

Des compétences qualifiées

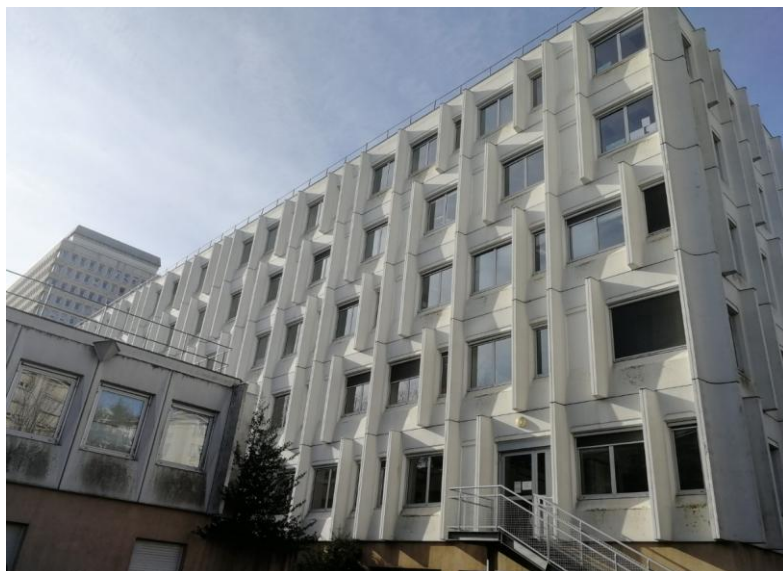


Préfecture de BRETAGNE

Centre des finances publiques de Rennes

***Etude énergétique
avec simulation thermique dynamique***

Mission d'audit énergétique selon le cahier des charges ADEME



Objet du document	Mission d'audit énergétique selon le cahier des charges ADEME
Mission	Rapport d'étude énergétique ADEME - Centre des finances publiques de Rennes
Maitre d'ouvrage	Préfecture de Bretagne
Rédacteur(s)	Florian PYS
Validation	Marie CONAN
Mise à jour	Quentin BAUDON
Version	V4 du 26/09/2025

Révision	Date	Modifications
V4	26/09/2025	Quatrième édition pour mise à jour, avec modification de préconisation, reprise du DEET et calcul réglementaire TH-CE-Ex.
V3	12/08/2024	Troisième version après modification du décret tertiaire
V2	26/02/2024	Actualisation de 2024
V1	2020	Première édition pour relecture

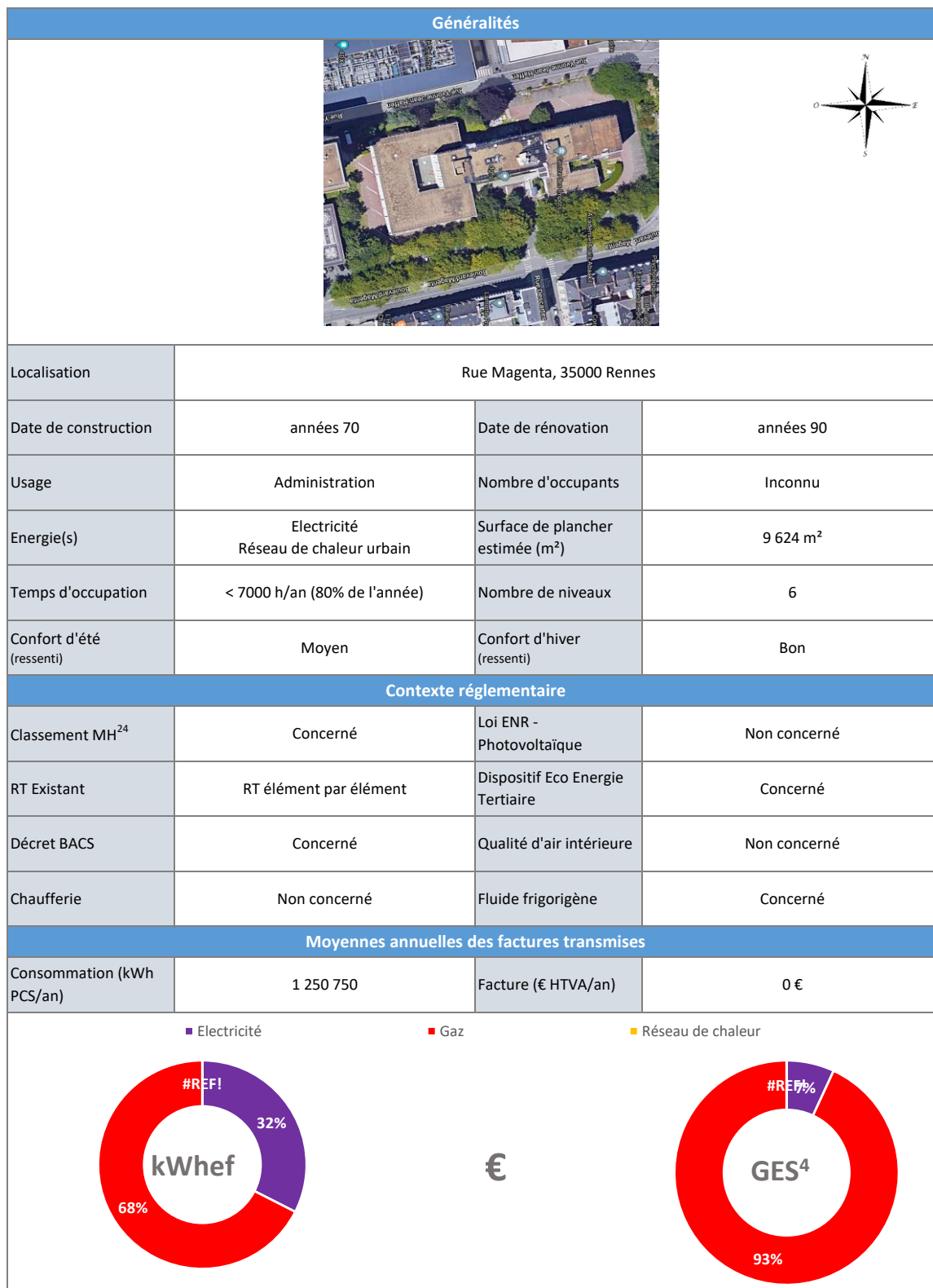
A. SOMMAIRE

A. SOMMAIRE	2
B. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE	4
B.1. Présentation du site	4
B.2. Synthèse des déperditions et consommations	6
B.3. Synthèse des préconisations	7
B.4. Synthèse des scénarios	8
B.5. Synthèse par énergie	9
B.6. Récapitulatif	9
B.7. Bilan financier	10
B.8. Synthèse dispositif Eco-Energie Tertiaire	11
C. INTRODUCTION	12
C.1. Contexte de la mission	12
C.2. Contexte réglementaire	13
C.2.1. Réglementaire thermique - RT Existant	13
C.2.2. Dispositif Eco-Energie Tertiaire	14
C.2.3. Décret BACS	14
C.2.4. Installation photovoltaïque sur parking	14
C.2.5. Qualité d'air intérieure	15
C.2.6. Chauffage	16
C.2.7. Fluide frigorigène	16
C.3. Déroulement de l'étude	17
C.3.1. Interlocuteurs	17
C.3.2. Visite du site	17
D. ÉTAT DES LIEUX	18
D.1. Généralités	18
D.1.1. Description du site	18
D.1.2. Situation géographique et données administratives	18
D.1.3. Occupation	18
D.2. Description du bâti	19
D.2.1. Planchers bas	19
D.2.2. Murs	20
D.2.3. Planchers hauts	20
D.2.4. Menuiseries extérieures / Protection solaire	21
D.3. Chauffage	22
D.3.1. Principes de fonctionnement	22
D.3.2. Régulation	22
D.4. Climatisation	22
D.4.1. Liste des équipements	22
D.5. Eau chaude sanitaire	23
D.5.1. Liste des équipements	23
D.6. Ventilation - Traitement d'air	23
D.6.1. Liste des équipements	23
D.7. Éclairage	24
D.8. Gestion technique centralisée	24
D.9. Usages spécifiques	24
D.10. Production d'énergie renouvelable	24
E. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DES FACTURES	25
E.1. Points de comptage	25
E.2. Synthèse des consommations	25
E.3. Sensibilité de la consommation de chauffage au climat	27
E.4. Coûts moyens des énergies	27
E.5. Dispositif Eco Energie Tertiaire - Définition de l'année de référence	28
E.5.1. Méthode relative	28
E.5.2. Méthode absolue	29
E.5.3. Définition de la méthode	29

F. RESULTATS DE SIMULATION DE L'ETAT EXISTANT	30
F.1. Données météorologiques	30
F.2. Vues 3D de la modélisation thermique	30
F.3. Déperditions thermiques - Site	31
F.4. Consommations énergétiques	32
F.4.1. Répartition des consommations par usage	32
F.4.2. Comparaison simulation / réel	33
F.4.3. Etiquette Energie/Climat simulée avant travaux	33
G. PRECONISATIONS DE TRAVAUX	34
G.1. Orientations avant préconisation	34
G.1.1. Enveloppe	34
G.1.2. Chauffage	34
G.1.3. Equipements	35
G.1.4. Production d'électricité renouvelable	35
G.2. Préambule aux préconisations	36
G.3. Bonnes pratiques	37
G.3.1. Management de l'énergie	37
G.3.2. Sensibilisation des occupants	37
G.4. Préconisations : enveloppe	38
G.4.1. Isolation des murs sur locaux non chauffés	38
G.4.2. Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec décroissement)	39
G.4.3. Isolation des murs par l'extérieur	40
G.4.4. Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	41
G.4.5. Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans décroissement)	42
G.5. Préconisations : équipements	43
G.5.1. Calorifugeage du bouclage ECS	43
G.5.2. Solaire thermique	44
G.5.3. Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	45
G.5.4. Ventilation mécanique simple flux des locaux	46
G.5.5. Ventilation mécanique double flux des locaux	47
G.5.6. Eclairage LED	48
G.5.7. Solaire photovoltaïque	49
G.5.8. Gestion technique du bâtiment	50
H. BILANS ENERGETIQUES ET FINANCIERS	51
H.1. Définition des bouquets de travaux	51
H.2. Calcul réglementaire (TH-C-E ex)	52
H.3. Analyse des scénarios proposés	53
H.4. Projection financière	54
H.4.1. Hypothèses générales	54
H.4.2. Analyse financière	54
H.5. Projection dispositif Eco Energie Tertiaire	56
H.5.1. Modulation des objectifs - Temps de retour disproportionné	56
H.5.2. Modulation des objectifs - Autres contraintes	57
H.5.3. Vérification des objectifs	57
I. CONCLUSION	59
J. ANNEXES	60
J.1. Détails des consommations et factures par usage	60
J.2. Méthodologie notation énergie	62
J.3. Méthodologie	63
K. GLOSSAIRE	64

B. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

B.1. Présentation du site



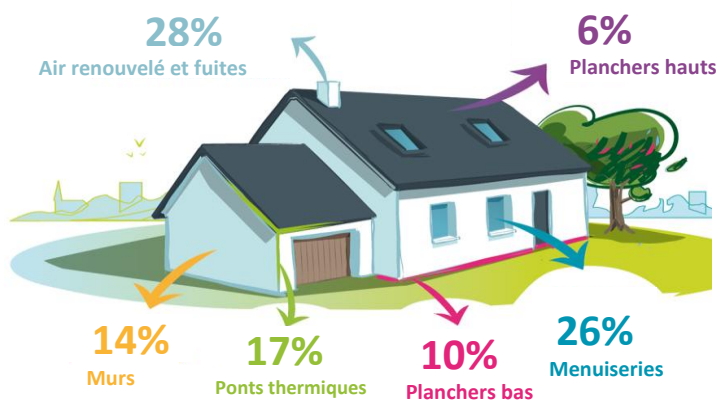
Bâti			
Poste	Descriptif	Performance (sur 5)	Vétusté (sur 5)
Murs	Les murs sont isolés par l'intérieur par un complexe isolant en polystyrène.	2	3
Planchers hauts	L'étanchéité de toiture a été reprise en 2018.	3	4
Planchers bas	Les planchers bas sur l'extérieur sont isolés. Les planchers sur les archives qui ne sont plus chauffées et le plancher bas du sous-sol sur terre-plein ne sont pas isolés.	3	4
Menuiseries et protections solaires	Les menuiseries ont pour la plupart été remplacées entre 2022 et 2023 et sont donc performantes.	4	5
Synthèse	Les murs peu isolés pénalisent l'enveloppe.	3	4
Equipements			
Poste	Descriptif	Performance (sur 5)	Vétusté (sur 5)
Chauffage	Le chauffage est réalisé via réseau hydraulique sur réseau de chaleur urbain.	5	5
Climatisation	Le bâtiment dispose d'une climatisation pour local informatique qui fonctionne en continu à 19°C.	3	3
ECS	L'eau chaude sanitaire est produite depuis la sous-station via un préparateur ECS et un réseau bouclé. Le bouclage n'est pas isolé.	3	5
Ventilation	La salle de restauration et la plonge sont ventilés par des CTA tout air neuf équipées de batteries chaude. La cuisine est équipée de divers hottes dont le débit total est estimé à 8 500 m3/h.	2	3
Eclairage	L'éclairage dans les bureaux est de type fluorescent. Dans les circulations, des LED ont été mises en œuvre avec détection de présence.	4	4
Usages spécifiques	Le bâtiment est équipé de différents appareils plus ou moins consommateurs d'énergie liés à une utilisation principalement bureautique et de cuisine.		
Synthèse	Système de chauffage et ECS récent. Bâtiment peu ventilé.	4	5
Légende - performance		Equivalent performance énergétique	
5 - Très bon		RE2020 et après	Très bon état - < 7 ans
4 - Bon		Niveau R2012	Bon état - < 12 ans
3 - Moyen		Niveau RT2000/RTExistant	Etat convenable - < 25 ans
2 - Mauvais		Année 1990	Ancien - > 25 ans
1 - Critique		Avant 1990	Hors service - > 30 ans ou remplacement immédiat

B.2. Synthèse des déperditions et consommations

La répartition des déperditions est résumée dans le schéma simplifié ci-dessous :

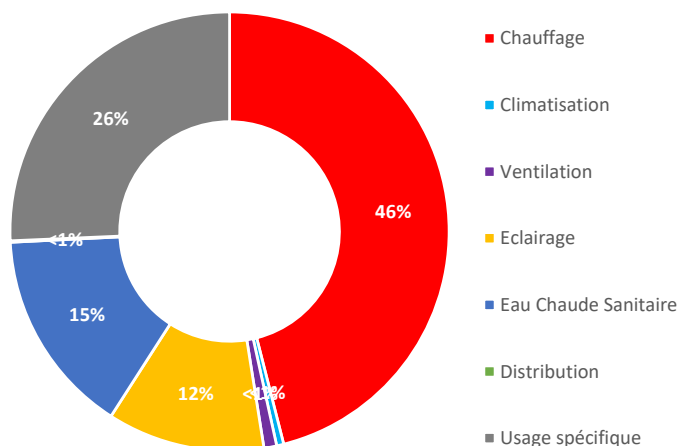
Déperditions thermiques (hors surpuissance équipements)	
333 kW	
Soit	33,3 W/m²

En règle générale, les déperditions sont comprises entre 120 W/m² (peu performant) et 30 W/m² (très performant).



La répartition des consommations énergétiques simulées est la suivante :

Usages	Conso énergie finale (kWh PCS)	Energie finale kWh/m ² .SHON
Chauffage	441 000	46
Climatisation	5 000	1
Ventilation	9 000	1
Eclairage	111 000	12
Eau Chaude Sanitaire	145 000	15
Distribution	1 000	0
Autres auxiliaires*	0	0
Usage spécifique	246 000	26
Restauration et industriel	0	0



* ventilateurs locaux des émetteurs, consommations d'auxiliaire des PAC sur air, etc.

	Total	Surfacique (/m ² .SHON)
Conso (kWh/eq PCS) (hors usage spe.)	711 000	74
Conso (kWh/eq PCS) (avec usage spe.)	957 000	99
Facture (€ HTVA)	75 000	8
Emission GES (kg CO2 éq.)	72 000	7

Les étiquettes ci-dessous sont établies en fonction des consommations théoriques d'énergie primaire à partir des besoins pour les postes chauffage, ECS, ventilation, éclairage et auxiliaires (hors habitations). Les étiquettes présentées ici ne sont pas des étiquettes DPE au sens de la réglementation et ne sont pas utilisables en tant que telles.

Type de bâtiment :	Bureau ou Enseignement
Consommation 150 kWhEPPCI/m ² .an	Emission de GES 8 kg éq. CO ₂ /m ² .an
BATIMENT ECONOMIE ≤ 50 A 51 à 110 B 111 à 210 C 211 à 350 D 351 à 540 E 541 à 750 F ≥ 751 G BATIMENT ENERGIVORE	FAIBLE EMISSION DE GES ≤ 5 A 6 à 15 B 16 à 30 C 31 à 60 D 61 à 100 E 101 à 145 F ≥ 146 G FORTE EMISSION DE GES

B.3. Synthèse des préconisations

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque préconisation, les gains sur les trois postes (facture, consommation en énergie finale kWh_{EF}¹ émission de gaz à effet de serre kg éq. CO₂⁴).

La colonne priorité permet d'identifier les actions soit avec un TRB faible, soit nécessitant une intervention pour assurer un bon fonctionnement du site (1 = prioritaire, 3 = non prioritaire).

Priorité	Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Gains annuels				TRB
			€ HTVA	kWh _{ef} PCS	% (EF)	kg éq. CO ₂	
ENVELOPPE							
3	Isolation des murs sur locaux non chauffés	Conv. : 33 000 € Bios. : 37 000 €	0 €	1 000	0%	0	> 50 années
3	Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec décroissement)	Conv. : 701 000 € Bios. : 749 000 €	15 000 €	163 000	17%	14 000	48 années
3	Isolation des murs par l'extérieur	Conv. : 756 000 € Bios. : 836 000 €	17 000 €	192 000	20%	17 000	44 années
3	Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	Conv. : 124 000 € Bios. : 142 000 €	1 000 €	11 000	1%	1 000	> 50 années
3	Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans décroissement)	Conv. : 436 000 € Bios. : 485 000 €	12 000 €	134 000	14%	12 000	36 années
EQUIPEMENTS							
1	Calorifugeage du bouclage ECS	21 000 €	2 800 €	31 000	3%	3 000	8 années
3	Solaire thermique	42 000 €	1 600 €	18 000	2%	2 000	37 années
2	Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	109 000 €	3 200 €	33 000	3%	3 000	41 années
3	Ventilation mécanique simple flux des locaux	500 000 €	-1 500 €	-19 000	-2%	-2 000	-
3	Ventilation mécanique double flux des locaux	722 000 €	-600 €	-9 000	-1%	-1 000	-
2	Eclairage LED	202 000 €	-2 900 €	22 000	2%	3 000	-
3	Solaire photovoltaïque	134 000 €	1 400 €	51 000	5%	2 000	> 50 années
1	Gestion technique du bâtiment	241 000 €	10 500 €	126 000	13%	11 000	23 années

Tableau de synthèse des préconisations (Conv = conventionnel / Bios = Biosourcé)

B.4. Synthèse des scénarios

Priorité	Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
ENVELOPPE							
3	Isolation des murs sur locaux non chauffés	Conv. : 33 000 € Bios. : 37 000 €			Conv.	Conv.	
3	Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec découloisnement)	Conv. : 701 000 € Bios. : 749 000 €					Conv.
3	Isolation des murs par l'extérieur	Conv. : 756 000 € Bios. : 836 000 €					
3	Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	Conv. : 124 000 € Bios. : 142 000 €			Conv.	Conv.	
3	Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans découloisnement)	Conv. : 436 000 € Bios. : 485 000 €			Conv.	Conv.	
EQUIPEMENTS							
1	Calorifugeage du bouclage ECS	21 000 €	✓	✓	✓	✓	✓
3	Solaire thermique	42 000 €		✓	✓	✓	✓
2	Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	109 000 €		✓	✓	✓	✓
3	Ventilation mécanique simple flux des locaux	500 000 €					
3	Ventilation mécanique double flux des locaux	722 000 €			✓	✓	✓
2	Eclairage LED	202 000 €	✓	✓	✓	✓	✓
3	Solaire photovoltaïque	134 000 €				✓	✓
1	Gestion technique du bâtiment	241 000 €	✓	✓	✓	✓	✓
Investissement travaux et MOE (12%) (€ HTVA)			520 000 €	689 000 €	2 160 000 €	2 311 000 €	2 432 000 €
Surcoût annuel de la maintenance (€ HTVA)			0 €	1 000 €	2 000 €	3 000 €	3 000 €
Aides et subventions			0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Reste à charge (€ HTVA)			457 000 €	625 000 €	2 012 000 €	2 163 000 €	2 302 816 €
Temps de retour dynamique ¹⁹ avec aides (années)			> 21 ans	> 21 ans	> 21 ans	> 21 ans	> 21 ans
Gains	Energie finale (kWhef)		21%	22%	31%	36%	39%
	Energie primaire (kWhep)		20%	20%	25%	34%	35%
	Emissions de GES ⁴ (kg éq. CO ₂)		25%	26%	38%	40%	43%
	Facture (€ HTVA)		17%	19%	29%	31%	33%
Etiquette Energie (kWhep/m²/an)			C - 121	C - 120	C - 112	B - 100	B - 98
Etiquette Climat (kg éq. CO ₂ /m²/an)			B - 6	B - 6	A - 5	A - 5	A - 5

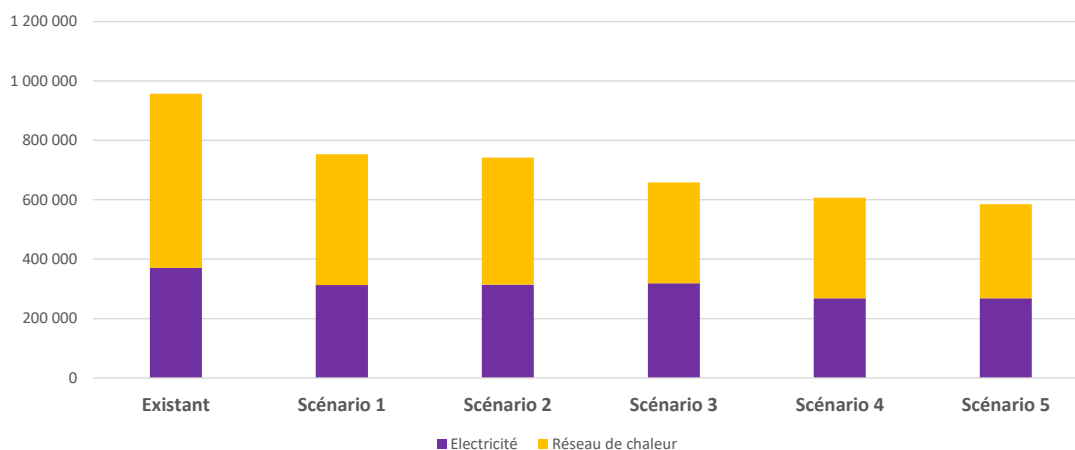
Préconisations proposées pour chaque scénario (Conv = conventionnel / Bios = Biosourcé)

B.5. Synthèse par énergie

Le tableau ci-dessous synthétise les consommations après travaux du site par type d'énergie.

SYNTHESE PAR ENERGIE	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Electricité						
Energie finale (kWh PCS)	371 000	313 000	314 000	319 000	268 000	268 000
Energie primaire (kWh PCS)	854 000	719 000	722 000	735 000	617 000	617 000
Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	22 000	16 000	16 000	16 000	14 000	14 000
Facture(€ HTVA)	0 €	0 €	0 €	0 €	-1 000 €	-1 000 €
Réseau de chaleur						
Energie finale (kWh PCS)	586 000	440 000	428 000	339 000	339 000	317 000
Energie primaire (kWh PCS)	586 000	440 000	428 000	339 000	339 000	317 000
Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	50 000	38 000	37 000	29 000	29 000	27 000
Facture(€ HTVA)	75 000 €	62 000 €	61 000 €	53 000 €	53 000 €	51 000 €

Consommation annuelle en kWhEF



B.6. Récapitulatif

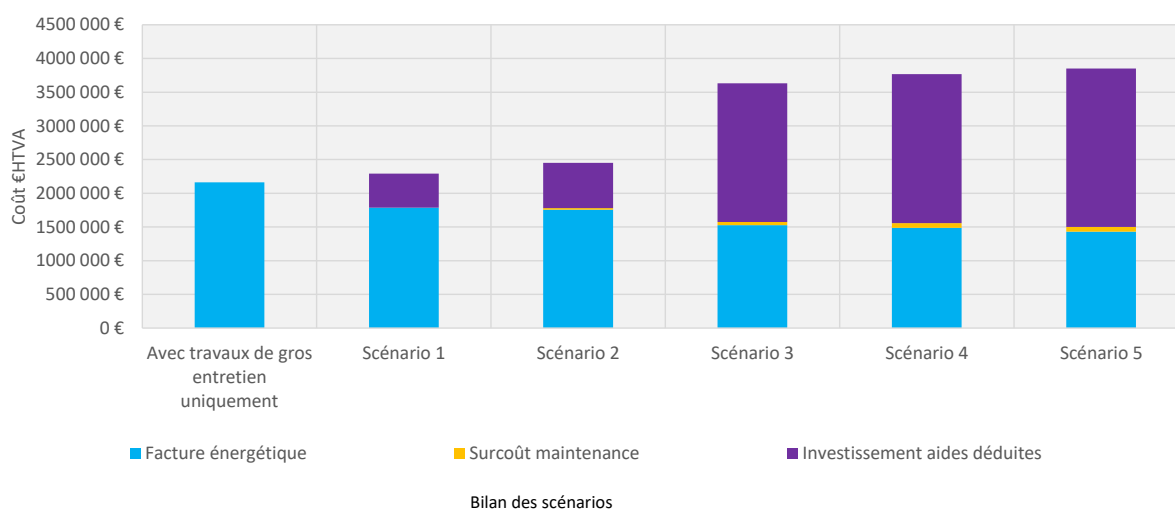
Le tableau ci-dessous synthétise les consommations après travaux du site par type d'énergie.

		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Investissement travaux et MOE (€ HTVA)		520 000 €	689 000 €	2 160 000 €	2 311 000 €	2 432 000 €
Surcoût annuel de la maintenance (€ HTVA)		0 €	1 000 €	2 000 €	3 000 €	3 000 €
Gains	Energie finale (kWh _{ef})	204 000	215 000	298 000	349 000	371 000
	Energie finale (%)	21%	22%	31%	36%	39%
	Facture (€ HTVA)	13 000	14 000	22 000	23 000	25 000
	Facture (%)	17%	19%	29%	31%	33%
Amélioration	Enveloppe	✗	✗	✓	✓	✓
	Chauffage / Climatisation	✗	✗	✗	✗	✗
	Qualité d'air	✗	✗	✓	✓	✓
	Confort visuel	✓	✓	✓	✓	✓
	Apparence extérieure	✗	✗	✓	✓	✓
Impact sur le confort	Saison estivale	➡	➡	➡	➡	➡
	Saison hivernale	➡	➡	⬆	⬆	⬆

B.7. Bilan financier

Le diagramme ci-dessous montre un bilan financier des différents scénarios de travaux par rapport à celui du bâtiment existant pour lequel uniquement les travaux de gros entretiens sont réalisés.

Analyse des scénarios sur 21 ans



B.8. Synthèse dispositif Eco-Energie Tertiaire

La méthode retenue pour définir la référence et les objectifs du DEET est :

Absolute

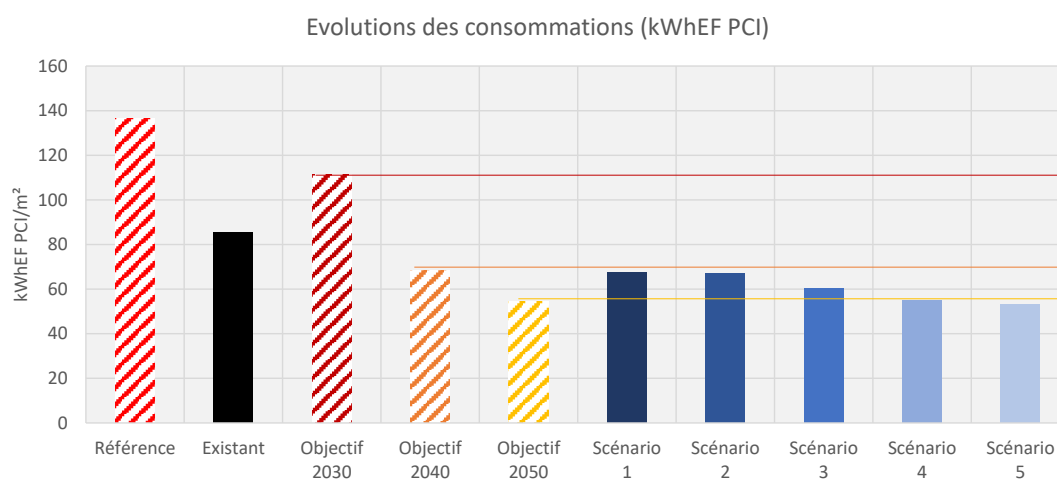
Avec la méthode relative, les objectifs sont [consommation existante] < consommation ref x -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050.

Avec la méthode absolue, les objectifs sont [consommation existante] < Cabs2030, Cabs2040 (non connu), Cabs2050 (non connu), Cabs étant un ratio de consommation /m² défini par arrêté selon l'usage du bâtiment.

Le tableau ci-dessous synthétise l'atteinte des objectifs en fonction des scénarios :

Consommation (kWhPCI)	Référence	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Consommation	136,4	85,4	67,7	66,9	60,3	55,0	53,3
Réduction		-	50%	51%	56%	60%	61%
2030 : Objectif absolue	111,3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2030 : Objectif modulé	111,3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2040 : Objectif relatif	68,2	✗	✓	✓	✓	✓	✓
2040 : Objectif modulé	68,2	✗	✓	✓	✓	✓	✓
2050 : Objectif relatif	54,6	✗	✗	✗	✗	✗	✓
2050 : Objectif modulé	54,6	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Le graphique suivant présente l'évolution des consommations selon les scénarios de travaux :



C. INTRODUCTION

C.1. Contexte de la mission

Les objectifs de l'étude sont multiples :

- **Réduire les besoins** en énergie du bâtiment et améliorer le confort des occupants (été/hiver) ;
- Proposer **des solutions techniques adaptées** au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- **Comparer les différentes solutions** en termes de coût d'investissement et de coût d'exploitation ;
- Rechercher des solutions visant à **assurer la pérennité de l'approvisionnement et favorisant une logique de développement local** ;
- Faire ressortir **les qualités environnementales des différents scénarios énergétiques**, notamment en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'économies d'énergies fossiles.

Les préconisations et les scénarios seront adaptés au contexte et aux possibilités qu'offre le site. Un scénario de travaux regroupe différentes préconisations que ce soit sur l'enveloppe ou les équipements pour atteindre les objectifs définis par le maître d'ouvrage.

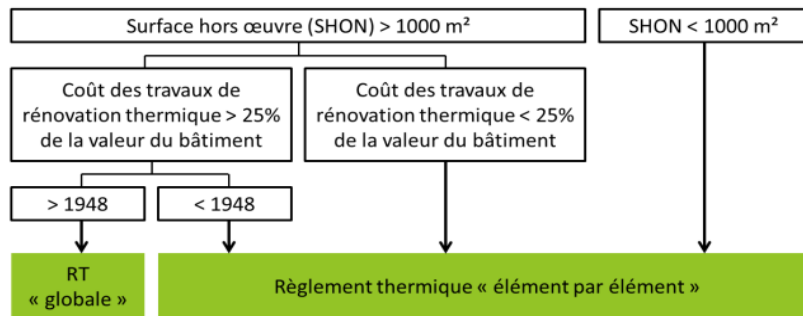
La démarche associée à chaque scénario est la suivante :

- Sobriété énergétique, qui consiste à supprimer les gaspillages et les besoins superflus. Exemple : correction de la régulation, correction d'un défaut d'isolation
- L'efficacité énergétique, qui permet de réduire les consommations d'énergie pour un besoin donné. Exemple : Renforcement de l'isolation, amélioration des équipements.
- Les énergies renouvelables, qui répondent à nos besoins énergétiques avec un faible impact environnemental et une gestion décentralisée. Exemple : Installation de panneaux photovoltaïques.

C.2. Contexte réglementaire

C.2.1. Réglementaire thermique - RT Existant

La réglementation RT Bâtiment Existant (mise en place en 2007) s'applique dès lors que des travaux de rénovations concernant l'enveloppe, le CVC, l'ECS, l'éclairage ou la mise en place d'ENR sont prévus sur un bâtiment existant. Selon l'importance des travaux prévus, deux cadres réglementaires sont possibles. La figure suivante schématise le cadre réglementaire des travaux de rénovation :



Au 1er janvier 2022, la valeur de construction française (définie par arrêté) était de 1 718 € €/m² SDP pour les bâtiments résidentiels et 1 466 € €/m² HT pour les bâtiments non résidentiels.

Dans le cas de l'audit :

- La surface de plancher est de 9 624 m²
- La valeur du bâtiment est de 14 108 183 € HT, le seuil des 25% est donc fixé à 3 527 046 € HT
- La date de construction du bâtiment est années 70



La réglementation qui s'applique est donc la RT dite "Globale" ou la RT dite "Elément par Elément" selon le scénario de travaux retenu.

La RT Globale impose au projet de respecter différentes exigences relatives à la performance thermique du bâtiment rénové. La vérification de respect des exigences est justifiée par un calcul réglementaire à l'aide d'un logiciel équipé du moteur Th-CE ex. Ce logiciel ressort les valeurs suivantes :

- Cepini, Cepapt, Cepref : Consommation en énergie primaire du bâtiment pour son état initial, après-travaux et de référence (consommation qu'aurait le même bâtiment avec une performance standard).
- Ubatini, Ubatapt, Ubatref : Coefficient de déperditions de chaleur global du bâtiment pour son état initial, après-travaux et de référence
- TICini, TICapt, TICref : Température intérieure du bâtiment pour son état initial, après-travaux et de référence, permettant de 'quantifier' le confort d'été

Les exigences à respecter sont les suivantes :

- Cepapt < Cepref
- TICapt < TICref
- Respect des gardes fous : Des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...), lorsque ceux-ci sont modifiés par les travaux de rénovation.

La RT Elément par Elément impose d'installer des produits de performance supérieure aux caractéristiques minimales mentionnées dans l'arrêté du 3 mai 2007 (modifié à compter du 1er janvier 2018).

Les exigences concernent :

- L'enveloppe : murs, toitures, planchers, menuiseries
- CVC, ECS
- Eclairage
- EnR

Il n'y a aucune exigence sur les niveaux de consommations Cep et sur la TIC.

C.2.2. Dispositif Eco-Energie Tertiaire

La loi 2010-788 du 12 juillet 2010, dite loi « Grenelle II » a fixé les orientations et les engagements environnementaux de la France. En 2018, l'article 175 de la loi ELAN précise les objectifs de réduction de consommation pour les bâtiments tertiaires. Le Décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019, dit « décret tertiaire » ou « Dispositif éco énergie tertiaire », précise les modalités d'application. Ce décret est complété par plusieurs arrêtés, publiés ou en cours de publication.

Il en ressort les éléments suivants :

- sont concernés tous les bâtiments, parties de bâtiments ou ensemble de bâtiments hébergeant des activités tertiaires du secteur public et du secteur privé, quelle que soit leur année de mise en service, dans les configurations suivantes (Cf. II de l'article R. 174-22 du code de la construction et de l'habitation), dès lors que la surface de plancher cumulée des activités tertiaires (SP) $\geq 1\,000\text{ m}^2$
- dans le cas d'un ensemble de bâtiments, il faut entendre les établissements qui regroupent plusieurs bâtiments sur une même unité foncière (un ou plusieurs parcelle formant un îlot d'un seul tenant appartenant à un même propriétaire) ou à défaut sur un même site (lien fonctionnel entre bâtiment ou un seul gestionnaire)
- les obligations sont portées à l'échelle de chaque 'Entité fonctionnelle' du site (notion assez proche du SIREN)



Le site est assujéti au décret tertiaire.

Les objectifs d'économies sont déclinées sur 3 échéances : 2030, 2040 et 2050, selon deux méthodes possibles :

> Relative : Réduction des consommations par rapport à une année de référence (entre 2010 et 2020) - par entité fonctionnelle - de -40% d'ici 2030, -50% à 2040 et -60% avant 2050

> Absolue : Atteinte d'une consommation inférieure à un seuil en 2030, 2040 et 2050, calculé en fonction de l'usage et de la typologie du bâtiment selon des valeurs normatives publiées ou en cours de publication

Le suivi des consommations se fait via la plateforme OPERAT (ADEME), une saisie annuelle est à réaliser.

C.2.3. Décret BACS

A la suite du décret tertiaire, est paru au JO le 21 juillet 2020 le décret BACS (Building Automation & Control Systems). Il a été ensuite modifié par l'**arrêté du 7 avril 2023**. Ce décret impose la mise en place d'une GTB (gestion technique du bâtiment) pour les bâtiments tertiaires, neufs et existants, d'un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments selon un critère de puissance chauffage+climatisation installée.

L'objectif est de voir tous les bâtiments existants concernés de s'équiper de systèmes d'automatisation et de contrôle :

- **D'ici le 1er janvier 2025** pour les sites équipés de systèmes d'une **puissance supérieure à 290 kW**
- **D'ici le 1er janvier 2027** dans le cas où leur **puissance est comprise entre 70 kW et 290 kW**.



Le bâtiment est donc soumis au décret BACS.

La GTB doit être au minimum de Classe B (NF EN15232-1 = EN ISO 52120-1) et permettra au minimum les fonctions suivantes :

- Pilotage des équipements chauffage/ventilation/ECS/climatisation en fonction des conditions intérieures et extérieures
- Suivi et historisation des mesures (température, hygrométrie, puissance, état, ...) et compteurs (chaud, électricité)
- Présenter des indicateurs de performance par rapport à des valeurs de références
- Protocole de communication ouverts

C.2.4. Installation photovoltaïque sur parking

L'article 11 de la loi ENR qui est relative à l'accélération de la production d'énergie renouvelable introduit le fait que 50% de la surface totale des parkings extérieurs devra être couverte par des ombrières photovoltaïques, et ce, à l'horizon 2026. Cette exigence s'applique principalement aux parkings nouvellement construits ou rénovés dont la surface totale dépasse le seuil de 1500 m².

Des dérogations sont possibles pour les parkings :

- concernés « des contraintes techniques, de sécurité, architecturales, patrimoniales et environnementales ou alors relatives aux sites et aux paysages »
- dont 50% de leur superficie sont déjà ombragées par des arbres
- soumis à modification ou suppression future.



Le site n'est pas concerné.

C.2.5. Qualité d'air intérieure

L'obligation de mesure de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les établissements publics a été instaurée par la loi Grenelle 2 et appliquée par le décret 2015-1926 du 30 décembre 2015 et modifiée par le décret 2022-1689 du 27 décembre 2022. Elle s'applique sur les établissements recevant du public, sont exclus les locaux à pollution spécifique mentionnés à l'article R. 4222-3 du code du travail (type piscines).

Le périmètre d'action et d'échéance est le suivant :

Etablissements accueillant du publics concernés :	
Accueil collectif d'enfants de moins de six ans	1 ^{er} janvier 2018
Accueil de loisirs	1 ^{er} janvier 2020
Enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degré	1 ^{er} janvier 2023
Structures sociales et médico-sociales rattachées aux établissements de santé, structures de soins longue durée Etablissements ou services d'aide sociale à l'enfance Etablissements ou services, y compris foyers d'accueil médicalisé, qui accueillent les personnes handicapées Etablissements ou services à caractère expérimental	1 ^{er} janvier 2023
Etablissements pénitenciers pour mineurs	1 ^{er} janvier 2025

	Le site n'est pas concerné.
---	-----------------------------

La démarche réglementaire repose sur les principes suivants :

1- **Evaluation des moyens d'aération de l'établissement à réaliser tous les ans** et mesure de la concentration en dioxyde de carbone

2- Mise en œuvre au choix :

A > Mise en place d'un programme d'actions de préventions de la qualité d'air intérieure

B > D'une campagne de mesures de la qualité d'air intérieure par des organismes accrédités (COFRAC) tous les 4 ans

3- Mise en œuvre d'une campagne de mesures des polluants réglementaires dans un délai de 7 mois après une étape clé de la vie du bâtiment

1- L'évaluation des moyens d'aérations a pour objectif d'identifier les éléments pouvant être améliorés en cas de résultats de mesures défavorables. Elle se base sur une vérification de l'opérabilité des ouvrants (fenêtres) donnant sur l'extérieur et sur le contrôle des systèmes de ventilation (caisson, bouches ou grilles d'aération existantes).

Une mesure à lecture directe de la concentration en dioxyde de carbone devra être également réalisée.

2A - L'évaluation préalable à la mise en place d'actions est conduite à l'aide de 4 grilles d'autodiagnostic renseignées par ENERGIO avec :

- L'équipe de gestion de l'établissement
- Les services techniques maintenance
- Les responsables des activités des pièces considérées
- Le personnel d'entretien des locaux

Les sources potentielles de substances polluantes émises dans l'air intérieur sont variées : matériaux de construction et produits de décoration, mobilier, matériel utilisé pour certaines activités, produits d'entretien.

Cette phase 2 doit aboutir à la mise en place de bonnes pratiques. Dans le cadre de la mise en œuvre de ce guide, certains établissement peuvent avoir recours à l'utilisation de capteurs pour mesurer la qualité de l'air.

2B - Quatre substances jugées prioritaires seront mesurées par un organisme accrédité par le Comité français d'accréditation (Cofrac) :

- Le formaldéhyde (FA)
- Le benzène (BE)
- Le tétrachloroéthylène (PCE)
- Le dioxyde de carbone (CO2)

Une surveillance de la qualité de l'air intérieur devra être réalisée tous les quatre ans. Sauf en cas de dépassement des valeurs limites. Dans ce cas, une nouvelle surveillance sera à réaliser dans les deux ans.

3 - Les étapes clé de la vie du bâtiment pouvant impactées la qualité de l'air intérieur et impliquant la réalisation d'une campagne de mesures de polluant seront définies prochainement dans un décret.

C.2.6. Chauffage

Pour les bâtiments équipés d'un ou plusieurs locaux de production de chaleur pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire est soumis à une réglementation en fonction de sa puissance. La puissance de production est calculée en kW pour l'ensemble des équipements à l'échelle de chaque local. Tous les équipements sont concernés (chaudière combustible ou électrique, échangeur sur réseau, pompe à chaleur, chauffe-eau électrique).

Les conditions de puissance sont les suivantes, avec P_{totale} = somme des puissances chauffage/ECS :

- $P_{totale} \geq 30$ kW ET bâtiment ERP : Articles CH de l'arrêté du 25 juin 1980
- $P_{totale} \geq 70$ kW : Arrêté du 23 juin 1978
- $P_{totale} \geq 400$ kW : Arrêté du 23 juin 1978
- $P_{totale} \geq 1$ MW : Arrêté du 3 août 2018 (classement ICPE)



Le passage au RCU permet de s'affranchir des réglementations des chaufferies gaz.

C.2.7. Fluide frigorigène

Le règlement européen F-Gas met en place un calendrier d'interdiction qui élimine au fur et à mesure les fluides dotés d'un fort GWP (Global Warming Potential) ou PRG (Potentiel de Réchauffement Global). Le potentiel de réchauffement global est un indice représentant l'action des composés chimique sur le réchauffement de la planète (effet de serre). Les interdictions sont réalisés en fonction de cette valeur.

Les propriétaires et détenteurs d'installations de climatisation et réfrigération utilisant tous types de fluides frigorigènes sont tenues de respecter la réglementation en vigueur.

La chronologie ci-dessous résume la mise en place de réglementation :

- 2015 : limitation du PRG à 150 pour la réfrigération domestique. Il est interdit de stocker du R22, ainsi que de réparer ou entretenir les installations contenant du R22.
- 2020 : interdiction des fluides avec $PRG > 2500$ pour la réfrigération commerciale neuve et la climatisation. Il est interdit de recharger ces installations avec du fluide neuf. Seuls les fluides recyclés ou régénérés pourront être utilisés jusqu'à 2030. Fluide concerné : R404A, R422D, R422A, R507.
- 2022 : interdiction des fluides avec $PRG > 150$ pour la réfrigération commerciale neuve et la climatisation si $P > 40$ kW. Fluide concerné : R32, R134A, R407A, R407F, R448A, R449A, R452A.
- 2025 : limitation du PRG à 750 pour les climatisations résidentielles inférieures à 3 kg.
- 2030 : il sera interdit de réparer ou d'entretenir toute installation avec un Potentiel de réchauffement Global supérieur à 2500, même avec du fluide régénéré



Le site est donc concerné (clim du local serveur).

C.3. Déroulement de l'étude

C.3.1. Interlocuteurs

Nom	Prénom	Entreprise/entité	Fonction	Courriel	Téléphone
PYS	Florian	ENERGIO	Ingénieur d'études	fpys@energio.fr	02 47 88 02 02
PERROT	Bernard	DREAL Bretagne	Chargé de mission bâtiment durable	bernard.perrot@developpement-durable.gouv.fr	02 99 33 42 68
BERTHO	Nathalie	DRAAF Bretagne	Contrôleur principal des Finances publiques	Nathalie.bertho@dgfip.finances.gouv.fr	02 99 78 69 23

C.3.2. Visite du site

Le relevé sur site a été effectué le 11 février 2020. Ce relevé a permis de visiter et de caractériser l'ensemble des locaux et équipements présents.

D. ETAT DES LIEUX

D.1. Généralités

D.1.1. Description du site

Le Centre des Finances Publiques de Rennes est un bâtiment qui a été construit dans les années 70. La surface utile est de 9 475 m2 et la surface hors œuvre net de 10 003 m2. Le bâtiment a déjà fait l'objet de divers travaux dont une isolation par l'intérieur dans les années 80, un remplacement de menuiseries dans les années 90 et des reprises d'étanchéité de toiture en 2018. Le présent rapport est une mise à jour de l'étude de 2020 avec prise en compte des travaux décrit ci-dessous et analyse au regard du décret tertiaire.

Période	Travaux réalisés
2022	Pose de robinets thermostatiques
2022	Remplacement des pompes en chaufferie
2022/2023	Mise en place de détecteurs de présence et éclairage LED dans les circulations
nov-23	Raccordement au réseau de chaleur urbain
2022/2023/2024	Remplacement de 652 menuiseries extérieures

D.1.2. Situation géographique et données administratives

SITUATION GEOGRAPHIQUE ET URBANISME		DONNEES ADMINISTRATIVES	
Département	35 Ile et Vilaine	Usage	Administration
Zone climatique	H2a	Année construction	années 70
Adresse	Rue Magenta	Année de réhabilitation	années 90
		Nombre d'occupants	Inconnu
Code Postal / Commune	35000 Rennes	Catégorie DPE ¹⁴	Bureau ou Enseignement
Classement MH / ABF	Zone de protection MH	Catégorie d'ERP	Inconnue
Zone bruyante	Non	Type d'ERP	Administrations, banques, bureaux
		Propriétaire	Préfecture de Bretagne

TABLEAU DES SURFACES ²¹	
Surface de plancher (m²)	9 624 m²
Surface chauffée (m²)	10 003 m²

Les surfaces sont estimées sur la base de notre modélisation.
Pour une valeur réelle, nous vous conseillons de faire appel à un géomètre.



Vue d'ensemble du site - Source : Energio

D.1.3. Occupation

Les horaires d'ouverture du site en semaine sont présentés ci-dessous, il s'agit des amplitudes d'occupation moyenne.

Jour	CFP
Lundi au vendredi	8h - 18h
Samedi	Fermé
Dimanche	Fermé

D.2. Description du bâti

Légende - performance	Equivalent performance énergétique	Equivalent vétusté
5 - Très bon	RE2020 et après	Très bon état - < 7 ans
4 - Bon	Niveau R2012	Bon état - < 12 ans
3 - Moyen	Niveau RT2000/RTEistant	Etat convenable - < 25 ans
2 - Mauvais	Année 1990	Ancien - > 25 ans
1 - Critique	Avant 1990	Hors service - > 30 ans ou remplacement immédiat

D.2.1. Planchers bas

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose une résistance thermique minimale $R = 2,70 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif.
------------------------	---

Synthèse

Les planchers bas sur l'extérieur sont isolés. Les planchers sur les archives qui ne sont plus chauffées et le plancher bas du sous-sol sur terre-plein ne sont pas isolés.

Descriptif

ID	Gros œuvre / Principe constructif	Isolation	Contact	Surface	R estimé ($\text{K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$)	Vétusté
1	Dalle béton	Aucune	Sol	2 051 m^2	0,1	4
2	Hourdis béton	Aucune	Sous-sol	773 m^2	0,2	4
3	Hourdis béton	Laine minérale 5 cm	Extérieur	141 m^2	1,6	3



L'isolation en sous-face des planchers des locaux non chauffés donnant sur locaux chauffés pourra être réalisée.

D.2.2. Murs

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose une résistance thermique minimale $R = 2,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les murs donnant sur l'extérieur.
------------------------	--

Synthèse
Les murs sont isolés par l'intérieur par un complexe isolant en polystyrène.

Descriptif						
ID	Gros œuvre / Principe constructif	Isolation	Contact	Surface	R estimé (K.m ² /W)	Vétusté
1	Béton banché	5 cm de polystyrène intérieur (hors partie au dessus du faux-plafond)	Extérieur	2 297 m ²	1,4	3
2	Parpaing	Non isolé	Local non chauffé	173 m ²	0,2	4
3	Béton banché (ancienne loge gardien)	5 cm de laine minérale	Extérieur	141 m ²	1,6	3

	Un renforcement de l'isolation des murs est envisageable.
---	---

D.2.3. Planchers hauts

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose une résistance thermique minimale $R = 4.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les rampants de toiture de pente inférieure à 60°, $R = 4.8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les planchers de combles perdus, $R = 3,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les toitures terrasses.
------------------------	---

Synthèse
L'étanchéité de toiture a été reprise en 2018.

Descriptif						
ID	Gros œuvre / Principe constructif	Isolation	Contact	Surface	R estimé (K.m ² /W)	Vétusté
1	Terrasse hourdis	Niveau RT élément par élément supposé	Extérieur	2 678 m ²	3,5	4

	Aucune action à prévoir sur ce poste.
---	---------------------------------------

D.2.4. Menuiseries extérieures / Protection solaire

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose des menuiseries avec un coefficient de transmission $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et un facteur solaire $Sw \leq 0,35$ et un $U_d \leq 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ pour les portes pleines.
------------------------	---

Synthèse
Les menuiseries ont pour la plupart été remplacées entre 2022 et 2023 et sont donc performantes.

Descriptif								
ID	Châssis	Vitrage	Type d'ouvrant	Protection solaire	Sw ²³	Surface	U estimé (W/K.m²)	Vétusté
1	Aluminium	Double vitrage 10/18/8	Oscillo-battant	Volet textile extérieur	0,35	1 459 m²	1,5	5
2	Aluminium	Double vitrage 4/12/4	Oscillo-battant	Volet textile extérieur	0,4	18 m²	2,4	3
3	Aluminium (SAS d'entrée)	Simple vitrage sécurisé	Coulissant	Aucune	0,6	44 m²	5,5	3
4	Lanterneau de toiture alu	Double vitrage 4/6/4	Soufflet	Aucune	0,4	6 m²	3,3	3

	Le remplacement des menuiseries a globalement été effectué récemment.
---	---

D.3. Chauffage

Synthèse

Le chauffage est réalisé via réseau hydraulique sur réseau de chaleur urbain.

D.3.1. Principes de fonctionnement

Le bâtiment était chauffé lors de la visite depuis une chaufferie équipée de deux chaudières gaz à condensation. Ces chaudières ont été remplacées par un échangeur sur le RCU qui alimentent 6 départs distincts :

- 1 départ constant vers les CTA ;
- 1 départ ECS constant ;
- 1 départ régulé via vannes 3 voies "Cadastre Sud-Ouest" dont le régulateur était hors service lors de la visite.
- 1 départ régulé via vannes 3 voies "IFAC Sud Ouest" dont le régulateur était hors service lors de la visite
- 1 départ régulé via vannes 3 voies "Cadastre Nord-Est"
- 1 départ régulé via vannes 3 voies "IFAC Nord-Est"

Il est supposé que les régulateurs ont été remplacés depuis. Les circulateurs sont tous à vitesse variable. Une chaudière murale est également présente dans le bâtiment. Elle alimente l'ancien local gardien reconvertie en local de stockage et fonctionne en température de réduit. Depuis le passage au RCU, celle-ci n'est à priori plus utilisée.

Les émetteurs sont de type panneaux aciers. Les émetteurs sont maintenant tous équipés de robinets thermostatiques.

D.3.2. Régulation

Les paramètres de températures intérieures et les horaires de programmation sont les suivants :

Zone										T° Confort					T° Réduit					T° Hors-Gel				
Toute les zones										21°C					17°C									
Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lundi																								
Mardi																								
Mercredi																								
Jeudi																								
Vendredi																								
Samedi																								
Dimanche																								

D.4. Climatisation

Synthèse

Le bâtiment dispose d'une climatisation pour local informatique qui fonctionne en continu à 19°C.

D.4.1. Liste des équipements

Ensemble 1			Climatisation local serveur						
Production									
ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Année	Puissance froid (kW)	Rendement ou EER	Régulation	Perform ance	Vétusté
1	PAC air/air	1	Mitsubishi Electric SUZ-KA7SVAB	Inconnue			Télécommande	3	4

D.5. Eau chaude sanitaire

Synthèse

L'eau chaude sanitaire est produite depuis la sous-station via un préparateur ECS et un réseau bouclé. **Le bouclage n'est pas isolé. Cela peut entraîner une chute de température trop importante provoquant des risques d'apparition de la légionnelle. La mise en place d'un calorifuge est prioritaire.**

D.5.1. Liste des équipements

Ensemble 1	Préparateur ECS
------------	-----------------

Production ECS (hors cumulus électrique)

ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Volume (L)	Puissance chaud (kW)	Perform ance	Vétusté
1	Préparateur avec échangeur	1	Echangeur : ALFA LAVAL Aqua Genius Ballon : CHAROT HELIOS	500 L	210 kW	2	3



Le calorifugeage du bouclage est à réaliser.

D.6. Ventilation - Traitement d'air

Synthèse

La salle de restauration et la plonge sont ventilés par des CTA tout air neuf équipées de batteries chaude.
La cuisine est équipée de divers hottes dont le débit total est estimé à 8 500 m³/h.
Les sanitaires et les vestiaires sont ventilés via des caissons simple flux.

Le reste du bâtiment est ventilé de manière naturelle et via les entrées d'air dans certaines menuiseries.

D.6.1. Liste des équipements



Locaux régis par le code du travail : Article R232-5-3 remplacé par Art. R4222-6 du Code de Travail. Les débits minimums par zone à respecter sont les suivants :

- Bureaux : 25 m³/h.occupant
- Salle de repos : 18 m³/h.occupant
- Salle de réunion : 30 m³/h.occupant
- Cafétéria : 18 m³/h.occupant
- Restauration : 30 m³/h.occupant
- Sanitaire : 30 m³/h.pièce
- Vestiaire : 45 m³/h.pièce

Ventilation simple flux - reprise

ID	Zone	Type	Marque Modèle	Année	Puissance moteur (W)	Débit (m³/h)	Régulation	Perform ance	Vétusté
1	Sanitaires	Simple flux	France Air	-	370 W	1 000 m³/h	Constant	3	3
2	Cuisine	Simple flux	-	-	2 200 W	8 500 m³/h	Variateur manuel	3	3

Ventilation simple flux - soufflage (si caissons séparés)

ID	Zone	Marque Modèle	Année	Puissance moteur (W)	Débit (m³/h)	Batterie ch/fr	Régulation	Perform ance	Vétusté
1	Salle de restauration	France Air VLIG 15-15	-	2000 W	6500 m³/h	Ch	Manuel	2	3
2	Plonge	France Air VLIG 9-9	-	500 W	2 000 m³/h	Ch	Manuel	2	3



La ventilation de la cuisine et salle de restauration est à reprendre avec gestion séparée des flux d'air. La mise en œuvre de ventilation dans le reste des locaux est aussi envisageable bien que cela représente des travaux lourds.

D.7. Eclairage

Synthèse

L'éclairage dans les bureaux est de type fluorescent. Dans les circulations, des LED ont été mises en œuvre avec détection de présence.



La généralisation des LED est envisageable.

D.8. Gestion technique centralisée

Synthèse

Le site n'est pas équipé de GTB.

D.9. Usages spécifiques

Synthèse

Le bâtiment est équipé de différents appareils plus ou moins consommateurs d'énergie liés à une utilisation principalement bureautique et de cuisine.

D.10. Production d'énergie renouvelable

Synthèse

Aucun système de production EnR.

E. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DES FACTURES

E.1. Points de comptage

Le site dispose actuellement des points de comptages suivants :

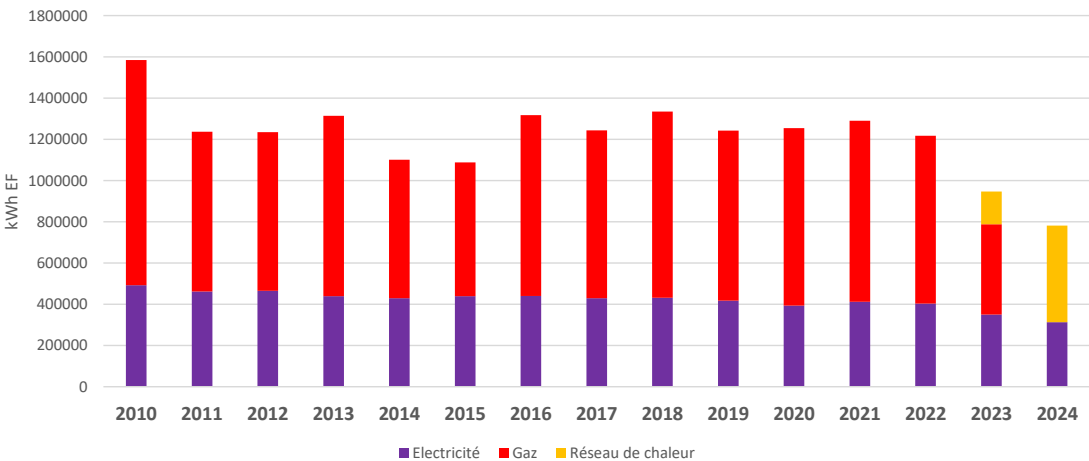
N°	Energie	RAE/PDL	Puissance	Poste(s) raccordé(s)	Commentaire
1	Réseau de chaleur	Inconnue	303,4 kW	Chauffage et ECS	Raccordement en 2023
2	Electricité	Inconnue	Inconnue	Autres postes	
3	Gaz	Inconnue	-	Anciennement chauffage et ECS	Ancien compteur

E.2. Synthèse des consommations

Le tableau ci-dessous récapitule les données transmises. Les consommations ne sont pas corrigées des DJU, la correction est apportée au paragraphe F.5. pour la comparaison avec la simulation.

Année	Electricité	Gaz	Fioul	Bois	Réseau de chaleur	Réseau de froid
2010	!	!				
2011	!	!				
2012	!	!				
2013	!	!				
2014	!	!				
2015	!	!				
2016	!	!				
2017	!	!				
2018	!	!				
2019	✓	✓				
2020	✓	✓				
2021	✓	✓				
2022	✓	✓				
2023	✓	!			!	
2024	✓				✓	

Légende : ✓ Retenue ! Fournie mais non retenue Vide Non fournie
Années de facturation retenues comme référence pour chaque énergie



Evolution de la consommation en énergie finale PCS

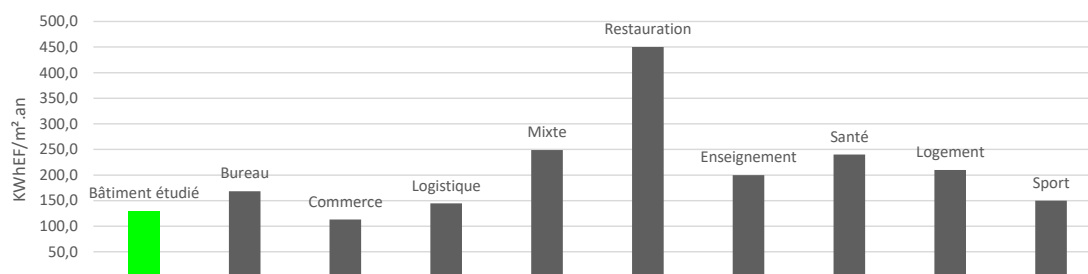


Les consommations sont assez stables à l'exception de 2010 où elle était relativement élevée.

Moyenne 2018 à 2022	Electricité	Gaz	Total
Energie finale (kWhEF PCS)	406 250	844 500	1 250 750
Energie primaire (kWhEP)	934 375	844 500	1 778 875
Emissions de GES (kg éq. CO2)	16 250	219 570	235 820

Moyenne des consommations et émissions de GES pour les années retenues

Le bâtiment n'étant pas équipé de sous-comptage, à ce stade nous ne pouvons pas déterminer la part de consommation de chaque usage (chauffage, climatisation, ventilation...).



Comparaison du bâtiment aux standards français (OID/ADEME)

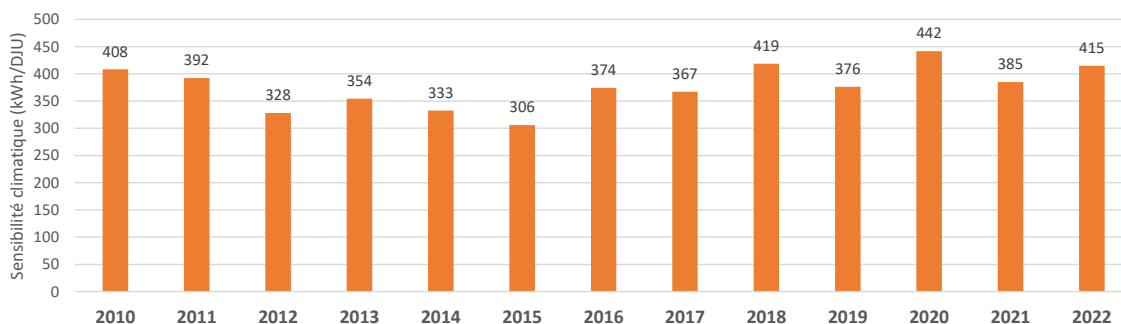
E.3. Sensibilité de la consommation de chauffage au climat

Dans cette partie, nous rapportons la consommation de à la rigueur climatique, exprimée en Degrés Jours Unifiés (DJU). Plus les DJU pour une année sont élevés, plus l'année a été froide. Un bâtiment avec une sensibilité très variable peut montrer une faiblesse d'isolation ou de régulation du système de chauffage.

Les DJU ci-dessous sont ceux relevés pour la station RENNES sur des années complètes et non uniquement sur la période de chauffe.

Gaz	DJU chaud	Consommation réelle (kWhPCS)	Sensibilité climatique (kWh/DJU)
2010	2 675	1 092 000	408
2011	1 975	775 000	392
2012	2 343	769 000	328
2013	2 470	875 000	354
2014	2 020	672 000	333
2015	2 122	649 000	306
2016	2 345	877 000	374
2017	2 217	814 000	367
2018	2 155	902 000	419
2019	2 193	825 000	376
2020	1 950	861 000	442
2021	2 282	878 000	385
2022	1 962	814 000	415
Moyenne		832 417	377

Sensibilité du chauffage à la température extérieure



Evolution de la sensibilité du chauffage à la température extérieure



L'année 2020 est la plus consommatrice après correction DJU malgré la crise sanitaire.

E.4. Coûts moyens des énergies

Nous rappelons ici les hypothèses des coûts de l'énergie issues des factures énergétiques quand celles-ci sont disponibles, ou à défaut un prix moyen constaté par Energio :

Energie	Coût fourniture (€ HTVA/kWhPCS)	Coût Abonnement (€ HTVA/an)	Source
Electricité	0,3540	Inclus dans fourniture	Factures 2024
Gaz	0,1200	Inclus dans fourniture	Bilan énergétique
Réseau de chaleur	0,0900	22 749 €	Etude de raccordement

Tableau: Coût des énergies

E.5. Dispositif Eco Energie Tertiaire - Définition de l'année de référence

Deux méthodes sont possibles pour définir les objectifs de réduction des consommations du dispositif Eco-Energie Tertiaire :

- Méthode relative : Réduction des consommations par rapport à une année réelle de référence entre 2010 et 2019;
- Méthode absolue : Calcul des consommations cibles selon des ratios définis par usage (arrêté du 24 novembre 2020 et suivant).

E.5.1. Méthode relative

Dans le cadre de la méthode relative, l'année de référence est définie sur la base des consommations factures du site après correction climatique. La somme de l'ensemble des factures du site, incluant les données privatives, sont prises en compte. Le tableau ci-dessous synthétise les données de consommations reçues :

Compteur ou sous-compteur	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Electricité	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Gaz naturel	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

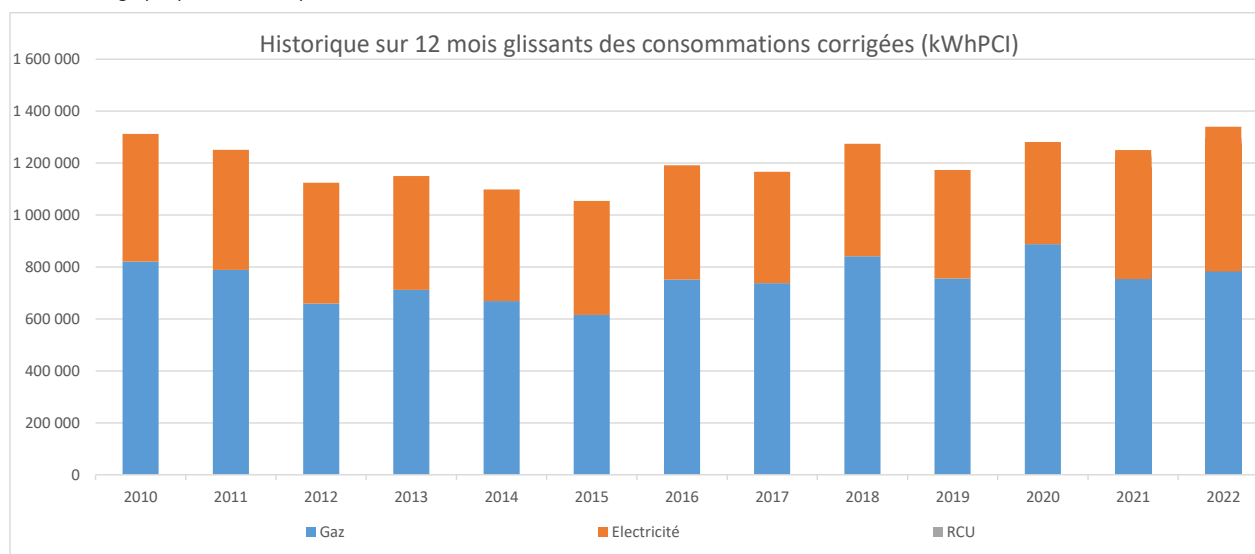
La correction climatique est appliquée aux consommations de chaque compteur si l'usage inclut soit le chauffage soit la climatisation. Deux options de correction sont possibles :

- Soit la part liée au chauffage et à la climatisation est connue (totalité du compteur [exemple : compteur réseau de chaleur] ou présence sous-compteur [exemple : compteur gaz avec sous-compteur chaufferie]) , dans ce cas les consommations globales sont corrigées aux DJU moyen 2000-2019 pour la station météo la plus proche - Correction dite Globale
- Soit la part liée au chauffage et à la climatisation n'est pas connue (exemple : compteur électrique global), dans ce cas une valeur moyenne de correction est calculée sur la base de la surface du site et des DJU moyens - Correction dite Partielle

Les autres compteurs ne sont pas corrigés aux DJU. Le tableau ci-dessous précise pour chaque compteur les données de consommation et de correction - attention : il s'agit possiblement des données de consommation APRES modulation de la surface.

Compteur ou sous-compteur	Consommation brute ajustée surface (kWhPCI)	Période de référence	Type correction climat	Si oui Chauff.	Si oui Clim.	Consommation corrigée climat ajustée surface - référence (kWhPCI)
Electricité	491 668	01/2010 - 12/2010	Aucune	Non	Non	491 668
Gaz naturel	1 092 315	01/2010 - 12/2010	Globale	Oui	Non	858 335
Total	1 583 983	-	-	-	-	1 350 003

Le graphique ci-dessous présente en version visuelle la recherche de l'année de référence :



Avec cette méthode, les consommation de référence et les objectifs sont de :

	Année de référence	Objectif 2030 (-40%)	Objectif 2040 (-50%)	Objectif 2050 (-60%)
Consommation kWhEF PCI/m²	136,4	81,8	68,2	54,6

E.5.2. Méthode absolue

Dans le cadre de la méthode absolue, l'objectif de consommation 2030 est calculée en fonction des surfaces de pièces et de ratios de consommation définis dans les arrêtés dit "Valeurs absolues I, II et III", dont les publications sont en cours. Les ratios sont pondérés en fonction d'indicateur d'usage.

Zone	Code NAF - Catégorie	Surface m ²	Coefficient CVC	Coefficient USE Base	Coefficient USE modulé	Consommation référence (kWhPCI)
Administration	82.11Z	9 069	57	50	50	970 339
Restauration	56.29B	555	51	130	130	100 455
Total	-	9 624	-	-	-	1 070 794

	Les valeurs par défaut des coefficients de modulation ont été utilisées.
---	--

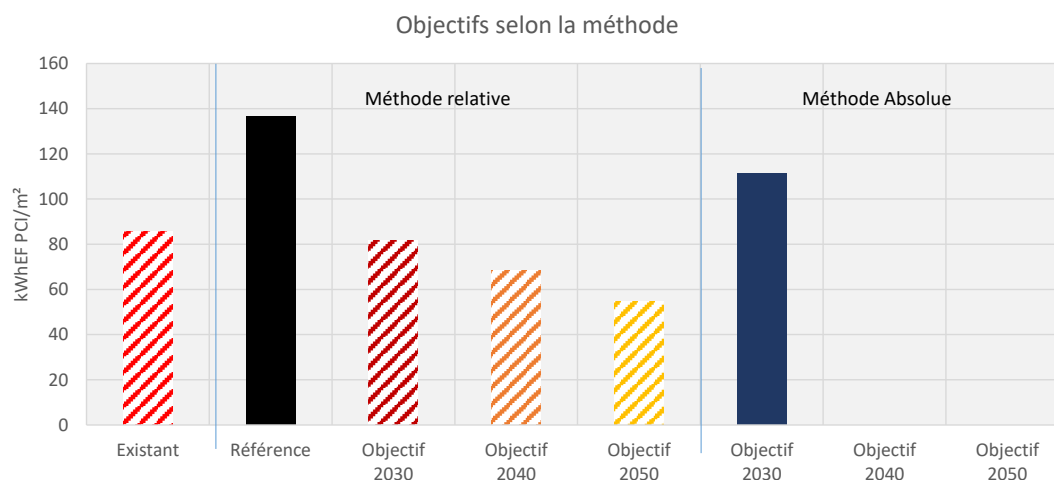
Avec cette méthode, la consommation objectif 2030 est de :

	Année de référence	Objectif 2030	Objectif 2040	Objectif 2050
Consommation kWhEF PCI/m²		111,3	Non connu	Non connu

E.5.3. Définition de la méthode

Le tableau ci-dessous vous synthétise les objectifs de consommations pour 2030, ainsi que la méthode retenue.

Consommation (kWh EF PCI)	Méthode relative	Méthode absolue
Consommation actuelle	85,4	
Consommation de référence	136,4	
Objectif 2030	81,8	111,3
Objectif 2040	68,2	Non connu
Objectif 2050	54,6	Non connu



La méthode retenue pour 2030 est donc la méthode :

Absolue

F. RESULTATS DE SIMULATION DE L'ETAT EXISTANT

F.1. Données météorologiques

Les tableaux suivants décrivent le site et la station dont les données météorologiques sont issues :

Site			
Nom	Rennes	Altitude	38 m

Station météorologique			
Nom	Rennes - Moyen fichier RennesMoyen.try	Altitude	35 m
Longitude	1° 43' 1"O	Latitude	48° 4' 1"N
Températures	Minimale	Maximale	Moyenne
	-4.00°C	33.10°C	12.12°C

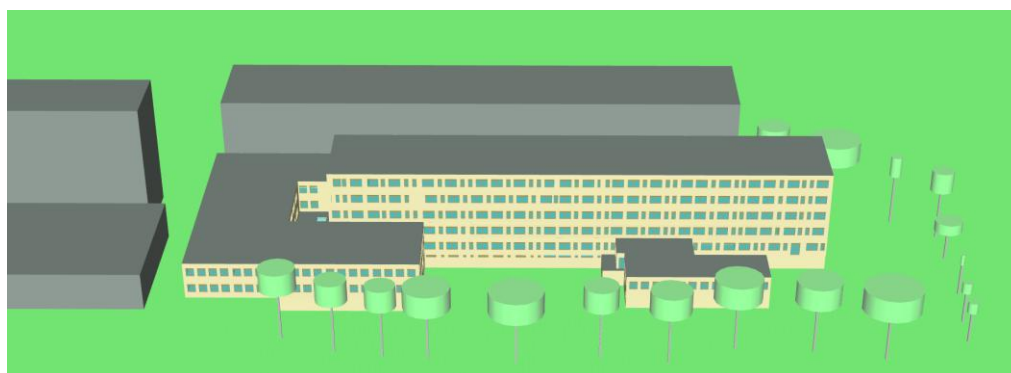
Degrés Jours Unifiés base 18°C (moyenne 10 ans de 2010 à 2019, corrigés de l'altitude)												
Annuels	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
2 102	361	315	290	221	130	64	43	42	84	149	258	370

F.2. Vues 3D de la modélisation thermique

Les vues 3D ci-dessous sont issues de la modélisation 3D à l'aide du module de saisie graphique Pléiade. **Les couleurs de surfaces ne sont en aucun cas représentatives des matériaux et compositions de parois utilisés lors de la simulation.**



Vue Ouest



Vue Est

F.3. Déperditions thermiques - Site

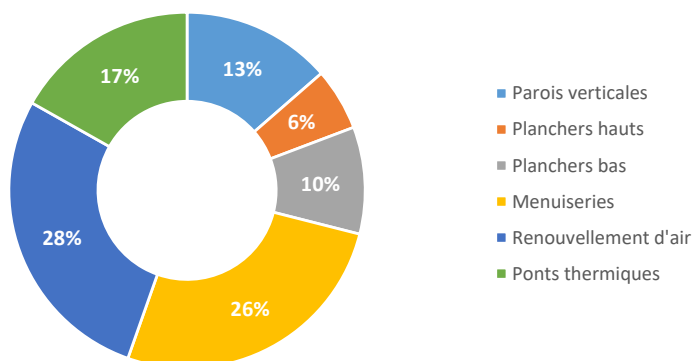
Pour une température extérieure constante de -4°C, les déperditions à l'échelle du site sont estimées à 332,8 kW.

Le tableau suivant montre un bilan des déperditions par poste :

	Quantité (m2 ou ml)	U moyen (W/m2.K)	Déperdition (W)	Répartition (%)
Parois verticales	2 907	0,60	45 240	14%
Planchers hauts	2 557	0,28	18 810	6%
Planchers bas	2 541	0,49	32 330	10%
Menuiseries	1 791	1,89	87 990	26%
Renouvellement d'air	-	-	92 450	28%
Ponts thermiques	-	-	56 010	17%
TOTAL :			332 830	100%

Répartitions des déperditions

Répartition des déperditions par poste



Répartitions des déperditions



Les menuiseries (surface très importante) et le renouvellement d'air (notamment de la zone restauration) sont les principales sources de déperditions.

F.4. Consommations énergétiques

Cette partie présente les consommations de chaque poste du site. Ceci permet, dans un premier temps, d'évaluer le « poids » des différents postes dans la facture globale puis dans un second temps de dégager les points faibles, pour y apporter des améliorations.

F.4.1. Répartition des consommations par usage

La simulation permet de reconstruire la répartition des consommations par poste, présentée dans le tableau suivant. Les détails des consommations et factures par poste sont disponibles en annexe.

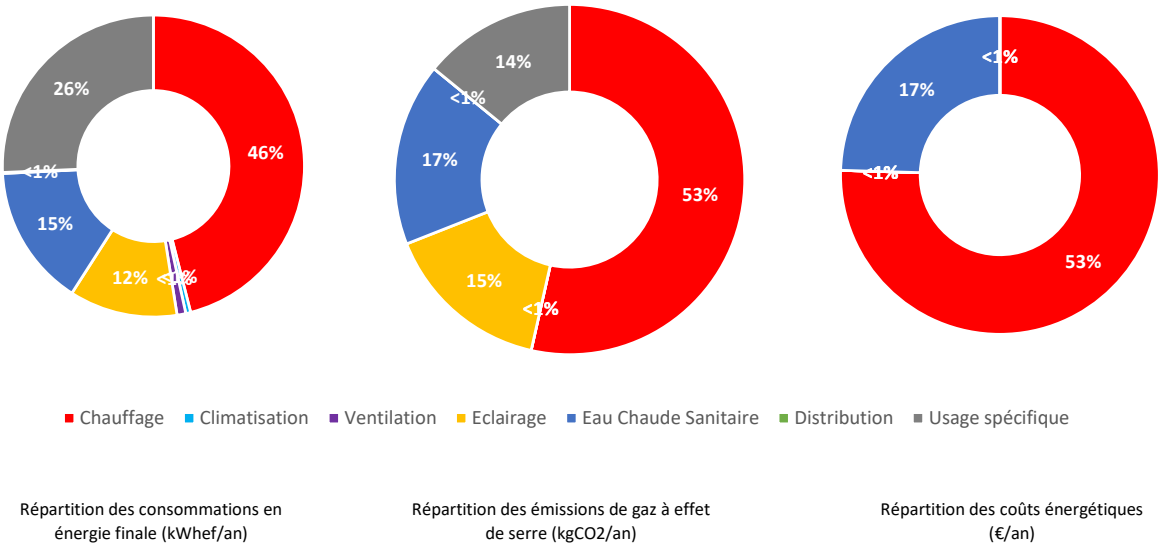
Nota : La consommation de chauffage peut différer de la consommation des factures car celle-ci est calculée sur la base d'une année type, avec des conditions climatiques différentes.

Usages	Conso énergie finale (kWh PCS)	Part (%)	Conso énergie primaire (kWh PCS)	Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	Facture (€ HTVA)	Energie primaire kWh/m ² SHON	Emissions de GES kg éq. CO ₂ / m ² SHON
Chauffage	441 000	46%	441 000	38 000	40 000	46	4
Climatisation	5 000	1%	11 000	0	0	1	0
Ventilation	9 000	1%	20 000	0	0	2	0
Eclairage	111 000	12%	255 000	11 000	0	26	1
Eau Chaude Sanitaire	145 000	15%	145 000	12 000	13 000	15	1
Distribution	1 000	0%	3 000	0	0	0	0
Usage spécifique	246 000	26%	565 000	10 000	0	59	1
TOTAL (hors usages spé.)	711 000	74%	875 000	62 000	75 400 €	91	6
TOTAL	957 000	100%	1 440 000	72 000	75 400 €	150	7

Bilan des consommations théoriques



Le chauffage et les usages spécifiques sont les deux plus gros postes de consommation du site.



F.4.2. Comparaison simulation / réel

Afin de valider le modèle initial du bâtiment, nous le comparons aux données de factures réelles. Afin de d'analyser convenablement les consommations de chauffage et de climatisation, nous corrigeons les données factures en fonction de leur Degrés Jours Unifiés (DJU, pour le chauffage et refroidissement) afin d'obtenir les mêmes conditions climatiques entre la simulation et les données réelles.

Gaz	DJU chaud	Consommation réelle (kWhPCS)	Consommation corrigée (kWhPCS)
2019	2 193	825 000	790 766
2020	1 950	861 000	928 114
2021	2 282	878 000	808 745
2022	1 962	814 000	872 084
Moyenne		854 667	849 927
STD			838 954

Correction DJU annuelle - Gaz

Les valeurs de la colonne de gauche dans le tableau ci-dessous sont issues des factures mais sont corrigées des Degrés Jours Unifiés (DJU) pour être comparables à celle de la simulation (simulation avant travaux 2021 à 2023). Elles sont donc différentes des valeurs des factures mais elles sont utilisées uniquement pour les comparer à la simulation.

Type d'énergie (kWhPCS)	Données factures brutes	Données factures corrigées des DJU	Simulation	Ecart (%)
Electricité	406 315	Pas de correction	378 087	-7%
Gaz	854 667	849 927	838 954	-1%
TOTAL	1 260 982	1 256 242	1 217 041	-3%

Comparaison des consommations simulées / réelles en kWhPCS



L'écart entre la facture réelle et la simulation est inférieur à 10%, ce qui permet de valider les paramètres de la simulation qui serviront ensuite de référence lors de la modélisation des préconisations et des scénarios.

F.4.3. Etiquette Energie/Climat simulée avant travaux

Les étiquettes sont établies en fonction des consommations théoriques d'énergie primaire à partir des besoins pour les postes chauffage, ECS, ventilation, éclairage et auxiliaires (hors habitations). **Les étiquettes présentées ici ne sont pas des étiquettes DPE au sens de la réglementation et ne sont pas utilisables en tant que telles.**

Type de bâtiment :		Bureau ou Enseignement	
Consommation	150 kWhEPPCI/m².an	Emission de GES	8 kg éq. CO₂/m².an
BATIMENT ECONOME BATIMENT ENERGIVORE		FAIBLE EMISSION DE GES FORTE EMISSION DE GES	

Etiquette Energie/Climat avant travaux

G. PRECONISATIONS DE TRAVAUX

G.1. Orientations avant préconisation

Les tableaux ci-après parcourent les grandes orientations possibles [liste non exhaustive] afin d'améliorer votre bâtiment (enveloppe, équipements, production électricité renouvelable, confort thermique). Les commentaires et l'indicateur de mise en œuvre permettent de comprendre les préconisations qui sont envisageables.

Opportunité de mise en place	●	Ce type de travaux est approprié pour le site.
	●	Ce type de travaux est envisageable mais comporte des contraintes importantes.
	●	Ce type de travaux n'est pas approprié pour le site.

G.1.1. Enveloppe

Types de parois	Type Méthode	Commentaires	Opportunité de mise en place
Mur	Isolation par l'intérieur	L'isolation des locaux pourrait être reprise avec un niveau d'isolation plus conséquent et la mise en place d'isolant également au-dessus des faux-plafonds.	●
Mur	Isolation par l'extérieur	Une isolation par l'extérieur de l'ensemble du bâtiment est envisageable et permettra de traiter les ponts thermiques du bâtiment. La mise en place de cette isolation peut être rendue difficile du fait de l'architecture du bâtiment. Une attention particulière devra être portée sur le choix de la solution technique pour éviter tous risques de condensation au sein de la paroi.	●
Mur	Isolation des murs sur locaux non chauffés	Les murs sur locaux non chauffés devront être isolés	●
Plafond	Isolation des toitures terrasses	Les toitures terrasses ont été reprises en 2018 et une nouvelle intervention n'est pas opportune.	●
Plancher	Isolation en sous face	L'isolation en sous-face des planchers des locaux non chauffés donnant sur locaux chauffés pourra être réalisée.	●
Plancher	Isolation après décaissage	Cette solution pourrait être mise en œuvre pour isoler le plancher sur terre-plein du sous-sol mais demanderait des travaux trop importants par rapport au gain attendu.	●
Menuiserie	Double vitrage	Les menuiseries ont été remplacées récemment.	●

G.1.2. Chauffage

Types d'énergies	Types d'appareils	Commentaires	Opportunité de changement de système de chauffage
Gaz	Chaudière à condensation	Le passage récent au RCU rend les autres solutions peu pertinentes.	●
Bois	Chaudière à condensation		●
Réseau de chaleur urbain	Sous-station		●
Géothermie	Pompe à chaleur Eau/Eau		●
Electrique	Pompe à chaleur Air/Eau		●
Electrique	Pompe à chaleur Air/Air		●
Electrique	Panneaux rayonnants		●

G.1.3. Equipements

Equipement	Types d'appareils	Commentaires	Opportunité de mise en place
Ventilation Simple Flux	A débit modulé	La mise en place d'une ventilation est indispensable si l'étanchéité des locaux est améliorée.	●
Ventilation Double Flux	A débit modulé	La mise en place d'une ventilation est indispensable si l'étanchéité des locaux est améliorée. Une ventilation double flux permettrait de limiter la surconsommation associée à la ventilation.	●
Climatisation	Pompe à chaleur type split	Il n'y a pas de besoins de climatisation importants dans le bâtiment.	●
ECS	Solaire thermique	La mise en place de panneaux solaires thermiques peut être envisagée pour la production des cuisines notamment.	●
Eclairage	LED	La généralisation des LED permettra de générer des économies.	●
Gestion Régulation	GTC	La mise en œuvre d'une GTC est obligatoire dans le cadre du décret BACS.	●

G.1.4. Production d'électricité renouvelable

Equipement	Types de marché	Commentaires	Opportunité de mise en place
Solaire photovoltaïque	Autoconsommation	Cette solution est envisageable en toiture terrasse et est pertinente, le site étant occupé toute l'année.	●
Eolien	Revente	Autoconsommation à privilégier.	●

G.2. Préambule aux préconisations

Ce chapitre liste, décrit et quantifie chacune des préconisations que propose le thermicien. Elles sont le fruit des orientations proposées par le thermicien dans la partie précédente.

Il est important de noter ici deux points fondamentaux :

- Les chiffrages restent des évaluations : il faudra affiner en s'appuyant sur des devis d'entreprises qualifiées (RGE);
- Le montant de la subvention est indicatif car il dépend du scénario confirmé par la maîtrise d'ouvrage.



Reconnu Garant de l'Environnement - Trouvez le votre pour la réalisation de vos travaux sur :
<http://www.renovation-info-service.gouv.fr/trouvez-un-professionnel>

Pour chaque action, les contraintes liées à sa mise en œuvre sont qualifiées. La difficulté de mise en œuvre et de suivi des travaux est définie comme suit :

Légère : Les travaux peuvent être conduits en interne (employé communal, service technique) selon disponibilité. Les corps de métier n'ont pas ou peu d'interactions entre eux. Un planning simple est suffisant pour coordonner les travaux. La technicité des travaux est faible.

Moyenne : Les travaux peuvent être suivis par un conducteur de travaux interne, les modifications concernant la sécurité du bâtiment sont mineurs et relèvent uniquement de la mise en conformité.

Elevée : les travaux sont conséquents et complexes, ils nécessitent la sollicitation d'un maître d'œuvre. Les travaux font intervenir plusieurs corps de métiers différentes. Des modifications importantes sont à prévoir (structurelles, accessibilités, impact sur l'usage, ...).

Pour chaque action, la part liée au gros entretien est également précisée (je remplace un équipement pour maintenir mon bâtiment en bonne santé). Cette valeur est estimée selon l'âge des éléments, leur entretien et les défauts identifiés. Le gros entretien permet d'identifier si une action est plutôt "maintien en fonctionnement / pérennisation de l'usage" ou "performance / surperformance énergétique".

Enfin, les détails des consommations et factures par poste et par type d'énergie pour chaque préconisation sont disponibles en annexe.



La tension sur les matières premières semble être amenée à durer. Elle se conjugue à un manque de main d'œuvre chez les artisans et à une difficulté d'approvisionnement. Aussi, il existe un risque réel d'inflation modérée à forte. Nos chiffrages pourraient, en conséquence, être minorés par rapport à la réalité de vos futurs chantiers.

G.3. Bonnes pratiques

G.3.1. Management de l'énergie

Pour assurer un pilotage efficient, nous recommandons la mise en place d'un contrat d'Energy Management, qui peut se décliner sous la forme d'un contrat de performance énergétique. Avec ce type de contrat, le prestataire s'engage sur un niveau de consommation annuel et également sur des économies envisageables qu'il garantit. La rémunération des parties sera à contractualiser.

Une consultation de plusieurs prestataires peut être lancée avec un critère de sélection des offres sur les économies d'Energie annoncées et garanties. Le cout de cette solution va dépendre du type de contrat retenu.

Les missions d'un Energy Manager sont multiples :

- Surveillance du bon fonctionnement du bâtiment (confort, consommation) ;
- Assistance quotidienne du mainteneur pour l'exploitation du bâtiment (alerte et analyse détaillée des problèmes) ;
- Animation régulière de comité de pilotage réunissant le propriétaire, le représentant des occupants et le mainteneur. Ces comités permettent de suivre la vie du bâtiment, établir les économies, définir les plans d'actions ;
- Mise en place et pérennisations des actions d'économie d'énergie ;
- Proposition d'amélioration et de travaux ciblés.

Il est possible d'assurer entre 5 et 7% d'économie d'énergie, selon le profil du bâtiment.

G.3.2. Sensibilisation des occupants

La sensibilisation des usagers est un point essentiel pour pérenniser et valoriser les actions matérielles mises en place.

Nous proposons ici une démarche à suivre afin de sensibiliser durablement les usagers :

1) Reprendre la démarche en l'officialisant.

- Exprimer clairement et à tous, l'engagement de la direction.

2) La faire correspondre avec les éventuelles décisions d'investissements.

- Associer les usagers à la réflexion sur les investissements envisagés.

3) Donner à tous les agents des explications rationnelles sur les enjeux énergétiques et les impacts environnementaux liés

4) Impliquer les agents dans une réflexion sur ce qu'il est possible et nécessaire de faire

- Faire s'exprimer les ressentis et obtenir un engagement individuel et collectif.
- Mettre en route les idées concernant l'énergie de la démarche « Chasse aux gaspi ».

5) Démontrer par l'exemple de ce qui se fait ailleurs, que modifier ses comportements est possible, efficace et gratifiant

6) Définir le cadre pratique de la démarche

Objectifs.

Critères et moyens de mesure des résultats.

Devenir des économies réalisées.

Calendrier.

Accompagnement ou non par un tiers extérieur neutre.

Communiquer en permanence.

Sur les actions, les résultats, les bonnes pratiques.

Pour rappeler les bons gestes, là où ils peuvent être réalisés.

7) Faire vivre la démarche

Bilans réguliers

Événements de mobilisation (semaine de l'énergie...)

G.4. Préconisations : enveloppe

G.4.1. Isolation des murs sur locaux non chauffés

Cette préconisation propose l'isolation des murs sur locaux non chauffés via la pose de laine minérale pour une résistance de 3,75 m².K/W.

VARIANTE BIOSOURCEE : mise en œuvre de laine de bois.

Quantité :	173 m ²	Contrainte de réalisation :	légère
Contraintes :	Dépose de l'ensemble des éléments muraux		
	Réduction de la surface intérieure		
	Impact non négligeable sur l'utilisation des locaux		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 3,7 m ² .K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Dépose des éléments muraux (moblier, réseaux électrique, plomberie et chauffage)
Dépose des revêtements muraux
Pose d'un complexe isolant sur ossature métallique ou bois comprenant laine isolante, pare-vapeur, et parement intérieur (plâtre ou fermacell)
Mise en peinture du support
Repose des éléments muraux si conservés

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	33 000 €	37 000 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	0 €	0%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	600	0%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	100	0%

	Cette action n'impacte pas le confort d'été mais peu d'économies sont réalisées.
---	--

G.4.2. Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec décroissement)

Cette action propose la reprise de l'isolation intérieure sur l'ensemble du site (hors ancienne loge du gardien). L'isolation sera réalisée sur la totalité du mur (y compris au dessus des faux-plafonds non isolés). La préconisation se base sur la mise en place d'un isolant ayant une résistance de 3.7 m².K/W en deux couches croisées sur rail. Il faut aussi prendre en compte la dépose des cloisons existantes. Le traitement des ponts thermiques sera fait par l'intérieur avec la mise en place de l'isolant de façon continu sur toute les façades.

VARIANTE BIOSOURCÉE : Mise en œuvre de laine de bois.

Quantité :	2297	Contrainte de réalisation :	légère
Contraintes :	Dépose de l'ensemble des éléments muraux		
	Réduction de la surface intérieure		
	Impact non négligeable sur l'utilisation des locaux		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 3,7 m².K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Dépose des éléments muraux (mobiliers, réseaux électrique, plomberie et chauffage)
Dépose des revêtements muraux
Pose d'un complexe isolant sur ossature métallique ou bois comprenant laine isolante, pare-vapeur, et parement intérieur (plâtre ou fermacell)
Mise en peinture du support
Repose des éléments muraux si conservés
Forfait de décroissement

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	701 000 €	749 000 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	15 000 €	20%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	163 000	17%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	14 000	19%

	Cette action dégrade le confort estival qui reste tout de même assez faible.
---	--

G.4.3. Isolation des murs par l'extérieur

L'intervention consiste à isoler les murs par l'extérieur. La préconisation se base sur la mise en place d'un isolant type laine minérale ou équivalent (Risolant $\geq 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). La préconisation se base sur la mise en place d'une ossature et de 2 couches de laine de verre (afin de limiter les ponts thermiques) avec un système callé-chevillé. La géométrie complexe de la façade entrainera un surcoût sur l'opération.

VARIANTE BIOSOURCEE : En remplacement de la laine minérale, de la laine de bois peut être utilisée.

Quantité :	2438	Contrainte de réalisation :	légère
Contraintes :	Dépose de l'ensemble des éléments muraux		
	Modification de l'apparence du bâtiment		
	Evacuation des eaux pluviales à vérifier		
Exigences CEE et caractéristiques :	$R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Echafaudage de la façade	
Dépose des éléments muraux (réseaux EP/Electricité, mobilier)	
Lavage de la façade	
Fourniture et pose d'une ossature bois avec isolation laine isolante, pare pluie souple, finition enduit	
Forfait traitement des points singuliers, repose des éléments muraux	

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m^2 .

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	756 000 €	836 000 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	17 000 €	23%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	192 000	20%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	17 000	24%

	Cette action permet plus de gains que l'ITI et dégrade moins le confort estival.
---	--

G.4.4. Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés

Cette préconisation propose l'isolation des planchers non isolés donnant sur locaux non chauffés en sous-face. L'isolation sera de type Fibrastrène pour un R de 3 m².K/W.

Quantité :	773	Contrainte de réalisation :	légère
Contraintes :	Hauteur disponible suffisante		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 3 m ² .K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Dépose des éléments plafonniers au besoin (luminaires, réseaux, mobiliers)	
Pose d'un isolant avec fibres de bois agglomérées et minéralisées en sous-face	
Repose des éléments plafonniers conservés	

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	124 000 €	142 000 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	1 000 €	1%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	11 000	1%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	1 000	1%

	Cette action dégrade le confort estival qui reste tout de même assez faible.
---	--

G.4.5. Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans décroissement)

Cette action propose la reprise de l'isolation intérieure sur l'ensemble du site (hors ancienne loge du gardien). L'isolation sera réalisée sur la totalité du mur (y compris au dessus des faux-plafonds non isolés). La préconisation se base sur la mise en place d'un isolant ayant une résistance de 3.7 m².K/W en deux couches croisées sur rail.
 Cette solution ne prend pas en compte le décroissement intérieur.

VARIANTE BIOSOURCÉE : Mise en œuvre de laine de bois.

Quantité :	2297	Contrainte de réalisation :	moyenne
Fiche(s) CEE :	BAT-EN-102		
Contraintes :	Dépose de l'ensemble des éléments muraux		
	Réduction de la surface intérieure		
	Impact non négligeable sur l'utilisation des locaux		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 3,7 m².K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Dépose des éléments muraux (mobiliers, réseaux électrique, plomberie, chauffage et climatisation)
Dépose des revêtements muraux
Pose d'un complexe isolant sur ossature métallique ou bois comprenant laine isolante, pare-vapeur, et parement intérieur (plâtre ou fermacell)
Mise en peinture du support
Repose des éléments muraux si conservés

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	436 000 €	485 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €	
CEE potentiels (kWhcumac)** :	5 374 980 (prime 43 000 €)**	

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	12 000 €	16%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	134 000	14%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	12 000	17%



Cette action dégrade le confort estival qui reste tout de même assez faible.

G.5. Préconisations : équipements

G.5.1. Calorifugeage du bouclage ECS

Le bouclage ECS n'est pas isolé ce qui peut entrainer des chutes de température plus importantes et l'apparition de légionnelle. Il est donc préconisé une isolation de l'ensemble du réseau via un isolant de classe 4.

Quantité :	600 ml (estimé)	Contrainte de réalisation :	légère
Contraintes :	Espace suffisant pour la mise en œuvre de la coque isolante		
Exigences CEE et caractéristiques :	L'isolant mis en place est de classe supérieure ou égale à 4 selon la norme NF EN 12 828+A1:2014		

DETAILS DU CHIFFRAGE*

Mise en œuvre du calorifuge

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE

Investissement (€ HTVA) :	21 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE

Gain sur la facture (€ HTVA/an)	3 000 €	4%
Gain sur la consommation d'énergie (kWh PCS/an)	31 000	3%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	3 000	4%

G.5.2. Solaire thermique

Cette préconisation propose la pose de panneaux solaires thermiques pour la production ECS. La production via RCU devient alors l'appoint de la solution solaire. Un dimensionnement précis est à réaliser en fonction des besoins réels du bâtiment. Il est ici supposé la mise en œuvre de 40 m² de panneaux.

Quantité :	40 m ² supposé	Contrainte de réalisation :	moyenne
Contraintes :	Etude structure pour vérifier la tenue de la charpente à la surcharge (entre 25 et 50 kg/m ²)		
	Dimensionnement précis à réaliser		
	Emplacement des équipements		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Etude de faisabilité complète	
Vérification plomberie préalable	
Fourniture et pose d'un chauffe eau solaire	
Fourniture et pose de panneaux solaire thermique, sur structure métallique	
Fourniture et pose d'une régulation numérique avec comptage énergie	
Raccordement à l'installation ECS existante	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	42 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	500 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	2 000 €	3%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	18 000	2%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	2 000	3%

G.5.3. Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire

Il est proposé la reprise complète du système de ventilation dans les zones cuisines et salle de restauration avec :

- Restaurant : Mise en œuvre d'une VMC double flux avec modulation du débit sur le taux d'occupation.
- Cuisine et plonge: Mise en œuvre de hottes à compensation intégrées intégrant un récupérateur de chaleur avec modulation des débits sur taux d'humidité via un régulateur.

Quantité :	Ensemble	Contrainte de réalisation :	moyenne
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Localisation des caissons		
	Passage d'un double réseau de gaines aérauliques		
Exigences CEE et caractéristiques :	Puissance électrique absorbée $\leq 0,35 \text{ Wh/m}^3$ par ventilateur		
	Rendement de l'échangeur $\geq 80\%$		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Réfectoire : Fourniture et pose d'un caisson double flux de 6 500 m3/h
Cuisine et plonge : Fournitures et pose de hottes à récupération d'énergie
Création du réseau de soufflage pour le restaurant
Fourniture et pose des bouches de soufflage
Fourniture et pose des équipements de modulation (sondes CO2, registres, ...)
Fourniture et pose des organes d'équilibrage, clapets coupe-feu, ...
Fourniture et pose des équipements de régulation

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	109 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	500 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	3 000 €	4%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	33 000	3%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	3 000	4%

	Cette action n'impacte pas le confort estival.
---	--

G.5.4. Ventilation mécanique simple flux des locaux

L'intervention consiste à mettre en place de la ventilation mécanique simple flux dans les bureaux modulée de la manière suivante :

- Modulée par détection de présence dans les bureaux ;
- Débit constant dans les sanitaires.

Les caissons seront placés en toiture et les réseaux circuleront en faux-plafond (espace suffisant à valider). Des gaines techniques seront créées pour le passage des réseaux entre les niveaux. Des entrées d'air devront par ailleurs être créées dans les menuiseries.

Quantité :	Ensemble	Contrainte de réalisation :	élevée
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Passage des réseaux en faux-plafond		
	Création d'entrées d'air sur les menuiseries		
Exigences CEE et caractéristiques :	Puissance électrique absorbée du caisson $\leq 0,30 \text{ Wh/m}^3$		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Fourniture et pose de caisson(s) de ventilation mécanique simple flux avec une régulation sur horloge/CO2/Hygrométrie	
Caisson(s) d'extraction équipé(s) d'un moteur à vitesse variable	
Création des réseaux de gaines pour l'extraction de l'air depuis des pièces jusqu'aux caissons	
Organes et équilibrage du réseau avec grille / clapets coupe-feu / registres / raccordement	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	500 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	-2 000 €	-3%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	-19 000	-2%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	-2 000	-3%

	
	Cette action améliore légèrement le confort estival.

G.5.5. Ventilation mécanique double flux des locaux

L'intervention consiste à mettre en place de la ventilation mécanique double flux dans les bureaux modulée de la manière suivante :

- Modulée par détection de présence dans les bureaux ;
- Débit constant dans les sanitaires.

Les caissons seront placés en toiture et les réseaux circuleront en faux-plafond (espace suffisant à valider). Des gaines techniques seront créées pour le passage des réseaux entre les niveaux. L'échangeur des centrales devra être by-passable pour éviter les surchauffes estivales.

Quantité :	Ensemble	Contrainte de réalisation :	élevée
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Passage des réseaux en faux-plafond		
Exigences CEE et caractéristiques :	Puissance électrique absorbée $\leq 0,35 \text{ Wh/m}^3$ par ventilateur		
	Rendement de l'échangeur $\geq 80\%$		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Fourniture et pose de caisson(s) de ventilation mécanique double flux avec une régulation sur horloge/CO2	
CTA(s) équipées de moteurs à vitesse variable et récupération de chaleur	
Création des réseaux de gaines pour l'extraction et le soufflage de l'air depuis des pièces jusqu'aux caissons	
Organes et équilibrage du réseau avec grille / clapets coupe-feu / registres / raccordement	
Fourniture et pose d'une régulation centralisée	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	722 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	800 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	-1 000 €	-1%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	-9 000	-1%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	-1 000	-1%

	
	Cette action améliore légèrement le confort estival.

G.5.6. Eclairage LED

Il est proposé de réaliser un remplacement des points lumineux (pas encore en LED) en mettant en place un éclairage de type LED avec détection de présence dans les locaux à occupation passagère (sanitaires, stockage, ...)

Le remplacement peut se faire sur la durée, lorsque les luminaires sont défectueux. Ceci permet de lisser l'investissement et d'éviter la mise au rebut d'ampoules encore fonctionnelles.

Quantité :	1587 (estimé)	Contrainte de réalisation :	légère
Exigences CEE et caractéristiques :	Efficacité lumineuse ≥ 120 lumens par watt		
	Durée de vie calculée à 25°C $\geq 50\,000$ heures pour les secteurs Bureaux, Santé, Enseignement et Commerces de surface supérieure à 400 m ²		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Dépose des équipements existants	
Fourniture et pose de :	
- pavés LED	
- ampoules LED	
Mise en place d'un système de régulation par zone :	
- Zone à occupation intermittente : détection de présence+minuterie	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	202 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	-3 000 €	-4%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	22 000	2%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	3 000	4%

	
	Cette action améliore légèrement le confort estival.

G.5.7. Solaire photovoltaïque

Cette préconisation propose la pose de panneaux photovoltaïques en autoconsommation avec revente du surplus. La surface utilisée est de 270 m² soit 60 kWc et devra être affinée via une étude des consommations électriques du bâtiment.

Nota 1 : Une étude structure devra valider la possibilité de poser les panneaux.

Quantité :	60 kWc soit 270 m ²	Contrainte de réalisation :	légère
Contraintes :	Etude structure pour vérifier la tenue de la charpente à la surcharge (entre 25 et 50 kg/m ²)		
	Dimensionnement précis à réaliser		
	Emplacement des onduleurs à définir		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Etude de faisabilité complète	
Fourniture et pose de panneaux photovoltaïques en autoconsommation	
Fourniture et pose d'onduleur, raccordement au réseau électrique	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	134 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	700 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	1 000 €	1%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCS/an)	51 000	5%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	2 000	3%

G.5.8. Gestion technique du bâtiment

Il est préconisé la mise en œuvre d'une GTC (dont l'installation est obligatoire dans le cadre du décret BACS) permettant de piloter les installations de chauffage, ventilation, ECS et éclairage. Une étude spécifique est nécessaire pour affiner la mise en œuvre.

Les économies d'énergie sont calculées selon la norme NF EN ISO 52120-1 : 2022.

Quantité :	Ensemble	Contrainte de réalisation :	moyenne
Exigences CEE et caractéristiques :	GTB de classe A ou B		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Forfait mise en œuvre de la GTB

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	241 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (Janvier 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	11 000 €	15%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhéf PCS/an)	126 000	13%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	11 000	15%

H. BILANS ENERGETIQUES ET FINANCIERS

H.1. Définition des bouquets de travaux

Le scénario 1 correspond aux travaux prioritaires et obligatoires.

Le scénario 2 optimise les systèmes de production de chauffage, ECS et ventilation.

Le scénario 3 propose une rénovation globale de l'enveloppe.

Enfin, le scénario 4 ajoute la production d'électricité via panneaux solaires photovoltaïques.

Priorité	Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
ENVELOPPE							
3	Isolation des murs sur locaux non chauffés	Conv. : 33 000 € Bios. : 37 000 €			Conv.	Conv.	
3	Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec décroissement)	Conv. : 701 000 € Bios. : 749 000 €					Conv.
3	Isolation des murs par l'extérieur	Conv. : 756 000 € Bios. : 836 000 €					
3	Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	Conv. : 124 000 € Bios. : 142 000 €			Conv.	Conv.	
3	Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans décroissement)	Conv. : 436 000 € Bios. : 485 000 €			Conv.	Conv.	
EQUIPEMENTS							
1	Calorifugeage du bouclage ECS	21 000 €	✓	✓	✓	✓	✓
3	Solaire thermique	42 000 €		✓	✓	✓	✓
2	Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	109 000 €		✓	✓	✓	✓
3	Ventilation mécanique simple flux des locaux	500 000 €					
3	Ventilation mécanique double flux des locaux	722 000 €			✓	✓	✓
2	Eclairage LED	202 000 €	✓	✓	✓	✓	✓
3	Solaire photovoltaïque	134 000 €				✓	✓
1	Gestion technique du bâtiment	241 000 €	✓	✓	✓	✓	✓

Préconisations proposées pour chaque scénario (Conv = conventionnel / Bios = Biosourcé)

H.2. Calcul réglementaire (TH-C-E ex)

Le Cep est calculé à partir de la méthode TH-C E ex et représente la consommation conventionnelle en énergie primaire (kWhep) comprenant les postes de consommations suivants :

- Chauffage ;
- Climatisation ;
- Ventilation ;
- Eclairage ;
- Eau chaude sanitaire (exclus dans le cadre du tertiaire hors restauration).

Il est également calculé le Cep_{ref} , qui est la simulation du même bâtiment mais avec cette fois-ci une enveloppe et des équipements respectant la réglementation thermique en rénovation. Les objectifs des scénarios seront basés sur le calcul du Cep et du Cep_{ref} .

On observe une différence significative entre le CEP et la consommation en énergie primaire simulée en STD qui est dû aux usages conventionnels utilisés dans le moteur de calcul du Cep tandis que la simulation tient compte de l'usage réel du bâtiment.

	Initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
CEP (kWhep/m².an)	150,4	133,1	120,5	125,4	110,9	109,8
CEPRef (kWhep/m².an)	-	90,2	89,5	88,8	88,8	88,8
Gain CEP/CEPRef	-	-48%	-35%	-41%	-25%	-24%
Ubat (W/m².K)	1,40	1,40	1,40	1,33	1,33	1,26
Ubat ref (W/m².K)	-	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Gain Ubat/UbatRef	-	-27%	-27%	-20%	-20%	-14%

Pour rappel, pour qu'un bâtiment puisse être qualifié en « BBC rénovation », celui-ci doit faire un gain supérieur à 40% du CEPref du scénario correspondant.

	Pour rappel, aucun scénario n'est soumis à la RT Globale. Il n'y a donc aucun besoin de respecter un gain sur le CEP. Cependant, ces résultats permettent de comparer les bâtiments du ministère entre eux. Les valeurs indiquées en rouge correspondent à l'écart entre le scénario et la valeur de référence du CEP et Ubat. Aucun des scénarios ne permet d'atteindre un gain supérieur à 40% du CEPref.
---	---

H.3. Analyse des scénarios proposés

Le tableau suivant présente une grille de résultats synthétiques pour les scénarios de travaux proposés. Les détails des consommations et factures par poste sont disponibles en annexe.

		Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
BILAN ECONOMIQUE							
Investissement travaux (€ HTVA)		-	464 000 €	615 000 €	1 929 000 €	2 063 000 €	2 171 000 €
Investissement travaux au m²(€ HTVA/m²)		-	50 €	60 €	200 €	210 €	230 €
Surcoût annuel de la maintenance (€ HTVA)		-	0 €	1 000 €	2 000 €	3 000 €	3 000 €
Coût de la maîtrise d'œuvre (€ HTVA)		-	56 000 €	74 000 €	231 000 €	248 000 €	261 000 €
Investissement avec MOE (€ HTVA)		-	520 000 €	689 000 €	2 160 000 €	2 311 000 €	2 432 000 €
Reste à charge (€ HTVA)		-	457 000 €	625 000 €	2 012 000 €	2 163 000 €	2 302 816 €
Intérêts bancaires (Prêt sur 20 ans à 1,0%)		-	47 000 €	65 000 €	209 000 €	224 000 €	239 000 €
BILAN ENERGETIQUE							
Consommation PCS	Energie finale (kWhef)	957 000	753 000	742 000	659 000	608 000	586 000
	Energie primaire (kWhep)	1 440 000	1 159 000	1 150 000	1 074 000	957 000	935 000
	Gaz à effet de serre (kgCO ₂)	72 000	54 000	53 000	45 000	43 000	41 000
	Facture (€ HTVA)	75 000 €	62 000 €	61 000 €	53 000 €	52 000 €	50 000 €
Gains (valeurs)	Energie finale (kWhef)	-	204 000	215 000	298 000	349 000	371 000
	Energie primaire (kWhep)	-	281 000	290 000	366 000	483 000	505 000
	Gaz à effet de serre (kgCO ₂)	-	18 000	19 000	27 000	29 000	31 000
	Facture (€ HTVA)	-	13 000 €	14 000 €	22 000 €	23 000 €	25 000 €
Gains (%)	Energie finale (kWhef)	-	21%	22%	31%	36%	39%
	Energie primaire (kWhep)	-	20%	20%	25%	34%	35%
	Gaz à effet de serre (kgCO ₂)	-	25%	26%	38%	40%	43%
	Facture (€ HTVA)	-	17%	19%	29%	31%	33%
Etiquette Energie ¹⁵		C - 150	C - 121	C - 120	C - 112	B - 100	B - 98
Etiquette Climat ¹⁵		B - 8	B - 6	B - 6	A - 5	A - 5	A - 5

* Coût estimé par rapport à 12,0% de l'investissement total

H.4. Projection financière

H.4.1. Hypothèses générales

Afin de calculer des temps de retour sur investissement dynamique et se rapprochant au plus près de la réalité économique, nous avons utilisé les hypothèses suivantes :

Energie	Inflation annuelle (Source : ADEME)
Electricité	3,0%
Réseau de chaleur	3,0%

Données	Valeur
Inflation maintenance	1,0%
Taux d'emprunt annuel	1,0%
Durée de l'emprunt	20 ans
Part d'emprunt	100,0%

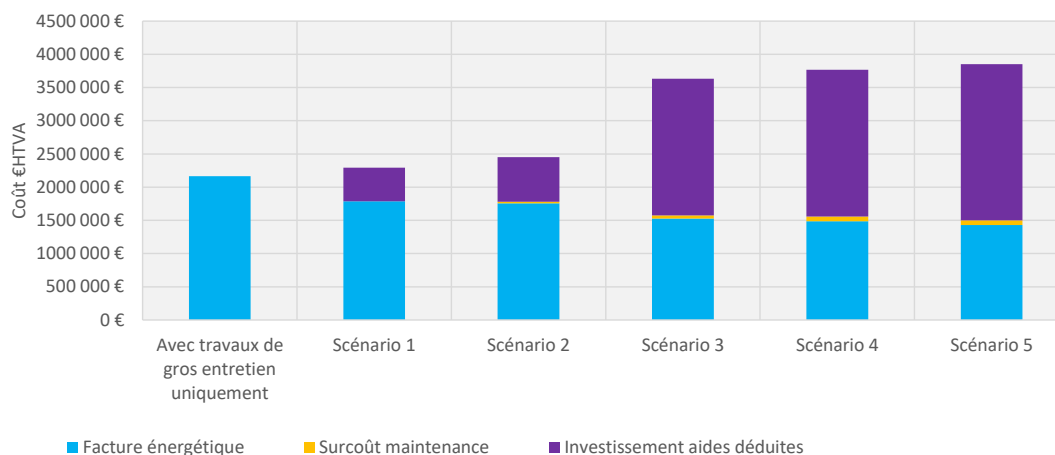
H.4.2. Analyse financière

Le bilan est établi sur 21 ans, la première année étant celle des travaux pendant laquelle aucune économie sur la facture énergétique n'est encore réalisée.

Bilan sur 21 ans (€ HTVA)		Avec travaux de gros entretien uniquement	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
	Investissement aides déduites	-	504 000 €	672 000 €	2 059 000 €	2 210 000 €	2 349 816 €
	Surcoût maintenance	0 €	0 €	23 000 €	46 000 €	70 000 €	70 000 €
	Facture énergétique	2 164 000 €	1 788 000 €	1 757 000 €	1 528 000 €	1 488 000 €	1 431 000 €
	Total	2 164 000 €	2 292 000 €	2 452 000 €	3 633 000 €	3 768 000 €	3 850 816 €
	<i>dont intérêts bancaires</i>	-	47 000 €	47 000 €	47 000 €	47 000 €	47 000 €
	Surcoût annuel moyen ²²	-	6 000 €	14 000 €	70 000 €	76 000 €	80 000 €
	Temps de retour dynamique ¹⁹	-	> 21 ans	> 21 ans	> 21 ans	> 21 ans	> 21 ans

Bilan sur 21 ans des scénarios par rapport à l'état existant avec gros entretien uniquement

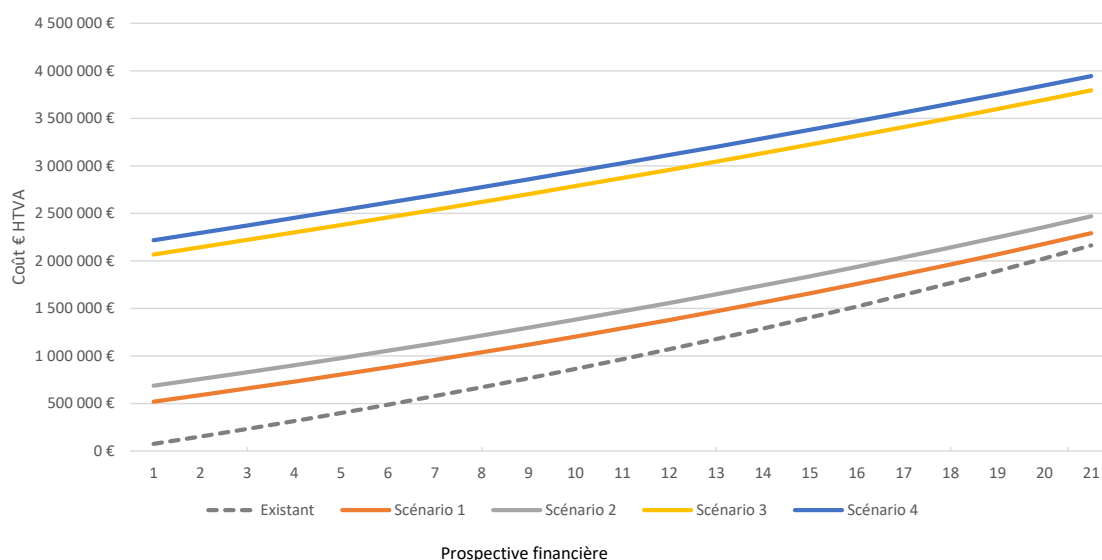
Analyse des scénarios sur 21 ans



Bilan des scénarios

Le graphique suivant montre le cumul annuel des coûts pour l'état existant avec gros entretien uniquement et les différents scénarios. L'investissement a été lissé sur 21 ans (**l'année avant les travaux correspondant à l'état initial et 20 années après les travaux**) afin d'apprécier la rentabilité économique et énergétique de la réalisation des travaux de performance énergétique. Pour les scénarios, les investissements sont réalisés en année 1 et les économies commencent en année 2.

Prospective financière



Les scénarios 3 et 4 représentent un surcoût important à cause notamment de la mise en œuvre de la ventilation mécanique.

H.5. Projection dispositif Eco Energie Tertiaire

Comme précisé en introduction, les objectifs du dispositif Eco Energie Tertiaire sont modulables en fonction de contraintes techniques, patrimoniales et architecturales liées aux bâtiments, d'un changement de l'activité exercée dans les bâtiments, ou de son volume, des temps de retour des actions.

H.5.1. Modulation des objectifs - Temps de retour disproportionné

Le tableau ci-dessous présente pour chaque action le gain énergétique et financier par rapport aux dernières années de fonctionnement (2018-2019), le Temps de Retour Brut de l'action et du critère de modulation, et enfin si l'action permet de moduler les objectifs d'économie.

Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Gains		TRB	TRB max modulation	Modulation ?
		€ HTVA	% kWh/ef			
ENVELOPPE						
Isolation des murs sur locaux non chauffés	32 870 €	0 €	0,1%	> 50 années	30 ans	OUI
Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec décroissement)	700 585 €	15 000 €	17,0%	48 années	30 ans	OUI
Isolation des murs par l'extérieur	755 780 €	17 000 €	20,1%	44 années	30 ans	OUI
Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	123 680 €	1 000 €	1,1%	> 50 années	30 ans	OUI
Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans décroissement)	436 430 €	12 000 €	14,0%	36 années	30 ans	OUI
EQUIPEMENTS						
Calorifugeage du bouclage ECS	21 000 €	2 800 €	3,2%	8 années	15 ans	NON
Solaire thermique	41 500 €	1 600 €	1,9%	37 années	15 ans	OUI
Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	109 000 €	3 200 €	3,4%	41 années	15 ans	OUI
Ventilation mécanique simple flux des locaux	500 000 €	-1 500 €	-2,0%	-	15 ans	NON
Ventilation mécanique double flux des locaux	722 000 €	-600 €	-0,9%	-	15 ans	NON
Eclairage LED	202 000 €	-2 900 €	2,3%	-	10 ans	OUI
Solaire photovoltaïque	134 000 €	1 400 €	5,3%	> 50 années	15 ans	OUI
Gestion technique du bâtiment	241 000 €	10 500 €	13,2%	23 années	10 ans	OUI

Tableau de synthèse des préconisations

	Une bonne partie des actions permet de moduler les objectifs. Les valeurs de modulation ne sont pas encore connues.
---	---

H.5.2. Modulation des objectifs - Autres contraintes

Le tableau ci-dessous présente l'impact des contraintes techniques, patrimoniales et architectures du bâtiment.

Condition	Impact	Conclusion
Bâtiment classé	Non concerné	Pas de modulation
Bâtiment dans périmètre protégé	Le bâtiment est potentiellement situé en secteur protégé.	Pas de modulation
Bâtiment remarquable	Non concerné	Pas de modulation
Process particulier	Les process de cuisine peuvent potentiellement permettent de moduler les objectifs.	Modulation des objectifs possibles

	Pour les justifications de contraintes architecturales ou patrimoniales les assujettis doivent solliciter l'avis circonstancié : – d'un architecte en chef des monuments historiques ou d'un architecte titulaire du diplôme de spécialisation et d'approfondissement en architecture mention «architecture et patrimoine» pour les monuments historiques classés; – d'un architecte pour les monuments historiques inscrits, les immeubles situés en site patrimonial remarquable ou en abords de monuments historiques, les immeubles ayant reçu le label mentionné à l'article du code du 3 mai 2020 patrimoine et les immeubles protégés en application de l'article L. 151-19 du code de l'urbanisme ou soumis à prescription architecturale en application de l'article L. 151-18 du code de l'urbanisme.
	Les travaux sur les immeubles protégés au titre des monuments historiques, de leurs abords ou des sites patrimoniaux remarquable et sur les immeubles ayant reçu le label mentionné à l'article L. 650-1 du code du patrimoine sont envisagés dans le programme d'action sans préjudice des dispositions du livre VI du code du patrimoine, relatives au contrôle scientifique et technique et aux déclarations et autorisations de travaux. La modulation tient compte, le cas échéant, des prescriptions émises à ce titre.

H.5.3. Vérification des objectifs

La méthode retenue pour définir la référence 2030 et les objectifs du DEET est :

Absolue

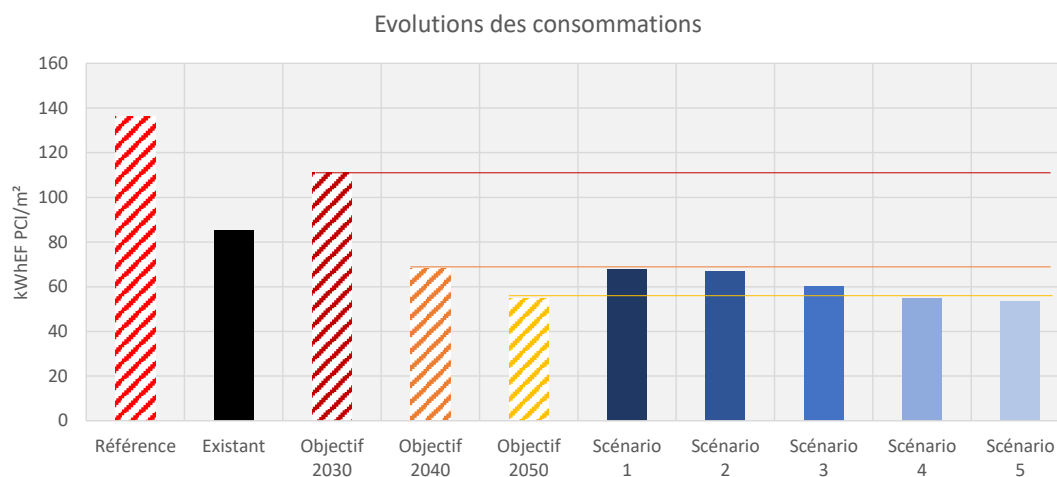
Avec la méthode relative, les objectifs sont [consommation existante] < consommation ref x -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050.

Avec la méthode absolue, les objectifs sont [consommation existante] < Cabs2030 , Cabs2040 (non connu), Cabs2050 (non connu), Cabs étant un ratio de consommation /m² défini par arrêté selon l'usage du bâtiment.

Le tableau ci-dessous synthétise l'atteinte des objectifs en fonction des scénarios :

Consommation (kWhPCI/m ²)	Référence	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Consommation	136,4	85,4	67,7	66,9	60,3	55,0	53,3
2030 : Méthode absolue	111,3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2030 : Objectif modulé	111,3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2040 : Méthode relative	68,2	✗	✓	✓	✓	✓	✓
2040 : Objectif modulé	68,2	✗	✓	✓	✓	✓	✓
2050 : Méthode relative	54,6	✗	✗	✗	✗	✗	✓
2050 : Objectif modulé	54,6	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Le graphique suivant présente l'évolution des consommations selon les scénarios de travaux :



L'objectif 2030 en méthode absolue est atteint sans avoir besoins de réaliser de travaux. Les objectifs en méthode relative sont atteints uniquement après rénovation globale de l'enveloppe pour 2040.
 Le scénario 5 permet d'atteindre les objectifs 2050 du décret tertiaire.

I. CONCLUSION

Le Centre des Finances publiques de Rennes est un bâtiment des années 70 présentant des niveaux d'isolation moyen et des systèmes de chauffage classiques.

De nombreux travaux ont déjà été réalisés sur le site et ceux-ci permettent d'ors et déjà l'atteinte du niveau 2030 du décret tertiaire.

L'atteinte des niveaux 2040 et 2050 (hors modulation et en valeur relative) nécessitera néanmoins une rénovation lourde avec l'isolation des murs et la mise en place d'une production d'électricité via panneaux photovoltaïques.

Le scénario 5 permet d'atteindre les objectifs 2050 du décret tertiaire.

Aucun des scénarios ne permet d'atteindre un gain supérieur à 40% du CEPref.

J. ANNEXES

J.1. Détails des consommations et factures par usage

Energie Finale (kWh PCS)	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total
Etat existant	441 000	5 000	9 000	111 000	145 000	1 000	246 000	958 000

Préconisations bâti	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Isolation des murs sur locaux non chauffés	440 000	5 000	9 000	111 000	145 000	1 000	245 000	956 000	0%
Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec découloisnement)	279 000	5 000	9 000	111 000	143 000	1 000	246 000	794 000	-17%
Isolation des murs par l'extérieur	251 000	5 000	9 000	111 000	142 000	1 000	246 000	765 000	-20%
Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	431 000	4 000	9 000	111 000	145 000	1 000	246 000	947 000	-1%
Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans découloisnement)	307 000	5 000	9 000	111 000	145 000	1 000	246 000	824 000	-14%

Préconisations équipements	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Calorifugeage du bouclage ECS	478 000	4 000	9 000	111 000	77 000	2 000	246 000	927 000	-3%
Solaire thermique	442 000	5 000	9 000	111 000	125 000	1 000	246 000	939 000	-2%
Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	407 000	5 000	10 000	111 000	144 000	2 000	246 000	925 000	-3%
Ventilation mécanique simple flux des locaux	458 000	5 000	11 000	111 000	145 000	2 000	246 000	978 000	2%
Ventilation mécanique double flux des locaux	447 000	5 000	11 000	111 000	145 000	1 000	246 000	966 000	1%
Eclairage LED	473 000	4 000	9 000	57 000	145 000	2 000	246 000	936 000	-2%
Solaire photovoltaïque	441 000	5 000	9 000	111 000	145 000	1 000	246 000	958 000	0%
Gestion technique du bâtiment	353 000	5 000	8 000	103 000	116 000	1 000	246 000	832 000	-13%

Scénarios	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Scénario 1	378 000	4 000	8 000	53 000	62 000	1 000	246 000	752 000	-22%
Scénario 2	379 000	4 000	10 000	53 000	49 000	2 000	246 000	743 000	-22%
Scénario 3	290 000	4 000	15 000	53 000	49 000	1 000	246 000	658 000	-31%
Scénario 4	290 000	4 000	15 000	53 000	49 000	1 000	246 000	658 000	-31%
Scénario 5	268 000	4 000	15 000	53 000	49 000	1 000	246 000	636 000	-34%

Energie Primaire (kWhep PCS)	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total
Etat existant	441 000	11 000	20 000	255 000	145 000	3 000	565 000	1 440 000

Préconisations bâti	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Isolation des murs sur locaux non chauffés	440 000	11 000	20 000	255 000	145 000	3 000	564 000	1 438 000	0%
Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (avec décroissance)	279 000	12 000	20 000	255 000	143 000	3 000	565 000	1 277 000	-11%
Isolation des murs par l'extérieur	251 000	13 000	20 000	255 000	142 000	3 000	565 000	1 249 000	-13%
Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	431 000	10 000	20 000	255 000	145 000	3 000	565 000	1 429 000	-1%
Reprise de l'isolation des murs par l'intérieur (sans décroissance)	307 000	11 000	20 000	255 000	145 000	3 000	565 000	1 306 000	-9%

Préconisations équipements	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Calorifugeage du bouclage ECS	478 000	10 000	20 000	255 000	77 000	4 000	565 000	1 409 000	-2%
Solaire thermique	442 000	11 000	20 000	255 000	125 000	3 000	565 000	1 421 000	-1%
Reprise du principe de ventilation dans les cuisines et le réfectoire	407 000	11 000	24 000	255 000	144 000	4 000	565 000	1 410 000	-2%
Ventilation mécanique simple flux des locaux	458 000	11 000	26 000	255 000	145 000	3 000	565 000	1 463 000	2%
Ventilation mécanique double flux des locaux	447 000	11 000	26 000	255 000	145 000	3 000	565 000	1 452 000	1%
Eclairage LED	473 000	10 000	20 000	131 000	145 000	4 000	565 000	1 348 000	-6%
Solaire photovoltaïque	441 000	11 000	20 000	255 000	145 000	3 000	565 000	1 440 000	0%
Gestion technique du bâtiment	353 000	11 000	19 000	237 000	116 000	3 000	565 000	1 304 000	-9%

Scénarios	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Scénario 1	378 000	10 000	19 000	122 000	62 000	3 000	565 000	1 159 000	-20%
Scénario 2	379 000	10 000	22 000	122 000	49 000	4 000	565 000	1 151 000	-20%
Scénario 3	290 000	10 000	35 000	122 000	49 000	3 000	565 000	1 074 000	-25%
Scénario 4	290 000	10 000	35 000	122 000	49 000	3 000	565 000	1 074 000	-25%
Scénario 5	268 000	10 000	35 000	122 000	49 000	3 000	565 000	1 052 000	-27%

J.2. Méthodologie notation énergie

Récapitulatif des notes Energie - Enveloppe

Note	Plancher bas	Plancher haut	Mur	Menuiserie
1	0,25 > R Pas d'isolant	1 > R Pas d'isolant	1 > R Pas d'isolant	Uw > 5 Simple vitrage
2	0,5 > R > 0,25 Isolation ancienne / contact LNC	3 > R > 1 Isolation ancienne	2 > R > 1 Faible épaisseur	5 > Uw > 3 Double vitrage 6-8 mm
3	1 > R > 0,5 Isolation faible / contact LNC	5 > R > 3 Isolation correcte	2 > R > 3 Epaisseur moyenne	3 > Uw > 2 Double vitrage 12 mm
4	2,9 > R > 1 Bonne isolation / contact TP	6 > R > 5 Bonne isolation	3,9 > R > 3 Epaisseur correcte	2 > Uw > 1,5 Double vitrage 16 mm
5	R > 2,9 Bonne isolation + Contact TP	R > 6 Très bonne isolation	R > 3,9 Bonne isolation	1,5 > Uw Argon / VIR > 16mm

Récapitulatif des notes Energie - Chauffage

Note	Chauffage gaz	Chauffage fioul	Chauffage bois
1	Chaudière classique année 1990	Chaudière fioul année 90	Poêle a buche < 20 ans
2	Chaudière classique année 2000	Chaudière fioul année 2000	Poêle a buche < 10 ans
3	Chaudière gaz classique année 2010, chaudière gaz à condensation année 2000	Chaudière fioul à condensation année < 10 ans	Chaudière granulé haute température
4	Chaudière gaz à condensation < 10 ans	Chaudière fioul à condensation < 5 ans	Chaudière à condensation < 10 ans
5	Chaudière gaz à condensation < 5 ans		Chaudière à condensation < 5 ans RCU Biomasse

Récapitulatif des notes Energie - Chauffage / ECS

Note	Emission eau chaude	Chauffage électrique	Eau chaude Sanitaire
1	Tube à ailettes, aérotherme ancien, plancher sans régulation	Aérotherme/Convecteur très ancien (grille pain) régulation M/A	Chaudière peu performante
2	Radiateur sans robinet, aérotherme avec vanne terminale	Aérotherme./Convecteur/Radiant ancien avec régulation local M/A, consigne 1-5	Chaudière moyenne, cumulus électrique < 10 ans ou trop grand
3	Radiateur avec robinet droit, aérotherme récent, plancher avec régulation globale	Convecteur/Radiant électrique récent, régulation locale	Chaudière moyenne, cumulus électrique classique
4	Radiateur avec robinet thermostatique < 10 ans, plafond avec régulation globale	Aérotherme/Convecteur/Radiant électrique récent, régulation centrale	Chaudière à condensation, cumulus électrique < 5 ans (résistance stéatite)
5	Radiateur avec robinet thermostatique récent, plancher ou plafond avec régulation par pièce	Production type thermodynamique/ENR	Solaire (fonctionnel) , chaudière très performante, PAC

Récapitulatif des notes Energie - Ventilation, PAC, éclairage

Note	Ventilation	Pompes à chaleur	Eclairage
1	Pas de ventilation/ Ventilation naturelle	PAC très ancienne	Puissance importante (> 12 W/m²)
2	Ventilation mécanique SF ancienne	PAC année 90	Puissance moyenne (8 à 12 W/m²)
3	Ventilation DF sans échangeur, ventilation mécanique année 2000	PAC année 2000	Puissance standard (4 à 8 W/m²)
4	Ventilation SF Régulée (hygro A ou B)	PAC année 2010	Eclairage fluocompacte généralisé sans zonage
5	Ventilation DF avec échangeur Ventilation SF régulée sur CO2/HR	Géothermie, freechilling, PAC VRV	Eclairage LED généralisé avec zonage

Récapitulatif des notes Energie - Distribution/Régulation

Note	Régulation	Distribution	Calorifuge
1	Pas de régulation	Pompe à débit constant surdimensionné	Aucune
2	1 consigne M/A	Pompe à débit constant > 10 ans	Coque plâtre, tissus dégradé
3	Consigne jour/nuit avec planning semaine	Pompe à débit constant < 10 ans	Isolant < 8 cm
4	Loi d'eau + thermostat d'ambiance par zone	Pompe à débit variable sans arrêt	Isolant > 8 cm + > 5 ans
5	GTB	Pompe à débit variable avec arrêt	Isolant > 8 cm + < 5 ans

J.3. Méthodologie

L'analyse et la simulation du bâtiment sont effectuées sur le logiciel de calcul thermique dynamique Pléiades+COMFIE. La numérisation du bâtiment permet d'affecter à chaque élément de l'enveloppe une composition détaillant les types de matériaux actuellement en place.

La simulation donne la possibilité de simuler le comportement du bâtiment dans son contexte géographique, au sein de sa zone thermique (zone qui varie selon les régions de France métropolitaine) et de son environnement (orientation, masques solaires naturels ou architecturaux...).

Une fois le bâtiment modélisé numériquement, nous pouvons calculer ses déperditions de chaleur et donc sa consommation énergétique. Cette modélisation nous permet de faire ressortir les points faibles du bâti et de simuler les améliorations énergétiques éventuelles.

Une fois l'enveloppe générale du bâtiment modélisée numériquement, nous pouvons y ajouter des scénarios de fonctionnement (consigne de température, occupation, chaleur dissipée, ventilation...) afin de faire « vivre » le bâtiment sur une année complète. Les conditions extérieures (température, rayonnement...) utilisées lors de la simulation sont reproduites à partir d'une moyenne récoltée sur 10 ans (2010 à 2019) par le logiciel de données météorologiques METEONORM. Un résumé des données météo est disponible en annexe. Une variante "été chaud" peut également être utilisée pour les études de confort d'été, pour prendre en compte le réchauffement climatique.

Les données fournies dans l'étude sont directement issues de cette simulation et sont donc purement théoriques. Le logiciel de simulation thermique nous permet de calculer les consommations de chacun des postes.

Chauffage :

La consommation est calculée selon deux facteurs :

- Les besoins thermiques nets (chapitre précédent) ;
- Le rendement global du chauffage comprenant (génération, régulation, distribution, émission).

Eau Chaude Sanitaire :

Les consommations d'eau chaude sanitaire dépendent :

- Des types de puisages ;
- Des usages du bâtiment ;
- Du rendement global de production d'eau chaude sanitaire.

Auxiliaires :

Les consommations des auxiliaires correspondent aux consommations des moteurs de ventilation ainsi que de l'ensemble des équipements permettant le bon fonctionnement des autres équipements (circulateur, pompes, ...). Ces consommations sont calculées suivant :

- Les équipements répertoriés sur place ;
- Les modes de fonctionnements de ces appareils.

Eclairage :

La consommation électrique des éclairages a été estimée à partir :

- De l'inventaire réalisé sur le site nous donnant la quantité, le type et les puissances moyennes des équipements ;
- Les temps de fonctionnement sont estimés suivant l'activité actuelle du bâtiment.

Usages spécifiques :

- Bureautique et électroménager
- Equipements industriels électriques

A partir de l'inventaire des équipements réalisé pendant la visite des locaux, un bilan des consommations électriques a été établi. Ces consommations ne sont pas utilisées dans le calcul des étiquettes énergétiques.

Le calcul de déperdition pièce par pièce, pour obtenir les déperditions par zones, donne des résultats différents du calcul global. Ceci est dû à la prise en compte plus importante de la partie renouvellement d'air ainsi que de contact différent. Pour conserver des résultats cohérents, nous avons pris la partie de ventiler les déperditions globales au prorata des résultats de chaque zone.

K. GLOSSAIRE

¹**Energie finale (kWh_{ef})** : L'énergie finale, ou disponible, est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au domicile, etc.).

²**Energie primaire (kWh_{ep})** : L'énergie primaire prend en compte les pertes associées à la production et à la distribution de l'énergie. Pour l'électricité le facteur de conversion d'usage en France est de 2,58, c'est-à-dire que 2,58 kWh d'énergie sont en réalité consommés pour une consommation électrique de 1 kWh chez le consommateur final. Ceci s'explique en grande partie par les pertes thermiques liées à la production de l'électricité. Pour les énergies fossiles le facteur de conversion est 1.

³**PCI/PCS** : Le pouvoir calorifique d'un matériau combustible est l'enthalpie de réaction de combustion par unité de masse. C'est l'énergie dégagée sous forme de chaleur par la réaction de combustion par l'oxygène (autrement dit la quantité de chaleur).

On distingue 2 pouvoirs calorifiques :

- *pouvoir calorifique supérieur (PCS)* : C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible. Cette énergie comprend la chaleur sensible, mais aussi la chaleur latente de vaporisation de l'eau, généralement produite par la combustion. Cette énergie peut être entièrement récupérée si la vapeur d'eau émise est condensée, c'est-à-dire si toute l'eau vaporisée se retrouve finalement sous forme liquide.
- *pouvoir calorifique inférieur (PCI)* : C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible, à l'exclusion de l'énergie de vaporisation (chaleur latente) de l'eau présente en fin de réaction.

⁴**Gaz à effet de serre** : Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leurs concentrations dans l'atmosphère terrestre est à l'origine du réchauffement climatique.

Rappel des différentes émissions de gaz à effet de serre par type d'énergie en kilogrammes de CO₂ par kWh_{EP}PCI :

Fioul	0,3	Electricité-Chauffage	0,18
Gaz naturel	0,234	Electricité-Eclairage	0,1
Gaz propane	0,274	Electricité-Usages intermittents	0,06
Bois	0,013	Electricité-Usages en base	0,04
Réseau chaleur	0,086	Réseau froid	0,086

Le bilan environnemental calcule les émissions de CO₂ selon les 4 catégories suivantes :

Etape de production : Emission générée de l'extraction des matières premières jusqu'à la sortie du site de fabrication du produit

Etape processus de construction (incluant transport) : Emission générée de la sortie du site de fabrication à l'arrivée sur le chantier de construction, et la mise en œuvre et de l'arrivée du chantier de construction à la réception de l'ouvrage

Etape de vie en œuvre ou utilisant : Emission générée de l'occupation du bâtiment, avec son entretien, ses réparations et sa maintenance, jusqu'au départ des occupants ;

Etape de fin de vie : Emission générée de la déconstruction de l'ouvrage au traitement de fin de vie du produit

⁵**Coefficient de transmission thermique U** : Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi. Le coefficient de transmission thermique s'exprime en W/m².K et est l'inverse de la résistance thermique de la paroi. Plus sa valeur est faible, plus la paroi est isolante.

⁶**Résistance thermique R** : La résistance traduit la capacité d'un matériau à résister au transfert thermique. Elle est exprimée en m².k/W. Plus sa valeur est élevée, plus le matériau est isolant.

⁷**Certificats d'économies d'énergie (CEE)** : Le principe des certificats d'économie d'énergie repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie comme EDF, Gaz de France, les réseaux de chaleur tels CPCU pour une période donnée.

⁸**DJU** : Les Degrés Jour Unifiés ou DJU permettent de réaliser des estimations de consommation d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver.

Pour chaque période de 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (DJU) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour, c'est-à-dire 18 °C moins la moitié de la somme de la température maximale et de la température minimale.

⁹**RT2012** : La réglementation thermique française a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. L'actuelle réglementation en vigueur est la réglementation thermique 2012 (RT 2012). Elle succède à plusieurs versions antérieures, aux exigences et aux champs d'application croissants, réglementation thermique 2005 (RT 2005), réglementation thermique 2000 (RT 2000), réglementation thermique 1988 (RT 1988 ou RT88) et réglementation thermique 1974 (RT 1974 ou RT74).

¹⁰**RT Existant** : 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.

L'objectif général de cette réglementation est d'assurer une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment existant lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend des travaux susceptibles d'apporter une telle amélioration.

Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- Pour **les rénovations très lourdes de bâtiment 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.
- Pour **tous les autres cas de rénovation**, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé.

¹¹**Matériaux biosourcés** : Les matériaux biosourcés sont des matériaux issus de la biomasse d'origine végétale ou animale.

La filière des matériaux biosourcés a été identifiée, par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, comme l'une des filières vertes ayant un potentiel de développement économique élevé pour l'avenir, notamment en raison de son rôle pour diminuer notre consommation de matières premières d'origine fossile, limiter les émissions de gaz à effet de serre et créer de nouvelles filières économiques.

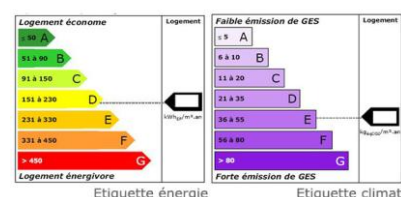
¹²**Contrat d'exploitation** : Le contrat d'exploitation a pour vocation de permettre à travers les prestations de l'exploitant une bonne gestion des installations de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire.

- **Fourniture d'énergie (P1)** : Cette prestation est relative à la fourniture d'énergie ou de combustible par l'exploitant.
- **Maintenance (P2)** : Cette prestation assure la conduite, l'entretien et les dépannages des installations. Cette prestation s'engage à maintenir des paramètres de fonctionnement en termes de températures de consignes et de réduits notamment.
- **Gros entretien (P3)** : Cette prestation couvre les réparations et le remplacement de tous les matériels défectueux afin de maintenir l'installation en bon état de marche.

¹³**Entreprise RGE** : Trouvez votre entreprise RGE sur :
<http://www.renovation-info-service.gouv.fr/trouvez-un-professionnel>

¹⁴**Catégorie DPE** : La catégorie de Diagnostic de Performance Energétique ou DPE est un classement des différentes typologies de bâtiment qui sert à déterminer l'étiquette énergétique associée au bâtiment (Administratif, salle des fêtes, école, logement...). La classe énergétique d'un bâtiment dépend de sa catégorie DPE.

¹⁵**Etiquette Energie-Climat** : Représentation visuelle de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre d'un bâtiment. L'étiquette énergie donne la consommation en énergie primaire d'un bâtiment rapporté au m² et la classe énergétique du bâtiment de A à G. Chaque classe a une couleur différente. L'étiquette climat fait de même pour les émissions de gaz à effet de serre. La définition des classes dépend de la catégorie DPE14 du bâtiment.



¹⁶**Puissance souscrite (kVA)** : La puissance souscrite en Kilo Voltampère ou kVA correspond à la puissance maximum simultanée pouvant être appelée sur votre compteur. (1 kVA = 1kW)

¹⁷ **Déperdition** : Une déperdition est une perte de chaleur que subit un bâtiment par ses parois et ses échanges de fluide avec l'extérieur. Celle-ci tient compte des caractéristiques thermiques des parois et de la différence entre la température de consigne et la température extérieure à la paroi.

¹⁸ **TRB** : Temps de retour sur investissement brut, qui correspond au rapport entre investissement et gain sur facture. Il ne prend pas en compte l'évolution du coup de l'énergie et de la maintenance.

¹⁹ **TRD** : Temps de retour sur investissement dynamique, prenant en compte l'évolution du coup de l'énergie et de la maintenance et le remboursement d'un prêt.

²⁰ **Surface chauffée** : Surface de plancher, chauffée, du bâtiment mesurée au nu intérieur des murs de façades, excluant notamment les vides et trémies.

²¹ **Surface de plancher (SDP)** : Unité de calcul des surfaces des constructions servant à la délivrance des autorisations d'urbanisme de la construction correspond à la somme des surfaces closes et couvertes, sous une hauteur de plafond supérieure à 1,80 m, calculée à partir du nu intérieur des façades du bâtiment. La surface de plancher se calcule différemment entre la maison et l'immeuble collectif dans les déductions à réaliser.

<https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F2868>

<https://www.inc-conso.fr/content/logement/urbanisme-la-definition-et-le-calcul-de-la-surface-de-plancher>

²² **Surcoût annuel moyen**: Le surcoût annuel est défini par l'écart du coût d'exploitation et d'investissement entre le scénario de travaux et l'état existant, lissé sur la période du bilan financier. Le coût d'exploitation englobe, la facture énergétique ainsi que la partie maintenance et gros entretien des équipements (Chauffage, Climatisation, ECS, Ventilation).

Si le surcoût annuel est négatif sur la période du bilan financier, le scénario de travaux est rentable sur cette période. Dans le cas contraire, le scénario coûte plus d'argent qu'il n'en économise.

²³ **Sw / Facteur solaire**: Le facteur solaire Sw s'exprime en % et caractérise la quantité totale d'énergie que laisse passer un vitrage par rapport à l'énergie solaire incidente. Il mesure donc la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce. Plus le facteur solaire est petit, plus les apports solaires sont faibles.

²⁴ **Classement MH / ABF: Monument Historique** / Architecte des bâtiments de France. Les bâtiments sur la liste des monuments historiques (inscrit ou classé) ou situés dans un périmètre d'un bâtiment classé sont contraints de respecter l'avis des ABF pour la réalisation des travaux (exemple : obligation de fenêtre bois, interdiction d'équipement visible en toiture, etc.). L'architecte des Bâtiments de France conseille et promeut une architecture et une urbanisation de qualité en tenant compte du contexte dans lequel les constructions doivent s'intégrer harmonieusement.