



Région Bretagne – Beaulieu

5 RUE DE LA CHATAIGNERAIE

35510 CESSON SEVIGNE

AUDIT ENERGETIQUE

HOTEL DE LA REGION BRETAGNE

V2 – Date de diffusion 19/06/2024

ALTEREA 
INGÉNIERIE

Audit énergétique

MAITRISE D'OUVRAGE :



REGION BRETAGNE
283 avenue du général Patton
CS 21101
35711 Rennes Cedex 7

Bruno PASQUIER
Chef de projet immobilier tertiaire
02 99 27 13 04
BRUNO.PASQUIER@bretagne.bzh

ASSISTANT MOA :



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

Mathieu PLANTE
Chef de projets
02 40 74 24 81
mplante@alterea.fr

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

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	20/12/2023	Version initiale	AQUI	MPLA	MPLA
2	19/06/2024	Version modifiée 2	AQUI	MPLA	MPLA

contact@alterea.fr – www.alterea.fr

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

Agence Ile-de-France
23 avenue d'Italie
75013 Paris
T 01 46 28 31 89
f 02 51 84 16 33

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

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

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

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

SOMMAIRE

SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE	5
1 INTRODUCTION	7
1.1 OBJECTIF DE LA MISSION	7
1.2 METHODOLOGIE EMPLOYEE	7
1.3 LISTE DES DOCUMENTS TRANSMIS PAR LA MOA	8
1.4 ANOMALIES EVENTUELLES A FAIRE REMONTER	8
1.5 POINTS BLOQUANTS	8
1.6 HYPOTHESE DES EVALUATIONS FINANCIERES POUR LES DIFFERENTES PRESCRIPTIONS	8
2 DESCRIPTION DU SITE	9
2.1 INFORMATIONS GENERALES	9
2.1.1 PERIMETRE DU DIAGNOSTIC	9
2.1.2 COORDONNEES DES INTERLOCUTEURS	9
2.1.3 VISITE	9
2.1.4 VUE AERIENNE DU SITE	10
2.1.5 TRAVAUX ANTERIEURS OU PROGRAMMES	10
2.2 DONNEES D'USAGE DU SITE	11
2.2.1 BATIMENT	11
2.2.2 OCCUPATION DU BATIMENT	12
3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE	14
3.1 USAGES ENERGETIQUES DU SITE	14
3.2 DESCRIPTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN ELECTRICITE	15
3.2.1 ARCHITECTURE DE COMPTAGE	15
3.3 HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS	15
3.3.1 CONSOMMATIONS TOTALES	15
3.4 RESPECT DES EXIGENCES DU DECRET TERTIAIRE	17
3.4.1 SELECTION DE L'ANNEE DE REFERENCE (DECRET TERTIAIRE)	17
3.4.2 OBJECTIFS DE CONSOMMATIONS ENERGETIQUES AUX ECHEANCES TEMPORELLES 2030, 2040 ET 2050	17
4 DESCRIPTION DU BATIMENT	19
4.1.1 DESCRIPTION ET PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE	19
4.1.2 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION	24
5 DESCRIPTION DES SYSTEMES THERMIQUES	27
5.1.1 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE	27
5.1.2 DESCRIPTION DE LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	33
6 DESCRIPTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES	34
6.1.1 DESCRIPTION DE L'ECLAIRAGE	34
6.1.2 DESCRIPTION DES AUTRES USAGES	37
7 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	39

7.1.1	METHODOLOGIE UTILISEE	39
7.1.2	ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES DU SITE	39
7.1.3	ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES	41

8 GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE 43

8.1.1	ANALYSE CRITIQUE ET PROPOSITION D' ACTIONS	43
8.1.2	TABLEAU DE SYNTHESE	45
8.1.3	DETAILS DES INTERVENTIONS	48
8.1.4	POTENTIELS D'ENR	54

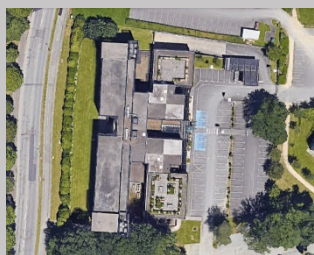
9 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE 58

9.1.1	PRESENTATION DES SCENARIOS	58
9.1.2	SCENARIO 1	59
9.1.3	SCENARIO 2	62
9.1.4	DECRET TERTIAIRE	65
9.1.5	PLAN DE PROGRES	65

10 ANNEXES 66

10.1	GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC	66
10.1.1	CONVERSION DES UNITES ENERGETIQUES	66
10.1.2	ÉMISSIONS DE CO2	66
10.1.3	PRIX DES ENERGIES	67
10.1.4	LEXIQUE DE QUELQUES ABREVIATIONS	67
10.1.5	FACTEUR DE CONVERSION ENERGIE FINALE / ENERGIE PRIMAIRE	67
10.2	REGLEMENTATION THERMIQUE	69

SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

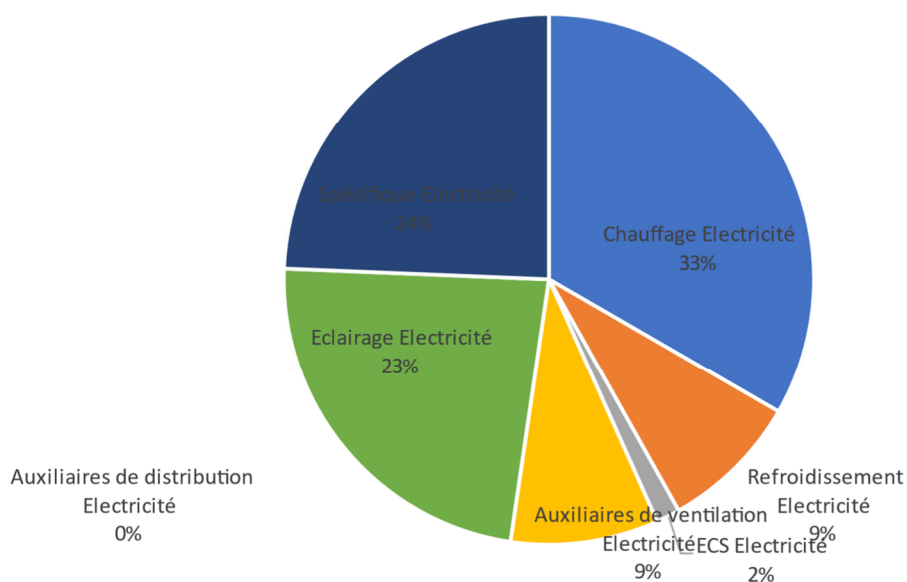


Année de construction	2000
Type	Bureaux
Surface chauffée	5 322 m ²
Surface de plancher	5 884 m ²
Nombre de niveaux	5 niveaux

Bilan énergétique (issu de la simulation thermique dynamique)

Consommations totales en énergie finale (kWhEF)

Répartition des consommations par poste (kWh EF/PCI)



SCENARIOS

Objectif des scénarios proposés :

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

La scénarisation est évaluée suivant les objectifs suivants :

- Scénario « **Travaux urgents** » : L'objectif du Décret Tertiaire 2030 étant déjà atteint, l'objectif est d'intégrer les interventions d'optimisation, à temps de retours rapides, les faibles investissements
- Scénario « - 60% » : L'objectif est de réduire les consommations énergétiques de 60% par rapport à l'état actuel en énergie finale.

APPROCHE ECONOMIQUE							
Scénario	Economie annuelle d'énergie					Coût	TRI
	kWh EP/PCI	€TTC	%EP	%EF	%CO ₂		

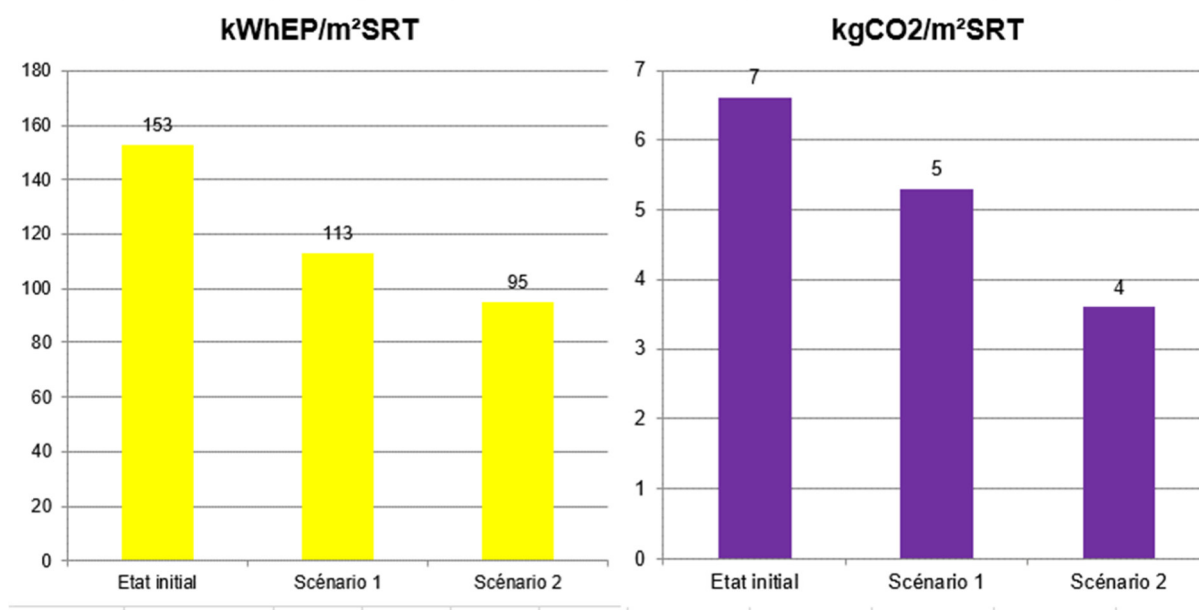
Scénario 1	99 958	11 318	26%	26%	20%	202 000	14
------------	--------	--------	-----	-----	-----	---------	----

Scénario 2	144 696	16 173	38%	38%	45%	3 279 000	56
------------	---------	--------	-----	-----	-----	-----------	----

APPROCHE ENERGETIQUE									
Scénario	Consommation énergétique simulée	Emissions de CO ₂	Optimisation	Amélioration des systèmes		Traitement du bâti		EnR	
	kWh EP/PCI/m ² .SRT	kg CO ₂ /M ² SRT		léger	lourd	léger	lourd		

Scénario 1	113	B	5	A	✓		✓		✓
------------	-----	---	---	---	---	--	---	--	---

Scénario 2	95	B	4	A	✓		✓	✓	✓
------------	----	---	---	---	---	--	---	---	---



Remarque : Ces résultats sont en kWhEP et correspondent au calcul réel réalisé au moyen de Pléiades (étude thermique statique).

1 INTRODUCTION

1.1 Objectif de la mission

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

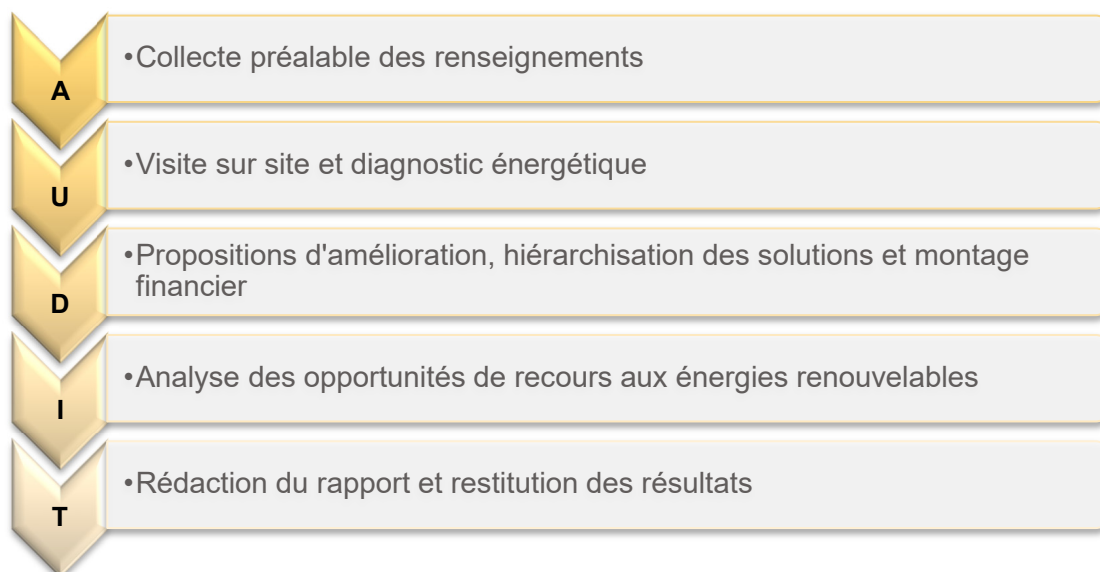
Les principaux objectifs auxquels devra répondre la mission d'audit énergétique sont les suivants :

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

1.2 Méthodologie employée

Processus de l'audit énergétique

Le diagnostic peut se décomposer en cinq étapes distinctes :



1.3 Liste des documents transmis par la MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	<ul style="list-style-type: none"> > Plans de niveau > Plans CVC > Calepinage modulaires 	PDF
Consommations énergétiques	<ul style="list-style-type: none"> > Tableau des consommations et coûts mensuels d'électricité et de gaz de 2013 à 2023 	Excel
Divers	<ul style="list-style-type: none"> > CCTP pour le contrat d'exploitation > Inventaire des équipements techniques 	PDF/Excel

1.4 Anomalies éventuelles à faire remonter

Rien à signaler.

1.5 Points bloquants

Rien à signaler

1.6 Hypothèse des évaluations financières pour les différentes prescriptions

La date de valeur des estimations correspond à la date de notre visite sur site, soit le 27/09/2023.

A noter également que les coûts des préconisations présentés sont :

- Hors base de vie de chantier
- Hors amiante, plomb, structure et autres diagnostics complémentaires
- Hors Maitrise d'Œuvre
- Hors SPS
- Hors Bureau de Contrôle
- Hors TVA
- Etc.

Des DAAT (Diagnostics amiante avant travaux) devront être réalisés en amont de la réalisation des travaux pour affiner le budget en fonction du bouquet de travaux sélectionné.

Les quantités prescrites dans les interventions correspondent à des estimations réalisées à la suite de notre visite sur site.

2 DESCRIPTION DU SITE

2.1 Informations générales

2.1.1 Périmètre du diagnostic

Région de Bretagne – Beaulieu 5 rue de la Chataigneraie 35510 Cesson-Sevigné
--

2.1.2 Coordonnées des interlocuteurs

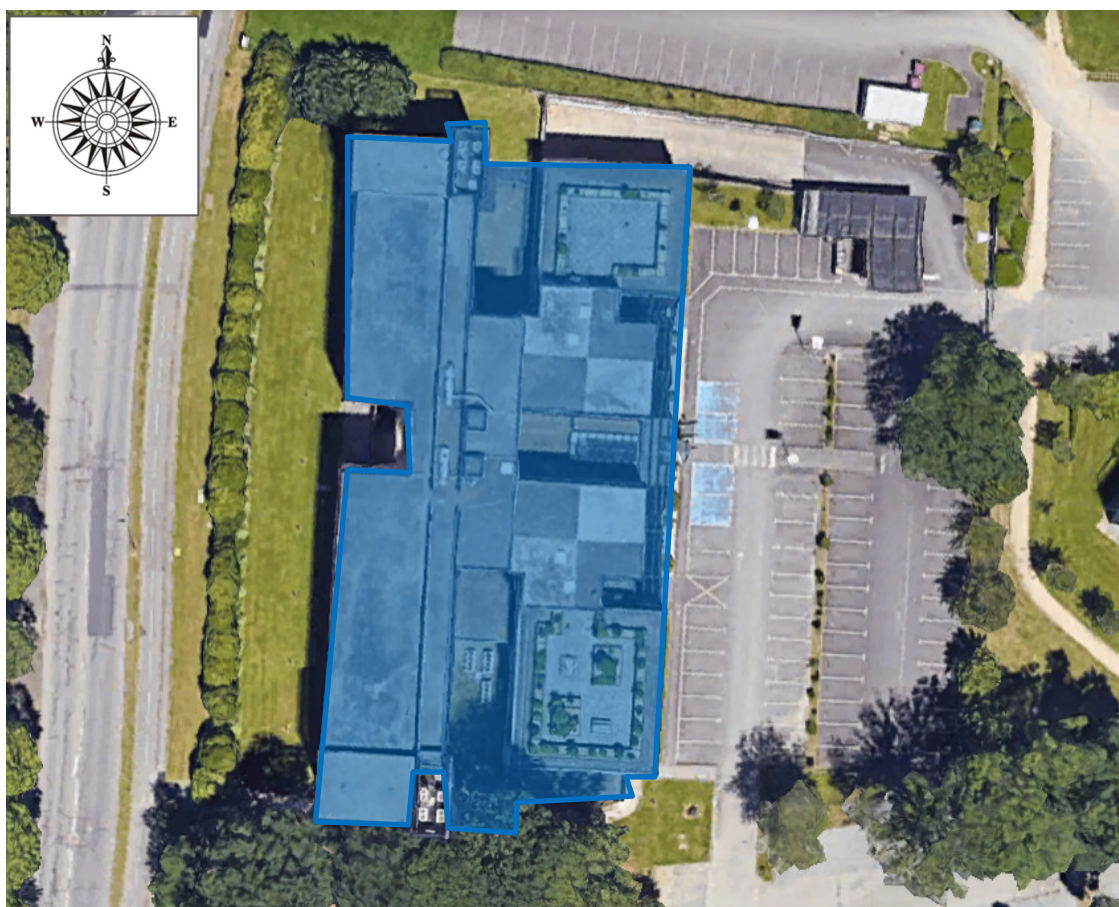
	Responsable technique
Nom	Bruno PASQUIER Chef de projet immobilier tertiaire
Téléphone	02 99 27 13 04
E-mail	bruno.pasquier@bretagne.bzh


2.1.3 Visite

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

Situation	
Date de la visite :	27/09/2023
Diagnostiqueur :	Alexis QUILLET aquillet@alterea.fr
Accompagnateur :	M. Bruno PASQUIER
Conditions climatiques :	T _{ext.} = +20°C, Nuageux.

2.1.4 Vue aérienne du site



Désignation	
	Beaulieu

2.1.5 Travaux antérieurs ou programmés

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

Travaux	Date
Travaux de partition des plateaux libre + modification CVC afférentes + Mise en place d'un plancher intermédiaire sur le double niveau RdC aile Sud-Est	2015
Relamping LED	2023
Mise en place/remplacement des systèmes de clim réversible	2016

2.2 Données d'usage du site

2.2.1 Bâtiment

Bâtiment	Année de Construction	Niveau	Surface de plancher ¹	Surface SRT ²	Usage
Beaulieu	2000	5 niveaux	5 884 m ²	6 472 m ²	Bureaux



Commentaire :

- > Le bâtiment a été construit en début 2000. Son usage a changé en 2015 pour devenir un bâtiment à usage de bureaux. Il était historiquement occupé par Mitsubishi Electric.
- > Hormis un récent relamping LED et la mise en place de systèmes de climatisation réversible en 2015, aucuns travaux d'ordre énergétique n'ont été réalisés.
- > Le bâtiment principal s'élève sur 5 niveaux du sous-sol au R+3 et 260 salariés sont présent sur site en moyenne.
- > Les locaux sont occupés de 7h30 à 19h toute l'année avec une fermeture annuelle 2 semaines en décembre.

¹ Surface transmise par le client

² Surface calculée à partir de la surface de plancher

2.2.2 Occupation du bâtiment

2.2.2.1 Horaires du site

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi*	Dimanche
Ouverture	07h30	07h30	07h30	07h30	07h30	-	-
Fermeture	19h00	19h00	19h00	19h00	19h00	-	-







*Il peut arriver de manière très ponctuelle, que certaines personnes viennent sur site le samedi.

2.2.2.2 Fréquentation du site





Dénomination	Effectifs
Nombre d'employés	260
Nombre de visiteurs	Négligeable

2.2.2.3 Analyse du confort des usagers selon ALTEREA

L'étude du bâtiment ressort l'analyse suivante sur le confort des usagers après échange avec M. Pasquier :

Confort	Ressenti des occupants / Note	Commentaires
Hivernal		Le confort hivernal est globalement moyen sur l'ensemble du bâtiment. Cet inconfort est lié principalement à la régulation du chauffage, des sensations de parois froides peuvent également impacter le confort d'hiver, notamment à cause de la surface vitrée importante et de la faible performance des menuiseries.
Estival		Les façades sont particulièrement vitrées, des occultations intérieures sont présentes sur l'ensemble du site, mais elles ne limitent pas efficacement les apports solaires. L'ensemble du bâtiment est climatisé. Cependant, les bureaux exposés au Sud sont sujets à des surchauffes importantes, les problèmes de régulation de la climatisation sont également un facteur de cet inconfort estival.
Lumineux		Le confort d'éclairage du bâtiment est très bon. L'éclairage LED assure un éclairage adéquat des locaux. Les apports naturels depuis l'extérieur dans les bureaux permettent d'améliorer le confort.
Acoustique		Des nuisances sonores entre bureaux ont été signalées en visite. Une isolation acoustique semble nécessaire.
Renouvellement d'air (ventilation)		L'ensemble du bâtiment est ventilé mécaniquement, notamment grâce aux extracteurs simple flux.
Étanchéité à l'air		L'enveloppe du bâtiment est globalement étanche à l'air.

Légende :

	Confort faible
	Confort moyen
	Confort bon
	Confort très bon

3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE

3.1 Usages énergétiques du site

Les usages énergétiques du site sont les suivants :

	Electricité
Chauffage	X
Eau chaude sanitaire	X
Eclairage	X
Bureautique	X
Auxiliaires de chauffage	X
Autres usages	X
Cuisine	X

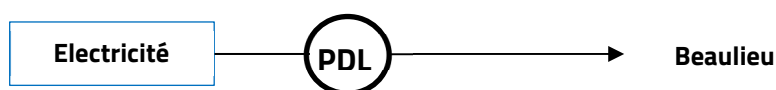
3.2 Description de l'approvisionnement en électricité

3.2.1 Architecture de comptage

Le site dispose d'un seul point de livraison d'électricité. Aucun sous-comptage n'est présent :

Zone	Energie	Type de compteur	Matricule compteur	Fournisseur	Puissance souscrite
Ensemble du bâtiment	Electricité	Fournisseur	031436216202	Volterres	300 kVA

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



PDL : correspond au compteur principal du bâtiment.

3.3 Historique des consommations

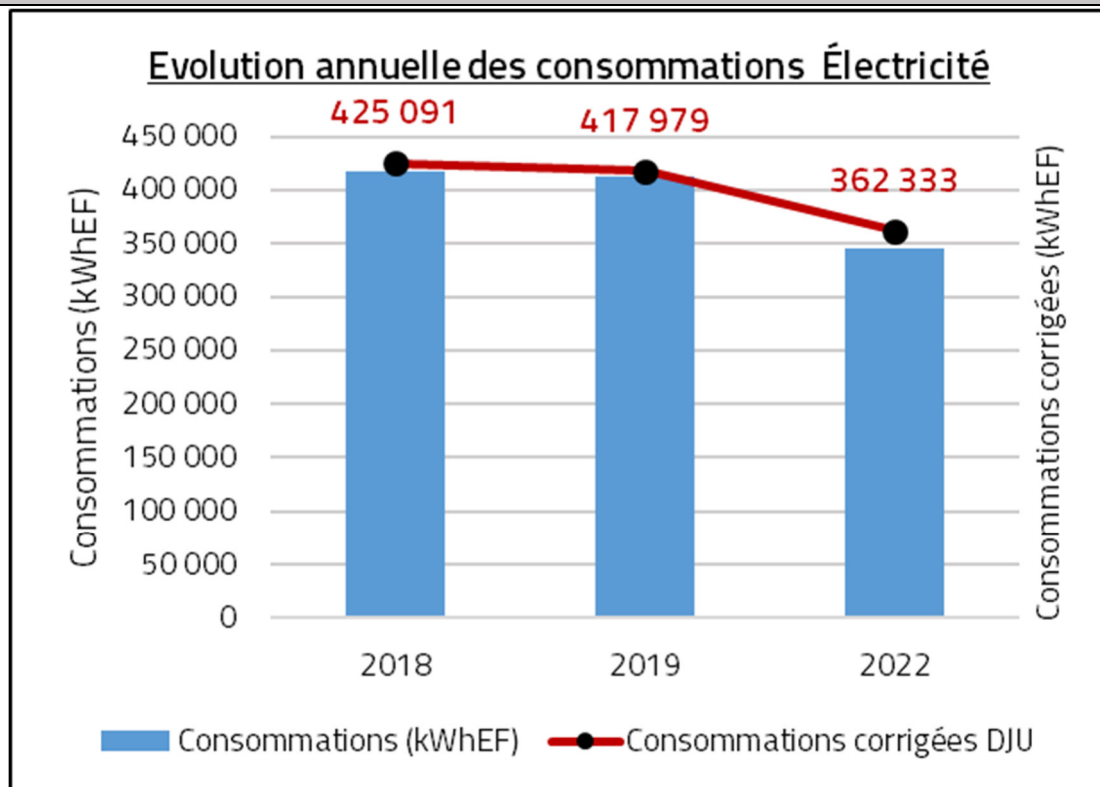
3.3.1 Consommations totales

Les consommations ont été fournies par la MOA. Les consommations 2020 et 2021 n'ont pas été retenues au vu du changement d'occupation des locaux pendant la période COVID.

Consommations énergétiques réelles		2018	2019	2022	Moyenne	Ratio kWh _{EF} /m ² _{SP}
Électricité	Consommations (kWh)	416 805	411 931	345 284	391 340	62
	Emissions de CO ₂ (kg _{eq} -CO ₂)	35 012	34 602	29 004	32 873	
	Dépenses (€ ^{TTC})	49 751	44 077	45 710	46 513	
	Coût unitaire (c€ ^{TTC} /kWh)	0,119	0,107	0,132	0,120	

Année	2018	2019	2022	Moyenne trentenaire
Degrés Jours Unifiés (DJU) Rennes	2155	2193	1962	2308

Evolutions des consommations réelles



Commentaires :

- > Le bâtiment est chauffé exclusivement de manière électrique, en majorité par des systèmes PAC air-air. La part des consommations de chauffage à corriger selon la rigueur climatique des années considérées est estimée à 33%.
- > Les consommations électriques sont globalement stables en 2018 et 2019 avec une baisse significative en 2022 liée aux conditions climatiques plus clémentes, et donc à la réduction des DJU sur cette année,

3.4 Respect des exigences du Décret Tertiaire

3.4.1 Sélection de l'année de référence (Décret Tertiaire)

La sélection de l'année de référence s'effectue sur les 10 dernières années, soit entre 2010 et 2019. Pour cela, nous analysons les consommations d'énergie sur ces 10 années, issues des relevés de consommations fournis par la Maîtrise d'Ouvrage. Cependant, l'occupation réelle des locaux par la Région n'est effective que depuis 2015, les données d'intensité d'usage antérieures sont inconnues, les années considérées seront donc de 2015 à 2019. Ensuite, une modulation des consommations d'énergie vis-à-vis de la rigueur climatique (DJU) pour les postes chauffage et climatisation est effectuée.

Les consommations présentées dans le tableau ci-dessous sont les consommations à l'échelle du site.

Consommations énergétiques corrigées à la rigueur climatique (en kWhEF) (Toutes énergies confondues)									
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
-	-	-	-	-	269 467	389 578	449 961	411 599	408 676

L'année 2017 étant la plus consommatrice sur ces dix dernières années au regard de la rigueur climatique, l'année 2017 sera retenue comme année de référence pour cette étude.

La consommation de référence associée est de 76 kWh_{EF}/m²SP.an

Il est donc déjà possible de valoriser les travaux énergétiques réalisés entre l'année de référence et les années utilisées en référence de l'état actuel soit 2018/2019/2022 (67 kWh_{EF}/m²SP.an), dans l'atteinte des objectifs énergétiques réglementaires soit un gain déjà réalisé de 12% par rapport à 2017.

3.4.2 Objectifs de consommations énergétiques aux échéances temporelles 2030, 2040 et 2050

Calcul des objectifs « décret tertiaire » :

Les objectifs de consommation d'énergie calculés sont :

- Objectif absolu 2030 : 107 kWh_{EF}/m² (répartition des sous-catégories redéfinies ci-dessous)
- Objectif relatif 2030 (-40%) = 46 kWh_{EF}/m²
- Objectif relatif 2040 (-50%) = 38 kWh_{EF}/m²
- Objectif relatif 2050 (-60%) = 31 kWh_{EF}/m²

L'objectif en valeur absolue pour 2030 est déterminé suivant l'arrêté du 24 novembre 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale des bâtiments à usage tertiaire. Cependant, les objectifs en valeur absolue pour 2040 et 2050 ne sont pas encore disponibles. **Aucune valeur absolue n'a donc été déterminée.** Toutefois, un utilisant des projections des valeurs absolues aux échéances 2040 et 2050, les consommations actuelles permettent d'ores et déjà de respecter les objectifs ainsi calculés :

- Objectif absolu 2030 : 107 kWh_{EF}/m² (répartition des sous-catégories redéfinies ci-dessous)
- Objectif absolu 2040 = 89 kWh_{EF}/m²
- Objectif absolu 2050 = 71 kWh_{EF}/m²

Objectifs « décret tertiaire » retenus :

Les objectifs en valeur absolue pour 2040 et 2050 ne sont pas encore disponibles, les objectifs « décret tertiaire » retenus dans le cadre de cette étude sont donc :

- Objectif absolu 2030 = 107 kWhEF/m² déjà atteint
- Objectif relatif 2040 (-50%) = 38 kWhEF/m² soit 43% d'économies à l'échelle du site (169 333 kWhEF)
- Objectif relatif 2050 (-60%) = 31 kWhEF/m² soit 54% d'économies à l'échelle du site (214 329 kWhEF)

Ces objectifs sont ambitieux voire irréalistes pour 2040 et 2050 étant donnés les faibles consommations initiales du bâtiment.

Pour définir les objectifs en valeur absolue, la répartition des surfaces suivantes a été réalisée :

- Bureaux : 5501 m²
- Open Space : 262 m²
- Zone accueil public : 121 m²

Certaines parties de bâtiments (salle de pause, ...) ont été placées en catégorie de bureaux, les données liées au décret tertiaire et relatives à ces espaces n'ayant pas été communiquées par le gouvernement. L'affinage de ces éléments modifiera les objectifs en valeur absolue à viser.

Les indicateurs d'intensité d'usage ont également été positionnés sur les valeurs par défaut et pourront être ajustées par la suite.

4 DESCRIPTION DU BATIMENT

4.1.1 Description et performance de l'enveloppe



Les surfaces présentées et prises en compte dans les calculs sont les surfaces thermiques. Ces surfaces correspondent aux surfaces déperditives des locaux chauffés donnant sur l'extérieur ou sur des locaux non chauffés. Les surfaces des murs sont calculées au nu intérieur et ne prennent pas en compte les menuiseries. Les performances thermiques des parois et la vétusté des éléments constitutifs sont évaluées selon l'échelle de notation suivante :


Performance	0	Très peu performant	1	Peu performant	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Paroi opaque						
Panneaux sandwich (allège façades rideaux)		Surface	U	P	V	
	Type :	Structure métallique et remplissage	396 m²	0,35	2	2
	Epaisseur :	3 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur				
	Isolant :	Laine de verre				
	Epaisseur d'isolation :	10 cm				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2				
	Localisation :		Allège de menuiseries			
Mur sur extérieur béton isolé		Surface	U	P	V	
	Type :	Béton plein	783 m²	0,38	2	2
	Epaisseur :	21 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur				
	Isolant :	Polystyrène expansé				
	Epaisseur d'isolation :	9 cm				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2				
Localisation :		Salles de réunion, circulations, bureaux				
Mur sur local non chauffé		Surface	Ueq	P	V	
	Type :	Béton plein	503 m²	0,78	1	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Nature du local non chauffé :	Escalier				


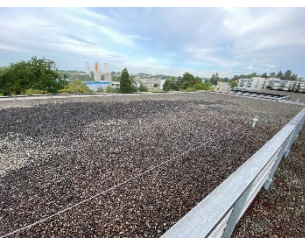
Paroi opaque					
	Présence d'une isolation :	Non			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5			
	Localisation :	Escalier			

Commentaire par paroi	
Panneaux sandwich	Une partie importante des parois verticales est composée de panneaux sandwich isolés par l'intérieur par 10 cm de laine de verre. L'épaisseur des murs et des doublages a été mesurée sur site. Ils sont en bon état et de performance correcte. La reprise de l'isolation de la paroi sera tout de même à prévoir pour optimiser ses performances thermiques.
Mur sur extérieur béton isolé	Une partie des parois verticales est en béton plein isolé par l'intérieur par 9 cm de polystyrène. L'épaisseur des murs et des doublages a été mesurée sur site. La paroi est en bon état et de performance correcte. La reprise de l'isolation de la paroi sera tout de même à prévoir pour optimiser ses performances thermiques.
Mur sur local non chauffé	Les murs donnant sur les escaliers non chauffés sont en béton et non isolé. L'épaisseur des murs a été mesurée sur site. Les escaliers étant équipés d'émetteurs électriques mais destinés à devenir des locaux non chauffés, l'isolation des murs donnant sur ces derniers sera à prévoir.


Menuiserie					
Double vitrage aluminium 4/10/4		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Double vitrage lame d'air 10 mm avec rupteurs PT	1212 m²	3,60	1
	Etanchéité :	Moyenne			
	Remplissage :	Air			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9			
	Localisation :		Bureaux, salles de réunion, circulations		
Simple vitrage aluminium		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Simple vitrage	31 m²	5,00	0
	Etanchéité :	Moyenne			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9			
	Localisation :		Hall		

Double vitrage aluminium 4/6/4		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage : Métal / Double vitrage lame d'air 6 mm avec rupteurs PT	10 m²	4,00	1	2
	Etanchéité : Moyenne				
	Remplissage : Air				
	Pathologies : Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) : 1.9				
	Localisation : Hall, circulations, escalier				

Commentaire par paroi	
Double vitrage aluminium 4/10/4	Les menuiseries de la majorité du site possèdent les mêmes caractéristiques : double vitrage aluminium 4/10/4. Les vitrages des bureaux sont équipés de store intérieur, type stores vénitiens. Le remplacement des menuiseries par des vitrage plus performants est préconisé. Les performances thermiques des menuiseries ont été déterminées à partir de leur typologie.
Simple vitrage aluminium	Le hall d'entrée du bâtiment est en grande partie vitré en simple vitrage. Ce type de menuiserie, bien qu'en bon état, est énergivore et pourra être remplacé par du double vitrage performant. Les performances thermiques des menuiseries ont été déterminées à partir de leur typologie.
Double vitrage aluminium 4/6/4	L'ensemble des portes des circulations possèdent les mêmes caractéristiques : double vitrage aluminium 4/6/4. Le remplacement des portes par des vitrage plus performants est préconisé. Les performances thermiques des menuiseries ont été déterminées à partir de leur typologie.

Plancher haut						
Verrière		Surface	U	P	V	
	Type :	Métal / double vitrage	21 m²	3,60	1	
	Pathologies :	Absence de pathologie				2
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5				
	Localisation :		Hall			
Toiture-terrasse		Surface	U	P	V	
	Type :	Dalle béton	1 797 m²	0,31	2	
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Laine de roche				
	Epaisseur d'isolation :	12 cm				
	Etanchéité :	Bitumineuse et finition lourde (gravillons)				
	Pathologies :	Présence de défaut d'étanchéité				
Garde-fou RT existant 2023 (R) :		4.5				
Localisation :		Ensemble du bâtiment				






Commentaire par paroi	
Verrière	Une partie du plancher haut du hall est une verrière métallique en double vitrage de faible performance malgré un état correct. Son remplacement sera à prévoir. Les performances thermiques des menuiseries ont été déterminées à partir de leur typologie.
Toiture-terrasse	L'intégralité des planchers hauts sont des toitures-terrasses. Celles-ci sont supposés isolées sous étanchéité par 12 cm d'isolant (hypothèse selon la date de construction). Les performances sont donc correctes. La reprise de l'isolation permettrait d'améliorer significativement les performances thermiques du bâtiment.

Plancher bas					
Plancher bas sur parking		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	140 m²	0,35	2
	Epaisseur :	20 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face			
	Isolant :	Flocage coupe-feu			
	Epaisseur d'isolation :	10 cm			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3			
	Localisation :		Parking		
Plancher bas sur local non chauffé		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	1 644 m²	0,35	2
	Epaisseur :	20 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face			
	Isolant :	Flocage coupe-feu			
	Epaisseur d'isolation :	10 cm			
	Position :	Local technique, Local de stockage			
	Ventilation du local non chauffé :	Local non ventilé			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3			
Localisation :		Locaux techniques, locaux de stockage			

Commentaire par paroi	
Plancher bas sur extérieur	Une partie des planchers bas donne sur un parking sous-terrain considéré comme extérieur, notamment au-dessus du parking. Ces planchers sont isolés en sous-face par 10 cm d'isolant mesuré sur site, ce qui leur confère une assez bonne performance thermique.
Plancher bas sur local non chauffé	Une autre partie des planchers bas donne sur des locaux non chauffés sous-terrain. Ces planchers sont isolés également en sous-face par 10 cm d'isolant mesuré sur site, ce qui leur confère une assez bonne performance thermique.

4.1.2 Description des installations de ventilation

4.1.2.1 Ventilation naturelle et infiltration d'air

Caractéristiques du renouvellement d'air naturelle			Perf.
Système de ventilation	-	<i>Etanchéité à l'air du bâtiment</i> <ul style="list-style-type: none"> > Etanchéité du clos et couvert : bonne > Etanchéité des installations électriques : bonne > Etanchéité des installations plomberie : bonne > Etanchéité des cages d'ascenseurs : bonne > Etanchéité des installations de sécurité incendie : bonne 	
		<i>Etanchéité à l'air des menuiseries</i> <ul style="list-style-type: none"> > Etanchéité des menuiseries : bonne > Présence d'entrée d'air sur les menuiseries : Oui 	
		<i>Ouverture des menuiseries</i> <ul style="list-style-type: none"> > La majorité du site est ventilée en simple flux. Les usagers ont la possibilité d'ouvrir les fenêtres pour aérer ponctuellement les locaux. 	



Système performant



Système basique





Système énergivore

Commentaires :


- > Le bâtiment est ventilé mécaniquement par des VMC simple flux.
- > L'étanchéité à l'air du bâti est globalement bonne.
- > La porte de l'accueil reste fermée mais le passage implique une ouverture fréquente des portes.
- > Aucune trace de moisissure n'a été constatée le jour de la visite.

4.1.2.2 Ventilation mécanique

Equipement de ventilation			
Bouche d'entrée d'air		P	V
	Technologie :	Autoréglable	
	Position :	Intégrée aux menuiseries	
	Localisation :	Bureaux	
Extracteurs simple flux (2)		P	V
	Technologie :	Autoréglable	
	Type de conduit :	Gaine de ventilation	
	Pathologies :	Corrosion	
	Localisation :	Toiture	

Commentaire par équipement	
Extracteurs simple flux	La majorité des locaux sont ventilés mécaniquement par 2 extracteurs simple flux fonctionnant en permanence. Son fonctionnement est associé à la présence d'entrées d'air dans les menuiseries des bureaux. Deux systèmes de balayage sont présents sur le bâtiment, l'extraction dans les circulations ou l'extraction dans les bureaux
Bouche d'entrée d'air	Les zones bureaux situées au Nord-Est (excepté la partie accueil POLSAN au RDC) sont ventilées uniquement via des entrées d'air sur les menuiseries.

4.1.2.3 Description de la régulation de la ventilation mécanique

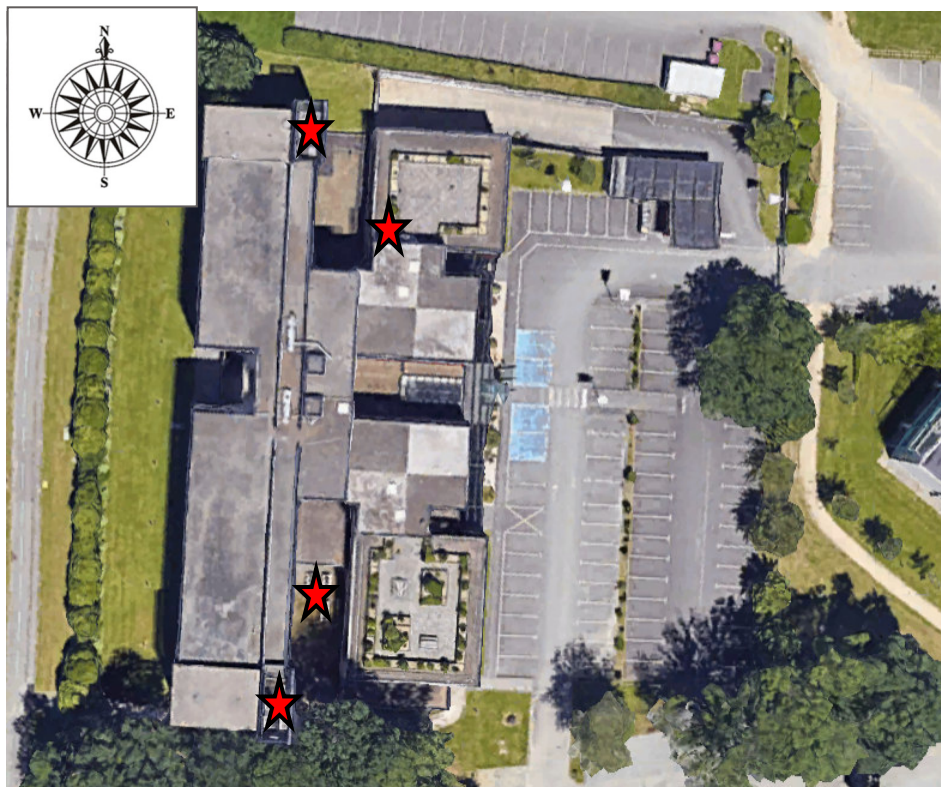
Régulation centrale ventilation			
Fonctionnement permanent		P	V
	Technologie :	Fonctionnement permanent	0
	Localisation :	Sanitaires, bureaux, circulations, salles de réunion	


Commentaire par équipement	
Fonctionnement permanent	Les extracteurs simple flux ne sont pas régulés, ils fonctionnent donc en permanence, ce qui est adapté pour les sanitaires mais pas pour les autres locaux. La mise en place d'une horloge n'est pas envisageable car les caissons desservent les zones bureaux et les sanitaires. La séparation des réseaux aérauliques via la mise en place de caissons spécifiques aux sanitaires permettrait de palier à cela.

5 DESCRIPTION DES SYSTEMES THERMIQUES

5.1.1 Description de l'installation de chauffage


5.1.1.1 Implantation des équipements



Désignation	
	Implantation des unités extérieures de PAC air-air





5.1.1.2 Description des systèmes de production et émission

5.1.1.2.1 Description de la production

Production de chaleur			
Pompe à chaleur (PAC) air-air R410A		P	V
	Puissance totale (chaud/froid) : 346.4 kW/342.4 kW		
	EER (moyen) : 3.67	3	2
	COP (moyen) : 4.21		
Localisation : Extérieur			
Electricité directe		P	V
	Technologie : Production électrique (voir émission)	NC	2
	Localisation : Circulations, escaliers		

Commentaire par équipement	
PAC air-air	Le bâtiment est chauffé et climatisé par des PAC air-air, une par étage au Nord et une par étage au Sud. Cette production est récente (2016) et performante, elle sera donc conservée. Au vu de la puissance installée, le bâtiment sera soumis au décret BACS. Les locaux climatisés pour leurs usages spécifiques comme les salles serveurs ont leur système indépendant de la production centrale.
Electricité directe	Des émetteurs électriques directs permettent de chauffer les circulations et les sanitaires du bâtiment. Ils ont été en partie déposés dans les escaliers, ceux restants ne sont toutefois plus en fonctionnels.

5.1.1.2.2 Description des émetteurs


Emission de chaleur			
Panneaux rayonnants électriques		P	V
	Technologie :	Panneaux rayonnants	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Localisation :	Escalier, salles de réunion, circulations, vestiaires	
		1	2
Rideau d'air chaud		P	V
	Energie :	Electrique	
	Technologie :	2 tubes réversibles	
	Position :	Plafonnière	
	Localisation :	Hall	
		3	2
Gainable		P	V
	Energie :	Electrique	
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	
	Position :	En faux-plafond	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Localisation :	Bureaux, salles de réunion	
		3	2
Cassette		P	V
	Energie :	Electrique	
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	
	Position :	Plafonnière	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Localisation :	Bureaux	
		3	2
Convecteur électrique		P	V
	Technologie :	Convecteur NF	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Localisation :	Sanitaires	
		0	1

Commentaire par équipement	
Panneaux rayonnants	Des panneaux rayonnants électriques sont présents dans les cages d'escaliers, certaines circulations et salles de réunion du bâtiment. Ces émetteurs sont peu performants.
Rideau d'air chaud	Un rideau d'air chaud permet de chauffer le hall d'accueil, il est alimenté par une PAC air-air. Les bouches de diffusion et de reprises sont existantes depuis 2000. Ce type de système est très performant. Les émetteurs sont réversibles, ils permettent de chauffer et de climatiser les locaux.
Gainable	Une partie des locaux est chauffée par des systèmes gainables alimentés par une PAC air-air. Ils ont été mis en place en 2016 et sont en bon état et très performants. Les émetteurs sont réversibles, ils permettent de chauffer de climatiser les locaux.
Cassettes plafonnieres	Une autre partie des locaux sont chauffés par des cassettes à détente directe alimentées par les unités extérieures de la PAC air-air. Ce type de système est très performant. Les émetteurs sont réversibles, ils permettent de chauffer de climatiser les locaux.
Convecteur électrique	Les sanitaires et certaines cages d'escalier sont chauffés par des convecteurs électriques anciens et pour certains déposés notamment dans les cages d'escalier. Ce type d'émetteurs est très énergivore.

5.1.1.2.3 Description de la régulation centrale

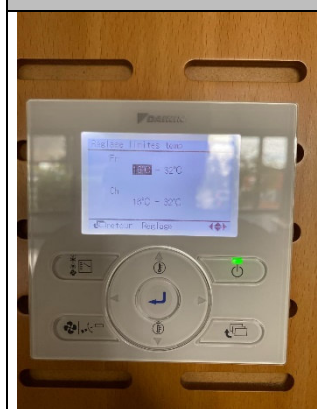
Rappel des horaires d'occupation du bâtiment :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture	07h30	07h30	07h30	07h30	07h30	-	-
Fermeture	19h00	19h00	19h00	19h00	19h00	-	-

Régulation centrale chauffage/climatisation			
Horloge		P	V
	Technologie :	Horloge simple	
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Localisation :	Armoire électrique	
Horloge HS		P	V
	Technologie :	Horloge simple	
	Programmation :	Hebdomadaire	

Régulation centrale chauffage/climatisation


Localisation : Armoire électrique

Thermostat d'ambiance programmable
P
V


Technologie : Thermostat d'ambiance programmable

3
2

Localisation : Bureaux, salles de réunion, circulation, cafétéria

Commentaire par équipement
Horloge

Une partie des émetteurs électriques directs (panneaux rayonnants, convecteurs électriques) sont pilotés par des horloges (6h à 20h du lundi au vendredi / coupé le reste du temps). Cette régulation est performante.

Horloge HS

Une autre partie des émetteurs électriques directs (panneaux rayonnants, convecteurs électriques) sont pilotés par des horloges hors service, ce qui rend les émetteurs non fonctionnels. Le remplacement à minima des horloges sera à prévoir.

Thermostat d'ambiance programmable

Des thermostats d'ambiance programmables pièce par pièce permettent de piloter les émetteurs air-air. Les usagers ont accès au paramétrage de la température de consigne mais pas au planning horaire (froid et chaud). Le planning horaire est paramétré sur un supermaitre au RDC. Les paramètres sont les suivants :

T° de confort (chauffage) : 22 °C (hypothèse)

T° de climatisation (climatisation) : 24 °C (moyenne sur les locaux échantillonnés)


T° de réduit (chauffage) : 16 °C (hypothèse)

T° de réduit (climatisation) : 34 °C (moyenne sur les locaux échantillonnés)

Horaires : 6h-18h du lundi au vendredi



Des problèmes de régulation importants existent sur le site, ils sont dus à un dysfonctionnement de la régulation en place sur les équipements Daikin et Airzone. Ces problèmes engendrent des inconforts thermiques significatifs.

5.1.1.2.4 Description de la régulation terminale

Régulation terminale chauffage			
Thermostat manuel		P	V
	Technologie :	Thermostats manuels (absence de sonde)	
	Localisation :	Sanitaires, circulations, escalier	
		1	1

Commentaire par équipement	
Thermostat manuel	Les émetteurs électriques direct sont régulés par des thermostat manuel intégrés à ces derniers. Ce type de régulation est énergivore car il permet aux usagers de paramétrer librement ces émetteurs et invite ainsi aux dérives énergétiques associées.

5.1.2 Description de la production d'Eau Chaude Sanitaire

Production ECS			
Ballon électrique petite capacité		P	V
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	2 kW	
	Volume :	30 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Sanitaires, cafétéria	
Localisation :		Sanitaires, cafétéria, local ménage	
Ballon électrique grande capacité		P	V
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	2.2 kW	
	Volume :	200 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Vestiaires, lavabos	
Localisation :		Vestiaires	

Commentaires :

- > L'ECS du site est produite par des ballons électriques de petite capacité à proximité des points de puisage. Ce qui est adapté aux besoins de la partie bureaux.
- > L'ECS de la partie vestiaire est produite par un ballon électrique de 200L, environ 4 à 5 douches sont prises par jour en semaine, la production est adaptée aux besoins mais le type de système peut être optimisé, par exemple par un ballon thermodynamique.

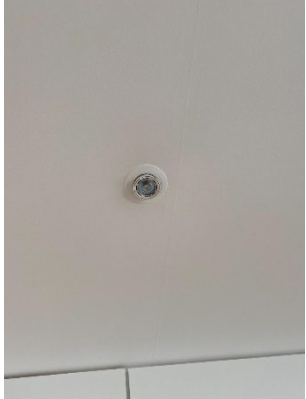
6 DESCRIPTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES

6.1.1 Description de l'éclairage


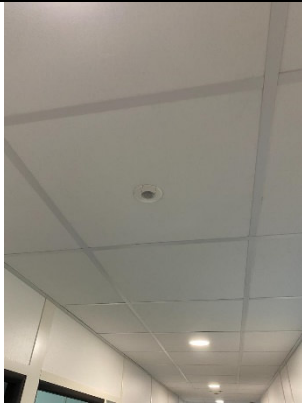
6.1.1.1 Equipements

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

Source d'éclairage			
Tube fluorescent T5		P	V
	Technologie :	Tube fluorescent T5	
	Type de luminaire :	Tube	
	Localisation :	Archives, circulation R+2	
Luminaire LED		P	V
	Technologie :	Luminaires LED	
	Localisation :	Bureaux, hall, salles de réunion, sanitaires	
Tube fluorescent T8		P	V
	Technologie :	Tube fluorescent T8	
	Type de luminaire :	Tube	
	Localisation :	Locaux techniques, parking	
Spot dichroïque halogène		P	V
	Technologie :	Spot dichroïque	
	Type de luminaire :	Spot	



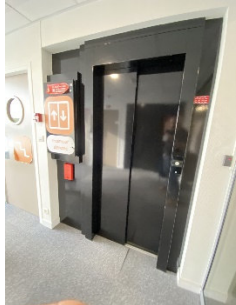

Source d'éclairage	
	Localisation : Cafeteria, hall

Commentaire par équipement	
Tube fluorescent T5	<p>Une faible partie du bâtiment est équipée de tube fluorescent T5. Ces luminaires sont plutôt performants. Le remplacement par des Leds permettrait de gagner en performance.</p> <p>Puissance surfacique : 7W/m²</p>
Luminaire LED	<p>Un relamping LED important à eu lieu dans le bâtiment en 2023. Les Leds sont très performants.</p> <p>Puissances surfaciques :</p> <ul style="list-style-type: none"> > Bureaux : 3 W/m² > Salles de réunion : 4,7 W/m² > Circulations : 1,15 W/m² > Sanitaires : 2,1 W/m²
Tube fluorescent T8	<p>Une faible partie du bâtiment est équipée de tube fluorescent T8. Ces luminaires sont énergivores. Le remplacement par des Leds permettrait de gagner en performance.</p> <p>Puissances surfaciques :</p> <ul style="list-style-type: none"> > Locaux techniques : 15 W/m²
Spot dichroïque halogène	<p>Une faible partie du bâtiment est équipée de spots dichroïques. Ces luminaires sont énergivores. Le remplacement par des Leds permettrait de gagner en performance.</p> <p>Puissances surfaciques :</p> <ul style="list-style-type: none"> > Cafétéria : 12 W/m²

Pilotage terminal éclairage			
Interrupteur + minuterie		P	V
	Technologie : Interrupteur avec minuterie	2	2
	Localisation : Circulations		
Interrupteur manuel		P	V
	Technologie : Interrupteur manuel	0	2
	Localisation : Locaux techniques, bureaux		
Détection de présence		P	V
	Technologie : Détection de présence	3	3
	Localisation : Circulations, sanitaires, cafétéria		

Commentaire par équipement	
Interrupteur + minuterie	Une circulation du RDC est équipée d'interrupteurs avec minuterie. Ce type de pilotage est performant.
Interrupteur manuel	La majorité des luminaires sont pilotés par des interrupteurs manuels. Ces pilotages ne sont pas performants car ils laissent place aux dérives énergétiques. La mise en place de détection de présence dans les circulations et de détection d'absence dans les bureaux est préconisée.
Détection de présence	De la détection de présence est présentes dans les circulations, certains bureaux, la cafétéria et dans le hall d'entrée. Ces dispositifs sont très performants.

6.1.2 Description des autres usages

Autres usages			
Equipements de bureautique		P	V
	Puissance dissipée bureautique	8 W/m²	
	Durée de fonctionnement quotidien :	8 h	
	Type :	PC fixe, Baie de brassage, Vidéoprojecteur, Télévision, Imprimante, photocopieur	
	Localisation :	Ensemble du site	
Equipements de cuisine		P	V
	Energie :	Electricité	
	Type d'équipement :	Micro-ondes, réfrigérateurs, cafetière, bouilloire, ...	
	Localisation :	Cafétéria	
Ascenseurs		P	V
	Technologie :	Ascenseur à contrepoids	
	Type de locaux :	Services administratifs	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Circulations	
Borne IRVE		P	V
	Technologie :	Borne de recharge de véhicule électrique	
	Puissance :	11 kW	
	Temps de recharge :	3h	
	Type de locaux :	Parking	
	Nombre :	1	
Localisation :		Parking	

Commentaire par équipement	
Equipements de bureautique	Le bâtiment comporte environ 330 écrans, 260 ordinateurs portables, 12 photocopieurs et plusieurs serveurs/baies de brassage. La mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique permettrait d'éviter les dérives liées aux oublis d'extinction en inoccupation.
Equipements de cuisine	Plusieurs équipements sont présents dans la salle de pause, notamment : - Réfrigérateurs

	<ul style="list-style-type: none"> - Micro-ondes - Four - Cafetière - Bouilloire
Ascenseurs et élévateurs	Les ascenseurs sont d'origine et sont activé par des moteurs électriques.
Borne IRVE	Une borne IRVE dont les consommations ne sont pas sous-comptées est présente au niveau du parking.

7 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

7.1.1 Méthodologie utilisée

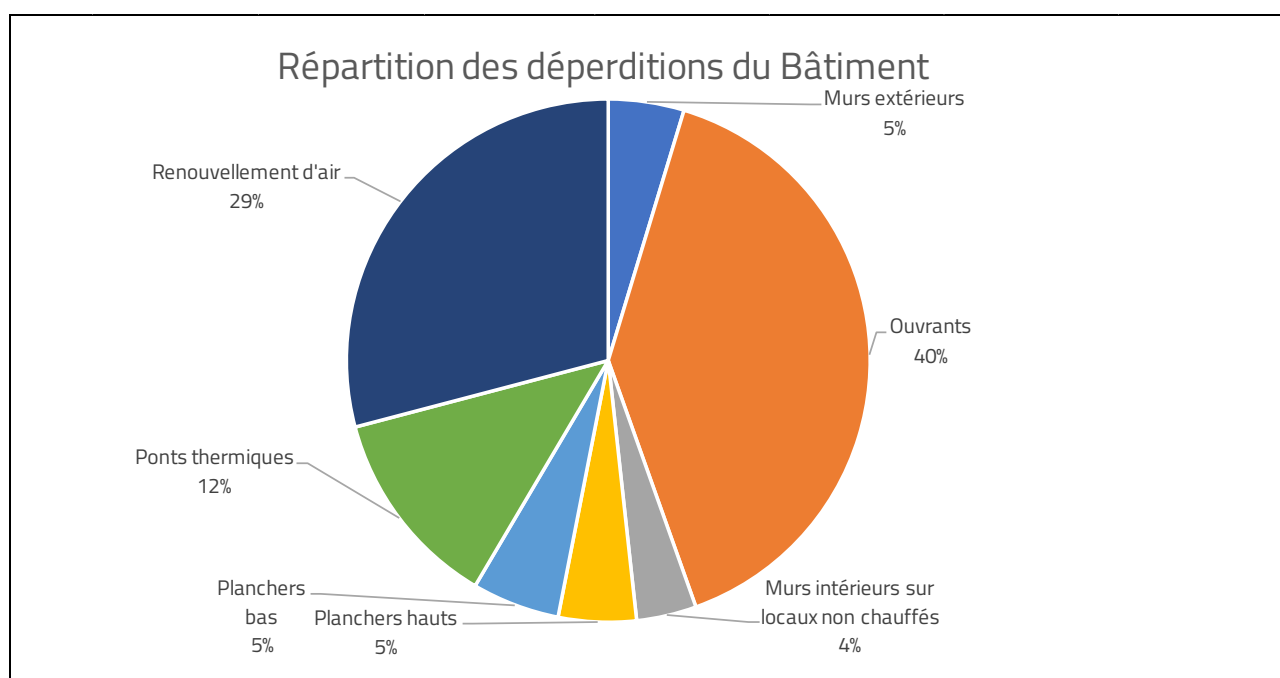
La méthodologie utilisée pour modéliser le site étudié est décrite en annexe. Les types de calculs réalisés permettent d'obtenir différents résultats :

- Les déperditions (dimensionnement d'émetteurs et de générations),
- Les résultats SED : ajustés au plus proche des factures du site, permettant une modélisation fine du comportement du bâtiment, et donc de l'impact des scénarios d'amélioration énergétique proposés.

7.1.2 Analyse des déperditions thermiques du site

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

	Déperditions							Pertes totales par bâtiments
	Murs extérieurs	Ouvrants	Murs intérieurs sur locaux non chauffés	Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	Renouvellement d'air	
<i>kW</i>	12 5%	106 40%	10 4%	13 5%	14 5%	33 12%	78 29%	266



Commentaires :

- > Les menuiseries extérieures sont responsables de 40% des déperditions. Leur performance globalement faible et leur surface importante favorise les déperditions de ce poste.
- > Le renouvellement d'air représente le second poste de déperdition. Le bâtiment est majoritairement ventilé en simple flux ne permettant pas la récupération de chaleur sur l'air extrait. De plus, leur fonctionnement en permanence amplifie la part de ce poste.
- > Le plancher bas représente 5% des déperditions. Il est isolé et donne majoritairement sur un parking sous-terrain non chauffés. De plus, la surface de plancher bas est très inférieure à la surface de parois verticales.
- > Les murs extérieurs représentent 5% des déperditions. Cette part relativement faible est la conséquence de l'isolation correcte des murs et de la proportion importante de menuiseries (50%).
- > Le plancher haut est également responsable de 5% des déperditions. L'isolation en place (hypothèse) permet de réduire les pertes de chaleur à travers cette surface. De plus, la surface de plancher haut est très inférieure à la surface de parois verticales.

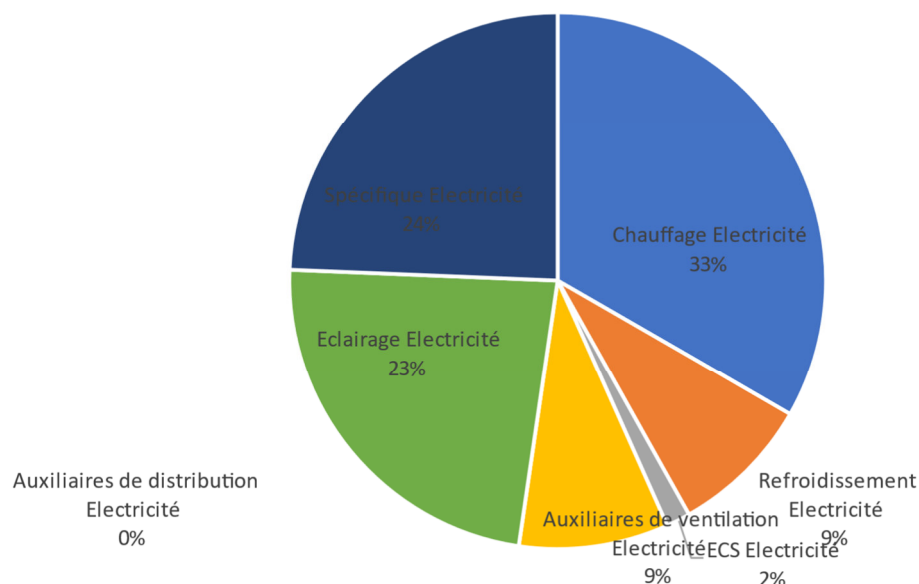
7.1.3 Analyse des consommations simulées

Le récapitulatif des simulations est présenté dans le tableau suivant :

Répartition des consommations		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kg CO ₂	€TTC
Usage	Energie				
Chauffage	Electricité	127 775	329 660	23 000	15 280
Refroidissement	Electricité	32 765	84 533	1 311	3 918
ECS	Electricité	5 554	14 329	222	664
Auxiliaires de ventilation	Electricité	34 570	89 191	2 904	4 134
Auxiliaires de distribution	Electricité	9	24	1	1
Eclairage	Electricité	89 445	230 767	7 513	10 696
Spécifique	Electricité	93 417	241 015	7 847	11 171
TOTAL		383 535	989 519	42 797	45 864

BEAULIEU	Etiquette Energie - DJU Moyenne classique (kWhEP/m²SRT)		Etiquette Climat (kgCO2/m²SRT)	
	153	C	7	B

Répartition des consommations par poste (kWh EF/PCI)



Commentaires :

- > Le chauffage représente la plus grande part de la consommation du site (33%). C'est la conséquence directe de la performance moyenne de l'enveloppe et notamment de la surface importante des menuiseries. La production par pompe à chaleur limite toutefois grandement cette part grâce au COP.
- > L'éclairage, bien que performant depuis son relamping en 2023, a été considéré avec les anciens systèmes au vu des années de consommations retenues. Ce poste représente donc une part significative car des systèmes plus énergivores étaient installés auparavant.
- > La part des consommations spécifiques, liée à la bureautique, aux équipements en salle de pause et à la borne IRVE en majorité représentent une part importante des consommations du site. Elles seront toutefois difficilement compressibles.
- > Les consommations de refroidissement représentent 9% des consommations totales. Les usagers ont accès aux températures de consigne individuellement par bureaux ce qui peut engendrer des dérives.
- > Les auxiliaires de distribution de ventilation sont le deuxième poste de consommation du site (9%). Cela est lié au fait que les locaux sont en majorité ventilés mécaniquement et en permanence.

8 GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

8.1.1 Analyse critique et proposition d'actions

Contraintes, inconvénients / Opportunités, avantages

sur le bâti

- Le bâtiment date du début des années 2000. Le site a donc des procédés constructifs et des performances thermiques proches de cette époque.
- Les murs sur extérieur du bâtiment sont isolés par l'intérieur, et les panneaux sandwichs des menuiseries également, ce qui leur confère une performance thermique correcte. La reprise de cette isolation par l'intérieur au niveau des allèges des façades rideau et par l'extérieur sur les autres murs permettra d'améliorer encore les performances de ces parois.
- Aucune paroi sur local non chauffé n'est isolée. Une isolation par le côté « local non chauffé » limiterait les pertes thermiques tout en conservant la surface au sol des locaux chauffés inchangée. Un point d'attention particulier devra toutefois être apporté à la réduction de la surface de passage.
- Les menuiseries présentes sur le bâtiment sont de type Aluminium 4/10/4 en grande majorité. Il s'agit de menuiseries moyennement performantes. La mise en place de menuiseries plus performantes est conseillée afin de réduire les pertes de chaleurs à travers ces surfaces. Cela aura aussi pour effet d'améliorer l'étanchéité à l'air du bâti déjà bonne.
- Les planchers hauts sont des toitures-terrasses isolées sous étanchéité. L'isolant n'a pas pu être observé, mais l'hypothèse d'isolant a été retenue à partir de l'année de construction. La reprise de l'isolation sous étanchéité sera à envisager.
- Les planchers bas sont variés :
 - Plancher isolé sur locaux non chauffés
 - Plancher isolé sur parking sous-terrain

Ils ne sont pas suffisamment isolés la reprise de l'isolation est donc nécessaire.

sur le renouvellement d'air

- La ventilation du bâtiment est quasi-intégralement mécanique et est assurée par deux caissons de VMC simple flux en toiture. La mise en place à minima d'une horloge sur les zones non humides via la séparation des réseaux aérauliques (nouveaux caissons dédiés aux sanitaires) sera à prévoir. Le remplacement complet des systèmes par des CTA double flux avec récupération de chaleur (hors sanitaires) sera également envisageable.
- Les zones ventilées naturellement par les bouches d'entrée d'air pourront faire l'objet de mise en place d'une ventilation mécanique simple ou double flux afin d'améliorer le confort des occupants.

sur les installations thermiques

- Le bâtiment principal est chauffé par des systèmes de PAC air-air. Deux groupes de 4 unités extérieures permettent de chauffer et refroidir le bâtiment. Ces derniers datent de 2016 et sont performants. Le remplacement de la production ne sera donc pas prévu.
- Des soucis de confort ont été signalés en visite. Ces derniers sont liés à un dysfonctionnement de la régulation du chauffage et de la climatisation. La remise en fonctionnement de cette dernière est prioritaire.
- L'ECS est produite par plusieurs ballons électriques répartis sur le site pour la partie bureaux. Leurs consommations sont très faibles. Aucune action ne sera proposée sur ce point. Dans la partie vestiaires, la mise en place d'une production thermodynamique sera proposée.

Contraintes, inconvénients / Opportunités, avantages

sur les équipements électriques

- La quasi-totalité de l'éclairage intérieur des bureaux est gérée par des interrupteurs remplaçables par de la détection d'absence. Les locaux de passage tels que les sanitaires et les circulations sont déjà équipés de détection de présence, aucune préconisation ne sera faite dans ces locaux.
- Le bâtiment est presque intégralement éclairé par des luminaires LED depuis le relamping généralisé de 2023, ce qui est particulièrement performant. La mise en place de LED dans les dernières zones non équipées est préconisée.

sur le recours aux Energies Renouvelables

- Concernant la production de chauffage/refroidissement, cette dernière est déjà une énergie renouvelable.
- Concernant le potentiel photovoltaïque :
La toiture du bâtiment offre suffisamment de surface pour rendre une installation photovoltaïque viable.
- Au niveau de la production ECS des vestiaires, une production thermodynamique peut être envisagée.

8.1.2 Tableau de synthèse

Chaque intervention est classée suivant le classement suivant :

Travaux sur le bâti

Travaux sur les ENR

Travaux sur les systèmes

		PERF. Rentabilité énergétique kWh _{EF} / k€ _{investi}	TRA ans	ECONOMIE				ENVIRONNEMENT				Scénario	
				Coût des travaux		Valorisation CEE €	Economie annuelle €TTC	Economie annuelle		CO ₂ évité		SC1	SC2
								Énergie FINALE		annuellement			
								€HT	€HT/m²SDP	€		kWh EF/PCI	%
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des allèges des façades rideaux (R = 5 m².K/W)	7	>30	72 000	12	4 752	60	499	0,1%	0	0,2%		X
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation par l'extérieur des mur béton isolé (R = 5 m².K/W)	17	>30	235 000	40	9 396	478	4 001	1,0%	1	1,8%		X
Travaux sur le bâti	Isolation des murs donnant sur les cages d'escalier non chauffées (R = 5 m².K/W)	53	>30	91 000	15	6 036	582	4 867	1,3%	1	1,8%		X
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries actuelles par des menuiseries performantes (Uw = 1,3 W/m².K) sur l'ensemble du site (dont verrière hall)	20	>30	1 492 000	254	17 015	3 649	30 514	8,0%	7	16,1%		X
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des planchers bas sur parking (R = 4 m².K/W)	35	>30	129 000	22	32 357	534	4 462	1,2%	1	2,0%		X
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés (R = 4 m².K/W)	39	>30	15 000	3	3 629	70	585	0,2%	0	0,3%		X
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation de la toiture terrasse sous étanchéité (R = 7 m².K/W)	7	>30	392 000	67	12 938	315	2 636	0,7%	0	1,1%		X

Travaux sur les systèmes	Remise en fonctionnement de la régulation des équipements de chauffage et de climatisation	359	17	62 000	11	0	2 661	22 253	5,8%	2	4,8%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une GTB permettant la gestion centralisée des équipements CVC	0	>30	35 000	6	19 981	0	0	0,0%	0	0,0%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une production d'ECS thermodynamique pour les vestiaires	614	>30	4 000	1	0	-26	2 457	0,6%	0	0,2%	X	X
Travaux sur les systèmes	Relamping LED (partie déjà réalisée en 2023)		0	0	0	0	4 550	38 053	9,9%	3	6,1%	X	X
Travaux sur les systèmes	Relamping LED généralisé	411	15	11 000	2	302	540	4 519	1,2%	0	0,7%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place de détection d'absence/présence dans les locaux non équipés	164	28	41 000	7	0	806	6 744	1,8%	0	1,1%	X	X
Travaux sur les systèmes	Reprise des réseaux aérauliques et mise en place d'une horloge sur les extracteurs pour les parties bureaux	2 657	3	9 000	2	128	2 650	23 913	6,2%	3	7,5%	X	
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une VMC simple flux sur horloge pour les zones ventilées naturellement	-	>30	39 000	7	671	-562	-3 821	-1,0%	-1	-1,4%	X	
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une CTA double flux sur horloge pour tous les bureaux, salle de repos et d'une VMC simple flux pour les sanitaires	6	>30	699 000	119	15 619	-291	4 342	1,1%	1	3,4%		X
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	2 781	3	6 000	1	0	1 995	16 685	4,4%	1	2,8%		

Travaux sur les systèmes	Mise en place d'un sous-compteur sur la borne IRVE	0	>30	1 000	0	0	0	0	0,0%	0	0,0%	X	X
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques	423	11	148 000	25	0	6 765	62 675	16,3%	5	12,3%		

8.1.3 Détails des interventions

Les quantitatifs présentés sur les murs sont des m² de façade en vide pour plein.

Interventions	Quantitatif et unité	Prix des travaux (€ ^{HT})	Descriptif des travaux et contenu des travaux	Typologie d'action
Reprise de l'isolation des allèges des façades rideaux (R = 5 m ² .K/W)	396 m ²	72 000	Dépose de l'isolation existante. Dévoisement des réseaux électriques. L'isolation par l'intérieur des murs de façade est réalisée par la mise en place de panneaux isolants en laine de verre. L'isolant possède un R= 5 m ² .K/W. Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois). Reprise de la peinture intérieure des locaux.	
Reprise de l'isolation par l'extérieur des mur béton isolé (R = 5 m ² .K/W)	783 m ²	235 000	Pose d'un échafaudage. Préparation des surfaces (lavage et décontamination) des supports et réparation des dégradations. Mise en œuvre d'une isolation thermique extérieure. Dépose et repose après intervention des descentes d'eau pluviale, avec ajustement des regards si nécessaire. La solution choisie est une isolation thermique extérieure en laine de verre sous bardage de type trespas. L'isolant possède un R= 5,0 m ² .K/W. Traitement des encadrements de baies par retour de l'isolation des façades courantes. L'isolation sera plus fine (quelques centimètres d'épaisseur) en fonction du cadre des menuiseries extérieures.	

Isolation des murs donnant sur les cages d'escalier non chauffées ($R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	503 m^2	91 000	<p>Dévoisement des réseaux électriques.</p> <p>Dépose des radiateurs.</p> <p>L'isolation par l'intérieur côté non chauffé des murs de façade est réalisée par la mise en place de panneaux isolants en laine de verre. L'isolant possède un $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Un point d'attention particulier devra toutefois être apporté à la réduction de la surface de passage.</p> <p>Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois).</p> <p>Reprise de la peinture intérieure des locaux.</p>	
Remplacement des menuiseries actuelles par des menuiseries performantes ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) sur l'ensemble du site (dont verrière hall)	1266 m^2	1 492 000	<p>Dépose totale des menuiseries existantes.</p> <p>Remplacement des menuiseries par des menuiseries en aluminium avec un double-vitrage peu émissif avec remplissage argon de caractéristiques minimales suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ - Facteur solaire : $S_w \leq 0,35$ pour limiter les surchauffes en été <p>Mise en place de protections extérieures afin d'avoir une protection efficace pendant les périodes caniculaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Films solaires : surcoût de 38 000 €HT - Volets roulants aluminium motorisés : surcoût de 253 000 €HT - Brise-soleils orientables motorisés : surcoût de 760 000 €HT 	
Reprise de l'isolation des planchers bas sur extérieur (dont parking) ($R = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	1605 m^2	129 000	<p>Dépose de l'isolation existante.</p> <p>Mise en place d'une isolation par des panneaux isolants disposant d'un $R = 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ au plafond du sous-sol.</p> <p>Abaissement des réseaux circulant en plafond (hydrauliques, électriques, ...).</p>	
Reprise de l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés ($R = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	180 m^2	15 000	<p>Dépose de l'isolation existante.</p> <p>Mise en place d'une isolation par des panneaux isolants disposant d'un $R = 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ au plafond du sous-sol.</p> <p>Abaissement des réseaux circulant en plafond (hydrauliques, électriques, ...).</p>	

Reprise de l'isolation de la toiture terrasse sous étanchéité (R = 7 m².K/W)	1 797	392 000	<p>Dépose et repose des équipements présents sur la toiture terrasse (Une intervention simultanée liée à la ventilation peut permettre de mutualiser ces coûts).</p> <p>Dépose de l'étanchéité actuelle et de l'isolant. Mise en place d'un isolant de résistance thermique R= 6,95 W/m². K.</p> <p>Mise en place d'un pare-vapeur.</p> <p>Réhausse des acrotères.</p> <p>Mise en place d'une étanchéité de type bitumineuse.</p> <p>Mise en place des gardes corps fixe.</p>	
Remise en fonctionnement de la régulation des équipements de chauffage et de climatisation	1 ens	62 000	<p>Reprises des équipements de régulation de la partie chauffage-climatisation, comprend : le remplacement des platines centrales, des passerelles Daikin , des thermostats, ainsi que la mise en place du webserver en lieu et place des commandes supermaitres (placées dans local technique rdc).</p> <p>Une seconde solution possible est de remplacer les plénums motorisés, les thermostats, ainsi que la mise en place du webserver en lieu et place des commandes supermaitres (placées dans local technique rdc). Cette solution engendre toutefois un surcoût de 27 000 €.</p> <p>Les paramètres de régulation mis en place seront les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planning : Lundi au vendredi : Confort 6h-18h Réduit 18h-6h Samedi et dimanche : Réduit - Températures chauffage : Confort : 19°C / Réduit : 15°C - Températures climatisation : Confort : 26°C / Arrêt <p>Verrouillage des thermostats d'ambiance pour l'accès usagers.</p>	

Mise en place d'une GTB permettant la gestion centralisée des équipements CVC	1 ens	35 000	Mise en place d'une GTB sur les équipements CVC (chauffage/climatisation et sur les équipements de ventilation). Mise en place d'une connexion ADSL dans les locaux techniques. Mise en place et programmation d'un automate central et de son interface. Les fonctionnalités de base prévues sont les suivantes : - Sur les installations de chauffage : raccordement des unités de climatisation réversible (planning, températures) - Sur les installations de ventilation : paramétrage de la programmation horaire et des consignes de températures dans le cas d'un système double flux (coût non inclus).	
Mise en place d'une production d'ECS thermodynamique pour les vestiaires	1	4 000	Dépose de la production ECS existante. Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique fonctionnant sur l'air extérieur. Mise en place d'un sous-comptage dans le tableau électrique associé.	
Relamping LED (partie déjà réalisée en 2023)	-	-	Cette intervention permet de valoriser le relamping LED important déjà réalisé.	
Relamping LED généralisé	216 m²	11 000	Dépose des luminaires non LED existants. Mise en places de luminaires LED.	
Mise en place de détection d'absence/présence dans les locaux non équipés	4 707 m²	41 000	Remplacement des interrupteurs par un pilotage de l'éclairage par détection de présence/absence dans l'ensemble des locaux.	
Reprise des réseaux aérauliques et mise en place d'une horloge sur les extracteurs pour les parties bureaux	1 ens	9 000	Mise en place de VMC simple flux indépendantes pour les sanitaires en toiture. Création des réseaux aérauliques avec passage des conduits verticaux dans les gaines techniques et raccordement aux caissons d'extraction. Mise en place des bouches d'extraction et des gaines de ventilation au niveau des faux plafonds. Pose des éléments de pilotage et de contrôle (horloge) sur les caissons des bureaux. Mise en place d'une programmation horaire adaptée (7h-20h). Débit réglementaire de renouvellement d'air à respecter	

Mise en place d'une VMC simple flux sur horloge pour les zones ventilées naturellement	1 ens	39 000	<p>Mise en place de VMC simple flux pour les bureaux.</p> <p>Création des réseaux aérauliques avec passage des conduits verticaux dans les gaines techniques et raccordement au caisson d'extraction.</p> <p>Mise en place des bouches d'extraction et des gaines de ventilation au niveau des faux plafonds.</p> <p>Pose des éléments de pilotage et de contrôle (horloge) sur les caissons des bureaux nouvellement raccordés.</p> <p>Mise en place d'une programmation horaire adaptée (7h-20h).</p> <p>Débit de renouvellement d'air à respecter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 25 m³ /h par occupant dans bureaux 	
Mise en place d'une CTA double flux sur horloge pour tous les bureaux, salle de repos et d'une VMC simple flux pour les sanitaires	1 ens	699 000	<p>Dépose de la ventilation actuelle (caisson et de l'ensemble des réseaux de ventilation).</p> <p>Mise en place de CTA double flux avec récupération de chaleur (rendement des échangeurs de 75 %) pour les bureaux.</p> <p>Création des réseaux aérauliques avec passage des conduits verticaux dans les gaines techniques et raccordement aux CTA. Pour une ventilation double flux, deux réseaux sont nécessaires : un pour le soufflage et un pour l'extraction.</p> <p>Mise en place des bouches d'extraction, de soufflage et des gaines de ventilation au niveau des faux plafonds.</p> <p>Pose des éléments de pilotage et de contrôle (horloge)</p> <p>Mise en place d'une programmation horaire adaptée (7h-20h).</p> <p>Débit de renouvellement d'air à respecter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 25 m³/h dans les bureaux <p>Dans le cadre d'optimisation du confort d'été, la mise en place VMC double flux pourra permettre de réaliser de la surventilation nocturne (freecooling) en période estivale.</p>	
Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	300 u	6 000	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique à 22h.	
Mise en place d'un sous-compteur sur la borne IRVE	1 u	1 000	Mise en place d'un sous-compteur électrique sur la borne de recharge du véhicule électrique afin d'affiner le suivi des consommations pour le Décret Tertiaire.	

Mise en place de panneaux photovoltaïques	1 ens	148 000	<p>Mise en place de 400 m² de capteurs photovoltaïques en toiture-terrasse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orientation : Sud - Inclinaison : 30° - Puissance totale installée : 82 kWc - Productibilité annuelle estimée : 62 675 kWh - Gain en revente totale estimé : 8 066 €/an <p>Le chiffrage comprend : pose et fourniture des modules PV, onduleur, communication, pose et fourniture des accessoires, raccordement au réseau. Une étude de structure est à prévoir.</p>	
---	-------	---------	--	--

8.1.4 Potentiels d'ENR

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

Variante	Étudiée	Argumentaire
Les systèmes solaires photovoltaïques	✓	Les toitures-terrasses du site permettent la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques. L'option envisagée est l'autoconsommation en l'absence de données journalières de consommations à étudier. La solution en revente totale est toutefois envisageable. Une étude de structure et de faisabilité plus poussée devra dans tous les cas être réalisées.
Les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse	✗	La production par PAC air-air est performante et en bon état. De plus, le réseau de chaleur passe à plus de 100m du site.
Raccordement au réseau de chaleur	✓	La production par PAC air-air actuelle est récente et performante. De plus, le réseau de chaleur passe à plus de 100m du site et ne se situe pas dans la zone de développement prioritaire.
Les pompes à chaleur aérothermiques (PAC)	✗	Le chauffage du bâtiment est déjà réalisé par une PAC air-air.
Les pompes à chaleur géothermiques (surface)	✗	Le potentiel géothermique permettrait la mise en place d'une géothermie sur sonde. Cette technologie implique de réduire fortement les déperditions du bâtiment et de remplacer les radiateurs par des émetteurs basse température. Les besoins en chaleur nécessitent la mise en place de 65 sondes. La surface disponible en terrain n'est pas suffisante pour la mise en place de ces sondes. Cette solution n'est pas étudiée.
Les pompes à chaleur géothermiques classiques ou profondes	✗	Le recours à de la géothermie profonde requiert des travaux importants et n'est pas envisageable sur ce site. La solution ne sera donc pas étudiée.
Production d'eau chaude sanitaire solaire	✗	Les besoins en eau chaude sanitaire dans le bâtiment sont très limités. Cette solution n'est pas étudiée.

8.1.4.1 Solaire photovoltaïque

La vue suivante indique le potentiel des différentes toitures du site susceptibles d'accueillir des panneaux photovoltaïques.



	Perfor mance
0	Défavorabl e
1	Pl ut ôt défavorabl e
2	Pl ut ôt favorabl e
3	Favorabl e

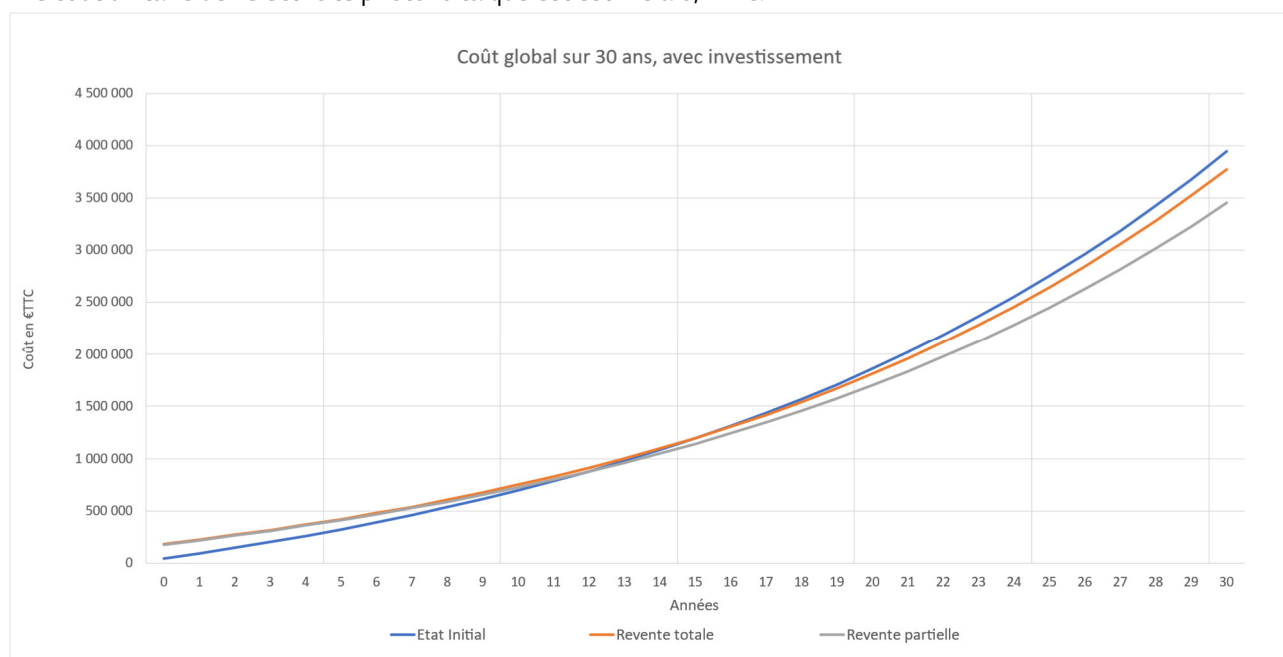
Bâtiment	Usage	Typologie de toiture	Inclinaison	Orientation	Surface de toiture	Masque	Toiture surexploitée	Forme de toiture complexe ou	Surface exploitable	Surface de panneaux	Evaluation du potentiel
Beaulieu	Bureaux, administratif	TT béton	1 à 5%	Horiz.	1 200 m²	Faible	Faible	NON	1 200 m²	400 m²	2

Observations

- Les toitures retenues sont toutes des toitures-terrasses.
- La surface de panneaux correspond à un tiers de la surface exploitable. Cette réduction est liée à la mise en place de panneaux qui requière des espacements afin de permettre la circulation et limiter l'ombrage d'une rangée sur l'autre.

Bouquets de travaux				
Bouquet n° 1 - Location des toitures	Puissance installable	82 kWc		
	Energie produite	62 675 kWh		
Bouquet n° 2 - Revente totale	Investissement	147 585 €		
	Puissance installable	82 kWc		
	Energie produite	62 675 kWh		
	Gain financier	8 066 €		
	TRA (30 ans)	15 ans		
Bouquet n° 3 - Autoconsommation partielle (revente du surplus)	Investissement	139 585 €		
	Puissance installable	82 kWc		
	Energie produite	Energie autoconsommée	62 675 kWh	soit 62 675 kWh
		Energie revendue (surplus)	0 kWh	
	Gain financier	Gain financier (énergie autoconsommée)	7 449 €	soit 7 449 €
		Gain financier (surplus revendu)	0 €	
	Taux d'autoproduction			100%
	Taux d'autoconsommation			16%
	Taux de couverture			16%
	TRA (30 ans)	11 ans		

*Le coût unitaire de l'électricité photovoltaïque est estimé à 0,122€/kWh.



Observations

- Le bâtiment ne présente que peu de masques solaires gênant la mise en place des panneaux photovoltaïques. La surface totale estimée pour installer des panneaux solaires photovoltaïques est de 400 m², soit un potentiel de puissance maximale estimée de 82 kWc.
- Le mode de valorisation offrant la meilleure rentabilité est l'autoconsommation. Ceci s'explique notamment par le tarif unitaire du kWh électrique à l'achat qui est plus élevée que le coût de revente. La consommation du site étant relativement importante par rapport à la production permise par les surfaces de PV installables, il est plus intéressant d'autoconsommer afin d'économiser sur l'achat que de revendre l'électricité produite.
- Les TRA des deux solutions de valorisation sont bons : 15 ans (revente totale) et 11 ans (revente partielle). Une étude de faisabilité plus poussée est donc fortement conseillée.
- Une étude structure sera aussi à réaliser pour vérifier la capacité des toitures à supporter les panneaux photovoltaïques.

9 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

9.1.1 Présentation des scénarios

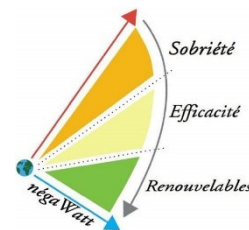
La scénarisation effectuée permet d'améliorer progressivement les performances énergétiques du site aux niveaux de la consommation et des émissions de gaz à effet de serre.

La scénarisation est évaluée suivant les objectifs suivants :

- Scénario « **Travaux urgents** » : L'objectif du Décret Tertiaire 2030 étant déjà atteint, l'objectif de ce scénario est d'intégrer les interventions d'optimisation, à temps de retour rapide, les faibles investissements.
- Scénario « **Décret Tertiaire 2050 : - 60%** » : L'objectif est de réduire les consommations énergétiques de 60% par rapport à l'année de référence, soit 54% par rapport à l'état actuel en énergie finale.

Les scénarios sont construits dans l'optique d'atteindre les objectifs énergétiques fixés en suivant la démarche Negawatt :

1. Sobriété
2. Efficacité
3. Renouvelables



La composition des scénarios sera donc réalisée de la manière suivante :

- Scénario 1
 - Optimisation
 - Temps de retour rapide
 - Faibles investissements
 - Actions urgentes
- Scénario 2
 - Amélioration du bâti complète
 - Amélioration des systèmes techniques
 - Intégration d'énergie renouvelable

Ce principe sera cependant adapté à chacun des bâtiments en fonction de l'état des lieux réalisé.

9.1.2 Scénario 1

9.1.2.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût	
Action urgente	Mise en place d'un sous-compteur sur la borne IRVE	1 000	€HT
Pilotage	Remise en fonctionnement de la régulation des équipements de chauffage et de climatisation	62 000	€HT
Pilotage	Mise en place d'une GTB permettant la gestion centralisée des équipements CVC	35 000	€HT
Pilotage	Mise en place de détection d'absence/présence dans les locaux non équipés	41 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Relamping LED (partie déjà réalisée en 2023)	0	€HT
Travaux sur les systèmes	Relamping LED généralisé	11 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Reprise des réseaux aérauliques et mise en place d'une horloge sur les extracteurs pour les parties bureaux	9 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une VMC simple flux sur horloge pour les zones ventilées naturellement	39 000	€HT
EnR	Mise en place d'une production d'ECS thermodynamique pour les vestiaires	4 000	€HT
Coût des travaux		202 000	€HT

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultat selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale (kWh)	383 535	► 283 576	26%

Evolution des consommations - Résultat selon la méthode réelle					Ecart	
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SRT})	153	C	►	113	C	26%
Evolution de la classe climat (kg _{CO2} /m ² _{SRT})	7	B	►	5	A	20%

9.1.2.2 Données détaillées des performances du scénario

Scénario 1			
Performance environnementale			
Economie annuelle d'énergie primaire	26%	soit	257 893 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	26%	soit	99 958 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées	20%	soit	8,472 Tonnes
Performance économique			
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-11 953	€TTC	
Impact sur la maintenance (P2)	635	€TTC	
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	0	€TTC	
CEE Mobilisables	2 635 158	kWh _{CUMAC}	
Valorisation CEE	21 081	€	
Temps de retour sur investissement actualisé	14	années	
Efficience			
Coût du kWh économisé	0,8	€HT investi/kWhEP	
Coût de la tonne de CO ₂ évité	23 842	€HT investi/tCO ₂	
Dépenses annuelles			
Dépenses énergétiques	36 095	€TTC	
Dépenses de maintenance	7 410	€TTC	
Dépenses de renouvellement	2575	€TTC	

9.1.2.3 Analyse en coût global

Les montants ci-dessous sont actualisés :

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	7 736 787 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	2 998 755 kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	254 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans	2 141 464 €TTC
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	314 032 €TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	202 000 €TTC
Coût global (avec investissements)	2 766 623 €TTC

9.1.3 Scénario 2

9.1.3.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût	
Action urgente	Mise en place d'un sous-compteur sur la borne IRVE	1 000	€HT
Pilotage	Remise en fonctionnement de la régulation des équipements de chauffage et de climatisation	62 000	€HT
Pilotage	Mise en place d'une GTB permettant la gestion centralisée des équipements CVC	35 000	€HT
Pilotage	Mise en place de détection d'absence/présence dans les locaux non équipés	41 000	€HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des allèges des façades rideaux ($R = 5 \text{ m}^2.K/W$)	72 000	€HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation par l'extérieur des mur béton isolé ($R = 5 \text{ m}^2.K/W$)	235 000	€HT
Travaux sur le bâti	Isolation des murs donnant sur les cages d'escalier non chauffées ($R = 5 \text{ m}^2.K/W$)	91 000	€HT
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries actuelles par des menuiseries performantes ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$) sur l'ensemble du site (dont verrière hall)	1 492 000	€HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des planchers bas sur extérieur (dont parking) ($R = 4 \text{ m}^2.K/W$)	129 000	€HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés ($R = 4 \text{ m}^2.K/W$)	15 000	€HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation de la toiture terrasse sous étanchéité ($R = 7 \text{ m}^2.K/W$)	392 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Relamping LED (partie déjà réalisée en 2023)	0	€HT
Travaux sur les systèmes	Relamping LED généralisé	11 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une CTA double flux sur horloge pour tous les bureaux, salle de repos et d'une VMC simple flux pour les sanitaires	699 000	€HT
EnR	Mise en place d'une production d'ECS thermodynamique pour les vestiaires	4 000	€HT
Coût des travaux		3 279 000	€HT

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultat selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale	383 535	► 238 839	38%

Evolution des consommations - Résultat selon la méthode réelle					Ecart	
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SRT})	153	C	►	95	B	38%
Evolution de la classe climat (kg _{CO2} /m ² _{SRT})	7	B	►	4	A	45%

9.1.3.2 Données détaillées des performances du scénario

Scénario 2			
Performance environnementale			
Economie annuelle d'énergie primaire	38%	soit	373 315 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	38%	soit	144 696 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées	45%	soit	19 Tonnes
Performance économique			
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-17 303	€TTC	
Impact sur la maintenance (P2)	1 130	€TTC	
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	0	€TTC	
CEE Mobilisables	15 253 086	kWh _{CUMAC}	
CEE Mobilisables	122 025	€	
Temps de retour sur investissement actualisé	56	années	
Efficience			
Coût du kWh économisé	8,8	€HT investi/kWhEP	
Coût de la tonne de CO ₂ évité	169 004	€HT investi/tCO ₂	
Dépenses annuelles			
Dépenses énergétiques	30 745	€TTC	
Dépenses de maintenance	7 905	€TTC	
Dépenses de renouvellement	2575	€TTC	

9.1.3.1 Analyse en coût global

Les montants ci-dessous sont actualisés :

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	11 199 447 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	4 340 871 kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	582 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans	1 824 070 €TTC
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	335 009 €TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	109 127 €TTC
Investissement	3 279 000 €HT
Coût global (avec investissements)	5 547 207 €TTC

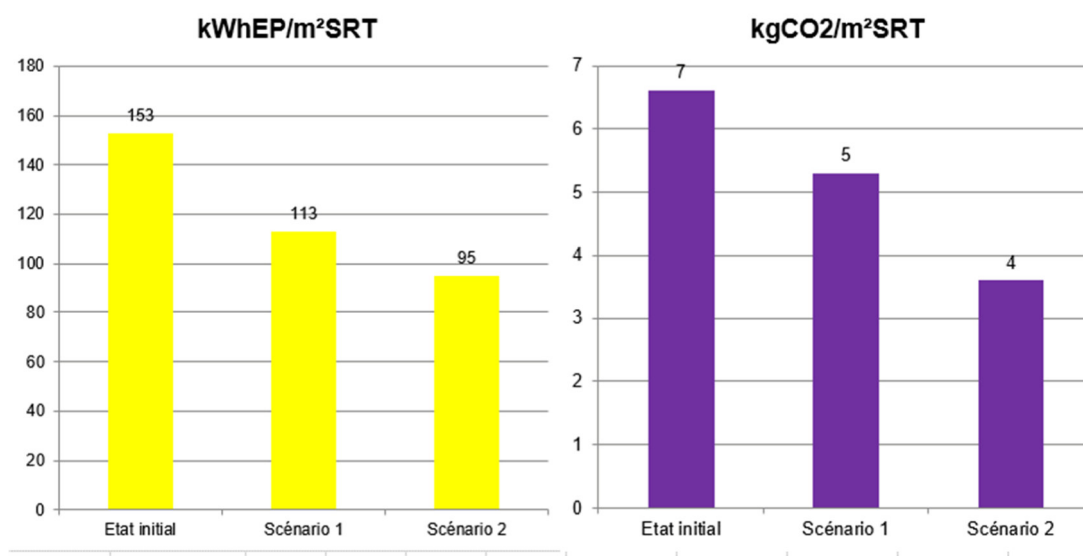
9.1.4 Décret tertiaire

Le tableau ci-dessous permet de récapituler l'évolution des consommations vis-à-vis des objectifs du décret tertiaire.

	Année de référence (2017)	Etat initial	2030		2040		2050	
Consommation d'énergie, (kWhEF/m²SP, Energie Finale)	76	67	Valeur relative :	46	Valeur relative :	38	Valeur relative :	31
			Valeur absolue :	107	Valeur absolue :	NC	Valeur absolue :	NC
Evolution par rapport à l'année de référence		-12%	-40%		-50%		-60%	
Evolution par rapport à l'état initial			-59%		-43%		-54%	
Comparaison des scénarios aux exigences du décret tertiaire								
Scénario 1			✓		✗		✗	
Scenario 2			✓		✗		✗	

Les objectifs en valeur relative de 2060 ne sont pas atteints malgré de lourds travaux proposés dans les scénario 2. Cela est dû aux faibles consommations initiales du bâtiment dont une partie est incompressible, liée à l'usage de bureaux du bâtiment. Cependant, les valeurs absolues 2040 et 2050 permettraient potentiellement de faciliter l'atteinte des objectifs au vu des consommations initiales relativement faibles du bâtiment.

9.1.5 Plan de progrès



Remarque : Ces résultats sont en kWhEP et correspondent au calcul réel réalisé au moyen de Pléiades.

10 ANNEXES

10.1 Grandeurs utiles au diagnostic

10.1.1 Conversion des unités énergétiques

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

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

10.1.2 Émissions de CO₂

Les facteurs de conversion des émissions de gaz à effet de serre suivant l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 sont présentés dans le tableau suivant :

Énergie	Conversion [kg _{CO2} /kWh _{EF}]
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Gaz propane ou butane	0,274
Charbon	0,342
Électricité (<i>chauffage</i>)	0,180
Électricité (<i>ECS, refroidissement</i>)	0,040
Électricité (<i>valeur moyenne</i>) autres usages	0,084
Réseau de chaleur	Selon le réseau
Réseau de chaleur	0,342 si non référencé

En ce qui concerne les réseaux de chaleur, l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 donne les valeurs à prendre en compte.

10.1.3 Prix des énergies

Les prix des énergies utilisés sont les suivants :

Énergie	Coût unitaire en €TTC/kWh
Bois, Biomasse	0,06
Electricité	0,22
Gaz naturel	0,078

10.1.4 Lexique de quelques abréviations

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

10.1.5 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire

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

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

Énergie	Conversion kWh _{EF} / kWh _{EP} ³
Bois, biomasse	0,60
Gaz naturel	1,00
Gaz propane	1,00
Electricité	2,58
Fioul	1,00

³ Ces coefficients ne sont pas valables pour les DPE, ni pour les bâtiments neufs. En effet, dans les deux cas précédents, le coefficient de conversion pour le bois est de 1,00.

10.2 Réglementation thermique

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

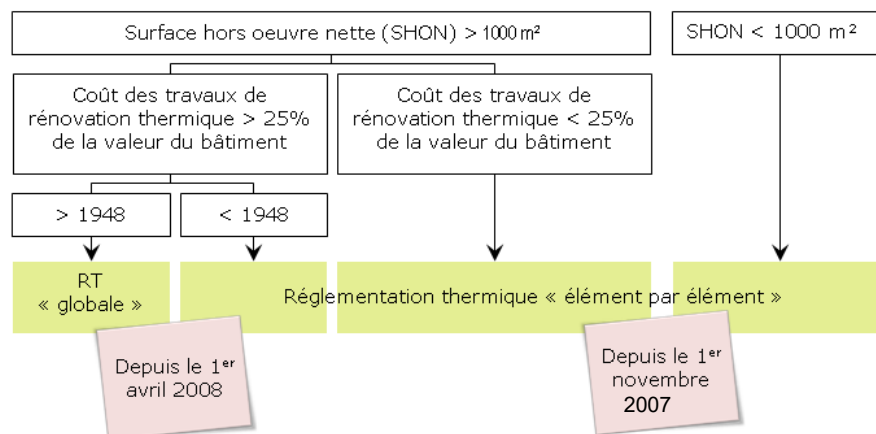
Elle repose sur les articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application.

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

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

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

Note : Le coût conventionnel des bâtiments à usage principal d'habitation est de 1 499 €/m²_{SHON} (valeur pour le 1^{er} semestre 2016⁴).



⁴ Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.5, mis à jour le 8 février 2022.