

Observatoire océanique Banyuls - Laboratoire Arago - Bâtiment B Edouard Chatton

AV. PIERRE FABRE

66650 BANYULS-SUR-MER

AUDIT ENERGETIQUE

MAITRISE D'OUVRAGE :



SORBONNE UNIVERSITÉ
1 Rue Victor Cousin
75230 PARIS Cedex 5

Alessandra GHIONE
Ingénieur Environnement Développement Durable
Direction Patrimoine et Logistique
01 44 27 24 51
alessandra.ghione@sorbonne-universite.fr

ASSISTANT MOA :



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

Elliot COURJAN

Chef de Projet
02 40 74 24 81
07 48 15 80 79
ecourjan@alterea.fr

François VANDER ELST

Coordinateur d'études
02 40 74 24 81
07 48 15 80 68
fvanderelst@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	03/11/2023	Version initiale	JORO	FVAN	ELCO
2	22/04/2024	Version 2	KBER	FVAN	ELCO

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

Table des matières

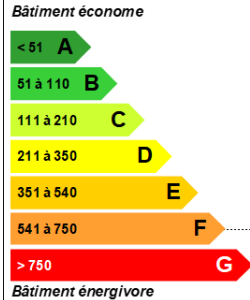
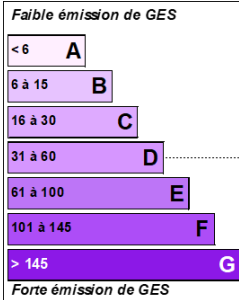
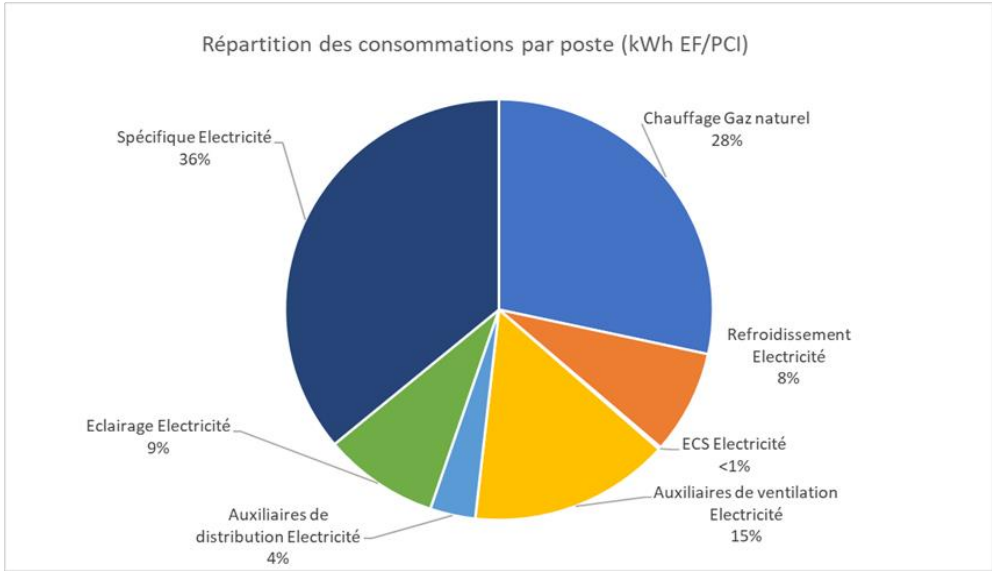
1	SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE	- 6 -
2	INTRODUCTION	11
2.1	OBJECTIF DE LA MISSION	11
2.2	DECRET TERTIAIRE	11
2.3	METHODOLOGIE EMPLOYEE	13
2.3.1	Processus de l'audit énergétique	13
2.3.2	Présentation des outils utilisés - Pléiades+Comfie	13
3	SYNTHESE DES METHODES UTILISEES ET DIFFERENCES	14
3.1	LISTE DES DOCUMENTS TRANSMIS PAR LA MOA	15
3.2	HYPOTHESES PRISES POUR LA REALISATION DE L'ETUDE	15
3.3	ANOMALIES EVENTUELLES A FAIRE REMONTER	15
3.4	POINTS BLOQUANTS	15
3.5	ESTIMATIONS DES QUANTITES POUR LES DIFFERENTES PRESCRIPTIONS	15
4	DESCRIPTION DU SITE	16
4.1	INFORMATIONS GENERALES	16
4.1.1	Périmètre du diagnostic	16
4.1.2	Coordonnées des interlocuteurs	16
4.1.3	Visite	16
4.1.4	Travaux antérieurs ou programmés	17
4.1.5	Vue aérienne du site	17
4.2	DONNEES D'USAGE DU SITE	18
4.2.1	Bâtiments	18
4.2.2	Occupation du bâtiment	18
4.3	ANALYSE DU CONFORT DES USAGERS	19
4.4	ANALYSE DU COMPORTEMENT DES USAGERS	19
5	ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE	21
5.1	USAGES ENERGETIQUES DU SITE	21
5.2	PLAN DE COMPTAGE DES ENERGIES	21
5.2.1	Description de l'approvisionnement en électricité	21
5.2.2	Description de l'approvisionnement en gaz naturel	21
5.3	HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS	23
5.3.1	Electricité	23
5.3.2	Gaz naturel	24
5.3.3	Détermination de l'année de référence (Décret Tertiaire)	25
5.3.4	Objectifs de consommations énergétiques aux échéances temporelles 2030, 2040 et 2050	25
5.4	CONTRAINTES TECHNIQUES, ARCHITECTURALES ET PATRIMONIALES	27
6	DESCRIPTION DU BATIMENT	28

6.1 BATI	28
6.2 CHAUFFAGE	33
6.2.1 Description de la chaufferie	33
6.2.2 Description des émetteurs	36
6.2.3 Schéma de principe	39
6.2.4 Analyse de la conformité	40
6.2.5 Description de la régulation	41
6.3 VENTILATION	42
6.4 EAU CHAUDE SANITAIRE	45
6.5 ECLAIRAGE	46
6.6 CLIMATISATION	48
6.7 AUTRES USAGES	50
7 REGLEMENTATIONS TECHNIQUES	52
7.1 DECRET BACS	52
7.2 REGLEMENTATION F-GAZ	53
8 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	55
8.1 ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES DU SITE	55
8.2 SYNTHESE DE L'ENVELOPPE	56
8.3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES	57
8.4 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES	58
9 ENERGIES RENOUVELABLES	59
9.1 INSTALLATIONS D'ENERGIES RENOUVELABLES EXISTANTES	59
9.2 POTENTIELS D'ENR	59
10 GISEMENT DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE	61
10.1 INTRODUCTION	61
10.2 SYNTHESE DES INTERVENTIONS SIMULEES	62
11 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	65
11.1 SCENARIO 1 : -40% EN ENERGIE FINALE	65
11.1.1 Synthèse	65
11.1.2 Données détaillées des performances du scénario	66
11.1.3 Application de la réglementation thermique	67
11.1.4 Analyse en coût global	67
11.2 SCENARIO 2 : -60% EN ENERGIE FINALE	68
11.2.1 Synthèse	68
11.2.2 Données détaillées des performances du scénario	68
11.2.3 Application de la réglementation thermique	70
11.2.4 Analyse en coût global	70
11.3 PLAN DE PROGRES	71
11.4 COMPARAISON DES SCENARIOS PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DU DECRET TERTIAIRE	72
12 ANNEXES	73
12.1 DESCRIPTIF DES INTERVENTIONS SIMULEES	73

12.2 PRESENTATION DES RESULTATS REGLEMENTAIRES (METHODE TH-C-E EX)	90
12.3 DEBITS REGLEMENTAIRES	91
12.4 GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC	92
12.4.1 Conversion des unités énergétiques	92
12.4.2 Émissions de CO ₂	92
12.4.3 Lexique de quelques abréviations	93
12.4.4 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire	93
12.4.5 Réglementation thermique	94
12.4.6 PRECAUTIONS D'USAGE	95

1 SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE

	Année de construction	2000
	Type	Catégorie DPE : 6.1 – Etablissement de recherche
	Surface plancher	2 021 m ²
	SHON	2 223 m ²
	Nombre de niveaux	4 Niveaux

Performance énergétique en énergie primaire¹	 Bâtiment économe < 51 A 51 à 110 B 111 à 210 C 211 à 350 D 351 à 540 E 541 à 750 F > 750 G Bâtiment énergivore Bâtiment 592 kWh/m².an	 Faible émission de GES < 6 A 6 à 15 B 16 à 30 C 31 à 60 D 61 à 100 E 101 à 145 F > 145 G Forte émission de GES Bâtiment 34 kg CO2eq/m².an	
	Cette étiquette n'a pas valeur de DPE		
Coût énergétique simulé au réel²	99 803 € TTC/an		
	<i>dont gaz naturel 19 467 €^{TTC}/an</i> <i>dont électricité 80 336 €^{TTC}/an</i>		
Consommations par usage (kWhEF)	 Répartition des consommations par poste (kWh EF/PCI) Spécifique Electricité 36% Chauffage Gaz naturel 28% Refroidissement Electricité 8% ECS Electricité <1% Auxiliaires de ventilation Electricité 15% Eclairage Electricité 9% Auxiliaires de distribution Electricité 4%		

¹ Les résultats sont issus de la simulation énergétique réelle, réalisée à partir des observations de la visite et des documents fournis.

² Dépenses énergétiques hors maintenance des installations issues de la simulation énergétique réelle.

Objectif des scénarios proposés :

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

- Scénario 1 « - 40% EF » correspond, dans la mesure du possible, à une réduction de 40% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment.
- Scénario 2 « - 60% EF » : il correspond à une réduction, dans la mesure du possible, de 60% de la consommation globale d'énergie finale sans pouvoir être, sur les cinq postes de la réglementation
- **Ces scénarios sont en phase avec le « Décret tertiaire » qui fixe des objectifs de réduction -40% et -60% de la consommation d'énergie finale en 2030 et 2050**

Le scénario 1 prévoit :

- La reprise des paramètres de régulation de chauffage et de refroidissement.
- Mise en place d'un plan de sous-comptage énergétique
- Reprise des paramètres de régulation de ventilation.
- Reprise de l'isolation par l'intérieur des murs extérieurs ($R=3.75 \text{ m}^2.K/W$)*
- Réfection de l'isolation du plancher des combles perdus ($R=7,50 \text{ m}^2.K/W$)*
- Réfection de l'isolation de la toiture terrasse ($R=7,00 \text{ m}^2.K/W$)*
- Remplacement des menuiseries métalliques par des menuiseries plus performantes ($U_w=1,30 \text{ W/m}^2.K$)*
- Isolation du plancher bas donnant sur extérieur ($R=4,00 \text{ m}^2.K/W$)*
- Remplacement des fenêtres de toit ($U_w=1,50 \text{ W/m}^2.K$)*
- Amélioration de la performance de l'éclairage
- Mise en place de robinets thermostatiques
- Mise en place de pompes de chauffage à débit variable
- Remplacement des caissons d'extraction simple flux
- Mise en place d'une GTB

Le scénario 2 prévoit en complément du scénario 1 :

- Remplacement de la CTA simple flux et de l'extracteur de la salle d'attente par une CTA double flux à récupération de chaleur.
- Remplacement des deux chaudières gaz par une PAC air/eau et mise en place de radiateurs basse température

*Les résistances thermiques des interventions portant sur l'isolation sont précisées dans les fiches interventions au titre 12.1. Il est indiqué des niveaux de performances en évoquant la résistance thermique et non le coefficient de transmission thermique afin d'évoquer les critères d'éligibilité aux subventions CEE (résistances thermiques minimales à atteindre).

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

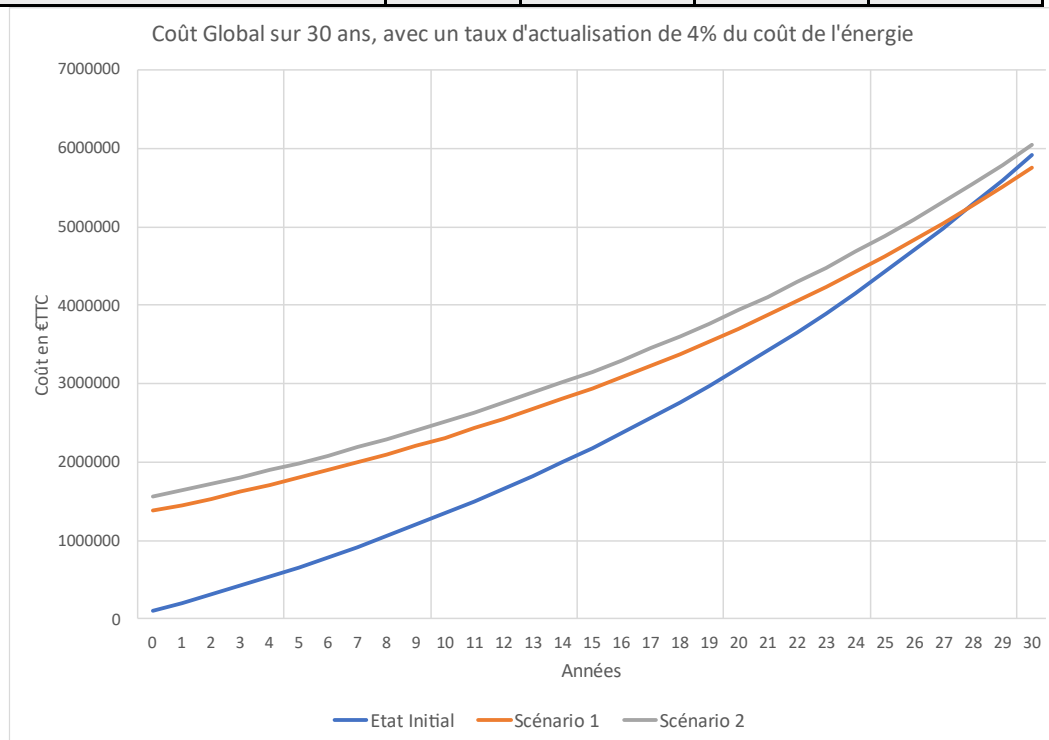
Scénario 1	243 543	24 798	20%	31%	49%	1 301 821	29
-------------------	----------------	---------------	------------	------------	------------	------------------	-----------

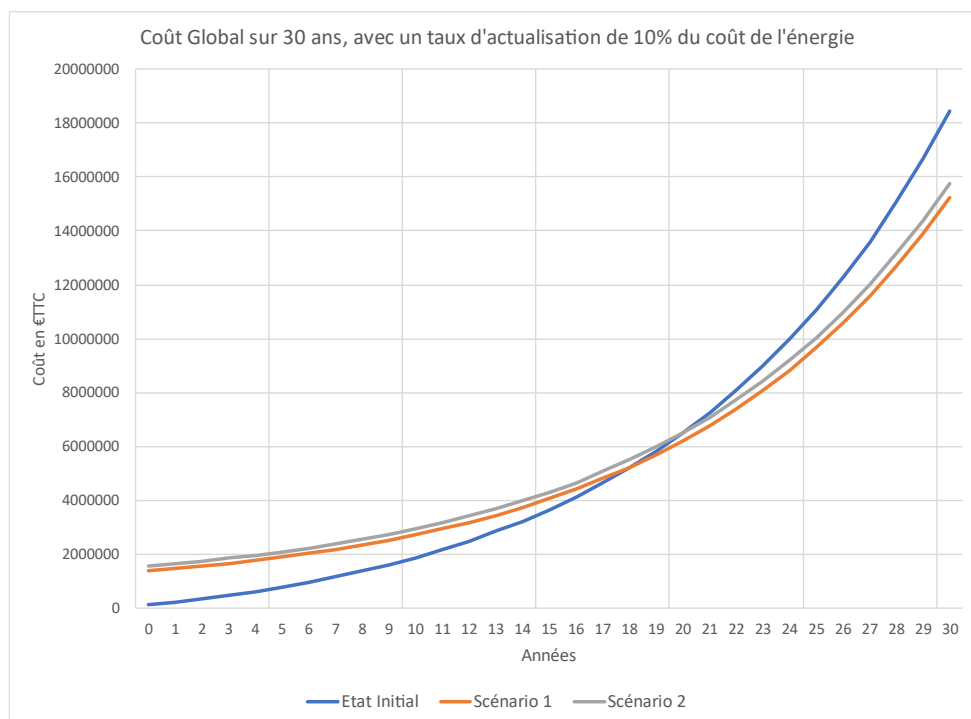
Scénario 2	203 729	22 913	17%	31%	52%	1 478 511	33
-------------------	----------------	---------------	------------	------------	------------	------------------	-----------

APPROCHE ENERGETIQUE								
Scénario	Consommation énergétique simulée En kWh _{ep} /m ² . _{SHON}	Emissions de CO ₂ En kg CO ₂ /m ² . _{SHON}	Optimisation	Amélioration des systèmes		Traitement du bâti		EnR
				léger	lourd	léger	lourd	

Scénario 1	351 à 540 E 471	16 à 30 C 17	✓	✓			✓	
Scénario 2	351 à 540 E 491	16 à 30 C 16	✓		✓		✓	✓

Désignation	Unité	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2
Investissements	€HT	0	1 301 821	1 478 511
Economie annuelle d'énergie primaire	%	0	20%	17%
Economie annuelle d'énergie finale	%	0	31%	31%
Emissions de CO2 évitées	%	0	49%	52%
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	€TTC	0	-24 798	-22 913
CEE Mobilisables	kWh CUMAC	0	7 110 496	7 487 418
Valorisation CEE	€	0	56 884	59 899
Temps de retour sur investissement actualisé	années	0	29	33
Dépenses annuelles énergétiques	€TTC	99 803	75 005	76 890
Dépenses énergétiques sur 30 ans (Actualisation des coûts d'énergie de 4%)	€TTC	5 921 158	4 449 925	4 561 766
Coût global (avec investissements)	€TTC	5 921 158	5 751 746	6 040 278





Commentaires

Les scénarios ont un temps de retour inférieur à 30 ans en raison des gains énergétiques importants au vu des montants d'investissements. Les scénarios n'atteignent pas les objectifs en valeur relative du décret tertiaire à vision de 2030 (-40% kWhEF) et 2050 (-60% kWhEF) en raison d'une importante consommation des équipements divers liée aux laboratoires de recherche. Cependant, ils permettent de réduire considérablement les coûts de fonctionnement et les émissions de gaz à effet de serre. Avec un taux d'actualisation de 4%, les deux scénarios ont un temps de retour de 29 ans. Avec une vision plus large sur l'évolution des coûts de l'énergie à 10% au lieu de 4%, nous constatons que les deux scénarios ont un temps de retour sur investissement de 19 ans.

2 INTRODUCTION

2.1 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 court, moyen et long terme (investissements, gains énergétiques, confort, etc.). L'audit justifie ces propositions alternatives en chiffrant l'investissement nécessaire et en présentant les gains énergétiques auxquels 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 :

- Une diminution des consommations à travers la mise en place de systèmes performants,
- L'amélioration du confort intérieur pour les occupants,
- La diminution des émissions de CO₂
- Si justifié, utilisation d'une ou plusieurs énergies renouvelables.

2.2 DECRET TERTIAIRE

La **Loi ELAN**³ (Loi portant Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique) du 23 novembre 2018, à travers son article 174 modifiant le Code de la Construction (article L. 111-10-3), impose une obligation de réduction des consommations d'énergie finale de tous les bâtiments à usage tertiaire, avec des objectifs de -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050.

Le décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 dit « **Décret Tertiaire** »⁴, entré en vigueur le 1er octobre 2019 et relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire, précise le périmètre de l'obligation définie par la Loi ELAN :

- Une approche en énergie finale, tous usages énergétiques confondus
- Toutes les activités tertiaires sont concernées, publiques comme privées, marchandes comme non-marchandes
- Avec un seuil de surface plancher supérieur à 1 000 m²
- Pour les bâtiments existants au 24/11/2018

Le législateur a également prévu plusieurs niveaux de **modulations** :

- Sur les consommations d'énergie réelles et ciblées, en fonction de la rigueur climatique (DJU) et de l'intensité d'usage
- Sur les objectifs de consommations d'énergie, en tenant compte d'éventuelles contraintes techniques, architecturales et patrimoniales
- Sur les objectifs de consommations d'énergie, pour disproportion manifeste du coût des interventions à partir d'un critère de rentabilité maximum : 30 ans pour les actions sur l'enveloppe du bâti, 15 ans pour celles sur les systèmes et 6 ans pour celles relevant de l'optimisation de l'exploitation des systèmes.

Les modulations sur les objectifs devront être justifiées par un **dossier technique**, dont la date limite de remise est fixée au 30/09/2026.

Le décret prévoit également une remontée annuelle des consommations d'énergie via la **plateforme dédiée OPERAT**, avec une 1^{ère} déclaration ayant pour échéance le 30/09/2022, ainsi qu'une 1^{ère} vérification décennale de l'atteinte des objectifs au 01/10/2031.

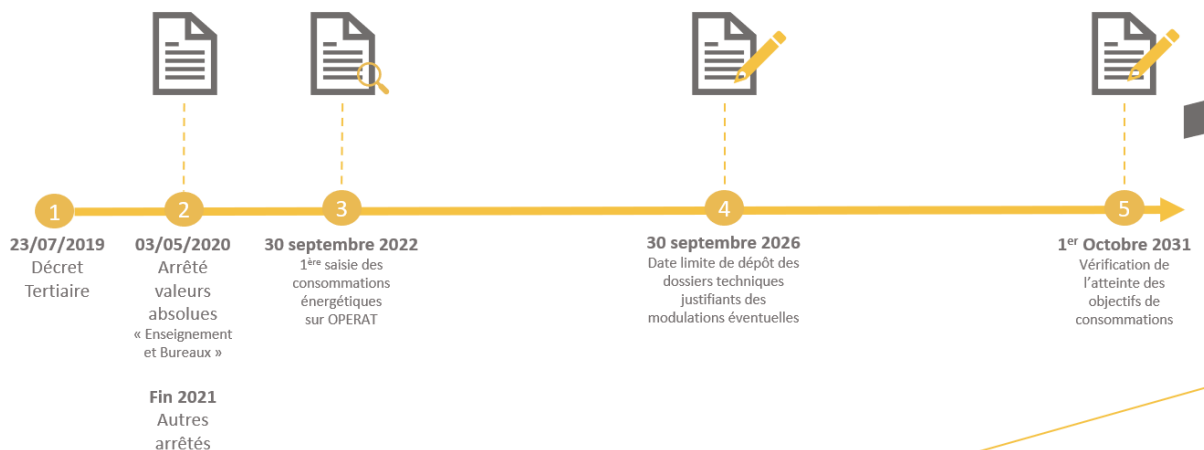
L'assujetti pourra bénéficier d'une **mutualisation** des consommations d'énergie à l'échelle de tout ou partie de son patrimoine. Pour cela, l'écart entre la consommation d'énergie finale réelle de chaque bâtiment concerné et

³ Loi ELAN : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037639478/>

⁴ Décret tertiaire : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038812251>

chacun des 2 objectifs « valeur relative » et « valeur absolue » est évalué. En cas d'atteinte de l'un des deux objectifs, l'écart de consommation d'énergie le plus significatif pourra être réaffecté à un ou plusieurs autres bâtiments concernés n'ayant respecté aucun des deux objectifs.

Calendrier des échéances réglementaires



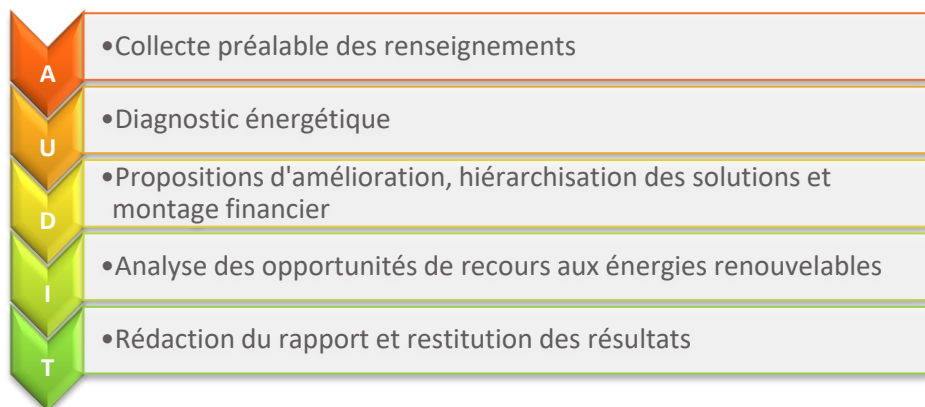
En cas de non-atteinte des objectifs (et/ou la non-transmission des données), dont la première évaluation sera faite en 2031, les **sanctions** encourues sont une amende de 5^{ème} classe (maximum 7 500 €), ainsi que la publication de l'identité des « mauvais élèves » par les services de l'Etat.

A noter que l'ensemble des éléments relatifs au décret tertiaire présentés dans ce rapport sont conditionnés au niveau de connaissance actuel de la réglementation.

2.3 METHODOLOGIE EMPLOYEE

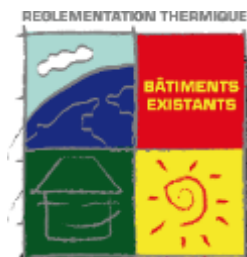
2.3.1 Processus de l'audit énergétique

Le diagnostic peut se décomposer en cinq étapes distinctes :



2.3.2 Présentation des outils utilisés - Pléiades+Comfie

Sur la base des éléments techniques, architecturaux et fonctionnels de l'état de lieux et de l'analyse rétrospective des consommations et des usages énergétiques, un modèle thermique des bâtiments existants a été construit à l'aide du logiciel Pléiades+Comfie. Ce dernier permet de réaliser, sur la base d'une saisie unique des caractéristiques thermiques des bâtiments et des caractéristiques techniques des systèmes, trois types d'évaluations :



1. La méthode conventionnelle par le logiciel Pléiades de IZUBA utilisant la méthode TH-C-E ex (calcul réglementaire) établie par le CSTB, permet de simuler un bâtiment de manière conventionnelle (ou intrinsèque) en fonction de scénarios d'occupation prédéfinis et fixes, qu'il n'est pas possible de moduler (température intérieure de référence, occupation du bâtiment, etc.).

Cette méthode est utilisée par tous les bureaux d'études thermiques et ainsi, il est possible de conserver les mêmes résultats sur toutes les étapes d'un projet (de l'audit énergétique à la phase travaux). Cette méthode permet ainsi d'épurer la simulation des comportements d'usage du bâtiment et d'occupation (par exemple : température de consigne élevée, ouverture des ouvrants pour réguler le chauffage, etc.). Ainsi, il est possible de comparer de manière objective les bâtiments d'un même usage (bâtiment collectif, maison individuelle, enseignement, etc.).

Cette simulation présente les consommations de 5 usages (chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, auxiliaires (de ventilation et de chauffage). C'est sur cette simulation que sont basées les subventions qu'il est possible d'obtenir.

2. La méthode par simulation thermique dynamique (STD). Cette méthode permet de caler le modèle thermique du bâtiment au plus près des consommations énergétiques réelles issues des factures. Les résultats du modèle thermique élaboré et les consommations énergétiques réelles sont confrontés, les hypothèses de calcul sont modifiées par essai-erreur en vue de réduire autant que possible l'écart entre les deux. Cette méthode de calcul est utilisée pour évaluer le potentiel d'économies d'énergie des actions d'efficacité énergétique dans la suite du rapport. Au-delà de la possibilité de prendre en compte la spécificité des comportements et des usages, cette méthode a une plus-value certaine dans l'évaluation des problématiques de confort d'été et de mi-saison, et de mise en température des locaux.



PLEIADES

3 SYNTHÈSE DES MÉTHODES UTILISÉES ET DIFFÉRENCES

<u>Désignation</u>	<u>Méthode réelle</u>	<u>Méthode conventionnelle</u>
Périmètre des usages pris en comptes	Tous les usages du site.	5 usages : Chauffage, ECS, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilation et chauffage).
Paramètres d'usage et d'utilisation	Ceux constatés durant la visite afin d'adapter le modèle thermique à la réalité.	Ceux fixés dans la méthode de calcul. Ces paramètres ne peuvent pas être modifiés.
Objectif de cette méthode	Cette méthode permet : De fragmenter les factures disponibles en fonction des postes de consommation D'être le plus précis possible sur les économies d'énergie pressenties vis-à-vis des interventions proposées. D'avoir des temps de retour cohérents et représentatifs de la réalité	Cette méthode permet de comparer les bâtiments ayant la même fonction entre eux. Les subventions se basent sur cette méthode pour vérifier l'éligibilité.
Analyse des résultats	Les résultats présentés correspondent aux dépenses réelles du Maître d'Ouvrage.	Cette méthode donne une tendance théorique des consommations, qui ne correspond pas aux consommations réelles du bâtiment
Présentation dans le rapport	Les résultats de l'état actuel seront présentés selon cette méthode (estimation des consommations par poste, des dépenses, etc.). Les gains énergétiques (en kWh et en €TTC) des interventions et des scénarios seront également présentés suivant cette méthode	Une indication sur le résultat de l'étiquette sera uniquement présentée.

Les résultats des deux simulations ne peuvent donc pas être comparés car le périmètre de ces deux calculs est différent.

3.1 LISTE DES DOCUMENTS TRANSMIS PAR LA MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	Plans de niveaux du bâtiment et plans de coupe	DWG
Consommations énergétiques	Consommations et dépenses de gaz des années 2018 à 2022 (hors 2020). Consommations et dépenses électriques des années 2018 à 2022 (hors 2020).	Excel
Divers	DOE CVC	PDF
	DOE ECFO	PDF

3.2 HYPOTHESES PRISES POUR LA REALISATION DE L'ETUDE

- Fonctionnement permanent des CTA
- Fonctionnement permanent du chauffage avec une température de confort de 21°C.
- La présence d'une épaisseur d'isolation de 9cm sur les murs extérieurs est prise par hypothèse au vu de la date de construction du bâtiment 2000
- La présence d'une épaisseur d'isolation de 9cm sur les toitures terrasse est prise par hypothèse au vu de la date de construction du bâtiment 2000
- La présence d'une épaisseur d'isolation de 15cm sur les combles perdus est prise par hypothèse au vu de la date de construction du bâtiment 2000
- La présence d'une épaisseur d'isolation de 5 cm sur les planchers bas donnant sur des locaux non chauffés et sur l'extérieur est prise par hypothèse au vu de la date de construction du bâtiment 2000.
- Température de consigne en froid de 22°C active pendant l'occupation des locaux.

3.3 ANOMALIES EVENTUELLES A FAIRE REMONTER

Sans objet.

3.4 POINTS BLOQUANTS

L'amphithéâtre était inaccessible au moment de la visite.

3.5 ESTIMATIONS DES QUANTITES POUR LES DIFFERENTES PRESCRIPTIONS

La date de valeur des estimations correspond à la date de notre visite sur site, soit le 06/09/2023. Les quantités prescrites dans les interventions correspondent à des estimations réalisées à la suite de celle-ci.

4 DESCRIPTION DU SITE

4.1 INFORMATIONS GENERALES

4.1.1 Périmètre du diagnostic

Observatoire océanique Banyuls - Laboratoire Arago - Bâtiment B Edouard Chatton
2 Av. de la Côte Vermeille, 66650 Banyuls-sur-Mer

4.1.2 Coordonnées des interlocuteurs

	Observatoire océanique Banyuls - Laboratoire Arago - Bâtiment B Edouard Chatton
Nom	Alessandra GHIONE
Téléphone	01 44 27 24 51
Fonction	Ingénieur Environnement Développement Durable
E-mail	alessandra.ghione@sorbonne-universite.fr

4.1.3 Visite

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

Situation	
Date de la visite :	06/09/2023
Diagnostiqueur :	Mehdi IDRISSE-BOUTAYBI midrissi-boutaybi@alterea.fr
Accompagnateurs :	Florent AUMAR
Conditions climatiques :	T _{ext.} = 26°C, Ensoleillé

4.1.4 Travaux antérieurs ou programmés

Les travaux antérieurs ou programmés sont les suivants :

Travaux	Date
Relamping LED	2022- 2023

4.1.5 Vue aérienne du site



4.2 DONNEES D'USAGE DU SITE

4.2.1 Bâtiments

Bâtiment	Année de Construction	Niveaux	SHON étudiée	Surface chauffée	Usage
Bâtiment B Edouard Chatton	2000	4	2 223 m ²	2 021 m ²	Recherche/Laboratoires

4.2.2 Occupation du bâtiment

4.2.2.1 Horaires du site

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture	08h00	08h00	08h00	08h00	08h00	-	-
Fermeture	19h00	19h00	19h00	19h00	19h00	-	-

4.2.2.2 Fréquentation du site

Dénomination	Effectif
Effectif du site	337 personnes (commission de sécurité, personnel) L'effectif des étudiants est inconnu

4.3 ANALYSE DU CONFORT DES USAGERS

Les usagers du site ont été interrogés et il ressort les analyses suivantes sur leur confort :

Confort	Ressenti des occupants / Note	Commentaires
Hivernal		Le confort hivernal est modéré. Compte tenu de la date de construction du bâtiment, l'enveloppe thermique est moyennement performante. Les parois présentent une isolation et les menuiseries sont en double vitrage aluminium. Afin de pallier des problématiques de confort en période hivernale, le chauffage est actif en permanence depuis plusieurs années.
Estival		Le site est occupé toute l'année à l'exception de la période de fermeture (2 semaines en été). La majorité des bureaux et laboratoires est climatisée. Toutefois, il a été remonté que la climatisation présente des défauts dans plusieurs bureaux. Des thermostats d'ambiances individuelles ont été installés dans 5 bureaux afin de pallier cette problématique.
Lumineux		Le confort lumineux est moyen. Les systèmes d'éclairage sont présents en quantités suffisantes, mais sont d'ancienne technologie pour la majorité. Les nombreuses menuiseries permettent d'assurer un confort lumineux satisfaisant.
Acoustique		Dans l'ensemble, l'acoustique du bâtiment est bonne et l'environnement alentour n'occasionne peu de nuisances sonores.
Renouvellement d'air (ventilation)		L'ensemble du bâtiment est ventilé mécaniquement par l'intermédiaire de plusieurs CTA et UTA.
Étanchéité à l'air		L'étanchéité à l'air est moyenne. Les menuiseries sont d'origine, leur niveau d'étanchéité est moyen.
Le nombre de pictogrammes correspond au niveau de confort selon la légende ci-dessous :		
Légende :		Confort faible
		Confort moyen
		Confort bon
		Confort très bon

4.4 ANALYSE DU COMPORTEMENT DES USAGERS

Inspection des comportements	
Comportement des usagers	
Le public est-il sensibilisé aux problématiques énergétiques ?	Non très peu
Hiver : Comportement des usagers vis-à-vis de l'ouverture des Mex	Ouverture occasionnelle
Hiver : Les portes d'accès aux bâtiments (halls, portes d'entrée, accès techniques, etc) sont	Laissées rarement ouvertes
Comportement vis à vis de la bureautique - Personnel	Extinction de beaucoup de postes
Comportement vis à vis des radiateurs	Robinets ouverts au maximum
Comportement vis à vis de l'éclairage	Les usagers éteignent souvent les éclairages
Comportement vis à vis des douches	Absence de douches
Ressenti des usagers	
Les usagers ont-ils des sensations de froid en hiver ?	Oui (ensemble du site)
Les usagers ont-ils des sensations de chaud en été ?	Oui (ensemble du site)
Les usagers ressentent-ils des courants d'air ?	Oui (zones ponctuelles)
Les usagers mentionnent-ils des problématiques liées à la qualité de l'air (odeurs, air sec, air humide, ...) ?	Non
Appréciation générale du comportement des usagers	
Performance	2
Commentaires	Les usagers du bâtiment sont peu sensibilisés aux enjeux énergétiques. Leur comportement est bon envers les équipements de bureautique et de l'éclairage tout en ayant un petit bémol concernant la régulation des radiateurs (robinets ouverts).

5 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE

5.1 USAGES ENERGETIQUES DU SITE

	Gaz naturel	Electricité
Chauffage	X	
Climatisation		X
ECS		X
Auxiliaires		X
Eclairage		X
Ventilation		X
Usages spécifiques		X

5.2 PLAN DE COMPTAGE DES ENERGIES

5.2.1 Description de l'approvisionnement en électricité

- Le site dispose d'un seul compteur général qui dessert le bâtiment B ainsi que le bâtiment A et C qui sont hors périmètre d'étude.
- Une répartition surfacique a été estimée par le maître d'ouvrage.
- Aucune présence de sous-compteur pour l'électricité.

Zone	Type de compteur	Matricule compteur	PDL	Fournisseur	Puissance souscrite
NC	Fournisseur	-	30002420526566	NC	NC

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

Réseau électrique	Compteur général électrique	Départ 1 :	Eclairage
		Départ 2 :	Prises de courant
		Départ 3 :	CVC
		Départ 4 :	Laboratoires

Légende		
Compteur concessionnaire existant	Sous-compteur existant	Sous-compteur à poser en vue d'une maîtrise complète des consommations d'énergie du site

Aucun sous compteur n'est présent sur site afin d'indiquer avec précision les consommations spécifiques des différents usages du bâtiment du site. La mise en place de sous-compteurs électriques permettrait d'identifier précisément les consommations et de limiter le risque de dérives énergétiques.

5.2.2 Description de l'approvisionnement en gaz naturel

Le site dispose d'un seul point de livraison pour le gaz naturel

Zone	Type de compteur	Matricule compteur	PCE	Fournisseur
NC	Fournisseur	-	GI056661	NC

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

Gaz naturel	Compteur général	Départ 1 :	Circuit radiateurs
		Départ 2 :	Circuit ventilo-convecteurs + CTA

Légende		
Compteur concessionnaire existant	Sous-compteur existant	Sous-compteur à poser en vue d'une maîtrise complète des consommations d'énergie du site

Actuellement il n'y a pas de sous-comptage thermique concernant le gaz. Le schéma de principe présent dans la chaufferie a permis d'identifier clairement les départs de chauffage au sein du bâtiment.

5.3 HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS

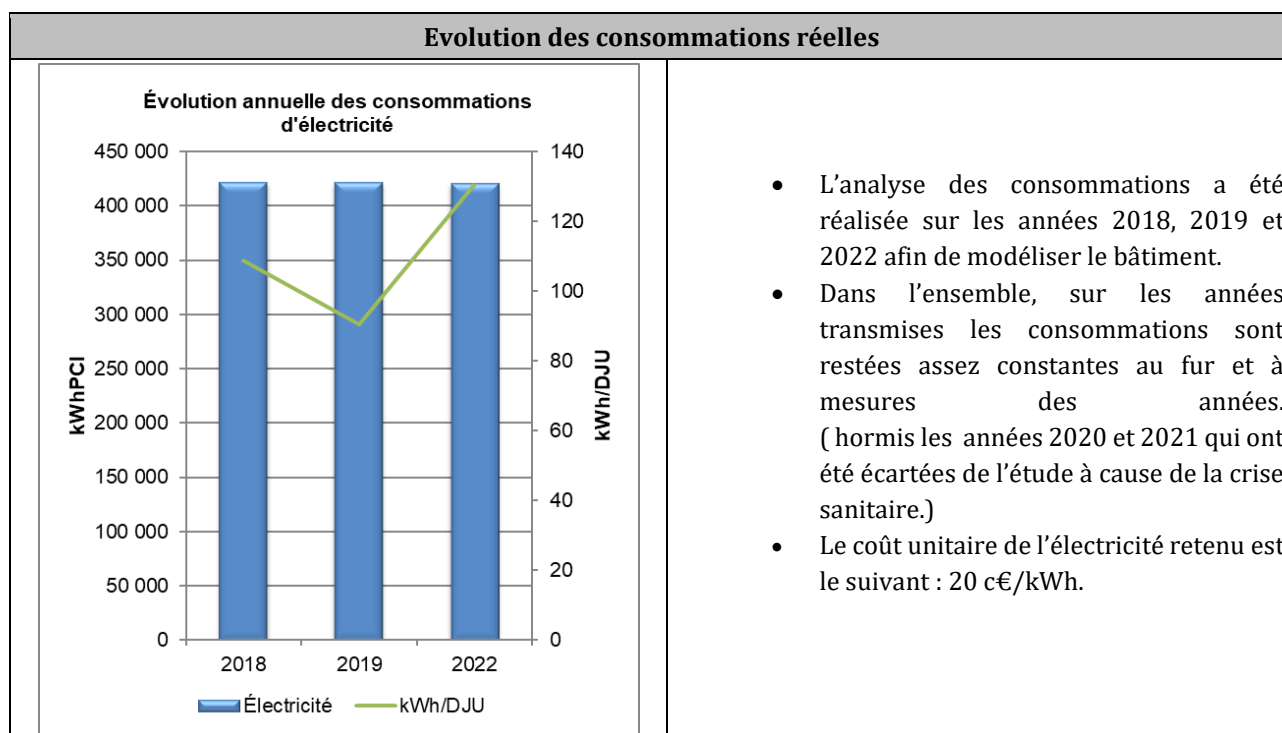
5.3.1 Electricité

Les consommations ci-dessous sont issues de la répartition surfacique entre le bâtiment B,A et C fournie par la Maîtrise d'Ouvrage.

Consommations énergétiques réelles		2018	2019	2022*	Moyenne classique	Ratio kWh _{EP} /m ² _{SHON}
Électricité	Consommations (kWh _{EF})	421 484	421 369	420 000	420 951	434.2
	Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	35 405	35 395	35 280	35 360	
	Dépenses (€ ^{TTC})	84 297	84 274	84 000	84 190	
	Coût unitaire (€ ^{TTC} /kWh)	0.2	0.2	0.2	0.2	

* L'année 2020 et 2021 a été écartée au vu de la modification d'usage à cause de l'épidémie COVID-19.

Les facteurs de conversion pour l'émission de gaz à effet de serre sont précisés (12.4.4).



5.3.2 Gaz naturel

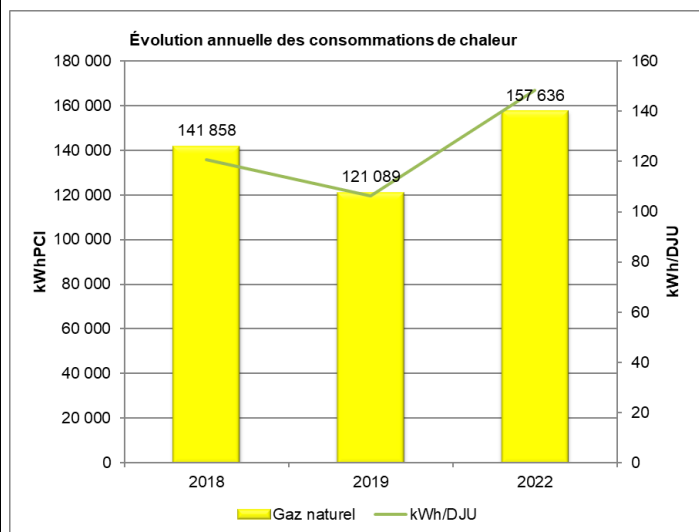
Les consommations ci-dessous nous ont été transmises par le Maître d'Ouvrage :

Consommations énergétiques réelles		2018	2019	2022*	Moyenne classique	Moyenne corrigée DJU	Ratio kWh _{EP} /m ² _{SHON}
Gaz naturel	Consommations (kWh _{EF})	141 858	121 089	157 636	140 194	167 596	67,0
	Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	33 195	28 335	36 887	32 805	34 462	
	Dépenses (€ ^{TTC})	17 321	14 785	19 247	17 118	17 982	
	Coût unitaire (€ ^{TTC} /kWh _{PCI})	0.12	0.12	0.12	0.12		
	DJU (Station : Cap-Bear)	1 175	1 138	1 063			
	DJU Décennaux : 1339						

* L'année 2020 et 2021 a été écartée au vu de la modification d'usage à cause de l'épidémie COVID-19.

Les facteurs de conversion pour l'émission de gaz à effet de serre sont précisés (12.4.4).

Evolution des consommations réelles



- L'analyse des consommations a été réalisée sur les années 2018, 2019 et 2022 afin de modéliser le bâtiment.
- Les consommations ont légèrement diminué entre 2018 et 2019. Aucune explication n'a pu être transmise pour justifier cette baisse. Entre 2019 et 2022, les consommations ont augmenté. Cela peut s'expliquer par le retour à une occupation normale du bâtiment, et à l'ouverture des menuiseries pendant l'hiver à la suite de la crise sanitaire.
- Dans l'ensemble, les consommations en chauffage ont connu des fluctuations entre 2018 et 2022. Cette analyse sera faite dans le chapitre « Decret tertiaire » plus loin dans le rapport.
- Le coût unitaire du gaz naturel retenu est le suivant : 11 c€/kWh_{PCS}.

5.3.3 Détermination 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. Ensuite, une modulation des consommations d'énergie vis-à-vis de la rigueur climatique (DJU) pour les postes chauffage et climatisation est effectuée. Les années non renseignées dans le tableau ci-après sont liées à des données non exploitables ou non disponibles.

Consommations énergétiques corrigées à la rigueur climatique (Toutes énergies confondues)									
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
-	-	-	-	-	-	-	-	547 101	542 379

L'année 2018 étant la plus consommatrice sur ces dix dernières années, elle est sélectionnée pour année de référence.

La consommation de référence associée est de 271 kWhEF/m²SP.an

Il sera possible de valoriser gratuitement les travaux énergétiques réalisés entre 2019 et aujourd'hui, dans l'atteinte des objectifs énergétiques réglementaires

La détermination de l'année de référence ainsi que les différents calculs concernant le DEET sont réalisées uniquement sur le périmètre de cette étude sans prendre en compte les autres bâtiments également assujetties dans la même EFA.

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

Deux options sont possibles pour définir les objectifs de réduction des consommations d'énergie aux échéances temporelles 2030, 2040 et 2050 :

- Les **valeurs relatives** déterminent les consommations d'énergie à cibler en appliquant un pourcentage de réduction à la consommation de l'année de référence sélectionnée : -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050 ;
- Les **valeurs absolues** fixent les consommations d'énergie à atteindre, par des arrêtés spécifiques aux différentes catégories de bâtiments. Cette méthode est davantage adaptée aux bâtiments récents et/ou peu consommateurs. A ce jour, seul l'arrêté pour les catégories de bâtiments « Enseignement et Bureaux » et pour l'échéance 2030 est publié en date du 24 novembre 2020 ; les arrêtés pour les autres usages sont attendus pour fin 2021.

Calcul des objectifs « décret tertiaire » :

Les objectifs de consommation d'énergie calculés sont :

- Objectif absolu 2030 = NC
- Objectif relatif 2030 (-40%) = 162 kWhEF/m²
- Objectif relatif 2040 (-50%) = 135 kWhEF/m²
- Objectif relatif 2050 (-60%) = 108 kWhEF/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 n'est pas encore paru. Les objectifs en valeur absolue pour 2040 et 2050 ne sont pas encore disponibles.

Objectifs « décret tertiaire » retenus :

Ainsi, les objectifs « décret tertiaire » retenus dans le cadre de cette étude sont :

- **Objectif relatif 2030 (-40%) = 162 kWhEF/m²**
- **Objectif relatif 2040 (-50%) = 135 kWhEF/m²**
- **Objectif relatif 2050 (-60%) = 108 kWhEF/m²**

5.4 CONTRAINTES TECHNIQUES, ARCHITECTURALES ET PATRIMONIALES

Plusieurs contraintes peuvent compromettre l'atteinte des objectifs énergétiques :

- Contraintes techniques
- Contraintes architecturales
- Contraintes patrimoniales
- Coûts manifestement disproportionnés des actions par rapport aux avantages attendus en termes de consommations d'énergie finale.

Dans le cas où celles-ci sont avérées, elles devront être justifiées par un dossier technique. Le bâtiment concerné pourra donc faire l'objet d'une demande de modulation des objectifs.

Voici un bilan dressant par type de contrainte les difficultés éventuelles du site audité.

Contrainte décret tertiaire	
Contraintes techniques	
Façade incompatible avec ITE ?	Oui
Façade perspirante / en pans de bois	Non
Impossibilité de placer un équipement sur façade (conduit fumée, groupe ext., ...)	Oui
Plancher non isolable (tel voute en pierre/moellon, plancher métallique...)	Non
Retour d'isolant sur fenêtre complexe ?	Non
Pas de surface extérieure pour technologie potentiel/nécessaire (ex : forage géothermique, silos bois...)	Oui
HSP<2.7m	Oui
Contraintes architecturales	
Problème de surplomb de la parcelle voisine	Oui
Façade ouvragée/complexe ?	Non
Homogénéité des menuiseries ?	Oui
Descente EP complexe à modifier	Non
Absence d'entrée d'air ?	Non
Contraintes patrimoniales⁵	
Bâtiments classés ?	Non
Bâtiment d'avant 1930 (bâtiment qualitatif) ou matériaux noble (pierre de taille/brique/ardoise/zinc)	Non
Présence de surélévation ou d'extension ?	Non
Environnement du bâtiment à valeur patrimoniale importante ?	Non
Coûts disproportionnés	
Actions de rénovations relatives à l'enveloppe : TRI ⁶ > 30ans ?	Oui
Travaux de renouvellement des équipements énergétiques : TRI > 15ans ?	Oui
Mise en place de système d'optimisation et d'exploitation des systèmes : TRI > 6ans ?	Oui

⁵ L'analyse du périmètre classé a été réalisée depuis le site <http://atlas.patrimoines.culture.fr>

⁶ Temps de retour sur investissement brut

6 DESCRIPTION DU BATIMENT

6.1 BATI

Légende utilisée pour la suite de l'audit :

U : Coefficient de transmission thermique ($W/m^2.K$)

U_w : Coefficient de transmission thermique Windows ($W/m^2.K$). Cela correspond à la mesure l'ensemble de la fenêtre (résultat du U_f du cadre (U_{frame}) et du U_g du vitrage (U_{glass})).

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

Paroi opaque						
Mur sur extérieur 2		Surface	U	P	V	
-	Type :	Béton plein	149 m ²	3,52	0	2
	Epaisseur :	30 cm				
	Année :	Non déterminée				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Aucune isolation				
	Isolant :	Aucun				
	Epaisseur d'isolation :	0 cm				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3.2				
Localisation :		Hall RDC / R+1				
Mur sur extérieur 1		Surface	U	P	V	
	Type :	Béton plein	1 241 m ²	0,36	2	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Année :	2000				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur				
	Isolant :	Laine de verre				
	Epaisseur d'isolation :	9 cm				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3.2				

Commentaire par paroi	
Mur sur extérieur 2	Une partie des murs ne sont pas isolés. L'absence d'isolant a été constaté durant la visite. La mise en place d'une isolation par l'intérieur est préconisée.
Mur sur extérieur 1	Les murs du bâtiment sont en béton et isolés par l'intérieur. L'épaisseur d'isolation n'a pas pu être mesurée durant la visite. Il est pris comme hypothèse que la performance thermique de la paroi respecte la performance de la réglementation thermique en vigueur lors de la construction du bâtiment (RT2000). Il est préconisé d'améliorer l'isolation déjà présente. Une isolation thermique par l'extérieur n'est pas préconisée au vu de l'implantation complexe du bâtiment.

Menuiserie				
Porte d'accueil et portes secondaires		Surface	Uw	P
				V

Menuiserie					
	Matériau et vitrage :	Aluminium / Simple vitrage	2 m ²	5.50	0
	Etanchéité :	Faible			
	Remplissage :	Sans objet			
	Année :	1932			
	Occultation :	Aucune			
	Matériau occultation :	Sans objet			
	Position :	Nu intérieur			
	Fermeture :	Battante			
	Pathologies :	Présence de défauts d'étanchéité à l'air ponctuels au niveau du cadre			
Garde-fou RTex 2023 (Uw) :		1.9			
Fenêtre sur extérieur - Ensemble du site			Surface	Uw	P
	Matériau et vitrage :	Aluminium / Double vitrage lame d'air 10 mm	407 m ²	3.90	1
	Etanchéité :	Moyenne			
	Remplissage :	Air			
	Occultation :	Aucune			
	Matériau occultation :	Sans objet			
	Position :	Nu intérieur			
	Pathologies :	Présence de défauts d'étanchéité à l'air ponctuels au niveau du cadre			
Garde-fou RTex 2023 (Uw) :		1.9			

Commentaire par paroi	
Porte d'accueil et portes secondaires	Les portes d'accueil et portes secondaires sont en aluminium. Les parties vitrées sont en simple vitrage. Elles sont peu performantes. Leurs remplacements sont préconisés.
Fenêtre sur extérieur - Ensemble du site	Le site est équipé de menuiserie double vitrage en aluminium. Le niveau d'étanchéité de la menuiserie est faible. Un remplacement par du double vitrage plus performant est un levier important dans l'objectif de réduction de consommation.

Plancher haut						
Toiture-terrasse			Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	701 m²	0,39	1	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Polystyrène expansé				
	Epaisseur d'isolation :	9 cm				
	Etanchéité :	Finition lourde				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Année :	2000				
Garde-fou RTex 2023 (R) :		4.5				
Combles perdus			Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	478 m²	0,29	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Ventilation des combles perdus :	Local peu ventilé				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Laine de roche				
	Epaisseur d'isolation :	15 cm				
	Pathologies :	Isolant dégradé				
	Année :	2000				
Etanchéité :		Tuile avec pare-pluie				
Garde-fou RTex 2023 (R) :		5.2				
Surface vitrée en plancher haut			Surface	U	P	V
-	Type :	Aluminium / double vitrage	22m²	3,30	1	2
	Année :	Non déterminée				
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	2.5				

Commentaire par paroi	
Toiture-terrasse	Le plancher haut du bâtiment est de plusieurs types dont une toiture terrasse. Ce type de plancher haut est présent en périphérie de la zone tampon de la bibliothèque et sur les passages techniques de la toiture du R+3. L'épaisseur d'isolation n'a pas pu être mesurée durant la visite. Il est pris comme hypothèse que la performance thermique de la paroi respecte la performance de la réglementation thermique en vigueur lors de la construction du bâtiment (RT2000). Il est préconisé d'améliorer l'isolation déjà présente.
Combles perdus	Les pièces du R+3 donnent sur des combles. L'épaisseur d'isolant a pu être mesurée durant la visite. L'état de l'isolant est mauvais. La réfection totale de l'isolation est préconisée.
Surface vitrée en plancher haut	Les menuiseries au niveau des planchers hauts sont moyennement performantes. Le remplacement de ces menuiseries est préconisé.

Plancher bas					
Plancher bas sur extérieur - Ensemble du bâtiment		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	875 m²	0,76	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face			
	Isolant :	Flocage coupe-feu			
	Epaisseur d'isolation :	5 cm			
	Année :	2000			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3			
Plancher bas sur locaux non chauffés		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	199 m²	0,96	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face			
	Isolant :	Flocage coupe-feu			
	Epaisseur d'isolation :	5 cm			
	Année :	2000			
	Position :	Local technique			
	Ventilation du local non chauffé :	Local ventilé			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3			

Plancher bas sur terre-plein - Hall d'accueil		Surface	U	P	V	
-	Type :	Dalle béton	126 m²	0,65	1	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Aucune isolation				
	Isolant :	Aucun				
	Epaisseur d'isolation :	Non déterminée				
	Année :	2000				
	Pathologies :	Absence de pathologie				

Commentaire par paroi	
Plancher bas sur extérieur - Ensemble du bâtiment	Les planchers bas donnants sur les locaux non chauffés sont isolés par un flochage coupe-feu. L'amélioration de l'isolation est préconisée.
Plancher bas sur locaux non chauffés	Les planchers bas donnant sur les locaux non chauffés sont isolés par un flochage coupe-feu. L'amélioration de l'isolation est préconisée.
Plancher bas sur terre-plein - Hall d'accueil	L'épaisseur d'isolation n'a pas pu être mesurée durant la visite. Il est pris pour hypothèse que la performance thermique de la paroi respecte la performance de la réglementation thermique en vigueur lors de la construction du bâtiment (RT2000). Aucune intervention n'est préconisée.

6.2 CHAUFFAGE

6.2.1 Description de la chaufferie

Production de chaleur			
Chaudière gaz standard - Ensemble du bâtiment		P	V
	Locaux desservis :	Ensemble du bâtiment	
	Energie :	Gaz naturel	
	Puissance thermique :	130 kW	
	Classement ICPE :	Non	
	Technologie :	Standard	
	Fonction :	Chaudière principale	
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées	
	Position :	Au sol	
	Année :	1999	
	Marque :	Chappee	
	Modèle :	NXR3/35	
	Nombre :	2	
Localisation :		Chaufferies	
		1	2

Commentaire par équipement	
Chaudière gaz standard - Ensemble du bâtiment	Deux chaudières gaz standard assurent les besoins en chauffage du bâtiment. Leur remplacement par deux pompes à chaleur air/eau est envisageable à condition de réaliser des travaux d'isolation en amont.

Auxiliaire de chauffage			
Pompe chauffage - Circuit primaire chauffage		P	V
	Puissance électrique :	1520 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Primaire	
	Nom du départ :	Circuit primaire chauffage	
	Taille :	Grande	
	Marque :	Salmson	
	Modèle :	DCX65-90	
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	1	
		1	1

Pompe chauffage - Circuit radiateurs		P	V
	Puissance électrique :	267 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ constant	
	Nom du départ :	Circuit radiateurs	
	Taille :	Moyenne	
	Marque :	Salmson	
	Modèle :	CXL2100N-T3	
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	1	
Pompe chauffage - Circuit ventilo-convecteurs + CTA		P	V
	Puissance électrique :	2700 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Circuit ventilo-convecteurs + CTA	
	Taille :	Grande	
	Marque :	Salmson	
	Modèle :	DCX2801	
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	1	
Pompe chauffage - Circuit primaire eau chaude		P	V
	Puissance électrique :	120 W	
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Primaire	
	Taille :	Petite	
	Marque :	Wilo	
	Modèle :	MAXO 30	
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	2	

Commentaire par équipement	
Pompe chauffage - Circuit primaire chauffage	Une pompe double à débit constant est présente. Son remplacement par une pompe à débit variable est à prévoir.
Pompe chauffage - Circuit radiateurs	Une pompe double à débit constant est présente. Son remplacement par une pompe à débit variable est à prévoir.
Pompe chauffage - Circuit ventilo-convecteurs + CTA	Une pompe double à débit constant est présente. Son remplacement par une pompe à débit variable est à prévoir.
Pompe chauffage - Circuit primaire eau chaude	Une pompe double à débit variable est présente. Elle est performante et en bon état, aucune action n'est donc à prévoir.

Distribution de chaleur			
Réseaux de chauffage		P	V
	Marque :	Sans objet	
	3 :	Sans objet	
	Nature :	PVC	
	Technologie :	Présence de calorifuge sur l'ensemble des réseaux	
	Type d'isolation :	Isolant en caoutchouc synthétique ou manchon isolant élastomère type Armaflex	
	Epaisseur :	4 cm	
	Localisation :	En locaux technique	
		3	2
Compteur gaz		P	V
	Type :	Compteur concessionnaire	
	Nombre :	1	
		NC	2
Commentaire par équipement			
Réseaux de chauffage	Les réseaux de chauffage sont bien calorifugés et sont en bon état, aucune action n'est à prévoir.		

6.2.2 Description des émetteurs

Emission de chaleur			
Ventilo-convecteurs chaud		P	V
-	Energie : Hydraulique	2	2
	Technologie : 2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)		
	Position : En allège		
	Pathologies : Absence de pathologie		
	Année : Non déterminée		
Localisation : Bibliothèque			
Soufflage depuis une UTA		P	V
	Position : Bouche de soufflage plafonnière	2	2
	Pathologies : Absence de pathologie		
	Année : Non déterminée		
	Localisation : Bureaux		
Soufflage depuis une CTA - Laboratoires		P	V
	Position : Bouche de soufflage plafonnière	2	2
	Pathologies : Absence de pathologie		
	Année : Non déterminée		

Soufflage depuis une CTA - Cafeteria		P	V
	Position : Bouche de soufflage plafonnière	2	2
	Pathologies : Absence de pathologie		
	Année : Non déterminée		
Radiateur hydraulique		P	V
	Locaux desservis : Circulations et sanitaires	2	1
	Energie : Hydraulique		
	Technologie : Radiateur		
	Matériau : Acier		
	Température : Haute		
	Pathologies : Absence de pathologie		
	Année : Non déterminée		

Commentaire par équipement	
Soufflage depuis une CTA - Laboratoires	Les laboratoires sont chauffés par le biais d'une bouche de soufflage plafonnière depuis le départ vers la CTA/ventilo-convecteurs.
Soufflage depuis une CTA - Cafétéria	La cafétéria (local détente) est chauffée par le biais d'une bouche de soufflage plafonnière depuis le départ vers la CTA/ventilo-convecteurs.
Radiateur hydraulique	Les circulations et sanitaires sont chauffés par l'intermédiaire de radiateurs en acier
Ventilo-convecteurs chaud	La zone bibliothèque est chauffée par des ventilo-convecteurs réversibles
Soufflage depuis une UTA	Les bureaux sont chauffés par le biais d'une bouche de soufflage plafonnière depuis le départ vers la CTA/ventilo-convecteurs. Le départ alimente des Unités de Traitement d'Air (UTA) présentes dans chaque bureaux.

Régulation terminale chauffage			
Régulation terminale - Ventilo convecteurs - zone bureaux		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance	
	Année :	2023	
	Marque :	Siemens	
	Modèle :	Non déterminé	
	Locaux desservis :	Bureaux (5)	
	Nombre :	1	
		2	3
Régulation terminale - Robinets manuels		P	V
	Technologie :	Robinets manuels	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	Sans objet	
	Modèle :	Sans objet	
	Locaux desservis :	Peu de bureau ou de salle de classe	
	Nombre :	Non déterminé	
		1	1

Commentaire par équipement	
Régulation terminale - Ventilo convecteurs - zone bureaux	Afin de pallier les problématiques de régulation de la climatisation des locaux, des régulateurs terminaux ont été installés dans 5 bureaux. La climatisation est activée manuellement par les usagers. La température de consigne de chauffage est toutefois inconnue.
Régulation terminale - Robinets manuels	Tous les radiateurs du site disposent de robinet manuel sur les radiateurs. La mise en place de robinets thermostatiques participerait grandement à l'amélioration du confort au sein des pièces.

6.2.3 Schéma de principe

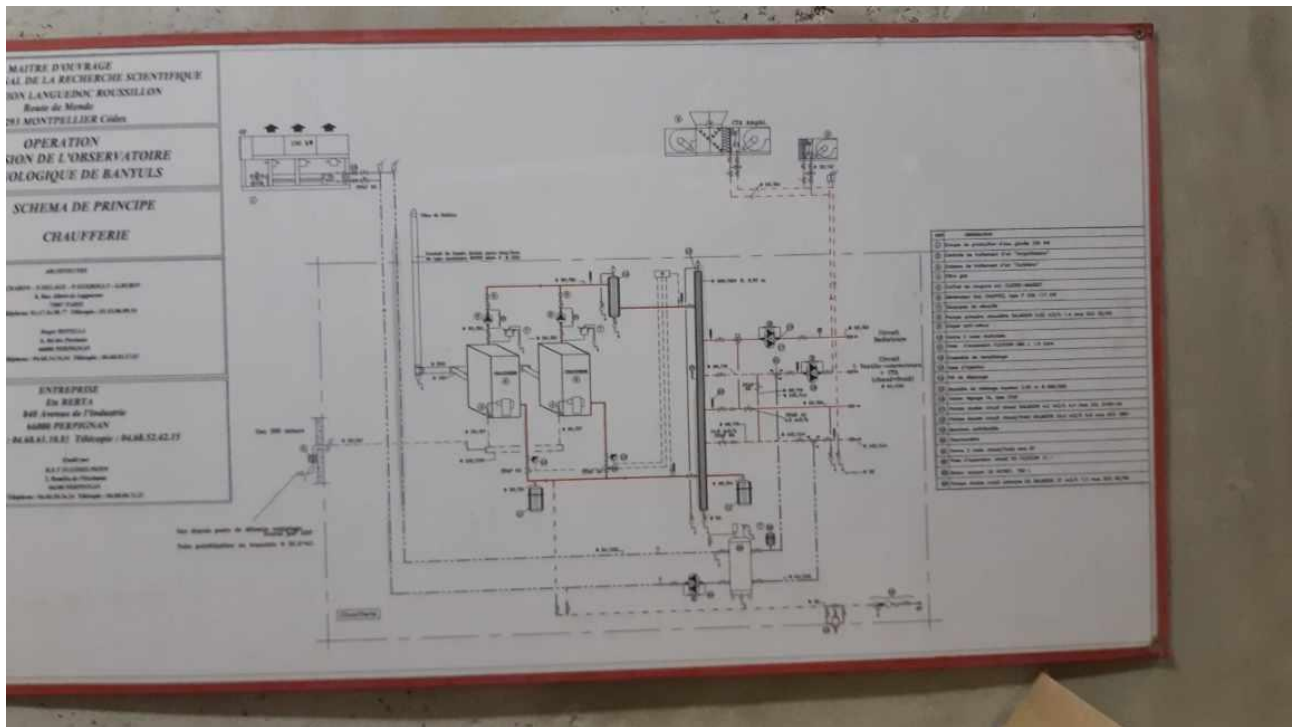


Figure 1 : Schéma de principe de la chaufferie

Dans la chaufferie est présent une version du schéma de principe qui n'est pas à jour...

Ce schéma de principe est important pour assurer une bonne maintenance des équipements avec une compréhension rapide de l'installation. Une mise à jour de ce schéma est à prévoir via le mainteneur.

6.2.4 Analyse de la conformité

Conformité réglementaire Chauffage	
Nom du local	Chaufferie
Situation	RDC
Accessibilité	Oui
Sens d'ouverture de la porte d'accès	Intérieur vers extérieur
Présence d'une barre antipanique	Oui
Présence d'un ferme-porte	Oui
Balayage chaufferie	Conforme
Type de ventilation basse	Conduit d'air
Type de ventilation haute	Conduit d'air
Surface de plancher de la chaufferie	42 m ²
Hauteur sous plafond	3 m
Éclairage	Suffisant
Distance entre chaudières	Ok
Présence de BAES	Oui
Etat des BAES	Bon état
Contrôle du disconnecteur	Sans objet
Présence de gaine pompiers	Sans objet
Signalétique de gaine pompiers	Sans objet
Présence de consignes de sécurité	Oui
Présence d'un schéma de principe	Oui (schéma à faire vérifier par le mainteneur)
Paroi coupe-feu	Oui
Porte coupe-feu	Oui
Nombre d'extincteur(s)	1
Présence d'une armoire électrique	Oui
Présence des schémas électriques de l'armoire	Oui
Etat de l'armoire électrique	Bon état
Espace libre dans l'armoire électrique	Sans objet
Eclairage de l'armoire électrique	Sans objet
Présence d'une coupure extérieure combustible	Sans objet
Présence d'une signalétique pour la coupure extérieure combustible	Sans objet
Etat du coffret de coupure extérieure combustible	Sans objet
Présence d'une coupure extérieure électrique	Oui
Présence d'une signalétique pour la coupure extérieure électrique	Oui
Séparation force/lumière	Oui
Présence d'une signalétique force/lumière	Oui
Etat du coffret de coupure extérieure électrique	Bon état

6.2.5 Description de la régulation

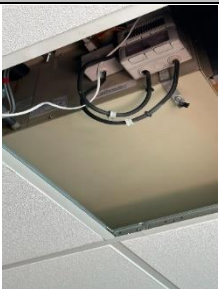
Régulation centrale chauffage			
Régulation centrale		P	V
	Technologie : Sans régulation centrale	0	NC

Commentaire par équipement	
Régulation centrale	Aucune information concernant la régulation centrale du chauffage n'a été transmis. Une hypothèse est prise, la température de consigne est de 21°C en permanence. Ce qui ne respecte pas l'article R241-26 du code de l'énergie. Le bâtiment est soumis au décret BACS du 21/07/2020 (Building Automation and Control System). Ce décret impose la mise en place d'une GTC pour les bâtiments tertiaires disposant d'une puissance installée (Chauffage + Refroidissement) supérieure à 70 kW.

6.3 VENTILATION

Equipement de ventilation			
CTA double flux - Amphithéâtre		P	V
	Puissance :	Non déterminée	
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	
	Echangeur :	Sans objet	
	Débit d'air soufflé :	15000 m3/h	
	Débit d'air repris :	15000 m3/h	
	Batterie chaude :	Hydraulique	
	Batterie froide :	Sans objet	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Marque :	CIAT	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	
Extracteur simple flux - Zone Bureaux		P	V
	Technologie :	Autoréglable	
	Puissance :	Non déterminée	
	Type :	Sur conduit	
	Extracteur :	Classique	
	Pathologies :	Caisson à l'arrêt	
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	
CTA double flux - Zone de recherche		P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	
	Puissance :	Non déterminée	
	Echangeur :	Sur boucle d'eau	
	Batterie chaude :	Electrique	
	Batterie froide :	Sans objet	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	

Hotte d'extraction - Local service 27.A		P	V
	Puissance électrique :	0.083 kW	
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Sur conduit	
	Extracteur :	Classique	
	Pathologies :	Absence de pathologie	2
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	
CTA soufflage - Local détente		P	V
	Technologie :	CTA SF soufflage	
	Echangeur :	Sans objet	
	Batterie chaude :	Hydraulique	
	Batterie froide :	Sans objet	
	Pathologies :	CTA à l'arrêt	1
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	
Extracteur simple flux - Local détente		P	V
	Puissance électrique :	Non déterminée	
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Sur conduit	
	Extracteur :	Classique	
	Pathologies :	Absence de pathologie	2
	Année :	Non déterminée	1
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	2	
	Année :	Non déterminée	
Extracteurs simple flux - Sanitaires		P	V
	Puissance électrique :	Non déterminée	
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Sur conduit	
	Extracteur :	Basse consommation (microWatt)	
	Débit d'air :	90 m3/h	
	Pathologies :	Absence de pathologie	2
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	2

Extracteurs / sorbonnes - Laboratoires		P	V
	Puissance électrique :	0.37 kW	
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Sur conduit	
	Extracteur :	Classique	
	Locaux desservis :	Laboratoires	
	Année :	Non déterminée	
		2	1
Unité de Traitement d'Air (UTA)		P	V
	Technologie :	CTA DF sans récupération d'énergie et avec caisson de mélange	
	Puissance :	Non déterminée	
	Echangeur :	Sans objet	
	Batterie chaude :	Hydraulique	
	Batterie froide :	Hydraulique	
	Année :	Non déterminée	
	Localisation :	Bureaux	
		2	2

Commentaire par équipement	
CTA double flux - amphithéâtre	Une CTA double flux disposant d'une récupération de chaleur est présente pour le renouvellement d'air de l'amphithéâtre. L'équipement est en état d'usage.
Extracteur simple flux - Zone Bureaux	Un extracteur simple flux est présent dans les bureaux. Une partie de l'air extrait par les bouches est recyclé dans le caisson de mélange dans les UTA présentes dans chaque bureau.
CTA double flux - Zone de recherche	Une CTA double flux disposant d'une récupération de chaleur est présente pour le renouvellement d'air des laboratoires.
Hotte d'extraction - Local service 27. A	Un caisson d'extraction assure le renouvellement d'air dans ce local.
CTA soufflage - Local détente	Une CTA de soufflage d'air est présente dans le local détente. La mise en place d'une CTA double flux au niveau de ce local peut être intéressante à envisager.
Extracteur simple flux - Local détente	Le local détente dispose de son propre caisson d'extraction. Ce dernier est dans un état d'usage. Il est préconisé son remplacement.
Extracteurs simple flux - Sanitaires	Un extracteur simple flux dessert les sanitaires du bâtiment. Ce caisson est fonctionnel et en bon état.
Extracteurs / sorbonnes - Laboratoires	Deux sorbonnes sont présentes dans la majorité des laboratoires.

Régulation centrale ventilation			
Régulation centrale ventilation		P	V
	Technologie : Fonctionnement permanent	0	1
	Nombre : 1		

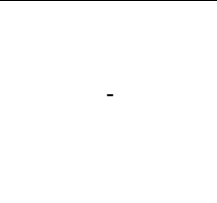
Commentaire par équipement	
Régulation centrale ventilation	Il est pris comme hypothèse que les équipements de ventilation sont en fonctionnement permanent.

6.4 EAU CHAUDE SANITAIRE

Production ECS			
Ballon électrique - Sanitaires		P	V
	Marque : Atlantic	3	2
	Nombre : 1		
	Type de production : Centralisée		
	Puissance électrique : 1.2 kW		
	Volume : 100 L		
	Technologie : Adaptée à l'usage		
	Locaux desservis : Sanitaires		
	Année : Non déterminée		
Ballon électrique - Laboratoires		P	V
	Marque : Atlantic		
	Nombre : 1		
	Type de production : Centralisée		
	Puissance électrique : 1.2 kW		
	Volume : 100 L		
	Technologie : Adaptée à l'usage		
	Locaux desservis : Non déterminée		
	Année : Non déterminée		

Commentaire par équipement	
Ballon électrique - Sanitaires	Un ballon électrique est présent dans un sanitaire. Le ballon est en bon état et il est adapté aux besoins.
Ballon électrique - Laboratoires	Un second ballon de 100l a été observé. Le ballon est en bon état et il est adapté aux besoins.

6.5 ECLAIRAGE

Source d'éclairage			
Dalles LED		P	V
	Technologie :	Luminaires LED	
	Type de luminaire :	Dalle	
	Position :	En saillie	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Sans objet	
	Année :	Non déterminée	
Tubes fluorescents anciens (36W)		P	V
	Technologie :	Tube fluorescent T8	
	Type de luminaire :	Tube	
	Nombre de lampes par luminaire :	2	
	Puissance électrique unitaire d'une lampe :	36 W	
	Position :	En saillie	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Electronique	
	Année :	Non déterminée	
Tubes fluorescents anciens (18W)		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Tube fluorescent T8	
	Type de luminaire :	Tube	
	Nombre de lampes par luminaire :	4	
	Puissance électrique unitaire d'une lampe :	18 W	
	Position :	En saillie	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Electronique	
	Année :	Non déterminée	
Ampoules LED		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Luminaires LED	
	Type de luminaire :	Ampoule	
	Nombre de lampes par luminaire :	1	
	Puissance électrique unitaire d'une lampe :	20 W	
	Position :	En applique	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Sans objet	
	Année :	Non déterminée	

Commentaire par équipement	
Commentaire général	La majorité de l'éclairage est de type fluorescent. Ces luminaires sont énergivores et n'apportent pas un confort visuel suffisant aux usagers. Un relamping LED est opéré depuis 2022. L'amélioration des performances de l'éclairage est préconisée (mise en place de luminaires LED sur l'ensemble du bâtiment, mise en place de détection de présence dans les locaux à occupation passagère et gradation en fonction de la lumière du jour dans les pièces à occupation continue).

Pilotage terminal éclairage			
Pilotage terminal éclairage intérieur - Détecteur de présence		P	V
	Technologie :	Détection de présence	
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Année :	Non déterminée	
		3	2
Pilotage terminal éclairage intérieur - Interrupteur		P	V
	Technologie :	Interrupteur manuel	
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Année :	Non déterminée	
		1	1

Commentaire par équipement	
Pilotage terminal éclairage intérieur - Détecteur de présence	Des détecteurs de présence sont présents dans quelques sanitaires. Ce type de pilotage est performant au vu du type de pièce, les détecteurs pourraient être également utilisées dans les locaux dit de passage (circulations).
Pilotage terminal éclairage intérieur - Interrupteur	Des interrupteurs sont présents dans toutes les pièces. La mise en place de détecteurs de présence est préconisée dans les pièces à occupation passagère (circulations par exemple).

6.6 CLIMATISATION

Production de froid			
Groupe d'eau glacée		P	V
	Type :	Groupe froid basique	
	Puissance froid :	150 kW	
	Puissance électrique :	0 kW	
	Technologie :	3,5 > EER >= 3	
	EER nominal :	2.6	
	Fluide frigorigène :	Information non disponible	
	Position :	Sol	
	Marque :	Beutot	
	Modèle :	NC	
	Nombre :	1	
	Année :	Non déterminée	
		2	1
Unités de climatisation		P	V
	Type :	Monosplit	
	Technologie :	3,5 > EER >= 3	
	Fluide frigorigène :	R410A	
	Marque :	Variable	
	Modèle :	Variable	
	Nombre :	18	
	Année :	Non déterminée	
		2	2

Commentaire par équipement	
Groupe d'eau glacée	Un groupe d'eau glacée situé en toiture terrasse permet d'alimenter les batteries froides des CTA/UTA et des ventilo-convecteurs. Ce groupe froid a fait l'objet de plusieurs réparations et est en mauvais état apparent.
Unités de climatisation	Plusieurs unités de climatisation ont été installées pour assurer les besoins en climatisation des laboratoires. Les puissances (allant jusqu'à 8 kW) et marques sont variables en fonction de l'unité. Toutefois, le fluide frigorigène majoritairement utilisé est le R410A. D'après la réglementation F-gaz, celui-ci sera interdit d'utilisation d'ici 2025.

Emission de froid			
Soufflage depuis une CTA - Laboratoires		P	V
	Locaux desservis :	Laboratoires	
	Position :	Bouche de soufflage plafonnrière	
	Technologie :	Soufflage depuis une CTA	
	Année :	Non déterminée	
		2	2
Ventilo-convecteurs froid - Laboratoires		P	V
	Locaux desservis :	Laboratoires	
	Energie :	Electrique	
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	
	Position :	Murale	
	Année :	Non déterminée	
		2	2

Régulation terminale froid			
Régulation terminale - Ventilo-convecteurs froids		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance	
	Locaux desservis :	Laboratoires	
	Année :	Non déterminée	
		2	2
Régulation terminale - Soufflage d'air depuis une CTA		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance	
	Marque :	Siemens	
	Modèle :	NC	
	Locaux desservis :	Bureaux	
	Nombre :	5	
	Année :	Non déterminée	
		2	3

Commentaire par équipement	
Commentaire générale	Les températures relevées durant la visite varient entre 18°C et 22°C. Les zones en dessous de 22°C sont rares. Il est pris comme hypothèse une température de consigne pour le refroidissement de 22°C

6.7 AUTRES USAGES

Autres usages			
Equipements de laverie		P	V
	Marque :	Non déterminée	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Type :	Lave-linge	
	Année :	Non déterminée	
		2	2
Equipements de laboratoire		P	V
	Type :	Equipements spécifique de laboratoire	
	Année :	Non déterminée	
		1	2
Chambres froides		P	V
	Puissance électrique :	1.46 kW	
	Marque :	Profroid	
	Modèle :	MR 100	
	Nombre :	2	
	Type :	Equipements énergétiques (chaudières, CTA, ballons ECS, climatisations, ...)	
	Année :	Non déterminée	
		2	1

Equipements de bureautique		P	V
	Marque :	Variable	2
	Modèle :	Variable	
	Type :	Serveur informatique, PC fixe, Vidéoprojecteur, Imprimante	
	Extinction hors utilisation :	Fréquente	
	Année :	Non déterminée	

Commentaire par équipement	
Equipements de laverie	Le lave-linge est utilisé du lundi au vendredi, pour une durée moyenne de fonctionnement de 3 heures.
Equipements de laboratoire	Chaque laboratoire est équipé de matériel de recherche scientifique.
Chambres froides	Deux chambres froides sont présentes dans le bâtiment. L'unité extérieure a été vue au niveau des combles perdus.
Equipements de bureautique	Le bâtiment dispose d'équipements de bureautique (ordinateurs, imprimantes, vidéoprojecteurs, serveurs). Les équipements sont fonctionnels et en bon état.

Autres usages			
Ascenseur		P	V
-	Technologie :	Ascenseur hydraulique	2
	Type de locaux :	Enseignement	
	Charge utile :	Non déterminée	
	Puissance éclairage :	Non déterminée	
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	1	

Commentaire par équipement	
Ascenseur et monte-charge	Un ascenseur est présent dans la cage d'escalier ce dernier est fonctionnel et en bon état.

7 REGLEMENTATIONS TECHNIQUES

7.1 DECRET BACS

Le décret BACS impose l'installation d'un système d'automatisation et de contrôle (GTC) pour les bâtiments existants respectant les conditions suivantes :

- Bâtiments non résidentiels dans lesquels sont exercées des **activités tertiaires** marchandes ou non-marchandes y compris ceux appartenant à des personnes morales du secteur primaire ou secondaire
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure à **290 kW** (dans le cas d'un RCU chaud ou froid, c'est la puissance de la station d'échange qui est à prendre en compte) : **Les bâtiments assujettis au décret doivent être équipés d'une GTC le 1^{er} janvier 2025.**
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure à **70 kW** (dans le cas d'un RCU chaud ou froid, c'est la puissance de la station d'échange qui est à prendre en compte) : **Les bâtiments assujettis au décret doivent être équipés d'une GTC le 1^{er} janvier 2027.**

Un système d'automatisation et de contrôle est composé des éléments de la chaîne de GTB ou GTC, depuis l'automate (contrôlant une CTA par exemple) jusqu'à la supervision centralisée ou déportée, permettant le contrôle à distance des installations techniques. Un suivi énergétique doit également être assuré par le système.

Décret BACS	
Assujettissement	
Le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale >70kW	Oui
Le site est-il assujetti au décret BACS ?	Oui
Mise en conformité	
Une mise en conformité avant le 1er janvier 2025 ou le 1 ^{er} janvier 2027 est-elle nécessaire ?	• Mise en conformité avec installation neuve Corps d'état concernés : Chauffage Refroidissement Ventilation Suivi énergétique

7.2 REGLEMENTATION F-GAZ

En Europe, des normes environnementales réglementent le secteur de la climatisation et la réfrigération, dont la F-Gaz. Ce règlement européen vise la réduction de l'utilisation des gaz à fort pouvoir à effet de serre afin de diviser par 5 les émissions de CO₂ à l'horizon de 2030.

Le pouvoir d'effet de serre est couramment appelé PRG (pouvoir de réchauffement global) ou GWP (global warming potential).

La F-Gaz est à l'origine de l'interdiction des gaz fluorés CFC et des HCFC depuis 2015. Conformément à ses indications, il est encore possible d'utiliser les HFC jusqu'en 2030 pour produire de la chaleur ou du froid. Ces gaz seront interdits à la vente (y compris rechargement d'équipements existants) à cette date.

La F-Gaz programme notamment l'interdiction progressive des gaz HFC avec des GWP élevés sur trois échéances.

Liste des réfrigérants interdits dans les installations neuves en 2020	Potentiel de Réchauffement Global
R 404a	3922
R507	3985
R 422a	4143
R 422d	2729

Liste des réfrigérants interdits dans les installations neuves entre 2022 et 2025	Potentiel de Réchauffement Global
R 407a	2107
R 407f	1825
R 407c	1774
R 410a	2088
R 452a	2141

Liste des réfrigérants interdits dans les installations neuves en 2030	Potentiel de Réchauffement Global
R32	675
R 134a	1430
R 448a	1273
R 449a	1397
R 450a	600
R 513	631

Dès 2030, les installations neuves devront utiliser un fluide de PRG <150. De la même façon, la recharge d'un circuit par un fluide recyclé ayant un PRG >150 ne sera plus autorisée.

Liste des réfrigérants réglementaires	Potentiel de Réchauffement Global
R 152a	124
R 454c	148
R 455a	145
R 290 (propane)	3
R 717 (NH3)	0
R 744 (CO2)	1
1234ze	6
1234yf	4

Le bâtiment dispose de système fonctionnant au R410A.

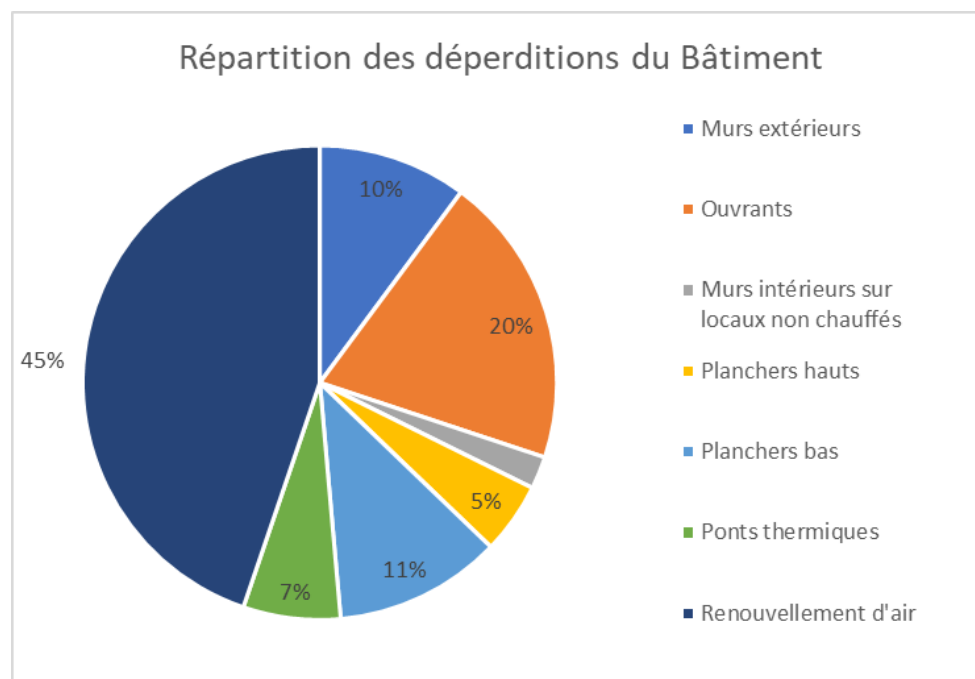
8 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

8.1 ANALYSE DES DEPERDITIONS 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.

Les déperditions ci-dessous sont données pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -5°C.

Déperditions en kW											Pertes totales en kW
Murs extérieurs	Ouvrants	Murs intérieurs sur locaux non chauffés		Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	Renouvellement d'air				
21 10%	40 20%	4	2%	10 5%	23 11%	13 7%	91	45%			203



Commentaire

Le renouvellement d'air est responsable de la majorité des déperditions du bâtiment. Les zones laboratoires, bibliothèques et amphithéâtres ont un renouvellement d'air élevé. Par ailleurs les menuiseries présentent des défauts d'étanchéité à l'air. Les CTA disposent d'échangeur de chaleurs pouvant valoriser les calories de l'air extrait.

Les ouvrants représentent le second poste de déperditions avec 20% est déperditions totales. Une grande surface des façades du bâtiment est vitrée et elles sont peu performantes. Leur remplacement permettra de réduire les déperditions de ce poste ainsi que de traiter les défauts d'étanchéité observés.

Les planchers bas représentent le troisième poste des déperditions du bâtiment, en effet ils sont faiblement isolés. La reprise de l'isolation des planchers bas (sauf ceux donnant sur terre-plein) permettra de réduire les déperditions.

Les murs extérieurs sont responsables de 10% des déperditions (4^{ème} poste), l'isolation des parois non isolées et l'amélioration de l'isolation déjà en place permettra de réduire les déperditions. En revanche, l'isolation par l'intérieur qui est préconisée ne permettra pas d'améliorer les déperditions par les ponts thermiques représentent 7 % des déperditions totales du bâtiment.

Les planchers hauts représentent 5% des déperditions. Ils sont faiblement isolés. La reprise de l'isolation de ces parois est préconisée afin de réduire les déperditions.

8.2 SYNTHÈSE DE L'ENVELOPPE

Sur la base des relevés effectués sur le bâti, une étude des déperditions a été réalisée à partir de Pléiades-Comfie, aboutissant aux résultats suivants :

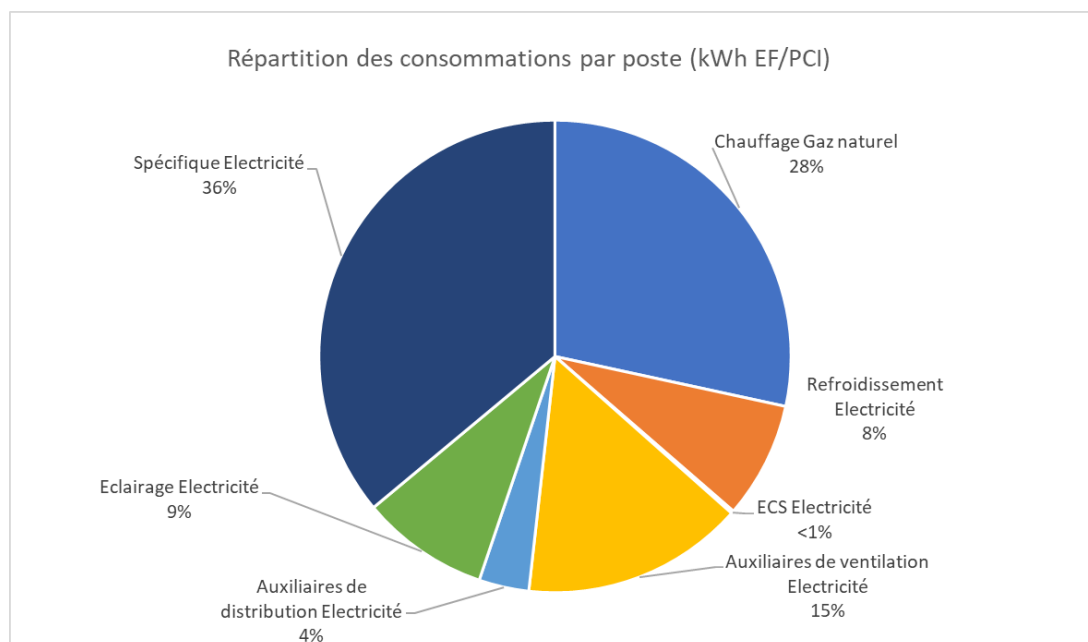
Ubat (W/m².K)	1,07	Le bâtiment est faiblement isolé.
Svitrage / Sfaçade	29%	Les façades possèdent une surface vitrée importante.
Inertie	Moyenne	Inertie moyenne à cause de l'isolation par l'intérieure partielle. Les parois en béton améliorent l'inertie du bâtiment.
Étanchéité à l'air	Moyenne	Étanchéité des ouvrants moyenne.

8.3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES

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	Gaz naturel	159 276	159 276	37 271	19 467
Refroidissement	Electricité	44 744	115 441	1 790	8 949
ECS	Electricité	1 038	2 679	42	208
Auxiliaires de ventilation	Electricité	85 377	220 273	7 172	17 075
Auxiliaires de distribution	Electricité	19 233	49 622	1 616	3 847
Eclairage	Electricité	49 093	126 660	4 124	9 819
Spécifique	Electricité	202 194	521 661	16 984	40 439
TOTAL		560 957	1 195 612	68 997	99 803

Les résultats de chauffage correspondent aux consommations corrigées par rapport aux DJU décennaux.



Laboratoire Arago bâtiment B	526 kWh _{EP} /m ² .an	351 à 540 E	16 à 30 C
	30 kg _{eq} CO ₂ /m ² .an		

Commentaires
La majorité des consommations est liée à la consommation électrique des équipements divers du bâtiment. En effet les équipements utilisés pour les activités de recherche sont nombreux et souvent utilisés.
La conversion en énergie primaire joue en défaveur des postes consommateurs d'électricité par rapport au poste consommateur en lien avec le gaz naturel ⁷ . Cependant, l'énergie électrique est conventionnellement moins émettrice de CO ₂ que le gaz naturel, ce qui est plus favorable à l'étiquette environnementale.

⁷ La conversion en énergie primaire de l'électricité entraîne l'apparition d'un coefficient de 2,58 dû à la prise en compte des pertes et des rendements lors de la production et la distribution de l'électricité.

8.4 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES

Le tableau ci-dessous récapitule les écarts entre les consommations simulées et réelles sur la moyenne des consommations évoquées au paragraphe 5.3.

	Réelles	Théoriques (corrigées de la rigueur climatique - Moyenne classique)	Ecart	Théoriques (corrigées de la rigueur climatique - DJU décennaux)
Consommations - Gaz naturel (kWHEF PCI)	140 194	133 820	-5.0%	159 276
Consommations - Electricité (kWHEF PCI)	420 951	401 681	-5,0%	401 681
Consommations totales (kW _{HEF})	561 145	535 501	-4,5%	560 957

Les consommations réelles et simulées (chauffage) sont neutralisées aux DJU de la période de chauffe équivalente (DJU décennaux pour les consommations réelles, et DJU de la période de chauffe issus du fichier météo pour les consommations simulées).

9 ENERGIES RENOUVELABLES

9.1 INSTALLATIONS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES EXISTANTES

Actuellement, le bâtiment ne dispose d'aucune énergie renouvelable.

9.2 POTENTIELS D'ENR

Le tableau suivant permet de déterminer la faisabilité des différentes énergies renouvelables sur le site.

Evaluation du potentiel EnR	
Biomasse	
Capacité de livraison	Non envisageable
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	-
Surface disponible pour le silo	-
Adéquation au besoin	Non
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Le bâtiment ne dispose pas de surface disponible pour venir accueillir ce type de solution. Le potentiel de la solution est donc inexistant.
Réseau de Chaleur Urbain	
Proximité d'un réseau existant	-
Site situé dans une zone de développement prioritaire (ZDP)	Non
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Non
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la sous-station	-
Adéquation au besoin	Non
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Aucun réseau de chaleur n'est suffisamment proche du bâtiment pour pouvoir s'y raccorder. Cette solution n'est donc pas envisageable
Géothermie (PAC)	
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	-
Surface disponible au sol	-
Adéquation du régime basse température	Bâti faiblement isolé
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Le bâtiment ne dispose pas de surface extérieure pour venir mettre en place des sondes géothermiques.

Aérothermie (PAC)	
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	0 m ²
Surface extérieure disponible (sol, toiture)	0 m ²
Zone climatique favorable	Non
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Des PAC air-air sont déjà installées en façade du bâtiment. Elles sont réversibles et permettent d'assurer principalement les besoins de refroidissement laboratoires. La mise en place d'une PAC air/eau peut être prévue en remplacement de l'une des deux chaudières. Néanmoins, des travaux de renforcement de l'isolation des parois devront être prévus en amont.
Solaire thermique	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Besoin d'ECS en période estivale	Faibles
Type de toiture/de pan envisagé	-
Orientation de la toiture/du pan envisagé	-
Inclinaison de la toiture/du pan envisagé	-
Masques solaires	Faibles
Surface de captage nécessaire	-
Surface disponible en chaufferie/pour la création d'un local	-
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Les besoins en ECS du bâtiment sont faibles. Cette solution n'est donc pas pertinente à envisager.
Solaire photovoltaïque	
Type de toiture/de pan envisagé	Toiture inclinée
Orientation de la toiture/du pan envisagé	Est/Ouest
Inclinaison de la toiture/du pan envisagé	Entre 0° et 15°
Masques solaires	Faibles
Surface de captage disponible	170 m ²
Potentiel	Fort
Commentaires	Une surface de 170 m ² est disponible en toiture. Une étude de structure devra être menée afin de confirmer la faisabilité de la solution. La mise en place d'une installation en autoconsommation est envisageable étant donné les consommations importantes en talon.

10 GISEMENT DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

10.1 INTRODUCTION

Chaque intervention est présentée sous forme de fiche comprenant trois parties :

- Une partie « Problématiques traitées et points de vigilance ».
- Une partie « Mise en œuvre proposée ».
- Une partie « Remarque ».



Les « **Actions réglementaires** » visent la mise en conformité du bâtiment d'un point de vue réglementaire, par exemple la mise en place de garde-corps en toiture. Elles n'impactent pas les conclusions de l'étude sur ces aspects thermiques/énergétiques.

Les « **Actions urgentes** » concernent des interventions à réaliser à très court terme pour maintenir le bâti dans un contexte d'utilisation correct (par exemple le remplacement d'une chaudière ne fonctionnant plus), ou encore des préconisations à très faible temps de retour sur investissement (optimisation des équipements de régulation pour réduire la température de consigne, par exemple).

Les « **Actions d'entretien** » portent sur l'entretien des systèmes énergétiques et de équipements de ventilation : nettoyage des bouches de ventilation, remplacement des filtres, etc.

Les « **Travaux sur le bâti** » comprennent les interventions sur l'enveloppe du bâtiment (parois opaques et vitrées : isolation des murs ou de la toiture, remplacement des menuiseries, ...)

Les « **Travaux sur les systèmes** » point les préconisations relatives aux systèmes de chauffage, ventilation, éclairage, ...

10.2 SYNTHÈSE DES INTERVENTIONS SIMULÉES

		PERF. Rentabilité énergétique kWh _{EF} / k€ _{investi}	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
			TRA ans	Coût des travaux		Valorisation	Economie annuelle €TTC	Economie annuelle		CO ₂ évité		SC1	SC2
				€HT	€HT/m ²	CEE		Énergie FINALE		annuellement			
						€		kWh EF/PCI	%	teq-CO ₂	%		
Pilotage	Reprise des paramètres de régulation de chauffage et de refroidissement.	-	0	0	0	0	13 814	104 212	19%	22	32%	X	X
Pilotage	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	0	>30	7 900	3	0	0	0	0%	0	0%	X	X
Pilotage	Reprise des paramètres de régulation de ventilation	-	0	0	0	0	4 132	28 498	5%	5	8%	X	X
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation par l'intérieur des murs extérieurs (R=3,75 m².K/W)	11	>30	372 214	164	20 857	557	4 250	1%	<1	1%	X	X
Travaux sur le bâti	Réfection de l'isolation du plancher des combles perdus (R=7,50 m².K/W)	70	>30	62 777	28	5 354	572	4 408	1%	1	1%	X	X
Travaux sur le bâti	Réfection de l'isolation de la toiture terrasse (R=7,00 m².K/W)	46	>30	187 803	83	5 046	1 108	8 661	2%	2	3%	X	X
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries métalliques par des menuiseries plus performantes (Uw=1,30 W/m².K)	220	23	241 100	106	5 688	6 581	53 160	9%	12	18%	X	X

Les détails et les mises en œuvre des interventions sont précisés dans les fiches interventions 12.1.

		PERF.	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
		Rentabilité énergétique	TRA ans	Coût des travaux		Valorisation	Economie annuelle	Economie annuelle		CO ₂ évité		SC1	SC2
		kWh _{EF} / k€ _{investi}		€HT	€HT/m ²	CEE €	€TTC	Énergie FINALE		annuellement			
								kWh EF/PCI	%	teq-CO2	%		
Travaux sur le bâti	Isolation du plancher bas donnant sur extérieur (R=4,00 m ² .K/W)	199	24	114 901	51	11 760	2 852	22 813	4%	5	8%	X	X
Travaux sur le bâti	Remplacement des fenêtres de toit (Uw=1,50 W/m ² .K)	175	27	12 993	6	307	276	2 271	<1%	<1	1%	X	X
Travaux sur les systèmes	Amélioration de la performance de l'éclairage	58	>30	194 872	86	4 701	2 817	11 217	2%	-0,2	0%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place de robinets thermostatiques	1 475	5	5 760	3	171	1 039	8 496	2%	2	3%	X	X
Travaux sur les systèmes	Mise en place de pompes de chauffage à débit variable	1 120	4	8 440	4	228	1 886	9 453	2%	<1	1%	X	X
Travaux sur les systèmes	Remplacement des caissons d'extraction simple flux	403	10	4 769	2	0	384	1 922	0%	<1	0%	X	X
Travaux sur les systèmes	Remplacement de la CTA simple flux et de l'extracteur de la salle d'attente par une CTA double flux à récupération de chaleur.	188	24	17 250	8	0	451	3 237	<1%	<1	1%		X

		PERF.	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
		Rentabilité énergétique	TRA ans	Coût des travaux		Valorisation	Economie annuelle	Economie annuelle		CO ₂ évité		SC1	SC2
		kWh _{EF} / k€ _{investi}		€HT	€HT/m ²	CEE		Énergie FINALE		annuellement			
						€	€TTC	kWh EF/PCI	%	t _{eq} -CO ₂	%		
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une GTB	0	>30	88 294	39	2 773	0	0	0%	0	0%	X	X
EnR	Remplacement des deux chaudières gaz par une PAC air/eau et mise en place de radiateurs basse température	595	17	159 440	70	3 015	6 571	94 795	17%	26	37%		X
EnR	Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation	480	9	73 050	32	0	7 007	35 044	6%	3	4%		

11 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

11.1 SCENARIO 1 : -40% EN ENERGIE FINALE

11.1.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût
Pilotage	Reprise des paramètres de régulation de chauffage et de refroidissement.	0 €HT
	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	7 900 €HT
	Reprise des paramètres de régulation de ventilation	0 €HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation par l'intérieur des murs extérieurs (R=3,75 m².K/W)	372 214 €HT
	Réfection de l'isolation du plancher des combles perdus (R=7,50 m².K/W)	62 777 €HT
	Réfection de l'isolation de la toiture terrasse (R=7,00 m².K/W)	187 803 €HT
	Remplacement des menuiseries métalliques par des menuiseries plus performantes (Uw=1,30 W/m².K)	241 100 €HT
	Isolation du plancher bas donnant sur extérieur (R=4,00 m².K/W)	114 901 €HT
	Remplacement des fenêtres de toit (Uw=1,50 W/m².K)	12 993 €HT
Travaux sur les systèmes	Amélioration de la performance de l'éclairage	194 872 €HT
	Mise en place de robinets thermostatiques	5 760 €HT
	Mise en place de pompes de chauffage à débit variable	8 440 €HT
	Remplacement des caissons d'extraction simple flux	4 769 €HT
	Mise en place d'une GTB	88 294 €HT
Coût des travaux		1 301 821 €HT

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultats selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale	560 957	► 385 476	31%

Evolution des consommations - Résultat selon la méthode réelle					Ecart
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m² _{SDP})	592	F	► 471	E	20%
Evolution de la classe climat (kgCO ₂ /m² _{SDP})	34	D	► 17	C	49%

Evolution du confort	Hiver	↗↗
	Eté	↗↗

11.1.2 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire	20% soit 243 543 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	31% soit 175 431 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées	49% Soit 34 Tonnes
Performance économique	
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-24 798 €TTC
CEE Mobilisables	7 110 496 kWh _{CUMAC}
Valorisation CEE	56 884 €
Temps de retour sur investissement actualisé	29 années
Efficience	
Coût du kWh économisé	5,3 €HT investi/kWhEP
Coût de la tonne de CO ₂ évité	38 160 €HT investi/tCO ₂
Dépenses annuelles	
Dépenses énergétiques - Scénario 1	75 005 €TTC

11.1.3 Application de la réglementation thermique

Les travaux doivent respecter la réglementation thermique des bâtiments existants (articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation).

Le coût d'investissement étant supérieur à 25% du coût conventionnel du bâtiment, les travaux devront respecter la réglementation thermique globale.

11.1.4 Analyse en coût global

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	7 306 296 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	5 264 433 kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	1 023 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans - Scénario 1	4 449 925 €TTC
Coût global (avec investissements) - Scénario 1	5 751 746 €TTC

11.2 SCENARIO 2 : -60% EN ENERGIE FINALE

11.2.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût
Pilotage	Reprise des paramètres de régulation de chauffage et de refroidissement.	0 €HT
	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	7 900 €HT
	Reprise des paramètres de régulation de ventilation	0 €HT
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation par l'intérieur des murs extérieurs (R=3,75 m ² .K/W)	273 011 €HT
	Réfection de l'isolation du plancher des combles perdus (R=7,50 m ² .K/W)	44 840 €HT
	Réfection de l'isolation de la toiture terrasse (R=7,00 m ² .K/W)	142 278 €HT
	Isolation du plancher bas donnant sur LNC (R=4,00 m ² .K/W)	20 400 €HT
	Remplacement des menuiseries métalliques par des menuiseries plus performantes (Uw=1,30 W/m ² .K)	241 100 €HT
	Remplacement des fenêtres de toit (Uw=1,50 W/m ² .K)	12 993 €HT
Travaux sur les systèmes	Amélioration de la performance de l'éclairage	194 872 €HT
	Mise en place de robinets thermostatiques	5 760 €HT
	Mise en place de pompes de chauffage à débit variable	8 440 €HT
	Remplacement des caissons d'extraction simple flux	4 769 €HT
	Remplacement de la CTA simple flux et de l'extracteur de la salle d'attente par une CTA double flux à récupération de chaleur.	17 250 €HT
	Mise en place d'une GTB	88 294 €HT
Travaux sur les EnR	Remplacement des deux chaudières gaz par une PAC air/eau et mise en place de radiateurs basse température	159 440 €HT
Coût des travaux		1 478 511 €HT

Evolution des consommations d'énergie finale – Résultats selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale	560 957	► 384 451	31%

Evolution des consommations - Résultat selon la méthode réelle					Ecart	
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SDP})	592	F	►	491	E	17%
Evolution de la classe climat (kgCO ₂ /m ² _{SDP})	34	D	►	16	C	52%

Evolution du confort	Hiver	↗↗
	Eté	↗↗

11.2.2 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire	17M soit 203 729 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	31% soit 176 506 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées	52% soit 36 Tonnes
Performance économique	
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-22 913 €TTC
CEE Mobilisables	7 487 418 kWh _{CUMAC}
Valorisation CEE	59 899 €
Temps de retour sur investissement actualisé	33 années
Efficience	
Coût du kWh économisé	7,3 €HT investi/kWhEP
Coût de la tonne de CO ₂ évité	41 358 €HT investi/tCO₂
Dépenses annuelles	
Dépenses énergétiques - Scénario 2	76 890 €TTC

11.2.3 Application de la réglementation thermique

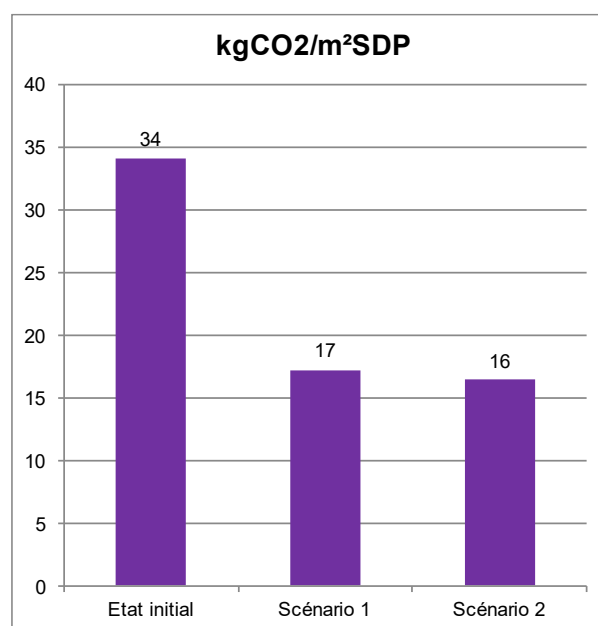
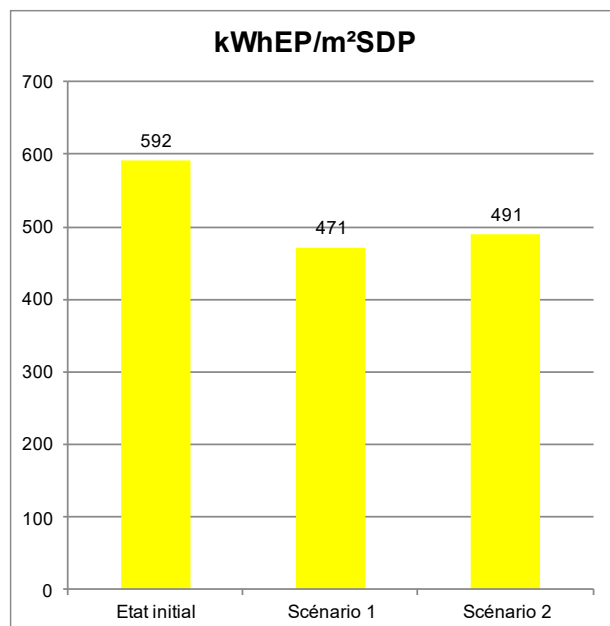
Les travaux doivent respecter la réglementation thermique des bâtiments existants (articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation).

Le coût d'investissement étant supérieur à 25% du coût conventionnel du bâtiment, les travaux devront respecter la réglementation thermique globale.

11.2.4 Analyse en coût global

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	6 111 865 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	5 295 171 kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	1 072 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans - Scénario 2	4 561 766 €TTC
Coût global (avec investissements) – Scénario 2	6 040 278 €TTC

11.3 PLAN DE PROGRES



11.4 COMPARAISON DES SCENARIOS PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DU DECRET TERTIAIRE

	ATTEINTE DES OBJECTIFS DECRET TERTIAIRE					
	Année de référence (2018)	Etat initial simulation	2030		2050	
Consommation d'énergie [kWhEF/m²SDP]	271	278	Valeur relative	162	Valeur relative	108
			Valeur absolue	NC	Valeur absolue	
Evolution par rapport à l'année de référence		2%	-40%		-60%	
Evolution par rapport à l'état initial			-42%		-61%	
Vérification de l'atteinte des objectifs du décret tertiaire						
Etat initial	278		✗		✗	
Scénario 1	191		✗		✗	
Scénario 2	190		✗		✗	

Le tableau ci-dessus présente les consommations en énergie finale rapportées à la surface du bâtiment. Dans un premier temps il est rappelé les consommations de l'année de référence et les consommations de la simulation selon les années sélectionnées dans l'audit (ici 2018, 2019 et 2022). Sur la partie droite est indiqué les objectifs du Décret Tertiaire pour les horizons 2030 et 2050.

La seconde partie du tableau fait référence aux économies engendrées par les scénarios contenus dans l'audit. Si une croix rouge est indiquée dans une case, cela signifie que l'atteinte de l'objectif de réduction de consommation n'est pas réalisée. Si la flèche verte est indiquée alors le scénario X permet l'atteinte du DT à l'horizon X.

Les surfaces dédiées à l'usage de recherche ne sont normalement pas assujetties au décret tertiaire. Cependant, il n'est pas possible de dissocier les consommations assujetties des consommations non assujetties sans la mise en place de sous-comptage.

La dissociation des consommations non assujetties permettrait de réduire les objectifs à atteindre dans le cadre du DEET.

12 ANNEXES

12.1 DESCRIPTIF DES INTERVENTIONS SIMULEES

Reprise des paramètres de régulation de chauffage et de refroidissement	Zone concernée : Ensemble du bâtiment	Surface considérée : -
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> La régulation actuelle laisse l'installation de chauffage en marche hors des horaires d'occupation du site. Amélioration de la régulation de chauffage et diminution des consommations de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> Réglage des paramètres de régulation. Le programme horaire devra correspondre à la plage d'utilisation du site : du lundi au vendredi de 7h à 19h Réglage des consignes de température en régime de confort et en réduit : - Température de confort en hiver : 19°C - Température de réduit en hiver : 16°C - Température de confort en été : 26°C - Température de réduit en été : 30°C <u>Remarques :</u> L'adaptation du planning horaire de chauffage à l'occupation réelle du bâtiment permet de faire des économies d'énergie importantes. Pour réaliser des économies d'énergie supplémentaires, il est possible de réaliser des tests sur l'installation de chauffage en réduisant de manière progressive la température de réduit pour déterminer comment le bâtiment réagit et comment les utilisateurs ressentent cette baisse de température.		

Mise en place d'un plan de comptage énergétique	Zone concernée : Ensemble du bâtiment	Surface considérée : -
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> Le plan de comptage énergétique actuel du site ne permet pas d'évaluer les consommations des différents départs. Au niveau du comptage de la chaleur, il n'y a pas de sous-compteur sur les départs de chauffage. Au niveau de l'électricité, il n'y a pas de sous-compteur propre aux différents usages et au bâtiment. Cette intervention permet de réaliser une maîtrise complète des flux énergétiques du site. <u>Mise en œuvre proposée</u> Mise en place des sous-compteurs électriques dans les armoires électriques afin réaliser de suivi des consommations par usages et par zones. Mise en place de compteurs thermiques avec un compteur par départ hydraulique. Mise en place d'un compteurs électrique générale pour le bâtiment B. Mise en place de compteurs électriques avec un compteur par départ électrique. Le suivi des compteurs devra être réalisé mensuellement par un technicien. <u>Remarques</u> > Une éventuelle mise aux normes de l'armoire électrique > Les compteurs devront pouvoir faire remonter les consommations directement sur la plateforme de suivi de consommations utilisée par Sorbonne université <u>Chiffrage</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : Fourniture et pose des compteurs électriques et thermiques Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : Relevé des compteurs Mise aux normes des armoires électriques		

Reprise des paramètres de régulation de ventilation	Zone concernée : Ensemble du bâtiment	Surface considérée : -
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> La régulation actuelle laisse les installations d ventilations en marche permanente. Amélioration de la régulation de ventilation et diminution des consommations de chauffage et électrique. <u>Mise en œuvre proposée :</u> Réglage des paramètres de régulation. Le renouvellement d'air devra être réduit de moitié lors des périodes d'inoccupation.		

Reprise de l'isolation par l'intérieur des murs extérieurs (R=3,75 m².K/W)	Zone concernée : Murs extérieur	Surface : 1 671 m ²
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage. Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant. Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides. <u>Mise en œuvre proposée</u> L'intervention concerne l'ensemble des murs donnant sur l'extérieur (y compris les murs faiblement isolés). Dépose du doublage existant. Dépose et repose après intervention des radiateurs. Dépose des commandes et des coffres de volets roulants. Dévoisement des réseaux électriques. L'isolation par l'intérieur des murs de façade est réalisée par la mise en place de panneaux isolants sans pare-vapeur. Les panneaux seront disposés entre des tasseaux de bois et revêtus par des plaques de plâtre. L'isolant possède un R= 3,75 m².K/W. Mise en place d'un frein vapeur. Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois). <u>Remarque</u> L'isolation pourrait être envisagée par des matériaux isolants naturels, biosourcés (comme des panneaux semi-rigides de laine de bois par exemple). Outre l'amélioration du bilan environnemental, ces isolants améliorent le confort estival (meilleure déphasage thermique) grâce à une densité plus importante. Le pare-vapeur doit être remplacé par un frein-vapeur (isolation perspirante). Afin de limiter au maximum les ponts thermiques au niveau des fenêtres, le remplacement des ouvrants doit être réalisé en même temps que l'isolation par l'intérieur. Il a été privilégié de préconiser l'isolation des murs avant le remplacement des menuiseries pour des raisons de validation auprès de l'ABF. Bien évidemment, l'isolation et le non-remplacement des menuiseries entraînerait une discontinuité du retour d'isolant au niveau des menuiseries (augmentations des déperditions). Le pare-vapeur de l'isolation doit être positionné côté chaud. La surface des murs prise en compte est la surface vide pour plein (en incluant les menuiseries extérieures). Les murs pris en compte dans le chiffrage ne sont que les murs donnant sur l'extérieur. Les murs intérieurs ne sont pas revus. Par contre, les revêtements de ces parois pourront être rénovés en parallèle de cette intervention pour homogénéiser les surfaces (non chiffré). <u>Chiffrage</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Préparation des surfaces (dépose des doublages, des radiateurs, des coffres de volets roulants et dévoisement des réseaux électriques) - Pose d'une nouvelle isolation avec doublage et finition plaque de plâtre - Mise en place d'un frein vapeur - Mise en place de plinthes - Reprise des revêtements intérieurs (plafonds et sols).		

Réfection de l'isolation du plancher des combles perdus (R=7,50 m².K/W)	Zone concernée : Combles perdus	Surface : 478 m ²
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage. Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant. Amélioration du confort thermique. <u>Mise en œuvre proposée :</u> Dépose et repose des éventuels équipements présents dans combles. Déroulement dans les combles perdus de panneaux isolants. L'isolant possède un R= de 7,50 m².K/W. Création d'un platelage dans les combles perdus pour l'accès aux équipements techniques (cheminement en bois posé sur l'isolation). Mise en place d'un pare-vapeur <u>Remarque :</u> L'isolation pourrait être envisagée par des matériaux isolants naturels, biosourcés (comme la ouate de cellulose, la fibre de chanvre, la fibre de bois ou la laine de mouton). Outre l'amélioration du bilan environnemental, ces isolants améliorent le confort estival (meilleure déphasage thermique) grâce à une densité plus importante. Le pare-vapeur doit être remplacé par un frein-vapeur (isolation perspirante). La réfection de l'éclairage doit être envisagée dans le même temps afin de mutualiser les coûts liés aux faux-plafond dans lesquels sont intégrés les nouveaux luminaires. Enfin, l'intérêt de venir isoler en faux plafond permet à la fois de ne pas avoir de discontinuité d'isolation entre les murs et le plafond réduisant les ponts thermiques (cas de discontinuité : isolation des murs par l'intérieur et isolation en toiture terrasse par l'extérieur) et également de ne pas venir déposer les menuiseries actuellement recouverte de film sombre. Pour terminer, l'abaissement de la hauteur du plafond via un faux-plafond permet de réduire les besoins en chauffage. <u>Chiffrage :</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Dévoisement des réseaux électriques - Pose d'une isolation en panneaux de laine minérale (y compris pare-vapeur) - Création d'un platelage en bois Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - L'étude de structure		

Réfection de l'isolation de la toiture terrasse (R=7,00 m².K/W)	Zone concernée : Toiture-terrasse	Surface : 701 m ²
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> Diminution des déperditions par l'enveloppe, diminution des consommations de chauffage. Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant. Amélioration du confort thermique. L'isolation des toitures-terrasses est l'occasion de rénover l'étanchéité de la toiture. <u>Mise en œuvre proposée</u> Dépose de l'étanchéité actuelle. Mise en place de panneaux isolants rigides. L'isolant possède un R=7,00 m².K/W. Mise en place d'une étanchéité de type bitume avec couverture graviers. Réhausse des acrotères par des profilés métalliques. Réalisation des étanchéités des relevés et des couvertines. Dépose et repose des équipements présents en toiture. <u>Remarques</u> L'isolation pourrait être envisagée par des matériaux isolants naturels, biosourcés (comme la ouate de cellulose, la fibre de chanvre, la fibre de bois ou la laine de mouton). Outre l'amélioration du bilan environnemental, ces isolants améliorent le confort estival (meilleure déphasage thermique) grâce à une densité plus importante. Le pare-vapeur doit être remplacé par un frein-vapeur (isolation perspirante). La réfection de l'éclairage doit être envisagée dans le même temps afin de mutualiser les coûts liés aux faux-plafond dans lesquels sont intégrés les nouveaux luminaires. Enfin, l'intérêt de venir isoler en faux plafond permet à la fois de ne pas avoir de discontinuité d'isolation entre les murs et le plafond réduisant les ponts thermiques (cas de discontinuité : isolation des murs par l'intérieur et isolation en toiture terrasse par l'extérieur) et également de ne pas venir déposer les menuiseries actuellement recouverte de film sombre. Pour terminer, l'abaissement de la hauteur du plafond via un faux-plafond permet de réduire les besoins en chauffage. <u>Chiffrage</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - La dépose et repose des équipements en toiture - La dépose de l'étanchéité actuelle - L'isolation de la toiture - La mise en place d'une nouvelle étanchéité - La rehausse des acrotères Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - L'étude de structure - La mise en place de garde-corps		

Isolation du plancher bas donnant sur extérieur (R=4,00 m².K/W)	Zone concernée : Plancher bas sur l'extérieur	Surface : 875 m ²
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> > Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage. > Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant. <u>Mise en œuvre proposée</u> > L'intervention concerne les planchers bas donnant sur l'extérieur. > Dépose de l'isolation existante. > Dépose des luminaires et réseaux électriques. > Mise en place des panneaux isolants. L'isolant possède un R=4,00 m².K/W. > Repose des luminaires. <u>Remarque :</u> L'isolation pourrait être envisagée par des matériaux isolants naturels, biosourcés (comme la ouate de cellulose, la fibre de chanvre, la fibre de bois ou la laine de mouton). Outre l'amélioration du bilan environnemental, ces isolants améliorent le confort estival (meilleure déphasage thermique) grâce à une densité plus importante. Le pare-vapeur doit être remplacé par un frein-vapeur (isolation perspirante). <u>Chiffrage</u> > Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ Dépose et repose des luminaires ○ Dépose du faux plafond existant ○ Mise en place d'un faux plafond isolé		

Remplacement des menuiseries métalliques par des menuiseries plus performantes ($U_w=1,30 \text{ W/m}^2.K$)	Zone concernée : Ensemble des menuiseries	Surface : 409 m ²
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> Les menuiseries actuelles sont peu performantes et l'étanchéité à l'air est mauvaise, elles représentent le deuxième poste de déperditions du bâtiment. Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage. Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides. Amélioration de l'étanchéité à l'air. <u>Mise en œuvre proposée</u> Le remplacement des menuiseries est réalisé en dépose totale, en changeant la menuiserie complète. Dépose des menuiseries existantes. Le remplacement des surfaces vitrées existantes est réalisé avec des menuiseries en aluminium avec un double vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant une performance thermique de $U_w = 1,30 \text{ W/m}^2.K$. <u>Remarque</u> Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie de la fenêtre afin de ne pas altérer le confort des occupants. La réalisation conjointe du remplacement des menuiseries avec la pose de l'isolation des murs permet de limiter les ponts thermiques au niveau des cadres de menuiserie et améliore l'étanchéité à l'air. Le remplacement des menuiseries rend indispensable de rénover le système de ventilation du bâtiment, car les nouvelles fenêtres seront étanches à l'air. Si la ventilation ne peut pas être modifiée, il sera nécessaire de prévoir des entrées d'air intégrées aux menuiseries afin d'assurer un renouvellement d'air naturel. Une reprise des revêtements intérieurs sera nécessaire. <u>Chiffrage</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - La dépose des menuiseries actuelles - La mise en place de menuiseries neuves Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : ○ La protection et les moyens d'accès		

Remplacement des fenêtres de toit ($U_w=1,50 \text{ W/m}^2.K$)	Zone concernée : Menuiserie de toiture	Surface : 22 m^2
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage. Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides. Amélioration de l'étanchéité à l'air. <u>Mise en œuvre proposée</u> Le remplacement des menuiseries est réalisé en dépose totale, en changeant la menuiserie complète. Dépose des menuiseries existantes. Le remplacement des surfaces vitrées existantes est réalisé avec des menuiseries avec un double vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant une performance thermique de $U_w = 1,50 \text{ W/m}^2.K$. <u>Remarque</u> Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie de la fenêtre afin de ne pas altérer le confort des occupants. Le remplacement des menuiseries rend indispensable de rénover le système de ventilation du bâtiment, car les nouvelles fenêtres seront étanches à l'air. Si la ventilation ne peut pas être modifiée, il sera nécessaire de prévoir des entrées d'air intégrées aux menuiseries afin d'assurer un renouvellement d'air naturel. <u>Chiffrage</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - La dépose des menuiseries actuelles - La mise en place de menuiseries neuves Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : ○ La protection et les moyens d'accès		

Amélioration de la performance de l'éclairage	Zone concernée : Ensemble du bâtiment	Surface du plancher : 2 274 m ²
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> L'éclairage du bâtiment est assuré par des éclairages d'ancienne technologie qui absorbent une grande puissance électrique et est consommatrice. L'éclairage de certains locaux à usage intermittent (circulations et sanitaires) est géré par des interrupteurs manuels, ce qui peut entraîner des surconsommations. Réduction des puissances absorbées et des temps d'allumage, diminution des consommations de l'éclairage. <u>Mise en œuvre proposée</u> Remplacement des luminaires existants par des pavés LED avec plaque diffusante. Pilotage de l'éclairage par un interrupteur dans pièces occupées de manière continue, avec mise en place d'une gradation en fonction des apports de lumière naturelle. Pilotage de l'éclairage par détection de présence dans les circulations, sanitaires et locaux de stockage. Les détecteurs de présence dans les circulations posséderont une couverture rectangulaire. Ils ont en général une largeur de 3 m et une longueur de 2 x 15 m de chaque côté de la circulation. Il faut faire attention à ne pas mettre ces détecteurs dans les coins mais plutôt au milieu des plafonds la circulation. Le détecteur détectera à la fois les mouvements et le niveau d'éclairement de la pièce. De ce fait, le détecteur ne se mettra en marche que si le niveau d'éclairement est relativement faible et s'il détecte un mouvement. Les détecteurs de présence dans les sanitaires auront un rayon de détection de 8 m. <u>Remarques</u> Un calcul d'éclairement devra être effectué afin de valider l'implantation des luminaires. Le niveau d'éclairement devra prendre en compte les problématiques d'accessibilité. Une attention particulière doit être portée sur le réglage des seuils de détection, des temporisations et sur le placement des détecteurs. Cette intervention pourra être couplée à la mise en œuvre d'un système de ventilation mécanique pour profiter de la dépose du faux plafond, qui facilitera la mise en œuvre. La mise en place de LED améliore le confort thermique d'été puisque la LED dissipe très peu de chaleur. <u>Chiffrage :</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Pose de détecteurs de présence dans les sanitaires, circulations et stockages - Remplacement des luminaires existants par des technologies LED Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - Mise aux normes des armoires électriques		

Mise en place de robinets thermostatiques	Zone concernée : Radiateur	-
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> Les radiateurs sont actuellement équipés de robinets manuels. Ces robinets ne permettent pas de prendre en compte les apports extérieurs de chaleur dans la régulation. Amélioration de la régulation de chauffage et diminution des consommations de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> L'intervention concerne l'ensemble des radiateurs du bâtiment Les robinets thermostatiques devront avoir une variation temporelle de 0,30 K. Mise en place de vannes de décharge automatique (ou soupape différentielle) en tête de distribution, ainsi qu'un filtre sur le réseau pour préserver le siège des robinets. Les robinets thermostatiques préconisés sont équipés d'une plage de réglage diminuée, afin de réduire l'impact des occupants sur la régulation. Les robinets installés sont équipés de bague antiviol avec blocage de la plage de réglage. <u>Remarque :</u> Une attention particulière doit être portée au sens de montage des robinets thermostatiques, afin d'éviter les coups de bélier. Pour garantir une bonne prise en compte de la température ambiante, les têtes thermostatiques ne doivent ni n'être placées derrière des rideaux ou voilages, ni sous une tablette de radiateur. <u>Chiffrage :</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ Dépose des robinets actuels ○ Mise en place de robinets thermostatiques avec bague antiviol		

Mise en place de pompes de chauffage à débit variable	Zone concernée : Départs chaufferie	2 départs
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> Les circulateurs sont à vitesse constante. Les circulateurs sont vétustes La mise en place de circulateurs à débit variable permet de réduire les consommations des auxiliaires de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> L'intervention concerne les pompes situées sur les départs de chauffage en chaufferie. Dépose des pompes actuelles. Mise en place de nouvelles pompes à vitesse variable. Profiter de l'intervention pour contrôler les débits et pertes de charge. Choisir des pompes avec des puissances adaptées (éviter tout surdimensionnement et éviter de remplacer systématiquement à l'identique). <u>Remarque :</u> Cette intervention est l'occasion de contrôler les débits et les pertes de charge. Les nouvelles pompes devront être choisies avec des puissances adaptées (il faut éviter tout surdimensionnement en remplaçant systématiquement à l'identique). L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants impose que les pompes de circulation des installations de chauffage intégrées à la chaudière ou situées dans le local de la chaufferie, installées ou remplacées, soient munies de dispositif permettant leur arrêt. Il est primordial de revoir l'équilibrage de l'installation en parallèle de cette intervention (non chiffré). <u>Chiffrage :</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : Dépose des pompes actuelles Mise en place de pompes à débit variable Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : Équilibrage du réseau		

Remplacement des caissons d'extraction simple flux	Zone concernée : Sanitaires	Surface considérée : 66m ²
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> Le site est équipé de plusieurs extracteurs simple flux. Les moteurs des caissons de ventilation sont énergivores. <u>Mise en œuvre proposée :</u> Dépose des moteurs existants. Mise en place des moteurs basse consommation. Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air.		
<u>Chiffrage</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : La pose des moteurs.		

Remplacement de la CTA simple flux et de l'extracteur de la salle d'attente par une CTA double flux à récupération de chaleur.	Zone concernée : Local détente	Surface considérée : 69m ²
<u>Problématiques traitées et points de vigilance :</u> Le site est ventilé majoritairement de manière naturelle. Les débits de ventilation sont insuffisants. Le mode de renouvellement d'air actuel ne permet pas de valoriser les calories de l'air extrait. Amélioration de la qualité de l'air intérieur. <u>Mise en œuvre proposée :</u> Dépose des centrales de ventilation et des réseaux existants. Mise en place de CTA double flux avec échangeur thermique. Le rendement des échangeurs est attendu supérieur à 80 %. Création des réseaux aérauliques et raccordement aux CTA. Pour une ventilation double flux, deux réseaux sont nécessaires : un pour le soufflage et un pour l'extraction. Mise en place de pièges à son. Mise en place de bouches d'extraction et de reprise au niveau du plafond. Le débit de renouvellement d'air à respecter sont de 22 m3/h par occupant. Mise en place de registres d'équilibrage par bureau pilotés par les équipements de régulation. Pose des éléments de pilotage et de contrôle (sondes CO2, détecteur de présence, horloge, ...) dans les pièces. Mise en place d'une programmation horaire adaptée au fonctionnement du site et modulation des débits en fonction du taux d'occupation des locaux via les éléments de pilotage. Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air. <u>Remarque :</u> La dépose et repose du faux plafond existant facilitera la mise en œuvre des réseaux aérauliques (surcoût non intégré). L'intervention pourra être couplée à l'amélioration du système d'éclairage, qui nécessite également la dépose du faux plafond. Les débits de renouvellement d'air à respecter sont précisés dans la réglementation sanitaire départementale. Une augmentation des consommations électriques est à prévoir en raison de l'ajout des caissons de ventilation. Il sera nécessaire de prévoir un contrat de maintenance pour l'entretien des VMC, notamment pour le remplacement des filtres et le nettoyage des échangeurs. Une étude de structure devra valider la faisabilité du placement des équipements.		

Mise en place d'une Gestion Technique du Bâtiment (GTB)	Zone concernée : Ensemble du bâtiment	Surface considérée -
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> La mise en place d'une GTB permet de réaliser des économies d'énergie en réalisant des actions régulières de correction des paramètres de régulation. L'installation d'une supervision permet également de réaliser du télérelève, qui permet de suivre et de faciliter le plan de comptage énergétique envisagé. La mise en place d'une supervision permet à la maîtrise d'ouvrage d'effectuer un suivi des consommations, des paramètres de régulation et des alarmes techniques. <u>Mise en œuvre proposée</u> Mise en place d'une GTC dans la chaufferie et sur les équipements de ventilation. Mise en place d'une connexion ADSL dans les locaux techniques. Raccordement des compteurs énergétiques. Établissement de la liste des points d'entrées et de sorties. Mise en place et programmation d'un automate central et de son interface. Mise en place et branchement des capteurs et des actionneurs adéquats (aquastat chaudières, sonde de température extérieure, sondes de départ et retour réseau, registres de motorisation de la ventilation...) Les fonctionnalités de base prévues sont les suivantes : Sur les installations de chauffage : raccordement des pompes (connaissance du fonctionnement, marche ou arrêt et possibilité de mise en route) et des Vannes 3 Voies (régulation du chauffage). Sur les installations de ventilation (extraction simple) : mise en place d'une programmation horaire. Sur les installations de ventilation (centrale de traitement d'air) : raccordement des Vannes 3 Voies (régulation du chauffage), des registres de motorisation des caissons de mélange, des sondes CO2 et programmation horaire du fonctionnement des moteurs (régulation du taux de renouvellement d'air). <u>Remarques</u> La GTB peut également être complétée par le raccordement sur l'installation d'éclairage, par la mise en place d'une coupure généralisée. Un système de Gestion Technique Centralisée ne sera utile que s'il est utilisé par des personnes ayant suivi les formations adéquates et si le système est régulièrement exploité. Il est nécessaire de veiller à la communication des différents bus. Les systèmes des différents fabricants n'étant en général pas interchangeables, il est primordial de sélectionner autant que possible des solutions dites « ouvertes » permettant la mise en œuvre de protocoles normalisés pour la communication des bus de terrain et de supervision. <u>Chiffrage :</u> Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - La mise en place des équipements de télégestion : automate, interface d'utilisation - La pose et le raccordement des capteurs et des actionneurs - La programmation du système de gestion		

Remplacement des deux chaudières gaz par une PAC air/eau et mise en place de radiateurs basse température	Zone concernée : Ensemble du bâtiment	Surface considérée -
<u>Problématique traitée et points de vigilance</u> > Diminution des émissions de gaz à effet de serre > Réduction des risques incendie : suppression du gaz naturel > Diminution de la consommation d'énergie finale > Cette solution ne peut intervenir qu'après l'isolation complète du bâtiment (parois et fenêtres) afin de minimiser les consommations <u>Mise en œuvre proposée</u> > Déterminer la puissance chaude nécessaire au bâtiment ainsi que les températures d'eau chaude nécessaire > Dépose des chaudières existantes et de leur réseau gaz > Condamnation du conduit de fumées. > Réutilisation éventuelle des massifs béton des chaudières > Carottage du mur extérieur pour l'amenée et le rejet d'air > Branchement de la PAC sur la distribution hydraulique > Équilibrage, tests de bon fonctionnement <u>Remarques</u> > Monitorer l'installation pour suivre la performance : le fonctionnement de la PAC devra être reporté sur une GTC capable de transmettre des alertes. > Prendre en compte les dimensions, le poids et le bruit des installations > L'entretien de la PAC est indispensable (échangeur externe, filtres internes...), ainsi que le contrôle d'étanchéité obligatoire pour les circuits dont la quantité est supérieure à 2 kg de fluide frigorigène (article R543-75 à R543-123 du code de l'Environnement). > L'estimation de prix du scénario 3 ne comprend pas les travaux électriques : amenée de câbles de puissance, réalisation d'une armoire spécifique, travaux de courants faibles. > Selon la puissance de la PAC, une augmentation de l'abonnement électrique du collège est à envisager. > La production de froid pour le rafraîchissement du réfectoire et/ou de la partie cuisine en période chaude n'est pas envisagée dans cette étude		

Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation

Zone concernée : Rampants est-ouest

 Surface considérée : 170 m²
Problématique traitée et points de vigilance

Une partie de la toiture présente un potentiel intéressant pour la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque.

Valorisation d'une énergie renouvelable.

Les toitures préconisées sont les toitures en rouge


Mise en œuvre proposée

- ☐ L'installation solaire photovoltaïque se décompose de la façon suivante :
 - o Un ensemble de modules photovoltaïques produisant du courant continu.
 - o Un ensemble d'onduleurs transformant le courant continu en courant alternatif aux caractéristiques du réseau de distribution.
 - o Un ensemble de comptage de l'énergie remise sur le réseau.
- ☐ Mise en place de 170 m² de panneaux photovoltaïques intégrés à la toiture orientée Est et Ouest.
- ☐ Les capteurs installés sont des capteurs en polycristallin.
- ☐ La puissance installée sera de 35 kWc.
- ☐ Implantation d'un local technique pour les onduleurs dans le bâtiment.
- ☐ Raccordement au réseau d'électricité.
- ☐ Mise en place d'un afficheur électronique pour indiquer la production solaire.
- ☐ Mise en place d'une ligne de vie en toiture.

Remarques

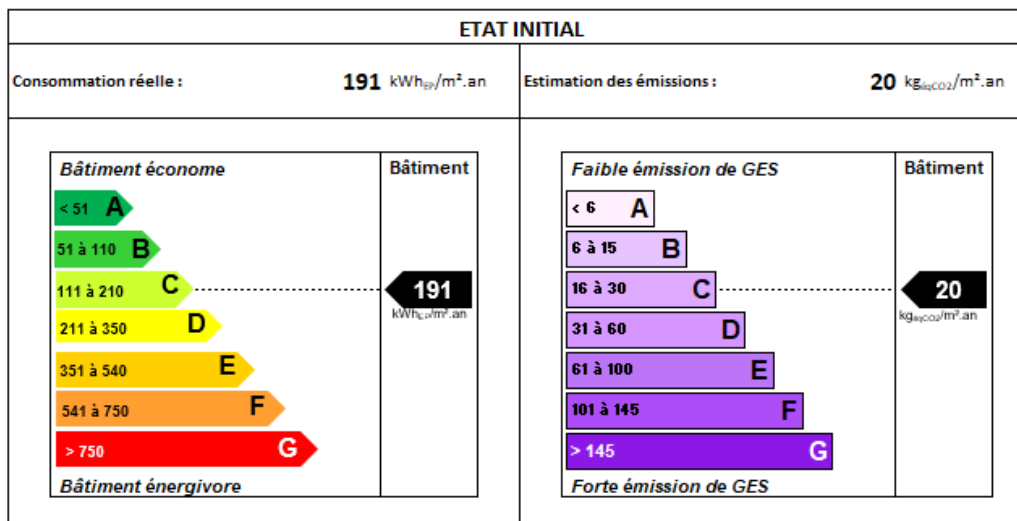
- ❑ Les prix de rachat sont fixés chaque trimestre par la CRE (Commission de Régulation de l'Energie), suivant l'arrêté du 4 mars 2011.
- ❑ Le coût de rachat du kWh est de 12,68 c€TTC (prix d'achat pour les demandes de raccordement comprises entre le 01/05/2023 et le 31/07/2023) pour une puissance comprise entre 36 et 100 kWc.
- ❑ Au vu de la faible surface de modules installés en comparaison à la taille du site il est supposé que la majorité de la production photovoltaïque puisse être autoconsommée.
- ❑ Le montage d'une opération photovoltaïque nécessite une étude de faisabilité complète : étude d'implantation, analyse de la production annuelle, analyse économique, montage administratif et financier.
- ❑ La mise en place d'une ligne de vie nécessite un entretien annuel de vérification (contrôle) de l'ordre de 250 €HT/ligne de vie.
- ❑ Une étude de structure doit être réalisée au préalable pour déterminer la faisabilité de l'opération.
- ❑ Une attention particulière devra être portée à l'espace entre les panneaux.
- ❑ Surcoût de maintenance.
- ❑ La maintenance des installations consiste à prévoir un passage annuel minimum afin de :
 - o Réaliser l'inspection visuelle des modules.
 - o Réaliser le nettoyage des modules.
 - o Vérifier et dépoussiérer les onduleurs.
 - o Réaliser des tests électriques.
 - o Relever les données de production.

12.2 PRESENTATION DES RESULTATS REGLEMENTAIRES (METHODE TH-C-E ex)

Le calcul réglementaire permet de déduire les étiquettes CEP^8 ci-dessous :



Etat initial :



Commentaires

Les étiquettes sont issues de la simulation réalisée sous la méthode réglementaire, méthode TH-C-E ex via le module RT-ex du logiciel Pléiades-Comfie.

On observe un écart entre la simulation réelle et réglementaire car les méthodes de calcul sont différentes.

Scénario 1 :

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réglementaire - TH-C-E ex				
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SHON})	CEP _{initial}	CEP _{ref}	CEP _{projet}	Ecart par rapport au CEP _{ref}
Laboratoire Arago bâtiment B	191 111 à 210 C	149 111 à 210 C	127 111 à 210 C	- 15%

Scénario 2 :

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réglementaire - TH-C-E ex				
Evolution de la classe énergie (kWh _{EP} /m ² _{SHON})	CEP _{initial}	CEP _{ref}	CEP _{projet}	Ecart par rapport au CEP _{ref}
Laboratoire Arago bâtiment B	191 111 à 210 C	129 111 à 210 C	118 111 à 210 C	- 9%

⁸ Ces étiquettes présentent la consommation CEP . Ce ne sont pas des étiquettes DPE officielles.

12.3 DEBITS REGLEMENTAIRES

Les paramètres ci-dessous sont issus de la réglementation sanitaire départementale (circulaire du 20 janvier 1983).

DESTINATION DES LOCAUX (air à 1,2 kg/m ³)	Débit minimal d'air neuf en mètres cubes/heure et par occupant	
	Locaux avec interdiction de fumer	Locaux sans interdiction de fumer
Locaux d'enseignement : - classes, salles d'études, laboratoire (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) : - Maternelles, primaires et secondaire du 1 ^{er} cycle - Secondaires du 2 ^e cycle et universitaires - Ateliers	15 18 18	" 25 25
Locaux d'hébergement : - chambres collectives (plus de trois personnes ⁽¹⁾), dortoirs, cellules, salles de repos)	18	25
Bureaux et locaux assimilés : - locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de postes, banques	18	25
Locaux de réunions : - tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, clubs, foyers	18	30
Locaux de vente : - tels que boutiques, supermarchés	22	30
Locaux de restauration : - cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22	30
Locaux à usage sportif : - par sportif : - dans une piscine - dans les autres locaux - par spectateur	22 25 18	" 30 30

⁽¹⁾ Pour les chambres de moins de trois personnes, le débit minimal à prévoir est de 30 m³/h par local.

12.4 GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC

12.4.1 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

12.4.2 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 [kgCO ₂ /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 21 octobre 2021 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 donne les valeurs à prendre en compte.

12.4.3 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	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

12.4.4 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, 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}⁹
Bois, biomasse	0,60
Gaz naturel	1,00
Gaz propane	1,00
Electricité	2,58
Fioul	1,00

⁹ 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.

12.4.5 Réglementation thermique

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires, 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 :

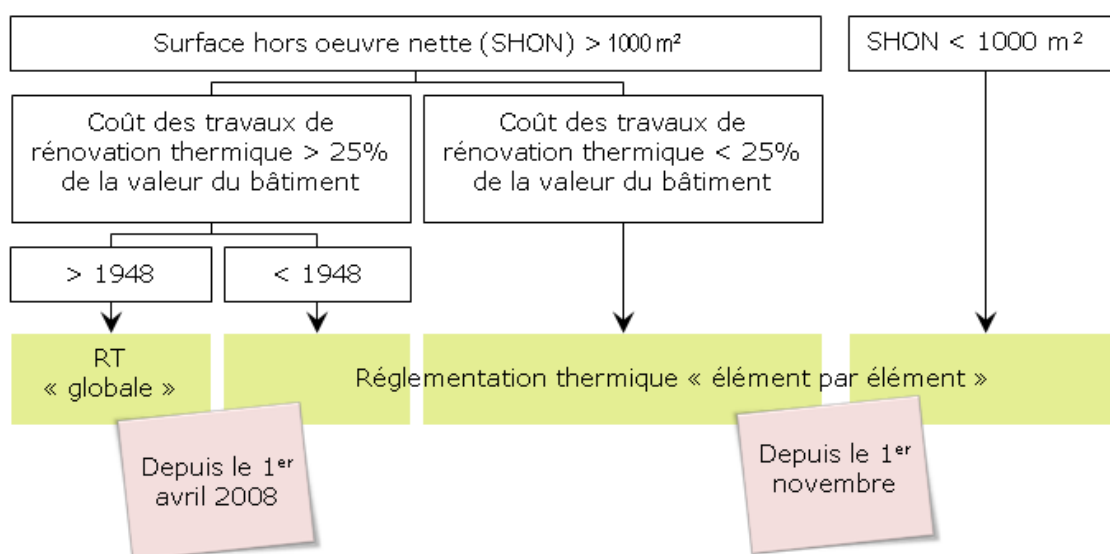
- **RT globale :** Pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m², achevés après 1948, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové.

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 élément par élément :** 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 autres que ceux usage principal d'habitation est de 1 583 €/m²_{SHON} (valeur au 1^{er} janvier 2023¹⁰).



¹⁰ Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.12, mis à jour le 1er janvier 2023.

12.4.6 PRECAUTIONS D'USAGE

Le présent rapport propose des scénarios de travaux indicatifs chiffrés et assortis de gains énergétiques et financiers théoriques.

Les coûts de travaux sont prévus en corps d'état séparés, à la date de réalisation de l'étude, et exprimés en euros hors taxe.

Ils n'intègrent pas les honoraires et prestations intellectuelles éventuellement associés à l'acte de construire (SPS, bureau de contrôle, maîtrise d'œuvre, conduite d'opération, etc).

Les gains financiers portant sur les économies d'énergie projetés sont relatifs aux seuls usages, et tiennent compte d'une actualisation théorique et constante de 4% par an.

L'ensemble des calculs relatifs au décret tertiaire, s'ils sont prévus dans le cadre de la mission, sont réalisés sur la base des règles juridiques et de calculs connus au jour de l'étude, ainsi que sur les bases de données rendues disponibles.