



Bureau d'Études Techniques

Chauffage – Climatisation – Solaire – Ventilation – Plomberie – Électricité – SSI

AUDIT ENERGETIQUE

Foyer et salle polyvalente

29410 PLOUNEOUR MENEZ



Maître d'ouvrage :



SDEF

9 Allée SULLY

29200 QUIMPER

Tél. 02 98 10 36 36

E-mail : contact@sdef.fr

Bureau d'Etudes :



SAS ATIS

110 rue Charles Nungesser

29490 GUIPAVAS

Tél. 02 98 46 32 19

Mail : atis@atis.bzh

Indice B

Création : 01/09/2023

Modifié : 12/10/2023

SYNTHÈSE – RÉSUMÉ

Le SDEF a décidé de commander la réalisation d'audits énergétiques sur plusieurs bâtiments communaux de ses adhérents. La prestation s'inscrit dans la conformité à la norme NF EN 16247-1 et la cible gouvernementale de réduire la consommation énergétique fossile de 40% à l'échéance 2030 et 60% à l'échéance 2050.

Données administratives	
Activité	Foyer Salle polyvalente
Localisation	Rue de la Libération 29 410 Plounéour Menez
Année de construction	1984

Types d'énergies	
Chauffage	Fioul
ECS	Electricité

Données d'activités	
Nombre de bâtiments	1
Niveaux	1
Surface chauffée (m²)	382

Résultats RT du bâtiment existant

Note : Les résultats issus d'un calcul réglementaires RT existant (méthode Th-CE-ex) sont différents d'un calcul DPE.

Bâtiment	Chauffage	ECS	Ventilation	Auxiliaires	Eclairage	Total (kWhEP/m².an)
Foyer et salle polyvalente	157,5	/	24,6	5,6	28,7	216,4

Note : La surface de référence prise en compte dans le calcul RT existant est la **SHON RT** afin de vérifier la conformité au label BBC rénovation.

SHON RT = surface utile X 1.1 = 421 m²

Nous avons mené un audit énergétique sur le foyer et la salle polyvalente à Plounéour Menez. Le bâtiment a été modélisé afin de pouvoir étudier plusieurs optimisations. Pour chacune d'entre-elles, nous avons étudié les économies réalisables (au niveau des consommations), l'investissement nécessaire, et plusieurs autres critères nous permettant de juger de leur intérêt pour le bâtiment.

Une synthèse des résultats est présentée ci-dessous :

	Optimisation(s)	Consommation de combustible (kWhEF)	Gain combustible (%)	Consommation d'électricité (kWhEF)	Gain électricité (%)	Consommation totale (kWhEF)	Gain total (%)	Coût annuel (euros TTC)	Gain facture (%)	Economie 1ère année (euros TTC)	Investissement (euros TTC)	TRI brut (années)	Emission de CO2 (kg eqCO2)	Aides CEE (euros HT)
N°	Modèle de base	57915	/	9891	/	67806	/	11 245 €	/	/	/	/	19415	/
1	Isolation par l'extérieur ($R \geq 3,7$ $5m^2 \cdot K/W$)	56730	2,0%	9681	2,1%	66411	2,1%	11 013 €	2,1%	232 €	55 000 €	237	19013	5380
2	Isolation par l'intérieur ($R \geq 3,7$ $5m^2 \cdot K/W$)	53733	7,2%	9790	1,0%	63523	6,3%	10 555 €	6,1%	689 €	41 000 €	59	18049	5380
3	Remplacement des menuiseries $U_w = 1,3$ et $S_w = 0,35$	43068	25,6%	9493	4,0%	52561	22,5%	8 790 €	21,8%	2 455 €	86 000 €	35	14575	2750
4	Isolation de la toiture	54073	6,6%	10786	-9,0%	64859	4,3%	10 809 €	3,9%	436 €	43 000 €	99	18199	5240
5	Mise en place d'un système de VMC double flux	51623	10,9%	10558	-6,7%	62181	8,3%	10 371 €	7,8%	873 €	46 000 €	53	17411	1900
6	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau	0	100,0%	25358	-156,4%	25358	62,6%	5 072 €	54,9%	6 173 €	64 000 €	10	5670	3440
7	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois	45515	21,4%	9618	2,8%	55133	18,7%	6 475 €	42,4%	4 769 €	110 000 €	23	1205	17040
8	Remplacement du chauffage de la salle polyvalente	31640	45,4%	13489	-36,4%	45129	33,4%	7 760 €	31,0%	3 484 €	30 000 €	9	10834	1010
9	Remplacement de l'éclairage par des LED	58840	-1,6%	8736	11,7%	67576	0,3%	11 162 €	0,7%	83 €	14 000 €	169	19598	430
10	Mise en place d'une GTC	52123	10,0%	9891	0,0%	62014	8,5%	10 318 €	8,2%	927 €	6 000 €	6	17538	410
11	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau et remplacement du plancher chauffant par des ventilo convecteurs	0	100,0%	25296	-155,7%	25296	62,7%	5 059 €	55,0%	6 185 €	73 000 €	12	5519	3440
12	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois et remplacement du plancher chauffant par des ventilo convecteurs	45263	21,8%	9638	2,6%	54901	19,0%	6 454 €	42,6%	4 791 €	117 000 €	24	1264	17040

Niveau de précision des investissements : +/- 15 % (hors frais de maîtrise d'œuvre et coût annexes : bureau de contrôle, assurances...)

	Optimisation(s)	Consommation de combustible (kWhEF)	Gain combustible (%)	Consommation d'électricité (kWhEF)	Gain électricité (%)	Consommation totale (kWhEF)	Gain total (%)	Coût annuel (euros TTC)	Gain facture (%)	Economie 1ère année (euros TTC)	Investissement (euros TTC)	TRI brut	Emission de CO2	Aides CEE (euros HT)
N°	Modèle de base	57915	/	9891	/	67806	/	11 245 €	/	/	/	/	19415	/
1	1 + 3 + 4 + 10 + 12	26923	54%	9310	6%	36233	47%	4 554 €	59%	6 690 €	307 000 €	46	994	30 820 €
2	1 + 3 + 4 + 5 + 9 + 10 + 11	0	100%	18815	-90%	18815	72%	3 763 €	67%	7 482 €	323 000 €	43	2154	19 550 €

SOMMAIRE

SYNTHÈSE – RÉSUMÉ	2
SOMMAIRE	4
1. INTRODUCTION.....	6
1.1 OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE.....	6
1.2 METHODOLOGIE UTILISÉE.....	6
1.2.1 1° étape : Réunion de démarrage.....	6
1.2.2 2° étape : Recueil des données	6
1.2.3 3° étape : Visites / Investigations	7
1.2.4 4° étape : Analyse	7
1.2.5 5° étape : Rapport	7
1.2.6 6° étape : Présentation des résultats.....	7
2. CADRE DE L'ÉTUDE	8
2.1 CONTACT PRÉLIMINAIRE / RÉUNION DE DÉMARRAGE	8
2.2 PÉRIMÈTRE.....	9
2.3 RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES.....	9
2.4 CALENDRIER DE L'ÉTUDE	9
2.5 NOMENCLATURE	9
3. RECUEIL DES DONNÉES ET PRÉSENTATION GÉNÉRALE	10
3.1 INFORMATIONS SUR LE SITE	10
3.1.1 Présentation générale	10
3.1.2 Aperçu du bâtiment.....	11
3.2 ÉLÉMENTS MIS À DISPOSITION POUR LE DIAGNOSTIC	11
3.3 HISTORIQUE DES TRAVAUX ET MAINTENANCE EFFECTUÉS	11
4. DESCRIPTION ÉTAT EXISTANT	12
4.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'ENVELOPPE ET DES SYSTÈMES TECHNIQUES	12
4.1.1 Présentation du référentiel d'évaluation des performances	12
4.1.2 Caractéristiques de l'enveloppe.....	13
4.1.3 Ponts thermiques.....	16
4.1.4 Étanchéité à l'air.....	17
4.1.5 Caractéristiques des systèmes techniques.....	17
4.2 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ACTUELLE.....	20
4.2.1 Consommations de fioul	20
4.2.2 Consommations d'électricité	23
4.2.3 Bilan des consommations énergétiques	25
4.3 ÉTUDE RT EXISTANT – RÉSULTATS CALCUL RÉGLEMENTAIRE	26
4.3.1 État initial de référence	26
4.3.2 Analyse des déperditions.....	28
4.4 SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE.....	29
4.4.1 Méthodologie utilisée.....	29
4.4.2 Hypothèses du modèle de simulation.....	30
4.4.3 Résultats de la simulation thermique dynamique	31
5. OPTIMISATIONS ÉNERGETIQUES ET TECHNIQUES DU PROJET.....	33
5.1 SUBVENTIONS.....	33
5.1.1 Aides CEE	34
5.2 HYPOTHÈSES DE CALCUL.....	35
5.2.1 Coût de l'énergie.....	35
5.2.2 Émission de CO ₂	35
5.2.3 Évolution du coût de l'énergie	35
5.3 PRÉCONSEILS D'USAGE DES LOCAUX	36

5.3.1	Chauffage	36
5.3.2	Confort d'été.....	36
5.3.3	Eclairage.....	36
5.3.4	Autres usages	36
5.1	OPTIMISATION 1 : ISOLATION PAR L'EXTERIEUR	37
5.2	OPTIMISATION 2 : ISOLATION PAR L'INTERIEUR	39
5.3	OPTIMISATION 3 : REMPLACEMENT DES MENUISERIES	41
5.4	OPTIMISATION 4 : ISOLATION DE LA TOITURE	43
5.5	OPTIMISATION 5 : REMPLACEMENT DE LA VMC SIMPLE FLUX PAR UNE VENTILATION DOUBLE FLUX	45
5.1	OPTIMISATION 6 : MISE EN PLACE D'UNE PAC AIR / EAU	47
5.2	OPTIMISATION 7 : MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE BIOMASSE.....	49
5.1	OPTIMISATION 8 : MISE EN PLACE D'UNE PAC AIR/AIR DANS LA SALLE POLYVALENTE.....	51
5.1	OPTIMISATION 9 : REMPLACEMENT DE L'ECLAIRAGE TYPE FLUORESCENT EN ECLAIRAGE LED	53
5.1	OPTIMISATION 10 : MISE EN PLACE D'UNE GESTION TECHNIQUE CENTRALISEE POUR LE CHAUFFAGE, L'EAU CHAUDE SANITAIRE, L'ECLAIRAGE ET LES AUXILLIAIRES.....	55
5.2	OPTIMISATION 11 : MISE EN PLACE D'UNE PAC AIR / EAU ET MISE EN PLACE DE VENTIL-CONVECTEURS DANS LA SALLE POLYVALENTE.....	57
5.3	OPTIMISATION 12 : MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE BIOMASSE ET MISE EN PLACE DE VENTIL-CONVECTEURS DANS LA SALLE POLYVALENTE.....	59
6.	PROPOSITIONS DE SCENARIOS DE TRAVAUX	61
6.1	INTRODUCTION	61
6.2	PRESENTATION DES SCENARIOS	62
6.3	RESULTATS DES SCENARIOS D'OPTIMISATIONS	63
6.3.1	Scénario 1	63
6.3.2	Scénario 2	64
6.3.3	Etiquette énergétique.....	65
6.3.4	Bilan économique	66
6.3.5	Conclusion	69
7.	CONCLUSION	70

1. INTRODUCTION

1.1 Objectifs du maître d'ouvrage

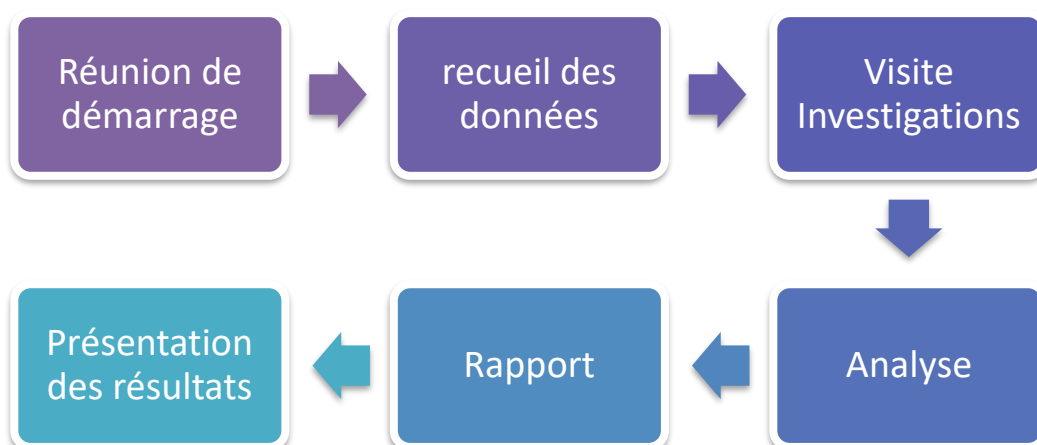
Le SDEF a décidé de commander la réalisation d'audits énergétiques sur plusieurs bâtiments communaux de ses adhérents. La prestation s'inscrit dans la conformité à la norme NF EN 16247-1 et la cible gouvernementale de réduire la consommation énergétique fossile de 40% à l'échéance 2030 et 60% à l'échéance 2050.

L'audit énergétique consiste à :

- Réaliser un état des lieux du site
- Identifier les points faibles du site d'un point de vue énergétique
- Proposer des solutions d'améliorations efficaces et rentables à courts, moyens et longs termes (investissements, gains énergétiques, valeur patrimoniale, confort...)
- Chiffrer les coûts des solutions d'améliorations ainsi que les futures économies réalisables permettant de quantifier les marges de progrès de chaque site (TRI, coût kWh économisé...).

1.2 Méthodologie utilisée

L'audit comportera les six étapes suivantes :



1.2.1 1° étape : Réunion de démarrage

Lors de la réunion de démarrage, nous avons fixé le cadre de l'étude : nous nous sommes accordés sur l'objet et le déroulement du diagnostic ainsi que sur le périmètre de l'étude. Cette réunion a aussi été l'occasion d'organiser les visites du site et de dresser la liste des documents nécessaires.

1.2.2 2° étape : Recueil des données

Lors de cette 2^{ème} étape, nous avons recueilli divers documents nous renseignant sur l'architecture et le fonctionnement du bâtiment (plans, factures énergétiques, raccordements au réseau, historique des travaux...) et sur les systèmes techniques (plans, nomenclatures, cahier de maintenance...).

1.2.3 3° étape : Visites / Investigations

Le relevé est indispensable et implique une visite des locaux et installations, ainsi qu'un entretien avec les occupants et les gestionnaires. La visite a permis d'examiner notamment les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment et le niveau de performance des équipements.

1.2.4 4° étape : Analyse

A l'issue des visites, nous avons analysé les données qui nous ont été fournies ainsi que celles recueillies sur le site. Nous avons alors évalué les performances réelles des installations techniques et du bâti (consommation énergétique...), et nous les avons comparées avec des indicateurs de référence pertinents selon l'activité du bâtiment.

Puis, nous avons proposé des optimisations du bâti et des systèmes le composant (systèmes de chauffage, systèmes de ventilation et de conditionnement d'air, enveloppe du bâtiment...). Nous avons aussi évalué l'impact de chacune de ces améliorations à partir des économies d'énergies et financières réalisées, des investissements nécessaires ou encore du retour sur l'investissement.

1.2.5 5° étape : Rapport

A l'issue de l'analyse, nous avons rédigé ce présent rapport. Il contient un descriptif et un diagnostic des installations techniques et du bâti ainsi que des préconisations techniques répondant aux objectifs du diagnostic. Chaque solution fait l'objet d'une description, d'une analyse financière et d'un bilan énergétique.

1.2.6 6° étape : Présentation des résultats

Ce rapport fera l'objet d'une présentation orale au cours de laquelle seront expliquées et discutées les principales conclusions et préconisations de manière à faciliter les prises de décisions par le maître d'ouvrage.

2. CADRE DE L'ETUDE



2.1 Contact préliminaire / Réunion de démarrage

Lors de ce premier contact, le 02 mars 2023, les membres du SDEF et ATIS ont fait le point sur le périmètre du diagnostic (bâtiments étudiés et axes principaux de l'étude).

Nous avons présenté la démarche de réalisation du diagnostic, discuté des différents documents et informations nécessaires à la réalisation de celui-ci et organisé les visites sur sites.

Nous avons convenu d'étudier et d'analyser les consommations actuelles fioul et électricité des bâtiments.

Le programme de cette étude demande que nous étudions plusieurs bouquets de travaux ayant les objectifs suivants :

1. Un scénario permettant d'atteindre une réduction de 40% des consommations totales (STD)
2. Un scénario permettant d'atteindre une réduction de 60% des consommations totales (STD)
3. Un scénario sur mesure défini avec la maîtrise d'ouvrage à l'issue de la restitution du présent rapport.

Rappel :

La réglementation thermique des bâtiments existants est divisée en deux parties.

La réglementation RT « globale » concerne les bâtiments :

- De plus de 1000 m² de SHON
- Construit après 1948
- Dont le coût des travaux de rénovation thermique est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment

Pour les autres bâtiments, c'est la RT « élément par élément » qui s'applique (réglementation plus légère qui établit des garde-fous à respecter mentionnés dans l'arrêté du 22 mars 2017).

Le foyer et la salle polyvalente ont une SHON inférieure à 1000 m², elles ne peuvent donc pas être soumises à la RT globale.

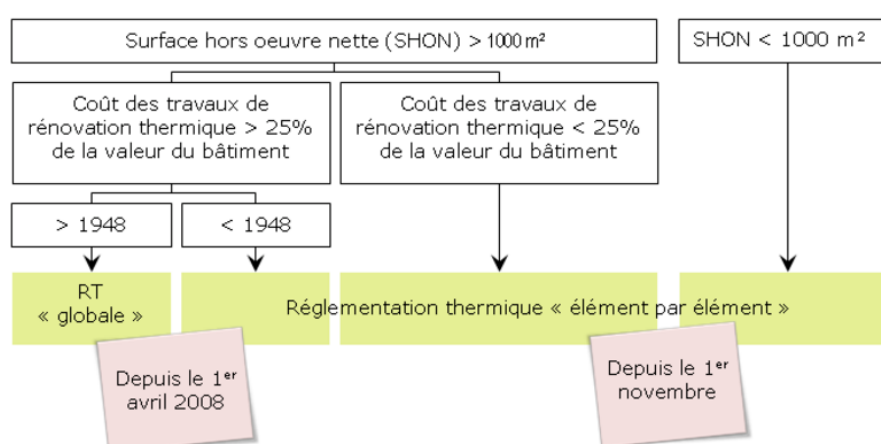


Schéma explicatif RT existant

2.2 Périmètre

Ce diagnostic concerne le foyer et la salle polyvalente à Plounéour Ménez.

Adresse	Activité accueillie
Rue de la Libération 29 410 Plounéour Ménez	Foyer Salle polyvalente

2.3 Renseignements techniques

Pour obtenir des renseignements techniques : ATIS – M. CUEILLE – Tél. 02 98 46 32 19

2.4 Calendrier de l'étude

Nous avons effectué 1 visite sur site :

- Le 15 juin 2023 : Visite du bâtiment

2.5 Nomenclature

DPE : Diagnostic de performance énergétique

Up : coefficient de transmission thermique d'une paroi ($W/m^2.K$)

U : coefficient de transmission surfacique ($W/m^2.K$)

Uw : coefficient de transmission thermique d'une menuiserie ($W/m^2.K$)

R : Inverse du flux thermique à travers un mètre carré d'un système pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces de ce système ($m^2.K/W$)

λ : Conductivité thermique du matériau ($W/m.K$)

Ψ : Coefficient de pont thermique linéique ($W/m.K$)

CEP : Consommation conventionnelle du bâtiment en énergie primaire ($kWhEP/m^2.an$)

PSE : polystyrène expansé

ECS : Eau chaude sanitaire

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

Le PCI d'un combustible (gaz, fioul...) représente la quantité de chaleur qu'il va libérer lors de la combustion.
Le PCS représente la quantité de chaleur qu'il va récupérer en récupérant la chaleur latente de la vapeur produite par la combustion ($PCS > PCI$).

3. RECUEIL DES DONNÉES ET PRÉSENTATION GÉNÉRALE

3.1 Informations sur le site

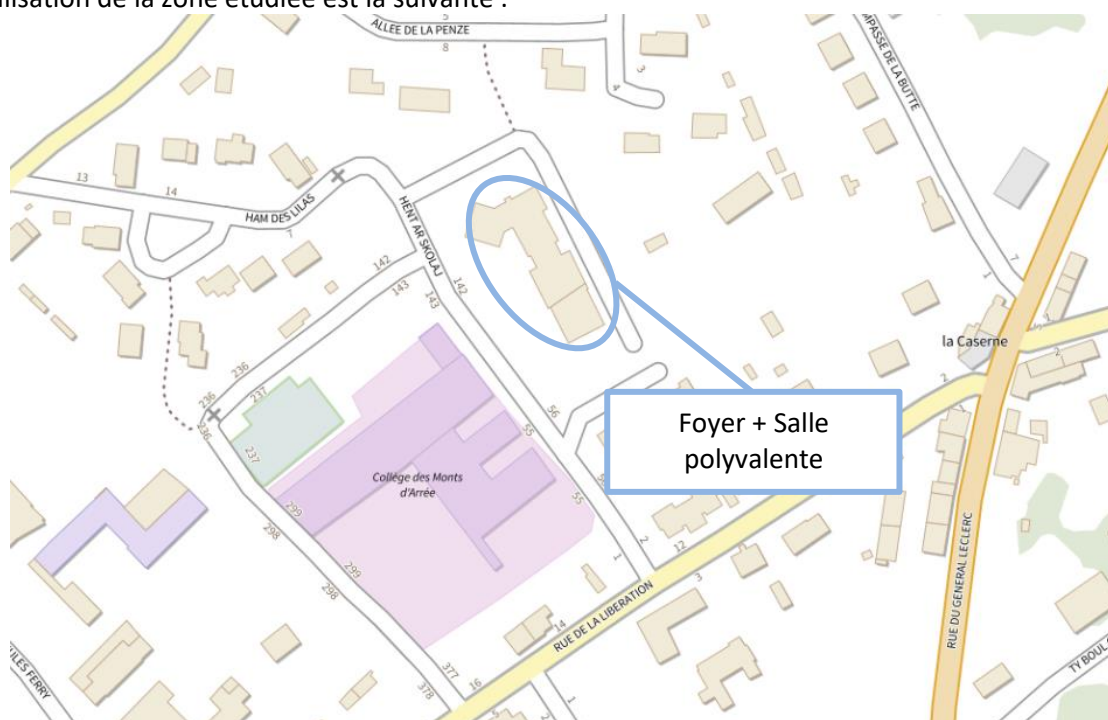
3.1.1 Présentation générale

Le bâtiment est à usage de salle polyvalente et comprend 1 étage.



Plan incendie du bâtiment

La localisation de la zone étudiée est la suivante :



3.1.2 Aperçu du bâtiment



3.2 Éléments mis à disposition pour le diagnostic

La liste des documents reçus pour la réalisation de l'étude est présentée ci-dessous :

Type de document	Nom document analysé
Relevé	Relevé des consommations

3.3 Historique des travaux et maintenance effectués

Type de travaux	Année des travaux	Caractéristiques des travaux
/	/	/

4. DESCRIPTION ETAT EXISTANT

4.1 Caractéristiques de l'enveloppe et des systèmes techniques

Lors des visites et à l'aide des documents en notre possession, nous avons pu relever les caractéristiques de l'enveloppe et des systèmes techniques.

4.1.1 Présentation du référentiel d'évaluation des performances

Le référentiel d'évaluation des performances de l'enveloppe est le suivant :

Performance thermique	Murs extérieurs (W/m ² .K)	Planchers hauts (W/m ² .K)	Planchers bas (W/m ² .K)	Menuiseries (W/m ² .K)
 Très bonne	$U \leq 0.23$	$U \leq 0.12$	$U \leq 0.22$	$U \leq 1.7$
 Bonne	$0.23 < U \leq 0.30$	$0.12 < U \leq 0.17$	$0.22 < U \leq 0.40$	$1.7 < U \leq 2.5$
 Moyenne	$0.30 < U \leq 0.45$	$0.17 < U \leq 0.30$	$0.40 < U \leq 1.0$	$2.5 < U \leq 3.5$
 Mauvaise	$0.45 < U$	$0.30 < U$	$1.0 < U$	$3.5 < U$

Le référentiel d'évaluation pour les systèmes techniques sont les suivants :

Performance	Equipements de chauffage et d'ECS	Equipements de ventilation	Equipements d'éclairage
 Très bonne	< 5 ans	Ventilation double flux, haut rendement	Technologie LED + gestion de l'éclairage (Déecteur de présence, gradation de luminosité,...)
 Bonne	5 < années ≤ 10	Ventilation double flux, entretien moyen	Technologie LED sans gestion de l'éclairage ou technologie fluorescente avec gestion
 Moyenne	10 < années ≤ 20	Ventilation simple flux	Technologie fluorescente ou autre technologie avec gestion
 Mauvaise	20 ans < U	Pas de ventilation	Autre technologie (incandescence, lampe à décharge iodure,...)

4.1.2 Caractéristiques de l'enveloppe

Voici les caractéristiques techniques des parois des bâtiments. Nous récapitulons également les coefficients de transmission thermiques U de chaque paroi.

4.1.2.1 Parois verticales

Nom / composition	Coef. U (W/m².K)	Note	Illustration
Paroi type 1 : mur extérieur Béton Épaisseur = 20 cm Isolé par l'intérieur en laine de verre. Relevés : Épaisseur : 6cm R = 1.46 m².K/W	0.56		
Localisation : Salle polyvalente, Foyer			

4.1.2.2 Parois horizontales – Planchers bas

Nom / composition	Coef. U (W/m².K)	Note	Illustration
<u>Paroi type 2 : Plancher bas sur terre-plein</u> Dalle béton isolée sous chape, avec plancher chauffant. <u>Hypothèse :</u> Épaisseur 5 cm R = 2.93 m².K/W <u>Localisation :</u> Salle polyvalente et foyer	0.40		/

4.1.2.3 Parois horizontales – Planchers hauts

Nom / composition	Coef. U (W/m².K)	Note	Illustration
<u>Paroi type 3 : Rampants</u> - Charpente bois - Isolation en laine minérale <u>Hypothèse d'après l'année de construction :</u> Épaisseur = 15 cm R = 3.66 m².K/W <u>Localisation :</u> Salle polyvalente	0.26		
<u>Paroi type 4 : Combles</u> Isolation en laine minérale <u>Hypothèse d'après l'année de construction :</u> Épaisseur = 12 cm R = 2.93 m².K/W <u>Localisation :</u> Salle polyvalente et foyer	0.32		

4.1.2.4 Menuiseries

Voici les caractéristiques techniques des menuiseries des bâtiments. Nous récapitulons également les coefficients de transmission thermiques U de chaque paroi.

Nom / composition	Coef. Uw (W/m².K)	Note	Illustration
Menuiserie type 1 : - Menuiseries alu - Double vitrage 4/6/4 Localisation : Salle polyvalente et foyer	Uw = 3.8		
Menuiserie type 2 : - Fenêtre de toit - Double vitrage 4/6/4 Localisation : Salle polyvalente	Uw = 3.8		

4.1.3 Ponts thermiques

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente un défaut ou une diminution de résistance thermique (à la jonction de deux parois en général). Les ponts thermiques constituent des zones de fortes déperditions thermiques, l'humidité peut s'y condenser. La constitution de la paroi influe sur les ponts thermiques. Ainsi, avec une isolation extérieure, une grande partie des ponts thermiques sont réduits ou supprimés.

Pont thermique	Illustration
Plancher bas – mur	
Plancher intermédiaire – mur	
Plancher haut – mur	
Mur – mur (angle rentrant)	
Mur – mur (angle sortant)	
Mur – refend	

4.1.4 Étanchéité à l'air

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

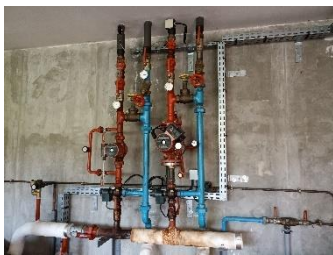
- Pour y apporter un air neuf et pourvoir au besoin en oxygène des occupants
- Pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent
- Pour éliminer l'excès d'humidité
- Et enfin pour fournir aux appareils à combustion l'oxygène dont ils ont besoin pour fonctionner sans danger pour la santé.

La réglementation des bâtiments existants impose pour le **bâtiment de référence** une perméabilité à l'air sous 4 Pa de l'enveloppe extérieure du bâtiment et rapportée à la surface de l'enveloppe égale à 3,0 m³/(h.m²) (pour la réglementation thermique existante) pour ce type de bâtiment (si pas de test réalisé). La valeur prise en compte est identique pour le bâtiment dans son état initial ou son état projet.

4.1.5 Caractéristiques des systèmes techniques

Nous décrirons dans cette partie les systèmes techniques liés à la production/émission de chaleur pour le chauffage, pour l'eau chaude sanitaire, et pour la ventilation du bâtiment.

4.1.5.1 Système chauffage et ECS / production et émission

Description	Illustration	Note
		
	Chaudières fioul	
Le chauffage du bâtiment est assuré par deux chaudières fioul datant de la construction du bâtiment en 1984. Puissance unitaire : 42 kW La salle polyvalente et la salle foyer sont chauffées par un plancher chauffant à eau chaude. Variation temporelle en chaud : 2.0 °C		
	Réseaux secondaires non calorifugés	
Les autres locaux sont chauffés par des radiateurs équipés de têtes thermostatiques. Variation temporelle en chaud : 1.2 °C Les émetteurs sont réglés par vanne 3 voies asservi à un régulateur LANDIS&GYR de type SIGMAGYR RVP 30		
	Radiateur cuisine	
Les circulateurs sont à vitesse constante. Les canalisations sont calorifugées sur le réseau primaire uniquement, jusqu'au collecteur. Un désembouage des réseaux a été effectué en 2022. La production ECS est réalisé par un ballon électrique de 300L et d'une puissance de 3000 W.		
	Régulateur RVP	
		
	Ballon ECS	

4.1.5.2 Système de ventilation

Description	Illustration	Note
La ventilation du bâtiment est assurée par VMC simple flux. 3 caissons de VMC assurent la ventilation du bâtiment. Lors de la visite, 2 des 3 caissons ne fonctionnaient pas. Les entrées d'air sont présentes sur les menuiseries.	 Bouche d'extraction	

4.1.5.3 Système d'éclairage

Description	Illustration	Note
Les locaux sont équipés de luminaires fluorescents à gestion manuelle.		

4.2 Consommation d'énergie actuelle

Dans cette partie, les consommations énergétiques réelles du bâtiment sont étudiées à l'aide des synthèses des consommations énergétiques fournies par le maître d'ouvrage.

Les consommations énergétiques sont étudiées sur les dernières années afin d'étudier des consommations stabilisées ou moyennes.

Les consommations étudiées sont donc les :

- Consommations de fioul
- Consommations d'électricité

4.2.1 Consommations de fioul

Les consommations comprennent les usages suivants :

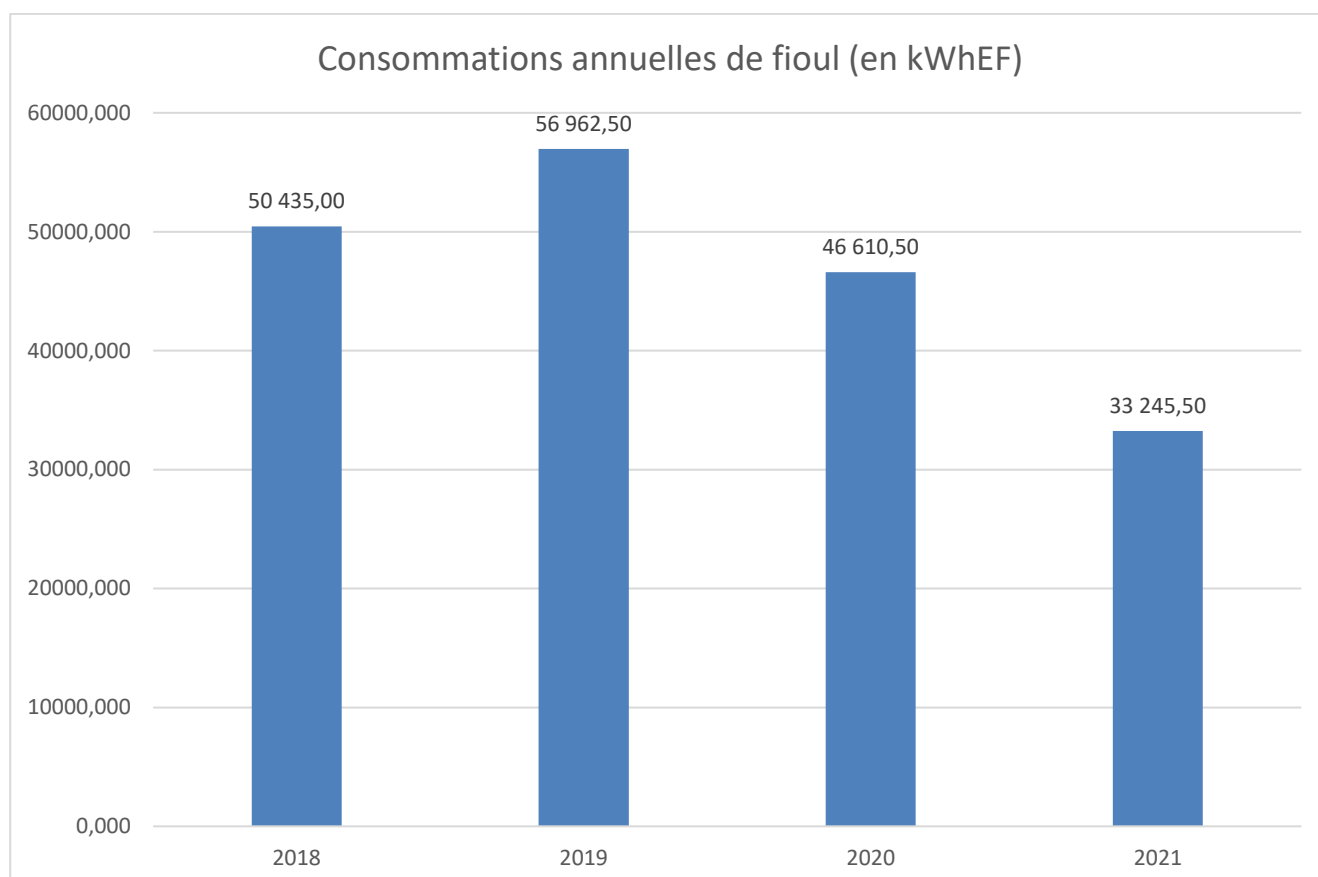
- Chauffage

Les consommations recueillies comprennent les consommations des logements, non compris dans l'étude.

Hypothèse à partir des surfaces :

- 50% des consommations dédiées à la salle polyvalente et au foyer.

Le relevé des consommations de fioul sur 4 ans est représenté dans le graphique suivant :



En moyenne, la consommation de fioul est de **46 813 kWhPCI**.

Année	2018	2019	2020	2021	Moyenne
Consommation (kWhEF)	50 435	56 963	46 611	33 246	46 813
Prix (€ TTC)	/(*)	/	/	/	/
Ratio (€ TTC/kWhEF)	/	/	/	/	/
Ratio (kWhEF/m²)	131,9	149,0	121,9	86,9	122,4

(*) Les coûts énergétiques ne sont pas connus.

On constate une augmentation des consommations entre 2018 et 2019, puis une diminution entre 2019 et 2021. Dans le même temps, le coût de facturation a suivi la même tendance. Les variations des consommations peuvent avoir diverses raisons, tel que les variations climatiques d'une année sur l'autre.

En l'absence d'informations supplémentaires, l'hypothèse retenue est que la diminution des consommations à partir de 2020 peut être liée à la fermeture des écoles lors de la crise sanitaire.

Nous pouvons estimer l'impact en émission de CO₂ lié à ces consommations. Les facteurs d'émission de CO₂ sont définis par type de combustible. Pour un kWh de fioul, la production équivalente de CO₂ est d'environ 0,300 kg. Le tableau ci-dessous présente donc les rejets de CO₂ liés à ces consommations :

Année	Consommation (kWhEF)	Rejet de CO ₂ (kg)	Rejet de CO ₂ (kg/m²)
2018	50435	16341	42,7
2019	56963	18456	48,3
2020	46611	15102	39,5
2021	33246	10772	28,2
Moyenne	46813	15168	39,7

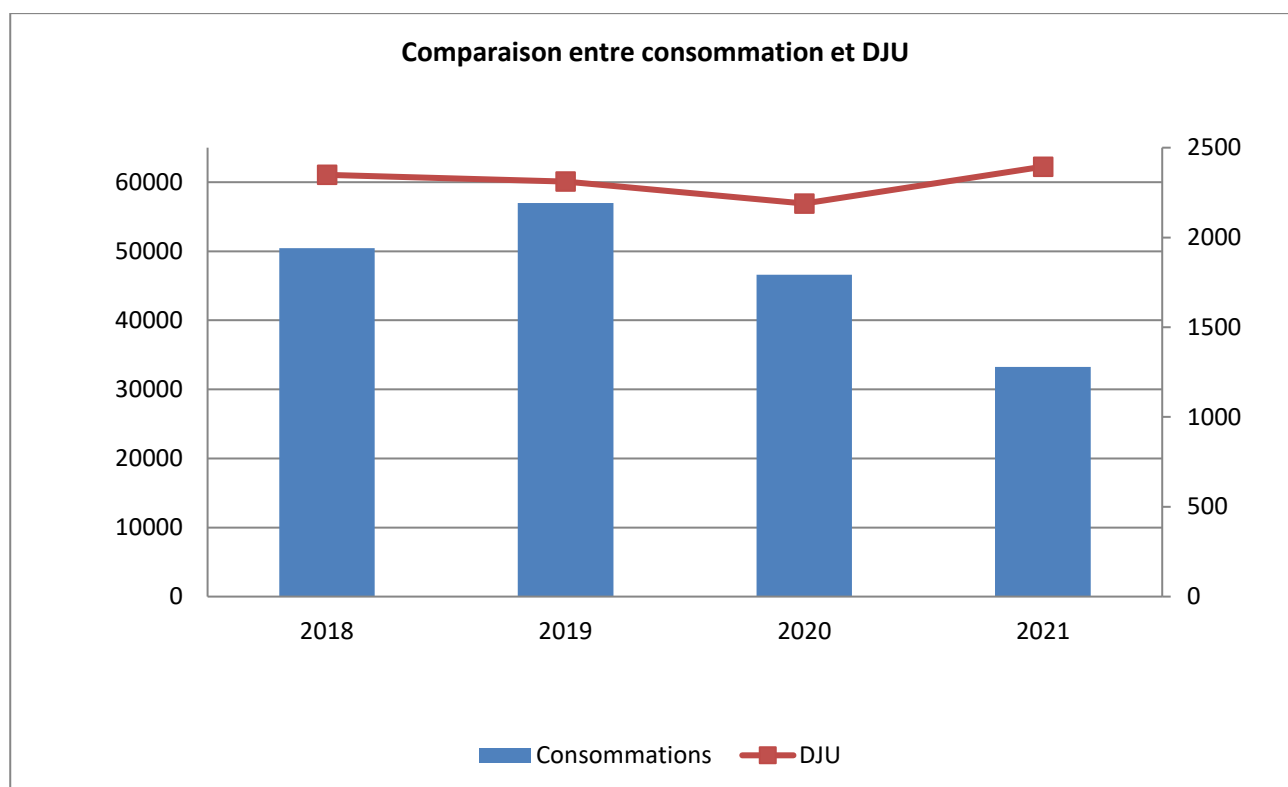
Les rejets de CO₂ pour la consommation annuelle de gaz sont en moyenne de **39,7 kg/m²**

4.2.1.1 Consommation de chauffage par rapport aux conditions climatiques

Les évolutions de consommations de chauffage sont à mettre en parallèle avec les conditions climatiques à l'aide des DJU.

Les **Degrés Jours unifiés (DJU)** sont utilisés pour qualifier la rigueur d'un climat et caractériser ainsi une consommation de chauffage. Les DJU représentent l'écart de température entre une température intérieure conventionnelle de 18°C et la température extérieure moyenne de la journée (données Météo France trentenaires). Ils sont calculés chaque jour pour une centaine de stations météorologiques en France. Dans les bâtiments classiques, le décalage est souvent de 2 à 3°C. C'est pourquoi la température de base de 18°C des DJU correspond en réalité à un chauffage de 20 à 21°C. Comme il s'agit de valeurs de référence contractuelles, la base n'a pas été modifiée. Les DJU base 18 sont donc intéressants afin de contrôler les consommations.

➔ Pour faire simple, plus l'hiver est froid, plus les DJU sont importants.



On constate que l'évolution des consommations est en corrélation avec l'évolution des DJU entre 2018 et 2021.

Entre 2018 et 2019, les consommations ont augmentés alors que les DJU ont baissé. Inversement, en 2021 les consommations ont diminué alors que les DJU ont augmenté.

Le tableau ci-dessous présente les ratios de consommation ramenée en kWh/DJU. Dans une installation fonctionnant correctement, **ce ratio est sensé rester constant** (sauf changement dans l'activité du bâtiment).

Saison	Consommation annuelle (kWhEF/an)	DJU annuel	Consommation ramenée en kWhEF/DJU	Évolution annuelle
2018	2018	50435	2349	21,5
2019	2019	56963	2312	24,6
2020	2020	46611	2189	21,3
2021	2021	33246	2394	13,9

➔ Les consommations ont augmenté entre 2018 et 2019, puis ont baissé lors de la période COVID.

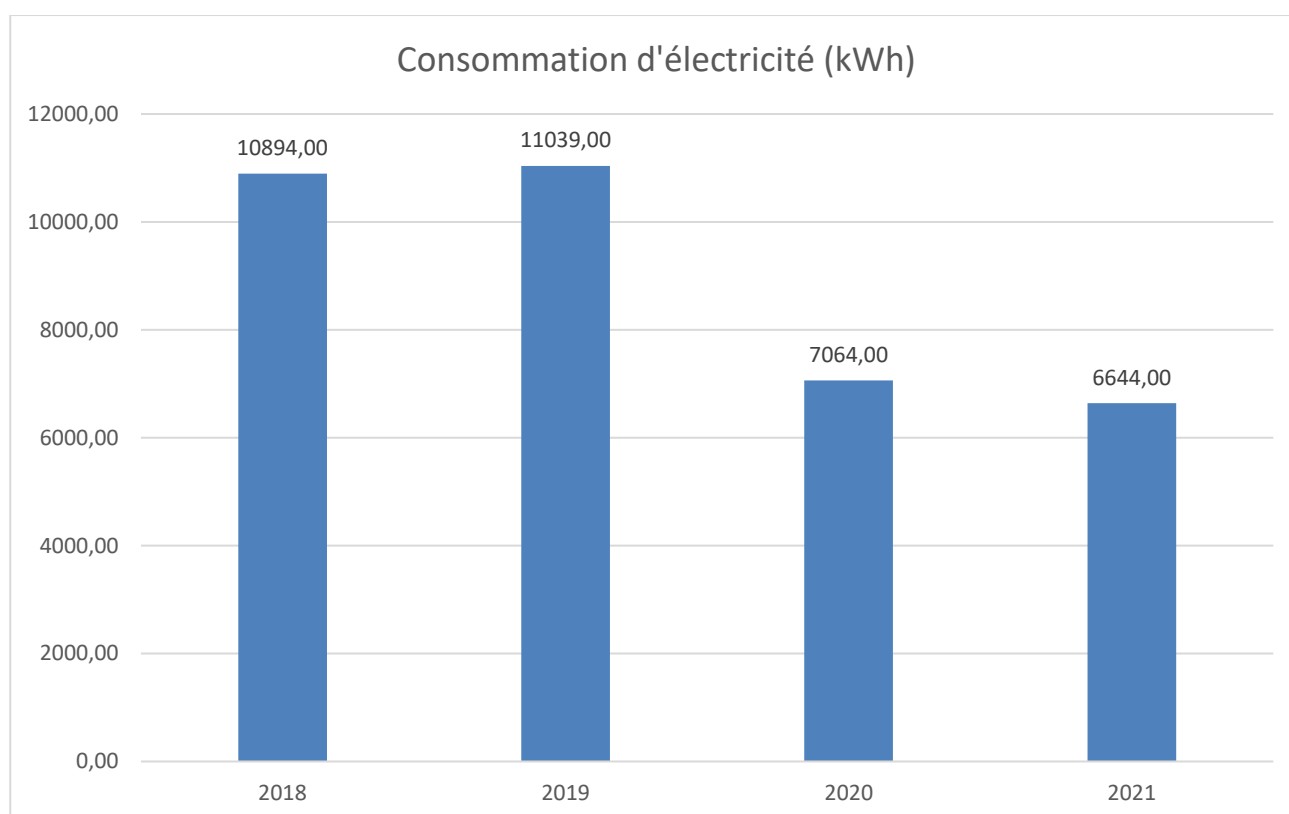
4.2.2 Consommations d'électricité

Nous avons pris en compte les consommations des années 2018 à 2021.

Les consommations comprennent les usages suivants :

- ECS
- Eclairage
- Auxiliaires de ventilation
- Appareillage (ordinateurs, imprimantes, prises...)

Le relevé des consommations d'électricité sur 4 ans est représenté dans le graphique suivant :



En moyenne, la consommation annuelle est de **8 910 kWhEF/an.**

Année	2018	2019	2020	2021	Moyenne
Consommation (kWhEF)	10894	11039	7064	6644	8910
Prix (€ TTC)	/	/(*)	/	/	/
Ratio (€ TTC/kWhEF)	/	/	/	/	/
Ratio (kWhEF/m²)	28,5	28,9	18,5	17,4	25,3

(*) Les coûts énergétiques ne sont pas connus.

En l'absence d'informations supplémentaires, l'hypothèse retenue est que la diminution des consommations à partir de 2020 peut être liée à la fermeture des écoles lors de la crise sanitaire.

Nous pouvons estimer l'impact en émission de CO₂ lié à ces consommations. Les facteurs d'émission de CO₂ sont définis par type de combustible. Pour un kWh d'électricité, la production équivalente de CO₂ est d'environ 0,084 kg. Le tableau ci-dessous présente donc les rejets de CO₂ liés à ces consommations :

Année	2018	2019	2020	2021	Moyenne
Consommation (kWhEF)	10894	11039	7064	6644	8910
Rejet de CO ₂ (kg)	915	927	593	558	748
Rejet de CO ₂ (kg/m²)	2,4	2,4	1,6	1,5	2,0

La quantité moyenne de CO₂ rejeté pour la consommation annuelle d'électricité est de 2 kg/m².

4.2.3 Bilan des consommations énergétiques

Le bilan des consommations énergétiques étudiées pour l'ensemble du bâtiment est le suivant :

	Consommation annuelle (kWhEF)	Coût annuel (euros TTC)	Conso annuel par m ² (kWh/m ²)
Electricité	8910	/	23
Fioul	46813	/	122
Total	55724	/	146

(Surface prise en compte : 382 m²)

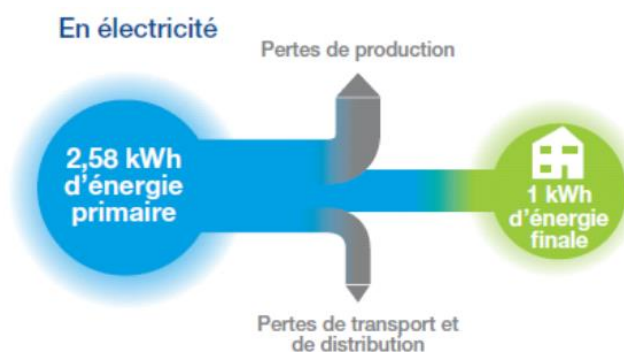
Important :

Dans nos calculs, nous affichons des résultats en énergie primaire ou en énergie finale, il est important de comprendre la différence entre les deux.

- L'énergie primaire est l'énergie « potentielle » contenue dans les ressources naturelles (comme le bois, le gaz, le pétrole, etc.) avant toute transformation.
- L'énergie finale est l'énergie consommée et facturée à chaque bâtiment, en tenant compte des pertes lors de la production, du transport et de la transformation du combustible.

En France, les taux de conversions entre ces deux énergies sont les suivants :

- **Pour l'électricité : 1 kWh énergie finale = 2.58 kWh énergie primaire**



- **Pour le bois : 1 kWh d'énergie finale = 0.6 kWh énergie primaire**
- **Pour les autres énergies : 1 kWh énergie finale = 1 kWh énergie primaire**

4.3 Etude RT existant – Résultats calcul réglementaire

4.3.1 Etat initial de référence

Nous considérons ici le modèle de référence de l'étude, basé sur les consommations d'électricité fournies par la maîtrise d'ouvrage entre 2018 et 2021.

À partir des plans fournis, nous avons calculé la surface SHON RT du projet :

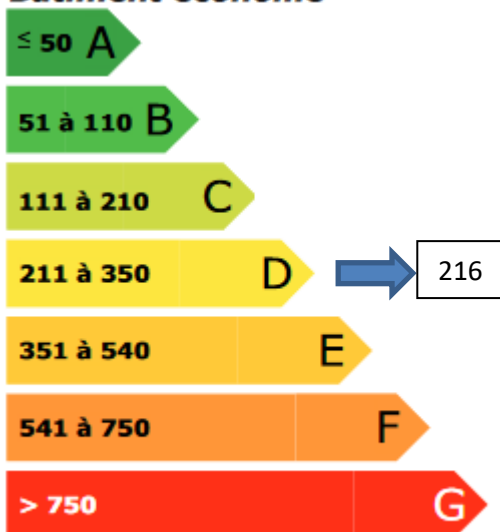
- SHON RT : 420,6 m²

Sur la base des hypothèses présentées en « 4.1 Caractéristiques de l'enveloppe et des systèmes techniques », nous effectuons une première simulation sur les bâtiments existants. Les résultats sont évalués sur les cinq postes réglementaires, à savoir la production de chauffage ou de refroidissement, la production d'ECS, les auxiliaires de ventilation et l'éclairage. Les résultats obtenus par le calcul thermique suivant l'état initial sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Bâtiment	CEP (Consommation en Energie Primaire)					Total (kWhEP/m ² .an)
	Chauffage	ECS	Ventilation	Auxiliaires	Eclairage	
Foyer et salle polyvalente	213,5	0	24,6	10,7	27,3	276,1

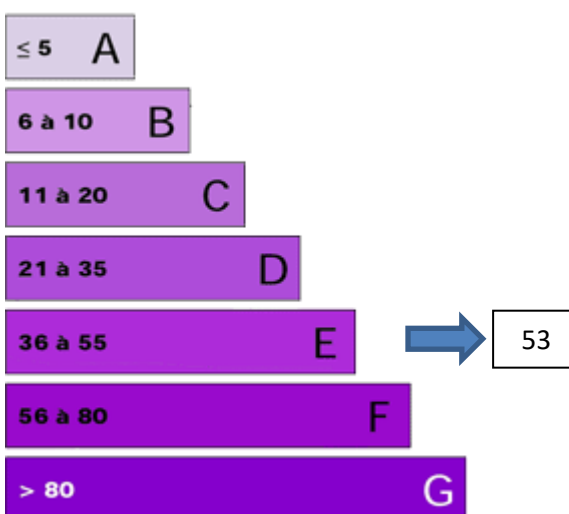
(Unité: kWhEP/(m².an))

Bâtiment économe



Bâtiment énergivore

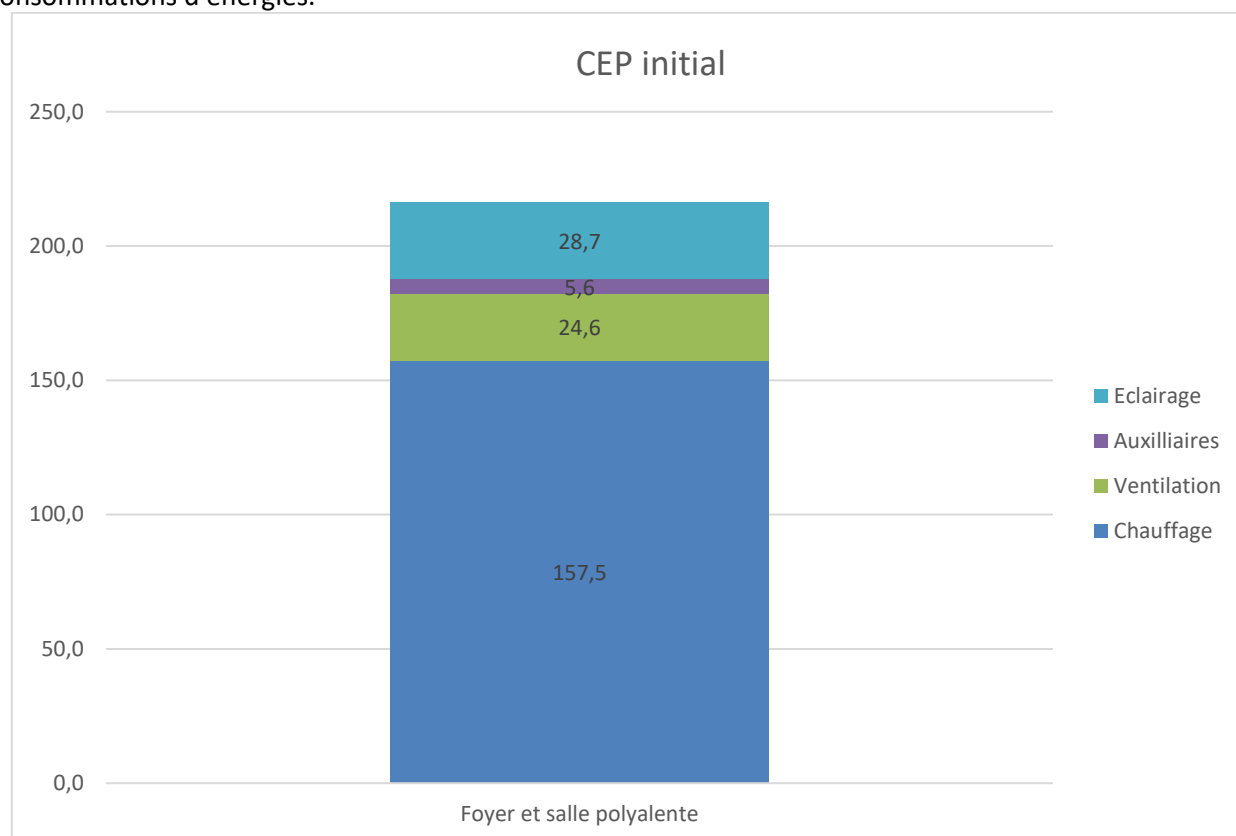
Faible émission de GES



Forte émission de GES

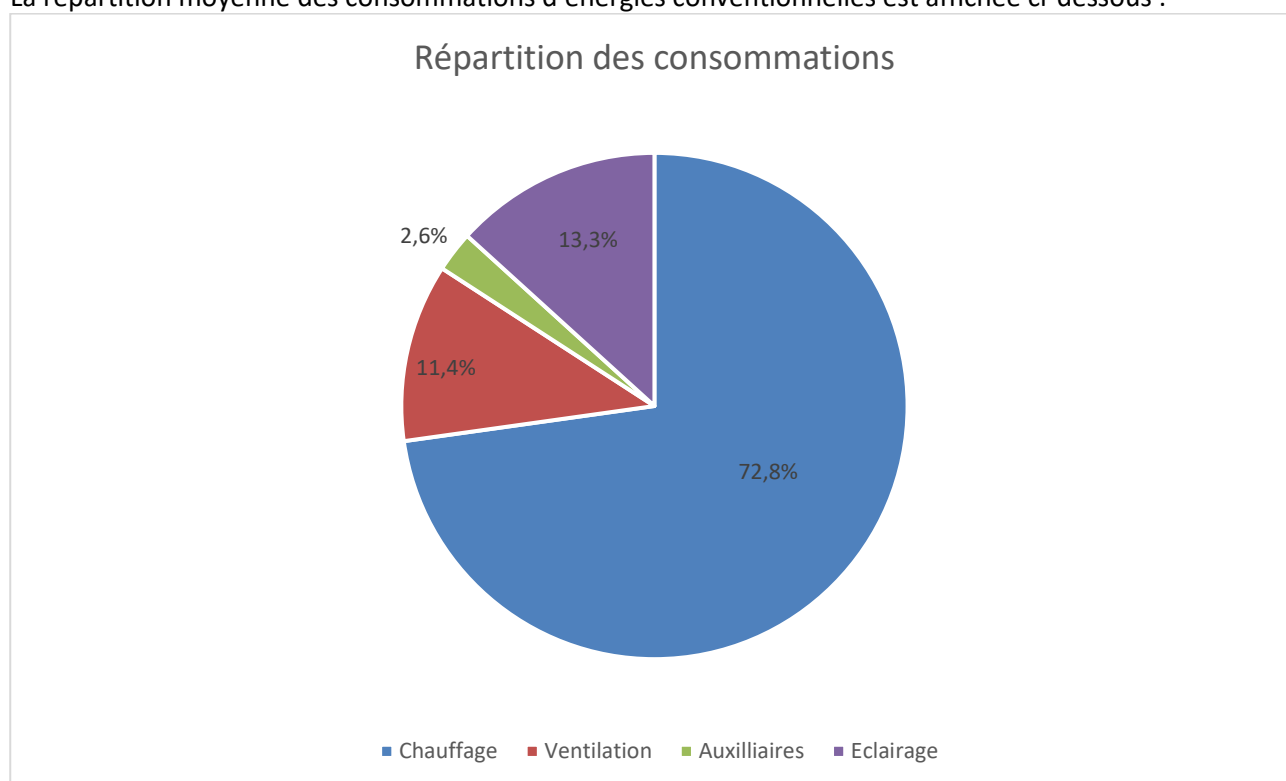
Ces étiquettes énergétiques ont une valeur d'information. En aucun cas il ne s'agit d'un DPE.

En fonction des 5 postes réglementaires, nous affichons sous forme d'histogramme la répartition des consommations d'énergies.



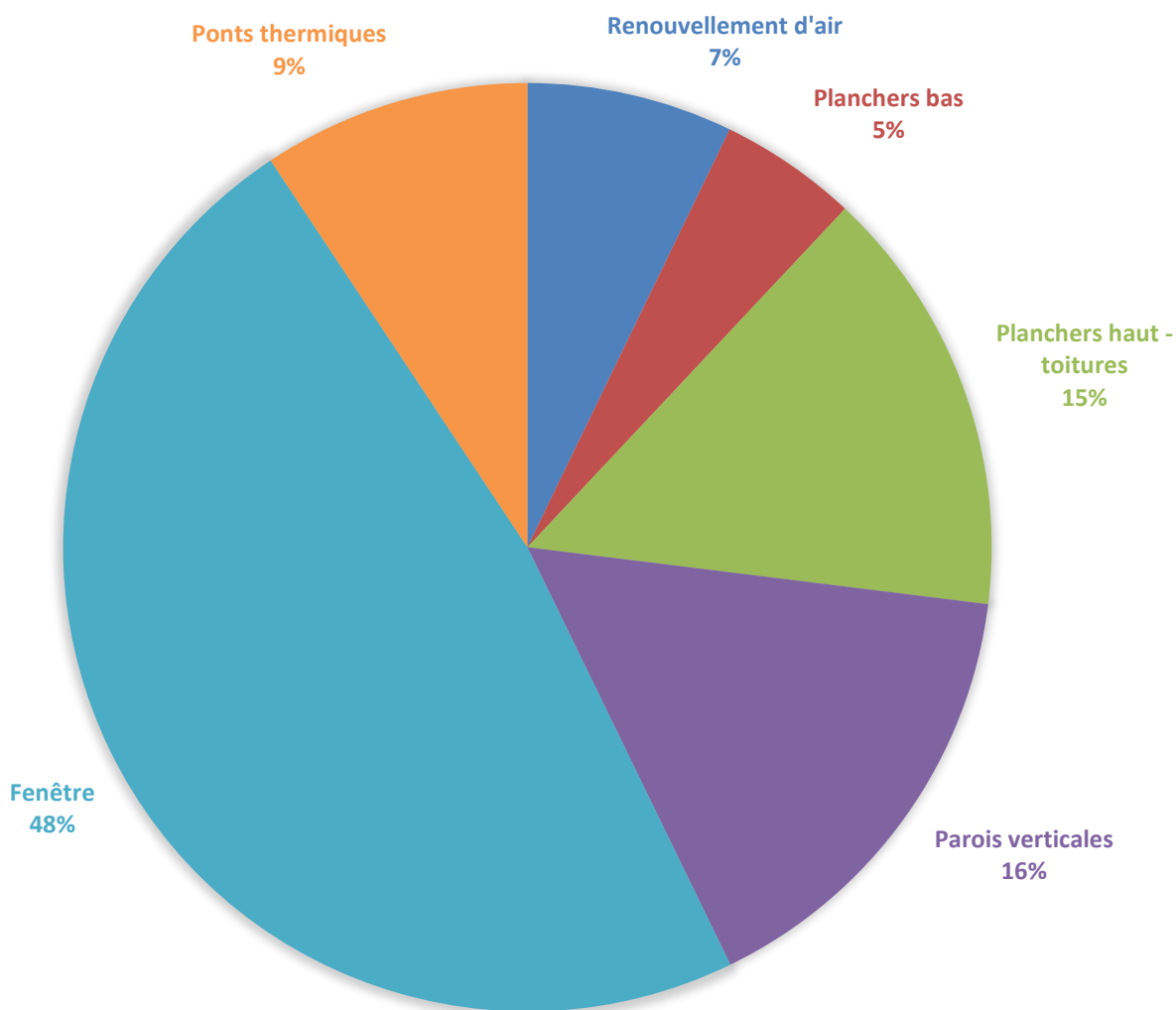
Le bâtiment a donc une consommation conventionnelle moyenne de **216 kWhEP/(m².an)**.

La répartition moyenne des consommations d'énergies conventionnelles est affichée ci-dessous :



4.3.2 Analyse des déperditions

Nous représentons sous forme de diagramme les pertes énergétiques engendrées par les éléments constituant le bâti et la ventilation (les murs, les fenêtres, les portes d'entrée, la toiture, le plancher bas, les ponts thermiques, la ventilation, l'infiltration).



Les postes les plus déperditifs sont les menuiseries.

Ubat état existant W/(m².K)
0.71

4.4 Simulation Thermique Dynamique

Dans ce chapitre, nous étudierons le bâtiment sur un logiciel de calcul de simulation dynamique. Nous réaliserons une maquette numérique du bâtiment que nous soumettrons aux conditions de fonctionnement (météo, occupation du bâtiment, température intérieure de consigne). L'objectif est d'analyser les consommations et d'étudier des solutions d'optimisations du bâtiment en caractérisant les gains énergétiques en termes de performance de consommation.

Performance énergétique : estimer les consommations réelles visualiser le comportement thermique des locaux en hiver. Développer des solutions énergétiques performantes afin de réduire les consommations actuelles.

La simulation thermique dynamique (STD) se différencie du calcul réglementaire par une précision au niveau des calculs des flux d'échanges entre zones thermiques, mais également au niveau de l'inertie thermique à partir d'une fine description des parois internes du bâtiment (non prises en compte dans un calcul RT), ou encore au niveau des scénarios et des fichiers météo personnalisables. Cette approche, physiquement rigoureuse, permet d'évaluer avec précision l'influence de l'inertie sur les consommations hivernales et sur le confort d'été : un niveau d'analyse indispensable pour la conception de bâtiments à basse consommation et haut niveau de confort.

Ce calcul permet d'obtenir le gain énergétique pour les consommations énergétiques.

4.4.1 Méthodologie utilisée

Nous utiliserons les logiciels suivants :

- Le module STD du logiciel Pleiades pour la modélisation et les calculs dynamiques.

Modélisation du bâtiment :

A cette étape, toutes les parois du bâtiment sont saisies. Cette modélisation intègre également l'ensemble des ombres portées par les retours de parois, casquettes, masques lointains (bâtiments proches, arbres, etc....). Le bâtiment est orienté et positionné selon sa latitude et sa longitude pour intégrer précisément la course du Soleil.



Modélisation du foyer et de la salle polyvalente

Prise en compte des éléments du bâti et des paramètres techniques :

La constitution du bâti ainsi que tous les autres paramètres qui influenceront le comportement du bâtiment sont décrits à cette étape. La zone géographique sera notamment associée à un fichier très complet qui retrace, heure par heure, l'impact de la météo sur le bâtiment : température extérieure, couverture nuageuse, énergie solaire, etc. La ventilation des locaux, les consignes de chauffage sont également définies à cette étape. Les paramètres des systèmes techniques tels que les chaudières ou les émetteurs de chauffage sont également intégrés.

Simulation et exploitation des résultats :

Tous les paramètres précédemment renseignés seront analysés et pris en compte pour déterminer le comportement sur une année type. Ainsi, l'évolution des températures, des besoins de chaleur ou de froid pour le bâtiment complet seront disponibles. L'objectif est d'utiliser ces résultats selon les besoins du projet, afin d'améliorer le comportement hygrothermique du bâtiment, de conforter les choix retenus et/ou de proposer des améliorations.

4.4.2 Hypothèses du modèle de simulation4.4.2.1 Caractéristiques du bâti

En ce qui concerne le système constructif, la composition des parois, les propriétés des menuiseries, des ponts thermiques ou de l'étanchéité à l'air, nous faisons référence aux chapitres précédents.

4.4.2.2 Systèmes techniques

En ce qui concerne les systèmes techniques (chauffage, éclairage, ventilation...), nous faisons également référence aux chapitres précédents.

4.4.2.3 Scénario – Consigne de température

Nous avons considéré la consigne de température de 21°C entre 6h et 22h30. D'après les informations recueillies sur place, nous avons pris en compte une température de réduit de 14°C.

4.4.2.4 Scénario – Occupation

Nous avons considéré l'occupation suivante :

10 occupants dans le foyer, sur la plage horaire :

- Lundi au dimanche : 13 h – 18 h

Pour la salle polyvalente, nous avons considéré l'occupation suivante :

35 occupants en semaine et 50 occupants le week-end, sur la plage horaire :

- Lundi au vendredi : 13 h – 18 h
- Week-end : 8h – 12h ; 14h – 18h

4.4.2.5 Scénario – Apports internes

Les apports internes font intervenir les puissances dissipées par les appareils électriques, ainsi que les apports liés à l'occupation. Nous y retrouvons notamment :

- Les apports internes par éclairage
- Les apports internes liés au matériel (ordinateurs, frigo...)
- Les apports internes par l'occupation

4.4.2.6 Fichier météo utilisé

Le fichier météo utilisé dans la simulation thermique dynamique correspond aux données récentes obtenues auprès de Météo France pour le département du Finistère. Ce sont des fichiers annuels horaires. Les conditions climatiques sont ajustées à l'aide des DJU (Degrés Jours Unifiés) sur la période étudiée.

→ Fichier météo utilisé : Météonorm – Landivisiau moyen

4.4.3 Résultats de la simulation thermique dynamique

4.4.3.1 Validation du modèle

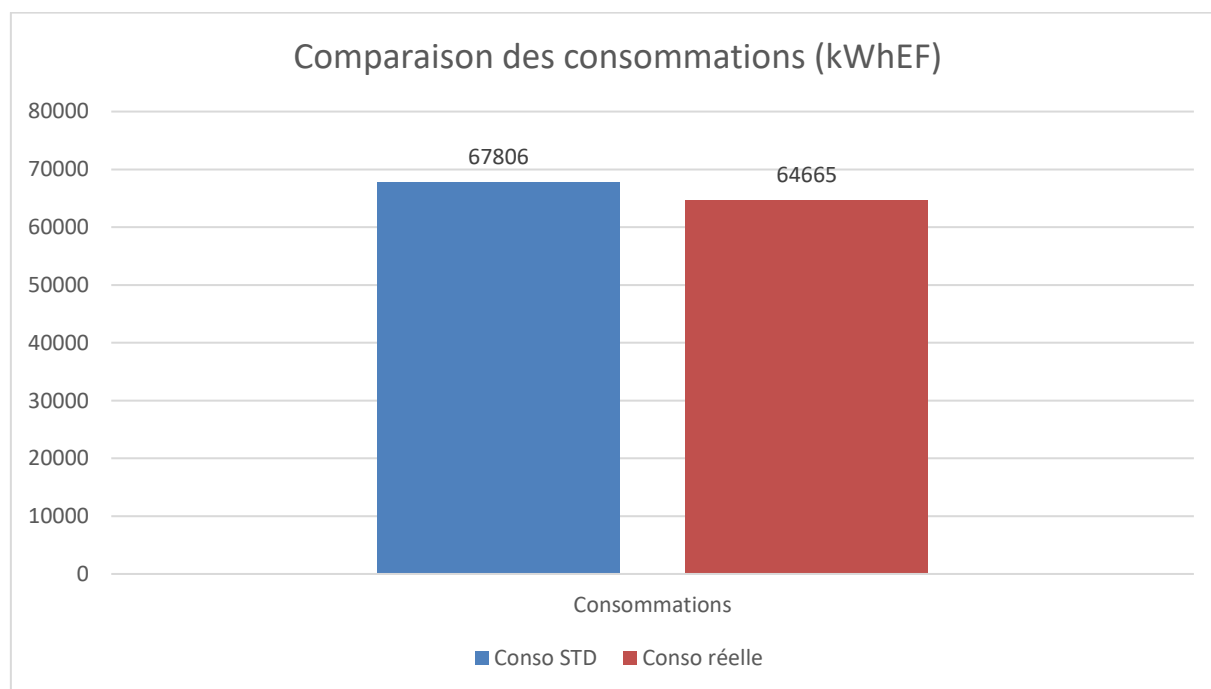
Le modèle est soumis aux conditions de fonctionnement sur une année complète (Cf. point précédent : Hypothèses du modèle de simulation). Cela nous permet d'avoir un profil au niveau des besoins théoriques de chauffage du bâtiment.

Les consommations de cette simulation thermique sont données en kWh d'énergie finale.

NB : il s'agit d'une estimation théorique des consommations de chaleur et d'énergies qui peuvent être différentes des consommations réelles, car les conditions de fonctionnement peuvent être différentes (consignes de température, occupation, éclairage, apports internes ou comportement humain...).

→ Nous obtenons une consommation de **67 806 kWhEF** pour le bâtiment.

Récapitulatif :



Conclusion :

Afin de procéder au calage du modèle, nous prenons en compte les consommations soumises au décret tertiaire, soit jusqu'en 2019. Les consommations de 2020 et 2021 ne sont pas prises en compte dans le cadre de la STD. Le modèle de simulation dynamique est donc proche des consommations réelles facturées (écart de moins de 5%).

Les consommations par usage obtenues par notre simulation sont les suivantes :

Usages	Consommation (kWhEF)
Chauffage	57 915
ECS	2 237
Auxiliaires de ventilation	1 427
Auxiliaires de distribution	2 605
Eclairage	2 540
Usage spécifique	1 082
Total	67 806

5. OPTIMISATIONS ENERGETIQUES ET TECHNIQUES DU PROJET

Il s'agit ici de développer des solutions énergétiques performantes afin de réduire les consommations actuelles. Chaque optimisation fait l'objet d'une fiche divisée en une partie « analyse », « avantages/inconvénients », « descriptif » et « impact sur le fonctionnement du bâti ».

Les optimisations sont réparties en différentes catégories (Système de chauffage, Systèmes de ventilation et de conditionnement d'air, Systèmes électriques, Enveloppe du bâtiment...) et sont analysées selon les indices suivants :

- La consommation en énergie finale du bâtiment (kWhEF/an)
- Le gain sur la consommation en énergie finale (%)
- Le coût annuel (€TTC)
- Le gain sur les factures (%)
- L'économie la première année (€TTC)
- L'investissement brut (€TTC)
- Le TRI Brut (années)
- Les émissions de CO2 engendrée par le bâtiment (kgeqCO2/an)
- Les aides des « Certificats d'Économie d'Énergie »

Les optimisations énergétiques étudiées sont les suivantes :

- Optimisation 1 : Isolation par l'extérieur ($R \geq 3.75 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Optimisation 2 : Isolation par l'intérieur ($R \geq 3.75 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Optimisation 3 : Remplacement des menuiseries $U_w \leq 1.3$ et $S_w \leq 0.35$
- Optimisation 4 : Isolation de la toiture
- Optimisation 5 : Remplacement de la ventilation simple flux par de la ventilation double flux
- Optimisation 6 : Mise en place d'une PAC Air/Eau
- Optimisation 7 : Mise en place d'une chaudière bois
- Optimisation 8 : Remplacement du chauffage de la salle polyvalente
- Optimisation 9 : Remplacement des luminaires par des LED
- Optimisation 10 : Mise en place d'une GTC
- Optimisation 11 : Mise en place d'une PAC Air/Eau et mise en place de ventilo-convecteurs dans la salle polyvalente
- Optimisation 12 : Mise en place d'une chaudière bois et mise en place de ventilo-convecteurs dans la salle polyvalente

Les optimisations doivent, à minima, respecter les exigences techniques pour l'obtention des certificats d'économies d'énergie.

5.1 Subventions

Le projet pourra bénéficier des subventions suivantes.

NOTA : Ces aides sont calculées et présentées à titre indicatif.

Les aides fluctuent suivant l'évolution des réglementations. Il sera nécessaire de les recalculer plus précisément lors de la phase de maîtrise d'œuvre.

5.1.1 Aides CEE

Les CEE permettent de monétiser des opérations très diverses de rénovation ou d'économie d'énergie.

Pour le tertiaire, les opérations éligibles sont formalisées dans des fiches (il en existe 53), qui permettent de calculer les économies d'énergie cumulées (en kWh cumac) sur la durée de vie de l'installation, et permet d'en déduire un montant en euros sous forme de CEE.

Les CEE sont ensuite valorisées auprès de structures qui les vendent aux « obligés » qui sont les fournisseurs d'énergie, que l'état oblige à générer un certain volume de CEE chaque année en fonction de leur volume d'activité, sous peine de pénalités.



Pour le bâtiment audité, plusieurs opérations sont éligibles au CEE et sont présentées dans le tableau de synthèse.

Le SDEF peut monter des dossiers CEE pour les communes et EPCI du département. Le prix de rachat des CEE est défini par le règlement financier du SDEF : en 2022, il est de 10,00 €/MWh Cumac. Ce prix est révisé chaque 1^{er} janvier suivant l'évolution du cours des CEE.

Nota : Les autres subventions de l'état, de la région ou du département ne sont pas pris en compte dans le cadre de l'étude (DSIL, Fond vert, DETR,...)

	Optimisation	Fiche standardisée	kWh Cumac obtenus	Aide CEE (euros HT)
1	Isolation par l'extérieur ($R \geq 3,75\text{m}^2\text{K/W}$)	BAT-EN-102	538000	5380
2	Isolation par l'intérieur ($R \geq 3,75\text{m}^2\text{K/W}$)	BAT-EN-102	538000	5380
3	Remplacement des menuiseries $U_w = 1,3$ et $S_w = 0,35$	BAT-EN-104	275000	2750
4	Isolation de la toiture	BAT-EN-101	524000	5240
5	Mise en place d'un système de VMC double flux	BAT-TH-126	190000	1900
6	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau (*)	BAT-TH-113	86000	3440
7	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois (*)	BAT-TH-157	426000	17040
8	Remplacement du chauffage de la salle polyvalente	BAT-TH-158	101000	1010
9	Remplacement de l'éclairage par des LED	BAT-EQ-127	43000	430
10	Mise en place d'une GTC	BAT-TH-116	41000	410

(*) : L'opération bénéficie du coup de pouce CEE, qui multiplie par 4 les montants des aides obtenus dans le cas ci-présent.

5.2 Hypothèses de calcul

Dans la suite de notre étude, nous utilisons les données suivantes :

5.2.1 Coût de l'énergie

Les coûts de l'énergie sont issus des données fournies par le SDEF.

Type d'énergie	Coût (euros TTC / kWh)
Bois granulés	0.10 euros TTC / kWh
Fioul	0.16 euros TTC / kWh
Electricité	0.20 euros TTC / kWh

5.2.2 Emission de CO2

Type d'énergie	Emission (kg/kWh)
Bois granulés	0.013 kg / kWh PCI
Fioul	0.324 kg / kWh PCI
Electricité	0.180 kg/kWh – Chauffage
	0.040 kg/kWh – ECS
	0.100 kg/kWh – Eclairage
	0.060 kg/kWh – Autres usages

5.2.3 Evolution du coût de l'énergie

Type d'énergie	Evolution annuelle
Bois granulés	+ 2%
Fioul	+ 2,5%
Electricité	+ 4%

Note : Les coûts sont indiqués en €TTC.

Hypothèse : TVA à 20%

5.3 Préconisations d'usage des locaux

Avant de proposer des améliorations techniques du bâtiment à la fois sur le bâti et les équipements, il est important de rappeler qu'il existe une multitude de mesure et de sensibilisation, non coûteuse ou très peu coûteuse permettant d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ces mesures concernent le chauffage, le confort d'été dans les locaux et la gestion des équipements installés.

5.3.1 Chauffage

- La consigne de températures confort doit rester sur 19°C (conseil de l'Etat), et 14°C en inoccupation. En effet, il est estimé qu'au-delà de 19°C, chaque degré représente entre 5% et 10% de surconsommation.
- Ne pas laisser régulièrement et hors occupation les fenêtres et portes sur extérieur ouvertes en période de chauffe

5.3.2 Confort d'été

- Dans le cas de surchauffe estivale importante il est conseillé de procéder à l'installation d'occultations sur les baies orientées vers le Sud et l'Ouest. Des occultations extérieures sont plus efficaces qu'à l'intérieur (volets roulants par exemple).

5.3.3 Eclairage

- Un nettoyage régulier des luminaires permet de maintenir l'efficacité lumineuse des équipements et augmenter leur durée de vie.
-

5.3.4 Autres usages

- Les appareils fonctionnant en veille consomment inutilement et peuvent avoir un impact important sur les dépenses d'électricité. Par exemple, un ordinateur en veille utilise 20 à 40% de sa consommation en marche
- Les appareils électroménagers et les circulateurs (pompes) sont soumis aux étiquettes énergétiques. Il est préconisé de privilégier les équipements de classe A ou supérieur (A+, A++)

Les optimisations énergétiques étudiées sont les suivantes :

5.1 Optimisation 1 : Isolation par l'extérieur

Analyse						
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain	
Durée de vie conventionnelle	30 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	66411	1395	2%
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	19013	402	2%
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	11013	232	2%
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	11313	232	2%
		Investissement (€TTC)	55 000			
				Catégorie		Bâti

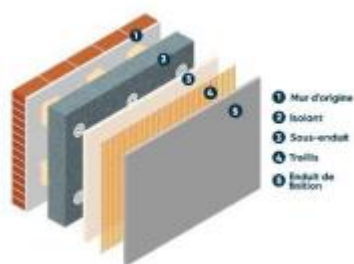
Descriptif

Nous procédons à la mise en place d'une isolation par l'extérieur.

Nous remplaçons l'isolant par un isolant extérieur avec les caractéristiques thermiques suivantes : $R \geq 3.75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. (Valeur CEE $R = 3,7$).

La mise en œuvre sera en conformité suivant un avis technique.

L'isolant aura une certification ACERMI ou CSTBat.



Surface estimative isolée : 230 m².

Localisation : Ensemble des pièces chauffées

Avantages	Inconvénients
• Amélioration du confort thermique • Diminution des déperditions de chaleur et de la consommation d'énergie	• Investissement lourd

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La mise en place de cette optimisation ne présente aucune modification en termes d'exploitation ou de maintenance sur le bâtiment.

Variante écologique

La mise en place d'un isolant biosourcé présenterait les mêmes contraintes de mise en œuvre et nécessiterait une résistance thermique similaire à la version laine de verre ($R = 3.75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).



Nous procédons à la mise en place d'un isolant de type laine de bois qui représenterait à performance égale une surépaisseur de 25mm pour un surcoût estimé à **16500 €TTC**

5.2 Optimisation 2 : Isolation par l'intérieur

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	30 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	63523	4283	6%	Catégorie	Bâti
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	18049	1366	7%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	10555	689	6%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	10855	689	6%		
	Investissement (€TTC)	41 000						

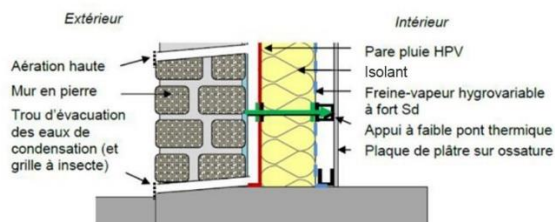
Descriptif

Nous procédons à la mise en place d'une isolation par l'intérieur.

Nous remplaçons l'isolant existant par un isolant avec les caractéristiques thermiques suivantes : $R \geq 3.75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. (Valeur CEE $R = 3,7$).

La mise en œuvre sera en conformité suivant un avis technique.

L'isolant aura une certification ACERMI ou CSTBat.



Surface estimative isolée : 230 m².

L'optimisation inclus la fourniture et pose de l'isolant, ainsi que la pose des rails de supports et du placoplâtre. Elle n'inclue pas les travaux de dévoiement de réseaux, électriques, peintures ou autres)

Localisation : Ensemble des pièces chauffées

Avantages	Inconvénients
• Amélioration du confort thermique. • Diminution des déperditions de chaleur et de la consommation d'énergie.	• Travaux lourds et mise en œuvre importante • Perte de surface intérieure

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La mise en place de cette optimisation ne présente aucune modification en termes d'exploitation ou de maintenance sur le bâtiment.

Variante écologique

La mise en place d'un isolant biosourcé présenterait les mêmes contraintes de mise en œuvre et nécessiterait une résistance thermique similaire à la version laine de verre ($R = 3.75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).



Nous procédons à la mise en place d'un isolant de type laine de bois qui représenterait à performance égale une surépaisseur de 25mm pour un surcoût estimé à **12000 €TTC**

5.3 Optimisation 3 : Remplacement des menuiseries

Analyse							
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain		
Durée de vie conventionnelle	30 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	52561	15245	22%	Catégorie Bâti
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	14575	4839	25%	
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	8790	2455	22%	
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%	
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%	
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	9090	2455	21%	
	Investissement (€TTC)	86 000					

Descriptif

Nous procédons à la mise en place de menuiseries avec les caractéristiques suivantes :

- Menuiseries : $U_w \leq 1.3$ et $S_w \leq 0.35$ (valeurs CEE)

Cette mesure permet d'améliorer le confort des occupants (diminution de la sensation de paroi froide, prévention des courants d'air) et limite les consommations.

La pose de la menuiserie nécessitera une attention particulière sur la performance de l'étanchéité.



Surface estimée : 102 m²

Localisation : Ensemble des pièces chauffées

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

- Amélioration du confort thermique.
- Diminution des déperditions de chaleur et de la consommation d'énergie.

- Coût des travaux important.

Impact sur le fonctionnement du bâtiment
--

La mise en place de cette optimisation ne présente aucune modification en termes d'exploitation ou de maintenance sur le bâtiment.

5.4 Optimisation 4 : Isolation de la toiture

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	30 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	64859	2947	4%	Catégorie	Bâti
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	18199	1215	6%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	10809	436	4%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	11109	436	4%		
	Investissement (€TTC)	43 000						

Descriptif

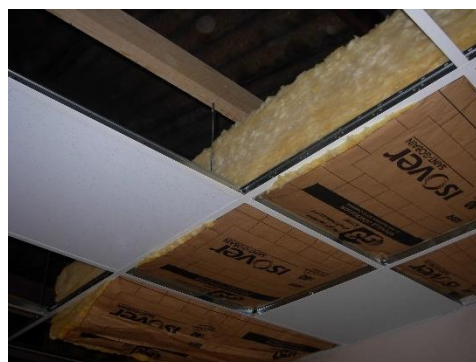
Nous procédons à la mise en place d'un isolant sur le plancher des combles et sur les rampants de la salle polyvalente.

Nous ajoutons un isolant avec les caractéristiques thermiques suivantes :

$R \geq 6.0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. (Valeur CEE).

La mise en œuvre sera en conformité suivant un avis technique.

L'isolant aura une certification ACERMI ou CSTBat.



Surface estimative isolée :

148 m² (Rampants)

268 m² (Combles)

Localisation : Foyer et Salle polyvalente

Avantages	Inconvénients
• Investissement peu coûteux	• Nécessite de déplacer les encombrants dans les combles

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La mise en place de cette optimisation ne présente aucune modification en termes d'exploitation ou de maintenance sur le bâtiment.

Variante biosourcée

La mise en place d'un isolant biosourcé présenterait les mêmes contraintes de mise en œuvre et nécessiterait une résistance thermique similaire à la version laine de verre ($R = 6.0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).



Nous procédons à la mise en place d'un isolant de type laine de bois qui représenterait à performance égale un surcoût estimé à **13 000 €TTC**

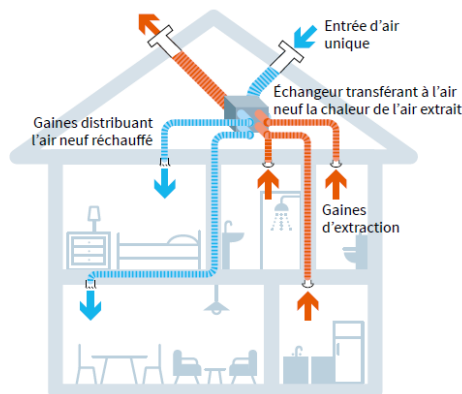
5.5 Optimisation 5 : Remplacement de la VMC simple flux par une ventilation double flux

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	20 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	62181	5625	8%	Catégorie	Systèmes
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	17411	2004	10%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	10371	873	8%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	400	-100	-33%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	10771	773	7%		
		Investissement (€TTC)	46000					

Descriptif

Nous procédons à la mise en place d'un système de ventilation mécanique de type double flux. L'installation est constituée de gaines de ventilation, d'une centrale de traitement d'air, de bouches et de grilles de ventilation et d'une régulation associée. La centrale de traitement d'air possèdera un échangeur de chaleur permettant la récupération des calories sur l'air extrait (rendement > 80%). Il sera à prévoir des travaux collatéraux (percements, électricité...). Les réseaux seront isolés thermiquement.

PRINCIPE DE LA VMC DOUBLE FLUX



Une centrale double flux sera prévu pour le foyer, et une autre centrale pour la salle polyvalente.

Débit total pris en compte :

- Salle polyvalente : 700 m³/h
- Foyer : 250 m³/h

Localisation : Ensemble des pièces chauffées

Avantages	Inconvénients
• Evacuation de l'humidité présente dans les zones aérées. • Evacuations des polluants et agents pathogènes des locaux	• Passage de conduits d'extraction • Augmentation des consommations électriques auxiliaires (moteur d'extraction).

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La mise en place de cette optimisation nécessite en termes d'exploitation et de maintenance :

- L'entretien annuel par une personne qualifiée du caisson de ventilation (nettoyage de la volute des ventilateurs, contrôle de la tension et le graissage des roulements).
- Le nettoyage annuel par une personne qualifiée des filtres, des bouches d'extraction et des bouches de soufflage.

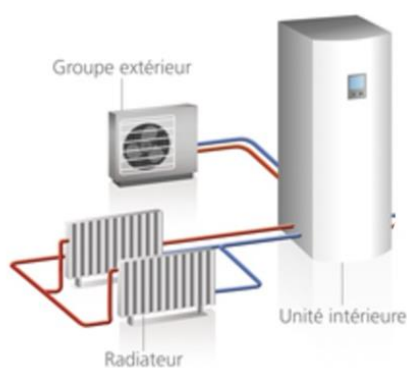
5.1 Optimisation 6 : Mise en place d'une PAC air / eau

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	20 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	25358	42448	63%	Catégorie	Systèmes
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	5670	13745	71%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	5072	6173	55%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	5372	6173	53%		
	Investissement (€TTC)	64 000						

Descriptif

Nous procédons au remplacement du système de chauffage par une pompe à chaleur air/eau. La création du réseau de chauffage et de la panoplie en chaufferie est prévu dans l'optimisation. Ce système de chauffage nécessitera une étude de dimensionnement des radiateurs.

Une étude de faisabilité devra être menée afin de déterminer la position de la future sous-station.



Localisation : Ensemble des pièces chauffées (Foyer et salle polyvalente)

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

- Coefficient de performance de la pompe à chaleur
- Diminution des consommations et des factures énergétiques

Impact sur le fonctionnement du bâtiment
--

Selon la réglementation en vigueur, une inspection des pompes à chaleur annuelle doit être effectuée. Durant la visite d'entretien, plusieurs points sont ainsi vérifiés tels que le contrôle du compresseur de votre PAC et ses performances énergétiques, la vérification de l'étanchéité du circuit frigorifique, l'état des connexions électriques.

Le professionnel qui réalise le contrôle doit être certifié par un organisme détenteur de la norme NF EN ISO/CEI 17 024.

5.2 Optimisation 7 : Mise en place d'un système de chauffage biomasse

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	22 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	55133	12673	19%	Catégorie	Systèmes
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	1205	18210	94%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	6475	4769	42%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	6775	4769	41%		
		Investissement (€TTC)	110 000					

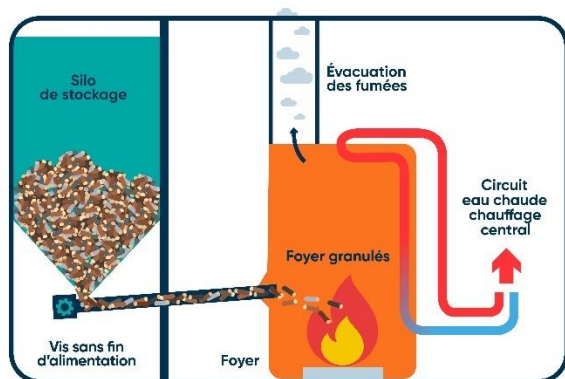
Descriptif

Nous procédons au remplacement du système de chauffage actuel par une chaudière à granulés.

La création du réseau de chauffage et de la panoplie en chaufferie est prévu dans l'optimisation. Ce système de chauffage nécessitera une étude de dimensionnement des radiateurs.

Une étude de faisabilité devra être menée afin de déterminer si la chaufferie existante peut accueillir la chaudière bois et le silo textile.

Fonctionnement d'une chaudière à granulés de bois



Localisation : Ensemble des pièces chauffées (Foyer et salle polyvalente)

Avantages	Inconvénients
• Diminution de la consommation d'énergie	• Approvisionnement en bois à prévoir • Stockage à prévoir

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La mise en place de cette optimisation nécessite en termes d'exploitation et de maintenance :

- L'entretien annuel par une personne qualifiée de la chaudière

5.1 Optimisation 8 : Mise en place d'une PAC air/air dans la salle polyvalente

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	22 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	45129	22677	33%	Catégorie	Systèmes
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	10834	8580	44%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	7760	3484	31%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	400	-100	-33%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	8160	3384	29%		
	Investissement (€TTC)	30 000						

Descriptif

Nous procédons au remplacement du système de chauffage dans la salle polyvalente par la mise en place de cassettes alimentées par PAC air/air. Ce système permettra de réduire les consommations d'énergie avec un mode de chauffage performant, tout en déstratifiant l'air (Hsp = 8m)



Localisation : Salle polyvalente

Avantages	Inconvénients
• Coefficient de performance de la pompe à chaleur • Diminution des consommations et des factures énergétiques • Amélioration du confort d'été	
Impact sur le fonctionnement du bâtiment	

Selon la réglementation en vigueur, une inspection des pompes à chaleur annuelle doit être effectuée. Durant la visite d'entretien, plusieurs points sont ainsi vérifiés tels que le contrôle du compresseur de votre PAC et ses performances énergétiques, la vérification de l'étanchéité du circuit frigorifique, l'état des connexions électriques.

Le professionnel qui réalise le contrôle doit être certifiée par un organisme détenteur de la norme NF EN ISO/CEI 17 024.

5.1 Optimisation 9 : Remplacement de l'éclairage type fluorescent en éclairage LED

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	25 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	67576	230	0%	Catégorie	Système
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	19598	-184	-1%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	11162	83	1%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	11462	83	1%		
		Investissement (€TTC)	14000					

Descriptif

Nous prévoyons la dépose des systèmes d'éclairage (luminaires, lampes) existants et la pose d'un système d'éclairage performant de type LED.

Cette optimisation permet de réduire les consommations d'électricité liées à l'éclairage, mais réduit également les apports de chaleur induits par les équipements, ce qui augmente légèrement les consommations de chauffage.



Puissance installée : 6 W/m²

Localisation : Ensemble des pièces chauffées

Avantages	Inconvénients
• Réduction des consommations d'énergie liées à l'éclairage • Grande durée de vie • Niveau d'éclairage élevé • Allumage instantané	

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La mise en place de cette optimisation ne présente aucune modification en termes d'exploitation ou de maintenance sur le bâtiment.

5.1 Optimisation 10 : Mise en place d'une gestion technique centralisée pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires

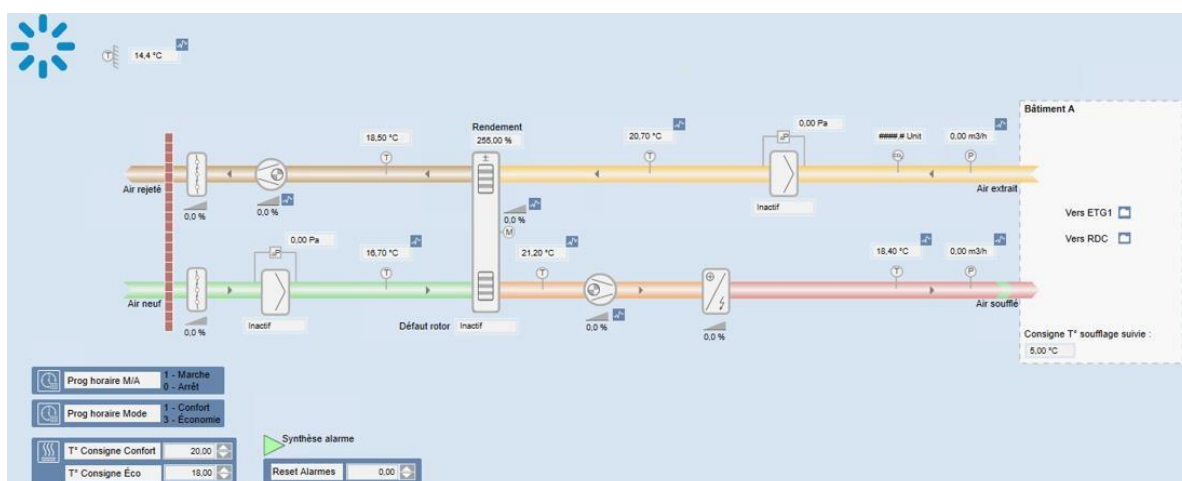
Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	25 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	62014	5791	9%	Catégorie	Système
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	17538	1876	10%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	10318	927	8%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	10618	927	8%		
		Investissement (€TTC)	6000					

Descriptif

Nous procédons à la mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC).

Elle permet de piloter à distance des installations techniques.

Les alarmes, mesures, régulations, modification des paramètres (température, heures de fonctionnement, ...). Ainsi, la gestion centralisée est une aide pour piloter les équipements à distance et permet d'accéder à des économies d'énergie.



Exemple Vue GTC – ventilation

Localisation : Ensemble des pièces chauffées

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

- Diminution des consommations d'énergie par anticipation des réglages et problèmes.

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

La gestion technique centralisée nécessite une formation de prise en main et un suivi régulier par l'exploitant du bâtiment.

5.2 Optimisation 11 : Mise en place d'une PAC air / eau et mise en place de ventilo-convecteurs dans la salle polyvalente.

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	20 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	25296	42510	63%	Catégorie	Systèmes
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	5519	13896	72%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	5059	6185	55%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	400	-100	-33%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	5459	6085	53%		
		Investissement (€TTC)	73 000					

Descriptif

Nous procédons au remplacement du système de chauffage par une pompe à chaleur air/eau, tel que décrit dans l'optimisation n°6, à laquelle nous incluons une variante sur le système d'émission de chauffage.

Des ventilo-convecteurs seront installés afin de répondre à la problématique concernant le système de chauffage actuel. En effet, le plancher chauffant n'est pas adapté à l'utilisation de la salle, irrégulière. Les ventilo-convecteurs permettront un chauffage rapide et ponctuel de la salle lors de son occupation. Par ailleurs, la grande hauteur sous plafond nécessite un brassage de l'air afin d'éviter que la chaleur ne stagne sous les rampants et génère un inconfort au niveau du sol. L'air soufflé généré par les ventilo-convecteurs permettront à la température d'être plus homogène dans le volume de la salle.



Localisation : Salle polyvalente

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

- Coefficient de performance de la pompe à chaleur
- Diminution des consommations et des factures énergétiques

Impact sur le fonctionnement du bâtiment
--

Selon la réglementation en vigueur, une inspection des pompes à chaleur annuelle doit être effectuée. Durant la visite d'entretien, plusieurs points sont ainsi vérifiés tels que le contrôle du compresseur de votre PAC et ses performances énergétiques, la vérification de l'étanchéité du circuit frigorifique, l'état des connexions électriques.

Le professionnel qui réalise le contrôle doit être certifié par un organisme détenteur de la norme NF EN ISO/CEI 17 024.

5.3 Optimisation 12 : Mise en place d'un système de chauffage biomasse et mise en place de ventilo-convecteurs dans la salle polyvalente.

Analyse								
		Etat initial	Etat futur	Economie	Gain			
Durée de vie conventionnelle	22 ans	Consommations (kWhEF / an)	67806	54901	12905	19%	Catégorie	Systèmes
		Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	1264	18151	93%		
		Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	6454	4791	43%		
		Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	400	-100	-33%		
		Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%		
		Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	6854	4691	41%		
		Investissement (€TTC)	117 000					

Descriptif

Nous procédons au remplacement du système de chauffage actuel par une chaudière à granulés, tel que décrit dans l'optimisation n°7, à laquelle nous incluons une variante sur le système d'émission de chauffage.

Des ventilo-convecteurs seront installés afin de répondre à la problématique concernant le système de chauffage actuel. En effet, le plancher chauffant n'est pas adapté à l'utilisation de la salle, irrégulière. Les ventilo-convecteurs permettront un chauffage rapide et ponctuel de la salle lors de son occupation. Par ailleurs, la grande hauteur sous plafond nécessite un brassage de l'air afin d'éviter que la chaleur ne stagne sous les rampants et génère un inconfort au niveau du sol. L'air soufflé généré par les ventilo-convecteurs permettront à la température d'être plus homogène dans le volume de la salle.



Localisation : Salle polyvalente

Avantages	Inconvénients
• Diminution de la consommation d'énergie	• Approvisionnement en bois à prévoir • Stockage à prévoir

Impact sur le fonctionnement du bâtiment

- La mise en place de cette optimisation nécessite en termes d'exploitation et de maintenance :
- L'entretien annuel par une personne qualifiée de la chaudière

6. PROPOSITIONS DE SCENARIOS DE TRAVAUX

6.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié différentes optimisations. Nous allons maintenant étudier plusieurs bouquets de travaux et étudier les résultats obtenus (gains, économies...) de la même façon que pour les optimisations.

Le programme de cette étude demande que nous étudions plusieurs bouquets de travaux ayant les objectifs suivants :

1. Un scénario permettant d'atteindre une réduction de 40% des consommations totales (STD)
2. Un scénario permettant d'atteindre une réduction de 60% des consommations totales (STD)
3. Un scénario sur mesure défini avec la maîtrise d'ouvrage à l'issue de la restitution du présent rapport.

Rappel :

La réglementation thermique des bâtiments existants est divisée en deux parties.

La réglementation RT « globale » concerne les bâtiments :

- De plus de 1000 m² de SHON
- Construit après 1948
- Dont le coût des travaux de rénovation thermique est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment

Pour les autres bâtiments, c'est la RT « élément par élément » qui s'applique (réglementation plus légère qui établit des garde-fous à respecter mentionnés dans l'arrêté du 22 mars 2017).

Le foyer et la salle polyvalente ont une SHON inférieure à 1000 m², elles ne sont donc pas soumises à la RT globale.

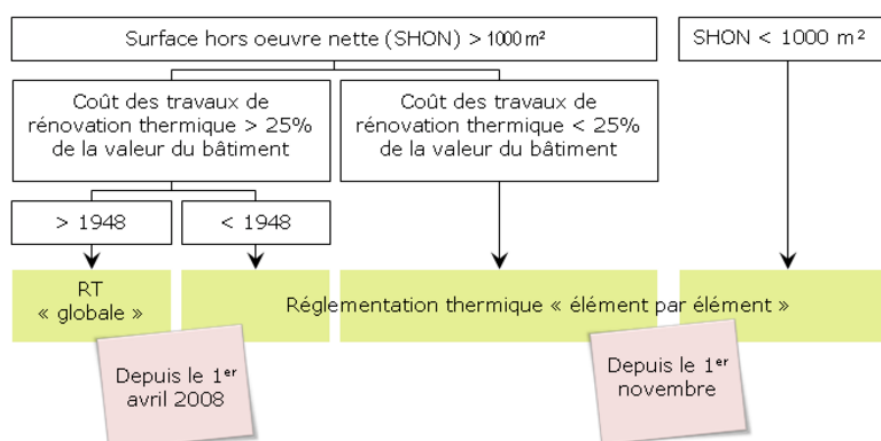


Schéma explicatif RT existant

6.2 Présentation des scénarios

	Optimisation	Scénario 1	Scénario 2
1	Isolation par l'extérieur ($R \geq 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	X	X
2	Isolation par l'intérieur ($R \geq 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)		
3	Remplacement des menuiseries $U_w = 1,3$ et $S_w = 0,35$	X	X
4	Isolation de la toiture	X	X
5	Remplacement de la VMC SF par une VMC DF		X
6	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau		
7	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois		
8	Remplacement du chauffage de la salle polyvalente		
9	LED		X
10	Mise en place d'une GTC	X	X
11	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau et remplacement du plancher chauffant par des ventilo convecteurs		X
12	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois et remplacement du plancher chauffant par des ventilo convecteurs	X	

6.3 Résultats des scénarios d'optimisations

6.3.1 Scénario 1

6.3.1.1 Analyse des consommations en énergie finale (méthode STD)

Analyse				
	Etat initial	Etat futur	Economie	Gain
Consommations (kWhEF / an)	67806	36233	31573	47%
Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	994	18420	95%
Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	4554	6690	59%
Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	400	-100	-33%
Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%
Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	4954	6590	57%
Investissement (€TTC)			307 000	

6.3.1.2 Analyse des consommations en énergie primaire (méthode réglementaire RT existant)

CEP initial (kWhEP/m².an)	CEP projet (kWhEP/m².an)	CEP réf (kWhEP/m².an)	Gain projet/initial (%)	Gain projet/réf (%)	Ubat initial (W/(m².K))	Ubat réf (W/(m².K))	Ubat projet (W/(m².K))
216,4	122,7	173,0	43,3%	29,1%	0,71	0,83	0,41

Les résultats détaillés du CEP projet sont les suivant :

Bâtiment	Chauffage	ECS	Ventilation	Auxilliaires	Eclairage	Total
Salle polyvalente et foyer logement	66,8	0,0	24,5	2,6	28,8	122,7

6.3.2 Scénario 2

6.3.2.1 Analyse des consommations en énergie finale (méthode STD)

Analyse				
	Etat initial	Etat futur	Economie	Gain
Consommations (kWhEF / an)	67806	18815	48991	72%
Emission de CO2 (kgeqCO2/an)	19415	2154	17261	89%
Coût annuel (Tarif énergie P1) (€TTC)	11245	3763	7482	67%
Coût annuel (Maintenance P2) (€TTC)	300	300	0	0%
Coût annuel (Gros entretien P3) (€TTC)	0	0	0	0%
Dépenses énergétiques (€TTC)	11545	4063	7482	65%
Investissement (€TTC)			323 000	

6.3.2.2 Analyse des consommations en énergie primaire (méthode règlementaire RT existant)

CEP initial (kWhEP/m².an)	CEP projet (kWhEP/m².an)	CEP réf (kWhEP/m².an)	Gain projet/initial (%)	Gain projet/réf (%)	Ubat initial (W/(m².K))	Ubat réf (W/(m².K))	Ubat projet (W/(m².K))
216,4	57,0	199,8	73,7%	71,5%	0,71	0,83	0,41

Les résultats détaillés du CEP projet sont les suivant :

Bâtiment	Chauffage	ECS	Ventilation	Auxilliaires	Eclairage	Total
Salle polyvalente et foyer logement	31,4	0,0	6,4	2,6	16,6	57,0

6.3.3 Etiquette énergétique

Etat	Consommations énergétiques (kWhEP/m ² .an)	Emission de Gaz à Effet de Serre (kgCO ₂ /m ² .an)
Etat initial	Bâtiment économe ≤ 50 A 51 à 110 B 111 à 210 C 211 à 350 D → 216 351 à 540 E 541 à 750 F > 750 G Bâtiment énergivore	Faible émission de GES ≤ 5 A 6 à 10 B 11 à 20 C 21 à 35 D 36 à 55 E → 53 56 à 80 F > 80 G Forte émission de GES
Scénario 1	Bâtiment économe ≤ 50 A 51 à 110 B 111 à 210 C → 123 211 à 350 D 351 à 540 E 541 à 750 F > 750 G Bâtiment énergivore	Faible émission de GES ≤ 5 A → 4 6 à 10 B 11 à 20 C 21 à 35 D 36 à 55 E 56 à 80 F > 80 G Forte émission de GES
Scénario 2	Bâtiment économe ≤ 50 A 51 à 110 B → 57 111 à 210 C 211 à 350 D 351 à 540 E 541 à 750 F > 750 G Bâtiment énergivore	Faible émission de GES ≤ 5 A → 2 6 à 10 B 11 à 20 C 21 à 35 D 36 à 55 E 56 à 80 F > 80 G Forte émission de GES

6.3.4 Bilan économique

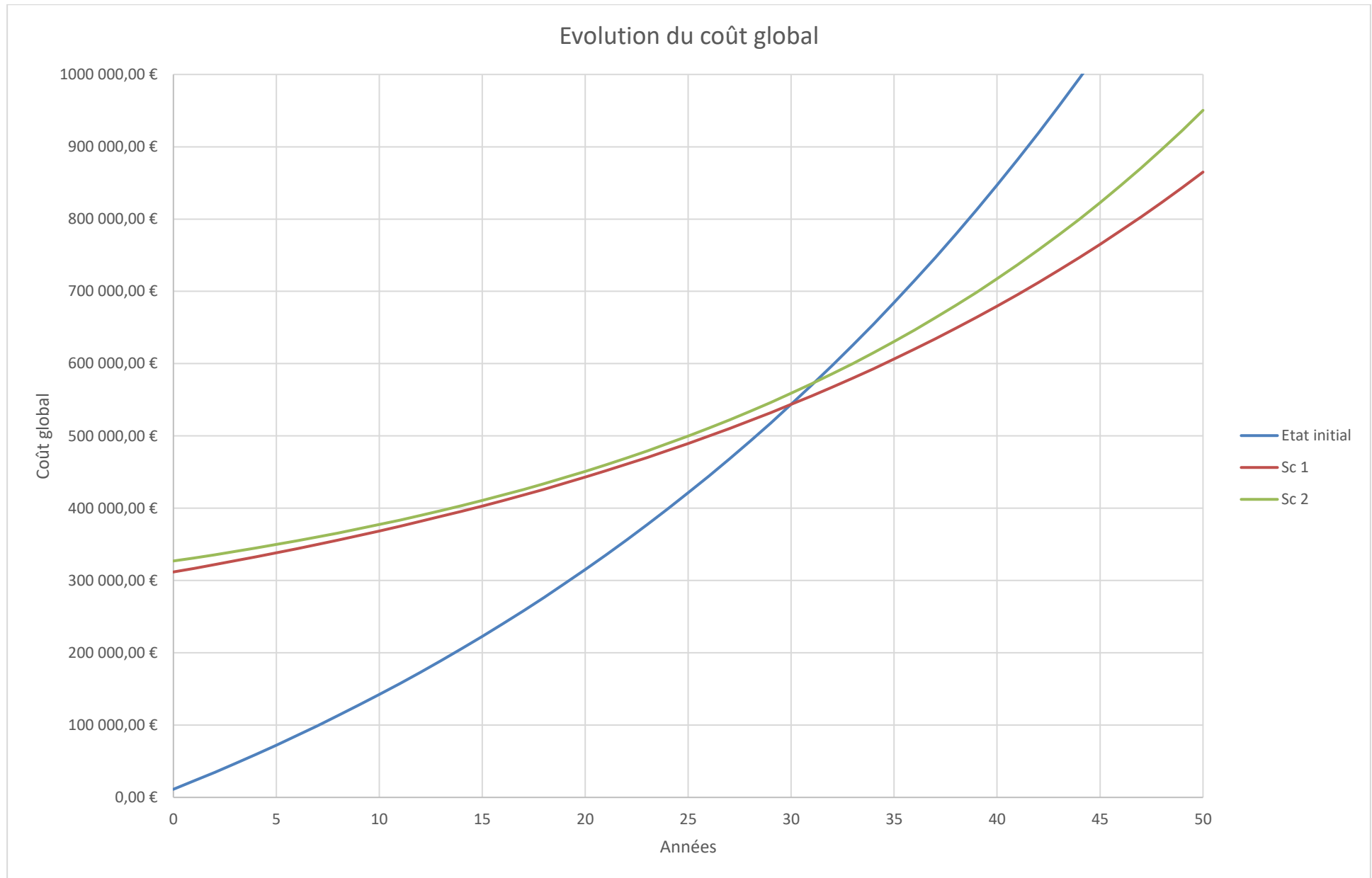
Nous rappelons les hypothèses prises en compte pour l'analyse financière du projet :

Type d'énergie	Coût (euros TTC / kWh)
Bois granulés	0.10 euros TTC / kWh
Fioul	0.16 euros TTC / kWh
Electricité	0.20 euros TTC / kWh

Type d'énergie	Evolution annuelle
Bois granulés	+ 2%
Fioul	+ 2,5%
Electricité	+ 4%
Contrats P2, P3	+ 2%

Remarque : Les aides et le financement P4 ne sont pas pris en compte dans le calcul du TRI.

	Scénario	Investissement (euros TTC)	Aides CEE (euros HT)	Coût annuel P1 (euros TTC)	Coût annuel P2 (euros TTC)	Coût annuel P3 (euros TTC)	Coût annuel P4 sans aides (euros TTC)	Coût annuel P4 avec aides (euros TTC)	Economie 1ère année (euros TTC)	TRI net
N°	Modèle de base	/	/	11 245 €	/	/	/	/	/	/
1	Sc 1	307 000 €	30 820 €	4 554 €	300 €	0 €	22 324 €	20 083 €	6 690 €	30
2	Sc 2	323 000 €	19 550 €	3 763 €	300 €	0 €	23 488 €	22 066 €	7 482 €	31



6.3.5 Conclusion

Le scénario 1 permet d'atteindre la valeur cible de 40% de réduction des consommations d'énergie. Cet objectif est fixé par l'Etat à l'horizon 2030. Ce scénario inclue une réfection du bâti avec l'isolation par l'intérieur des murs, qui amène des gains importants, l'isolation des toitures et le remplacement des menuiseries, qui amène une amélioration des performances du bâtiment pour un investissement néanmoins plus lourd.

Le remplacement de la chaufferie Fioul paraît incontournable, tant au niveau de la vétusté des matériels que de l'impact environnemental. Le remplacement par une chaudière bois et la mise en place d'une Gestion Technique Centrale permettrait de diminuer et d'optimiser les consommations énergétiques.

Le scénario 2 vise quant à lui à atteindre la valeur cible de 60% de réduction des consommations d'énergie. Ce scénario doit s'inscrire dans une vision à long terme (Horizon 2050). Il regroupe des optimisations moins urgentes, telle que la mise en place d'une pompe à chaleur, le remplacement des luminaires, et la mise en place d'une VMC double flux.

7. CONCLUSION

Nous avons mené un audit énergétique sur le foyer et la salle polyvalente à Plounéour Menez. Le bâtiment a été modélisé afin de pouvoir étudier plusieurs optimisations. Pour chacune d'entre-elles, nous avons étudié les économies réalisables (au niveau des consommations), l'investissement nécessaire, et plusieurs autres critères nous permettant de juger de leur intérêt pour le bâtiment.

Une synthèse des résultats est présentée ci-dessous :

	Optimisation(s)	Consommation de bois (kWhEF)	Gain bois (%)	Consommation d'électricité (kWhEF)	Gain électricité (%)	Consommation totale (kWhEF)	Gain total (%)	Coût annuel (euros TTC)	Gain facture (%)	Economie 1ère année (euros TTC)	Investissement (euros TTC)	TRI brut (années)	Emission de CO2 (kg eqCO2)	Aides CEE (euros HT)
N°	Modèle de base	57915	/	9891	/	67806	/	11 245 €	/	/	/	/	19415	/
1	Isolation par l'extérieur ($R \geq 3,7$ $5m^2 \cdot K/W$)	56730	2,0%	9681	2,1%	66411	2,1%	11 013 €	2,1%	232 €	55 000 €	237	19013	5380
2	Isolation par l'intérieur ($R \geq 3,7$ $5m^2 \cdot K/W$)	53733	7,2%	9790	1,0%	63523	6,3%	10 555 €	6,1%	689 €	41 000 €	59	18049	5380
3	Remplacement des menuiseries $U_w = 1,3$ et $S_w = 0,35$	43068	25,6%	9493	4,0%	52561	22,5%	8 790 €	21,8%	2 455 €	86 000 €	35	14575	2750
4	Isolation de la toiture	54073	6,6%	10786	-9,0%	64859	4,3%	10 809 €	3,9%	436 €	43 000 €	99	18199	5240
5	Mise en place d'un système de VMC double flux	51623	10,9%	10558	-6,7%	62181	8,3%	10 371 €	7,8%	873 €	46 000 €	53	17411	1900
6	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau	0	100,0%	25358	-156,4%	25358	62,6%	5 072 €	54,9%	6 173 €	64 000 €	10	5670	3440
7	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois	45515	21,4%	9618	2,8%	55133	18,7%	6 475 €	42,4%	4 769 €	110 000 €	23	1205	17040
8	Remplacement du chauffage de la salle polyvalente	31640	45,4%	13489	-36,4%	45129	33,4%	7 760 €	31,0%	3 484 €	30 000 €	9	10834	1010
9	Remplacement de l'éclairage par des LED	58840	-1,6%	8736	11,7%	67576	0,3%	11 162 €	0,7%	83 €	14 000 €	169	19598	430
10	Mise en place d'une GTC	52123	10,0%	9891	0,0%	62014	8,5%	10 318 €	8,2%	927 €	6 000 €	6	17538	410
11	Remplacement de la chaudière fioul par une PAC air/eau et remplacement du plancher chauffant par des ventilo convecteurs	0	100,0%	25296	-155,7%	25296	62,7%	5 059 €	55,0%	6 185 €	73 000 €	12	5519	3440
12	Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière bois et remplacement du plancher chauffant par des ventilo convecteurs	45263	21,8%	9638	2,6%	54901	19,0%	6 454 €	42,6%	4 791 €	117 000 €	24	1264	17040

Niveau de précision des investissements : +/- 15 % (hors frais de maîtrise d'œuvre et coût annexes : bureau de contrôle, assurances...)

	Optimisation(s)	Consommation de bois (kWhEF)	Gain bois (%)	Consommation d'électricité (kWhEF)	Gain électricité (%)	Consommation totale (kWhEF)	Gain total (%)	Coût annuel (euros TTC)	Gain facture (%)	Economie 1ère année (euros TTC)	Investissement (euros TTC)	TRI brut	Emission de CO2	Aides CEE (euros HT)
N°	Modèle de base	57915	/	9891	/	67806	/	11 245 €	/	/	/	/	19415	/
1	1 + 3 + 4 + 10 + 12	26923	54%	9310	6%	36233	47%	4 554 €	59%	6 690 €	307 000 €	46	994	30 820 €
2	1 + 3 + 4 + 5 + 9 + 10 + 11	0	100%	18815	-90%	18815	72%	3 763 €	67%	7 482 €	323 000 €	43	2154	19 550 €