



Ecole primaire Joseph Launay

58 Rue Jean Boyer,
35730 Pleurtuit

AUDIT ENERGETIQUE

MAITRISE D'OUVRAGE



VILLE DE PLEURTUIT

2 rue de Dinan
35730 Pleurtuit
www.pleurtuit.com

Mme LE DU Marjolaine
Responsable pôle urbanisme et
aménagement
02 99 88 75 82

ASSISTANT MOA :



ALTEREA AGENCE OUEST

26 bd Vincent Gâche – CS 17502
44275 NANTES CEDEX 2
T 02 40 74 24 81

Kévin GOFF
Chef de projets
02 40 74 24 81
kgoff@alterea.fr

ALTEREA certifié par l'OPQIBI
Certificat de qualification N°13 06 25 86

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	18/06/2021	Première émission du rapport	YKHA	MPLA	KGOF

contact@alterea.fr – www.alterea.fr

Agence Ouest (siège)

26 bd Vincent Gâche CS 17502
44275 Nantes Cedex 2
T 02 40 74 24 81
f 02 51 84 16 33

Agence Ile-de-France

23 avenue d'Italie
75013 Paris
T 01 46 28 31 89
f 02 51 84 16 33

Agence Nord

21 rue Pierre Mauroy
59000 Lille
T 03 59 54 21 08
f 02 51 84 16 33

Agence Sud-Ouest

2 rue du Jardin de l'Ars
33800 Bordeaux
T 05 56 64 42 51
f 02 51 84 16 33

Agence Sud – Est

19 rue de la Villette
69003 Lyon
T 04 87 24 90 75
f 02 51 84 16 33

Agence Est

20 place des Halles
67000 Strasbourg
T 03 88 52 26 01
f 02 51 84 16 33

SOMMAIRE

SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE 5

1 INTRODUCTION 8

1.1	OBJECTIF DE LA MISSION	8
1.2	METHODOLOGIE EMPLOYEE	8
1.3	LISTE DES DOCUMENTS TRANSMIS PAR LA MOA	9
1.4	ANOMALIES EVENTUELLES A FAIRE REMONTER	9
1.5	POINTS BLOQUANTS	9
1.6	ESTIMATIONS DES QUANTITES POUR LES DIFFERENTES PRESCRIPTIONS	9

2 DESCRIPTION DU SITE 10

2.1	INFORMATIONS GENERALES	10
2.1.1	PERIMETRE DU DIAGNOSTIC	10
2.1.2	COORDONNEES DES INTERLOCUTEURS	10
2.1.3	VISITE	10
2.1.4	TRAVAUX ANTERIEURS OU PROGRAMMES	10
2.1.5	VUE AERIENNE DU SITE	11
2.2	DONNEES D'USAGE DU SITE	12
2.2.1	BATIMENT	12
2.2.2	OCCUPATION DU BATIMENT	12
2.2.3	CONFORT DES OCCUPANTS	13

3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE 14

3.1	USAGES ENERGETIQUES DU SITE	14
3.2	DESCRIPTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN ELECTRICITE	14
3.3	DESCRIPTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN CHALEUR	15
3.4	HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS	16
3.4.1	CONSOMMATIONS TOTALES	16

4 DESCRIPTION DES BATIMENT 17

4.1	DESCRIPTION ET PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE	17
4.2	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION	19
4.2.1	VENTILATION NATURELLE	19
4.2.2	EQUIPEMENTS	20

5 DESCRIPTION DES SYSTEMES THERMIQUES 21

5.1	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE	21
5.1.1	IMPLANTATION DES EQUIPEMENTS ET DES ZONES DESSERVIES	21
5.1.2	PRESENTATION DE LA PRODUCTION 1	22
5.1.3	PRESENTATION DE LA PRODUCTION 2	25
5.1.4	DESCRIPTION DES SYSTEMES D'EMISSION	26
5.2	DESCRIPTION DE LA PRODUCTION DE REFROIDISSEMENT	27
5.3	DESCRIPTION DE LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	27

6 DESCRIPTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES 28

6.1	DESCRIPTION DE L'ECLAIRAGE	28
-----	----------------------------	----

6.2	DESCRIPTION DES AUTRES USAGES	29
-----	-------------------------------	----

7	ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	30
----------	---	-----------

7.1	ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES DU SITE	30
7.2	ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES	31
7.3	COMPARAISON DES CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES	32
7.3.1	CONSOMMATIONS DE GAZ NATUREL	32
7.3.2	CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE	32
7.4	PRESENTATION DES RESULTATS REGLEMENTAIRES (METHODE TH-C-E EX)	33

8	GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE	34
----------	--	-----------

8.1	ANALYSE CRITIQUE ET PROPOSITION D'ACTIONS	34
8.2	TABLEAU DE SYNTHESE	35
8.3	DETAILS DES INTERVENTIONS	37
8.4	POTENTIELS D'ENR	40

9	SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	41
----------	---	-----------

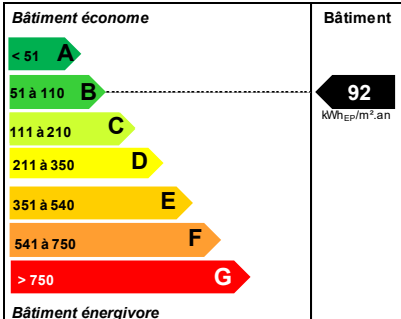
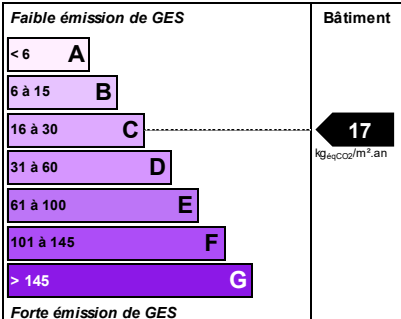
9.1	PRESENTATION DES SCENARIOS	41
9.2	SCENARIO 1 : « - 40% »	41
9.2.1	RESULTATS EN METHODE « REELLE »	41
9.2.2	RESULTATS REGLEMENTAIRES	42
9.3	SCENARIO 2 : « -60 % »	43
9.3.1	RESULTATS EN METHODE « REELLE »	43
9.3.2	RESULTATS REGLEMENTAIRES	43
9.4	JUSTIFICATION DES SCENARIOS ET CONCLUSIONS	45

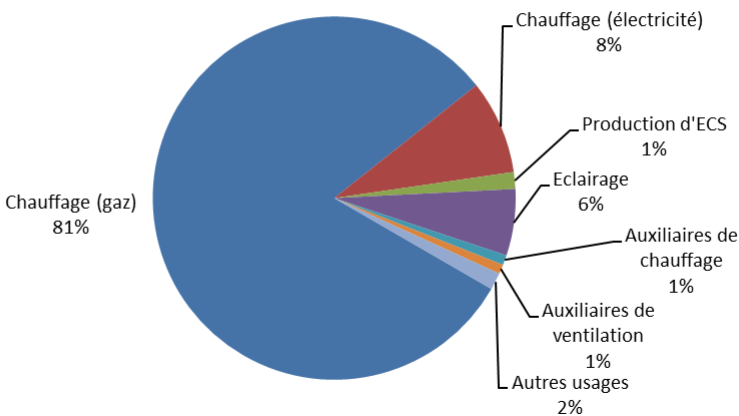
10	ANNEXES	46
-----------	----------------	-----------

10.1	GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC	46
10.1.1	CONVERSION DES UNITES ENERGETIQUES	46
10.1.2	EVOLUTION ANNUELLE DES ENERGIES	46
10.1.3	ÉMISSIONS DE CO2	46
10.1.4	LEXIQUE DE QUELQUES ABREVIATIONS	47
10.1.5	FACTEUR DE CONVERSION ENERGIE FINALE / ENERGIE PRIMAIRE	47
10.2	REGLEMENTATION THERMIQUE	48

SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

	Année de construction /	inconnue
	Type	Enseignement
	Surface chauffée	1 657 m ² (dont 171 m ² du bâtiment préfabriqué)
	SHON¹	1 823 m ²
	Nombre de niveaux	1 niveau

Performance énergétique simulée ²	ETAT INITIAL	
	Consommations énergétiques (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les auxiliaires	Emissions de gaz à effet de serre (GES) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les auxiliaires
		
Coût énergétique simulé au réel³	Gaz naturel 7 044 €^{TTC}/an 10 193 €^{TTC}/an Électricité 3 149 €^{TTC}/an	

Bilan énergétique (issu de la simulation sur BAO Promodul)	
Consommations totales en énergie finale (kWhEF)	
Répartition des consommations en kWhEF 	

¹ La SHON est obtenue en multipliant la surface chauffée par 1,1

² Les résultats sont issus de la simulation sous BAO évolution, réalisée à partir des observations de la visite et des documents fournis,

³ Dépenses énergétiques hors maintenance des installations

SCENARIOS

Objectif des scénarios proposés :

Les scénarios de travaux sont basés sur une approche technique mêlant besoins énergétiques et fonctionnels. L'ensemble des postes de consommation est considéré. Les scénarios sont cumulatifs.

- Scénario « - 40 % » : ce scénario correspond à une réduction de 40% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment.
- Scénario « - 60% » : ce scénario vise une réduction de 60% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment.

APPROCHE ECONOMIQUE (METHODE REELLE)

Scénario	Economie d'énergie			Coût	TRI actualisé
	(kWhEF/an)	(€ ^{TTC} /an)	% ⁴		
Scénario 1	53 374	4 278 €	40%	243 k€	>30
Scénario 2	110 875	7 510 €	84%	698 k€	>30

APPROCHE ENERGETIQUE

Scénario	Consommation énergétique simulée ⁵ En kWhEP/m ² . SHON	Emissions de CO ₂ En kg CO ₂ /m ² . SHON
Scénario 1	51 à 110 B 54	6 à 15 B 9
Scénario 2	< 51 A 30	< 6 A 2

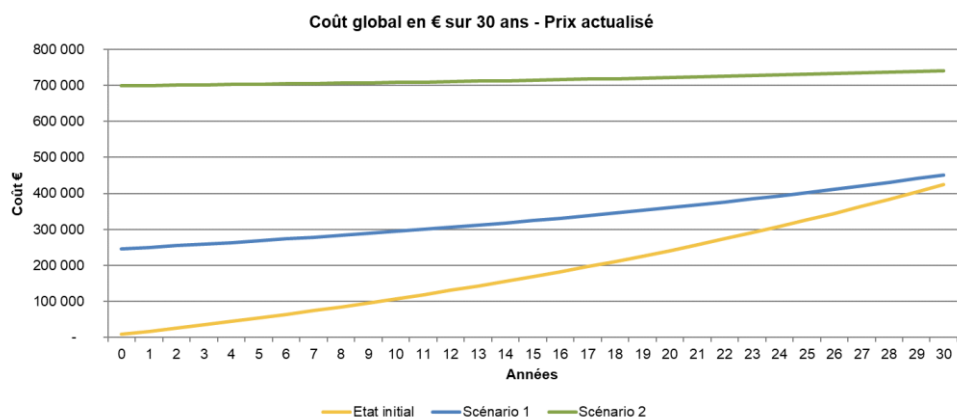
La notion de coût global permet d'intégrer l'ensemble des coûts de fonctionnement du site sur les 30 prochaines années. Cela englobe les coûts liés à la facture énergétique du site mais également les coûts liés à la maintenance et au renouvellement des équipements (coût P2, P3). L'ensemble des coûts présentés sont actualisés selon les données indiquées en annexe 10.1.2.

Le graphique ci-dessous présente ainsi le calcul en coût global réalisé sur le site étudié.

⁴ En %kWhEF

⁵ Calcul réel

COUT GLOBAL



1 INTRODUCTION

1.1 Objectif de la mission

L'audit énergétique consiste à réaliser un état des lieux du site (sur le bâti et les systèmes) dans le but d'identifier les gisements d'économies d'énergies possibles et de proposer des solutions d'amélioration efficaces et rentables à courts, moyens et longs termes (investissements, gains énergétiques, confort, etc.). L'audit justifie ces propositions alternatives en chiffrant l'investissement nécessaire et en présentant les gains énergétiques qu'il est possible de prétendre. Par conséquent, il est possible de présenter les marges de progrès du site avec une analyse multicritère (TRI, investissements, gains, etc.).

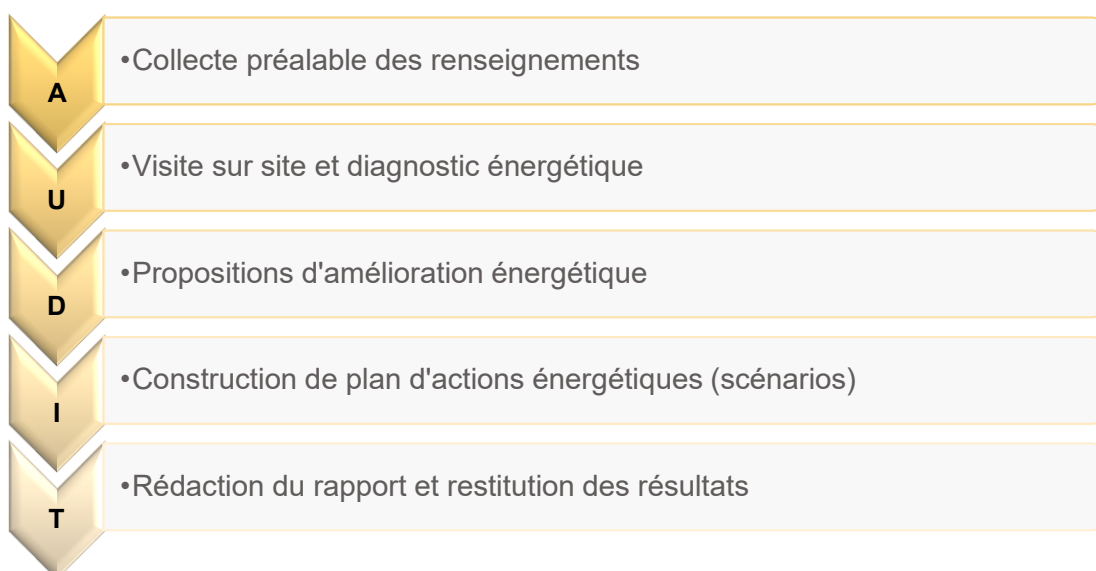
Les principaux objectifs auxquels devra répondre la mission d'audit énergétique sont les suivants :

- Réaliser un état des lieux énergétique du bâtiment,
- Une diminution des consommations à travers la mise en place de systèmes énergétiques performants.

1.2 Méthodologie employée

Processus de l'audit énergétique

Le diagnostic peut se décomposer en cinq étapes distinctes :



1.3 Liste des documents transmis par la MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	> Plans de niveau > Plans de façades (extension) > Plan extension	PDF
Consommations énergétiques	> Consommations et dépenses 2017-2018 (électricité et gaz naturel) > Facture contrat énergie	PDF
Installations et équipements	> Inventaire des équipements informatique	HTML
Diagnostics	> -	-

1.4 Anomalies éventuelles à faire remonter

Rien à signaler.

1.5 Points bloquants

Absence de plans de niveau et de coupes

1.6 Estimations des quantités pour les différentes prescriptions

La date de valeur des estimations correspond à la date de notre visite sur site, soit le 29/04/2021,
Les quantités prescrites dans les interventions correspondent à des estimations réalisées à la suite de notre visite sur site.

2 DESCRIPTION DU SITE

2.1 Informations générales

2.1.1 Périmètre du diagnostic

Ecole primaire Joseph Launay – Ville de Pleurtuit 58 Rue Jean Boyer, 35730 Pleurtuit
--

2.1.2 Coordonnées des interlocuteurs

	Econome de flux
Nom	Madame LE DU Marjolaine
Téléphone	02 99 88 75 82
E-mail	resp.urba@pleurtuit.com

2.1.3 Visite

La visite du bâtiment a été réalisée dans les conditions suivantes :

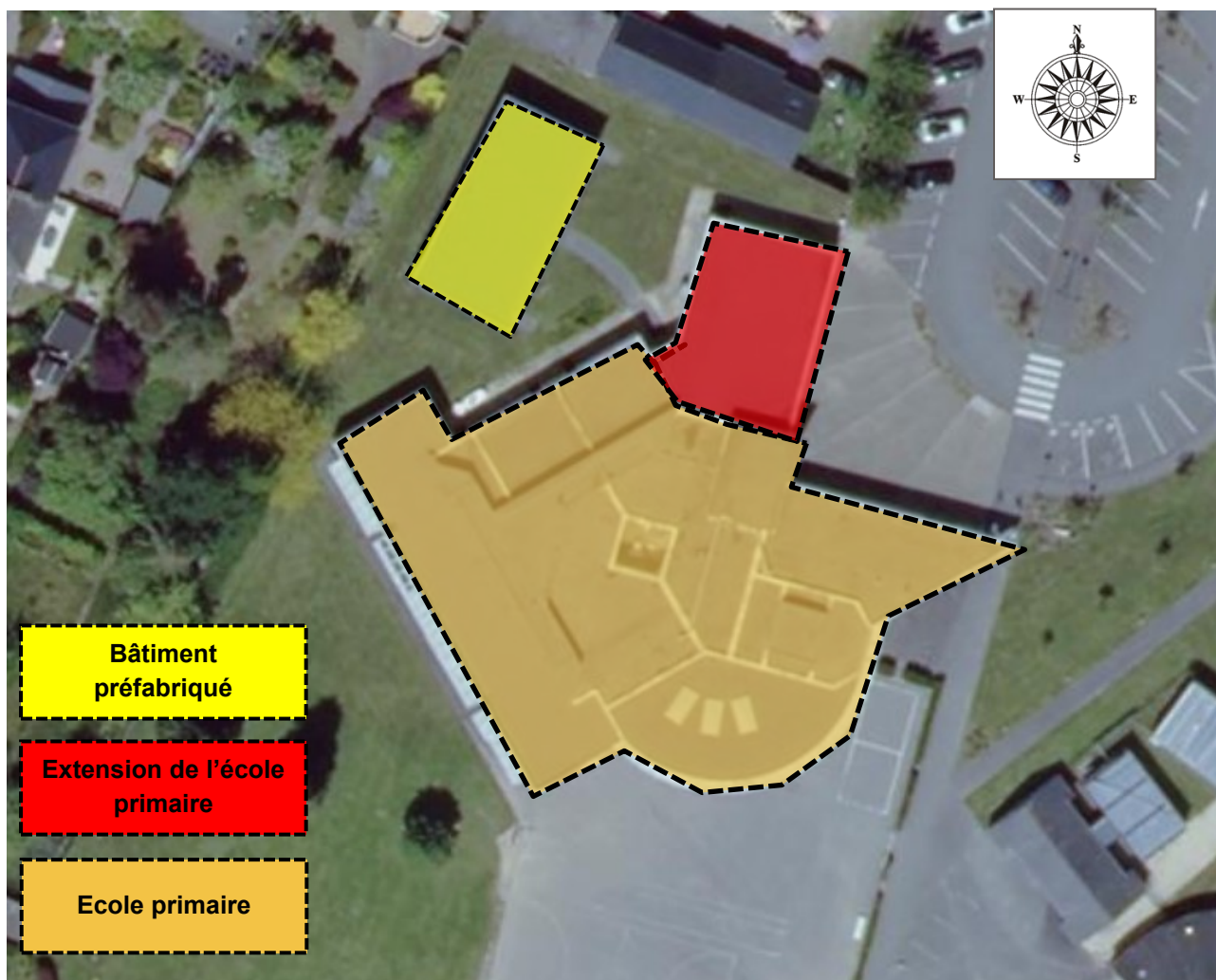
Situation	
Date de la visite	29/04/2021
Diagnostiqueur	M. Yahya KHAYATEI HOUSSAINI khayateihousaini@alterea.fr
Accompagnateur	M. Nicolas Barbeau (Responsable technique)
Conditions climatiques	T _{ext} = +20°C, Ensoleillé et peu de vent

2.1.4 Travaux antérieurs ou programmés

Les travaux antérieurs signalés ou constatés lors de la visite sont les suivants :

Travaux	Date
Mise en place des dalles plafonnières LED	En cours
2 ^{ème} Extension de l'école primaire publique (bâtiment préfabriqué)	2012
Mise en place des pompes à débit variable	inconnu
1 ^{ère} extension de l'école primaire publique	2003

2.1.5 Vue aérienne du site



Commentaires :

- > L'école primaire a connu deux extensions. La première extension date de 2003 (donnée issue du site Géoportail). La deuxième extension quant à elle date de 2012.

2.2 Données d'usage du site

2.2.1 Bâtiment

Bâtiment	Année de construction	Niveau	Surface chauffée ⁶	Surface SHON	Usage
Ecole primaire Joseph Launay	Inconnu	RDC	1 657 m ²	1 823 m ²	Enseignement



Le bâtiment est construit avant la mise en place de la première réglementation thermique française concernant les bâtiments tertiaires (1988), il a connu deux extensions respectivement en 2003 et en 2012.

2.2.2 Occupation du bâtiment

2.2.2.1 Horaires du site

- Horaires employés :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture	7h30	7h30	7h30	7h30	7h30	-	-
Fermeture	19h30	19h30	19h00	19h30	19h30	-	-

Horaires élèves :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture	8h00	8h00	8h00	8h00	8h00	-	-
Fermeture	17h30	17h30	12h30	17h30	17h30	-	-

2.2.2.2 Fréquentation du site

Dénomination	Effectifs
Ecole primaire Joseph Launay	232 personnes ⁷

L'école ouvre ses portes ponctuellement les mercredi, les week-end ou pendant les vacances scolaires (vacances apprenantes, centre de loisirs, préparation de classe par les enseignants).

Le bâtiment peut être utilisé pendant les vacances scolaires sur certaines dates (CLSH, stages de réussite scolaire, grand ménage ...).

⁶ Calculée sur plans

⁷ Capacité maximale d'accueil

2.2.3 Confort des occupants

Ressenti des occupants	Note
Le confort hivernal et estival est bon dans le bâtiment. Pas de problèmes de chauffe ou surchauffe n'ont été remonté par les usagers.	



Confort bon



Confort moyen



Confort faible

3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE

3.1 Usages énergétiques du site

Les usages énergétiques du site sont les suivants :

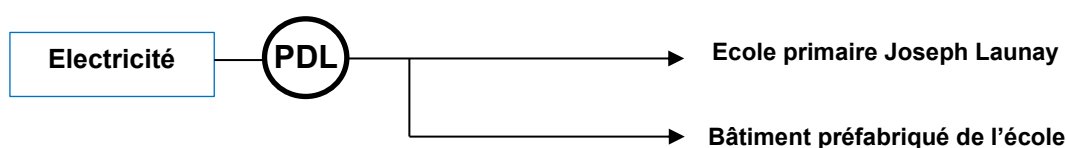
	Electricité	Gaz naturel
Chauffage	X	X
Eau chaude sanitaire	X	-
Eclairage	X	-
Bureautique	X	-
Ventilation	X	-
Auxiliaires de chauffage	X	-
Solaire photovoltaïque	-	-
Autres usages élec.	X	-

3.2 Description de l'approvisionnement en électricité

- > Le site dispose d'un seul compteur général qui dessert le bâtiment.
- > Aucune présence de sous-compteur pour l'électricité.

Zone	Energie	Type de compteur	Matricule compteur	PDL	Fournisseur	Puissance souscrite
Ecole Joseph Launay	Electricité	Fournisseur	04176304378103	Oui	Direct Energie	36 kVa

Le schéma ci-dessous présente le système de comptage actuel :



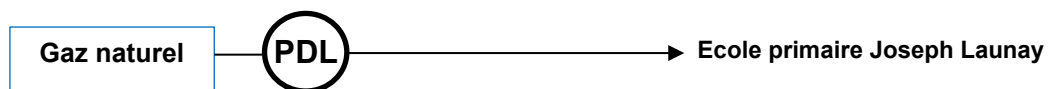
Aucun sous compteur n'est présent sur site afin d'indiquer avec précision les consommations spécifiques du bâtiment préfabriqué.⁸

⁸ Le bâtiment préfabriqué fait partie de l'école Joseph Launay

3.3 Description de l'approvisionnement en chaleur

Le site dispose d'un seul compteur gaz général et qui dessert le bâtiment.

Le schéma ci-dessous présente le système de comptage actuel :



PDL : Point De Livraison

3.4 Historique des consommations

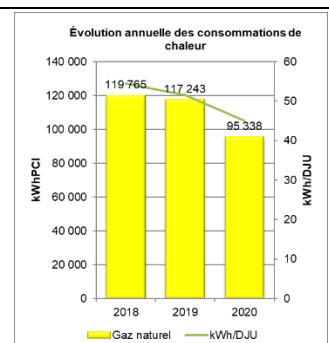
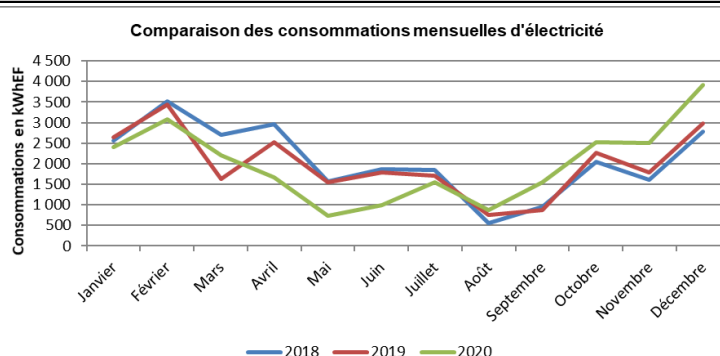
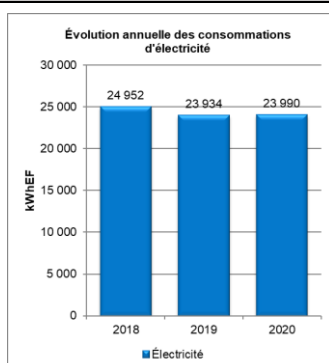
3.4.1 Consommations totales

Les consommations présentées ci-dessous prennent en compte les **consommations totales** de gaz et d'électricité de l'école.

Consommations énergétiques réelles		2018	2019	2020	Moyenne corrigée DJU
Électricité	Consommations (kWh _{ef})	24 952	23 934	23 990	24 292
	Emissions de CO ₂ (T _{eq} -CO ₂)	2 096	2 010	2 015	2 041
	Dépenses (€TTC)	Non disponible		4 311	4 311
	Coût unitaire (€TTC/kWh)	Non disponible		18,0	18,0
Gaz naturel	Consommations (kWh _{PCI})	119 765	117 243	95 338	109 275
	Emissions de CO ₂ (T _{eq} -CO ₂)	28 025	27 435	22 309	25 570
	Dépenses (€TTC)	5 610	7 900	6 244	6 493
	Coût unitaire (€TTC/kWh)	4,7	6,7	6,5	6,0

Année	2018	2019	2020	Moyenne
Degrés Jours Unifiés (DJU) – Dinard	2 200	2 276	2 113	2 170

Evolutions des consommations réelles



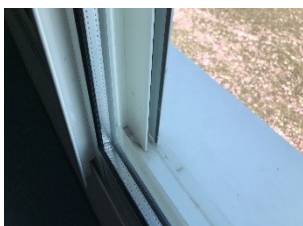
Il n'est pas possible de fournir la comparaison des consommations mensuelles de gaz naturel de la Ecole primaire Joseph Launay.

Commentaires :

- > Les consommations électriques ont connu une stabilité entre 2018 et 2020. Toutefois, une légère baisse est constatée en 2019 et 2020 par rapport à 2018 (baisse de l'ordre de 4%). Cette baisse peut être traduite ainsi par les travaux de relamping réalisés.
- > Les consommations de gaz ont connu une baisse importante de l'ordre de 20% en 2020 par rapport à 2018 et 2019. La baisse de la quantité de gaz est traduite par la fermeture de l'établissement (2-3 mois) due au Sars covid 2019. Mais aussi par l'hiver qui était moins rude en 2020.

4 DESCRIPTION DES BATIMENT

4.1 Description et performance de l'enveloppe

Caractéristiques des bâtiments :		Vétusté	Perf.
Murs sur extérieur	 <i>Mur extérieur 1 : Murs en parpaing isolés – 67%</i> - Murs en parpaing (20 cm), - 10 cm d'isolation par l'intérieur (isolation d'origine) - Traces de salissures généralisées. - Localisation : Bâtiment principal. $U = 0,35 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Non conforme RT Existant)		
	 <i>Mur extérieur 2 : Murs en parpaing isolés – 34%</i> - Murs en parpaing/béton (20 cm), - 12 cm d'isolation - Localisation : 1^{ère} et 2^{ème} extension de l'école primaire $U = 0,294 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Conforme RT Existant)		
Menuiseries	 <i>Vitrage 1 : Menuiseries DV alu du type 4/12/4 ou 8/12/8</i> - Menuiserie aluminium - Double vitrage 4/12/4 ou 8/12/8 - Sans rupteurs ponts thermiques, - Etanchéité : Moyenne - Localisation : Ensemble du bâtiment - Pourcentage : 59% $U_w = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Non conforme RT Existant)		
	 <i>Vitrage 2 : Menuiseries DV en alu du type 4/8/4 ou 6/8/6</i> - Menuiserie aluminium - Double vitrage 4/8/4 ou 6/8/6 - Sans rupteurs ponts thermiques. - Etanchéité : Faible - Localisation : Ensemble du bâtiment - Pourcentage : 41% $U_w = 3,2 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Non conforme RT Existant)		
Plancher bas	 <i>Plancher bas 1 : Plancher bas sur terre-plein – 67%</i> - Dalle béton 20 cm - Présence d'isolation périphérique - Localisation : bâtiment principal $U_{eq} = 0,36 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Absence de garde-fou)	-	
	 <i>Plancher bas 2 : Plancher bas sur terre-plein – 33%</i> - Dalle béton 20 cm - 5 cm d'isolant - Localisation : 1^{ère} et 2^{ème} extension de l'école primaire $U_{eq} = 0,32 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Absence de garde-fou)	-	

Plancher haut		<i>Plancher haut 1 : Toiture terrasse – 67%</i> - Typologie : Toiture terrasse - 10 cm de laine de roche en sous face (hypothèse) - Isolation d'origine - Localisation : bâtiment principal $U = 0,365 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Non Conforme RT Existant)		
		<i>Plancher haut 2 : Toiture terrasse – 33%</i> - Typologie : Toiture terrasse - 12 cm de laine de roche en sous face (hypothèse) - Localisation : 1^{ère} et 2^{ème} extension de l'école $U = 0,30 \text{ W/m}^2 \cdot K$ (Conforme RT Existant)		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

Commentaires :

- > L'ensemble des caractéristiques du bâtiment est issu des relevés sur site et des documents fournis par les responsables pôle aménagement urbanisme.
- > L'enveloppe du bâtiment est de moyenne performance thermique.
- > L'école primaire n'a pas connu de gros travaux impactant les consommations d'énergies hormis les travaux d'extension.
- > Les murs sur extérieurs possèdent des performances moyennes. Le bâtiment peut ainsi être isolé par l'extérieur.
- > 100% des menuiseries sont en double vitrage alu du type 4/8/4 ou 4/12/4. Les menuiseries ont des performances thermiques moyennes.
- > La toiture terrasse est de moyenne performance thermique, l'épaisseur de l'isolant est estimée entre 10 et 12 cm.

4.2 Description des installations de ventilation

4.2.1 Ventilation naturelle

Caractéristiques du renouvellement d'air naturelle			Perf
Système de ventilation	-	<i>Etanchéité à l'air du bâtiment</i> > Etanchéité du clos et couvert : Moyenne > Etanchéité des installations électriques : Moyenne > Etanchéité des installations plomberie : Moyenne > Etanchéité des cages d'ascenseurs : Sans objet > Etanchéité des installations de sécurité incendie : Moyenne	
		<i>Etanchéité à l'air des menuiseries</i> > Etanchéité des menuiseries : moyenne > Présence d'entrée d'air sur les menuiseries : oui (20% des menuiseries)	
		<i>Ouverture des menuiseries</i> > Les occupants peuvent ventiler de manière naturelle par l'ouverture de la porte d'accès du hall d'entrée ou par les menuiseries. > 70% des bureaux et salles de classe sont ventilés naturellement	-
		<i>Bouches en façade</i> > Absence de bouches en façades.	



Système performant



Système basique



Système énergivore

4.2.2 Equipements

Caractéristiques de la ventilation mécanique :		Vétusté	Perf
Equipements de ventilation	  <i>VMC simple flux autoréglable</i> • Ventilation simple flux • Nombre : 3 • Marque : Nather • Modèle : inconnue • Puissance unitaire : 125 W (hypothèse) • Débit total : 950 m3/h (débit selon réglementation) • Régulation : sur horloge • Sanitaires : 5h00 à 21h30 du lundi au vendredi • Débarras, salle informatique, et bibliothèque : 0h00 à 22h00 du lundi au vendredi • Bâtiment préfabriqué : En permanence • Locaux desservis : sanitaires, salle informatique, bibliothèque, locaux rangement		
	 <i>VMC double flux électrique</i> • Ventilation Double flux • Nombre : 1 • Marque : inconnue • Modèle : inconnue • Puissance unitaire : 120 W (hypothèse) • Débit total : 400 m3/h (débit selon réglementation) • Régulation : sur horloge de 6h00 à 18h00 (hypothèse) • Locaux desservis : Salle polyvalente		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

Commentaires :

- > La ventilation du bâtiment est réalisée de manière naturelle dans 70% des salles de classe et bureaux, de manière mécanique via des extracteurs SF autoréglable (sanitaires, bibliothèque, salle informatique, débarras,) ou en double flux électrique dans la salle polyvalente.
- > La VMC double flux n'était pas accessible le jour de la visite.
- > Un nettoyage régulier des bouches d'extraction est à réaliser afin d'assurer un débit de ventilation correcte.
- > Les caissons d'extraction sont en état moyen.

5 DESCRIPTION DES SYSTEMES THERMIQUES

5.1 Description de l'installation de chauffage

5.1.1 Implantation des équipements et des zones desservies



Désignation	
	Implantation de la chaufferie
	Réseau « salle polyvalente »
	Réseau « Classes primaires »
	Réseau « Administration »
	Chauffage électrique

5.1.2 Présentation de la production 1

5.1.2.1 Analyse de la conformité

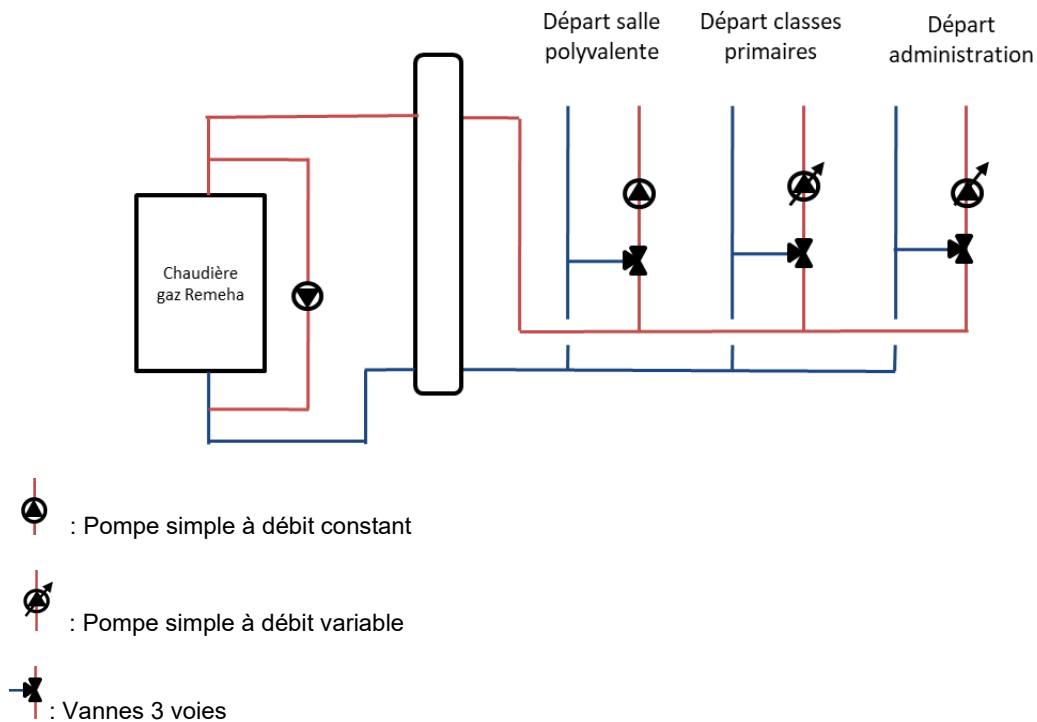
Les points de conformité principaux ont été vérifiés durant la visite, voici les conclusions :

Elément	Conformité	Commentaires
Ventilations haute et basse	✓	La ventilation haute et basse est présente dans la chaufferie.
Degré coupe-feu	✓	Les parois du local sont conformes
Coffret de coupure électrique	✓	Le coffret de coupure électrique extérieur est conforme.
Armoire électrique	✓	L'armoire électrique est conforme.
Eclairage de secours	✓	L'éclairage de sécurité est présent.
Porte d'accès	✓	La porte est coupe-feu, s'ouvre vers l'extérieur, elle est équipée d'une barre antipanique et d'un ferme-porte.
Eclairage	✓	L'éclairage est satisfaisant.

✓	Conforme	✗	Non conforme
---	----------	---	--------------

5.1.2.2 Schéma de principe

Le schéma de principe de l'installation est présenté ci-dessous :



5.1.2.3 Description de la chaufferie

Caractéristiques des installations de chauffage		Vétusté	Perf.
Génération	 <i>Production 1 : Chauffage</i> > Système : Chaudière gaz standard, • Nombre : 1, • Marque : Remeha, • Modèle : GAS 350 RNX 6 • Année : 1992, • Puissance thermique totale : 109 kW, • Puissance électrique : 120 W • Rendement réel : 92% (selon test de combustion réalisé par le prestataire de maintenance-2020)		
	 <i>Distribution :</i> <u>Nombre de départs : 3</u> > Départ salle polyvalente <u>Pompe</u> • Nombre : 1 • Système : Simple à débit constant • Marque : Grundfos • Type : UPE 32 - 80 • Puissance électrique : 140 W <u>Vanne trois voies :</u> • Nombre : 1, • Marque : Sauter, • Type : ASM 24 F120, V3V pilotée par la régulation centrale en fonction de la température extérieure.		
Distribution			
	 > Départ circuit classes primaires <u>Pompe</u> • Nombre : 1 • Système : Simple à débit variable • Marque : Grundfos • Type : Alpha 20-60 • Puissance électrique : 40W <u>Vanne trois voies :</u> • Nombre : 1, • Marque : Sauter, • Type : ASM 24 F120, V3V pilotée par la régulation centrale en fonction de la température extérieure.		

Distribution		> Départ circuit administration <u>Pompe</u> • Nombre : 1 • Système : Simple à débit variable • Marque : Grundfos • Type : Alpha 20-60 • Puissance électrique : 40W <u>Vanne trois voies :</u> • Nombre : 1, • Marque : Sauter, • Type : ASM 24 F120, V3V pilotée par la régulation centrale en fonction de la température extérieure.		
Divers		• Calorifugeage : Les réseaux en chaufferie sont correctement calorifugés. • Désembouage : Absence de système de désembouage en chaufferie.		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

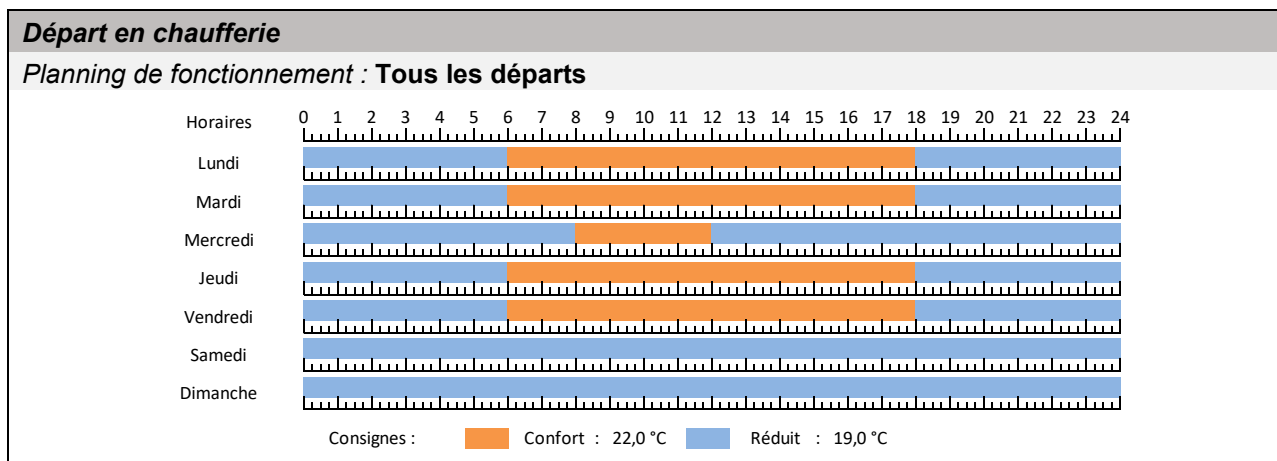
5.1.2.4 Description de la régulation

Rappel des horaires d'occupation du bâtiment :

- Ecole primaire Joseph Launay :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture	7h30	7h30	7h30	7h30	7h30	-	-
Fermeture	19h30	19h30	19h30	19h30	19h30	-	-

Caractéristiques de la régulation :		Vétusté	Perf.
Régulation			
	<i>Régulation :</i> - Marque : Siemens - Modèle : RVP 361. - Régulation en fonction de la température extérieure et sur planning horaire. - Pilotage de la vanne trois voies selon les paramètres de régulation		



5.1.3 Présentation de la production 2

Caractéristiques des installations de chauffage		Vétusté	Perf.
Génération			
	<i>Production 2 : Convecteurs électriques</i> • Source d'énergie : Effet joule • Système : Convecteur électrique • Marque : Atlantic • Puissance : 1500 – 2000 W • Localisation : Bâtiment préfabriqué (2^{ème} extension de l'école)		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

5.1.4 Description des systèmes d'émission

Caractéristiques des installations de chauffage		%	Vétusté	Perf
Emission	 <i>Emission 1 : Radiateurs en acier équipés par des robinets thermostatiques anciens</i> - Radiateurs en acier équipés par des robinets thermostatiques anciens - Localisation : Bâtiment principal⁹	85%		
	 <i>Emission 2 : convecteurs électriques</i> - Convecteurs électriques (2012) - Localisation : Bâtiment préfabriqué (extension)	15%		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

⁹ Hors bâtiment préfabriqué

5.2 Description de la production de refroidissement

Sans objet

5.3 Description de la production d'Eau Chaude Sanitaire

Caractéristiques de la production d'Eau Chaude Sanitaire			Vétusté	Perf.
Production		Production : ECS à accumulation		
		> Ballon électrique • Volume de stockage : de 25 et 100 litres • Puissance : 1200 / 2000 W • Nombre : 2 • Localisation : sanitaires, espace de pause		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

Commentaires :

- > L'ECS est principalement utilisée pour les usages sanitaires (lavabo, sanitaires, eau de ménage, ...).
- > Les besoins et les usages ECS sur le site sont très faibles. Ce poste génère peu de consommations.
- > Le système de production est adapté au faible besoin du site.
- > Les réseaux d'ECS dans le volume intérieur ne sont pas à calorifuger. Ces pertes par tuyauteries sont faibles (petite distance) et assurent en hiver le chauffage (très partiel des locaux).
- > Ce mode de production présente plusieurs points positifs car la production est réactive.

6 DESCRIPTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES

6.1 Description de l'éclairage

Le descriptif de l'éclairage présent sur le site est le suivant :

Caractéristiques de l'éclairage :		Vétusté	Perf
Eclairage	 <i>Eclairage 1 : Dalles plafonnieres type LED</i> - Dalles plafonnieres LED - Pilotage : à détection de présence - Localisation : Circulations - Puissance surfacique : 3,8 W/m² - Pourcentage : 5 %		
	 <i>Eclairage 2 : Tubes fluorescents du type T8</i> - Tubes fluorescents à ballasts ferromagnétiques T8. - Pilotage : - o Par interrupteur (salles de classes et bureaux) - o Par détection de présence : circulations - Localisation : Salle de classe, circulations, bureaux - Puissance surfacique : - o Salles de classe : 11,8 W/m² - o Bureaux : 9,7 W/m² - o Circulations : 3,8 W/m² - Pourcentage : 75%		
	 <i>Eclairage 3 : Lampes fluocompactes</i> - Lampes fluocompactes. - Pilotage : Par interrupteur, - Localisation : Salles de classe, sanitaires, circulations - Puissance surfacique : - o Salles de classe : 11,8 W/m² - o Sanitaires : 9,3 W/m² - o Circulations : 3,8 W/m² - Pourcentage : 20%		



Système performant



Système basique



Système énergivore



Bon état



Etat moyen



A remplacer

Commentaires :

- > L'éclairage est généralement en bon état mais majoritairement de moyenne performance avec les tubes fluorescents d'ancienne génération (95%).
- > Des ampoules fluocompactes sont présentes dans certaines salles de classe, circulations et sanitaires mais représentent que 20% de l'éclairage du bâtiment.
- > 100% de l'éclairage des locaux est réalisé par interrupteur. L'éclairage peut ainsi rester en fonctionnement permanent alors que des locaux ne sont pas occupés.
- > Afin de réduire les consommations énergétiques et limiter les dépenses, il est préconisé de mettre en place des systèmes d'éclairage du type LED. La mise en place des détecteurs de présence dans les salles de classe est préconisée.
- > L'ensemble du site profite globalement d'un bon accès à l'éclairage naturel.

6.2 Description des autres usages

Caractéristiques des autres usages :		Vétusté
Autres usages	 <i>Autres usages 1 : Divers</i> - Frigos, - Cafetière, - Machine à café, - Bouilloire, - Prises électriques.	
	 <i>Autres usages 2 : Bureautique</i> - 30 ordinateurs, - PC portables, - Portables, - Imprimantes, - Photocopieuses, - Vidéoprojecteurs.	
	- <i>Autres usages 3 : Serveur</i> - Serveur informatique	



Bon



Moyen



A remplacer

Commentaires :

- > Les autres usages 1 représentent une consommation non négligeable. Les consommations sont regroupées dans l'usage dit « Divers ».
- > Les consommations de la bureautique sont importantes. La présence quasi-généralisée d'écran plat réduit toutefois les consommations. Un système de mise en veille des écrans ou des unités centrales doit être utilisé.
- > Le serveur est allumé en permanence, c'est un poste très consommateur.

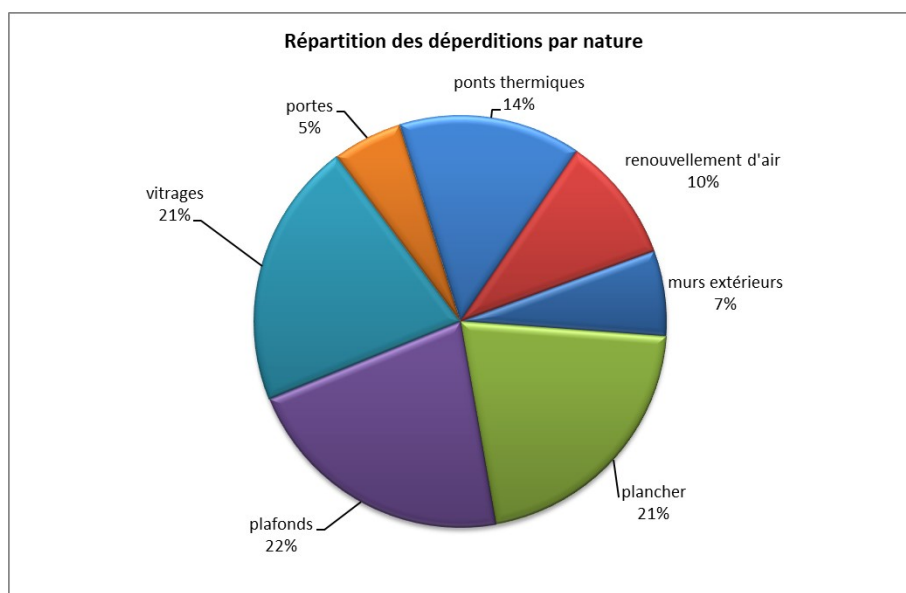
7 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

7.1 Analyse des déperditions thermiques du site

A partir des relevés effectués sur le bâti et sur les installations techniques, une étude des déperditions a été réalisée. Les résultats sont exposés ci-après.

Déperditions en W/K							Pertes totales par bâtiments en W/K
Murs extérieurs	Ouvrants	Murs intérieurs sur locaux non chauffés	Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	Renouvellement d'air	
165 7%	647 26%	0 0%	530 22%	517 21%	351 14%	243 10%	2 453

$$U_{bat} = 0,611 \text{ W/m}^2.K$$



Commentaires :

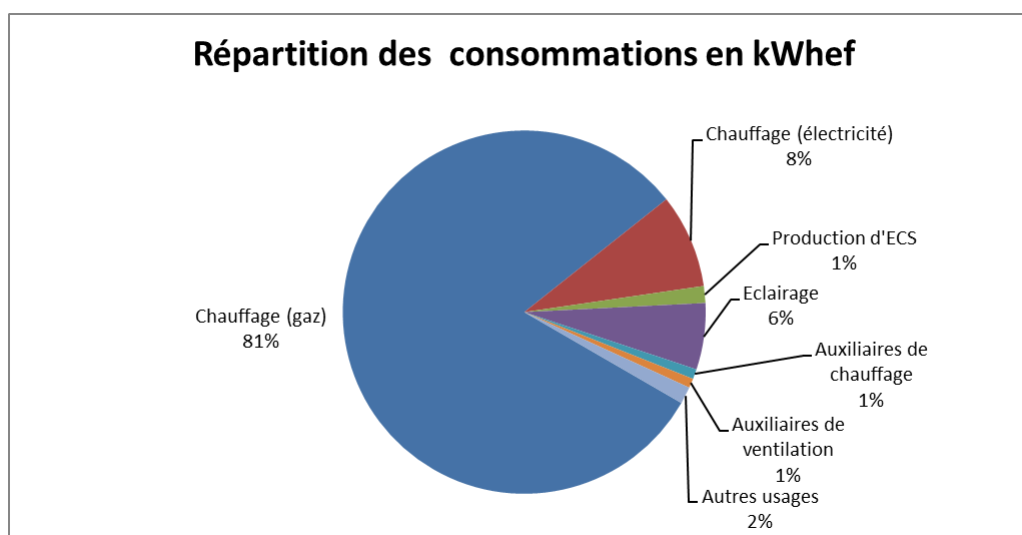
- > Les murs ne représentent que 17%¹⁰ des déperditions totales du bâtiment. Les déperditions thermiques des murs restent faibles. Ceci dû principalement à la présence d'une isolation correcte sur l'ensemble des murs.
- > Le plancher bas donnant sur terre-plein représente 21% des déperditions. C'est l'impact direct de la non-compacité du bâtiment. Aucune intervention n'est possible sur ce type de plancher.
- > Comme pour le plancher bas, la toiture terrasse représente 22% des déperditions totales. La mise en place d'une isolation correcte sur l'ensemble de la toiture limitera les déperditions.
- > Les menuiseries représentent 21% des déperditions. Les menuiseries possèdent une performance thermique moyenne. C'est un poste avec gisement d'économie d'énergie intéressant. Le remplacement des menuiseries aura un impact direct sur le confort thermique des usagers.
- > Le renouvellement d'air se fait en majorité naturellement par ouverture des fenêtres et mécaniquement via des extracteurs simple flux en toiture terrasse pour les sanitaires et certaines salles de classes et bureaux et en double flux électrique dans la salle polyvalente.

¹⁰ Y compris les ponts thermiques

7.2 Analyse des consommations simulées

La simulation réalisée sous l'outil BAO évolution permet d'obtenir l'estimation des consommations du bâtiment, la méthode utilisée est présentée en Annexe. Le tableau suivant récapitule les résultats des simulations :

Répartition des consommations		kWh EF	kWh EP	kg CO2	€TTC
Gaz naturel	Chauffage	107 150	107 150	25,07	7 044
Electricité	Chauffage	11 076	28 576	1,99	1 387
	Eau chaude sanitaire	1 981	5 111	0,08	248
	Auxiliaires de chauffage	1 168	3 013	0,10	146
	Auxiliaires de ventilation	1 104	2 849	0,09	138
	Eclairage	7 817	20 168	0,66	979
	Autres usages (cuisine, bureautique,...)	2 000	5160	0,17	250
Total		132 296	172 027	28,16	10 193



Bâtiment principal	83 kWhEP/m².an 18 kgeqCO2/m².an	51 à 110 B	16 à 30 C
Bâtiment préfabriqué	173 kWhEP/m².an 11 kgeqCO2/m².an	111 à 210 C	6 à 15 B

Ecole primaire Joseph Launay – Ville de Pleurtuit	92 kWhEP/m².an 17 kgeqCO2/m².an	51 à 110 B	16 à 30 C
--	------------------------------------	-------------------	------------------

Commentaires :

- > Le chauffage représente la plus grande part de la consommation énergétique du site (89%). C'est la conséquence directe des déperditions du bâti.
- > La conversion en énergie primaire joue en défaveur des postes consommateurs d'électricité. L'utilisation d'1 kWh d'électricité nécessite en réalité plus d'énergie, car la production d'électricité engendre beaucoup de pertes de transformation, d'où le facteur élevé (2,58).

7.3 Comparaison des consommations réelles et simulées

Les consommations simulées ont été obtenues à partir du logiciel de modélisation BAO évolution, elles sont basées sur des informations et scénarios réels. Cependant ces derniers ont été adaptés afin d'obtenir l'écart le plus faible entre les consommations réelles et les consommations simulées.

7.3.1 Consommations de gaz naturel

Les scénarios simulés sont basés sur les données réelles, afin de se rapprocher au mieux des consommations de gaz naturel issues des factures.

Ces données permettent de simuler les consommations réelles du site, Il est alors possible de les comparer aux consommations réelles recueillies sur les factures,

L'objectif est d'obtenir un écart minimal entre les consommations simulées sous l'outil BAO évolution et les consommations réelles.

Consommations totales	kWh EF	Ecart
Consommations réelles de gaz naturel	109 275	1,9%
Consommations simulées de gaz naturel	107 150	

Commentaires :

- > Les écarts entre les consommations réelles et les consommations simulées de l'ensemble du site sont cohérents pour estimer, par la suite, les économies d'énergie des interventions.

7.3.2 Consommations d'électricité

De la même manière, afin de se rapprocher au mieux des consommations d'électricité réelles, les données réelles ont été ajustées :

L'objectif est d'obtenir un écart minimal entre les consommations simulées sous l'outil BAO évolution et les consommations réelles.

Consommations totales	kWh EF	Ecart
Consommations réelles d'électricité	24 292	-3,5%
Consommations simulées d'électricité	25 147	

Commentaires :

- > Les écarts entre les consommations réelles et les consommations simulées de l'ensemble du site sont cohérents pour estimer, par la suite, les économies d'énergie des interventions.

7.4 Présentation des résultats réglementaires (Méthode TH-C-E ex)

Le calcul réglementaire permet de déduire les étiquettes C_{EP}^{11} ci-dessous :

ETAT INITIAL	
Consommations énergétiques (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les auxiliaires	Emissions de gaz à effete de serre (GES) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les auxiliaires
Bâtiment économe < 51 A 51 à 110 B 111 à 210 C 211 à 350 D 351 à 540 E 541 à 750 F > 750 G Bâtiment énergivore Bâtiment 78 kWh_{EP}/m².an	Faible émission de GES < 6 A 6 à 15 B 16 à 30 C 31 à 60 D 61 à 100 E 101 à 145 F > 145 G Forte émission de GES Bâtiment 12 kg_{eqCO2}/m².an
Commentaires : > Les étiquettes sont issues de la simulation réalisée sous la méthode réglementaire, méthode TH-C-E ex via le logiciel Pleaide-Comfie. > L'écart entre la simulation réelle et réglementaire est assez important. Les principaux écarts s'expliquent par le périmètre des usages qui sont différents et aussi aux scénarios d'utilisation du chauffage, des températures de consigne, et les plannings de chauffe. > Dans l'étude réglementaire, les usages d'ECS et de bureautique ne sont pas pris en compte.	

¹¹ Ces étiquettes présentent la consommation C_{EP} . **Ce ne sont pas des étiquettes DPE officielles.**

8 GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

8.1 Analyse critique et proposition d'actions

Contraintes, inconvénients / Opportunités, avantages
Sur le bâti - 100% des murs donnant sur l'extérieur sont isolés par l'intérieur. L'isolation de ces parois par l'extérieur n'aura que peu d'impact sur les consommations énergétiques. Elles permettent de réduire les consommations à 7%. - 100% des menuiseries du bâtiment sont des menuiseries en alu double vitrage de moyenne performance énergétique et avec une étanchéité à l'air moyenne. Le remplacement de ces menuiseries par la mise en place des menuiseries en alu, du type 4/16/4 aura surtout un impact sur le confort thermique des usagers. - Les toitures combles possèdent une isolation correcte. Le renforcement de l'isolation de la toiture terrasse est possible. Cette action permettra de réduire à 24% les consommations de chauffage. Le temps de retour sur investissement quant à lui reste important. - Le plancher bas donne directement sur terre-plein isolé. Aucune action n'est donc à prévoir.
sur le renouvellement d'air - La ventilation est mécanique dans les sanitaires, salle polyvalente, débarras, salle informatique et bibliothèque. Le reste du locaux et salles de classe du bâtiment principal sont ventilés naturellement par ouverture de fenêtres. Dans le bâtiment préfabriqué, la ventilation est assurée mécaniquement par un extracteur simple flux. - La mise en place d'une ventilation simple flux / double flux dans les locaux non équipés permettrait d'améliorer le confort thermique des occupants et la qualité d'air mais augmente les consommations d'électricité.
sur les installations thermiques - La chaudière à gaz a été installée en 1992. Sa durée de vie conventionnelle est largement dépassée (> 24 ans) et elle possède des rendements moyens. Il faut prévoir le remplacement de la chaudière dans les années à venir. - L'émission du chauffage est réalisée par des radiateurs en acier équipés par des robinets thermostatiques dans le bâtiment principal. Ils sont en bon état de fonctionnement. - Dans le bâtiment préfabriqué, l'émission du chauffage est réalisée par des convecteurs électriques de performances moyennes. Il sera judicieux de remplacer ces systèmes (moyen terme) par des radiateurs électriques à chaleur douce. - Une pompe de chauffage dans la chaufferie est à débit constant (départ salle polyvalente). Un remplacement de cette dernière par une pompe à débit variable diminuera les consommations électriques des auxiliaires de distribution. - Les réseaux de chauffage en chaufferie sont correctement calorifugés.
sur les conditions d'exploitation - Le livret d'entretien de la chaufferie est correctement renseigné. Le prestataire de maintenance respecte les périodicités de contrôle et réalise annuellement le contrôle de combustion de la chaudière.
sur les équipements électriques - 95% de l'éclairage de l'école est réalisé par des systèmes basiques (tubes fluorescents du type T8 ou ampoules fluocompactes), pilotables par interrupteur ou par détection de présence. L'amélioration de l'éclairage via la mise en place de LED permettrait de diminuer les consommations liées au poste éclairage du site.

8.2 Tableau de synthèse

Le tableau de synthèse présenté page suivante regroupe les interventions proposées afin de réduire les consommations énergétiques du site.

Ecole primaire Joseph Launay – Ville de Pleurtuit	ECONOMIE			ENVIRONNEMENT				Temps de retour		Scénario 1	Scénario 2
	Coût de travaux € _{HT}	Valorisation CEE kWh _{CUMAC}	Economie financière annuelle € _{TTC}	Economie d'énergie annuelle		Emissions de CO2 évitées annuellement		Brut (an)	Actualisé à 4% (an)		
				kWh _{EF}	%	t _{eq} -CO2	%				
Bâti											
Isolation des toitures-terrasses (R = 7,5 m².K/W)	141 800	1 863 000	2 276	31 494	24%	7,3	24	>30	>30	✓	✓
Isolation des murs par l'extérieur (R = 5,0 m².K/W)	137 000	1 165 300	713	9 099	7%	2,1	7	>100	>30	✗	✓
Remplacement de l'ensemble des menuiseries extérieures par des menuiseries en double vitrage performantes (4/16/4 en alu, Uw = 1,3 W/m².K)	136 500	567 000	721	9 633	7%	2,4	7	>100	>30	✗	✓
Etanchéification des pourtours des menuiseries double vitrage	12 500	0	180	2 500	2%	0,6	<1	>30	>30	✓	✗
Systèmes											
Mise en place de VMC double-flux sur sonde CO2	180 000	1 245 000	685	4 325	3%	1,0	3	>100	>30	✗	✓
Remplacement des VMC SF existante	4 000	0	120	798	1%	0,2	<1	>30	26	✓	✗
Mise en place des VMC SF dans les locaux non équipés sur sonde CO2	48 000	264 000	383	2 421	2%	0,6	<1	>100	>30	✓	✗
Mise en place d'une chaudière gaz condensation	16 000	497 100	987	13 466	10%	3,1	10	16	14	✓	✗
Mise en place d'un sous compteur électrique (bâtiment préfabriqué)	500	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
Remplacement des ballons électriques individuels	700	0	49	350	0%	0	<1	14	13	✓	✗
Mise en place d'une GTC (Gestion Technique Centralisée)	10 000	102 952	450	7 500	6%	1,7	5	22	19	✓	✓
Remplacement de la pompe de circulation par du matériel performant	500	0	22	350	1%	0,1	<1	23	19	✓	✗
Amélioration des performances de l'éclairage	56 500	318 100	540	2 285	2%	0,3	<1	>100	>30	✗	✓
Mise en place des radiateurs électriques à chaleur douce (préfabriqués)	5 500	0	553	3 238	2%	0,4	<1	10	9	✓	✓
Mise en place d'un ballon ECS thermodynamique	2 500	0	225	1 490	1%	0,2	<1	11	10	✗	✓
Réglage des paramètres de régulation	0	0	386	9 877	8%	2,5	6	0	0	✓	✓

Mise en place d'un système de désembouage automatique en chaufferie	3 000	0	193	3 220	2%	0,6	<1	16	14	✓	✗
Energies Renouvelables											
Mise en place d'une PAC air/eau, COP > 3,5	28 000	456 000	2 897	91 670	69%	21,0	75	10	9	✗	✓
Mise en place d'une chaufferie bois (bois granulé)	89 000	278 400	1 305	10 084	8%	23,0	82	>30	>30	✗	✗
Mise en place des panneaux solaires photovoltaïques (36 kWc)	92 200	0	2 694	-	-	-	-	-	-	✗	✗

8.3 Détails des interventions

Chaque intervention est classée suivant le classement suivant :

Actions réglementaires	Actions urgentes - régulation	Actions d'entretien	Travaux sur le bâti	Travaux sur les systèmes
------------------------	----------------------------------	---------------------	---------------------	--------------------------

Interventions	Quantitatif et unité	Prix des travaux (€ ^{HT})	Descriptif des travaux et contenu des travaux	Impact sur la pérennité du bâtiment et la qualité architecturale	Typologie d'action
ACTIONS AYANT UN TEMPS DE RETOUR INFÉRIEUR A 10 ANS					
Réglage des paramètres de régulation	3 départs	0 €	Abaissement de la température de confort d'1°C (21°C au lieu de 22°C) Abaissement de la température de réduit (16°C au lieu de 19°C avec prolongement de période de chauffe en mode confort de 5h00 → 18h00 au lieu de 6h00 → 18h00)	NON	
ACTIONS AYANT UN TEMPS DE RETOUR INFÉRIEUR A 30 ANS					
Remplacement des VMC SF existante	u	4 000 €	Remplacement des deux caissons de ventilation anciens par des VMC type basse consommation	NON	
Remplacement des ballons électriques individuels	2 u	700 €	Dépose des ballons électriques, fourniture et pose des ballons à haute performance énergétique	NON	
Mise en place d'une chaudière gaz condensation	1 u	16 000 €	La préconisation prend en compte : - Vidange de l'installation. - Dépose de la chaudière existante. - Mise en place d'une chaudière gaz condensation pouvant assurer les besoins de chauffage. (puissance équivalente à la chaudière déposée) - Mise en place d'une régulation centrale en fonction de la température extérieure.	NON	
Mise en place d'une PAC air/eau, COP > 3,5	1 u	28 000 €	Cette préconisation prend en compte les éléments suivants : • Mise en place des PAC air/eau performantes (COP > 3,5) • Mise en place d'une pompe à débit variables • Mise en place d'un régulateur horaire de type Synco Siemens. • Mise en conformité chaufferie.	OUI	
Mise en place d'un ballon ECS thermodynamique	1 u	2 500 €	Remplacement du ballon électrique des sanitaires par un ballon thermodynamique	NON	
Mise en place d'une GTC (Gestion Technique Centralisée)	1 u	10 000 €	Mise en place d'une GTC en chaufferie sur les équipements de chauffage	NON	

Remplacement de la pompe de circulation par du matériel performant	1 u	500 €	Remplacement de la pompe à débit constant par une pompe à débit variable (départ salle polyvalente)	NON	
Mise en place des radiateurs électriques à chaleur douce (préfabriqués)	10 u (hypothèse)	5 500 €	Remplacement des convecteurs électriques par des radiateurs électriques à chaleur douce.	NON	
Mise en place d'un système de désembouage automatique en chaufferie	1 u	3 000 €	Mise en place d'un désemboueur automatique en chaufferie pour éviter les problèmes de pertes de charge, de corrosion, surconsommation, et afin d'améliorer la durée de vie des équipements	NON	
ACTIONS AYANT UN TEMPS DE RETOUR SUPERIEUR A 30 ANS					
Isolation des toitures-terrasses (R = 7,5 m².K/W)	1 350 m²	141 800 €	La préconisation consiste à déposer l'isolant actuelle vétuste, isoler la toiture terrasse en le réalisant directement sur le plancher par la mise en place de la mousse de polyuréthane (R = 7,5 m².K/W), rehausser les acrotères.	NON	
Isolation des murs par l'extérieur (R = 5,0 m².K/W)	498 m²	137 000 €	La simulation est réalisée en rajoutant une isolation avec un R de 5,0 m².K/W. L'isolation thermique par intérieur engendre les travaux induits suivants : • Préparation des surfaces • Dépose des tablettes existantes • Mise en place du doublage et de l'isolation • Peinture des surfaces créées et mise en place de plinthes • Reprise des faux -plafonds • Dévoiement des réseaux électriques Dévoiement des réseaux de chauffage et dépose repose des radiateurs existants	OUI	
Remplacement de l'ensemble des menuiseries extérieures par des menuiseries en double vitrage performantes (4/16/4 en alu, Uw = 1,3 W/m².K)	210 m²	136 500 €	L'estimation a été réalisée avec des ouvrants double vitrage en alu du type 4/16/4 peu émissif avec remplissage argon. Mise en place d'ouvrants équipés d'un bon facteur solaire permettant d'améliorer le confort en été. La simulation a été réalisée avec un coefficient de transmission thermique Uw = 1,3 W/m².K Il faut prévoir une reprise éventuelle des revêtements intérieurs (peinture) avant le remplacement des ouvrant (non pris en compte dans le budget)	OUI	
Etanchéification des pourtours des menuiseries double vitrage	ENS	12 500 €	La Reprise des joints en caoutchouc (EPDM) en réalisant l'étanchéité sur les parties mobiles des menuiseries extérieures Réglage des menuiseries extérieures Reprise de l'étanchéité au pourtour des menuiseries extérieures, entre le bâti et la menuiserie.	NON	
Mise en place de VMC double-flux sur sonde CO2	2 u	180 000 €	Mise en place d'une VMC double-flux électrique. Création des réseaux aérauliques, un réseau pour le soufflage et un réseau pour l'extraction. Raccordement des réseaux à la VMC double flux. Mise en place de pièges à son. Mise en place de bouches (d'extraction et de reprise) au niveau du plafond	NON	

			dans les pièces. Mise en place d'un planning de fonctionnement adapté. Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air.		
Mise en place des VMC SF sur sonde CO2 dans les locaux non équipés	2 u	48 000 €	Mise en place d'une VMC simple-flux électrique. (salle de classe et bureaux non équipés) Création des réseaux aérauliques, des réseaux pour l'extraction. Raccordement des réseaux à la VMC simple flux. Mise en place de pièges à son. Mise en place de bouches (d'extraction) au niveau du plafond dans les pièces. Mise en place d'un planning de fonctionnement adapté. Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air.	NON	
Mise en place d'une chaufferie bois granulé	1 u	89 000 €	Cette préconisation prend en compte les éléments suivants : • Création d'un local extérieur pour la chaudière granulé au bois + silo de stockage. • Mise en place d'une chaudière bois (Rendement =94%) • Mise en place des pompes à débit variables • Mise en place d'un régulateur horaire de type Synco Siemens. • Mise en conformité chaufferie.	OUI	
Mise en place d'un sous compteur électrique (bâtiment préfabriqué)	1 u	500 €	Mise en place d'un sous compteur électrique spécifique au bâtiment préfabriqué.	NON	
Amélioration des performances de l'éclairage	95% de l'éclairage existant	56 500 €	Remplacement de l'ensemble des ampoules fluocompactes et tubes fluorescentes anciennes générations à ballast ferromagnétique par des ampoules à technologie LED. Pilotage des luminaires par graduation en fonction de la luminosité intérieure. Dans les sanitaires et locaux techniques, mise en place de spots LED. Le pourcentage des luminaires à remplacer est estimée à 95%. Asservissement de l'ensemble de l'éclairage du bâtiment sur détecteur de présence. Les détecteurs de présence devront être judicieusement installés afin de couvrir la plus grande surface possible.	NON	
Mise en place des panneaux solaires photovoltaïques (36 kWc)	36 kWc	92 200 €	Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques en toiture (36 kWc) Nombre de modules : 96, surface unitaire : 2 m², orientation : sud à 30°	NON	

8.4 Potentiels d'ENR

Le tableau ci-dessous permet de déterminer la faisabilité ou non des différentes énergies renouvelables sur le bâtiment,

Variante	Potentiel	Argumentaire
Les systèmes solaires photovoltaïques	✓	La surface en toiture est suffisante pour poser des installations photovoltaïques en toiture. Aucun bâtiment à côté ne présente un masque solaire proche impactant le rendement de l'installation. Il sera en mesure d'installer les panneaux solaires photovoltaïques en toiture pour une production annuelle de 21 510 kWh et un gain financier annuel de 2 694 € selon les éléments prévus
Les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse	✓	La configuration actuelle du site permet la mise en place de systèmes de chauffage au bois (granulés).
Raccordement au réseau de chaleur	✗	Aucun réseau de chaleur n'est situé à proximité du site.
Les pompes à chaleur	✓	Cette solution est adaptée au bâtiment. La configuration actuelle du bâtiment permet la mise en place de PAC air/eau. Le bruit associé peut nécessiter dans certains cas un local potentiellement insonorisé.
Les pompes à chaleur géothermiques (surface)	✓	La mise en place d'une pompe à chaleur géothermique est envisageable mais une étude de faisabilité spécifique est à réaliser pour s'en assurer.
Les pompes à chaleur géothermiques classiques ou profondes	✓	La mise en place d'une pompe à chaleur géothermique est envisageable mais une étude de faisabilité spécifique est à réaliser pour s'en assurer.
Production d'énergie éolienne	✗	Le site se situe proche d'habitation, ce qui rend impossible l'exploitation d'une énergie éolienne.
Production d'eau chaude sanitaire solaire	✗	Les besoins et les usages ECS sur le site sont faibles. Ce poste génère peu de consommations, La mise en place de panneaux solaires pour la production d'ECS n'est pas nécessaire.

9 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

9.1 Présentation des scénarios

La scénarisation effectuée permet d'améliorer progressivement les performances énergétiques du site aux niveaux de la consommation et des émissions de gaz à effet de serre.

La scénarisation est évaluée suivant les objectifs suivants :

- Scénario « - 40% » : ce scénario correspond à une réduction de 40% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment.
- Scénario « - 60% » : ce scénario vise une réduction de 60% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment.

9.2 Scénario 1 : « - 40% »

9.2.1 Résultats en méthode « réelle »

Actions	Coût	Valorisation CUMAC
Isolation des toitures-terrasses ($R = 7,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	141 800 € ^{HT}	1 863 000 kWh _{cumac}
Etanchéification des pourtours des menuiseries double vitrage	12 500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Remplacement des VMC SF existante	4 000 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Mise en place des VMC SF sur sonde CO ₂ dans les locaux non équipés	48 000 € ^{HT}	264 000 kWh _{cumac}
Mise en place d'une chaudière gaz condensation	16 000 € ^{HT}	497 100 kWh _{cumac}
Mise en place d'un sous compteur électrique (bâtiment préfabriqué)	500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Remplacement des ballons électriques individuels	700 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Mise en place d'une GTC (Gestion Technique Centralisée)	10 000 € ^{HT}	102 952 kWh _{cumac}
Remplacement de la pompe de circulation par du matériel performant	500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Mise en place des radiateurs électriques à chaleur douce (préfabriqués)	5 500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Réglage des paramètres de la régulation	0 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Mise en place d'un système de désembouage automatique	3 000 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Coût des travaux	242 500 €^{HT}	2 727 052 kWh_{cumac}

Evolution des consommations – Résultat selon la méthode réelle					
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SHON})	92	51 à 110 B	►	54	51 à 110 B -41%
Evolution de la classe climat (Kg CO ₂ /m ² _{SHON})	17	16 à 30 C	►	9	6 à 15 B -47%

Evaluation des résultats	
Economie annuelle d'énergie	53 374 kWhEF
Part de la consommation totale	40 %
Economie de fonctionnement la première année	4 278 €TTC
Emissions de CO ₂ évitées	11,0 tonnes
Coût total	242 500 €HT
Temps de retour sur investissement brut	>30 ans
Temps de retour sur investissement actualisé	>30 ans
Valorisation CUMAC	2 727 052 kWh CUMAC
Montants CEE en euros (8,5€/MWh)	23 180 €

9.2.2 Résultats réglementaires

Evolution des consommations – Résultat selon la méthode réglementaire							
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SHON})	78	51 à 110	B	►	60	51 à 110 B	-23%
Evolution de la classe climat (Kg CO ₂ /m ² _{SHON})	12	6 à 15	B	►	10	6 à 15 B	-17%
U _{bat} (W/m ² ,K)	0,611			►	0,461		-25%

9.3 Scénario 2 : « -60 % »

9.3.1 Résultats en méthode « réelle »

Actions	Coût	Valorisation CUMAC
Isolation des toitures-terrasses ($R = 7,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	141 800 € ^{HT}	1 863 000 kWh _{cumac}
Isolation des murs par l'extérieur ($R = 5,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	137 000 € ^{HT}	1 165 320 kWh _{cumac}
Remplacement de l'ensemble des menuiseries extérieures par des menuiseries en double vitrage performantes (4/16/4 en alu, $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	136 500 € ^{HT}	567 000 kWh _{cumac}
Mise en place de VMC double-flux sur sonde CO ₂	180 000 € ^{HT}	1 245 000 kWh _{cumac}
Mise en place d'un sous compteur électrique (bâtiment préfabriqué)	500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Mise en place d'une GTC (Gestion Technique Centralisée)	10 000 € ^{HT}	102 952 kWh _{cumac}
Amélioration des performances de l'éclairage	56 500 € ^{HT}	318 144 kWh _{cumac}
Mise en place des radiateurs électriques à chaleur douce (préfabriqués)	5 500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Mise en place d'une PAC air/eau	28 000 € ^{HT}	456 000 kWh _{cumac}
Mise en place d'un ballon ECS thermodynamique	2 500 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Réglage des paramètres de la régulation	0 € ^{HT}	0 kWh _{cumac}
Coût des travaux	698 300 €^{HT}	5 717 420 kWh_{cumac}

Evolution des consommations – Résultat selon la méthode réelle					
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SHON})	92	51 à 110 B	►	30 < 51 A	-67%
Evolution de la classe climat (Kg CO ₂ /m ² _{SHON})	17	16 à 30 C	►	2 < 6 A	-88%

Evaluation des résultats	
Economie annuelle d'énergie	110 875 kWh _{EF}
Part de la consommation totale	84 %
Economie de fonctionnement la première année	7 510 € _{TTC}
Emissions de CO ₂ évitées	25,1 tonnes
Coût total	698 300 € _{HT}
Temps de retour sur investissement brut	>30 ans
Temps de retour sur investissement actualisé	>30 ans
Valorisation CUMAC	5 717 420 kWh CUMAC
Montants CEE en euros (8,5€/MWh)	48 598 €

9.3.2 Résultats réglementaires

Evolution des consommations – Résultat selon la méthode réglementaire					
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SHON})	78	51 à 110 B	►	31 < 51 A	-60%
Evolution de la classe climat (Kg CO ₂ /m ² _{SHON})	12	6 à 15 B	►	2 < 6 A	-83%
U _{bat} (W/m ² ,K)	0,611		►	0,399	-35%

CEP _{REF} (KW _{HEP} /M ² _{SHON})	CEP _{REF} - 40 % (KW _{HEP} /M ² _{SHON})	CEP PROJET (KW _{HEP} /M ² _{SHON})	ATTEINTE DU NIVEAU BBC RENOVATION
78	46,8	33	OUI

9.4 Justification des scénarios et conclusions

Ces deux bouquets de réalisations des travaux consistent à compiler les propositions d'améliorations proposées dans la partie précédente afin de rendre cohérent tout travaux sur le bâtiment.

Il est important de comprendre que certains travaux d'amélioration sont en relation proche avec d'autres et que les économies d'énergie vont dépendre de la mise en œuvre de l'ensemble de ces travaux d'amélioration.

Les objectifs fixés sont atteints en partie, En effet, on arrive à réduire les consommations d'énergie finale du site de 40% pour le scénario 1 et de 60% pour le scénario 2, Les performances du bâti à l'état initial sont faibles, les économies d'énergie possibles sont alors importantes.

Le 1er bouquet présente des préconisations permettant l'amélioration de système de production de chauffage et l'enveloppe du bâtiment. Ce scénario présente un impact direct sur le confort des usagers, permettent de réduire considérablement les consommations du site.

Le deuxième scénario présente les préconisations plus à long terme et nécessite un investissement important. Il présente des préconisations permettant l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment et aussi les systèmes de production de chauffage. Ce système permet de réaliser des économies en énergie finale de l'ordre de 84%. Ces interventions sont très rentables financièrement et permettent d'avoir un temps de retour sur investissement convenable. Les travaux réalisés concourent également à l'isolation du bâti par l'extérieur et aux travaux permettant plus de confort des usagers ainsi que l'amélioration de la qualité de l'air des locaux.

10 ANNEXES

10.1 Grandeurs utiles au diagnostic

10.1.1 Conversion des unités énergétiques

L'ensemble des unités énergétiques sont ramenées en kWh_{EF} dans l'étude afin de pouvoir les comparer :

Énergie	Unité d'origine	Facteur de conversion en kWh _{EF}
Bois, Biomasse	1 T	3 000 à 5 000 (selon type : granulé, pellet...)
Electricité	1 kWh	1
Gaz naturel	1 kWh _{PCS}	0,9
Gaz propane	1 kg	12,8
Fioul domestique	1 litre	9,97
Réseau de chaleur	1 kWh	1

10.1.2 Evolution annuelle des énergies

Les analyses financières sont basées sur l'évolution annuelle des énergies suivantes :

Energie	Evolution annuelle en %/an
Bois granulés	+ 1,5
Bois plaquette	+ 1
Chauffage urbain	+ 1
Electricité	+ 4
Fioul Domestique	+ 3
Gaz de réseau	+ 2,5
Propane	+ 3

10.1.3 Émissions de CO2

Le tableau suivant récapitule les facteurs de conversion des émissions de gaz à effet de serre selon les différentes énergies et leur usage, La deuxième colonne présente les coefficients de conversion suivant l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006,

Énergie	Facteurs de conversion [kgCO ₂ /kWh _{EF}] :
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Gaz propane ou butane	0,274
Charbon	0,384
Électricité (<i>chauffage</i>)	0,180
Électricité (<i>ECS, refroidissement</i>)	0,040
Électricité (<i>éclairage</i>)	0,084
Électricité (<i>autres usages</i>)	0,084
Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0
Réseau de chaleur	Selon le réseau
Réseau de chaleur	0,384 si non référencé

10.1.4 Lexique de quelques abréviations

BBC	Bâtiments Basse Consommation
DF	Double Flux
DV	Double Vitrage
EF, EP	Energie Finale, Energie Primaire (kWh)
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EnR	Energies Renouvelables
DJU	Degrés Jours Unifiés
GTB/GTC	Gestion Technique de Bâtiment/ Gestion Technique Centralisée
K	Degrés Kelvin
LBC	Lampe Basse Consommation
PCI, PCS	Pouvoir Calorifique Inférieur, Pouvoir Calorifique Supérieur
PSE	Polystyrène expansé
R	Résistance thermique des matériaux ($m^2, K/W$)
RT	Réglementation Thermique
SF	Simple Flux
SV	Simple Vitrage
RDC	Rez-de-chaussée
U	Coefficient de transmission surfacique global de la paroi ($W/m^2, K$)
V3V	Vanne 3 Voies
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée

10.1.5 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire

L'énergie finale correspond à l'énergie payée au compteur d'énergie du site, L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire à la fourniture de cette énergie finale, Le facteur de conversion entre ces deux énergies représente les pertes lors du transport, l'énergie nécessaire à l'extraction ou à la transformation de celle-ci, ou à la production (dans le cas de l'électricité par exemple),

Ces facteurs sont réglementés par type d'énergie, En France, les facteurs de conversion utilisés dans la réglementation thermique dans l'existant sont les suivants :

Énergie	Conversion kWh_{EP} / kWh_{EF}¹²
Bois, biomasse	0,60
Gaz naturel	1,00
Gaz propane	1,00
Electricité	2,58
Fioul	1,00

¹² Ces coefficients ne sont pas valables pour les DPE, ni pour les bâtiments neufs, En effet, dans les deux cas précédents, le coefficient de conversion pour le bois est de 1,00,

10.2 Réglementation thermique

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage,

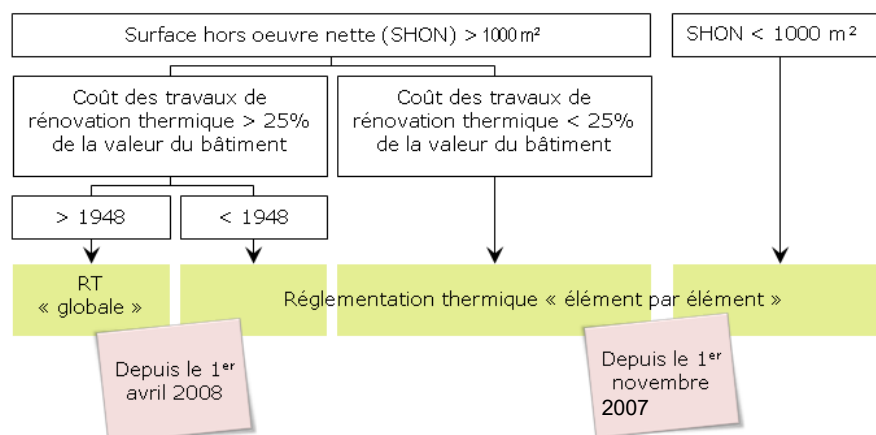
Elle repose sur les articles L, 111-10 et R,131-25 à R,131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application,

L'objectif général de cette réglementation est de fixer des prérequis et des garde-fous sur la performance énergétique d'un bâtiment lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend telle amélioration, L'objectif global étant d'apporter une amélioration significative de la performance des bâtiments,

Les mesures réglementaires sont différentes (et les contraintes associées également) selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- **RT globale :** Pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m², achevés après 1948, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové, Ces bâtiments doivent aussi faire l'objet d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire, Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008,
- **RT éléments par éléments :** Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé, Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1^{er} novembre 2007,

Note : Le coût conventionnel des bâtiments à usage principal d'habitation est de 1 299 €^{HT}/m²_{SHON} (valeur pour le 1^{er} semestre 2016¹³),



¹³ Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1,5, mis à jour le 8 février 2016,