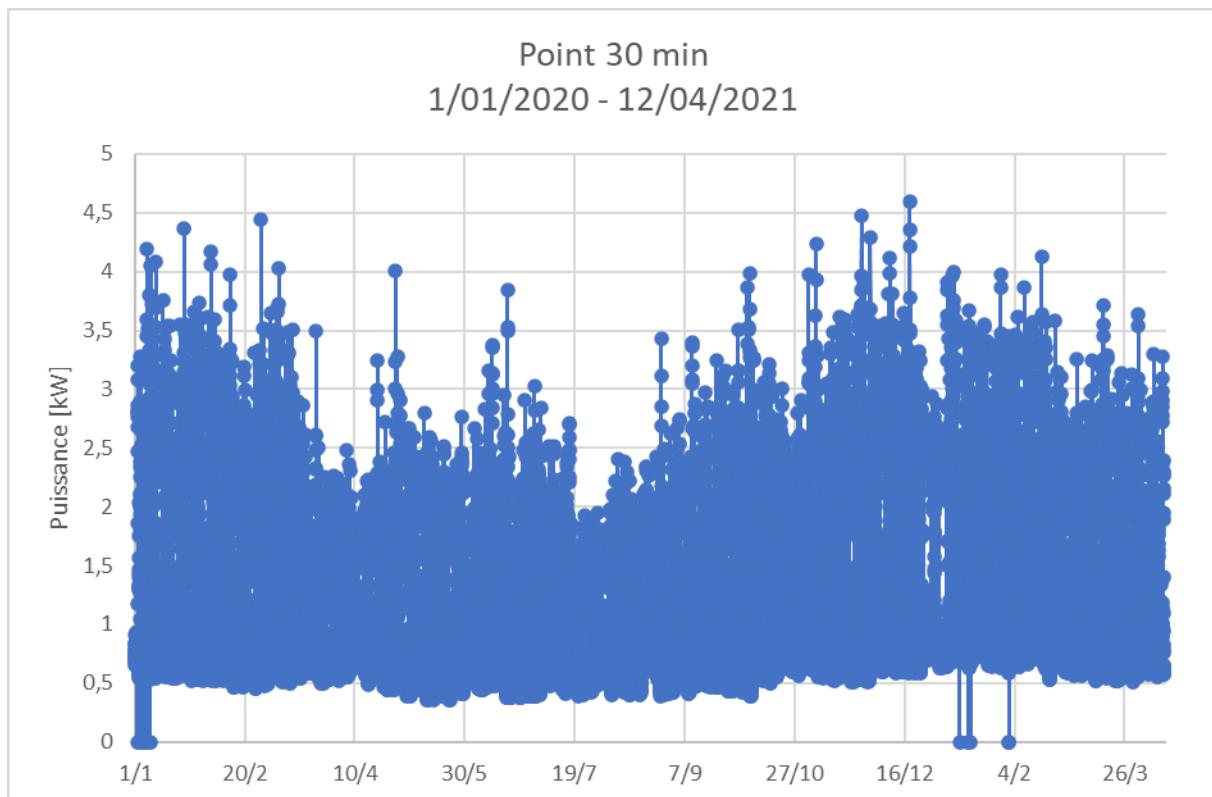
	<ul style="list-style-type: none">- Indicateur de performance thermique à la baisse (-4%) entre 2017 et 2019
	<ul style="list-style-type: none">- Indicateur de performance électrique à la hausse (+6%) entre 2018 et 2020

4 Analyse de la courbe de charge

Notes : la courbe de charge est constituée de valeurs représentant la puissance moyenne électrique appelée par tranche de 30 mn (soit 2 valeurs par heure).

Le talon est la consommation constatée en dehors des horaires de présence des personnes et donc d'occupation du bâtiment.

Les données présentées ci-dessous sont issues du compteur électrique de la mairie.



La puissance maximale atteinte en été est de 3,5 kW et de 4,5 kW en hiver.

On constate aussi que le talon est plus élevé en hiver avec une puissance de 770 W pour 650 W en été. Le talon est ici la consommation minimale atteinte par un bâtiment. Il se situe souvent la nuit et les weekends et correspond, dans le cas idéal, à la consommation de tous les éléments ne pouvant pas être éteints hors des périodes d'activité, notamment les serveurs informatiques.

Sur la Mairie, le ratio de puissance est presque constant autour de 31% et le ratio énergie est à 47%.

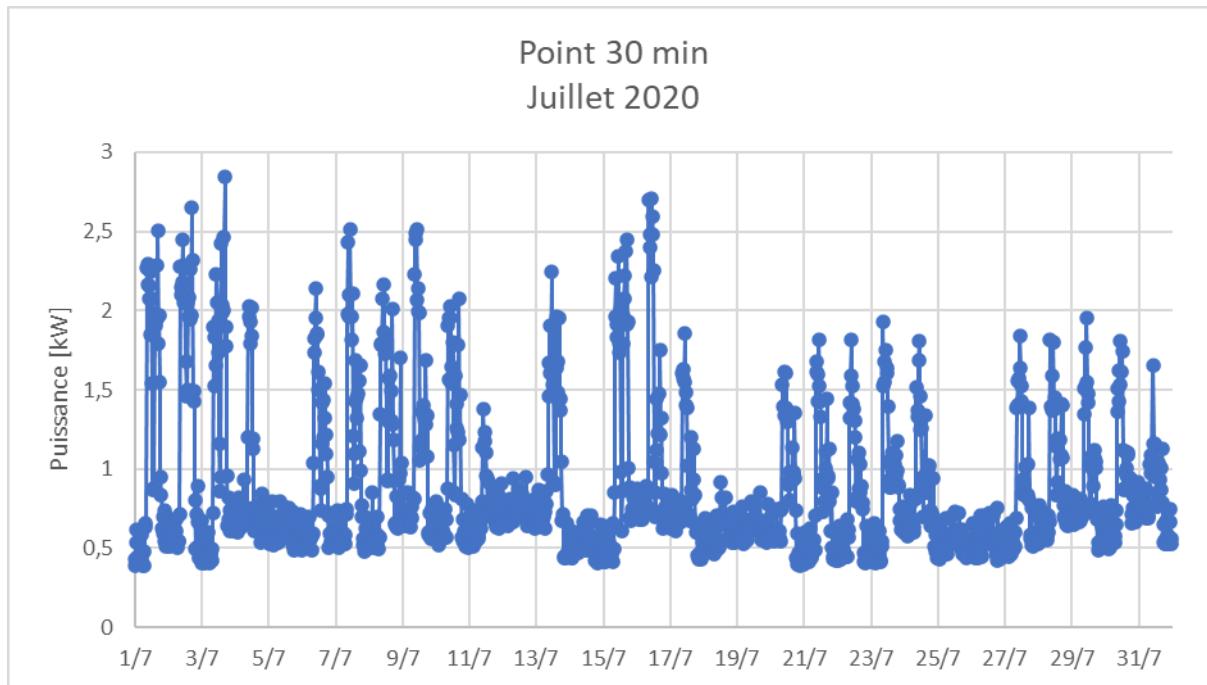


Figure 7 - Courbe de charge été 2020

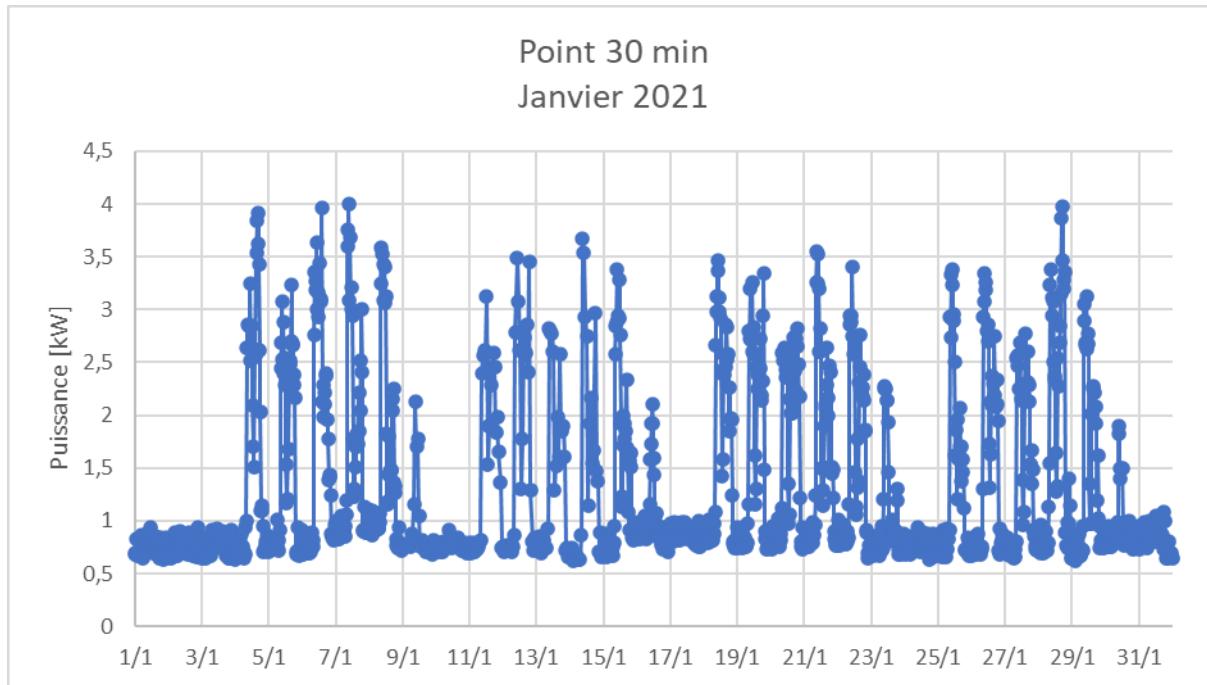


Figure 8 - Courbe de charge hiver 2021



	ÉTÉ	HIVER
Nb_Données TOTAL	17 568	35 133

	Talon	Activité	Talon	Activité
Puissance représentative [kW]	0,65	2,01	0,77	2,51
Écart type [kW]	0,10	0,27	0,11	0,33
Ratio Puissance	32,49%		30,62%	

	TOTAL ÉTÉ	TOTAL HIVER
Temps cumulé [h]	2 928	5 856
Énergie consommée [kWh]	2 720	6 660

	Talon	Activité	Talon	Activité
Temps cumulé [h]	2 075	854	4 062	1 794
Énergie consommée [kWh]	1 282	1 438	3 160	3 499
Puissance moyenne calculée [kW]	0,62	1,68	0,78	1,95
Ratio Énergie	47,14%		47,45%	

	Talon	Activité
Énergie consommée [kWh]	4 442	4 937
Énergie totale [kWh]		9 379

	Horaire Plage occupation			
Lundi	07:30	17:30	07:30	17:30
Mardi	07:30	17:30	07:30	17:30
Mercredi	07:30	17:30	07:30	17:30
Jeudi	07:30	17:30	07:30	17:30
Vendredi	07:30	17:30	07:30	17:30
Samedi	07:30	12:30	07:30	12:30
Dimanche	00:00	00:00	00:00	00:00

5 Climatologie

La ville d'Allaire est située dans le Morbihan en zone climatique H2a au sens de la réglementation thermique.

La station météo de référence utilisée est celle de Vannes-Séné, située à une cinquantaine de kilomètres d'Allaire. Les données utilisées sont les DJU de 2017 à 2019.

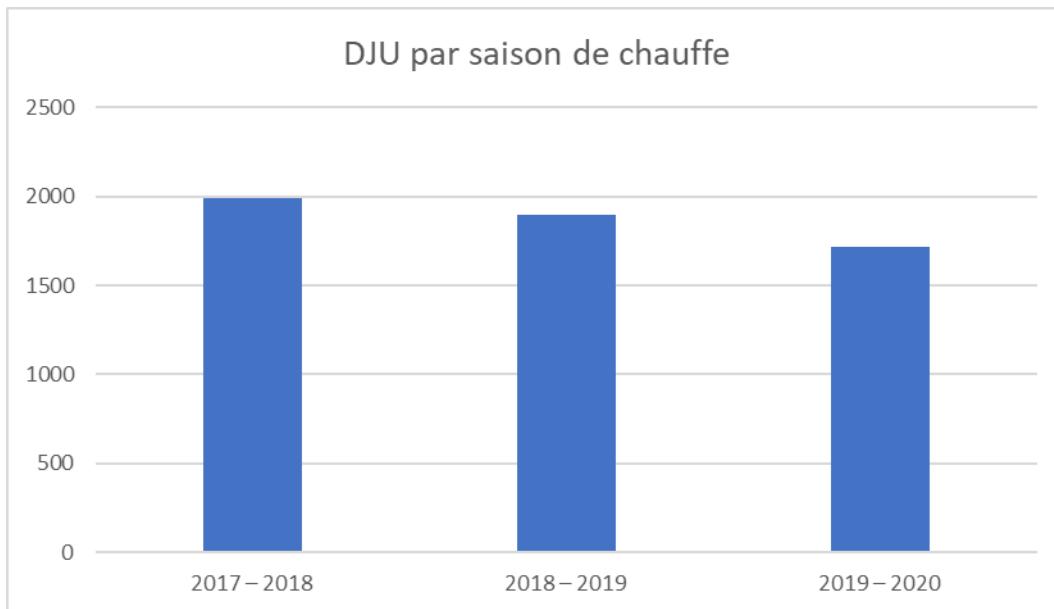


Figure 9 : Evolution des DJU

Mois	2017 – 2018	2018 – 2019	Moyenne
Juillet	–	–	–
Août	–	–	–
Septembre	–	–	–
Octobre	104	154	129
Novembre	274	253	264
Décembre	315	277	296
Janvier	283	359	321
Février	369	263	316
Mars	303	239	271
Avril	173	197	185
Mai	112	152	132
Juin	–	–	–
Total	1 933	1 894	1 914

Tableau 8 : Evolution des DJU

	Audit énergétique – Mairie d'Allaire
	Indice B – 07 Juin 2021

6 Caractéristiques du bâti : Etat actuel

L'ensemble des données sont issues de relevés effectués sur le site au cours des visites, des dossiers des ouvrages exécutés ou d'hypothèses issues de notre expérience.

Les surfaces du bâtiment sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Epoque	Surface (m ²)
Original	315
1980	17
1992	138
Total	470

Tableau 9 : Surface des locaux étudiés

Le bâtiment a été construit en plusieurs phases. On constate donc divers types de parois possédant des caractéristiques variées.

Les caractéristiques des différentes parois du bâtiment sont présentées dans les paragraphes suivants. Elles seront utilisées par la suite dans la simulation.

6.1 Parois opaques

6.1.1 Murs

Les caractéristiques présentées ci-dessous sont issues des plans du bâtiment et de mesures sur site. Les murs des deux extensions du bâtiment sont bien isolés. Cependant, le bâtiment d'origine ne l'est pas, notamment le mur du hall qui est une simple maçonnerie enduite.

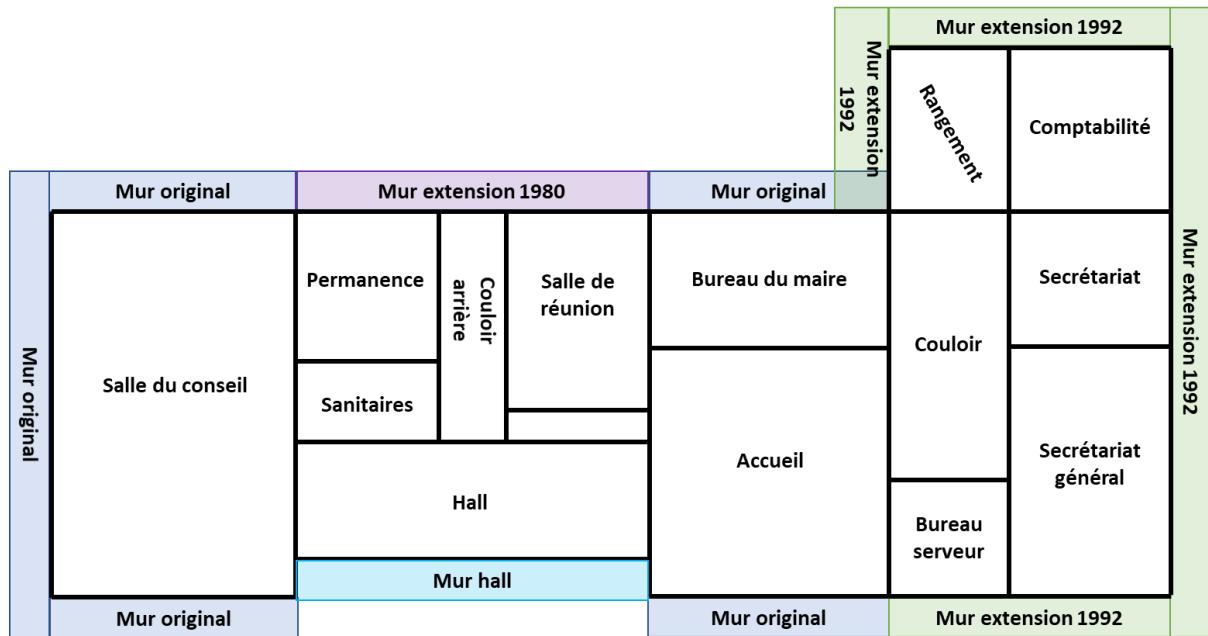


Figure 10 - Murs RDC

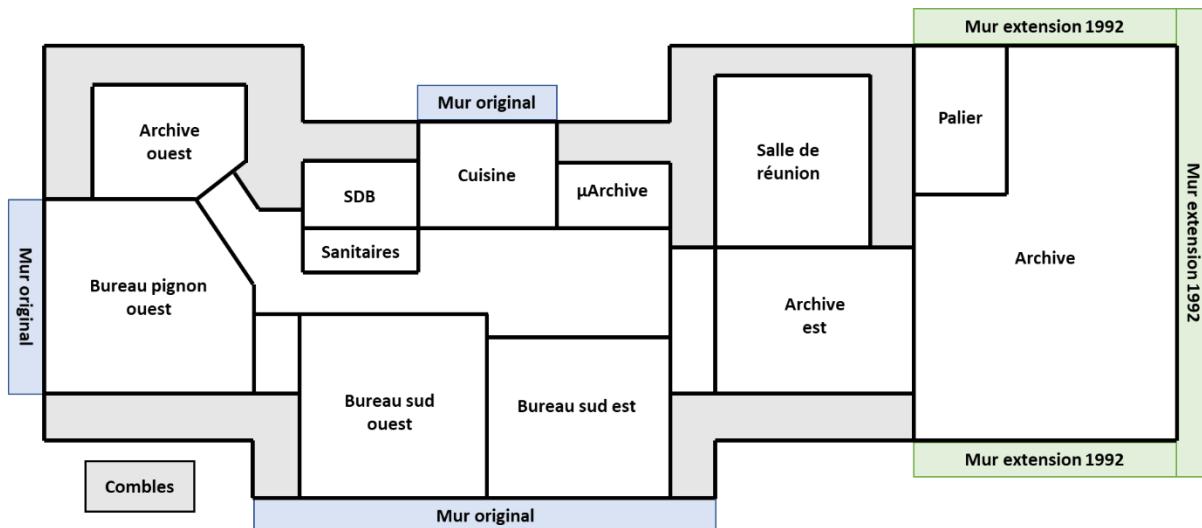


Figure 11 - Murs R+1

Paroi	Composition (ext vers int)	Epaisseur totale (cm)	R (m ² .K/W)
Mur original (Observation visuelle)	Enduit 1 cm Parpaing 22 cm Hypothèse = Lame d'air 5 cm Plâtre 2 cm	30	1,15
Mur Hall (Observation visuelle)	Enduit 1 cm Parpaing 20 cm Plâtre 1 cm	22	0,40
Mur extension 1980 (Plans du bâtiment)	Enduit 1 cm Parpaing 22 cm Isolant, hypothèse = polystyrène 10 cm Plâtre 1 cm	34	3,54
Mur extension 1992 (Plans du bâtiment)	Enduit 2 cm Parpaing 20 cm Polystyrène 10 cm Plâtre 2 cm	34	3,53

Tableau 10 : Composition des parois opaques

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none"> - Extensions de 1980 et 1992 correctement isolées
	<ul style="list-style-type: none"> - Murs du bâtiment d'origine non isolés - Mur du hall non isolé, il est composé d'une maçonnerie simplement enduite

6.1.2 Toitures

Les relevés présentés ci-dessous sont issus des plans du bâtiment et de visites sur site dans les combles et les zones techniques. Globalement, la toiture du bâtiment est isolée, d'origine pour les extensions et à la suite de travaux de ré-isolation pour la toiture la plus ancienne. Il reste néanmoins des parties non isolées du fait de la géométrie particulière de la toiture.



Figure 12 : Isolation des combles sud-est



Figure 13 : Combles nord-ouest non isolés



Figure 14 : Défaut dans l'isolation des combles est



Figure 15 : Toiture isolée par soufflage

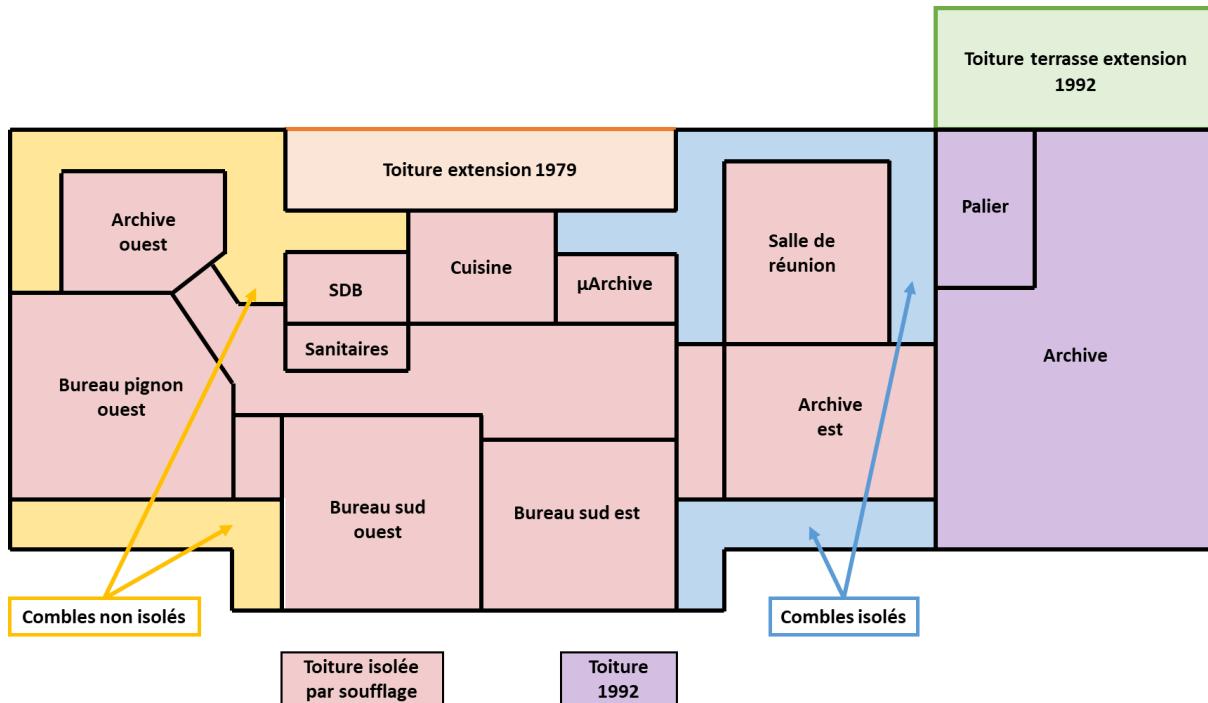


Figure 16 - Toitures R+1

Paroi	Composition (ext vers int)	Epaisseur totale (cm)	R (m².K/W)
Combles isolés (Observation visuelle)	Ardoise Laine de verre 10 cm	10	2,66
Combles non isolés (Hypothèse ¹)	Ardoise	0,5	0,16
Toiture originale isolée par soufflage (Observation visuelle et plans du bâtiment)	Isolant, hypothèse = laine de coton 20cm Solivage 15 cm Brique 4 cm Plâtre 1cm	40	6,26
Toiture terrasse 1980 (Plans du bâtiment)	Béton 16 cm Solivage 15 cm Brique 3 cm Isolant, hypothèse = laine de verre 16 cm Plâtre 1 cm	51	5,99
Toiture terrasse 1992 (Plans du bâtiment)	Béton 22 cm Laine de verre 20 cm Couche d'étanchéité Faux plafond 1 cm	43	5,30
Toiture 1992 (Plans du bâtiment)	Laine de verre 20 cm Faux plafond 1 cm	21	5,18

Tableau 11 : Détail de la composition des toitures

¹ Nous avons constaté via la trappe de la salle de bain que cette partie n'était pas isolée, les autres zones n'étaient pas accessibles mais nous les avons aussi supposées non isolées.

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none">- Combles nord-est et sud-est isolés- Toiture isolée par soufflage
	<ul style="list-style-type: none">- Combles ouest non isolés- Quelques points de l'isolation des combles nord-est en mauvais état

6.2 Menuiseries

Le bâtiment possède des ouvrants de différentes générations et matériaux. Certains ont été remplacés très récemment (salle du conseil notamment) et d'autres semblent d'époque.





Figure 17 : Les différentes menuiseries

Menuiserie	Type	Surface (m ²)	Localisation	U (W.m ⁻² .K ⁻¹)
Fenêtres et portes vitrées	PVC 4/16/4	3	Bureau pignon ouest Bureau sud-ouest Bureau sud-est	1,4
	Aluminium double vitrage 4/6/4	22	Extension 1992	6,1
	Aluminium double vitrage 4/12/4	8	Accueil Couloir RDC vers arrière	3,1
	Aluminium double vitrage 4/16/4	55	Salle du conseil Hall Bureau du maire	1,8
	Bois simple vitrage	8	Cuisine SDB Archive nord Archive est Archive ouest Salle de réunion R+1	4,5
	Bois 4/6/4	6	Salle de réunion RDC Permanence RDC	3

Tableau 12 : Caractéristiques des menuiseries

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none"> - Une partie des ouvrants a récemment été remplacée par du double vitrage performant
	<ul style="list-style-type: none"> - Les ouvrants les plus anciens ne sont pas énergétiquement performant (simple vitrage ou double vitrage fin)

6.1 Planchers bas

On observe quatre types de planchers bas dans le bâtiment. Dans la section originale, la partie centrale du plancher se situe au-dessus de la cave. Les parties latérales sont sur terre-plein. Aucun plancher de cette section du bâtiment n'est isolé. Le plancher bas de l'extension de 1980 donne directement sur l'extérieur et n'est pas isolé. Finalement le plancher bas de l'extension de 1992 donne sur un vide sanitaire et est isolé au polystyrène.

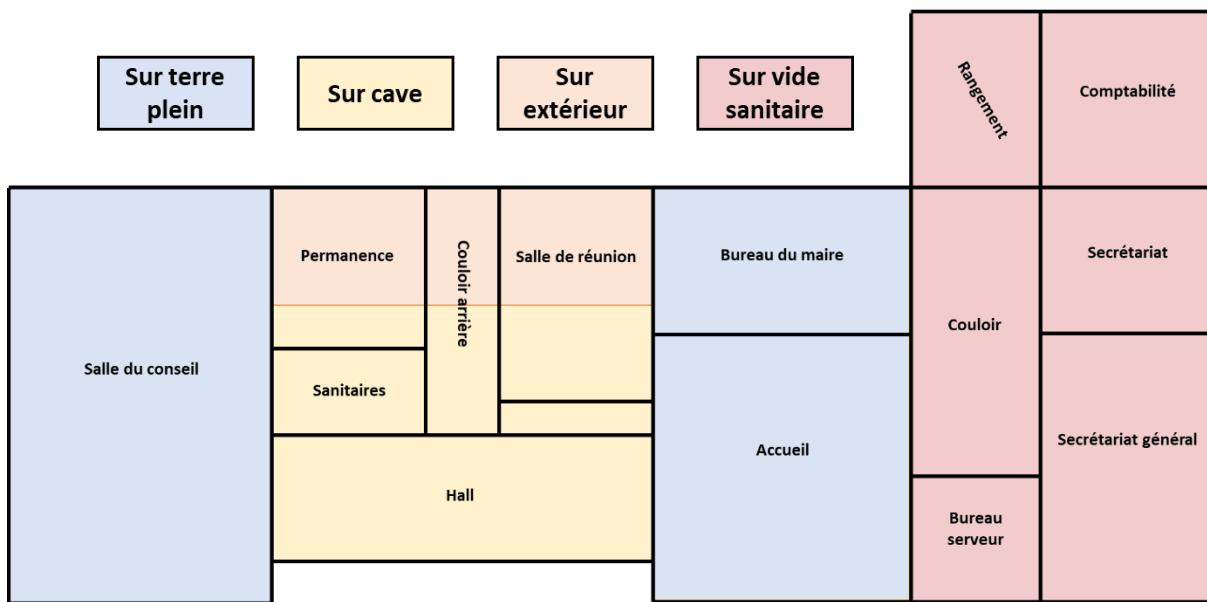


Figure 18 - Planchers bas

7 Les systèmes énergétiques

7.1 Ventilation

7.1.1 Relevés techniques

La ventilation est naturelle dans la partie originale du bâtiment ainsi que dans l'extension de 1980. Dans la seconde extension de 1992, une VMC simple flux assure la ventilation grâce à 9 bouches. La VMC est programmée pour fonctionner de 8h à 18h et son débit maximal est de 700 m³/h.



Figure 19 - Bouches de VMC

Emplacement	Locaux traité	Débit	Type	Puissance unitaire
Zone technique dans l'escalier	Extension 1992	700 m ³ /h	VMC simple flux	152 W

Tableau 13 - Equipements de ventilation

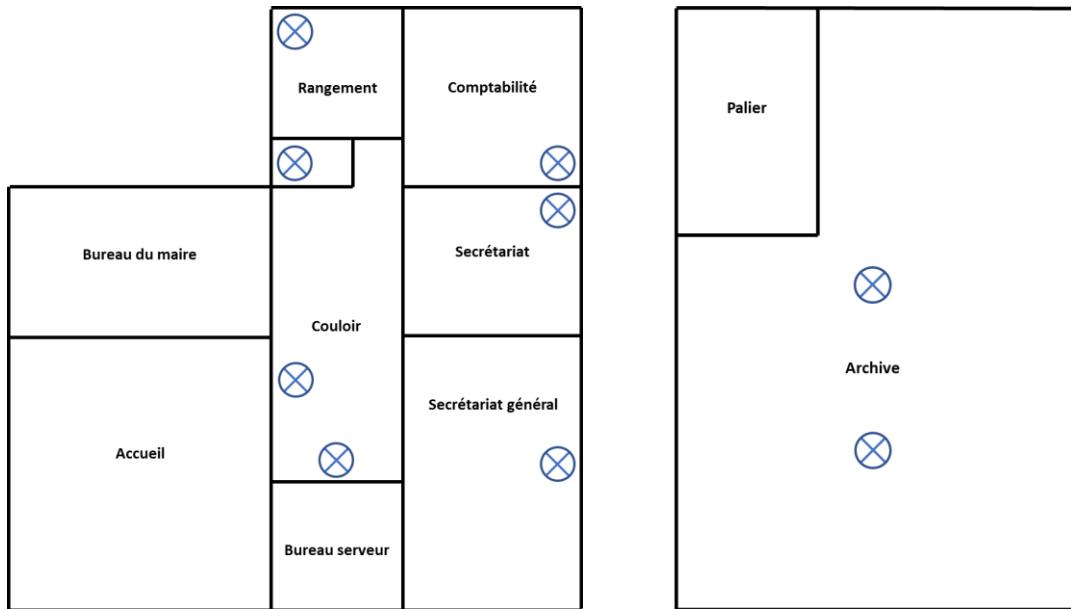


Figure 20 - Emplacement des bouches de VMC de l'extension de 1992 (à gauche de le RDC et à droite le R+1)

Analyse :

	- Programmation de la VMC présente
---	------------------------------------

7.1.2 Mesures

Des mesures de débit ont été effectuées sur les différentes bouches de ventilation de l'extension de 1992. Le débit est plus important dans la salle d'archive à l'étage, ce qui est attendu du fait de la proximité de ces bouches avec le caisson de VMC. Le débit constaté est nettement inférieur au débit attendu. La majorité des bouches semblaient encrassées et nécessiteraient un nettoyage.

Emplacement	Nombre de bouches	Débit total mesuré (m ³ /h)
Secrétariat	1	6,6
Rangement	1	6,82
Comptabilité	1	21,45
Sanitaires	1	16,5
Couloir	2	19,58
Archive étage	2	135,3
Secrétariat général	1	6,6 ¹
Total	9	212,85

Tableau 14 - Débits de ventilation relevés

¹ Débit estimé

Analyse :

	
	<ul style="list-style-type: none"> - Forte disparité de débit entre les bouches de VMC (facteur 10 entre les extrêmes)

7.2 Chauffage

7.2.1 Production de chaleur

La production de chaleur du site est assurée par une chaudière gaz Viessmann Trimatic 7410 160-G d'une puissance de 53 à 67 kW_{th}. Le corps de chauffe date de 1986. Le brûleur est de la marque Oertli, d'une puissance de 17 à 52 kW_{th} pour une consommation de 150 W_e. Le contrôle de la chaudière est effectué directement depuis son panneau de commande. La chaudière est en fonctionnement permanent. La température de sortie de la chaudière a été constatée à 62°C lors de la visite.



Figure 21 : Chaudière gaz



Figure 22 - Panneau de contrôle de la chaudière

Equipement	Marque	Modèle	Puissance	Rendement
Corps de chauffe	Viessmann	Trimatic 7410 160-G	53-67 kW _{th}	92,8%
Brûleur	Oertli	SPM G10E4-1.52	17 – 52 kW _{th} 150 W _e	
Pompe	Grundfos	CC2-180	45 – 90 W _e	

Tableau 15 – Caractéristiques des équipements de chauffage

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none">- Température de chauffe basse (62°C)
	<ul style="list-style-type: none">- Chaudière standard- Pas de programmation horaire, ni de sonde extérieure, ni de vanne trois voies, ni de régulation à distance- Pompe à débit fixe



7.2.2 Distribution

Le chauffage du bâtiment est assuré par des radiateurs à eau chaude.



Figure 23 : Les différents radiateurs



Figure 24 : Isolation dégradée

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none">- Distribution de chaleur au sous-sol et vers les étages isolée
	<ul style="list-style-type: none">- Isolation manquante sur une portion de tuyau à la cave et quelques piquages

7.2.3 Régulation

Le chauffage central fonctionne d'octobre à début mai via des radiateurs à eau chaude. La régulation est individuelle et faite par des robinets thermostatiques.



Figure 25 : Tête thermostatique

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none">- Présence de tête thermostatique sur la majorité des radiateurs
	<ul style="list-style-type: none">- Au moins 3 radiateurs ne disposent pas de régulation individuelle

7.3 Climatisation

Pas de climatisation sur ce bâtiment.

7.4 Equipements

Le bâtiment possède quelques équipements informatiques notamment 2 petits serveurs.



Figure 26 - Equipement informatique

7.4.1 Bureautique

La bureautique représente une puissance installée totale de 3,94 kW.

	Puissance (W)	Nombre	Puissance totale (W)
Ordinateur	80	9	720
Ecran	40	9	360
Copieur	1500	1	1500
Imprimante	150	5	750
Vidéo projecteur	250	1	250
Serveur / NAS / Switch Ethernet	60	6	360
Total			3 940

Tableau 16 : Inventaire de la bureautique RDC

Analyse :

	<ul style="list-style-type: none"> - Les équipements sont de type client léger peu consommateur.
---	---

7.4.2 Eclairage

L'éclairage du site représente une puissance totale de 5,5 kW. 10% des luminaires installés sont de type LED. Ces luminaires sont présents dans l'extension de 1992 et représentent une puissance de 240 W soit 5% de la consommation totale de l'éclairage.



Figure 27 - Différents types de luminaires présents sur le site

Le tableau suivant donne les caractéristiques des luminaires installés sur le site.

	Puissance (W)	Nombre luminaire	Puissance totale (W)
Pavés LED	40	6	240
Incandescence	75	27	2 000
Tubes fluorescents	1x36	4	150
	1x58	13	750
	2x58	12	1 400
	4x18	13	940
Total		50	5 480

Tableau 17 : Inventaire des éclairages

Analyse :

	- Les luminaires des bureaux de l'extension de 1992 sont de type LED
	- Les luminaires du reste du bâtiment ne sont pas aussi performants

7.4.3 Eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire est produite par un ballon électrique situé dans la cave. Il était cependant éteint lors de la visite.

Matériel	Volume (L)	Puissance (W)	Nombre	Puissance totale (kW)
Ballon ECS	15	2000	1	2
Total				2

Tableau 18 : Inventaire des équipements de production d'ECS

7.4.4 Divers

Divers équipements sont installés, notamment dans la salle de pause : réfrigérateur, machine à café, micro-onde.

8 Bilan du confort actuel

8.1 Retour des occupants

Afin de bien comprendre les problèmes au niveau du confort dans le bâtiment, les remarques et observations des différents occupants ont été recueillies.

Le principal retour concerne le bureau ouest à l'étage. Celui-ci présente en effet une forte surchauffe l'été.

8.2 Mesures de température réalisées

Un relevé de température a été effectué dans la salle du conseil. La température mesurée était de 21°C.

8.3 Relevés à la caméra thermique

Etage	Remarques
RdC	On constate notamment que le Hall est une zone de fortes déperditions notamment ; Un pont thermique important sur l'angle rentrant de l'extension
R+1	Le pont thermique du balcon

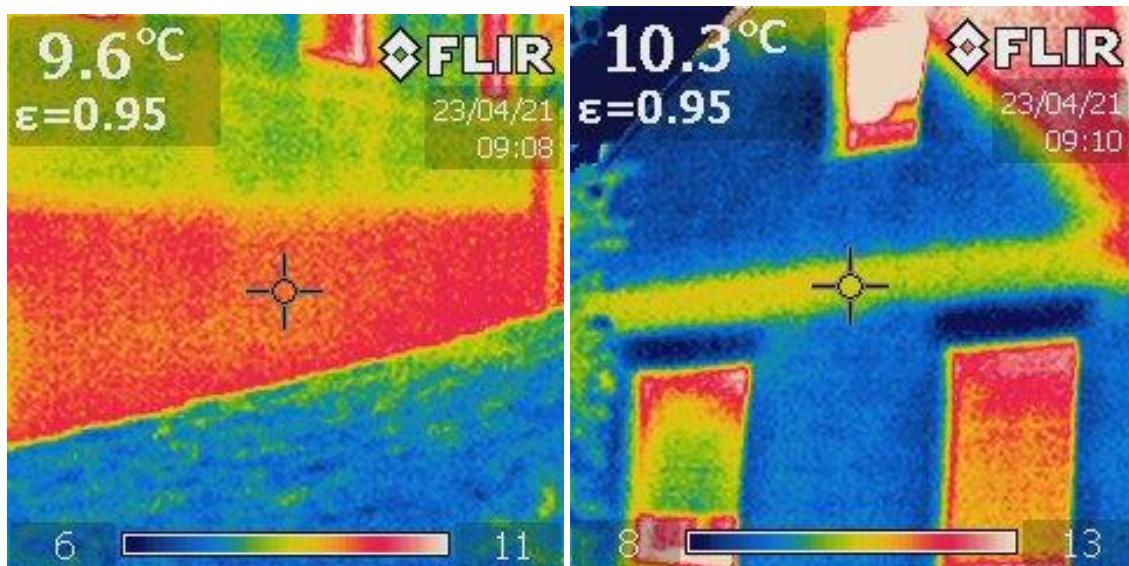
Tableau 19 : Bilan des relevés à la caméra thermique

8.3.1 Rez-de-chaussée

A gauche le plancher bas devant le hall, à droite une menuiserie.



A gauche le vide sanitaire de l'extension et à droite le point thermique du plancher bas.



8.3.2 R+1

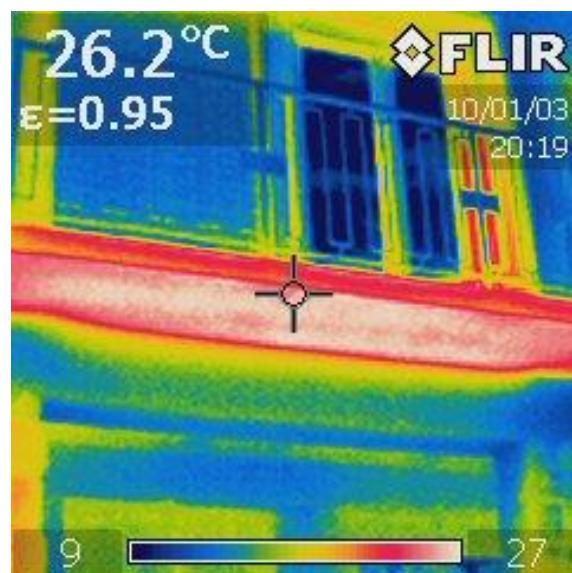
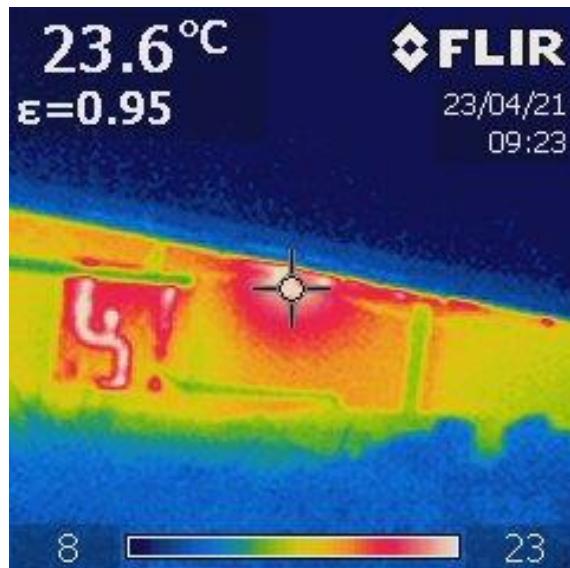


Figure 28 - Pont thermique à l'étage



8.3.3 Sous-sol



9 Répartition des consommations en énergie

9.1 Introduction

A partir des informations récoltées et détaillées précédemment, l'objectif est de créer des modèles des consommation d'énergie du site cohérents avec les consommations réelles. Ces modèles peuvent ensuite être utilisés pour calculer les gains possibles.

Le premier modèle est pour la consommation de gaz et les besoins de chauffage.

Le second est pour l'électricité qui utilisée pour les usages suivants :

- Les auxiliaires de la chaufferie,
- La ventilation
- L'éclairage
- La bureautique
- L'eau chaude sanitaire,
- Le poste divers.

9.2 Chauffage

9.2.1 Données météorologiques

Les données météorologiques retenues dans le cadre du calcul des déperditions thermiques du bâtiment sont celles de la station météorologique de Vannes-Séné (56). La température extérieure de référence est de -4°C (température la plus basse envisagée). La température du sol sera considérée égale à 12°C.

La différence entre la température intérieure et la température extérieure moyenne d'une journée s'appelle degrés-jours. Les degrés-jours s'additionnent sur une saison de chauffe et sont proportionnels à la quantité de chaleur à apporter au bâtiment. On parlera de degrés-jours unifiés (DJU) lorsque la température intérieure est considérée à 21°C. On s'intéresse ici au DJU de 2017 à 2019. On considère une saison de chauffe du 1er octobre au 31 mai.

Mois	DJU
Janvier	321
Février	316
Mars	271
Avril	185
Mai	132
Juin	–
Juillet	–
Août	–
Septembre	–
Octobre	129
Novembre	264
Décembre	296
Total	1 914

Tableau 20 : DJU moyens Vannes-Séné 2017 - 2019

9.2.2 Calcul des déperditions thermiques

Les déperditions représentent la puissance thermique à apporter au bâtiment pour maintenir la température souhaitée dans les bâtiments lorsque les conditions extérieures sont les plus rigoureuses (-4°C).

On considère une température de consigne de 21°C dans les bureaux.

Les résistances thermiques utilisées pour le calcul des déperditions sont disponibles dans les relevés.

	Watts	%
Murs extérieurs	5 410 W	20%
Ouvrants	6 320 W	24%
Toiture et combles	3 950 W	15%
Linéiques	770 W	3%
Plancher	3 190 W	12%
Air neuf	7 020 W	26%
Total déperditions	26 660 W	100%

Tableau 21 : Déperditions thermiques

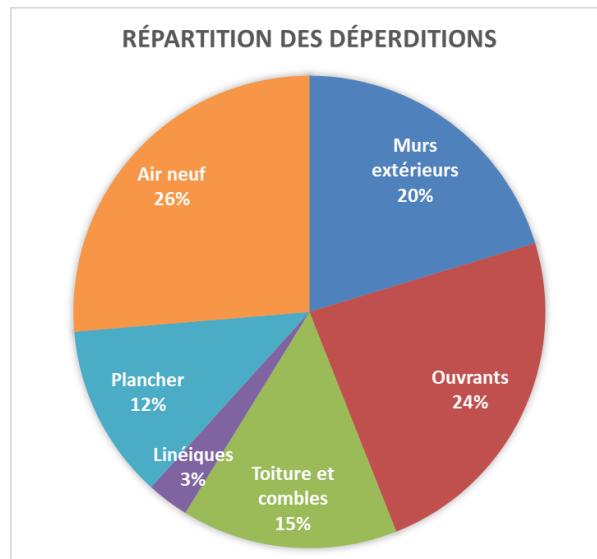


Figure 29 : Répartition des déperditions

	Bureaux
Surface chauffée¹	536 m ²
Ratio surfacique	50 W/m ²
Volume chauffé	1 245 m ³
Coeff. Surpuissance	1,1
Puissance appelée	29 kW

Tableau 22 - Puissance appelée et ratios comparatifs

¹ Incluant les surfaces <1,8 m de hauteur sous plafond

	Audit énergétique – Mairie d'Allaire
	Indice B – 07 Juin 2021

Bureaux	
Besoin de chaleur	51 600 kWh _{th}
Rendement distribution	95%
Rendement chaudière	92%
Consommation de gaz	62 300 kWh _{PCS}

Tableau 23 - Besoin de chauffage et consommation de gaz théorique

Le modèle de déperdition prédit une consommation de gaz de 62,3 MWh_{PCS} par saison de chauffe pour une consommation réelle constatée de 62,2 MWh_{PCS}

La différence entre la consommation théorique et la consommation réelle est inférieure à 5%, on valide donc le modèle.

9.3 Autres usages - Electricité

9.3.1 Auxiliaires de chauffage

Les auxiliaires de chauffage se composent du brûleur de la chaudière gaz et de la pompe de circulation de l'eau chauffée. On considère un fonctionnement en continu pendant toute la période de chauffage (du 1^{er} octobre au 31 mai).

Usage	Puissance installée en kW _e	Durée de fonctionnement Heures	Consommation kWh _e	Coût ¹ €TTC
Brûleur	0,15	5 040	756	123
Pompe de circulation	0,09	5 040	454	74
TOTAL			1 210	197

Tableau 24 - Consommations théoriques des auxiliaires de chauffe

9.3.2 Climatisation

Le bâtiment n'est pas climatisé.

9.3.3 Ventilation

La VMC est en fonctionnement de 8h à 18h tout au long de l'année, soit une durée de fonctionnement de 3 650 h/an. Avec une puissance électrique de 152 W la ventilation représente donc une consommation électrique de 555 kWh, soit un coût annuel de 90 €TTC.

Equipement	P _{installée} (kW)	Temps de fonctionnement annuel (h)	Consommations (kWh/an)	Coût annuel (€/an)
VMC	0,152	3 650	555	90

Tableau 25 - Consommation théorique de la ventilation

¹ Coût de l'électricité utilisé 163 €TTC/MWh_e

	Audit énergétique – Mairie d'Allaire
	Indice B – 07 Juin 2021

9.3.4 Eclairage

Le temps de fonctionnement de l'éclairage varie selon les zones.

Il a été pris les hypothèses suivantes :

- Salle du conseil : 7h/semaine, 52 semaines/an,
- Bureaux et Hall : 50% de la puissance en fonctionnement 7h/j, 5 j/semaine, 52 semaines/an,
- Sanitaires : 1 h/j, 5 j/semaine, 52 semaines/an.

La consommation des luminaires présents dans les autres zones (combles, cave) a été considérée comme négligeable aux vues de la faible fréquence d'utilisation de ceux-ci.

Catégorie	P _{installée} (kW)	Temps de fonctionnement annuel (h)	Consommations (kWh/an)	Coût annuel (€/an)
Salle du conseil	0,76	364	277	45
Bureaux	2,72	910	2 475	403
Sanitaires	0,375	260	98	16
Total			2 849	464

Tableau 26 - Consommation théorique de l'éclairage

9.3.5 Bureautique

Les appareils de bureautiques consomment de l'énergie durant leur utilisation mais également en période de veille.

Les hypothèses de consommation pour chaque équipement sont les suivantes :

- Ordinateurs fixes et portables : 7 h/jour, 5 j/semaine, 52 semaines/an
- Imprimantes, copieurs, vidéoprojecteurs : consommation négligée,
- Serveurs : toute l'année.

Équipement	P _{installée} (kW)	Temps de fonctionnement annuel (h)	Consommations (kWh/an)	Coût annuel (€/an)
Ordinateur	0,45	1 820	819	133
Copieur / Imprimante	/	/	/	/
Serveurs	0,36	8 760	3 504	571
Total			4 323	705

Tableau 27 - Consommation théorique de la bureautique



9.3.6 Divers

Les consommations dues aux éléments divers sont réparties en plusieurs catégories. On suppose les temps de fonctionnement suivants :

- Réfrigérateur : toute l'année,
- Equipements cuisine (micro-ondes, bouilloires...) : 1 minute / jour

Equipement	P _{considérée} (kW)	Temps de fonctionnement annuel (h)	Consommations (kWh/an)	Coût annuel (€/an)
Réfrigérateur et divers	0,05	8 760	438	71
Total			438	71

Tableau 28 - Calcul des consommations dues aux éléments divers

9.4 Tableau de bord des consommations

9.4.1 Synthèse

Poste	Energie	Consommation	Emissions de GES	Coût
		kWh _{EF}	tCO ₂	€TTC
Chauffage	Gaz	56 126	12,7	3 021
Chauffage (auxiliaires)	Elec	1 210	0,1	197
Climatisation	Elec	0	0,0	0
Ventilation	Elec	555	0,0	90
Eclairage	Elec	2 849	0,2	464
Bureautique	Elec	4 323	0,3	705
ECS	Elec	0	0,0	0
Divers	Elec	438	0,0	71
TOTAL		Gaz 56 126 kWh_{EF} Elec 9 375 kWh_e	13,3 tCO₂	4 549 €TTC

Tableau 29 - Synthèse des consommations

En comparant avec les consommations réelles, on obtient des différences inférieures à 5%. Ce modèle de répartition est donc retenu.

	Théorique	Réel	Différence
Gaz	62 300 kWh _{PCS}	62 200 kWh _{PCS}	-1%
Elec	9 375 kWh _e	9 262 kWh _e	+1%

Tableau 30 - Différence de consommations théoriques et réelles

9.4.2 Répartition des consommations

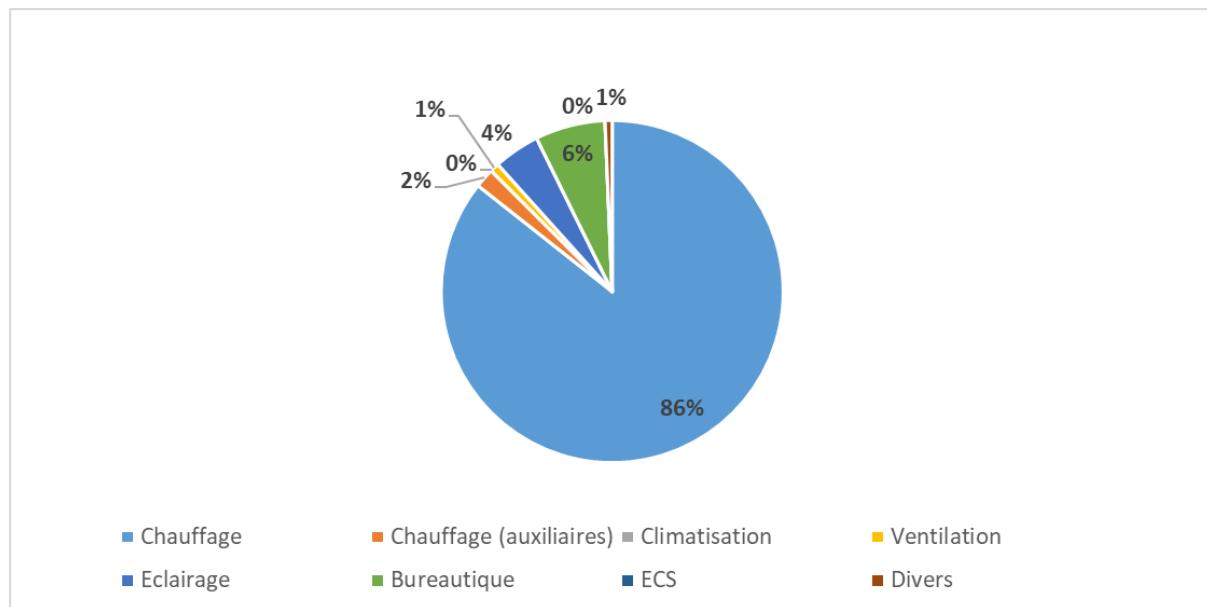


Figure 30 - Répartition des consommations

9.4.1 Répartition des coûts

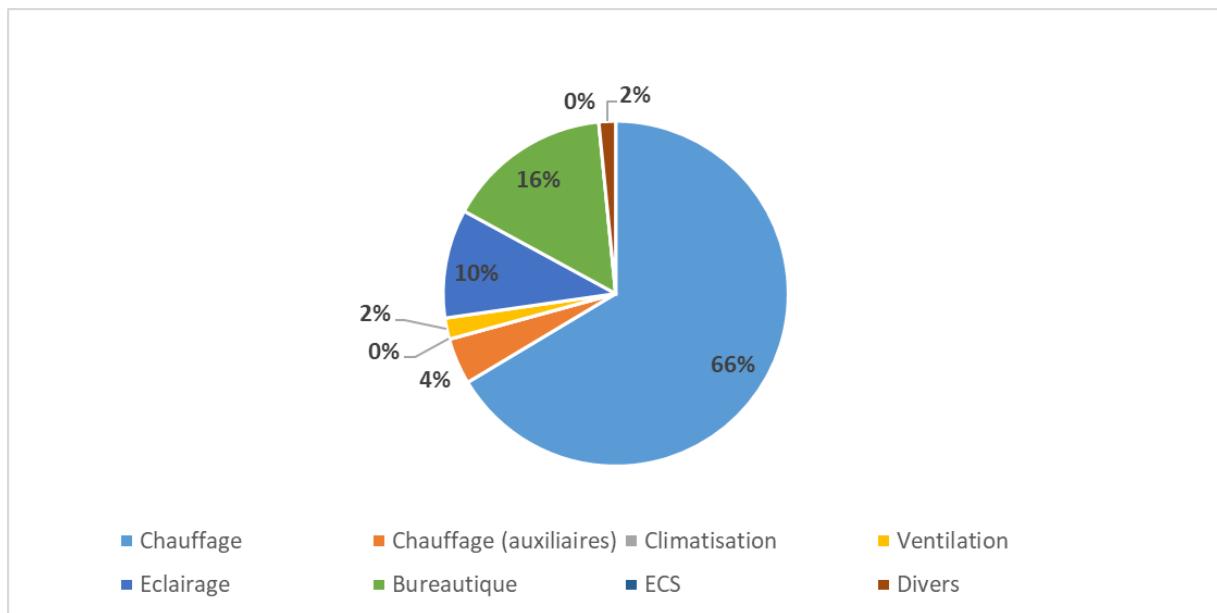


Figure 31 - Répartition des coûts

10 Programme d'améliorations

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

Pour chaque solution, les économies financières présentées sont des économies à l'année 1 calculées sur la base du dernier prix payé par l'entreprise :

- Gaz : 53,4 €TTC/MWh_{PCS},
- Électricité : 163 €TTC/MWh_{elec.}

Les temps de retour sont actualisés en fonction de l'augmentation du prix des énergies. Les augmentations prises en compte sont les suivantes :

- Gaz +3 %/an,
- Électricité : +3 %/an.



La liste des actions étudiées est détaillée ci-dessous.

- Analyse du projet d'extension sur 2 aspects :
 - o Compacité (incluant l'amélioration de l'isolation),
 - o Adaptation du chauffage existant aux nouvelles parties de bâtiments.
- Raccordement du bâtiment au réseau de chaleur de l'école :
 - o Analyse de la densité thermique
- Solution 1 – isolation plancher bas sur cave
- Solution 2 – isolation plancher sur vide sanitaire 1979
- Solution 3 – isolation plancher R+1 au-dessus entrée Hall
- Solution 4 – Isolation de la toiture du bâtiment d'origine
- Solution 5 – isolation murs partie 1971 par l'intérieur
- Solution 6 – isolation murs partie 1971 par l'extérieur
- Solution 7 – remplacement des menuiseries peu performante
- Solution 8 – ajout d'une CTA double flux
- Solution 9 – remplacement chauffage actuel par une chaudière gaz condensation
- Solution 10 – installation d'une régulation communicante
- Solution 11 – relamping LED
- Solution 12 – installation d'une centrale solaire photovoltaïque

10.1 Analyse énergétique du projet d'extension

Note importante : cette analyse porte uniquement sur les questions énergétiques et ne juge en aucun cas de la pertinence du projet au vue des autres enjeux.

Un projet d'extension est envisagé. A ce stade, la solution d'aménagement privilégiée est la suivante selon « l'étude de Restructuration de la Mairie » du cabinet PROGECC Loire-Bretagne :

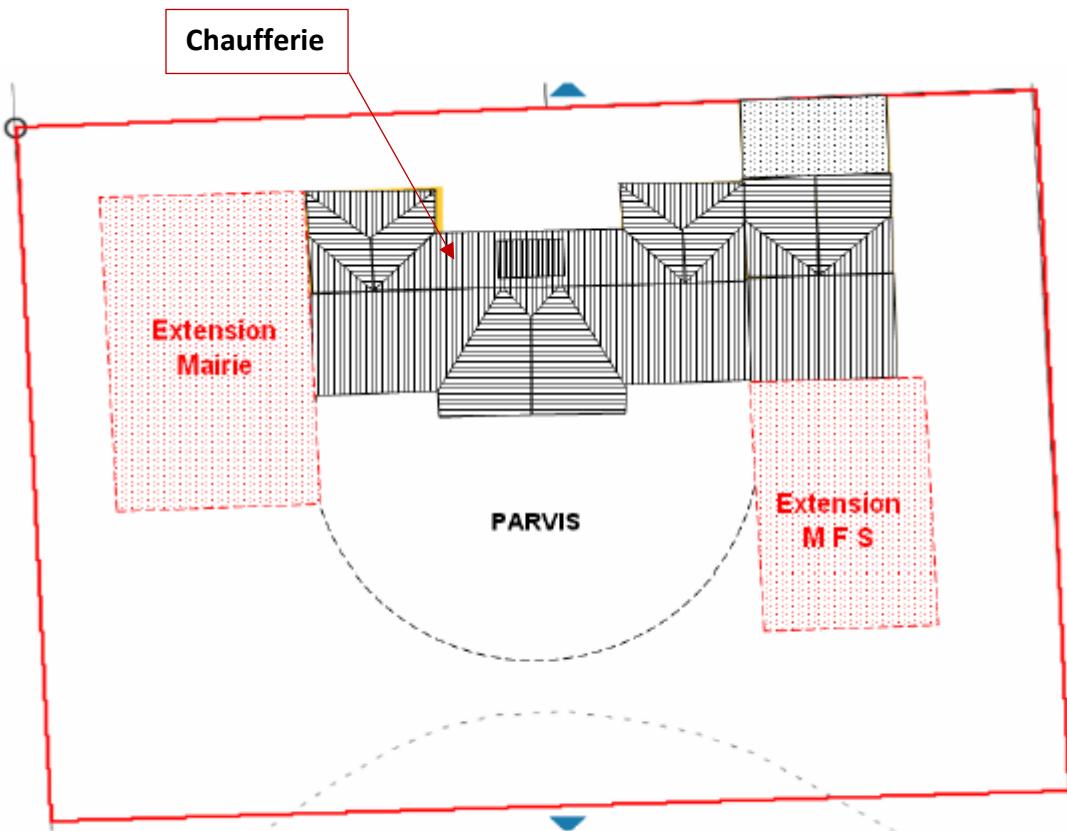


Figure 32 : Projet de restructuration de la Mairie - scénario envisagé

Nous avons analysé qualitativement ce projet sur 2 aspects : compacité et adaptation du chauffage au nouveau bâtiment.

Côté thermique, l'Extension Mairie permet de réduire les déperditions de cette partie ancienne du bâtiment. La partie Extension MFS a un impact faible, l'extension étant déjà isolée.

Le fait d'avoir 2 parties de plain-pied est moins performante côté compacité et l'adaptation du chauffage sera plus compliquée car cela nécessite de tirer deux nouveaux circuits depuis la chaufferie dont un relativement éloignée (celui pour la partie MFS).

Le scénario le plus performant sur les aspects énergétiques serait d'avoir à l'emplacement de L'extension Mairie, la totalité de la surface ajoutée sur 2 niveaux.

Scénario actuel		
Détail	Compacté	Adaptation du chauffage existant
Extension Mairie	++	++
Extension MFS	+	--
Scénario 2 niveaux à l'emplacement Extension Mairie		
Extension Mairie RdC et R+1	+++	+++

Tableau 31 : analyse énergétique du projet d'extension

Préconisations :

Si le projet actuel est confirmé, nous vous préconisons d'envisager :

- La création d'un circuit eau chaude pour l'extension Mairie,
- Le chauffage de la partie Extension MFS par des pompes à chaleur aérothermiques air/air type mono ou multi-splits.

10.2 Analyse du possible raccordement du bâtiment au réseau de chaleur biomasse de l'école

Il est envisagé de raccordement la Mairie au réseau de chaleur biomasse de l'école dont les caractéristiques sont rappelées ci-dessous.

En base : 1 chaudière biomasse 99 kW

En appoint : 1 chaudière gaz 2 allures 140-185 kW avec vanne 3 vois et sonde extérieure.





Après analyse de la densité thermique, il ne semble pas pertinent de raccorder la Mairie à la chaufferie Biomasse. En effet, la densité est de 0,37 MWh/ml ce qui très faible, très loin des 1 à 1,5 MWh/ml minimum exigé par dans les projets financés par les COTER et l'ADEME.

Longueur réseau	155	ml
Chaleur à livrer	57,7	MWh/an
Densité thermique calculée	0,37	MWh/(ml.an)
Densité thermique - ADEME	1,5	MWh/(ml.an)
Densité thermique - COTER	1	MWh/(ml.an)

Nous vous déconseillons donc ce scénario en l'état car la chaleur livrée sera beaucoup plus chère que la situation actuelle et donc l'investissement n'aura aucune rentabilité.

Afin de rendre ce scénario viable, il faudrait avoir d'autres bâtiments (avec une consommation significative) à raccorder soit sur le trajet soit proche de la Mairie.

Solution n°1 : Isolation du plancher bas sur cave

Investissement	6 000 €TTC	
C2E	176 MWh _{cumac} 970 €	
Economie année 1	2 800 kWh _{PCS} 0,6 tCO ₂	
	150 €TTC	
Temps de retour actualisé	>20 ans	

Etat des lieux :

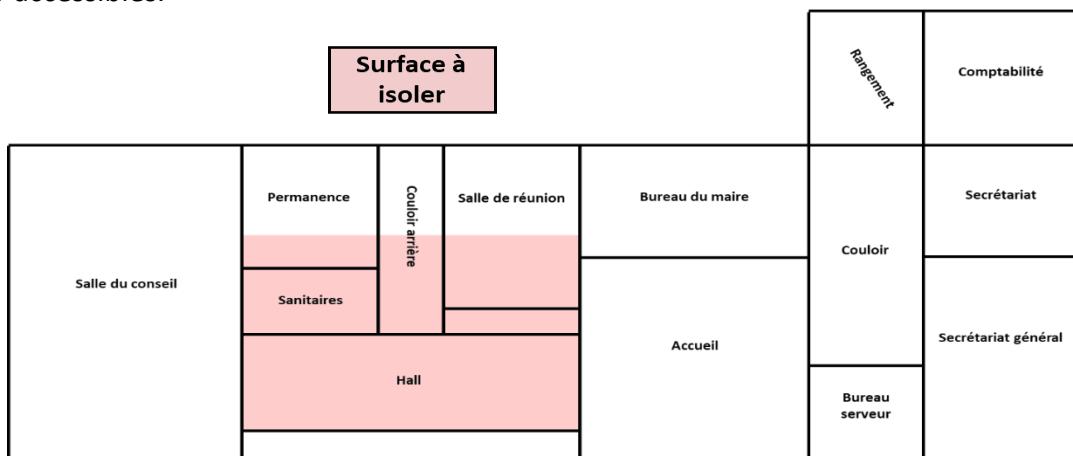
Actuellement, le plancher de la portion du rez-de-chaussée situé au-dessus de la cave n'est pas isolé.



Figure 33 : Absence d'isolation sous le plancher sur cave

Description de l'action :

Cette solution propose d'isoler le plancher par en dessous avec de l'ouate de cellulose posée par flocage. Il sera nécessaire de descendre les éclairages. La solution peut recouvrir les tuyaux de chauffage, il faut néanmoins laisser apparent les purges, vannes et autres pièces devant rester accessibles.



Zoom sur l'ouate de cellulose :



Figure 34 - Ouate de cellulose en vrac

L'ouate de cellulose est un matériau biosourcé communément utilisé dans l'isolation de combles perdus, de planchers et de murs. Elle est obtenue à partir de papiers recyclés et de résidus de scieries ayant reçu des traitements pour garantir la résistance au feu, empêcher la formation de moisissure et la venue de rongeurs. La composition de l'ouate de cellulose en fait un isolant biosourcé qui associe forte perméabilité à la vapeur d'eau et une bonne régulation de l'humidité.

Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-103 isolation d'un plancher. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 176 MWhcumac pour une prime de 970 €¹.

Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de

	Coût €TTC
Isolation et pose	5 000
Reprise des éclairages	1 000
Total	6 000

Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 2 800 kWh_{PCS} par an, soit 0,6 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 150 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

Solution n°2 : Isolation du plancher bas de l'extension de 1979

Investissement	1 500 €TTC	
C2E	45 MWh _{cumac} 250 €	
Economie année 1	1 700 kWh _{PCS}	
	0,35 tCO ₂	
Temps de retour actualisé	90 €TTC	
Temps de retour actualisé	8 ans	

Etat des lieux :

Actuellement, le plancher de la portion du rez-de-chaussée ajoutée lors des rénovations de 1980 n'est pas isolé et donne directement sur l'extérieur.



Figure 35 : Absence d'isolation sous le plancher de l'extension de 1980

Description de l'action :

Cette solution propose d'isoler le plancher par en dessous avec de l'ouate de cellulose posée par flocage.

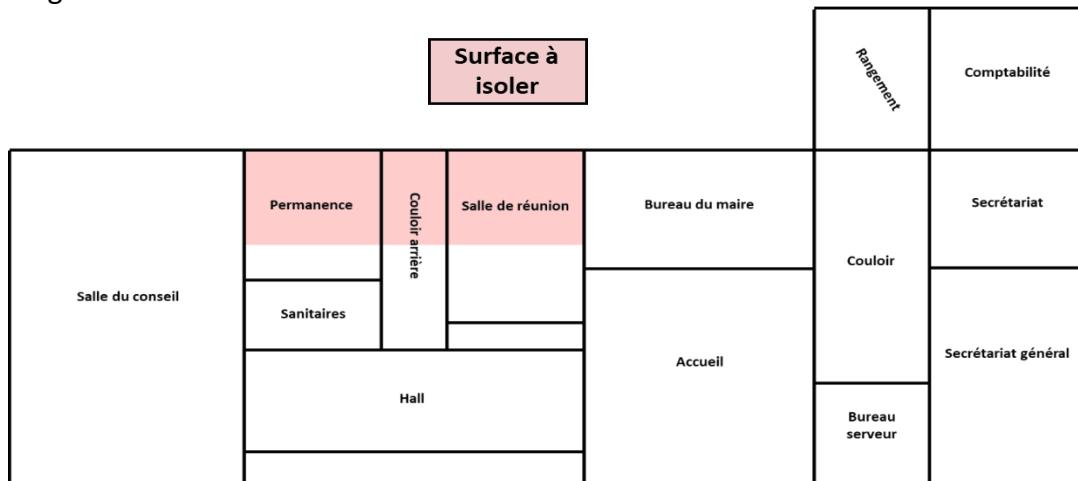


Figure 36 : Plancher bas sur vide extérieur



Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-103 isolation d'un plancher. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 45 MWhcumac pour une prime de 250 €¹.

Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de 1 500 €TTC.

Economie d'énergie :

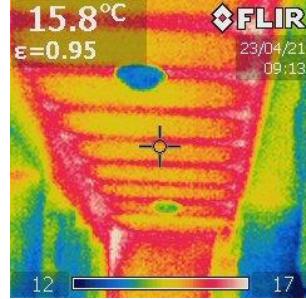
Cette solution permet une réduction de consommation de 1 700 kWh_{PCS} par an, soit 0,35 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 90 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

Solution n°3 : Isolation du plancher R+1 au-dessus de la porte du Hall

Investissement	1 000 €TTC	
C2E	27 MWhcumac 150 €	
Economie année 1	1 200 kWh _{PCS} 0,3 tCO ₂	
Temps de retour actualisé	65 €TTC 11 ans	

Etat des lieux

Une partie du plancher du R+1 au-dessus de la porte du hall n'est pas isolée et n'est constitué que d'un plancher lourd.



Figure 37 : Plancher R+1 au-dessus du Hall

Description de l'action

Cette solution propose d'isoler le plancher par en dessous avec de l'ouate de cellulose posée par flocage ou en panneaux.

Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-103 isolation d'un plancher. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 27 MWhcumac pour une prime de 150 €¹.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac



Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de 1 000 €TTC.

Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 1 200 kWh_{PCS} par an, soit 0,3 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 65 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

Solution n°4 : Isolation des combles

Investissement	3 500 €TTC	
C2E	46 MWh _{cumac} 250 €	
Economie année 1	4 700 kWh _{PCS} 1,0 t CO ₂	
	250 €TTC	
Temps de retour actualisé	11 ans	

Etat des lieux

Les combles de la partie ouest du bâtiment ne sont pas isolés.



Figure 38 : Absence d'isolation dans les combles

Description de la solution

Cette solution propose d'isoler les combles ouest avec des panneaux d'ouate de cellulose.

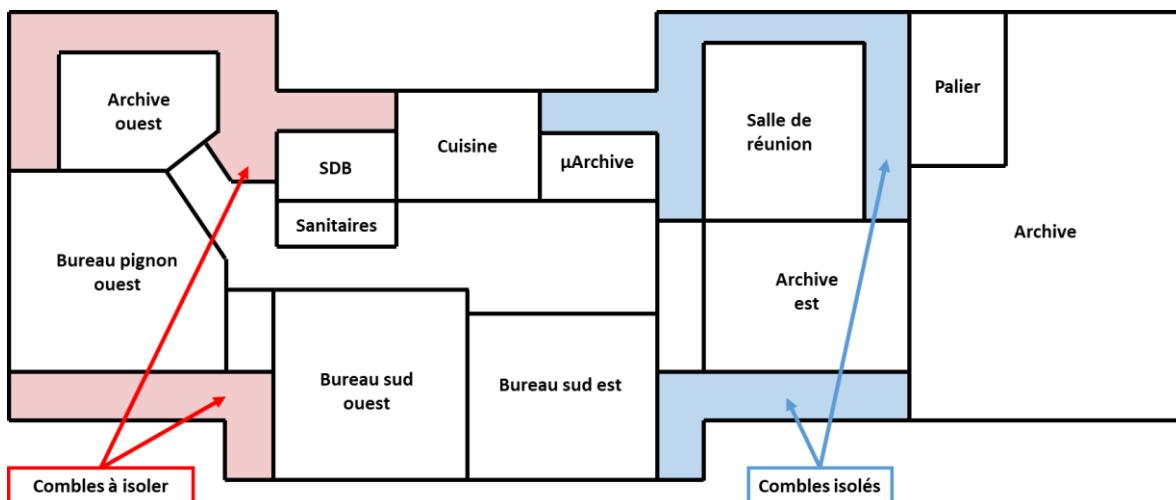


Figure 39 – Combles à isoler



Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-106 isolation des combles. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 46 MWhcumac pour une prime de 250 €¹.

Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de 3 500 €TTC.

Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 4 700 kWh_{PCS} par an, soit 1 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 250 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

Solution n°5 : Isolation des murs par l'intérieur

Investissement	10 000 €TTC	
C2E	/	
Economie année 1	7 800 kWh _{PCS} 1,6 tCO ₂	
	420 €TTC	
Temps de retour actualisé	18 ans	

Etat des lieux

Les murs de la section du bâtiment datant d'avant 1980 ne sont pas isolés, notamment les murs du hall.

Description de la solution

Cette solution propose d'isoler les murs originaux par l'intérieur avec des panneaux d'ouate de cellulose.

La solution par l'intérieur est moins chère à l'investissement au global mais elle induit une perte de surface, une gêne lors des travaux (indisponibilité des locaux) pour les occupants et nécessite une reprise des prises et autres éléments aux murs.

Par ailleurs, des ponts thermiques peuvent apparaître à certains endroits.

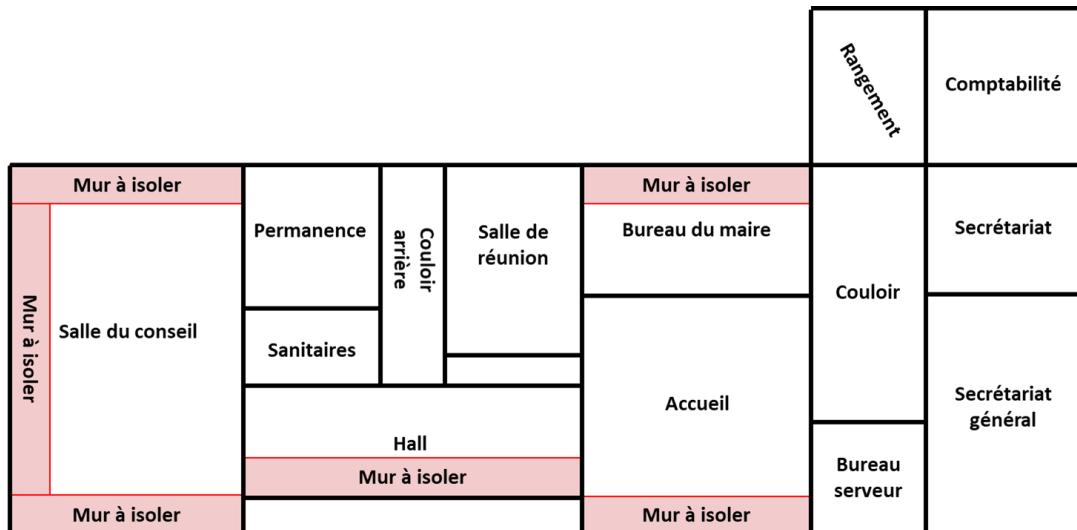


Figure 40 – Murs à isoler RDC

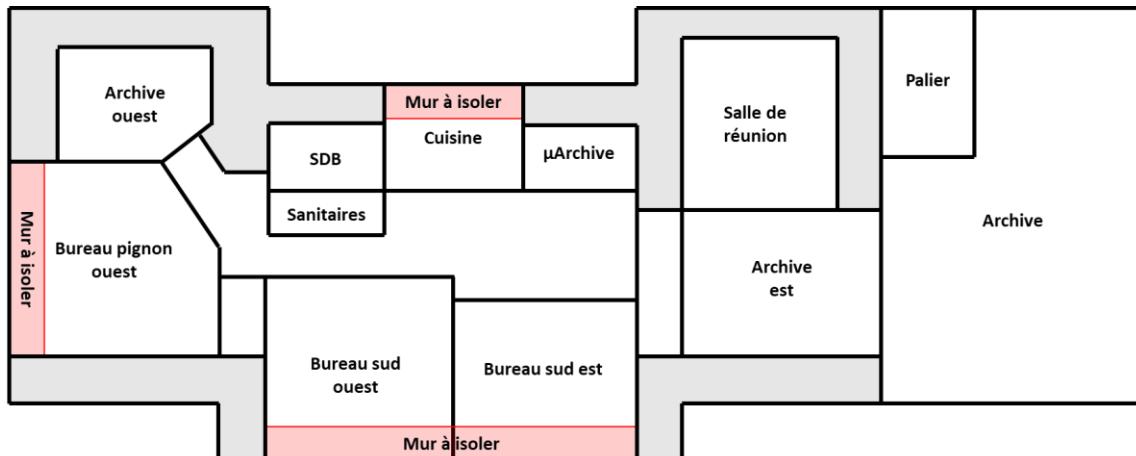


Figure 41 – Murs à isoler R+1

Certificats d'économie d'énergie C2E :

/

Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de

On considère ici 10 €TTC/m² pour la reprise des prises et autres éléments. Attention, ce montant peut varier selon les éléments en place aux murs et l'âge des installations électriques.

Coût €TTC	
Isolation	8 500
Reprise des éléments électriques	1 500
Total	10 000

Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 7 800 kWh_{PCS} par an, soit 1,6 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 420 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

Solution n°6 : Isolation des murs par l'extérieur

Investissement	40 000 €TTC	
C2E	/	
Economie année 1	8 000 kWh _{PCS} 1,6 tCO ₂	
	430 €TTC	
Temps de retour actualisé	> 20 ans	

Etat des lieux :

Les murs de la section du bâtiment datant d'avant 1980 ne sont pas isolés, notamment les murs du hall.

Description de l'action :

Cette solution propose d'isoler les murs originaux par l'extérieur avec des panneaux d'ouate de cellulose.

Cette solution est plus chère mais ne présente pas les problèmes de l'isolation par l'intérieure sur la place perdue et la gêne lors des travaux.

Cependant, elle impact l'aspect extérieur du bâtiment. C'est donc un choix esthétique.

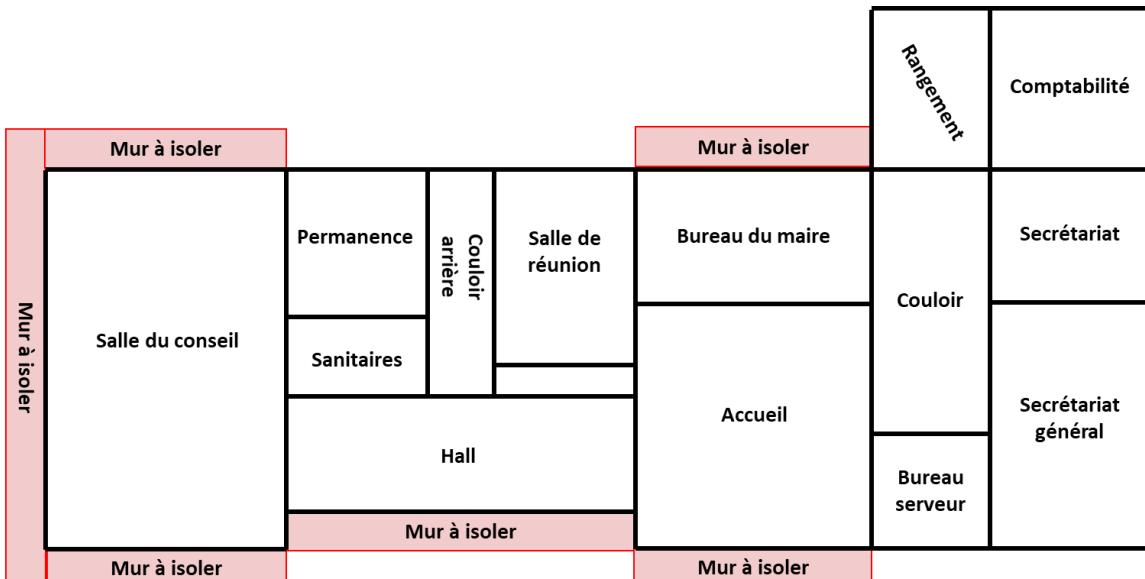


Figure 42 – Murs à isoler RDC

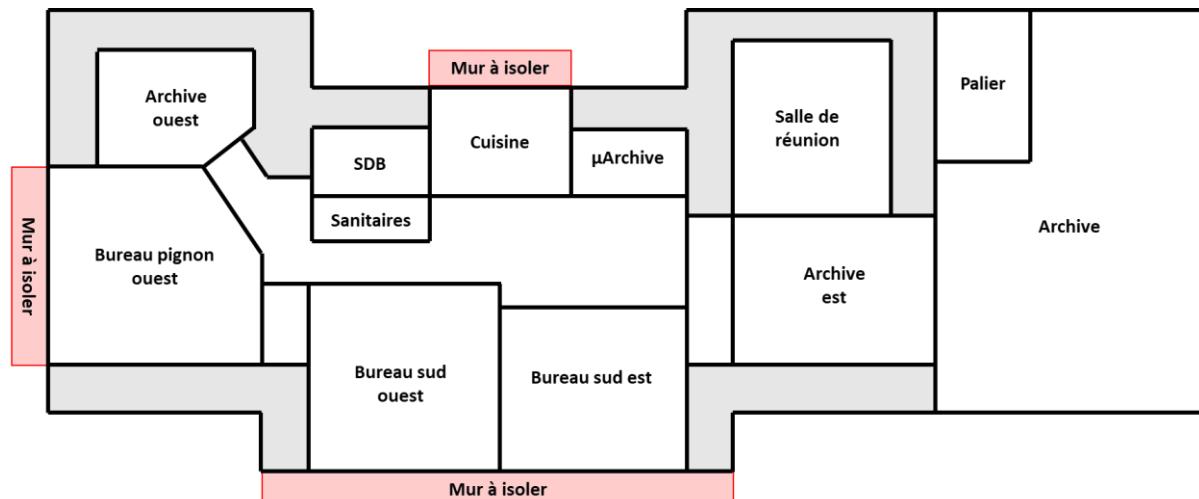


Figure 43 - Murs à isoler R+1

Certificats d'économie d'énergie C2E :

/

Investissements :

Cette solution nécessite un investissement de 40 000 €TTC.

Economie d'énergie :

Cette solution permet une réduction de consommation de 8 000 kWh_{PCS} par an, soit 1,6 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 430 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

Solution n°7 : Remplacement des menuiseries

Investissement	21 000 €TTC		
C2E	89 MWh _{cumac} 490 €		
Economie année 1	3 600 kWh _{PCS}		
	0,7 tCO ₂		
Temps de retour actualisé	190 €TTC >20 ans		

Etat des lieux :

Une partie des menuiseries est constituée d'ouvrants simple vitrage ou double vitrage fin (4/6/4) qui ne sont pas performants énergétiquement. Ces menuiseries représentent une surface totale de 33 m².



Figure 44 - Exemples de menuiseries à remplacer

Description de l'action :

Cette solution propose de remplacer les menuiseries peu performantes par des menuiseries double vitrage 4/16/4.



Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-EN-104 fenêtre isolante. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 89 MWhcumac pour une prime de 490 €¹.

Investissements :

Cette solution nécessite donc un investissement de 21 000 €TTC.

Economie d'énergie :

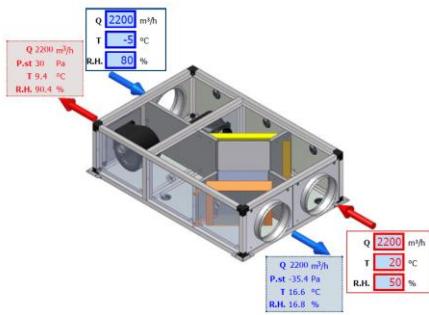
Cette solution permet une réduction de consommation de 3 600 kWh_{PCS} par an, soit 0,7 tCO₂. Avec un tarif d'achat de gaz de 53,4 €TTC/MWh_{PCS}, les économies sur la facture de gaz sont de 190 €TTC/an.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

Solution n°8 : Ajout d'une CTA double flux

Investissement	40 000 €TTCS	
C2E	146 MWh _{cumac} 800 €	
Economie année 1	- 1 170 kWh _e 7 500 kWh _{PCS} 1,5 t CO ₂	
	210 €	
Temps de retour actualisé	> 20 ans	

Etat des lieux :

Actuellement, la ventilation est naturelle. Elle est faite par l'ouverture des fenêtres et par les défauts d'étanchéité du bâti et des menuiseries.

Du fait de l'isolation des différentes parois (murs, toiture) et du changement des ouvrants, le renouvellement par les défauts d'étanchéité va être fortement limité.

C'est pourquoi, nous vous conseillons la mise en œuvre d'une ventilation mécanique dans les différentes pièces.

Elle sera dimensionnée afin de répondre à la réglementation soit à minima 18 m³/h par personne dans les pièces.

Description de l'action :

L'action propose d'installer un système de ventilation comprenant :

- Un caisson de ventilation double flux avec échangeur et régulation de débit,
- Un réseau de gaines de soufflage et d'extraction,
- Les ensembles de bouches de soufflage, d'extraction, les registres coupe-feu et pièges à son,
- La régulation, l'électricité,
- Un départ eau chaude dédié pour la batterie.

L'action améliore le confort des occupants et pérennise le bâtiment. Elle maîtrise les consommations sur le chauffage. Elle induit cependant des couts énergétiques supplémentaires sur l'électricité.

Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-TH-126 ventilation mécanique double flux avec échangeur. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 146 MWhcumac pour une prime de 800 €¹.

Investissements :

L'investissement est estimé à 40 000 €TTC.

Caisson compris grutage et installation	12 000 €HT
Gaines, bouches, piquages, perçages	15 000 €HT
Réseau eau chaude	3 500 €HT
Régulation et électricité	3 000 €HT
Total TTC	40 000 €TTC

Economie d'énergie :

Cette solution permet une économie de 7 500 kWh_{PCS} sur le chauffage mais induit un surcout de 1 170 kWh_e électriques.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

Solution n°9 : Remplacement du chauffage actuel par une chaudière gaz à condensation

Investissement	20 000 €TTC	
C2E	161 MWh _{cumac} 900 €	
Economie année 1	6 700 kWh _{PCS}	
	1,4 tCO ₂	
	360 €	
Temps de retour actualisé	>20 ans	

Etat des lieux :

La chaudière existante est vétuste. Elle date de 1986.

Description de l'action :

Il est proposé le remplacement de la chaudière existante par une chaudières neuve de type chaudière à condensation avec brûleur modulant. La nouvelle chufferie aurait une puissance de 1x40 kW

Certificats d'économie d'énergie C2E :

Cette action est éligible à la fiche C2E BAT-TH-102 chaudière à haute performance énergétique. Le volume de C2E obtenu serait d'environ 161 MWhcumac pour une prime de 900 €¹.

Investissements :

L'investissement est estimé à 20 000 €TTC. Il comprend :

- La dépose de l'existant,
- La fourniture et la pose de la nouvelle chaudière,
- Le tubage inox du conduit de fumées,
- La reprise de l'électricité, le raccordement gaz et la partie hydraulique,
- Les essais,
- La mise en service.

Economie d'énergie :

Cette solution permet une économie de 6 700 kWh_{PCS} sur le chauffage grâce au meilleur rendement de la chaudière.

¹ On suppose ici un prix de rachat des C2E à 5,5 €/MWhcumac

Solution n°10 : Installation d'une régulation communicante

Investissement	3 500 €TTC	
C2E	/	
Economie année 1	7 100 kWh _{PCS}	
	1,5 t CO ₂	
	380 €	
Temps de retour actualisé	8 ans	

Etat des lieux :

La chaudière existante fonctionne en permanence. Il n'y a pas de sonde extérieure, de vanne trois voies sur le départ, ni de programmation de réduits pendant les périodes d'inoccupation.

Description de l'action :

Il est proposé d'ajouter un régulateur communicant accessible à distance afin de faciliter la gestion de la chaufferie et notamment facilitée une conduite économique en énergie en réglant facilement : les températures de consigne, un planning d'occupation.

Cette action suppose que l'action précédente est réalisée afin d'avoir une chaudière pouvant être contrôler par une automate externe.

Certificats d'économie d'énergie C2E :

/

Investissements :

L'investissement est estimé à 3 500 €TTC. Il comprend la fourniture et la pose d'un automate communicant avec des synoptiques embarqués pour la gestion de la chaudière et des plannings.

Economie d'énergie :

Cette solution permet une économie de 7 100 kWh_{PCS} sur le chauffage grâce à la mise en place de réduits de température la nuit, le week-end, les jours fériés et pendant les périodes de congés.

Solution n°11 : Eclairage LED pour l'ensemble du bâtiment

Investissement	4 500 €TTC	
C2E	/	
Economie année 1	1 180 kWh _e	
	0,1 tCO ₂	
Temps de retour actualisé	190 €	
Temps de retour actualisé	> 20 ans	

Etat des lieux :

Globalement l'éclairage est en tubes fluorescents T8 peu performants.

6 luminaires sont déjà des pavés LED.

Description de l'action :

Il est proposé d'installer des luminaires LED en remplacement 1 pour 1.

Certificats d'économie d'énergie C2E :

/

Investissements :

L'investissement est estimé à 4 500 €TTC pour le remplacement de 45 luminaires.

Economie d'énergie :

Cette solution permet une économie de 1 180 kWh_e sur la consommation électrique grâce aux meilleures performances des luminaires LED.

Autre aspect :

Cette action améliore le confort des occupants et réduit la maintenance nécessaire sur le site.

Solution n°12 : Installation d'une centrale solaire photovoltaïque

Investissement	22 000 €TTC	
Production année 1	10,3 MWh _e	
Gains année 1	1 560 €TTC	
Prime	2 520 €TTC	
Temps de retour actualisé	13 ans	

Description de l'action :

Il est proposé d'installer des panneaux solaires photovoltaïques sur la toiture du bâtiment. La consommation d'électricité étant faible, cette solution se concentre sur une installation de revente. Pour un optimiser l'exposition et minimiser les risques d'ombrages, la zone d'installation proposée est la face sud de la toiture. La puissance de panneaux installée considérée est de 9 kW

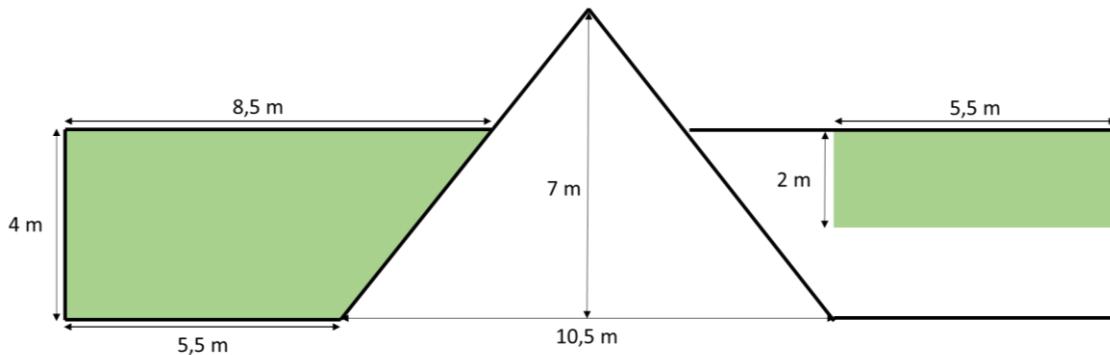


Figure 45 – Surface à installer

Aides :

Il est considéré dans les gains de l'année 1 la prime de 280 €/kWc.

Investissements :

L'investissement est estimé à 22 000 €TTC. Il comprend :

- L'installation des panneaux solaires sur la toiture,
- Le raccordement des panneaux,
- Le compteur de revente,

Gains :

La production annuelle estimée de l'installation est de 10,3 MWh/an. Avec un tarif de revente de l'électricité à 151,2 €/MWh, les gains de revente annuels estimés sont de 1 560 €TTC.



11 Aides et subventions

11.1.1 Certificats d'économie d'énergie (C2E)

Le dispositif des C2E est détaillé en annexe de ce rapport. Les primes associées sont détaillées dans chaque solution.

12 Scénarios

Nous avons étudié différents scénarios. Nous obtenons au final 3 cas :

Scénario -30% incluant les actions suivantes :

- Action 1
- Action 2
- Action 3
- Action 4
- Action 7
- Action 9
- Action 10
- Action 11

Investissement brut	61 000 €TTC
C2E	3 010 €
Investissement net	57 990 €TTC
Gains	1 675 €TTC
ROI net	> 20 ans
Ratio avant	170 kWh _{EP} /m ² .an
Ratio avant	119 kWh _{EP} /m ² .an
Gain en énergie primaire	-51,7 kWh _{EP} /m ² .an -30,4%
Taux d'ENR	0%

Scénario -40% incluant les actions précédentes ainsi que :

- Action 5
- Action 8

Investissement brut	111 000 €TTC
C2E	3 810 €
Investissement net	107 200 €TTC
Gains	2 225 €TTC
ROI net	> 20 ans
Ratio avant	170 kWh _{EP} /m ² .an
Ratio avant	101 kWh _{EP} /m ² .an
Gain en énergie primaire	-68,9 kWh _{EP} /m ² .an -40,4%
Taux d'ENR	0%

Scénario -40% avec énergie renouvelable incluant le PV.

Investissement brut	133 000 €TTC
C2E	3 810 €
Investissement net	129 190 €TTC
Gains	3 785 €TTC
ROI net	> 20 ans
Ratio avant	170 kWh _{EP} /m ² .an
Ratio avant	101 kWh _{EP} /m ² .an
Gain en énergie primaire	-68,9 kWh _{EP} /m ² .an -40,4%
Taux ENR	>100% sur l'élec 16% sur l'énergie finale

13 Conclusion

Il est possible avec le scénario 3 d'atteindre un gain sur le bâtiment supérieur à 40% en énergie primaire tout en produisant l'équivalent de la totalité de la consommation électrique annuelle de la Mairie via du photovoltaïque.

Cela nécessite cependant un ambitieux programme de rénovation incluant des travaux sur l'enveloppe ainsi que les systèmes énergétiques dont l'aspect économique s'apprécie uniquement sur une vision patrimoniale et long terme.

14 Annexes

14.1 Définition des différentes notations d'énergie

Energie finale :

Energie livrée au consommateur pour sa consommation finale (gaz, électricité, fioul, bois...). Elle correspond à l'énergie payée par le consommateur à son fournisseur en kWh_{PCI} . Elle s'exprime en kWh_{EF} .

Energie utile ou énergie thermique :

Energie réellement disponible pour le consommateur. Elle correspond à l'énergie disponible en sortie de chaudière et est exprimée en kWh_{th} .

$$\text{Energie utile} = \text{Energie finale} \times \text{Rendement de production}$$

Energie primaire :

Energie disponible directement dans la nature avant toute transformation. Elle est calculée selon les règles suivantes (arrêté du 15 sept. 2006) :

- Energie électrique : $\text{kWh}_{\text{EP}} = 2,58 \times \text{kWh}_{\text{EF}}$ (tient compte de la production et du transport de l'électricité),
- Autres énergies : $\text{kWh}_{\text{EP}} = 1 \times \text{kWh}_{\text{EF}}$.

14.2 Notations

Notations utilisées pour les énergies :

- | | |
|--|----------------------------|
| • Energie utile sortie chaudière (énergie thermique) : | kWh_{th} |
| • Energie combustible PCI : | kWh_{PCI} |
| • Energie combustible PCS : | kWh_{PCS} |
| • Energie électrique : | kWh_{elec} |
| • Energie Primaire : | kWh_{EP} |
| • Energie Finale | kWh_{EF} |

Abréviations :

ECS : Eau Chaude Sanitaire

EP : Energie Primaire

PCI : Pouvoir calorifique inférieur

PCS : Pouvoir calorifique supérieur

GES : Gaz à effet de serre

14.3 DJU

La différence entre la température intérieure et la température extérieure moyenne d'une journée s'appelle degrés-jours. Les degrés-jours s'additionnent sur une saison de chauffe et sont proportionnels à la quantité de chaleur à apporter au bâtiment. On parlera de degrés-jours unifiés (DJU) lorsque la température intérieure est considérée à 18°C. La température extérieure de référence est de -4°C (température la plus basse envisagée).

Nous considérons une période de chauffe du 1er octobre au 1er mai.

14.4 Rappel sur les besoins thermiques

En chauffage ou en climatisation, le besoin thermique dépend des échanges thermiques avec l'extérieur qui sont fonction de la température extérieure.

Le bilan thermique prend également en compte les éléments suivants :

- Les apports internes :
 - Les personnes présentes,
 - La puissance dissipée due aux équipements électriques (éclairage, bureautique),
- Les apports externes : les apports solaires.

Les apports gratuits (internes ou externes) peuvent avoir une influence importante sur le bilan thermique, il est donc important de bien les définir et les prendre en compte.

14.5 Les menuiseries

Les caractéristiques énergétiques d'une menuiserie sont au nombre de trois :

- Son coefficient de transmission thermique U_w en $W/(m^2.K)$,
- Son facteur solaire S_w compris entre 0 et 1,
- Son facteur de transmission lumineuse T_{lw} compris également entre 0 et 1.

La composition de la menuiserie (simple, double, triple vitrage), l'épaisseur et les caractéristiques du verre utilisé, l'épaisseur de la lame d'air ou de gaz sont autant de facteurs modifiant ces caractéristiques.

Le coefficient de transmission thermique U_w influence la déperdition de chaleur hivernale. Plus il est faible, plus la menuiserie est performante d'un point de vue isolation.

Le facteur solaire S_w représente la capacité de la menuiserie à transmettre la chaleur. Plus il est élevé, plus la menuiserie transmet le rayonnement solaire.

Le facteur de transmission lumineuse T_{lw} représente la capacité à laisser entrer la lumière naturelle. Plus il est élevé, plus les apports lumineux seront importants.

14.6 Les C2E, 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 cumac (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 ENE de 2010 prolonge le dispositif pour 3 ans.



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 cumac 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.