

# Rapport d'audit énergétique

## Bloc technique de l'aéroport Saint-Exupéry à Colombier-Saugnieu (69)



### Suivi du document

Identification du document	LER2025-026 V4
Version – Date	V4 – 26/06/2025
Visite sur site	05/02/2025
Méthode de calcul	Réglementaire Rt-Existant (TH-CE-Ex)
Contact technique	<a href="mailto:suivi.etudes@lorr-enr.fr">suivi.etudes@lorr-enr.fr</a>

*Lorr-EnR est labellisée :*



I. Historique du document .....	4
II. Cadre de la mission.....	5
2.1 Objectifs et attentes .....	5
2.2 Domaine d'action .....	5
2.3 Moyens informatiques .....	5
2.4 Les contacts .....	6
2.5 Le cadre et les limites du diagnostic énergétique .....	7
2.6 Les étapes de l'audit énergétique.....	8
2.7 Décret tertiaire et définition de la référence énergétique.....	9
III. Descriptif général et analyse de l'état existant.....	11
3.1 Le bâtiment.....	11
3.2 Photographies extérieures du bâtiment.....	13
3.3 Masques lointains et proches .....	14
3.4 Site et conditions météorologiques.....	15
3.5 L'activité du bâtiment.....	16
3.6 Repérage des bâtiments et extensions.....	17
3.7 Description de l'enveloppe du bâtiment .....	18
3.8 Description des équipements énergétiques .....	45
3.9 Factures énergétiques .....	96
3.1 Contrats de maintenance des équipements énergétiques .....	99
IV. Décret tertiaire.....	100
V. Phase 2 - Bilan énergétique .....	103
5.1 Déperditions thermiques.....	103
5.2 Modélisation thermique réglementaire .....	109
VI. Phase 3 : Proposition d'améliorations .....	115
6.1 Interventions étudiées .....	115
6.2 Potentiel des énergies renouvelables .....	125
6.3 Impact des travaux individuels .....	126
6.4 Hypothèses de travail.....	131
6.5 Scénarios d'amélioration énergétiques étudiés.....	134
VII. Synthèse & Recommandations.....	180
7.1 Propositions d'améliorations .....	180
7.2 Bouquet de travaux décret tertiaire.....	182
7.3 Aides financières potentielles.....	184
7.4 Déperditions thermiques.....	185

7.5	Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre selon méthode réglementaire.....	191
7.6	Tableau récapitulatif .....	200
VIII.	Offre de suivi de l'amélioration énergétique.....	206
IX.	Glossaire.....	207
X.	Annexes.....	209
10.1	Plans de niveaux .....	209
10.2	Descriptifs des aides financières potentielles .....	211

## I. Historique du document

N° version	Date du document	N° rapport	Auteur(s)	Modifications
01	27/03/2025	2025-026 – V1	A.H	-
02	29/04/2025	2025-026 - V2	A.H	Mise à jour
03	06/06/2025	2025-026 – V3	A.H	Mise à jour
04	26/06/2025	2025-026 – V4	A.H	Mise à jour

## II. Cadre de la mission

Ce document présente l'état des lieux « thermique » du bâtiment, et étudie l'impact d'une série de travaux traitant en priorité l'enveloppe du bâtiment, dont l'effet est modélisé au moyen d'une étude thermique réglementaire TH-CE-Existant, permettant de situer le bâtiment sur l'étiquette énergétique et climat, indispensable pour l'obtention des diverses aides envisageables.

### 2.1 Objectifs et attentes

L'objectif de cette mission est d'analyser la performance thermique et énergétique du bâtiment, afin d'en identifier les points faibles et d'en comprendre le fonctionnement thermique, et de proposer une série de travaux adaptés, pour en améliorer la performance et le confort.

L'audit énergétique permet d'élaborer un modèle du bâtiment qui permet de simuler son fonctionnement thermique actuel afin de proposer différents bouquets de travaux et d'en évaluer l'impact sur le confort et la consommation d'énergie. Le but est de constituer une connaissance précise du bâtiment étudié, de ses possibilités d'évolution, des coûts d'investissements nécessaires ainsi que des économies réalisées.

Cette mission correspond à une phase d'orientation se situant en amont des études techniques et a pour objectif de donner au maître d'ouvrage une vision globale afin de l'aider à décider des projets de travaux. Elle ne constitue pas une étude de définition ou de dimensionnement.

### 2.2 Domaine d'action

La présente analyse a été réalisée à un instant donné de la vie du site étudié. Le domaine d'action et le périmètre de cette offre s'étend à l'audit énergétique du bâtiment et à la proposition de travaux concernant le bâtiment audité.

### 2.3 Moyens informatiques



Les notes de calculs ont été effectuées au moyen du logiciel Pléiades-Comfie développé par IZUBA Energies, avec mise à jour permanente.

## 2.4 Les contacts

Bureaux d'études thermiques fluides	
Nom	LORR-ENR
Adresse	240 Rue de Cumène, Centre d'activités Ariane 54230 Neuves-Maisons
Chef de projet	Florian PARMENTELOT
Chargé(s) d'études	Adrien HIRSCH
Contact tél/mail	03 83 15 66 03 - suivi.etudes@lorr-enr.fr
Certificat OPCI	N° 13 12 2638
Qualifications RGE obtenues	19 11 « Audit énergétique "maisons individuelles" » 19.05 « Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives) » 1331 « Etude thermique réglementaire « Maison individuelle » 1332 « Etude thermique réglementaire « bâtiment collectif d'habitation et/ou tertiaire »

Maître d'Ouvrage	
Maître d'Ouvrage	Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC)
Adresse	82 rue des Pyrénées 75970 Paris Cedex
Contact(s)	M. BADUEL – 06.45.11.83.32

## 2.5 Le cadre et les limites du diagnostic énergétique

### ❖ Les hypothèses et les limites de l'étude :

Le diagnostic énergétique considère toutes les dépenses énergétiques inhérentes au bâtiment dans son fonctionnement existant. Il apporte des solutions conceptuelles pour obtenir des objectifs de performances énergétiques et ne constitue pas un diagnostic technique ni une étude de faisabilité, ces travaux incombant aux phases « projet » puis « exécution » d'une mission de maîtrise d'œuvre. Par exemple, un diagnostic énergétique ne traite pas directement des problématiques de structure ou d'étanchéité. Un diagnostic énergétique n'a pas vocation à mise en conformité réglementaire, notamment en matière de sécurité incendie, de sécurité des personnes, d'accessibilité, ... Toutefois, là où des problèmes patents semblent exister, nous nous les signalerons, dans la limite de nos connaissances.

Enfin, l'étude concerne exclusivement l'amélioration du bâti et des systèmes, mais ne porte pas sur la diminution de consommation des appareillages, process industriels ou spécifiques (machines, fours, robots...). Ces consommations seront prises en compte dans les bilans de fonctionnement du bâtiment, mais seront considérées comme constantes. Elles constituent des apports « gratuits » l'hiver, qui deviennent pénalisants l'été (contribution à la surchauffe du bâtiment).

### ❖ Les études spécifiques et d'exécution :

Les solutions de travaux proposées doivent donc faire l'objet d'une étude de faisabilité par une équipe de maîtrise d'œuvre. Sur la base des concepts proposés, elle qualifiera toutes les sujétions (reprise de structure, passage de voiles, travaux de décaissement, reprises d'étanchéité, dévoiements etc...) et assurera les calculs et dimensionnements finaux conformément à l'ensemble des réglementations en vigueur.

Note : La réglementation thermique de l'existant (RT2005 existant) sera respectée et constitue bien dans notre cas un strict minimum.

### ❖ Les estimations financières :

Afin de permettre à la maîtrise d'ouvrage d'avoir une approche complète incluant l'aspect financier des travaux à réaliser, un certain nombre d'estimations sont proposées dans le diagnostic. Ces enveloppes de travaux ne sauraient toutefois être prises pour des budgets d'exécution. Le chiffrage exact des travaux, prenant en compte l'ensemble des sujétions, sera réalisé par un économiste de la construction.

Sauf indication contraire, les investissements sont donnés en hors taxes, hors frais d'ingénierie, et hors subventions éventuelles.

### ❖ Les subventions :

Certaines subventions peuvent être accordées d'une part sur les énergies renouvelables (solaire thermique et photovoltaïque, chaufferie bois, pompes à chaleur, ... ), et d'autre part en cas de labélisation du bâtiment (Passivhaus / La Maison Passive France, Effinergie, Bâtiment Basse Consommation (BBC), etc.). Ces subventions d'Etat peuvent être accordées par différents organismes comme l'ADEME, CLIMAXION, les Conseils Général et Régional... Ces subventions varient beaucoup dans le temps et seront à mettre à jour en phase projet par la maîtrise d'œuvre.

## 2.6 Les étapes de l'audit énergétique

- **Phase 1 : Etat des lieux.** Cette étape consiste à recueillir les informations nécessaires à la réalisation de l'audit énergétique proprement dit par un relevé méthodique sur site et à un contrôle du fonctionnement des installations.

Les tâches suivantes ont été réalisées au cours de l'audit énergétique :

- Déterminer la performance thermique de chaque paroi et des menuiseries via un relevé visuel et avec l'aide d'une caméra thermique infrarouge et d'un vitromètre.
  - Recenser les équipements énergétiques (chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, ventilation) et relever leurs caractéristiques principales.
- 
- **Phase 2 : Bilan énergétique :** Sur base des éléments relevés, le bâtiment est modélisé pour en comprendre le fonctionnement thermique. Cette modélisation permet de proposer des programmes d'actions adaptés à l'état du bâtiment afin d'en améliorer la performance énergétique. Cette phase a été réalisée par une étude thermique réglementaire et/ou par une simulation thermique dynamique.
- 
- **Phase 3 : Programmes d'amélioration :** Sur la base des résultats de la modélisation, un ou plusieurs bouquets de travaux de rénovation ont été élaborés pour le bâtiment et sont présentés et étudiés dans cette phase : leur impact sur la performance du bâtiment est évalué et chiffré.
- 
- **Phase 4 : Analyse financière :** Chaque bouquet de rénovation, présenté dans la phase 3, fait l'objet d'une analyse financière (estimation des coûts des travaux et du temps de retour sur investissement).

## 2.7 Décret tertiaire et définition de la référence énergétique

Le décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 modifié, relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire, dit décret *Eco Energie Tertiaire*, rend obligatoire la réalisation d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments tertiaires de plus de 1000 m<sup>2</sup>. Il s'inscrit dans le cadre du Grenelle II et de l'article 175 de la loi ELAN et est entré en vigueur le 1er octobre 2019 puis a été complété par un arrêté publié le 3 mai 2020.

Ce dispositif réglementaire, fixe pour les bâtiments assujettis, et pour chacune des années 2030, 2040 et 2050, deux types d'objectifs de réduction de la consommation énergétique :

- **Un objectif en valeur relative (Crel) : niveau de consommation d'énergie finale réduit, respectivement de :**
  - -40% en 2030 ;
  - -50% en 2040 ;
  - -60% en 2050.
- **Un objectif en valeur absolue (Cabs) : niveau de consommation d'énergie finale fixé en valeur absolue, en fonction de la consommation énergétique des bâtiments nouveaux de leur catégorie.**

Afin d'assurer le suivi, les consommations énergétiques des bâtiments concernés doivent être envoyées sur la plateforme informatique OPERAT gérée par l'ADEME depuis 2021. La surface de référence est celle de la surface de plancher (SDP).

L'usage d'une partie de ce bâtiment n'est pas concerné par le décret tertiaire. En effet, les locaux liés à l'aide à la navigation aérienne ne sont pas assujettis au décret tertiaire.

Sur le bâtiment cela représente environ **1 171.33 m<sup>2</sup>**.

En comptabilisant la surface de plancher totale de **5 299.05 m<sup>2</sup>** la surface à prendre en compte pour l'assujettissement au décret tertiaire est de :

La surface de plancher ci-dessus prendre en compte les bâtiments suivants :

- Bloc technique 1973 = **1 814.61 m<sup>2</sup>**
- Extension 1996 = **1 908.16 m<sup>2</sup>**
- Extension 2015 = **684.97 m<sup>2</sup>**
- Tour de contrôle = **116.79 m<sup>2</sup>**
- Bâtiment Algeco 2008 = **506.81 m<sup>2</sup>**
- Bâtiment modulaire 2014 = **267.71 m<sup>2</sup>**

SDP totale – SDP opérationnelle ; soit **5 299.05 – 1 171.33 = 4 127.72 m<sup>2</sup>**.

La surface à prendre en compte pour le décret tertiaire est de **4 127.72 m<sup>2</sup>**

La valeur absolue a été déterminée en fonction des éléments suivants pour les bureaux présents dans le BT73, BT1996, extension 2014, modulaire 2014 et le bâtiment Algeco 2008. :

Usage : bureaux ;

Altitude : inférieur à 400 mètres ;

Zones géographiques : H1c

Composante CVC : 62 kWh/m<sup>2</sup>/an

USE étalon : 50 kWh/m<sup>2</sup>/an

Valeur absolue = Composante CVC + USE étalon

Valeur absolue = 62 + 50

Valeur absolue = 112 kWh/m<sup>2</sup>/an

Concernant les salles serveurs, nous ne sommes actuellement pas en mesure de pouvoir estimer les consommations d'électricité de ces zones. Nous ne pouvons donc pas calculer de valeur absolue prenant en compte le USE modulé.

Présentant une surface de plancher supérieure à 1000 m<sup>2</sup>, ce bâtiment est donc assujéti au décret tertiaire. Depuis 2021, l'entité assujétiée doit être renseignée et les différentes surfaces du bâtiment doivent être déclarées.

Depuis 2021, les consommations énergétiques (2020, 2021, 2022 et 2023) doivent être renseignées sur la plateforme OPERAT de l'ADEME, y compris la consommation de référence retenue entre l'année 2010 et 2019.

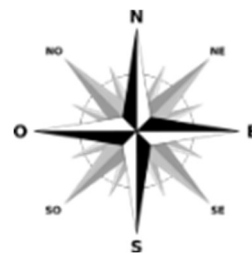
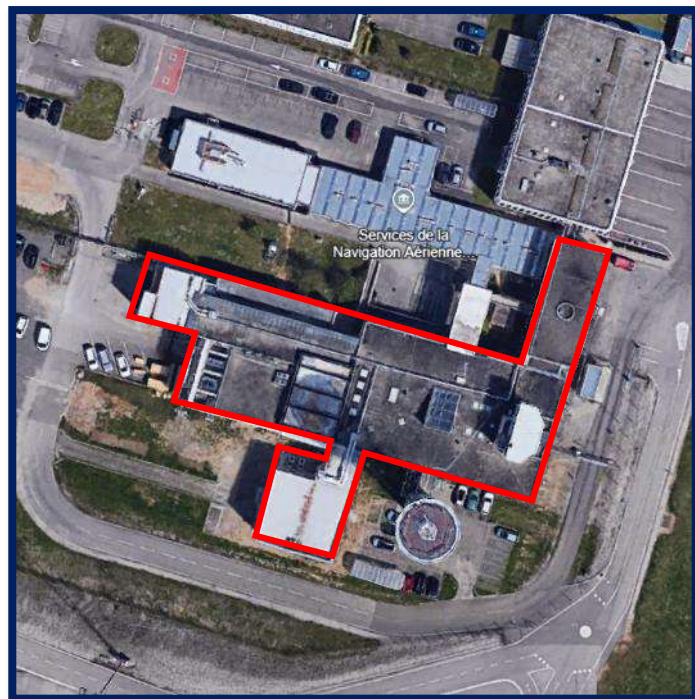
Toutefois, l'audit commandé (selon la RT-Existant) ne permet pas d'obtenir des résultats suffisamment précis pour valider les objectifs du décret tertiaire. Ceci peut faire l'objet d'une mission complémentaire par la réalisation d'une simulation énergétique dynamique (SED).

### III. Descriptif général et analyse de l'état existant

#### 3.1 Le bâtiment

Fiche d'identité du bâtiment	
Usage(s)	Navigation aérienne – aéroport de Lyon
Nombre de bâtiment(s)	1
Adresse du/des bâtiment(s)	630, rue d'Allemagne 69125 Colombier-Saugnieu
Zone climatique RT	H1c (Rhône)
Altitude	236 m
Classement au bruit	BR3
Année de construction	1973
Extension	Extension 1996 Extension Vigie provisoire Extension 2015 – Sud et Ouest
Nombre de niveau(x)	3 niveaux
SHON <sub>RT</sub> (Surface de référence thermique)	4 587 m <sup>2</sup>
SDP (Surface de plancher)	4 408 m <sup>2</sup>

## Repérage



Vue aérienne – Source : Google Earth

## 3.2 Photographies extérieures du bâtiment



**NORD**



**OUEST**



**SUD**

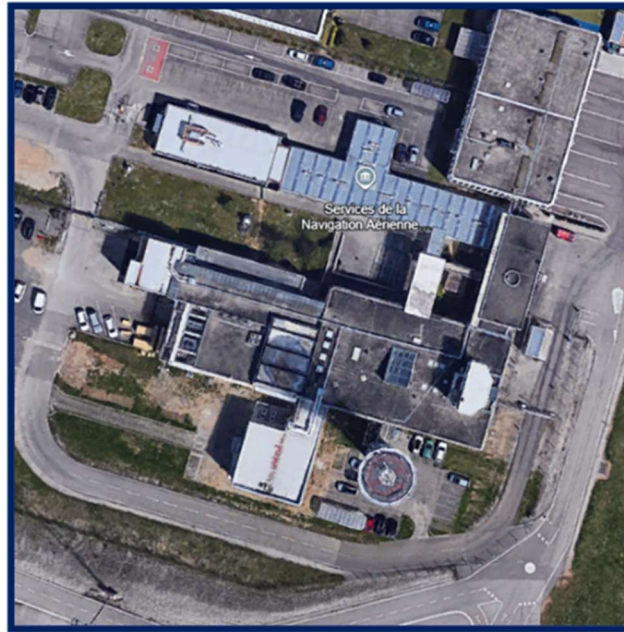


**EST**

### 3.3 Masques lointains et proches

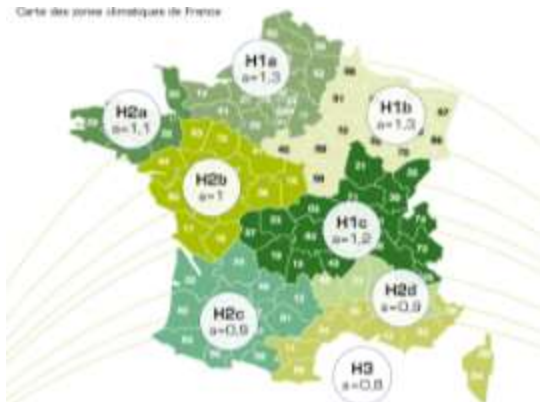
Les masques lointains peuvent être des reliefs, des massifs importants qui rendent le soleil inaccessible à certaines périodes de la journée et de l'année. Les masques proches sont constitués par tous les bâtiments, arbres ou objets urbains dont l'ombrage influe sur le bâtiment étudié.

L'horizon lointain ne comporte pas de masques importants. Néanmoins, la tour de contrôle présente au sud du bâtiment réduit légèrement les apports solaires de la façade sud.



### 3.4 Site et conditions météorologiques

Carte des zones climatiques de France



La modélisation prend en compte l'environnement du bâtiment, son altitude et la zone climatique.

Concernant le calcul réglementaire TH CE Ex, les données sont fixées par décret.

Le degré-jour est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température de référence (18 °C dans le cas des DJU ou Degrés-Jours Unifiés). Ils permettent de calculer les besoins de chauffage et de climatisation d'un bâtiment afin de réaliser

un bilan thermique du bâtiment. Ils donnent une représentation de la rigueur du climat en hiver (DJU chauffage) et en été (DJU climatisation).

Les DJU chauffage selon la station météo de Lyon St-Exupéry sont les suivants :

Année	Total
2009	2384
2010	2735
2011	2150
2012	2421
2013	2658
2014	1987
2015	2204
2016	2384
2017	2344
2018	2107
2019	2175
2020	2015
2021	2413
2022	2002
2023	1984

Moyenne DJU du site : 2264

## 3.5 L'activité du bâtiment

### 3.5.1 Usage(s) du bâtiment

Le bâtiment étudié est le bloc technique de l'aéroport Saint-Exupéry, ce dernier est constitué de différents bureaux, salle de réunion, local serveur, laboratoire technique, salle dédiée à la navigation aérienne, vigie provisoire et quelques salles de restauration.

Dans le cadre de la modélisation réglementaire TH CE Ex, les scénarios d'occupation sont fixés selon la réglementation et l'usage du bâtiment.

### 3.5.2 Occupants & Horaires d'occupation

❖ Horaires d'ouverture / Occupation :

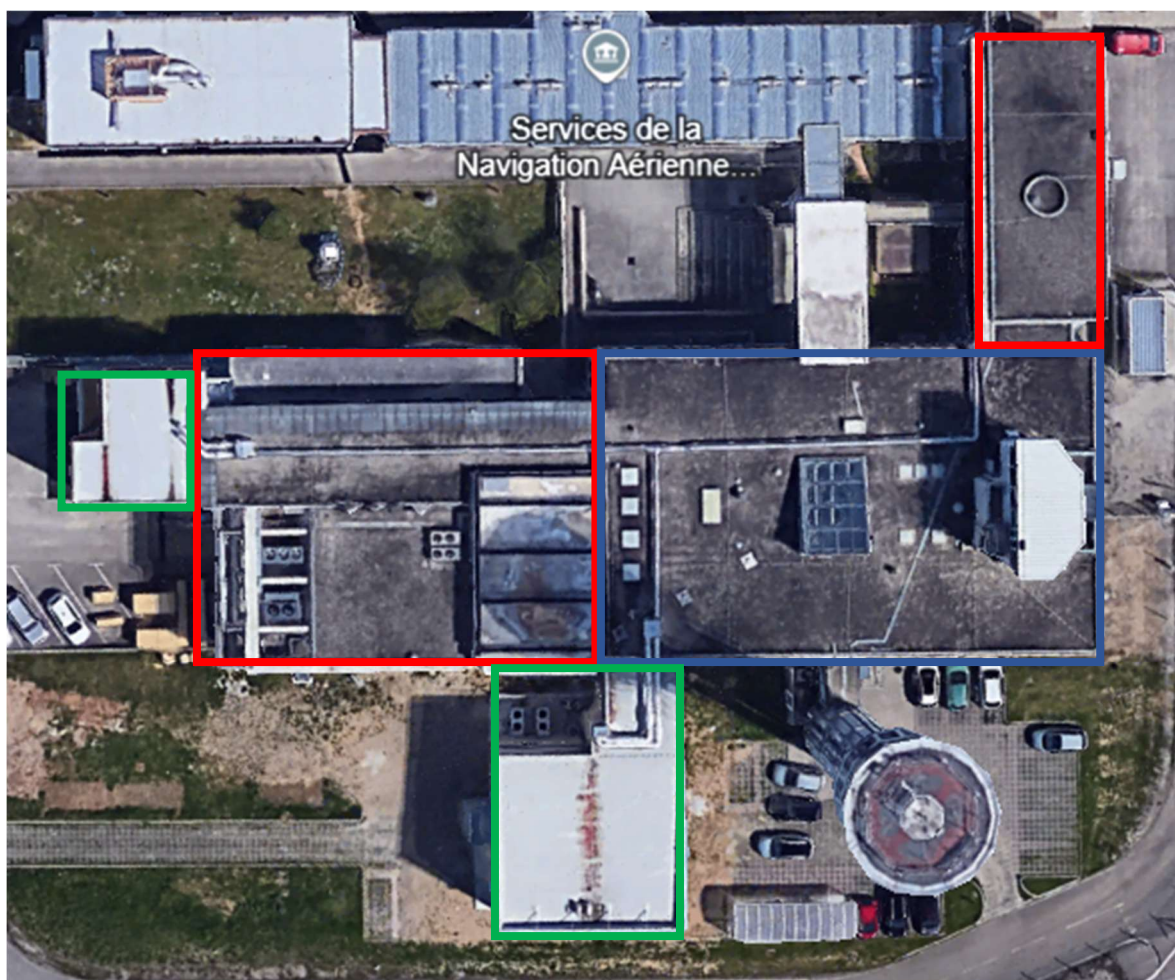
Contrôle aérien	
Jour	Horaires d'ouverture
Lundi à dimanche	24h00 / 24h00

Administratif (bureaux)	
Jour	Horaires d'ouverture
Lundi à vendredi	07h00 / 19h00

### 3.6 Repérage des bâtiments et extensions

Le bâtiment étudié présente plusieurs extensions construites à des périodes différentes :

- Le bloc technique (d'origine) construit en 1973 est matérialisé par les rectangles bleu sur la vue aérienne ci-dessous ;
- Deux extensions (nord et ouest) construites en 1996, ces dernières sont matérialisées par les rectangles de couleur rouge sur la vue aérienne ci-dessous ;
- Deux extensions (sud et ouest) construites en 2015, ces dernières sont matérialisées par les rectangles de couleur vert sur la vue aérienne ci-dessous ;



## 3.7 Description de l'enveloppe du bâtiment

### 3.7.1 Bâtiment(s) audité(s)



Les bâtiments ont été audités dans leur globalité.

### 3.7.2 Inspection du bâtiment – Thermographie infrarouge

L'inspection du bâtiment à la caméra thermique a pour but d'identifier centralement des problèmes d'isolation et de ponts thermiques. Cette inspection peut être réalisée depuis l'intérieur du bâtiment mais également depuis l'extérieur.

La caméra thermique permet de « voir » la température des surfaces en détectant le rayonnement infrarouge qu'elles émettent. Elle permet donc, par analyse, de déceler d'éventuels problèmes d'isolation, manques d'isolants (ponts thermiques), qu'ils soient structurels (p.ex. balcons, dalles intermédiaires, ...) ou accidentels (dégradations d'isolant, défaut de pose, ...). Elle permet également, dans certains cas, de déceler des fuites d'air qui court-circuiteraient les isolants, mais ne remplace en aucun cas un test d'étanchéité à l'air.

L'échelle de couleur utilisée pour les thermogrammes dans la suite de ce document varie du Bleu/Noir pour les températures basses, et Jaune/Blanc pour les températures élevées. D'une manière générale, nous fournissons une photo « visible » servant au repérage et une photo « infrarouge », positionnée au centre de l'image visible, comme montré sur l'exemple ci-dessous :

Photographie numérique	Image infrarouge	Commentaires
		Exemple de localisation de la photographie infrarouge dans la photographie « visible ».

#### Conditions météorologiques lors de l'analyse sur site


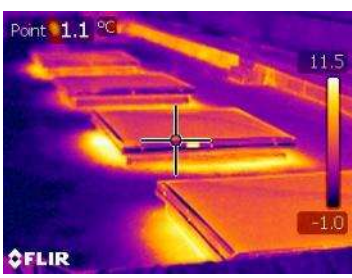








Température extérieure : +2°C

Ciel dégagé


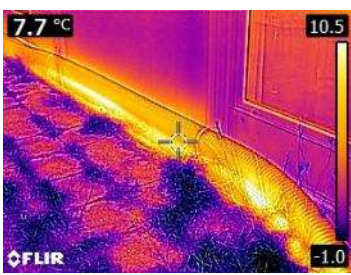





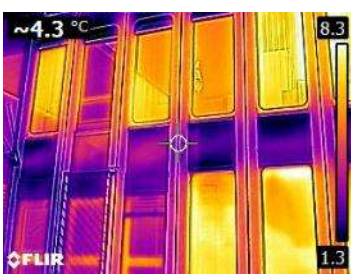
Force du vent : 1 Beaufort

### 3.7.2.1 Thermographie par l'extérieur

Sur ces images, une température plus faible (noir/bleu) dénote un passage de chaleur limité ; une température plus élevée (jaune/blanc), un passage de chaleur important : les zones « chaudes » correspondent donc à des endroits où il manque de l'isolant, ou bien où de l'isolant est court-circuité (passage d'air derrière un doublage, par exemple) ou a été dégradé.









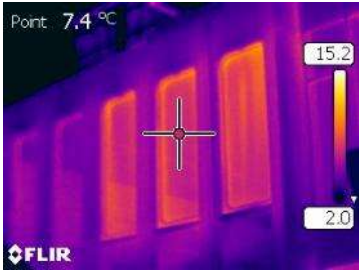
Photographie numérique	Image infrarouge	Commentaires
		Les photographies infrarouges permettent de mettre en évidence les déperditions thermiques au niveau de la verrière et des fenêtres de toit présentes sur la toiture existante (1973).
		De plus, une grille d'extraction d'air naturelle est présente au niveau du murs extérieurs soutenant la verrière. Une quantité importante d'énergie est donc rejetée à l'extérieur du bâtiment.
		D'importantes déperditions thermiques sont remarquées au niveau des murs extérieurs et des menuiseries extérieures.  En effet, le manque d'isolant au niveau des murs extérieurs de l'existant (1973) et des menuiseries simple vitrage engendrent d'importantes déperditions thermiques.
		
		




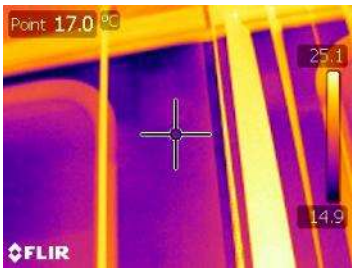

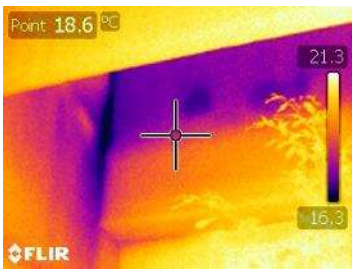




Photographie numérique	Image infrarouge	Commentaires
		
		<p>Les photographies infrarouges permettent de mettre en évidence les ponts thermiques au niveau du plancher bas et des murs extérieurs de l'existant (1973).</p> <p>Ces défauts cumulés sur toute la périphérie du bâtiment entraînent des pertes de chaleur non négligeables.</p>
		
-		<p>Grâce à la thermographie infrarouge, nous pouvons aisément remarquer les différences de température entre les murs extérieurs non isolés (1973) et les murs extérieurs isolés (extension 2015).</p> <p>Le manque d'isolant sur les murs extérieurs de la partie existante (1973) entraîne d'importantes déperditions thermiques.</p>
		<p>Une quantité importante de chaleur est rejetée à l'extérieur pour ventiler les locaux de la partie existante (1973).</p> <p>Ce phénomène est lié au fait que la ventilation est réalisée par un système simple flux sans récupération de chaleur.</p>

Photographie numérique	Image infrarouge	Commentaires
		<p>Les réseaux de chauffage passant en extérieur reliant la sous-station (chaufferie caserne pompiers) et la sous-station du bâtiment technique ne sont que faiblement isolés.</p> <p>Ce manque d'isolant entraîne des déperditions thermiques liées à la distribution de chaleur.</p>
		<p>Compte tenu des importantes longueurs de réseaux, ce phénomène réduit de manière non-négligeable le rendement global de l'installation de chauffage.</p>
		<p>Grâce à la thermographie infrarouge, nous pouvons aisément remarquer les différences de température entre les menuiseries existantes (simple vitrage) et les menuiseries remplacées dans les années 2020.</p>
		<p>Nous remarquons donc que les menuiseries existantes (simple vitrage) sont beaucoup plus déperditives que les menuiseries remplacées.</p>

### 3.7.2.2 Thermographie par l'intérieur

Sur ces images, une température plus élevée (jaune/blanc) dénote une paroi isolée ; une température plus faible (bleu/noir), un passage de chaleur important : les zones « froides » correspondent donc à des endroits où il manque de l'isolant, ou bien où de l'isolant est court-circuité (passage d'air derrière un doublage, par exemple) ou a été dégradé.

Photographie numérique	Image infrarouge	Commentaires
		<p>Les photographies infrarouges permettent de mettre en évidence les déperditions thermiques importantes au niveau des menuiseries simple vitrage extérieures.</p> <p>Nous pouvons par ailleurs constater les différences de températures entre les menuiseries existantes (simple vitrage) et les menuiseries remplacées.</p> <p>Ces déperditions thermiques augmentent les consommations d'énergie et créent de l'inconfort sur les occupants des locaux.</p>
		
		
		
		

Photographie numérique	Image infrarouge	Commentaires
		Nous pouvons aisément remarquer les différences de températures entre les parois isolées récemment et celles non isolées.
		En effet, les parois isolées présentent des températures de surface d'environ 21°C tandis que les parois non isolées présentent des températures d'environ 17°C. Cela signifie que la paroi isolée limite fortement le flux thermique entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.
		Néanmoins, nous pouvons également remarquer certains défauts d'étanchéité à l'air au niveau des liaisons entre les menuiseries et le doublage, les doublages des murs extérieurs semblent donc ventilés ce qui court-circuite l'isolant.
		Des défauts d'isolation ont été remarqués sur certaines parois isolées, notamment au niveau des doublages de la verrière
		Absence d'isolant au niveau de l'échangeur thermique présent en sous-station (caserne pompier).
		Ce manque d'isolant engendre des pertes thermiques importantes.
		De plus, certains réseaux sont encore dépourvus d'isolant.

### 3.7.3 Etanchéité à l'air

#### 3.7.3.1 Rappels sur l'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air consiste à ***réduire les flux d'air incontrôlés traversant les parois séparant un espace chauffé (et/ou climatisé) et l'extérieur (ou un local non chauffé).***

La réduction de ces flux est cruciale pour atteindre une bonne performance énergétique. En effet, pour tout espace aux conditions hygrothermiques contrôlées (comme un espace habité, qui est chauffé) « plongé » dans l'espace ambiant, la température, la pression et l'humidité tendent à s'équilibrer, causant des gradients de pression (tirage thermique et/ou hydrique). En cas de défauts d'étanchéité à l'air, ces gradients de pression vont entraîner un flux d'air entre l'intérieur et l'extérieur. Ce flux d'air va emmener avec lui d'importantes quantités d'énergie, par convection thermique : si de l'air à 20°C s'échappe dans une atmosphère à 0°C, chaque m<sup>3</sup> emmène un peu plus de 6,6 kWh).

Outre cet impact sur les consommations, les flux d'air parasites sont également à l'origine de nombreux troubles du bâtiment :

- dégradation de la structure et des isolants (charge en eau),
- déséquilibre ou court-circuit du système de ventilation,
- dégradation de la qualité de l'air,
- baisse des performances de l'isolation phonique.

En outre, les courants d'air causent une forte sensation d'inconfort, en particulier l'hiver.

#### 3.7.3.2 La mesure de l'étanchéité à l'air

Un test Blower-Door, ou test de la « porte soufflante » permet de quantifier le débit d'air parasite qui traverse l'enveloppe du bâtiment afin d'en estimer la perte thermique liée.

Ce test consiste à mettre en place une porte étanche munie d'un ou plusieurs ventilateurs sur une des menuiseries du bâtiment. Afin de pouvoir distinguer le renouvellement d'air désiré (ventilation) du renouvellement parasite, toutes les bouches d'entrée d'air ou d'extraction d'air sont obturées.

L'action du ventilateur crée un différentiel de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment : si le ventilateur souffle l'air du bâtiment vers l'extérieur, le bâtiment va subir une légère dépression. Afin de compenser ce déséquilibre, de l'air extérieur va pénétrer, via les défauts d'étanchéité à l'air, à l'intérieur du bâtiment. Quand le différentiel de pression est stable, le débit d'air qui traverse le ventilateur est égal au débit d'air parasite qui traverse l'enveloppe du bâtiment, et on peut donc le mesurer au niveau du ventilateur.

La perméabilité à l'air s'exprime par deux indicateurs :

- ✓  $n_{50}$ , qui est l'indicateur européen. Il représente le taux de renouvellement horaire sous 50 Pascals (Pa). Il est calculé comme le débit d'air qui traverse l'enveloppe du bâtiment sous un différentiel de pression de 50 Pa, rapporté au volume intérieur du bâtiment.
- ✓  $Q_{4PaSurf}$ , qui est l'indicateur de la réglementation thermique française. Il est calculé en rapportant le débit d'air qui traverse l'enveloppe du bâtiment sous un différentiel de pression de 4 Pa, à la surface déperditive hors plancher bas du bâtiment (Surface des murs extérieurs et de la toiture).

Les ordres de grandeur de ces indicateurs sont les suivants :

- ✓ Les normes européennes considèrent une valeur de 6 vol/h pour  $n_{50}$  lorsqu'il n'est pas mesuré. Cette valeur par défaut est considérée comme pénalisante, mais il n'est par rare de trouver des bâtiments qui présentent un  $n_{50}$  avec une valeur (beaucoup) plus élevée, jusqu'à 10 voire 20 vol/h. Les limites de la réglementation thermique française correspondent à des valeurs de  $n_{50}$  aux alentours de 2 à 4 vol/h. Au-delà de ces valeurs, les défauts d'étanchéité à l'air constituent la majeure partie des pertes thermiques du bâtiment. Il est illusoire d'améliorer la performance thermique d'un tel bâtiment en l'isolant simplement : la plus grande partie de la chaleur est évacuée par les courants d'air, et c'est donc ce point qu'il faut traiter en priorité, conjointement avec l'isolation.
- ✓ A l'autre extrémité du spectre, le Passivhaus Institut exige une valeur de  $n_{50} \leq 0.60$  vol/h. Des valeurs largement plus faibles sont atteintes sur les bâtiments passifs (0.40, voire 0.20 vol/h). Ces valeurs constituent un idéal qu'il faudrait atteindre dans le neuf, et dont il faudrait se rapprocher en rénovation : l'étanchéité à l'air est le meilleur garant d'une efficacité énergétique sur le long terme.
- ✓ Selon la réglementation en vigueur sur les bâtiments neufs (RE2020),  $Q_{4Pa-surf}$  doit être inférieur à 1.70 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> pour un bâtiment tertiaire.

### 3.7.3.3 Résultats de la mesure : indicateurs

Pour cet audit énergétique le test d'étanchéité n'a pas été commandé. Il n'est donc pas possible de connaître précisément le niveau d'étanchéité du bâtiment. Un test avant et après travaux devront être réalisés dans le cas d'une rénovation globale.

La méthode de calcul TH-C-E-Ex présente plusieurs valeurs conventionnelles en fonction de l'usage du bâtiment :

Types d'usage	Valeurs conventionnelles		
	$Q_{va,specoc,conv}$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	$Q_{V4Pa,conv}$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sous 4 Pa cas 1 : fenêtres étanches (à joints)	$Q_{V4Pa,conv}$ m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> sous 4 Pa cas 2 : Autres cas
Établissements sanitaires avec hébergement	3	3	3,5
Hôtellerie et autres hébergements	3	3	3,5
Établissement sanitaire sans hébergement	3	3	3,5
Enseignement	5	3	3,5
Bureaux	3	3	3,5
Salles de spectacle, de conférence	8	3	3,5
Commerces	4	3	3,5
Restauration plusieurs repas par jour	8	3	3,5
Restauration un repas par jour	8	3	3,5
Établissements sportifs	3	3	3,5
Stockage	0,1	3	3,5
Industrie	0,1	3	3,5
Transport	4	3	3,5
Locaux non compris dans une autre catégorie	3	3	3,5

D'après les éléments observés sur place, les valeurs suivantes ont été retenues pour cette étude :

Zone	Estimation de la perméabilité à l'air $Q_{4-Pasurf}$	Estimation du taux de renouvellement de l'air $n_{50}$	Performance
DGAC – Bâtiment Technique	3,00 m <sup>3</sup> / (h.m <sup>2</sup> )	5.76 vol/h	Insuffisante

### Analyse

Ces valeurs sont trop élevées : on considère qu'une valeur de  $n_{50}$  supérieure à 3 vol/h dénote des fuites d'air trop importantes. Il est à noter que l'objectif d'étanchéité à l'air des bâtiments passifs est une valeur de  $n_{50} \leq 0.60$  vol./h.

Ce niveau de perméabilité à l'air représente d'importants débits au travers de l'enveloppe du bâtiment, réduisant d'autant sa performance et le confort.

### 3.7.4 Description de la performance thermique des parois

L'épaisseur et la nature des matériaux permettent de définir la résistance thermique des parois. La résistance thermique (R) mesure la résistance qu'une épaisseur de matériau oppose au passage de la chaleur. Elle constitue en fait son pouvoir isolant qui est d'autant plus fort que le R est élevé. Elle dépend de la conductivité thermique  $\lambda$  (lambda) du matériau et de son épaisseur :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

- ✓ Plus la résistance thermique (R) est importante, plus la paroi est isolante.
- ✓ Inversement, plus le coefficient de transfert thermique (U) est important, moins la paroi est isolante.

#### 3.7.4.1 Rappel des exigences de performance minimale des parois (en rénovation)

Selon l'arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, les performances thermiques des parois opaques, exprimées en mètre carré par watt par Kelvin ( $\text{m}^2/\text{W.K}$ ), doivent être supérieures ou égales aux valeurs données dans le tableau suivant :

Ces valeurs s'appliquent dès lors qu'on remplace ou rénove une paroi. Elles donnent une bonne indication des performances attendues d'une paroi existante.

Parois	Résistance thermique minimale en zone H1c
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°	3,2 $\text{m}^2.\text{K/W}$
Murs en contact avec un volume non chauffé	2,5 $\text{m}^2.\text{K/W}$
Toitures terrasses	4,5 $\text{m}^2.\text{K/W}$
Planchers de combles perdus	5,2 $\text{m}^2.\text{K/W}$
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	5,2 $\text{m}^2.\text{K/W}$
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou extérieur	3,0 $\text{m}^2.\text{K/W}$

### 3.7.4.2 Compositions des parois

Les parois du bâtiment sont décrites ci-dessous sous forme de tableau qui reprennent les caractéristiques principales :

- Description / Localisation ;
- Résistance thermique de la paroi ( $R_{\text{paroi}}$ ) ;
- Résistance thermique minimale réglementaire selon la RT bâtiment existant ( $R_{\text{rte}}_{\text{existant}}$ ) ;
- La vétusté et la performance de la paroi sont également analysées et représentées sous forme de pictogrammes :



Bon état



Etat moyen



A rénover



Paroi performante








Paroi moyenne









Paroi déperditive



#### ❖ Parois verticales :




Murs extérieurs isolés – Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Béton	200mm		
	Polyuréthane	60mm		
	Plâtre	13mm		
	$R_{\text{paroi}} = 2.90 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Non conforme à la RT		




Murs extérieurs non isolés – Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Béton	200mm		
	$R_{\text{paroi}} = 0.09 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Non conforme à la RT		




Murs extérieurs isolés verrière– Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Béton	200mm		
	Polystyrène (hypothèses)	100mm		
	Enduit extérieur	10mm		
$R_{\text{paroi}} = 2.90 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ Non conforme à la RT		

Murs extérieurs isolés – Extension 1996			Vétusté	Perf.
	Béton	200mm		
	Polystyrène (hypothèse)	100mm		
	Plâtre	13mm		
$R_{\text{paroi}} = 2.90 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ Non conforme à la RT		



Murs vers locaux non chauffés non isolés – Extension 1996			Vétusté	Perf.
	Béton	200mm		
$R_{\text{paroi}} = 0.09 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		$R_{\text{RTex}} = 2.50 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ Non conforme à la RT		



Murs extérieurs ossature bois – Extension 2015			Vétusté	Perf.
	Ossature bois	-		
	Fibre de bois	120mm		
	Bardage bois	-		
$R_{\text{paroi}} = 3.95 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ Conforme à la RT		




Murs extérieurs magasin isolés– Extension 2015			Vétusté	Perf.
	Béton	200mm		
	Polystyrène	90mm		
	Plâtre	13mm		
$R_{\text{paroi}} = 3.05 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ Non conforme à la RT		



Murs extérieurs isolés – Vigie provisoire			Vétusté	Perf.
	Panneaux sandwich (hypothèse RT2005)	140mm		
$R_{\text{paroi}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		$R_{\text{RTex}} = 3.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ Conforme à la RT		


❖ Planchers bas :




Plancher bas vers terre-plein – Extension 1973			Vétusté	Perf.
	Dalle béton	200mm		
	$R_{\text{paroi}} = 0.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Non conforme à la RT		




Plancher bas vers terre-plein – Extension 1996			Vétusté	Perf.
	Dalle béton	200mm		
	$R_{\text{paroi}} = 0.20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Non conforme à la RT		



Plancher bas vers sous-sol – Extension 1996			Vétusté	Perf.
	Dalle béton	200mm		
	Flocage coupe-feu	100mm		
	$R_{\text{paroi}} = 2.70 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Non conforme à la RT		

Plancher bas vers extérieur– Extension 1996 nord (hypothèses)			Vétusté	Perf.
	Dalle béton	200mm		
	Dalle polystyrène (hypothèse)	20mm		
		$R_{RTex} = 3.00 \text{ m}^2.K/W$		

	$R_{\text{paroi}} = 0.76 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	Non conforme à la RT		
---	---	----------------------	--	--

Plancher bas vers terre-plein - Extension 2015 (ouest)			Vétusté	Perf.
	Dalle béton Isolant	200mm -		
	$R_{\text{paroi}} = 4.89 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Conforme à la RT		




Plancher bas vers terre-plein - Extension 2015 (sud)			Vétusté	Perf.
	Plancher bois Isolant	- -		
	$R_{\text{paroi}} = 4.89 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Conforme à la RT		




Plancher bas vers extérieur- Extension 2015 (ouest)			Vétusté	Perf.
	Ossature bois Ouate de cellulose	- 180mm		
	$R_{\text{paroi}} = 4.89 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Conforme à la RT		




Plancher bas vers extérieur - Vigie provisoire			Vétusté	Perf.
	Plancher bas légers (hypothèse RT2005)	140mm		

	$R_{\text{paroi}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R_{\text{RTex}} = 3.00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$		
		Conforme à la RT		

❖ Planchers hauts :

Toiture terrasse – Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Gravier	50mm		
	Membrane d'étanchéité	5mm		
	Polyuréthane	80mm		
		Dalle béton	200mm	
		$R_{\text{paroi}} = 2.90 \text{ m}^2.\text{K/W}$		
		$R_{\text{RTex}} = 4.50 \text{ m}^2.\text{K/W}$		
		Non conforme à la RT		

Toiture terrasse – Extension 1996			Vétusté	Perf.
	Gravier	50mm		
	Membrane d'étanchéité	5mm		
	Polyuréthane	60mm		
		Dalle béton	200mm	
		$R_{\text{paroi}} = 2.23 \text{ m}^2.\text{K/W}$		
		$R_{\text{RTex}} = 4.50 \text{ m}^2.\text{K/W}$		
		Non conforme à la RT		

Toiture terrasse – Extension 2015			Vétusté	Perf.
	Membrane d'étanchéité	5mm		
	Ouate de cellulose	350mm		
$R_{\text{paroi}} = 9.00 \text{ m}^2.\text{K/W}$		$R_{\text{RTex}} = 4.50 \text{ m}^2.\text{K/W}$		
		Conforme à la RT		



Bon état



Etat moyen



A rénover


**Paroi performante**

**Paroi moyenne**

**Paroi déperditive**

### 3.7.5 Description des menuiseries

#### 3.7.5.1 Rappel des exigences de performance minimale des menuiseries (en rénovation)

Les performances thermiques des parois vitrées installées ou remplacées, exprimées en watts par mètre carré par Kelvin ( $W/m^2.K$ ), doivent être inférieures ou égales aux valeurs données dans le tableau suivant :

Type de paroi vitrée	Résistance thermique minimale en zone H1c
Fenêtres de surface supérieure à 0, 5m <sup>2</sup> , portes-fenêtres, double fenêtres, façade rideaux	1,9 $W/m^2.K$
Porte d'entrée de maison individuelle donnant sur l'extérieur	2,0 $W/m^2.K$
Verrière	2,5 $W/m^2.K$
Véranda	2,5 $W/m^2.K$

#### 3.7.5.2 Performance des menuiseries

Les menuiseries du bâtiment sont décrites ci-dessous sous forme de tableau qui reprennent les caractéristiques principales :

- Description / Localisation ;
- Performance thermique de la menuiserie ( $U_w$ ) ;
- Performance thermique minimale réglementaire selon la RT bâtiment existant ( $U_{w\text{ rtexistant}}$ ) ;
- La vétusté et la performance des menuiseries sont également analysées et représentées sous forme de pictogrammes :


**Bon état**




**Etat moyen**




**A remplacer**




**Menuiserie performante**




**Menuiserie moyenne**






**Menuiserie déperditive**






Menuiseries simple vitrage – Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Simple vitrage		
	Occultation	Store intérieur		
	Pourcentage	31 %		
$U_w = 5.50 \text{ W/m}^2.\text{K}$		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$ Non conforme RT		






Menuiseries aluminium 4.16.4 – Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 4/16/4		
	Châssis	Aluminium		
	Occultation	Store intérieur		
$U_w = 1.50 \text{ W/m}^2.\text{K}$		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$ Conforme RT		





Menuiseries aluminium 4.16.4 traité – Extension 1996			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 4/16/4		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	1 %		
$U_w = 1.50 \text{ W/m}^2.\text{K}$		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$ Conforme RT		





Menuiseries aluminium 6.6.6 non traité – Existant 1973			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 6/6/6		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	2 %		
$U_w = 2.60 \text{ W/m}^2.\text{K}$		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$ Non conforme RT		





Menuiseries aluminium 6.6.6 non traité – Existant 1996			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 6/6/6		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	7.50 %		
$U_W = 2.60 \text{ W/m}^2.K$		$U_{WRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$		
		Non conforme RT		






Menuiseries aluminium 4.12.4 non traité – Existant 1996			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 4/12/4		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	8 %		
$U_W = 2.10 \text{ W/m}^2.K$		$U_{WRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$		
		Non conforme RT		






Menuiseries aluminium 4.8.4 non traité – Existant 1996			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 4/8/4		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	6.50 %		
$U_W = 2.50 \text{ W/m}^2.K$		$U_{WRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$		
		Non conforme RT		




Menuiseries aluminium 6.10.4 non traité – Existant 1996			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 6/10/4		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	3 %		
$U_W = 2.40 \text{ W/m}^2.K$		$U_{WRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$		
		Non conforme RT		




Menuiseries aluminium 6.6.6 non traité – Vigie provisoire			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 6/6/6		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	0.35 %		
		$U_w = 2.60 \text{ W/m}^2.K$		
		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$ Non conforme RT		



Menuiseries aluminium - 44.2.8.44.2 non traité – Existant 1996			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 44.2.8.44.2		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	8 %		
		$U_w = 2.25 \text{ W/m}^2.K$		
		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$ Non conforme RT		




Menuiseries aluminium 44.2.16.44.2 traité – Vigie provisoire			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 4/16/4		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	5.50 %		
		$U_w = 1.75 \text{ W/m}^2.K$		
		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$ Conforme RT		

Verrière sur toiture terrasse – Extension 1973			Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double vitrage		
	Châssis	Aluminium		
	Pourcentage	5 %		
		$U_w = 2.55 \text{ W/m}^2.K$		
		$U_{wRTex} = 2.50 \text{ W/m}^2.K$ Non conforme RT		

Fenêtre de toit – Extension 1973				Vétusté	Perf.
	Vitrage	Simple			
	Châssis	Aluminium			
	Pourcentage	1.50 %			
	$U_w = 3.50 \text{ W/m}^2.K$		$U_{wRTex} = 2.50 \text{ W/m}^2.K$		
		Non conforme RT			

Menuiseries bois 6.18.10 traité – Extension 2015				Vétusté	Perf.
	Vitrage	Double 6/18/10			
	Châssis	Bois			
	Pourcentage	9 %			
	$U_w = 1.40 \text{ W/m}^2.K$		$U_{wRTex} = 1,9 \text{ W/m}^2.K$		
		Conforme RT			

Porte aluminium extérieur – Extension 1996				Vétusté	Perf.
-	Vitrage	Opaque			
	Châssis	Aluminium			
	Pourcentage	0.20 %			
	Ud = 3.50 W/m².K		UdRTex = 2,00 W/m².K		
			Non conforme RT		

Porte aluminium extérieur – Extension 2015				Vétusté	Perf.
	Vitrage	Opaque			
	Châssis	Aluminium			
	Pourcentage	1 %			
	$U_d = 1.20 \text{ W/m}^2.K$		$U_{dRTex} = 2,0 \text{ W/m}^2.K$		
		Conforme RT			



Bon état



Etat moyen



A remplacer



Menuiserie performante



Menuiserie moyenne



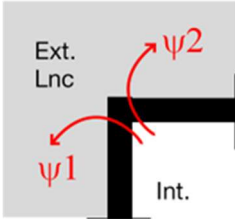

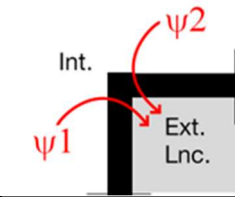

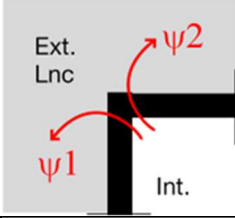

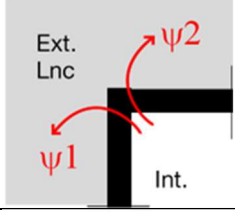

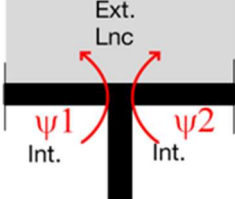

Menuiserie déperditive

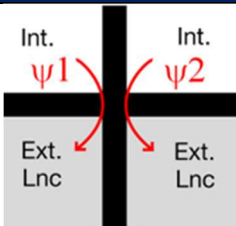

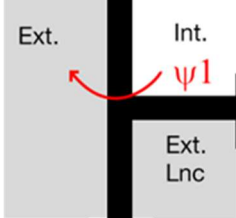

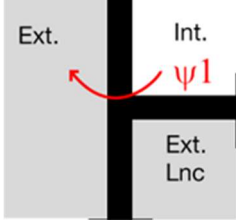

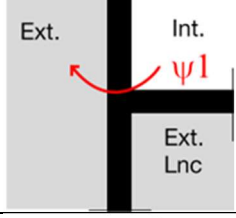

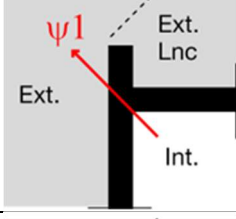

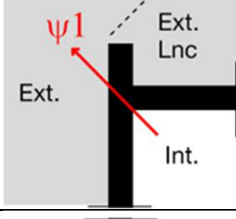

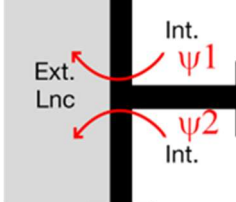

### 3.7.6 Ponts thermiques

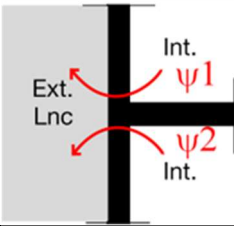

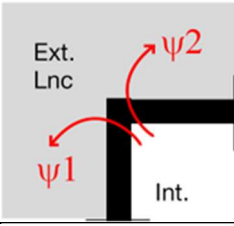

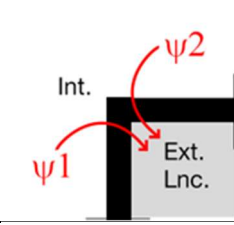

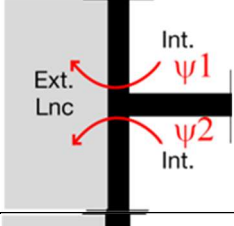

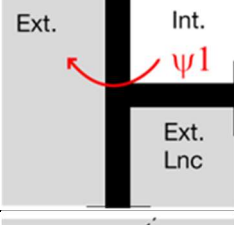

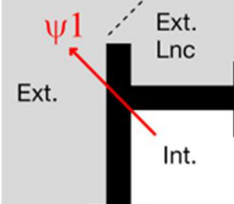

Le tableau ci-dessous décrit les ponts thermiques qui ont été pris en compte pour modéliser le bâtiment.

La chaleur perdue par un pont thermique est représentée par la valeur  $\psi$ , en W/m.K. Selon les configurations géométriques, il peut être décomposé en 1, 2 ou 3 composantes.

Sévérité du pont thermique		
Important $\psi > 0.5 \text{ W/m.K}$	moyen $0.2 \leq \psi \leq 0.5 \text{ W/m.K}$	faible $\psi \leq 0.2 \text{ W/m.K}$

Identification	Psi moyen	Schéma	Performance
PT – Angle rentrant – Murs extérieurs ITI	0.03 W/m.K		
PT - Angle rentrant – Murs extérieurs non isolés	0.60 W/m.K		
PT – Angle sortant – Murs extérieurs ITI	0.03 W/m.K		
PT - Angle sortant – Murs extérieurs non isolés	0.14 W/m.K		
PT - Murs refend non isolés / Murs extérieurs non isolés	0.75 W/m.K		

Identification	Psi moyen	Schéma	Performance
PT - Murs refend non isolés / Plancher bas non isolés	0.55 W/m.K		
PT - Plancher bas non isolé / Murs extérieurs ITI	0.26 W/m.K		
PT - Plancher bas isolé / Murs extérieurs ITI	0.31 W/m.K		
PT - Plancher bas isolé / Murs extérieurs ITI	0.06 W/m.K		
PT - Plancher haut isolé / Murs extérieurs ITI	0.79 W/m.K		
PT - Plancher haut isolé / Murs extérieurs NI	0.86 W/m.K		
PT - Plancher inter NI / Murs extérieurs ITI	1.00 W/m.K		

Identification	Psi moyen	Schéma	Performance
PT - Plancher inter NI / Murs extérieurs NI	0.74 W/m.K		
PT - Angle sortant OB	0.16 W/m.K		
PT - Angle rentrant OB	0.14 W/m.K		
PT - Plancher inter OB	0.16 W/m.K		
PT - Plancher bas isolé / Murs isolés OB	0.05 W/m.K		
PT - Plancher haut OB	0.07 W/m.K		

### 3.7.7 Synthèse enveloppe du bâtiment

#### Analyse de l'enveloppe du bâtiment

D'après les éléments relevés sur plans et des plans fournis par le maître d'ouvrage, nous avons pu déterminer les compositions des parois des bâtiments.

Concernant les bâtiments extension 2015, ces derniers présentent de très bonnes performances thermiques. En effet, l'intégralité des parois sont isolées correctement afin de répondre à la RT2012.

L'extension 1996 présente des parois isolées plus légèrement, notamment au niveau du plancher haut et des murs extérieurs. Les menuiseries présentent également des performances plutôt moyennes avec des châssis aluminium.

Concernant le bâtiment existant (1973), ce dernier présente des parois relativement déperditives, les murs extérieurs ne sont pas isolés et la grande majorité des menuiseries extérieures sont de type simple vitrage.

Il en résulte d'importantes déperditions thermiques sur la partie existante du bâtiment.

Le coefficient  $U_{bat}$  (ou coefficient de déperdition thermique) est une mesure de la performance énergétique d'un bâtiment, exprimée en watts par mètre carré Kelvin ( $W/m^2K$ ). Il représente la quantité de chaleur perdue par mètre carré de surface pour chaque degré de différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Un bâtiment performant affiche généralement un coefficient  $U_{bat}$  inférieur à  $0,3 W/m^2K$ , tandis qu'un bâtiment déperditif peut avoir un coefficient  $U_{bat}$  supérieur à  $1 W/m^2K$ , indiquant une isolation insuffisante et des pertes de chaleur significatives.

Dans le cas du bloc technique, le  $U_{bat}$  est de  $0.95 W/m^2K$ . Ce qui confirme bien la performance thermique moyenne du bâtiment.

### 3.8 Description des équipements énergétiques

Les équipements techniques (chauffage, ventilation, ...) du bâtiment sont décrits ci-dessous sous forme de tableau qui reprennent leurs caractéristiques principales :

- Description / Localisation ;
- La vétusté et la performance des équipements sont également analysées et représentées sous forme de pictogrammes :



Bon état



Etat moyen



A remplacer



Système performant



Système basique












Système énergivore

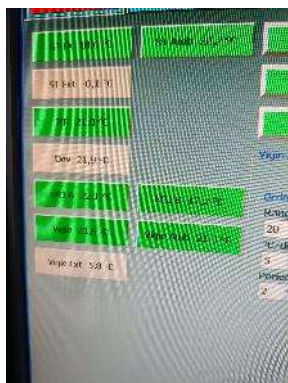
### 3.8.1 Chauffage et climatisation

#### 3.8.1.1 Description des installations de chauffage et de climatisation

Une chaudière fonctionnant au gaz est présente afin d'alimenter la sous-station. Néanmoins, nous n'avons pas d'informations concernant les performances de cette dernière.

#### ➤ Sous-station

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	CIAT		
		Type	Echangeur eau / eau		
		Usage	Chauffage		
		Puissance chaude	400 kW		
		Nombre	1		
		Localisation	Sous-station (caserne pompiers)		
		Un échangeur thermique eau/eau est présent en sous-station afin d'assurer le chauffage du bâtiment technique TWR.  Ce dernier présente une puissance de 400 kW, néanmoins, il n'est pas isolé.			
Distribution		Afin d'alimenter la sous-station du bâtiment technique, des réseaux hydrauliques sont présents en extérieur. Néanmoins, ces derniers semblent faiblement isolés.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des ventilo-convecteurs hydrauliques sur air ambiant.			



Une supervision contrôlée par le service technique est mise en place.  
Celle dernière permet de contrôler les consignes de températures en temps réel.

Concernant la programmation de chauffage cette dernière est assurée de la manière suivante :

En mode hiver :

Si la température extérieure est supérieure à **15°C** pendant plus de 6 heures – le chauffage est arrêté.

Si la température extérieure redescend en dessous de **15°C** pendant plus de 6 heures – le chauffage redémarre.

Les consignes de température actuelle sont les suivantes :

- En occupation = **22°C**
- En inoccupation = **17°C**

Concernant la loi d'eau les caractéristiques sont les suivantes :

Température départ chauffage minimum = **20°C**

Température départ chauffage maximum = **70°C**




Courbe caractéristique = **1.50**

L'accès à la supervision se situe dans le bureau du service technique (pièce **T034**).



➤ Bâtiment technique




Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Génération		Marque	GIALIX		
		Modèle	120 MA		
		Type	Chaudière électrique		
		Usage	Chauffage		
		Puissance chaude	120 kW		
		Mise en service	Information manquante en chaufferie. Nous ne sommes pas en mesure de donner avec précision l'année d'installation		
		Nombre	1		
		Localisation	Local technique		
Une chaudière électrique est présente dans un local technique afin d'assurer le chauffage du bâtiment technique TWR quand le réseau de chaleur n'est pas en fonctionnement.					
Cette dernière présente une puissance de 120 kW.					
Distribution		Les réseaux de chauffage sont isolés en volume non chauffés. Cela limite les pertes de chaleur liées à la distribution de l'eau chaude.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des ventilo-convecteurs hydrauliques sur air ambiant.  Ces derniers sont installés dans les locaux du bâtiment 1973 et extension 1996.			











Régulation		<p>Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.</p>		
------------	---	--	---	---

➤ Vigie provisoire :

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAV-GM1602ATW-E		
		Type	Pompe à chaleur air / air		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	16 kW		
		Puissance froide	14 kW		
		COP Chaud	4.05		
		Charge fluide	0.80 kg / 0.54 tCO2eq		
		Mise en service	2024		
		Fluide	R32		
		COP Froid	5.90		
		Nombre	1		
		Localisation	Toiture terrasse (BT)		
	Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation de l'étage de la vigie provisoire.				
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.			
		Emission		L'émission de chaleur est assurée par des cassettes 4 voies installées en faux plafonds.	

Régulation		<p>Un thermostat programmable est installé dans la vigie provisoire.</p> <p>Ce dernier permet de sélectionner une température de consigne.</p>			
Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	CARRIER		
		Modèle	42VMC048N		
		Type	Pompe à chaleur air / air		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	10.90 kW		
		Puissance froide	10.10 kW		
		COP Chaud	3.07		
		COP Froid	3.08		
		Charge fluide	n-c		
		Nombre	1		
		Mise en service	n-c		
		Fluide	n-c		
		Localisation	Toiture terrasse (BT)		
		Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation de l'étage de la vigie provisoire.			
Distribution		<p>Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.</p>			




Emission		<p>L'émission de chaleur est assurée par une cassette localisée au sol.</p>		
----------	---	---	---	---

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAV-GM302ATP-E		
		Type	Pompe à chaleur air / air		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	3.40 kW		
		Puissance froide	2.50 kW		
		COP Chaud	4.47		
		COP Froid	4.24		
		Charge fluide	0.63 kg / 0.425 tCO2eq		
		Mise en service	2024		
		Fluide	R32		
		Nombre	1		
		Localisation	Toiture terrasse (BT)		
		Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation du rdc de la vigie provisoire.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par une cassette 4 voies installée en faux plafonds.  Une cassette murale est également présente.			
Régulation	-	Une télécommande est présente. Cette dernière permet de renseigner une température de consigne.			













Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAS-137SAV-E3		
		Type	Pompe à chaleur air / air		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	4.20 kW		
		Puissance froide	3.50 kW		
		COP Chaud	3.68		
		COP Froid	3.24		
		Charge fluide	0.80 kg / 0.540 tCO2eq		
		Mise en service	n-c		
		Fluide	R410A		
		Nombre	1		
		Localisation	Toiture terrasse (BT)		
		Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation du rdc de la vigie provisoire.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est fortement dégradée.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par une cassette murale.			
Régulation	-	Une télécommande est présente. Cette dernière permet de renseigner une température de consigne.			


➤ Salle T018 :

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAV-GM562ATP-E		
		Type	Pompe à chaleur air / air		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	5.30 kW		
		Puissance froide	5 kW		
		COP Chaud	3.90		
		COP Froid	3.21		
		Charge fluide	0.90 kg / 0.607 tCO2eq		
		Mise en service	2024		
		Fluide	R32		
		Nombre	1		
		Localisation	Installé au sol au pied de la tour de contrôle		
		Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation de la salle T018.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par une cassette 4 voies installée en faux plafonds.			












Régulation		<p>Un thermostat programmable est installé dans la salle T018.</p> <p>Ce dernier permet de sélectionner une température de consigne.</p>		
------------	---	--	---	---

## Extension 2015 (Sud) :










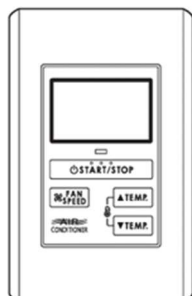

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	FUJITSU		
		Modèle	AJY108LALH		
		Type	DRV		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	37.5 kW		
		Puissance froide	33.5 kW		
		COP Chaud	4.04		
		COP Froid	3.48		
		Charge fluide	11.8 kg / 24.64 tCO2eq		
		Mise en service	2015		
		Fluide	R410A		
		Nombre	1		
		Localisation	Installé au sol (façade nord de l'extension)		
		Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation de l'étage de l'extension 2015 sud.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des cassettes 4 voies et des cassettes murales.			
Régulation		Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.			









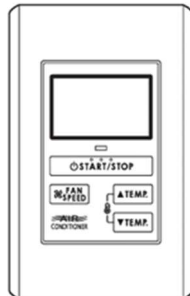


Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
Génération		Marque	FUJITSU	 
		Modèle	AJYA72LALH	
		Type	DRV	
		Usage	Chauffage et refroidissement	
		Puissance chaude	25 kW	
		Puissance froide	22.4 kW	
		COP Chaud	4.37	
		COP Froid	4.07	
		Charge fluide	11.2 kg / 23.38 tCO2eq	
		Mise en service	2015	
		Fluide	R410A	
		Nombre	1	
		Localisation	Installé au sol (façade nord de l'extension)	
	Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation du rdc de l'extension 2015 sud.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.		 
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des cassettes 4 voies installées en faux plafonds.		 
Régulation		Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.		 

## Extension 2015 (Ouest) :


Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	FUJITSU		
		Modèle	AJYA90LALH		
		Type	DRV		
		Usage	Chauffage et refroidissement		
		Puissance chaude	31.5 kW		
		Puissance froide	28 kW		
		COP Chaud	4.02		
		COP Froid	3.62		
		Charge fluide	11.2 kg / 23.38 tCO2eq		
		Mise en service	2015		
		Fluide	R410A		
		Nombre	1		
		Localisation	Installé au sol (façade nord de l'extension)		
		Une pompe à chaleur de type air / air est présente afin d'assurer les besoins de chauffage/climatisation de l'extension 2015 Ouest.			
Distribution	Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.				
Emission	 L'émission de chaleur est assurée par des cassettes 4 voies et des cassettes murales.				
Régulation	 Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.				

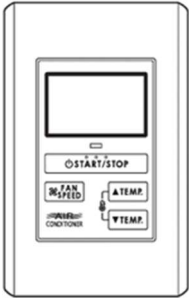


## Groupe froid eau glacée :

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	CIAT		
		Modèle	LD700V		
		Type	Groupe eau glacée		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	170 kW		
		COP Froid	2.85		
		Charge fluide	35.6 kg / 74.3 tCO2eq		
		Mise en service	Pas d'informations		
		Fluide	R410A		
		Nombre	1		
		Localisation	Installé en toiture terrasse		
		Un groupe d'eau glacée est présent en toiture terrasse afin d'assurer les besoins de refroidissement des locaux 1973 et 1996.			
Distribution		L'eau glacée circule dans des réseaux hydrauliques correctement isolés. Les pertes thermiques liées à la distribution de froid sont donc limitées.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des ventilo-convecteurs hydrauliques sur air ambiant.			
Régulation		Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.			


Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	CIAT		
		Modèle	LD0650R		
		Type	Groupe eau glacée		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	177 kW		
		Mise en service	2020		
		Charge fluide	21.1 kg / 14.25 tCO2eq		
		Fluide	R32		
		Nombre	1		
		Localisation	Installé en toiture terrasse		
		Un groupe d'eau glacée est présent en toiture terrasse afin d'assurer les besoins de refroidissement des locaux 1973 et 1996.			
	Distribution		L'eau glacée circule dans des réseaux hydrauliques correctement isolés. Les pertes thermiques liées à la distribution de froid sont donc limitées.		
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des ventilo-convecteurs hydrauliques sur air ambiant.			
Régulation		Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.			







## Salle IFR (de secours) :

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Génération		Marque	DAIKIN		
		Modèle	RZOSG71L3V1B		
		Type	Pompe à chaleur air/air		
		Usage	Chauffage et Refroidissement		
		Puissance chaude	7.50 kW		
		Puissance froide	6.80 kW		
		COP chaud	3.61		
		COP froid	3.21		
		Mise en service	2018		
		Charge fluide	2.75 kg / 5.75 tCO2eq		
		Fluide	R410A		
		Nombre	2		
		Localisation	Installé en toiture terrasse		
		Une pompe à chaleur air/air est présente en toiture terrasse afin d'assurer les besoins de refroidissement des locaux 1973 et 1996.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est fortement dégradée.			
Emission		L'émission de chaleur est assurée par des cassettes murales.			

Régulation		Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.		
------------	---	---	---	---

### Extension 2015 sud R+1 - (salle serveur) :






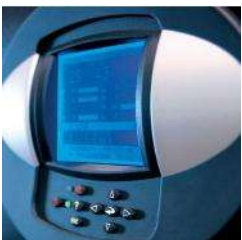


Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.		
Génération		Marque	FUJITSU			
		Modèle	AOYG18LFC			
		Type	Pompe à chaleur air/air			
		Usage	Chauffage et Refroidissement			
		Puissance chaude	6.30 kW			
		Puissance froide	5.20 kW			
		COP chaud	3.68			
		COP froid	3.42			
		Charge fluide	2.40 kg / 5.05 tCO2eq			
		Mise en service	2014			
		Fluide	R410A			
		Nombre	2			
		Localisation	Installé en toiture terrasse (extension 2015 sud)			
	Deux pompes à chaleur air/air sont installées sur la toiture terrasse de l'extension sud afin d'assurer les besoins de refroidissement du local serveur de l'extension 2015 sud					
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est légèrement dégradée.				

Emission		L'émission de chaleur est assurée par des cassettes murales.		
Régulation		Des télécommandes sont présentes. Ces dernières permettent de renseigner une température de consigne.		

#### Extension 2015 sud rdc – (salle baie de brassage) :




Génération

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	Emerson		
	Modèle	Liebert PDX-033		
	Type	Pompe à chaleur air/air		
	Usage	Refroidissement		
	Puissance froide	28.8 kW		
	COP froid	3.09		
	Mise en service	2015		
	Charge fluide	Absence d'informations		
	Fluide	R410A		
	Nombre	2		
	Localisation	Installé au sol (façade nord de l'extension 2015)		
	Deux climatiseurs à détente directe sont présents afin d'assurer les besoins de refroidissement de la salle baie de brassage localisée au rdc de l'extension sud.			

Distribution		<p>Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est inexistante.</p>		
Emission		<p>L'émission de froid est assurée par des ventilateurs localisés dans la salle baie de brassage.</p>		
Régulation		<p>Un logiciel de contrôle permet de piloter les appareils afin de maintenir une température constante dans les locaux.</p>		




### Extension 1996 ouest – (salle technique rdc) :

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	Emerson		
		Modèle	Liebert M66UA		
		Type	Pompe à chaleur air/air		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	61 kW		
		COP froid	3.49		
		Mise en service	2008		
		Charge fluide	Absence d'informations		
		Fluide	R407C		
		Nombre	2		
		Localisation	Installé sur la toiture terrasse 1996		
	Deux climatiseurs à détente directe sont présents afin d'assurer les besoins de refroidissement de la salle baie de brassage localisée au rdc de l'extension sud.				
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est inexistante.			
					
Emission		L'émission de froid est assurée par des ventilateurs localisés dans la salle technique.			
					

Régulation		Un logiciel de contrôle permet de piloter les appareils afin de maintenir une température constante dans les locaux.		
------------	---	--	---	---




#### Extension 1996 ouest – (salle technique rdc) :

Emission







Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	Liebert HIROSS		
	Modèle	S18		
	Type	Climatiseur sur réseau eau glacée		
	Débit	5200 m³/h		
	Usage	Refroidissement		
	Puissance froide	50 kW		
	Mise en service	1998		
	Fluide	R407C		
	Nombre	1		
	Localisation	Installé entre la salle technique et l'atelier rdc		
Un climatiseur sur eau glacée est présent afin d'assurer les besoins de refroidissement de la salle technique présente au rdc de l'extension 1996.				

# Extension 1996 ouest – (salle IFR étage) :










Emission




Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	CIAT		
	Modèle	EG8000		
	Type	Climatiseur sur réseau eau glacée		
	Débit	7400 m³/h		
	Usage	Refroidissement		
	Puissance froide	20 kW		
	Mise en service	2005		
	Charge fluide			
	Fluide	R410A		
	Nombre	1		
	Localisation	Installé entre la salle technique et l'atelier rdc		
	Un climatiseur sur eau glacé est présent afin d'assurer les besoins de refroidissement de la salle IFR présente à l'étage de l'extension 1996.			

## Local NRJ A :







Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.		
Emission		Marque	CIAT			
		Modèle	SCRIB 5000			
		Type	Climatiseur sur réseaux eau glacée			
		Usage	Refroidissement			
		Puissance froide	12 kW			
		Mise en service	n-c			
		Charge fluide	Absence d'informations			
		Fluide	R407C			
		Nombre	1			
		Localisation	Installé dans le local NRJ A			
	L'émission de froid est assurée par des ventilateurs localisés dans la salle technique. Ces derniers sont alimentés par le groupe de production d'eau glacée.					
Régulation		Un logiciel de contrôle permet de piloter les appareils afin de maintenir une température constante dans les locaux.				






**Local NRJ A :**

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAV-SM1103AT-E		
		Type	Pompe à chaleur air/air		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	3.41 kW		
		COP froid	3.22		
		Mise en service	2011		
		Charge fluide	2.80 kg / 5.85 tCO2eq		
		Fluide	R410A		
		Nombre	1		
		Localisation	Installé au sol façade sud (extension 1996)		
		Afin d'assurer les besoins de refroidissement du local NRJ A présent au sous-sol, une pompe à chaleur air/air est présente.			
Emission		L'émission de froid est assurée par une cassette plafonnrière.			
Régulation		Un programmeur est présent dans le local afin de programmer une température de consigne.			












Distribution		<p>Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est légèrement dégradée.</p>		
--------------	---	---	---	---







#### Local NRJ B :

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAV-SM803AT-E		
		Type	Pompe à chaleur air/air		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	3.41 kW		
		COP froid	3.21		
		Mise en service	2011		
		Charge fluide	1.70 kg / 3.55 tCO2eq		
		Fluide	R410A		
		Nombre	2		
		Localisation	Installé au sol façade sud (extension 1996)		
		Afin d'assurer les besoins de refroidissement du local NRJ B présent au sous-sol, deux pompes à chaleur air/air sont présentes.			
Emission		L'émission de froid est assurée par une cassette plafonnrière.			

Régulation	-	Un programmeur est présent dans le local afin de programmer une température de consigne.		
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre. Néanmoins, l'isolation des réseaux est légèrement dégradée.		

## Local opérateurs et télécom

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Génération		Marque	TOSHIBA		
		Modèle	RAS-3M26U2AVG-E		
		Type	Pompe à chaleur air/air		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	3.80 kW		
		COP froid	3.21		
		Mise en service	n-c		
		Charge fluide	3.84 kg / 2.59 tCO2eq		
		Fluide	R32		
		Nombre	2		
		Localisation	Installé au sol façade sud (extension 1996)		
		Afin d'assurer les besoins de refroidissement des locaux opérateurs et télécom présents au sous-sol, deux pompes à chaleur air/air sont présentes.			
Emission		L'émission de froid est assurée par une cassette murale.			
Régulation		Un programmeur est présent dans le local afin de programmer une température de consigne.			
Distribution		Etant donné qu'il s'agit d'une pompe à chaleur à détente directe, le fluide frigorigène circule dans les réseaux cuivre isolés.			




Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Emission		Marque	Axelair ventilation		
		Type	Climatiseur sur réseaux eau glacée		
		Usage	Refroidissement		
		Puissance froide	n-c		
		Mise en service	n-c		
		Charge fluide	Absence d'informations		
		Fluide	n-c		
		Nombre	4		
		Localisation	Locaux opérateurs – locaux télécom		
		L'émission de froid est assurée par des climatiseurs eau / air. Ces derniers sont alimentés par le réseau d'eau glacée.			
Régulation		Un programmeur est présent dans le local afin de programmer une température de consigne.			






### 3.8.2 Production d'eau chaude sanitaire

#### 3.8.2.1 Description des installations de production ECS


Génération



Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	ATLANTIC		
	Modèle	821502		
	Type	Chauffe-eau effet joule		
	Energie	Electricité		
	Usage	Eau chaude sanitaire (ECS)		
	Capacité	15 litres		
	Puissance	2000 W		
	Mise en service	n-c		
	Nombre	1		
	Localisation	Placard cuisine (r+1 bâtiment 1973)		
	<p>La production d'eau chaude sanitaire de la cuisine présente au R+1 est assurée par un ballon d'eau chaude de 15 litres.</p> <p>Ce dernier est localisé dans le placard de la cuisine.</p> <p>Un tel dispositif est très énergivore, du fait de la nature de l'énergie utilisée (électricité effet Joule).</p>			

Génération




Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	ARISTON		
	Modèle	ANDRIS LUX 15U		
	Type	Chauffe-eau effet joule		
	Energie	Electricité		
	Usage	Eau chaude sanitaire (ECS)		
	Capacité	15 litres		
	Puissance	2000 W		
	Mise en service	n-c		
	Nombre	1		
	Localisation	Placard sanitaires Ouest (Rdc bâtiment 1996)		
	La production d'eau chaude sanitaire des sanitaires présents à l'ouest du Rdc du bâtiment 1996 est assurée par un ballon d'eau chaude de 15 litres.  Ce dernier est localisé dans le placard des sanitaires.  Un tel dispositif est très énergivore, du fait de la nature de l'énergie utilisée (électricité effet Joule).			




Génération



Caractéristiques des installations		Vétusté	Perf.
Marque	CHAFFOTEAUX		
Modèle	CHA 100 VERT 505		
Type	Chauffe-eau effet joule		
Energie	Electricité		
Usage	Eau chaude sanitaire (ECS)		
Capacité	100 litres		
Puissance	1200 W		
Mise en service	n-c		
Nombre	1		
Localisation	Local technique (rdc bâtiment 1973)		
<p>La production d'eau chaude sanitaire des sanitaires présents à l'est du Rdc + R+1 du bâtiment 1973 est assurée par un ballon d'eau chaude de 100 litres.</p> <p>Ce dernier est localisé dans le local technique à proximité des sanitaires.</p> <p>Un tel dispositif est très énergivore, du fait de la nature de l'énergie utilisée (électricité effet Joule).</p>			

Génération

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	ATLANTIC		
	Modèle	022120		
	Type	Chauffe-eau effet joule		
	Energie	Electricité		
	Usage	Eau chaude sanitaire (ECS)		
	Capacité	200 litres		
	Puissance	2200 W		
	Mise en service	n-c		
	Nombre	1		
	Localisation	Placard sanitaires Ouest (Rdc)		
<p>La production d'eau chaude sanitaire des sanitaires présents à l'ouest du Rdc du bâtiment 1973 est assurée par un ballon d'eau chaude de 200 litres.</p> <p>Ce dernier est localisé dans le local technique à proximité des sanitaires.</p> <p>Un tel dispositif est très énergivore, du fait de la nature de l'énergie utilisée (électricité effet Joule).</p>				

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Génération		Marque	ATLANTIC		
		Modèle	022125		
		Type	Chauffe-eau effet joule		
		Energie	Electricité		
		Usage	Eau chaude sanitaire (ECS)		
		Capacité	250 litres		
		Puissance	3000 W		
		Mise en service	n-c		
		Nombre	1		
		Localisation	Local technique (rdc extension nord 1996)		
	La production d'eau chaude sanitaire des salles des bain présentes dans les chambres dédiées aux contrôleurs aériens est assurée par un ballon d'eau chaude de 250 litres.  Ce dernier est localisé dans le local technique à proximité des chambres.  Un tel dispositif est très énergivore, du fait de la nature de l'énergie utilisée (électricité effet Joule).				

### 3.8.2.1 Schéma de principe pour les installations ECS

Aucun schéma de principe n'a été remarqué concernant la production d'eau chaude sanitaire.

### 3.8.3 Ventilation

#### 3.8.3.1 Rappel des exigences réglementaires

##### ❖ Bâtiment autre que résidentiel :

D'après le code du travail (art. R4222-7 à 9), lorsque l'aération est assurée par ventilation mécanique, le débit minimal d'air neuf à introduire par occupant est fixé dans le tableau suivant :



DESIGNATION DES LOCAUX	DEBIT MINIMAL d'air neuf par occupant
Bureaux, locaux sans travail physique	25 m <sup>3</sup> /h.occupant
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30 m <sup>3</sup> /h.occupant
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45 m <sup>3</sup> /h.occupant
Autres ateliers et locaux	60 m <sup>3</sup> /h.occupant
DESIGNATION DES LOCAUX	DEBIT MINIMAL d'air minimal d'air introduit
Cabinet d'aisances isolé (**)	30 m <sup>3</sup> /h.local
Salle de bains ou de douches isolé (**)	45 m <sup>3</sup> /h.local
Commune avec un cabinet d'aisances	60 m <sup>3</sup> /h.local
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N (*) m <sup>3</sup> /h.local
Lavabos groupés	10 + 5 N (*) m <sup>3</sup> /h.local




N (\*) : nombre d'équipements dans le local

(\*\*) : pour un cabinet d'aisances, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisances, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 mètres cubes par heure si ce local n'est pas à usage collectif.





### 3.8.3.2 Description des systèmes de ventilation

#### Bâtiment extension 2015 (sud et ouest) :





Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Ventilateur		Modèle	Duo Tech 1500		
		Marque	ATLANTIC		
		Type	Ventilation double flux avec récupération de chaleur.		
		Rendement	90% (d'après DOE)		
		Débit maximum	1650 m³/h extension sud 1195 m³/h extension ouest		
		Puissance nominale	13.7 kW		
		Année de mise en service	2015		
		Nombre	2		
		Position	Toiture terrasse (extension 2015)		
		Locaux desservis	Extension 2015 (Sud) Extension 2015 (Ouest)		
La ventilation des extensions 2015 (sud et ouest) est réalisée par l'intermédiaire de caissons de ventilation de type double flux avec récupération de chaleur installés en toiture terrasse. D'après les plans d'implantation, les débits de ventilation sont de 1650 m³/h pour l'extension nord et 1195 m³/h pour l'extension ouest.					
Réseaux aérauliques		Les réseaux de ventilation aérauliques sont en acier galvanisé isolé avec 2 centimètres de laine de roche.			

Régulation		<p>La ventilation mécanique est gérée par l'intermédiaire d'une supervision.</p>		
------------	---	--	---	---


## Bâtiment extension 1996 nord :

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Ventilateur		Modèle	TOUREL TC 29		
		Marque	CIAT		
		Type	Extracteur d'air		
		Rendement	0% (sans récupération de chaleur)		
		Débit maximum	675 m³/h		
		Puissance nominale	n-c		
		Année de mise en service	1996		
		Nombre	1		
		Position	Toiture extension 1996 nord		
		Locaux desservis	Extension 1996 nord		
		La ventilation de l'extension 1996 (nord) est assurée par l'intermédiaire d'un extracteur d'air localisé en toiture terrasse.  Néanmoins, ce système de ventilation se fait sans récupération de chaleur, il est donc très énergivore.  D'après les éléments relevés sur les DOE, le débit de ventilation est 675 m³/h			
Régulation	-	Aucune régulation n'est mise en place sur les extracteurs d'air.			






## Bâtiment existant 1973 :

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Ventilateur		Modèle	TOUREL TC 26 TOUREL TC 32 TOUREL TC 32		
		Marque	CIAT		
		Type	Extracteur d'air		
		Rendement	0% (sans récupération de chaleur)		
		Débit maximum	TC 26 = 510 m³/h TC 32 = 1440 m³/h TC 32 = 1530 m³/h		
		Puissance nominale	n-c		
		Année de mise en service	1996		
		Nombre	1		
		Position	Toiture bâtiment existant 1973		
		Locaux desservis	Locaux existant (1973)		
		La ventilation du bâtiment existant (1973) est assurée par l'intermédiaire de trois extracteurs d'air localisés en toiture terrasse.  Néanmoins, ce système de ventilation se fait sans récupération de chaleur, il est donc très énergivore.  D'après les éléments relevés sur les DOE, le débit de ventilation est de 3480 m³/h			
Régulation	Aucune régulation n'est mise en place sur les extracteurs d'air.				






# Bâtiment extension 1996 nord :

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Ventilateur		Modèle	NOVATYS 7/7		
		Marque	France AIR		
		Type	Insufflation d'air		
		Rendement	0% (sans récupération de chaleur)		
		Débit maximum	n-c		
		Puissance nominale	0.75 kW		
		Batterie électricité	13.5 kW		
		Année de mise en service	1996 (hypothèses)		
		Nombre	1		
		Position	Installé au sol façade nord		
		Locaux desservis	Extension 1996 nord		
		Afin d'insuffler de l'air dans le bâtiment, un caisson d'insufflation d'air est présent en extérieur.			
Régulation	-	Aucune régulation n'a été remarquée.			

## Bâtiment extension 1996 ouest sous-sol :




Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.	
Ventilateur		Marque	Ventacid		
		Modèle	VL200		
		Type	Extracteur d'air		
		Rendement	0% (sans récupération de chaleur)		
		Débit maximum	500 m³/h		
		Nombre	1		
		Position	Installé dans le local NRJ A		
		Locaux desservis	Installé dans le local NRJ A		
		Afin d'évacuer la chaleur produite par les appareils présents dans le local NRJ A au sous-sol, un extracteur d'air vers l'extérieur est présent.			
Régulation	Une température de consigne est mise en place sur les extracteurs d'air				
	Ce dernier est relié à une sonde d'ambiance, lorsque la température de consigne est atteinte, l'extracteur se met en fonctionnement dans le but d'évacuer l'air chaud.				

### Bâtiment extension 1996 ouest sous-sol :

Caractéristiques des installations				Vétusté	Perf.
Ventilateur		Marque	Solyvent		
		Modèle	AXIPAL B260		
		Type	Extracteur d'air		
		Rendement	0% (sans récupération de chaleur)		
		Débit maximum	3050 m³/h		
		Nombre	1		
		Position	Installé dans le local transformateurs		
		Locaux desservis	Le local transformateur		
		Afin d'évacuer la chaleur produite par les appareils présents dans le local NRJ A au sous-sol, un extracteur d'air vers l'extérieur est présent.			
Régulation	-	Une température de consigne est mise en place sur les extracteurs d'air			
		Ce dernier est relié à une sonde d'ambiance, lorsque la température de consigne est atteinte, l'extracteur se met en fonctionnement dans le but d'évacuer l'air chaud.			

### Bâtiment extension 1996 ouest sous-sol :

Ventilateur

Caractéristiques des installations			Vétusté	Perf.
	Marque	S&P		
	Modèle	JETLINE-03		
	Type	Extracteur d'air		
	Rendement	0% (sans récupération de chaleur)		
	Débit maximum	300 m³/h		
	Puissance	40 Watts		
	Nombre	1		
	Position	Installé dans le futur local transformateurs		
	Locaux desservis	Le futur local transformateurs		
	Afin d'évacuer la chaleur produite par les appareils présents dans le futur local transformateurs au sous-sol, un extracteur d'air vers le sous-sol est présent.			

### 3.8.3.3 Schéma de principe des systèmes de ventilation

Aucun schéma de principe n'a été remarqué concernant le système de ventilation.

### 3.8.3.4 Mesures des débits de ventilation

DESIGNATION DES LOCAUX	Modules d'entrées d'air estimés (m³/h)	Débits d'insufflation d'après DOE (m³/h)	Débit extrait d'après DOE (m³/h)
Bâtiment existant 1973	-	-	3480
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>3480 m³/h</b>

DESIGNATION DES LOCAUX	Modules d'entrées d'air neuf (m³/h)	Débits d'insufflation d'après DOE (m³/h)	Débit extrait d'après DOE (m³/h)
Bâtiment extension 1996 (nord)	-	675	675
<b>TOTAL</b>	-	<b>675 m³/h</b>	<b>675 m³/h</b>

DESIGNATION DES LOCAUX	Modules d'entrées d'air neuf (m³/h)	Débits d'insufflation d'après DOE (m³/h)	Débit extrait d'après DOE (m³/h)
Bâtiment extension 1996 (Ouest)	-	-	2500
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>2500 m³/h</b>

DESIGNATION DES LOCAUX	Modules d'entrées d'air neuf (m³/h)	Débits d'insufflation d'après DOE (m³/h)	Débit extrait d'après DOE (m³/h)
Bâtiment extension 2015 (sud)	-	1635	1635
<b>TOTAL</b>	-	<b>1635 m³/h</b>	<b>1635 m³/h</b>

DESIGNATION DES LOCAUX	Modules d'entrées d'air neuf (m³/h)	Débits d'insufflation d'après DOE (m³/h)	Débit extrait d'après DOE (m³/h)
Bâtiment extension 2015 (ouest)	-	1195	1195
<b>TOTAL</b>	-	<b>1195 m³/h</b>	<b>1195 m³/h</b>

### Analyse sur les systèmes de ventilation

Les extensions 2015 sud et ouest sont ventilées de manière efficace avec des systèmes performants. En effet, deux centrales de traitement d'air de type double flux sont en place présentant des rendements de récupération de chaleur de 90%, d'après les plans d'implantation les débits de ventilation sont les suivants :

- Extension 2015 – Sud = **1635** m<sup>3</sup>/h
- Extension 2015 – Ouest = **1195** m<sup>3</sup>/h

Néanmoins, le bâtiment existant 1973 et extension 1996 nord sont ventilés de manière mécanique par l'intermédiaire d'extracteurs d'air localisées en toiture terrasse.

Malheureusement, le système de ventilation simple flux est relativement déperditif compte tenu du système s'effectuant sans récupération de chaleur, l'air ambiant (chaud) est donc rejeté à l'extérieur du bâtiment.

### 3.8.4 Eclairage

Les locaux sont équipés de luminaires de type Led et de type fluorescent. La puissance en W / m<sup>2</sup> a été estimée selon le tableau ci-dessous :

Zone	Luminaires	Type de régulation	Puissance (W/m <sup>2</sup> )
Bureaux	Leds / fluorescent	manuelle	7
Salle de réunion	Leds / fluorescent	manuelle	6
Sanitaires avec détection	Leds	Détection de présence/absence	4.5
Circulations avec détection	Leds	Détection de présence/absence	3
Salles technique	Leds / fluorescent	manuelle	12.5
Chambres contrôleurs	Leds	manuelle	3
Vigie provisoire	Fluorescent	manuelle	10
Salle de restauration	Leds	manuelle	6.5

#### Analyse

La grande majorité des locaux du bâtiment sont équipés de luminaires de type leds, toutefois, il reste encore des luminaires de type fluorescents mais ces derniers restent minoritaires.

De plus, il serait judicieux mettre en place des systèmes de gestion de l'éclairage en fonction de l'occupation réelle des locaux :

- Détection d'absence dans les bureaux, salles de réunion, salle de repos et salles de restauration.

Les pièces suivantes présentent encore des luminaires fluorescents, ils seront donc à remplacer :

#### BT73 et Extension 1996

- Pièce T033 ;
- Pièce T015 ;
- Pièce T017 ;
- Pièce T018 ;
- Pièce T023 ;

### 3.8.5 Autres usages de l'électricité

Le site est équipé :

- D'équipements bureautiques (postes informatiques, photocopieurs, téléphones, etc...) ;
- De nombreux équipements spécifiques liés à l'activité du site ;
  - Baie informatique.
  - Locaux serveurs.
  - Transformateurs.
- De réfrigérateurs ;
- De micro-ondes ;
- De cafetières ;
- De bouilloires ;

## 3.9 Factures énergétiques

### 3.9.1 Fiches synthèse énergies

Deux sources d'énergie sont utilisées pour ce bâtiment :

- Electricité ;
- Réseau de chaleur ;

Energies	USAGES						
	CHAUFFAGE	ECS	CUISON	ECLAIRAGE	CLIMATISATION	BUREAUTIQUE & PROCESS	ASCENCEUR
Electricité	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Réseau de chaleur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les consommations d'énergie pour le poste chauffage sont corrigées par les DJU de chaque année pour prendre en compte la rigueur du climat et ramener la consommation à une rigueur standard (celle qui est utilisée dans la modélisation).

### 3.9.1 Electricité

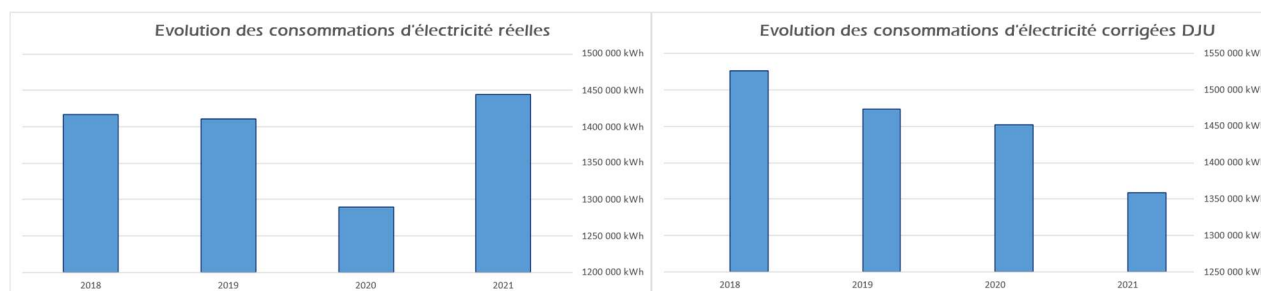
Puissance souscrite	-
Réf acheminement Electricité	-

Sur la base des éléments fournis, ce tableau synthétise les consommations d'énergies des années suivantes : 2021, 2020, 2019, 2018.

Consommations réelles - électricité			
Année	Consommations	Coût total TTC/an	Prix du kWh €TTC
2021	1 444 185 kWh	375 488 €	0,26€TTC/kWh
2020	1 289 237 kWh	335 201 €	0,26€TTC/kWh
2019	1 411 357 kWh	366 953 €	0,26€TTC/kWh
2018	1 416 447 kWh	368 276 €	0,26€TTC/kWh
Moyenne	1 390 307 kWh	361 480 €	0,26€ TTC/kWh

Consommations corrigées DJU			
Année	Consommations	Coût total HT/an	Prix du kWh €TTC
2021	1 359 002 kWh	353 340 €	0,26€TTC/kWh
2020	1 452 630 kWh	377 684 €	0,26€TTC/kWh
2019	1 473 684 kWh	383 158 €	0,26€TTC/kWh
2018	1 526 369 kWh	396 863 €	0,26€TTC/kWh
Moyenne	1 452 921 kWh	377 761 €	0,26€ TTC/kWh

#### Evolutions des consommations d'électricité



Aucun sous-comptage d'énergie n'est présent, nous ne sommes donc pas en mesure d'estimer la part d'énergie utilisée à l'utilisation des deux bâtiments.

### 3.9.2 Réseau de chaleur

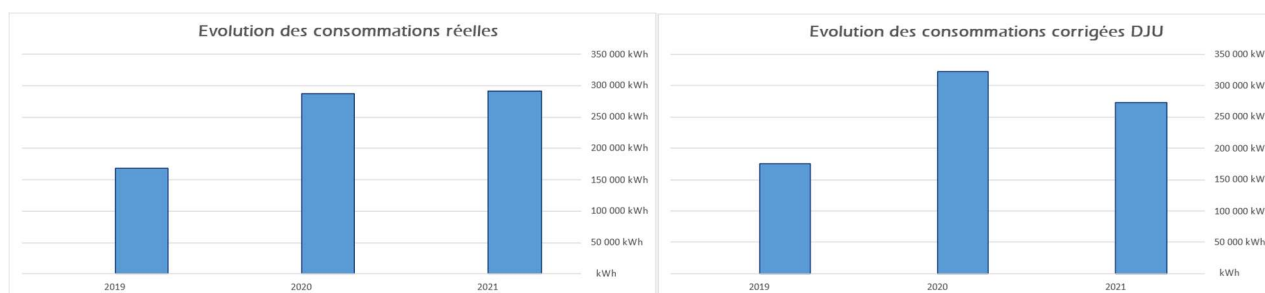
Fournisseur	Aéroport de Lyon
Type abonnement	-
Point de consommation énergétique	Sortie d'échangeur caserne des pompiers

Sur la base des éléments fournis, ce tableau synthétise les consommations d'énergies des années suivantes : 2021, 2020, 2019.

Consommations réelles			
Année	Consommations	Coût total TTC/an	Prix du kWh
2021	290 884 kWh	11 568 €	0,04 €TTC/kWh
2020	286 884 kWh	11 241 €	0,04 €TTC/kWh
2019	167 884 kWh	1 433 €	0,01 €TTC/kWh
Moyenne	248 551 kWh	8 081 €	0,03 €TTC/kWh

Consommations corrigées DJU			
Année	Consommations	Coût total TTC/an	Prix du kWh
2021	273 727 kWh	10 886 €TTC	0,04 €TTC/kWh
2020	323 243 kWh	12 666 €TTC	0,04 €TTC/kWh
2019	175 298 kWh	1 496 €TTC	0,01 €TTC/kWh
Moyenne	257 422 kWh	8 349 €TTC	0,03 €TTC/kWh

### Evolutions des consommations d'électricité



### 3.1 Contrats de maintenance des équipements énergétiques

Contrat de maintenance	En cours	Montant annuel (€ HT)
Contrat chauffage	oui	9209.44 €
Contrat climatisation	oui	
Contrat entretien ventilation	oui	
Contrat entretien ECS	oui	

#### Analyse des contrats d'entretien des équipements énergétiques

Un contrat de maintenance est présent afin d'assurer le bon fonctionnement des équipements énergétique présent dans le bloc technique.

En effet, les équipements suivants sont suivis régulièrement :

- Les équipements présents en sous-station ;
- Les équipements de climatisation ;
- Les équipements de ventilation ;
- Les équipements de production d'eau chaude sanitaire (ECS) ;

#### IV. Décret tertiaire

Présentant une surface de plancher supérieure à 1000 m<sup>2</sup>, ce bâtiment est donc en accord avec un assujettissement au décret tertiaire.

Cependant, étant un bâtiment dédié à l'aide à la navigation aérienne, certaines zones du bâtiment sont exemptées du décret tertiaire.

Sur le bâtiment l'usage opérationnel cela représente environ **1 171.33 m<sup>2</sup>**.

En comptabilisant la surface de plancher totale de **5 182.26 m<sup>2</sup>** la surface à prendre en compte pour l'assujettissement au décret tertiaire est de :

SDP totale – SDP opérationnelle ; soit **5 299.05 – 1 171.33 = 4 127.72 m<sup>2</sup>**.

Les surfaces opérationnelles par zones sont les suivantes :

Zones	Surface (en m <sup>2</sup> )
Bloc technique 1973	135.19 m <sup>2</sup>
Extension 1996	707.3 m <sup>2</sup>
Extension 2015	212.05 m <sup>2</sup>
Bâtiment Algeco 2008	0 m <sup>2</sup>
Bâtiment modulaire 2014	0 m <sup>2</sup>
Tour de contrôle	116.79 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1 171.33 m<sup>2</sup></b>

- Les salles techniques ;
- Les salles serveurs ;
- Les salles de contrôles ;
- Les chambres contrôleurs ;
- Les salles serveurs ;

Toutes les autres zones ou pièces liées directement avec la navigation aérienne ont donc été retirées du calcul thermique afin de réaliser une analyse vis-à-vis du décret tertiaire.

❖ Détermination de l'année de référence :

La consommation de référence du site, sans les zones opérationnelles, est estimée (d'après un calcul réglementaire) à  $C_{ref} = 109 \text{ kWh}_{EF}/\text{m}^2.\text{an}$  soit **451 683 kWh<sub>EF</sub>/an**.

En comptabilisant la surface de plancher totale de **5 299.05 m<sup>2</sup>** la surface à prendre en compte pour l'assujettissement au décret tertiaire est de :

SDP totale – SDP opérationnelle ; soit **5 299.05 – 1 171.33 = 4 127.72 m<sup>2</sup>**.

❖ Détermination des objectifs :

Après rénovation et selon les consommations de référence, le bâtiment devra donc présenter après rénovation les consommations suivantes :

➤ Site sans les zones opérationnelles :

○ Si l'objectif en valeur relative (C<sub>rel</sub>) est retenu :

- Objectif relatif 2030 C-40% :  $\leq 65.65 \text{ kWh}_{EF}/\text{m}^2.\text{an}$  ;
- Objectif relatif 2040 C-50% :  $\leq 54.71 \text{ kWh}_{EF}/\text{m}^2.\text{an}$  ;
- Objectif relatif 2050 C-60% :  $\leq 43.77 \text{ kWh}_{EF}/\text{m}^2.\text{an}$  ;

- Si l'objectif en valeur absolue (Cabs) est retenu :

A noter que dans le projet d'arrêté modificatif à l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations de réduction des consommations d'énergie dans des bâtiments à usage tertiaire, des objectifs absolus de consommation ont été formulés :

**L'usage bureaux standards :**

- CVC :  $62 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2.\text{an}$  pour les bâtiments de bureaux ;
- USE : USE Talon :  $50 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2.\text{an}$  pour les bâtiments de bureaux
- Soit un total Cabs = CVC + USE =  $62 + 50 = 112 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2.\text{an}$ , soit **462 305 kWh<sub>EF</sub>/an**

## V. Phase 2 - Bilan énergétique

### 5.1 Déperditions thermiques

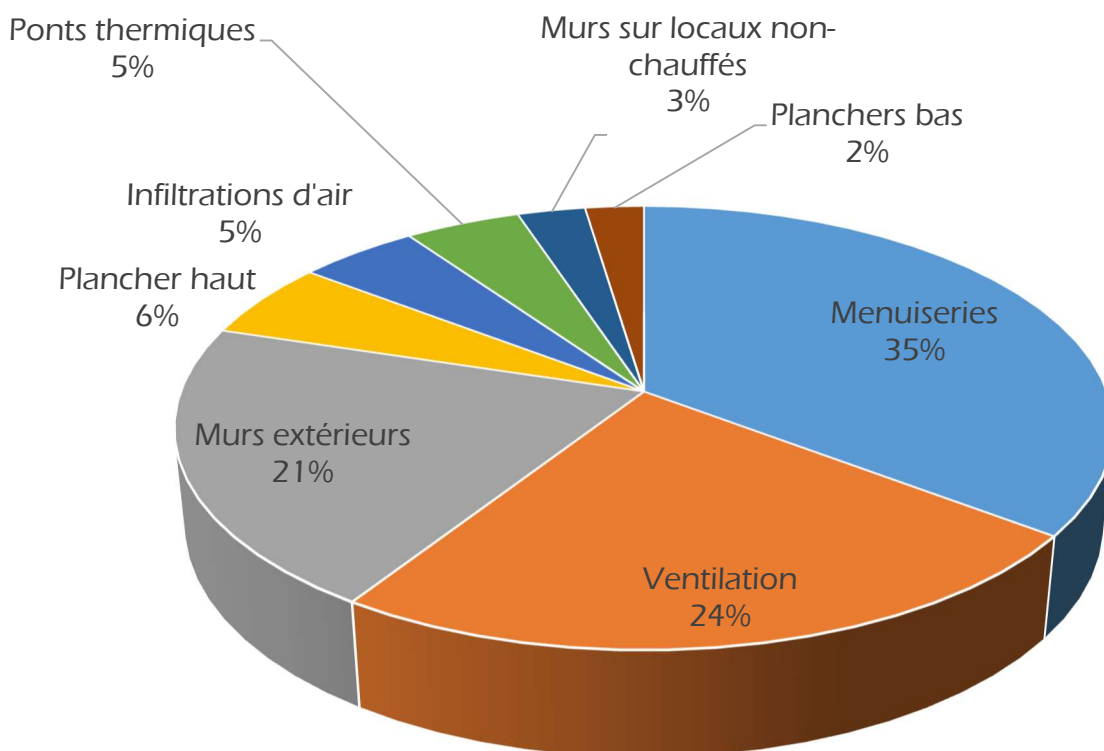
#### 5.1.1 Bâtiment existant 1973

Les déperditions du bâtiment représentent la puissance nécessaire pour maintenir 19°C à l'intérieur du bâtiment par -11°C extérieur. Elles sont calculées conformément à la norme EN 12831 et donnent une image de la performance thermique du bâtiment : plus la déperdition est faible, meilleur est le bâtiment. Elles servent également à dimensionner le système de chauffage, et incluent alors une surpuissance destinée à compenser l'inertie du bâtiment.

Sur la base des éléments relevés durant l'audit, les déperditions du bâtiment ont été estimées à environ **158.3 kW** sans surpuissance de relance et **189.5 kW en prenant en compte la surpuissance de 18W/m²** pour réchauffer les parois après une longue période d'absence.

Le graphe ci-dessous donne une répartition de ces déperditions, par élément constitutif du bâtiment.

Répartitions des déperditions thermiques par poste à l'état existant



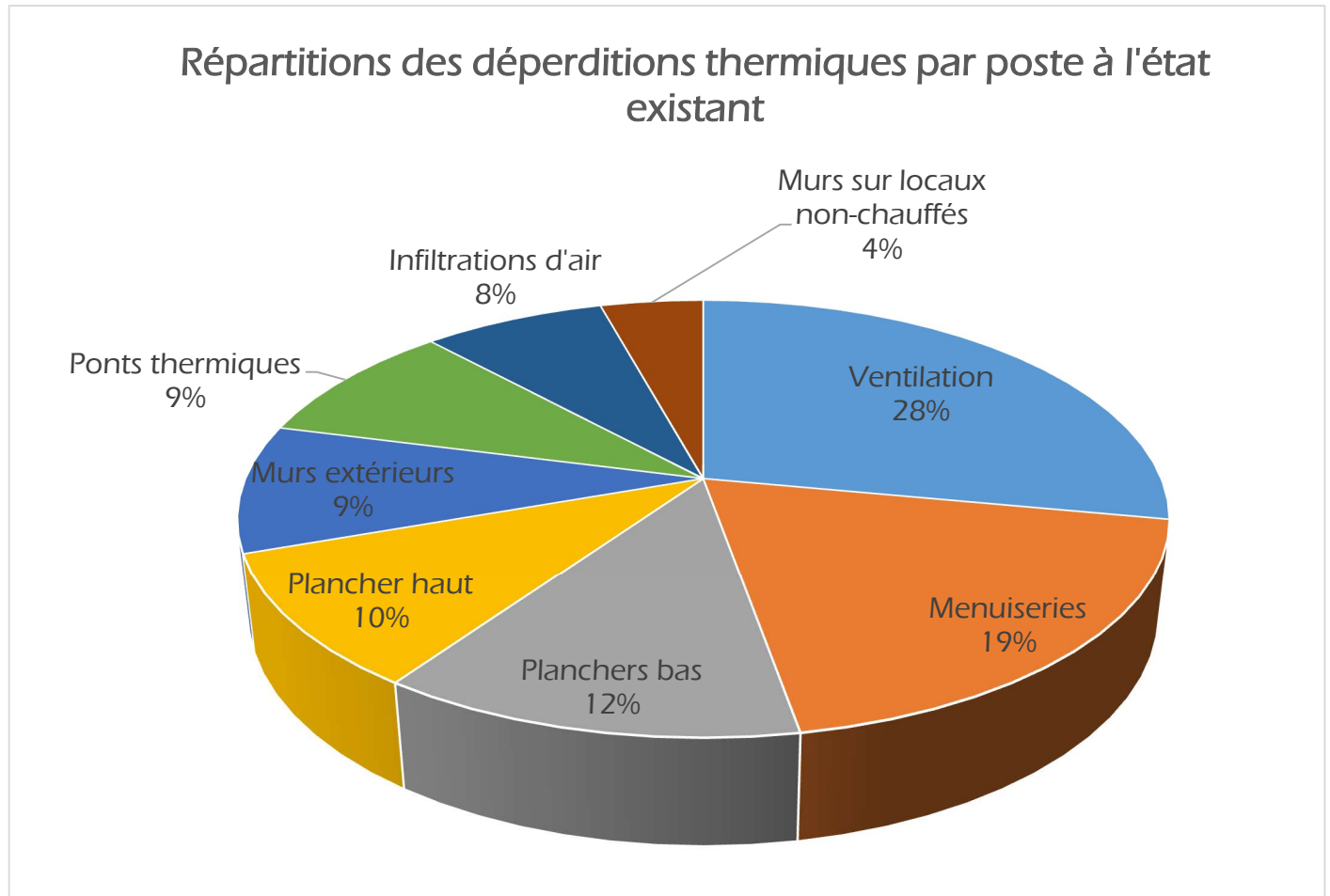
## Analyse des déperditions du bâtiment

- ❖ Les **menuiseries extérieures** représentent **35%** des déperditions totales du bâtiment auxquelles il faudra rajouter une partie des pertes thermiques par les infiltrations d'air. Cela s'explique par leurs importantes surfaces et le fait que la grande majorité des menuiseries sont de type simple vitrage datant de 1973.
- ❖ La **ventilation** du bâtiment représente **24%** des déperditions totales du bâtiment, ce poste représente une importante des déperditions compte tenu des débits d'extraction mis en place dans le bâtiment. De plus, la ventilation du bâtiment est assurée par des caissons de ventilation de type simple flux sans récupération de chaleur.
- ❖ Les **murs extérieurs et les ponts thermiques** associés représentent respectivement **21%** et **5%** des pertes thermiques totales du bâtiment soit **26%**. En effet, mis à part les murs extérieurs d'un bureau présent au rdc du bâtiment les murs extérieurs ne présentent aucun isolant.
- ❖ Le **plancher haut** représente **6%** des déperditions thermiques totales du bâtiment. Le plancher haut est légèrement isolé, ce qui entraîne tout de même des déperditions thermiques non-négligeables.
- ❖ Les **infiltrations d'air** du bâtiment représentent **5%** des déperditions thermiques du bâtiment, en effet le bâtiment 1973 est supposé peu étanche à l'air.
- ❖ Les **murs vers locaux non chauffés** représentent **3%** des déperditions thermiques totales du bâtiment. En effet, les murs donnant vers locaux non chauffés représentent une faible surface, les déperditions par ce poste sont donc limitées.
- ❖ Les **planchers bas** représentent **2%** des pertes thermiques totales du bâtiment.

### 5.1.2 Bâtiment extension 1996

Sur la base des éléments relevés durant l'audit, les déperditions du bâtiment ont été estimées à environ **115.7 kW** sans surpuissance de relance et **148.7 kW en prenant en compte la surpuissance de 18W/m<sup>2</sup>** pour réchauffer les parois après une longue période d'absence.

Le graphe ci-dessous donne une répartition de ces déperditions, par élément constitutif du bâtiment



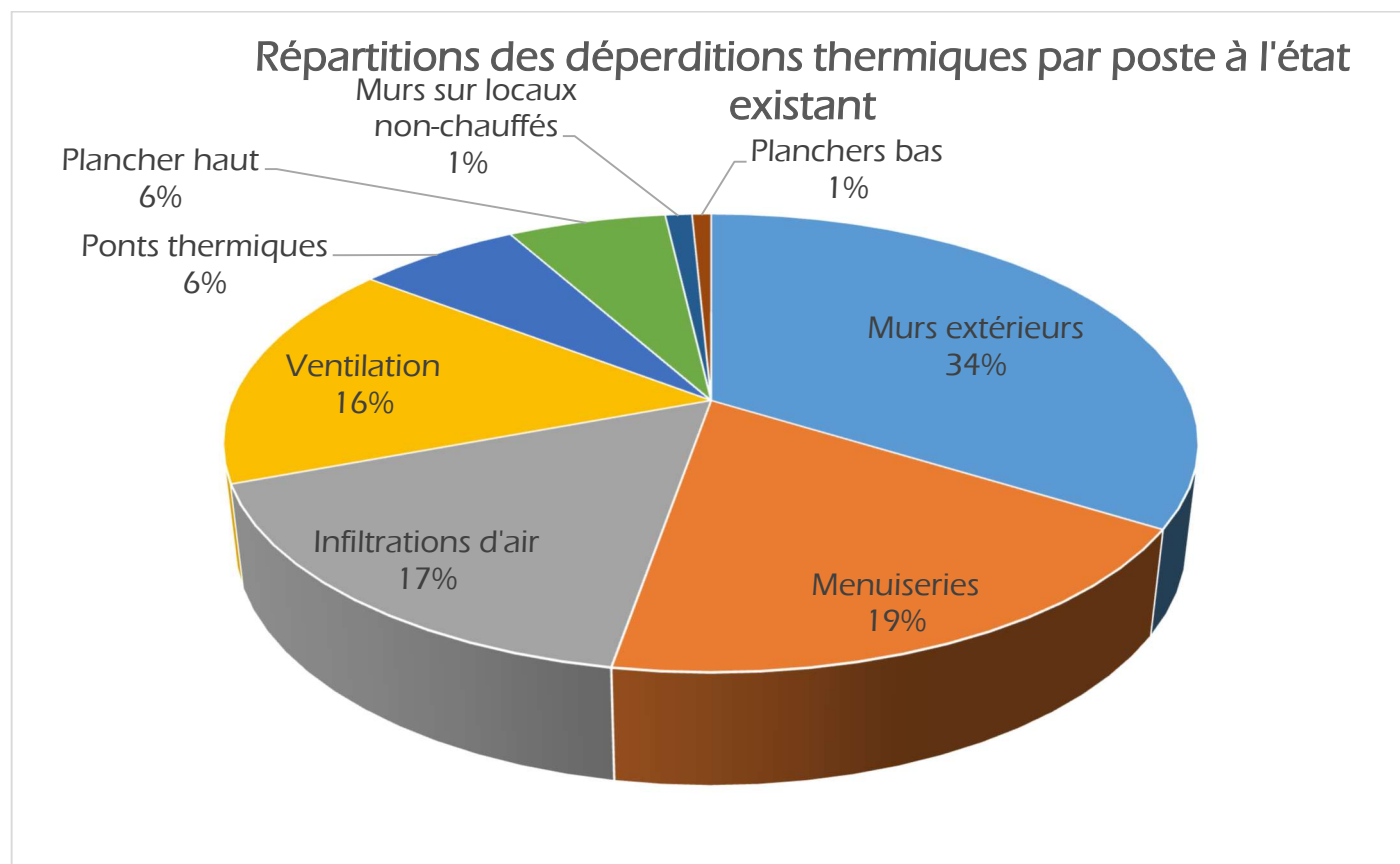
## Analyse des déperditions du bâtiment

- ❖ La **ventilation** du bâtiment représente **28%** des déperditions totales du bâtiment, ce poste représente une importante des déperditions compte tenu des débits d'extraction mis en place dans le bâtiment. De plus, la ventilation du bâtiment est assurée par des caissons de ventilation de type simple flux sans récupération de chaleur
- ❖ Les **menuiseries extérieures** représentent **19%** des déperditions totales du bâtiment auxquelles il faudra rajouter une partie des pertes thermiques par les infiltrations d'air. Cela s'explique par leurs importantes surfaces et de leurs performances thermiques plutôt moyennes.
- ❖ Les **murs extérieurs et les ponts thermiques** associés représentent respectivement **9%** et **9%** des pertes thermiques totales du bâtiment soit **18%**. En effet, les extérieurs sont isolés par l'intérieur, les déperditions thermiques sont donc limitées par ce poste.
- ❖ Les **planchers bas** représentent **12%** des pertes thermiques totales du bâtiment. En effet, la majorité des planchers bas donne vers locaux non chauffés. Des déperditions non-négligeables sont donc présentes.
- ❖ Le **plancher haut** représente **10%** des déperditions thermiques totales du bâtiment. Le plancher haut est légèrement isolé, ce qui entraîne tout de même des déperditions thermiques non-négligeables.
- ❖ Les **infiltrations d'air** du bâtiment représentent **8%** des déperditions thermiques du bâtiment, en effet supposé peu étanches à l'air.
- ❖ Les **murs vers locaux non chauffés** représentent **4%** des déperditions thermiques totales du bâtiment. En effet, les murs donnant vers locaux non chauffés représentent une faible surface, les déperditions par ce poste sont donc limitées.

### 5.1.3 Bâtiment extension 2015

Sur la base des éléments relevés durant l'audit, les déperditions du bâtiment ont été estimées à environ **17.8 kW** sans surpuissance de relance et **29.8 kW** en prenant en compte la surpuissance de **18W/m<sup>2</sup>** pour réchauffer les parois après une longue période d'absence.

Le graphe ci-dessous donne une répartition de ces déperditions, par élément constitutif du bâtiment.



## Analyse des déperditions du bâtiment

- ❖ Les **murs extérieurs et les ponts thermiques** associés représentent respectivement **34%** et **6%** des pertes thermiques totales du bâtiment soit **40%**. Néanmoins, les murs extérieurs sont correctement isolés.
- ❖ Les **menuiseries extérieures** représentent **19%** des déperditions totales du bâtiment auxquelles il faudra rajouter une partie des pertes thermiques par les infiltrations d'air. Les menuiseries extérieures présentent de bonnes performances thermiques. En effet, elles sont composées d'un double vitrage performant.
- ❖ Les **infiltrations d'air** du bâtiment représentent **17%** des déperditions thermiques du bâtiment.
- ❖ La **ventilation** du bâtiment représente **16%** des déperditions totales du bâtiment. En effet, d'importants débits de ventilation sont mis en œuvre afin de ventiler efficacement les extensions 2015. Il s'agit de système de type double flux avec récupération de chaleur, les déperditions thermiques sont donc limitées.
- ❖ Le **plancher haut** représente **6%** des déperditions thermiques totales du bâtiment. Les planchers hauts sont isolés de manière satisfaisante.
- ❖ Les **murs vers locaux non chauffés** représentent **1%** des déperditions thermiques totales du bâtiment. En effet, les murs donnant vers locaux non chauffés représentent une faible surface, les déperditions par ce poste sont donc limitées.
- ❖ Les **planchers bas** représentent **1%** des pertes thermiques totales du bâtiment.

## 5.2 Modélisation thermique réglementaire

### 5.2.1 Présentation de la méthode réglementaire (méthode de calcul Th-CE Existant)

La méthode TH-CE-Ex est une modélisation thermique du bâtiment qui permet de comparer les bâtiments entre eux, notamment sur l'efficacité des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, mais évidemment aussi sur la performance de l'enveloppe. Elle se base sur des scénarios conventionnels d'occupation et d'utilisation du bâtiment.

Elle permet à ce titre de calculer la consommation conventionnelle d'énergie primaire, qui est utilisée comme marqueur de la performance d'un bâtiment, et sert notamment à déclencher les aides financières de l'Etat et des autres Collectivités.

Ces estimations ne prennent pas en compte l'utilisation des appareils électroménagers, multimédia, etc... qui dépendent essentiellement des habitudes des occupants.

Pour l'énergie électrique, seuls l'éclairage et les auxiliaires de chauffage/ventilation sont intégrés dans la modélisation.

Les consommations sont estimées en énergie primaire (EP), qui est une image de la quantité d'énergie prélevée dans la nature pour obtenir l'énergie finale, celle qui est consommée dans le bâtiment. Les coefficients de conversion sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Energie utilisée	kWh EP pour 1 kWh consommé
Bois	0.6
Gaz, fioul	1
Electricité	2.58

Ce qui signifie en particulier pour l'électricité, que pour chaque kWh consommé (et facturé), 2,58 kWh d'énergie primaire (2,58 kWhEP) sont comptabilisés dans le cadre de cette étude. Cela reflète le mode de production de l'électricité, qui requiert « en moyenne » et par convention 2.58 kWh d'une autre énergie (gaz, fioul, uranium, ... : énergie primaire) pour chaque kWh livré à domicile.

### 5.2.2 Occupation et températures selon la méthode réglementaire Th-CE Ex

Un bâtiment peut être découpé en zones ayant des usages différents. Chaque usage est défini par un scénario d'occupation, de chauffage et de refroidissement, caractérisés par des températures de consigne et des horaires de maintien en température conventionnels. On définit une zone différente pour chacun des types d'usage représentés dans le bâtiment. Dans le cas de ce bâtiment, les usages sont les suivants :

Type d'usage	Horaires d'occupation Réglementaires	Niveau de température Réglementaire
Bureau	Moyens	Moyen

Il y correspond les scénarios suivants :

Horaires d'occupation	Heures par jour	Jours par semaine
Moyens	10 heures (8h à 18h)	5 jours (lundi au vendredi)

Niveau de température	Occupation	Réduction de chauffage de moins de 48h	Réduction de chauffage de plus de 48h
Moyen	19 °C	16 °C	7 °C

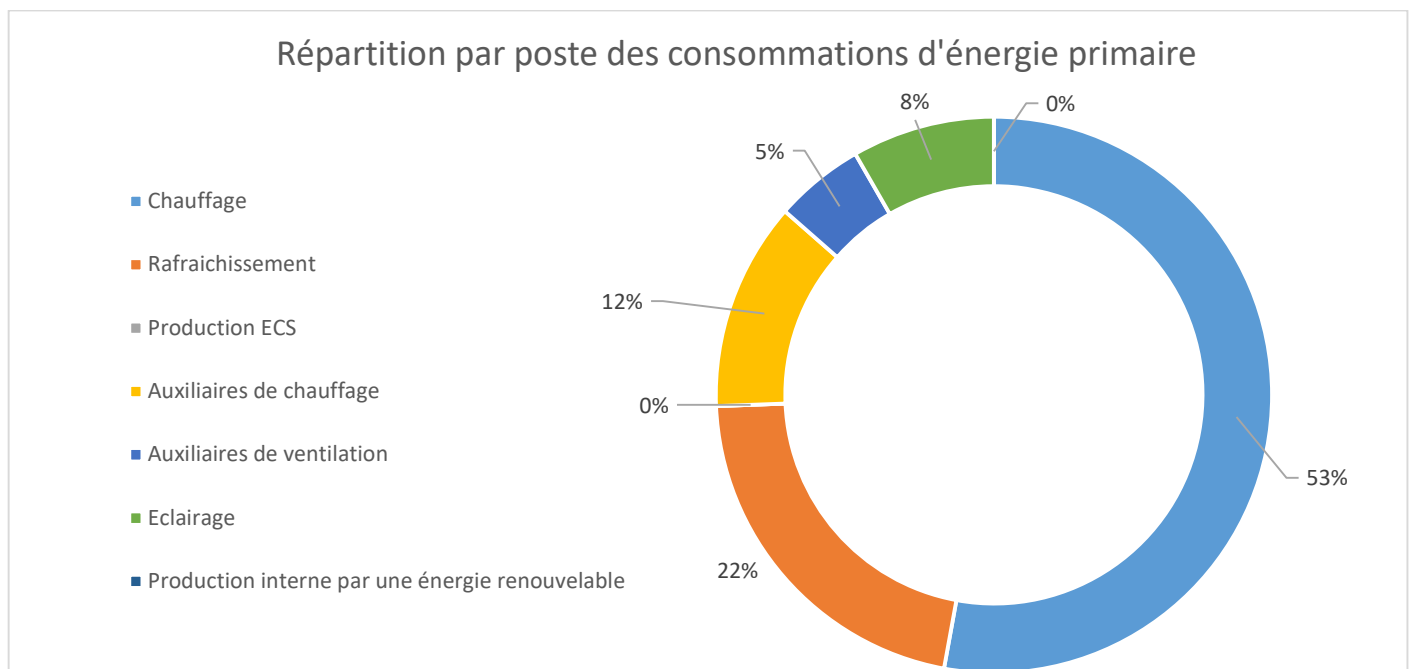
### 5.2.3 Modélisation de l'existant – calcul réglementaire

#### Bâtiment 1973 :

Il ressort du calcul réglementaire (méthode THC-Ex) une consommation d'énergie primaire (Cep) pour le bâtiment à l'état existant de **210.8 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.SHON<sub>RT</sub>/an**.

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an)		
Poste	Bâtiment existant	Répartition
Chauffage	111,5 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	53%
Rafrachissement	45,2 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	21%
Production ECS	0,0 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	0%
Auxiliaires de chauffage	25,6 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	12%
Auxiliaires de ventilation	11,0 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	5%
Eclairage	17,5 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	8%
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	0%
<b>TOTAL</b>	<b>210,8 kWh EP/m<sup>2</sup>.an</b>	

Elle est répartie comme suit :

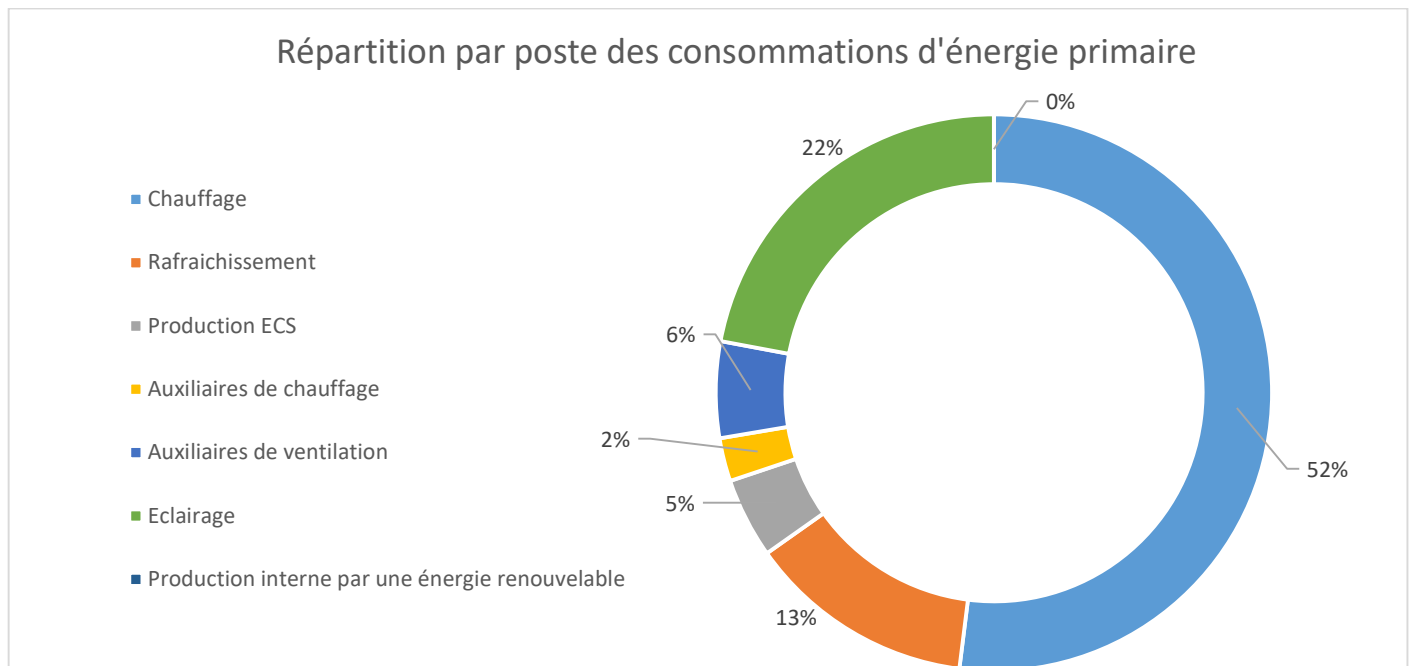


### Bâtiment extension 1996 :

Il ressort du calcul réglementaire (méthode THC-Ex) une consommation d'énergie primaire (Cep) pour le bâtiment à l'état existant de **182.7 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.SHON<sub>RT</sub>/an**.

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an)		
Poste	Bâtiment existant	Répartition
Chauffage	95,0 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	52%
Rafrachissement	24,1 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	13%
Production ECS	8,5 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	5%
Auxiliaires de chauffage	4,6 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	3%
Auxiliaires de ventilation	10,2 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	6%
Eclairage	40,2 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	22%
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 kWh EP/m <sup>2</sup> .an	0%
<b>TOTAL</b>	<b>182,7 kWh EP/m<sup>2</sup>.an</b>	

Elle est répartie comme suit :

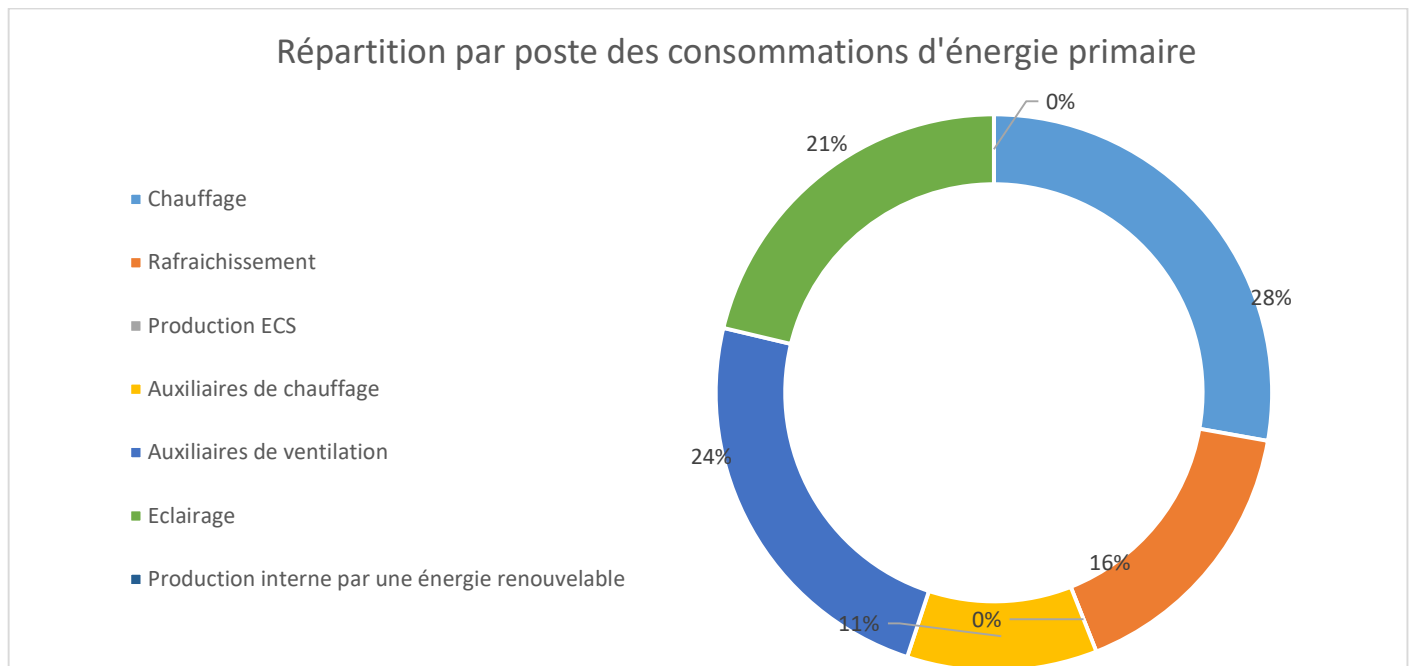


### Bâtiment extension 2015 :

Il ressort du calcul réglementaire (méthode THC-Ex) une consommation d'énergie primaire (Cep) pour le bâtiment à l'état existant de **127 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.SHONRT/an**.

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an)		
Poste	Bâtiment existant	Répartition
Chauffage	35,3 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	28%
Rafrachissement	20,6 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	16%
Production ECS	0,0 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	0%
Auxiliaires de chauffage	14,0 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	11%
Auxiliaires de ventilation	30,1 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	24%
Eclairage	27,0 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	21%
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m <sup>2</sup> .an	0%
<b>TOTAL</b>	<b>127,0 KWh EP/m<sup>2</sup>.an</b>	

Elle est répartie comme suit :

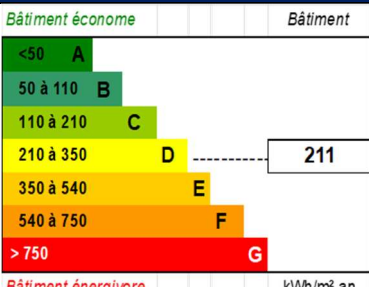
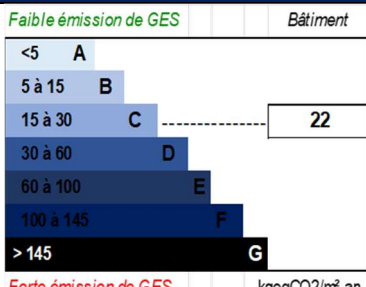
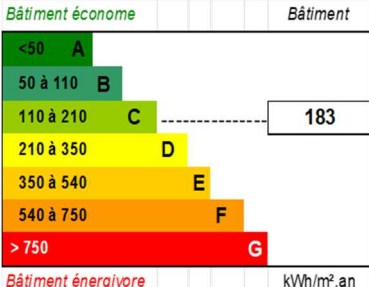
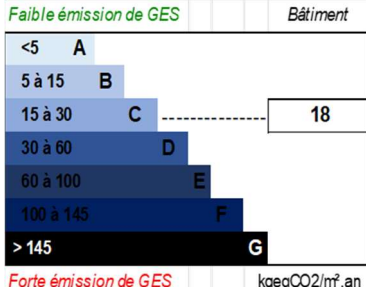
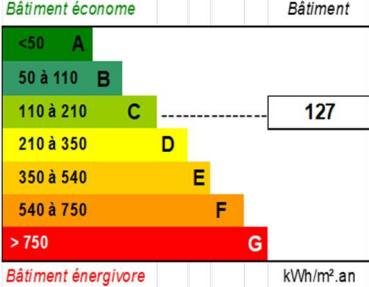
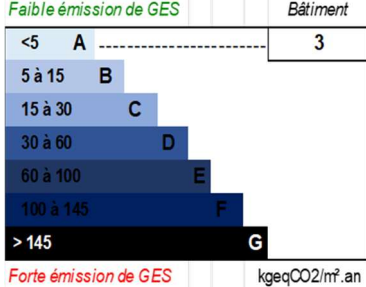


## 5.2.4 Etiquette énergie et climat

### ❖ Pour les bâtiments à usage autre que habitation :

Les étiquettes énergie et climat des bâtiments autre que habitation (bureaux, tertiaire, etc.) sont différentes de celles des logements. Il en existe quatre modèles différents, selon l'activité et l'occupation du bâtiment

	Bâtiments concernés	Consommations énergétiques (kWhEP/m².an)	Emissions de GES (kgCO2eq/m².an)
A l'exception des centres commerciaux	Bâtiments à usage principal de bureau, d'administration ou d'enseignement	A : ≤ 50 B : 51 à 110 C : 111 à 210 D : 211 à 350 E : 351 à 540 F : 541 à 750 G : > 750	A : ≤ 5 B : 6 à 15 C : 16 à 30 D : 31 à 60 E : 61 à 100 F : 101 à 145 G : > 145
A l'exception des centres commerciaux	Bâtiment à occupation continue (par exemple : hôpitaux, hôtels, internats, maisons de retraite, etc.)	A : ≤ 100 B : 101 à 210 C : 211 à 370 D : 371 à 580 E : 581 à 830 F : 831 à 1130 G : > 1130	A : ≤ 12 B : 13 à 30 C : 31 à 65 D : 66 à 110 E : 111 à 160 F : 161 à 220 G : > 220
A l'exception des centres commerciaux	Autres cas (par exemple : théâtres, salles de sport, restauration, commerces individuels, etc.)	A : ≤ 30 B : 31 à 90 C : 91 à 170 D : 171 à 270 E : 271 à 380 F : 381 à 510 G : > 510	A : ≤ 3 B : 4 à 10 C : 11 à 25 D : 26 à 45 E : 46 à 70 F : 71 à 95 G : > 95
Centre commercial		A : ≤ 80 B : 81 à 120 C : 121 à 180 D : 181 à 230 E : 231 à 330 F : 331 à 450 G : > 450	A : ≤ 10 B : 11 à 15 C : 16 à 25 D : 26 à 35 E : 36 à 55 F : 56 à 80 G : > 80

	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Bâtiment existant 1973	<p><b>Bâtiment économe</b></p>  <p><b>Bâtiment énergivore</b></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><b>Faible émission de GES</b></p>  <p><b>Forte émission de GES</b></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Bâtiment extension 1996	<p><b>Bâtiment économe</b></p>  <p><b>Bâtiment énergivore</b></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><b>Faible émission de GES</b></p>  <p><b>Forte émission de GES</b></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Bâtiment extension 2015	<p><b>Bâtiment économe</b></p>  <p><b>Bâtiment énergivore</b></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><b>Faible émission de GES</b></p>  <p><b>Forte émission de GES</b></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique (SRT)

## VI. Phase 3 : Proposition d'améliorations

### 6.1 Interventions étudiées

Cette partie présente les propositions d'actions d'améliorations indépendantes, c'est-à-dire que les actions d'améliorations seront étudiées indépendamment les unes des autres avant d'établir des bouquets de travaux. Les propositions d'actions d'améliorations visent à :

- Réduire les consommations énergétiques ;
- Réduire la facture énergétique ;
- Obtenir une rentabilité élevée dans le temps ;
- Améliorer le confort estival et hivernal ;
- Améliorer la qualité de l'air.

## Ventilation double flux

Localisation : BT 73 et extension 1996

### Mise en œuvre proposée :

- Mise en place de deux centrales de VMC double-flux équipées d'un échangeur à plaques à haut rendement  $\geq 82\%$ . Une centrale de traitement d'air pour le bloc technique BT73 et une centrale dans l'extension 1996 ;
- Création de réseaux aérauliques type galvanisé étanches classe A minimum, un réseau pour le soufflage et un pour l'extraction ;
- Mise en place de bouches d'extraction et de soufflage ;
- Mise en place de silencieux et de sondes  $\text{CO}_2$  sur registres motorisées, afin de permettre une régulation optimale de la qualité de l'air.



### Remarque :

- Il est possible de prévoir une surventilation nocturne en période estivale afin d'évacuer la chaleur accumulée en journée ;
- Ce système, pourvu d'un récupérateur de chaleur, plus coûteux à mettre en place, permet de réaliser des économies d'énergies importantes tout en améliorant la qualité de l'air dans le bâtiment, contrairement au système de ventilation simple flux, qui engendrera une augmentation de la consommation d'énergie sur le poste ventilation ;
- Hors sujétions de finition (soffites, traversées de dalles, peinture éventuelle...) ;
- Les débits de ventilation à mettre en œuvre estimés sont les suivants :
  - Bloc technique 1973 =  $4100 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
  - Extension 1996 =  $2600 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
- La reprise des faux plafonds n'est pas prise en compte dans le chiffrage de cette solution d'amélioration énergétique.

**Remplacement des menuiseries simple vitrage**Localisation : BT 73**Mise en œuvre proposée :**

- L'intervention concerne les menuiseries simple vitrage présentes dans le bloc technique 73 ;
- Dépose des menuiseries existantes simple vitrage ;
- Mise en place de menuiseries de type aluminium  $U_w \leq 1,30 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , vitrage peu émissif et disposant d'un traitement pour limiter les apports solaires. Classe d'étanchéité à l'air : A4. Vitrage acoustique vivement recommandé ;
- Pose étanche – pose en rénovation proscrit.

**Remarques :**

- Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie des menuiseries afin de ne pas altérer le confort des occupants ;
- Possibilité de mettre en place un vitrage solaire renforcé pour les menuiseries orientées à l'ouest ;
- Amélioration du confort hivernal et diminution de la consommation d'énergie ;
- Diminution des infiltrations d'air (courants d'air) ;
- Diminution des nuisances sonores extérieures ;
- A réaliser conjointement avec travaux d'isolation thermique extérieure et les travaux en toiture.

## Remplacement de la verrière

Localisation : BT 73

### Mise en œuvre proposée :

- L'intervention concerne la verrière présente dans le bloc technique 73 ;
- Dépose de la verrière existante ;
- Mise en place d'une verrière de type aluminium avec double vitrage  $U_w \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{.K}$ , vitrage peu émissif et disposant d'un traitement pour limiter les apports solaires. Classe d'étanchéité à l'air : A4. Vitrage acoustique vivement recommandé ;
- Pose étanche – pose en rénovation proscrit.

### Remarques :

- Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie des menuiseries afin de ne pas altérer le confort des occupants ;
- Amélioration du confort hivernal et diminution de la consommation d'énergie ;
- Diminution des infiltrations d'air (courants d'air) ;
- Suppression des infiltrations d'eau actuellement présentes au niveau de la verrière ;
- Diminution des nuisances sonores extérieures ;
- A réaliser conjointement avec travaux d'isolation thermique extérieure et les travaux en toiture.

## Remplacement des luminaires énergivores

Localisation : Luminaires énergivores encore présents

### Mise en œuvre proposée :

- Remplacement des luminaires énergivores (fluorescent, incandescence etc...) par des luminaires basse consommation de type Leds dans les différentes pièces ;
- Mise en place d'un pilotage de l'éclairage par des interrupteurs dans les bureaux, salle de réunion avec un variateur de luminosité et détection d'absence ;
- Mise en place d'un pilotage de l'éclairage par de la détection de présence et d'absence dans les circulations, local ménage et stockage et sanitaires.

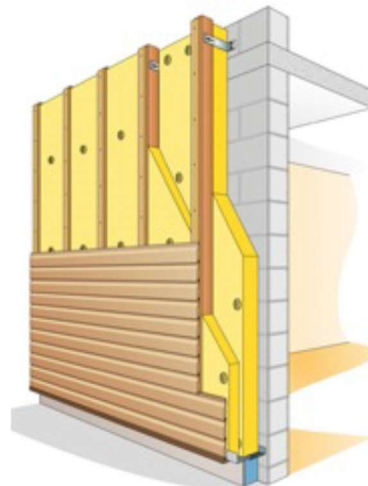
## Isolation des murs extérieurs par l'intérieur

Localisation :

BT 73

### Mise en œuvre proposée :

- Dépose et repose après isolation des éléments muraux (ventilo-convecteurs, plomberie...) ;
- Isolation des murs extérieurs par l'intérieur (ITI) avec de la laine de bois ayant une résistance thermique d'au moins  $5.00 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Soit environ 180 mm d'isolant ;
- Traitement des encadrements, appui et linteau si possible, des menuiseries par retour d'isolant ( $R = 1,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ). L'isolation sera plus fine en fonction du cadre des menuiseries extérieurs.



### Remarque :

- Le mode constructif peu commun du bloc technique 1973 présente des contraintes à la réalisation d'une isolation par l'extérieur (ITE). En effet, le mode constructif du bâtiment est le suivant :
  - Les murs extérieurs sont composés de blocs de béton banché boulonnés entre eux, une légère liberté de mouvement est donc nécessaire. Une isolation thermique par l'extérieur n'est donc pas préconisée.
- A réaliser si possible conjointement avec le remplacement des menuiseries concernées et les travaux en toiture ;
- Amélioration du confort hivernal et diminution de la consommation d'énergie ;
- La mise en place d'un isolant de type biosourcé permet de limiter les surchauffes en période estival du fait de la densité de ce dernier et de son déphasage thermique. En effet, concernant le confort d'été un isolant de type biosourcé est optimal en comparaison avec un isolant de type synthétique ;
- De plus, ce type d'isolant nécessite peu de modification entre son état naturel (bois) et son état final (isolant), la quantité d'énergie afin d'obtenir l'état final est donc réduite comparé à un isolant de type synthétique ;
- Concernant l'aspect économique, l'isolation thermique par l'intérieure est bien moins onéreuse qu'une isolation thermique par l'extérieur. En effet, les tarifs moyens pour chaque solution sont les suivants :
  - 130€/HT par  $\text{m}^2$  pour une isolation par l'intérieur ;
  - 230€/HT par  $\text{m}^2$  pour une isolation par l'extérieur ;

## Mise en place de panneaux photovoltaïques

Localisation :

Extension 1996

### Mise en œuvre proposée :

- Mise en place d'une installation photovoltaïque d'environ 95.2 m<sup>2</sup> sur la toiture de l'extension 1996 soit environ 19 kWc.

### Remarque :

- 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 ;
- En l'absence de courbe de charge fournie, il est actuellement relativement complexe de dimensionner une centrale ;
- 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. (Environ 800€/an) ;
- La maintenance des installations consiste à prévoir un passage annuel minimum afin de :
  - Réaliser l'inspection visuelle des modules ;
  - Réaliser le nettoyage des modules ;
  - Vérifier et dépoussiérer les onduleurs ;
  - Vérifier la sécurité électrique ;
  - Relever les données de production.



Installation photovoltaïque =



## Mise en place de panneaux photovoltaïques

Localisation :

Extension 2015 sud

### Mise en œuvre proposée :

- Mise en place d'une installation photovoltaïque d'environ 122.4 m<sup>2</sup> sur la toiture de l'extension sud 2015 soit environ 24 kWc.

### Remarque :

- 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 ;
- En l'absence de courbe de charge fournie, il est actuellement relativement complexe de dimensionner une centrale ;
- 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. (Environ 1000€/an) ;
- La maintenance des installations consiste à prévoir un passage annuel minimum afin de :
  - Réaliser l'inspection visuelle des modules ;
  - Réaliser le nettoyage des modules ;
  - Vérifier et dépoussiérer les onduleurs ;
  - Vérifier la sécurité électrique ;
  - Relever les données de production.



Installation photovoltaïque =



Mise en place d'un chauffe-eau thermodynamique	Localisation :	Extension 1996
<b>Mise en œuvre proposée :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mise en place d'un chauffe-eau thermodynamique pour assurer la production d'eau chaude sanitaire des chambres des contrôleurs présentes au rez de chaussée de l'extension 1996 ;</li> <li>➤ Isolation des réseaux d'eau chaude sanitaire afin de limiter les déperditions thermiques liées à la distribution ;</li> </ul>		

Isolation de la toiture terrasse	Localisation :	BT 73 et l'extension 1996
<b>Mise en œuvre proposée :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dépose des équipements techniques éventuellement présents en toiture ;</li> <li>➤ Dépose de l'isolation et de l'étanchéité actuelles ;</li> <li>➤ Mise en place d'une étanchéité à l'air ;</li> <li>➤ Isolation de la toiture avec un isolant type polyuréthane avec environ 15 centimètres avec une résistance thermique de 5.00 m<sup>2</sup>. K/W ;</li> <li>➤ Réalisation des étanchéités des toitures ;</li> <li>➤ Remise en place et en service des équipements.</li> </ul>		
<b>Remarque :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Une hauteur d'acrotère minimum de 15 cm devra être conservée après l'ajout de la nouvelle isolation (DTU 43.1) ;</li> <li>➤ A réaliser conjointement avec les travaux de remplacement des centrales de traitement d'air.</li> </ul>		

**Mise en place d'une pompe à chaleur air / air - DRV**Localisation : BT73 et Extension 1996**Mise en œuvre proposée :**

- Mise en place d'une installation DRV de type Air-Air simple service assurant les besoins de chauffage et de climatisation du bâtiment :
  - Mise en place d'unité extérieure ;
  - Création de différents réseaux frigorigènes afin d'alimenter les cassettes intérieures ;
  - Mise en place de cassettes de diffusion dans chaque bureau et salle ;
  - Installation de thermostats d'ambiance et d'un réglage de température par bureau ;
  - Isolation des réseaux de distribution passant en volume non chauffé et en volume chauffé.

**Remarque :**

- La puissance de l'installation pompe à chaleur sera à définir en fonction du bouquet de travaux retenu.
- Entretien annuel obligatoire de la pompe à chaleur à prévoir.

**Remplacement des menuiseries double vitrage existantes**Localisation : Extension 1996**Mise en œuvre proposée :**

- L'intervention concerne les menuiseries double vitrage existantes aluminium de l'extension 1996 ;
- Dépose des menuiseries existantes double vitrage aluminium ;
- Mise en place de menuiseries de type aluminium  $U_w \leq 1,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , vitrage peu émissif et disposant d'un traitement pour limiter les apports solaires. Classe d'étanchéité à l'air : A4. Vitrage acoustique vivement recommandé ;
- Pose étanche – pose en rénovation proscrit.

**Remarques :**

- Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie des menuiseries afin de ne pas altérer le confort des occupants ;
- Possibilité de mettre en place un vitrage solaire renforcé pour les menuiseries orientées à l'ouest ;
- Amélioration du confort hivernal et diminution de la consommation d'énergie ;
- Diminution des infiltrations d'air (courants d'air) ;
- Diminution des nuisances sonores extérieures ;
- A réaliser conjointement avec travaux d'isolation thermique extérieure et les travaux en toiture.

## 6.2 Potentiel des énergies renouvelables

Type énergie renouvelable	Faisabilité - Justifications
Pompes à chaleur (PAC)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Une installation pompe à chaleur est réalisable, elle est d'ailleurs exploitée dans le présent rapport.</li></ul>
Panneaux photovoltaïques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Une installation photovoltaïque nous semble réalisable, néanmoins, une étude de faisabilité complète avec étude de structure est indispensable.</li></ul>

### 6.3 Impact des travaux individuels

Ces travaux ont un impact positif à long terme sur le cout de fonctionnement annuel du bâtiment (ils diminuent ce cout annuel), mais ils ont eux-mêmes un prix, qu'il faut payer immédiatement. Plusieurs méthodes existent pour comparer l'impact immédiat à l'impact sur le long terme :

- Le calcul du temps de retour sur investissement, qui consiste à diviser le prix des travaux par l'économie annuelle attendue, et donne donc une image du temps qu'il faut pour que les économies « remboursent » le prix des travaux. Le problème est que le prix de l'énergie augmente avec le temps, mais il est impossible de prédire le taux annuel d'augmentation. Selon les hypothèses choisies, on peut donc artificiellement allonger ou raccourcir ce temps de retour.
- La méthode de la valeur annuelle nette (ou méthode du cout actualisé). Un peu plus complexe, elle consiste à calculer le **prix de l'énergie économisée** (en €/kWh), en « étalant » sur une durée déterminée (par exemple 25 ans) le cout des travaux. Elle permet donc de s'affranchir de l'augmentation du cout des énergies, et de comparer les travaux entre eux, mais aussi au cout actuel de l'énergie, ou à un cout projeté sur la même période.

Cette méthode permet également d'établir un ordre de priorité aux différents travaux envisagés : ceux dont le prix de l'énergie économisée est le plus bas sont les plus rentables, et doivent être réalisés en priorité.

Toutefois, cet ordre de priorité ne doit pas être le seul critère de choix des travaux :

- Certains travaux n'ont qu'un impact limité sur le bâtiment : il faut également considérer l'impact global (en kWh/an) des différents bouquets.
- Certains travaux doivent être réalisés pour des raisons de sécurité et/ou d'hygiène.
- Certains travaux, pour être efficaces, doivent être réalisés avant d'autres (par exemple, le changement des menuiseries avant l'isolation par l'extérieur)
- Certains travaux peuvent apporter d'importants gains en confort : ces gains ne sont pas chiffrables. Nous les décrirons toutefois chaque fois que cela nous semble important.

Le tableau ci-dessous présente les actions individuelles pour chacun des bouquets étudiés :

- L'estimatif des travaux. Cet estimatif est issu de prix constatés sur le marché et de notre expérience sur des projets similaires. De ce fait, l'estimatif du coût des travaux de rénovation présenté dans ce rapport n'a pas valeur de devis : il est donné à titre indicatif (+/- 20%) ;
- L'économie d'énergie estimée exprimée en kWh/an ;
- L'économie d'énergie estimée exprimée en MWh Cumac ;
- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.
- Le prix de l'énergie économisée (tel que décrit ci-dessus) exprimé en kWh.
- Ces estimations ne prennent pas en compte les divers travaux induits non-mentionnés.

### 6.3.1 Bloc technique 1973

Solution proposée	Economie d'énergie (kWh/an)	Soit (€TTC/an)	Estimatif des travaux €TTC	Prix du kWh économisé (€TTC/kWh)	Nombre d'années de fonctionnement (ans)
Relamping avec gestion - BT73	766 kWh	320 €	8 400 €	1.26	10
Isolation des murs extérieurs - BT73	38 715 kWh	2 753 €	41 496 €	0.05	30
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	38 823 kWh	3 533 €	277 440 €	0.36	30
Isolation toiture terrasse - BT73	4 522 kWh	381 €	259 200 €	2.82	30
Ventilation double flux - BT73	12 636 kWh	827 €	196 800 €	1.02	20
Installation DRV - BT73	143 890 kWh	8 659 €	111 984 €	0.04	25
Remplacement verrière - BT73	3 039 kWh	254 €	39 600 €	0.65	30

## Analyse des actions d'amélioration énergétiques individuelles

Le coût du kWh économisé des solutions suivantes est inférieur ou proche du kWh payé par le maître d'ouvrage, nous pouvons donc conclure que les solutions suivantes sont intéressantes à mettre en œuvre.

- L'isolation des murs extérieurs ;
- Le remplacement des menuiseries extérieures ;
- L'installation DRV ;

Concernant les autres solutions d'amélioration, elles participent grandement à l'amélioration du confort des occupants, notamment avec la mise en place d'une ventilation de type double flux.

De plus, ces actions une fois cumulées sous forme de bouquets sont intéressantes et permettent de prétendre aux Certificats d'Economie d'Energie (CEE). Elles permettent également une amélioration significative de la performance du bâtiment et du confort pour les occupants.

### 6.3.2 Extension 1996

Solution proposée	Economie d'énergie (kWh/an)	Soit (€TTC/an)	Estimatif des travaux €TTC	Prix du kWh économisé (€TTC/kWh)	Nombre d'années de fonctionnement (ans)
Relamping avec gestion - Extension 1996	5 456 kWh	1 774 €	5 580 €	0.11 €	10
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	8 486 kWh	684 €	266 400 €	1.54 €	30
Ventilation double flux - Extension 1996	35 046 kWh	2 756 €	124 800 €	0,23 €	20
Installation DRV - Extension 1996	102 174 kWh	2 713 €	111 984 €	0,06 €	25
Installation photovoltaïque	16 454 kWh	3 565 €	49 373 €	0,15 €	30
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	4 661 kWh	1 007 €	3 600 €	0,06 €	15
Remplacement des menuiseries extérieures existantes	10 915 kWh	928 €	303 960 €	1,39 €	30

#### Analyse des actions d'amélioration énergétiques individuelles

Le coût du kWh économisé des solutions suivantes est inférieur au kWh payé par le maître d'ouvrage, nous pouvons donc conclure que les solutions suivantes sont intéressantes à mettre en œuvre.

- Le relamping avec gestion ;
- La mise en place d'une installation de ventilation de type double flux ;
- La mise en place d'une installation thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire ;
- L'installation photovoltaïque ;
- L'installation DRV ;

Concernant les autres solutions d'amélioration, elles participent grandement à l'amélioration du confort des occupants, notamment avec la mise en place d'une ventilation de type double flux.

De plus, ces actions une fois cumulées sous forme de bouquets sont intéressantes et permettent de prétendre aux Certificats d'Economie d'Energie (CEE). Elles permettent également une amélioration significative de la performance du bâtiment et du confort pour les occupants.

### 6.3.3 Extension 2015

Solution proposée	Economie d'énergie (kWh/an)	Soit (€TTC/an)	Estimatif des travaux €TTC	Prix du kWh économisé (€TTC/kWh)	Nombre d'années de fonctionnement (ans)
Gestion éclairage	750 kWh	163 €	1 716 €	0.27 €	10
Installation photovoltaïque	20 933 kWh	4 535 €	63 406 €	0.15 €	30

#### Analyse des actions d'amélioration énergétiques individuelles

Le coût du kWh économisé des solutions suivantes est inférieur au kWh payé par le maître d'ouvrage, nous pouvons donc conclure que les solutions suivantes sont intéressantes à mettre en œuvre.

- Le relamping avec gestion ;
- L'installation photovoltaïque ;

De plus, ces actions une fois cumulées sous forme de bouquets sont intéressantes et permettent de prétendre aux Certificats d'Economie d'Energie (CEE). Elles permettent également une amélioration significative de la performance du bâtiment et du confort pour les occupants.

## 6.4 Hypothèses de travail

### 6.4.1 Prix des énergies

#### ❖ Consommations électriques :

- Prix du kWh : 0,26 €TTC/kWh

Il s'agit d'une moyenne des factures énergétiques des années **2018, 2019, 2020 et 2021**. Les factures analysées ne présentent pas d'abonnement mais seulement une part variable en fonction de consommations d'énergies.

#### ❖ Consommations réseau de chaleur :

- Prix du kWh : 0,07 €TTC/kWh (part variable)
- Abonnement : 3 058€/an (part fixe)

Il s'agit d'une moyenne des factures énergétiques des années **2018, 2019, 2020 et 2021**. Les coûts actuels du tarif des énergies sont donc probablement supérieurs que pour les années précédentes.

Néanmoins, le présent rapport d'audit énergétique présente des temps de retour sur investissement actualisés prenant en compte deux hypothèses d'augmentation du prix des énergies.

- Un calcul prenant en compte **3%** d'augmentation par an des tarifs des énergies ;
- Un calcul prenant en compte **6%** d'augmentation par an des tarifs des énergies ;

#### 6.4.2 Prix des entretiens des équipements techniques

❖ Entretien équipements :

Equipements	Prix (€TTC)
Contrat entretien production ECS thermodynamique	150€ TTC / an
Contrat entretien VMC double flux	400€ TTC / an
Contrat entretien panneaux photovoltaïques	800€ TTC / an

Les estimations des factures énergétiques futures comprennent la consommation de chaque énergie utilisée par les différents postes (chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, auxiliaires, éclairage) mais également le gain apporté par d'éventuels systèmes de production d'énergie par énergies renouvelables (photovoltaïque, chaudière à cogénération, éolien, etc...).

#### 6.4.3 Estimatif des coûts des travaux

Une analyse financière est réalisée pour chaque programme d'améliorations proposé. Ces analyses financières permettent de faciliter la prise de décision du maître d'ouvrage et regroupent :

- Une estimation à +/- 20% des coûts globaux des travaux prévisionnels.

Les estimations de prix réalisées ne permettent que d'avoir une idée de prix et devront faire l'objet de devis.

Le prix affiché pour l'investissement de chaque préconisation est issu d'une base de données interne. De ce fait, l'estimatif du coût des travaux de rénovation présenté dans ce rapport n'a pas valeur de devis et n'engage en rien la responsabilité du bureau d'études : il est donné à titre indicatif.

#### 6.4.4 Retour sur investissement

Pour calculer le temps de retour sur investissement, nous avons comparé le montant des travaux aux économies d'énergie générées en considérant l'augmentation du prix des énergies.

Nous avons pris les hypothèses suivantes :

- Augmentation annuelle du prix des énergies : + 3%/an (scénario optimiste).  
+ 6%/an (scénario pessimiste).

Il est à noter que cette valeur "pessimiste" reste inférieure à l'augmentation constatée du prix de l'électricité et du gaz ces dernières années

## 6.5 Scénarios d'amélioration énergétiques étudiés

### 6.5.1 Description des bouquets de rénovation

Cette section présente trois bouquets qui nous semblent les plus pertinents en fonction des problématiques de ce bâtiment, conformément à l'analyse ci-dessus.

#### ➤ Bouquet de rénovation n°01 – Travaux prioritaires – Objectif 2030

Ces travaux consistent à remplacer et à améliorer les éléments les plus influents sur la consommation d'énergie et le confort des occupants :

- Mise en place d'une installation photovoltaïque sur les toitures de l'extension 1996 et l'extension sud 2015 ;
- Relamping avec gestion de l'éclairage ;
- Mise en place d'un chauffe-eau thermodynamique pour les chambres des contrôleurs aériens ;
- L'isolation des murs extérieurs par l'intérieur (ITI) du bloc technique 1973 ;
- Remplacement des menuiseries simple vitrage du bloc technique 1973 ;
- Mise en place d'une installation double flux pour le bloc technique 1973 et l'extension 1996 ;
- Remplacement de la verrière présente dans le bloc technique 1973.

#### ➤ Bouquet de rénovation n°02 – Travaux souhaités par la maîtrise d'ouvrage – Objectif 2040

- L'isolation des murs extérieurs par l'intérieur (ITI) du bloc technique 1973 ;
- Remplacement des menuiseries simple vitrage du bloc technique 1973 ;
- Mise en place d'une installation double flux pour le bloc technique 1973 et l'extension ;
- Isolation des toitures terrasses du bloc technique 1973 et l'extension 1996 ;
- Mise en place d'une installation air / air type DRV pour assurer les besoins de chaleur et de refroidissement.

➤ Bouquet de rénovation n°03 - Travaux complets – Objectif 2050

Sur la base du bouquet de travaux de bouquet n°02 :

- Mise en place d'une installation photovoltaïque sur les toitures de l'extension 1996 et l'extension sud 2015 ;
- Remplacement de la verrière présente dans le bloc technique 1973 ;
- Mise en place d'un chauffe-eau thermodynamique pour les chambres des contrôleurs aériens ;
- Relamping avec gestion de l'éclairage.

➤ Bouquet de rénovation n°04 – Travaux complets avec remplacement des menuiseries extérieures de l'extension 1996

Sur la base du bouquet de travaux de bouquet n°03 :

- Remplacement des menuiseries extérieures existantes présentes dans l'extension 1996 ;

## 6.5.2 Scénario 1 – Bloc technique 1973 - « Objectif 2030 » Travaux prioritaires

### ❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B1
Relamping avec gestion - BT73	X
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Isolation toiture terrasse - BT73	
Ventilation double flux - BT73	X
Installation DRV - BT73	
Remplacement verrière - BT73	X

### ❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 1	Gain
158,3 kW	59,1 kW	63%

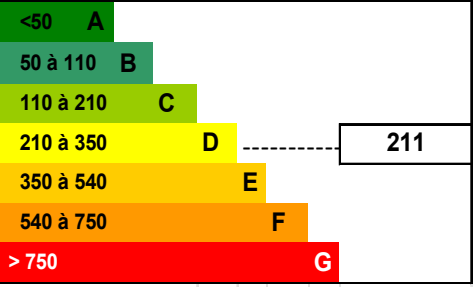
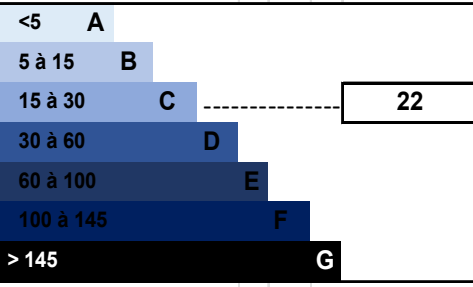
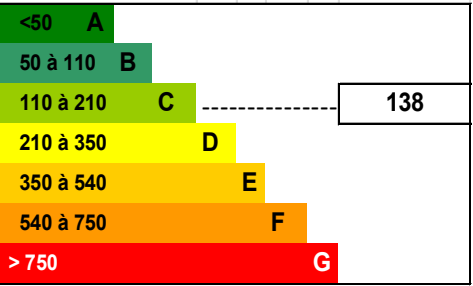
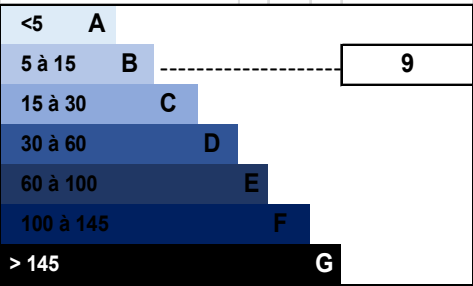
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

### ❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kW/hep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°01
Chauffage	111,5 KWh EP/m².an	39,5 KWh EP/m².an
Rafrachissement	45,2 KWh EP/m².an	42,9 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	25,6 KWh EP/m².an	22,1 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	11,0 KWh EP/m².an	16,2 KWh EP/m².an
Eclairage	17,5 KWh EP/m².an	17,3 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>210,8 KWh EP/m².an</b>	<b>138,0 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an
	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Relamping avec gestion - BT73	8 400 €
Isolation des murs extérieurs - BT73	41 496 €
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	277 440 €
Ventilation double flux - BT73	196 800 €
Remplacement verrière - BT73	39 600 €
<b>TOTAL</b>	<b>563 736 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	17 459 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01
Total Energie Finale	Consommations annuelles	238 928 kWh	130 904 kWh
	Economies d'énergie	-	108 024 kWh
		-	45,2%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	40 760 kgEqCO2	17 120 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	23 640 kgEqCO2
		-	58%
Factures	Budget annuel	39 632 €TTC	29 599 €TTC
	dont entretien	4 531 €TTC	4 771 €TTC
	Economies	-	10 033 €TTC
		-	25%
Investissement	Investissement brut	-	563 736 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	17 459 €
	Reste à charge	-	563 736 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	33 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	25 ans

### 6.5.3 Scénario 1 – Extension 1996 - « Objectif 2030 » Travaux prioritaires

❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B1
Relamping avec gestion - Extension 1996	X
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation DRV - Extension 1996	
Installation photovoltaïque	X

❖ Dépense thermique\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 1	Gain
115,7 kW	87,6 kW	24%

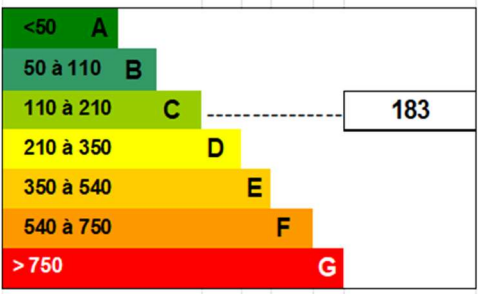
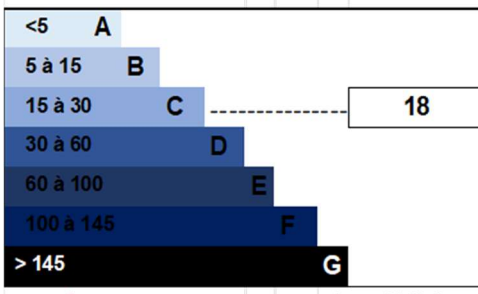
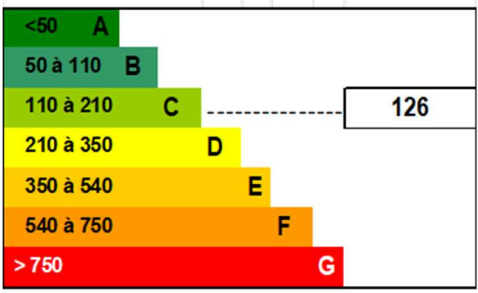
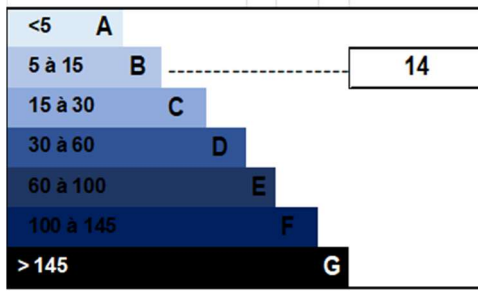
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWh EP/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°01
Chauffage	95,0 kWh EP/m².an	77,0 kWh EP/m².an
Rafrachissement	24,1 kWh EP/m².an	24,8 kWh EP/m².an
Production ECS	8,5 kWh EP/m².an	2,6 kWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	4,6 kWh EP/m².an	4,4 kWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	10,2 kWh EP/m².an	10,5 kWh EP/m².an
Eclairage	40,2 kWh EP/m².an	27,5 kWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 kWh EP/m².an	-21,1 kWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>182,7 kWh EP/m².an</b>	<b>125,7 kWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique (SRT)

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Relamping avec gestion - Extension 1996	5 580 €
Ventilation double flux - Extension 1996	124 800 €
Installation photovoltaïque	49 373 €
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	3 600 €
<b>TOTAL</b>	<b>183 353 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	6 357 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01
Total Energie Finale	Consommations annuelles	217 405 kWh	155 955 kWh
	Economies d'énergie	-	61 449 kWh
		-	28,3%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	36 070 kgEqCO2	27 130 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	8 940 kgEqCO2
		-	25%
Factures	Budget annuel	37 967 €TTC	28 477 €TTC
	dont entretien	4 752 €TTC	5 942 €TTC
	Economies	-	9 491 €TTC
		-	25%
Investissement	Investissement brut	-	183 353 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	6 357 €
	Reste à charge	-	183 353 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	16 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	13 ans

#### 6.5.4 Scénario 1 - Extension 2015 - « Objectif 2030 » Travaux prioritaires

❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B1
Relamping avec gestion	X
Installation photovoltaïque	X

❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 1	Gain
17,8 kW	17,8 kW	0%

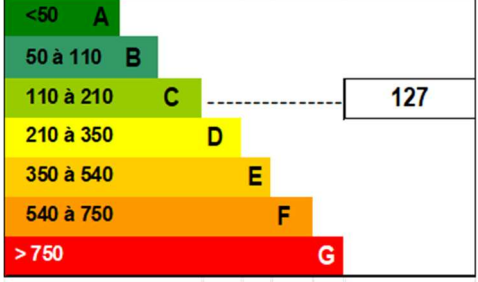
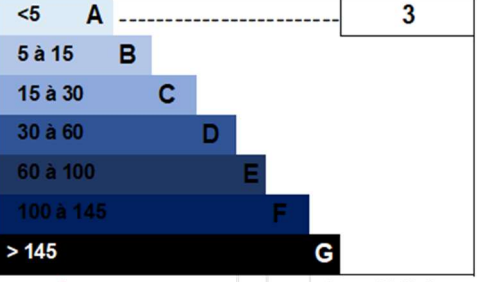
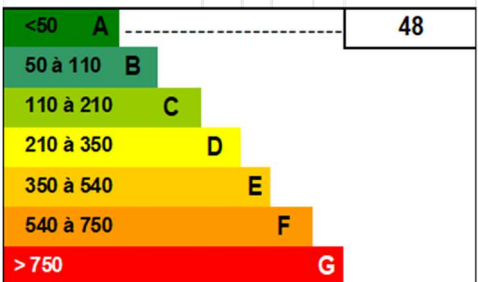
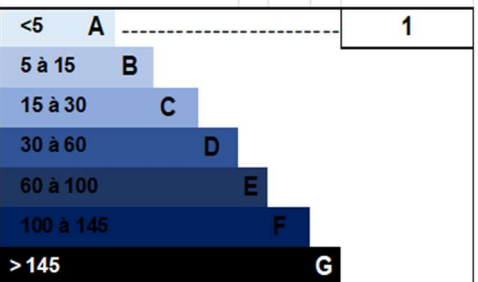
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°01
Chauffage	35,3 KWh EP/m².an	35,4 KWh EP/m².an
Rafrachissement	20,6 KWh EP/m².an	19,7 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	14,0 KWh EP/m².an	13,3 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	30,1 KWh EP/m².an	30,1 KWh EP/m².an
Eclairage	27,0 KWh EP/m².an	24,4 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	-75,1 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>127,0 KWh EP/m².an</b>	<b>47,7 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p>127</p> <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p>3</p> <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p>48</p> <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p>1</p> <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique (SRT)

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût € TTC
Gestion éclairage	1 716 €
Installation photovoltaïque	63 406 €
<b>TOTAL</b>	<b>65 122 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Non éligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	-

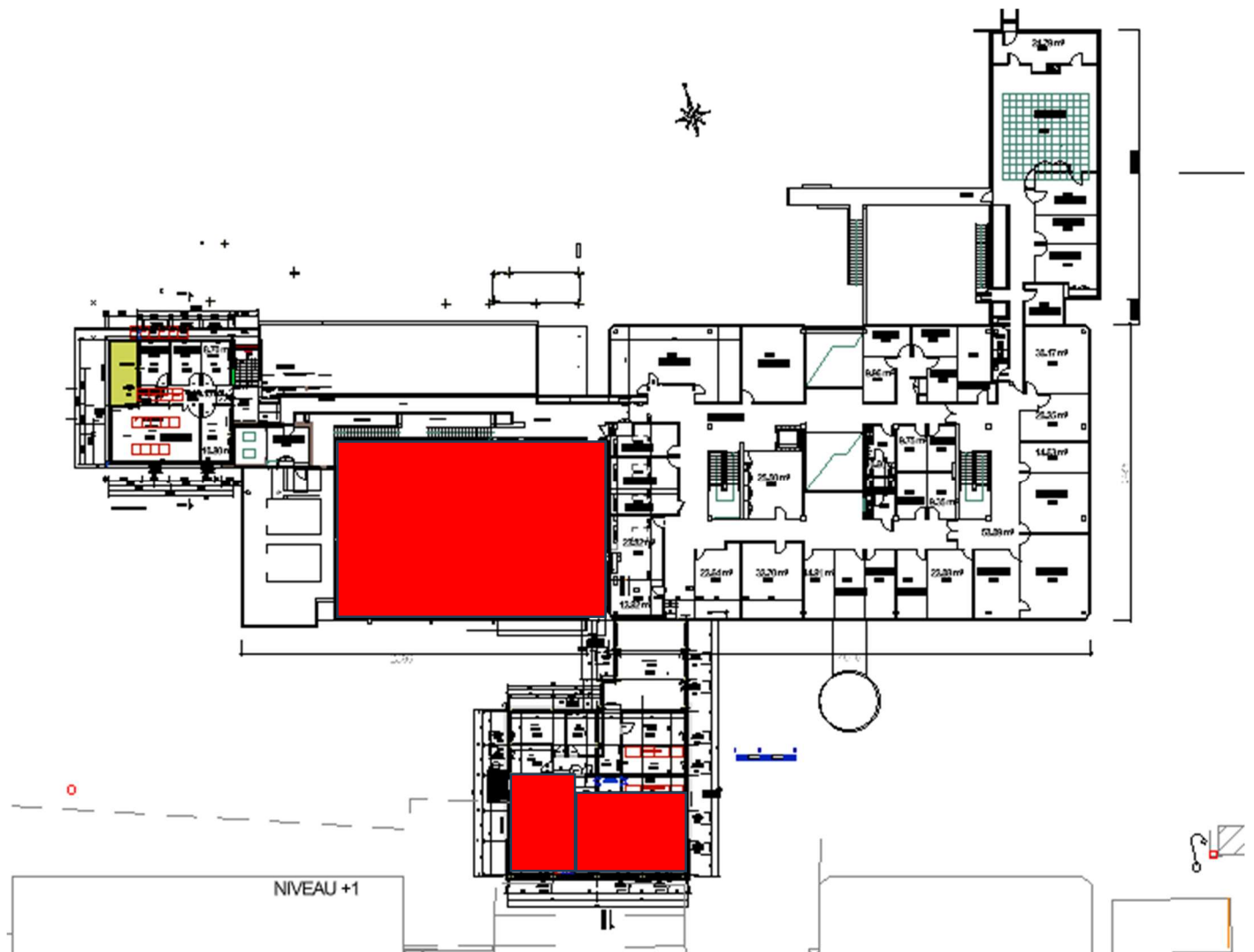
- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

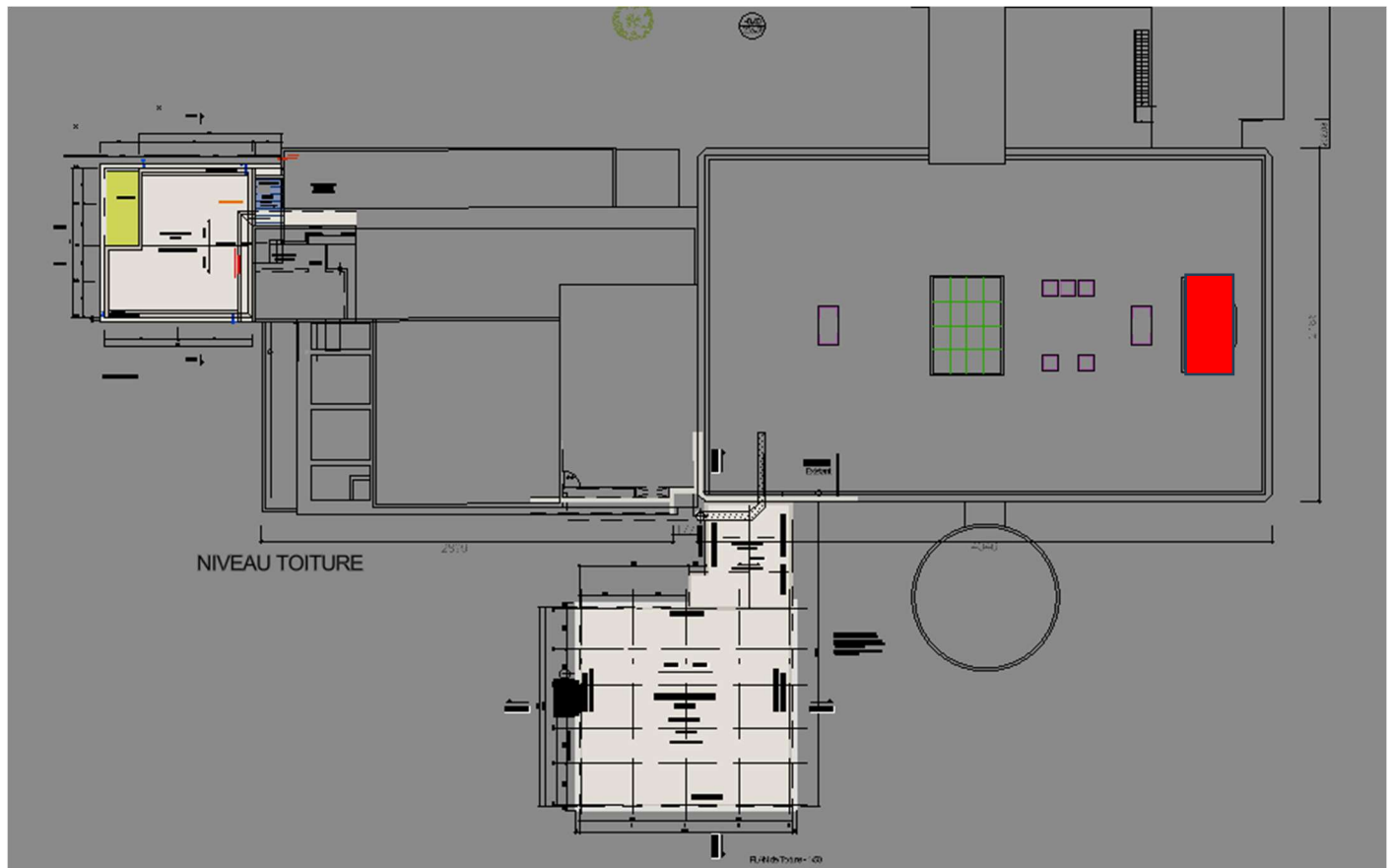
❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01
<b>Total Energie Finale</b>	Consommations annuelles	<b>35 389 kWh</b>	<b>13 289 kWh</b>
	Economies d'énergie	-	22 100 kWh
		-	62,4%
<b>GES (gaz à effet de serre)</b>	Emissions annuelles	<b>2 450 kgEqCO2</b>	<b>1 030 kgEqCO2</b>
	Réduction des GES	-	1 420 kgEqCO2
		-	58%
<b>Factures</b>	Budget annuel	<b>10 969 €TTC</b>	<b>6 223 €TTC</b>
	dont entretien	<b>1 768 €TTC</b>	<b>2 768 €TTC</b>
	Economies	-	4 746 €TTC
		-	43%
<b>Investissement</b>	Investissement brut	-	65 122 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	0 €
	Reste à charge	-	65 122 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	12 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	10 ans



R+1





Zones opérationnelles : 1 171.33 m<sup>2</sup>

Les valeurs de consommations énergétiques ci-dessous regroupent les bâtiments du site (**BT73, extension 1996, extension 2015, construction modulaire et construction Algeco**) sans les surfaces dites « opérationnelles ».

- Valeur relative décret tertiaire :

Etat existant		
	Electricité	Réseau de chaleur
Bloc technique BT73	76 503 kWh	125 560 kWh
Extension 1996	55 775 kWh	111 646 kWh
Extension 2015	28 882 kWh	-
Construction modulaire	13 545 kWh	-
Construction Algeco 2008	39 772 kWh	-
<b>TOTAL</b>	<b>214 477 kWh</b>	<b>237 206 kWh</b>

Bouquet de travaux n°01		
	Electricité	Réseau de chaleur
Bloc technique BT73	67 236 kWh	37 191 kWh
Extension 1996	32 100 kWh	90 819 kWh
Extension 2015	7 734 kWh	-
Construction modulaire	10 173 kWh	-
Construction Algeco 2008	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>117 243 kWh</b>	<b>128 010 kWh</b>

<b>Etat existant</b>	<b>451 683 kWh</b>
<b>Bouquet de travaux n°01</b>	<b>245 253 kWh</b>
<b>Gains</b>	<b>46%</b>

- Valeur absolue décret tertiaire :

<b>Surface tertiaire</b>	<b>4 127.72 m²</b>
<b>Cef - (absolue)</b>	<b>112 kWh/m²/an</b>
<b>Valeur absolue</b>	<b>462 304 kWh</b>
<b>Bouquet de travaux n°01</b>	<b>245 253 kWh</b>

### Analyse – Bouquet de travaux n°01

Grâce aux solutions d'amélioration énergétique proposées, ce premier bouquet de rénovation permet de se conformer à l'objectif relatif 2030 avec une diminution d'énergie finale supérieure à 40% ainsi qu'à l'objectif absolu 2030.

### 6.5.5 Scénario 2 – Bloc technique 1973 - « Objectif 2040 » Travaux souhaités par la maîtrise d'ouvrage

❖ **Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :**

Travaux	B2
Relamping avec gestion - BT73	
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Isolation toiture terrasse - BT73	X
Ventilation double flux - BT73	X
Installation DRV - BT73	X
Remplacement verrière - BT73	

❖ **Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :**

Etat existant	Scénario 2	Gain
158,3 kW	55,7 kW	65%

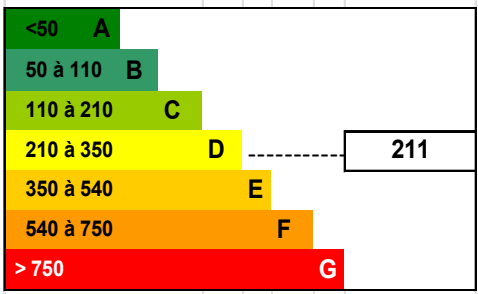
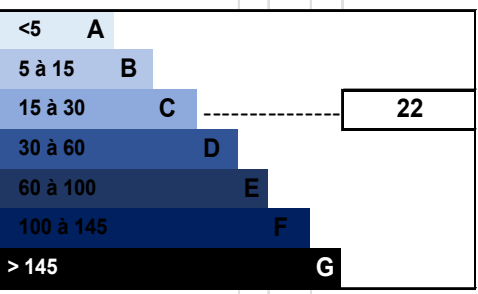
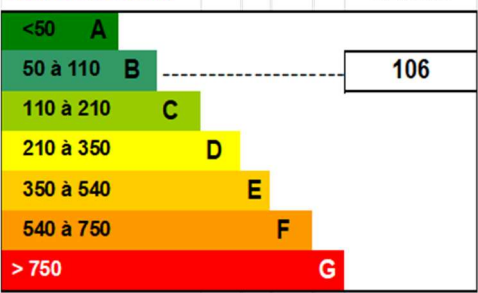
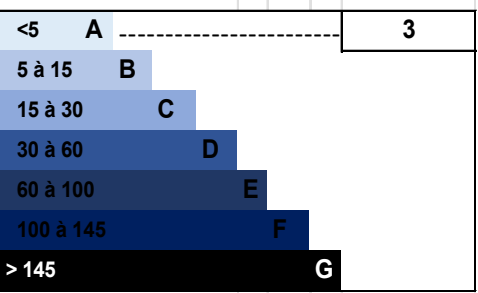
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

❖ **Impact sur la consommation d'énergie :**

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°02
Chauffage	111,5 KWh EP/m².an	16,2 KWh EP/m².an
Rafraîchissement	45,2 KWh EP/m².an	47,9 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	25,6 KWh EP/m².an	1,4 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	11,0 KWh EP/m².an	19,0 KWh EP/m².an
Eclairage	17,5 KWh EP/m².an	21,2 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>210,8 KWh EP/m².an</b>	<b>105,8 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Isolation des murs extérieurs - BT73	41 496 €
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	277 440 €
Isolation toiture terrasse - BT73	259 200 €
Ventilation double flux - BT73	196 800 €
Installation DRV - BT73	111 984 €
<b>TOTAL</b>	<b>886 920 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	35 094 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°02
<b>Total Energie Finale</b>	Consommations annuelles	<b>238 928 kWh</b>	<b>77 600 kWh</b>
	Economies d'énergie	-	161 328 kWh
		-	67,5%
<b>GES (gaz à effet de serre)</b>	Emissions annuelles	<b>40 760 kgEqCO2</b>	<b>5 220 kgEqCO2</b>
	Réduction des GES	-	35 540 kgEqCO2
		-	87%
<b>Factures</b>	Budget annuel	<b>39 632 €TTC</b>	<b>24 947 €TTC</b>
	dont entretien	<b>4 531 €TTC</b>	<b>4 771 €TTC</b>
	Economies	-	14 685 €TTC
		-	37%
<b>Investissement</b>	Investissement brut	-	886 920 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	35 094 €
	Reste à charge	-	886 920 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	35 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	26 ans

### 6.5.6 Scénario 2 – Extension 1996 - « Objectif 2040 » Travaux souhaités par la maîtrise d'ouvrage

❖ **Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :**

Travaux	B2
Relamping avec gestion - Extension 1996	
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation DRV - Extension 1996	X
Installation photovoltaïque	
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	

❖ **Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :**

Etat existant	Scénario 2	Gain
115,7 kW	78,9 kW	32%

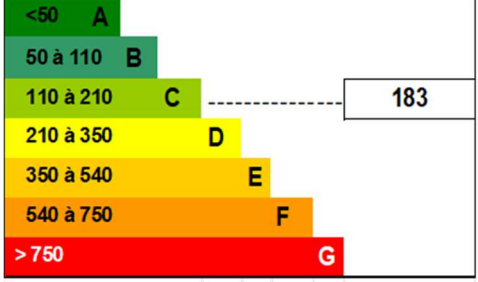
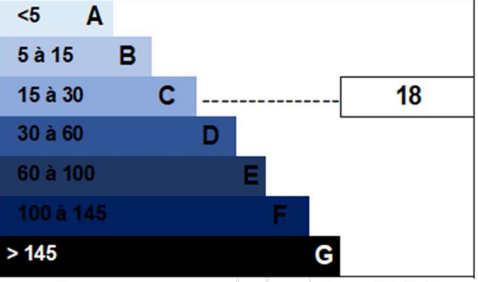
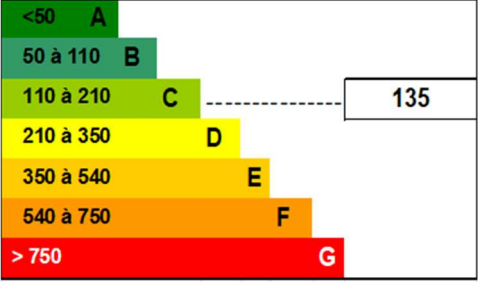
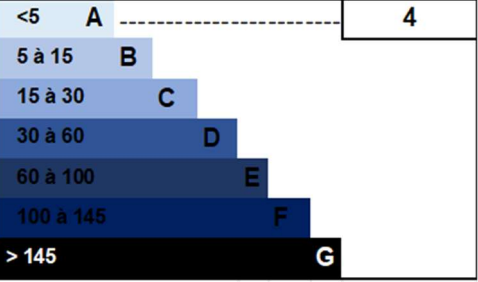
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

❖ **Impact sur la consommation d'énergie :**

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°02
Chauffage	95,0 KWh EP/m².an	41,6 KWh EP/m².an
Rafrachissement	24,1 KWh EP/m².an	25,6 KWh EP/m².an
Production ECS	8,5 KWh EP/m².an	8,5 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	4,6 KWh EP/m².an	4,6 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	10,2 KWh EP/m².an	14,2 KWh EP/m².an
Eclairage	40,2 KWh EP/m².an	40,4 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>182,7 KWh EP/m².an</b>	<b>134,9 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	266 400 €
Ventilation double flux - Extension 1996	124 800 €
Installation DRV - Extension 1996	111 984 €
<b>TOTAL</b>	<b>503 184 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	25 591 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°02
Total Energie Finale	Consommations annuelles	217 405 kWh	105 079 kWh
	Economies d'énergie	-	112 326 kWh
		-	51,7%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	36 070 kgEqCO2	7 380 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	28 690 kgEqCO2
		-	80%
Factures	Budget annuel	37 967 €TTC	33 263 €TTC
	dont entretien	4 752 €TTC	4 992 €TTC
	Economies	-	4 705 €TTC
		-	12%
Investissement	Investissement brut	-	503 184 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	25 591 €
	Reste à charge	-	503 184 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	>40 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	34 ans

#### 6.5.7 Scénario 2 – Extension 2015 - « Objectif 2040 » Travaux souhaités par la maîtrise d'ouvrage

Compte tenu de la date de construction de l'extension 2015, la maîtrise d'ouvrage n'a pas prévu de réaliser des travaux d'amélioration énergétique.

### ❖ Décret tertiaire :

Les valeurs de consommations énergétiques ci-dessous regroupent les bâtiments du site (**BT73, extension 1996, extension 2015, construction modulaire et construction Algeco**) sans les surfaces dites « opérationnelles ».

#### • Valeur relative décret tertiaire :

Etat existant		
	Electricité	Réseau de chaleur
Bloc technique BT73	76 503 kWh	125 560 kWh
Extension 1996	55 775 kWh	111 646 kWh
Extension 2015	28 882 kWh	-
Construction modulaire	13 545 kWh	-
Construction Algeco 2008	39 772 kWh	-
<b>TOTAL</b>	<b>214 477 kWh</b>	<b>237 206 kWh</b>

Bouquet de travaux n°02		
	Electricité	Réseau de chaleur
Bloc technique BT73	69 136 kWh	-
Extension 1996	72 983 kWh	-
Extension 2015	28 715 kWh	-
Construction modulaire	10 173 kWh	-
Construction Algeco 2008	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>181 007 kWh</b>	<b>-</b>

<b>Etat existant</b>	<b>451 683 kWh</b>
<b>Bouquet de travaux n°02</b>	<b>181 007 kWh</b>
<b>Gains</b>	<b>60%</b>

#### • Valeur absolue décret tertiaire :

<b>Surface tertiaire</b>	<b>4 127.72 m²</b>
<b>Cef - (absolue)</b>	<b>112 kWh/m²/an</b>
<b>Valeur absolue</b>	<b>462 304 kWh</b>
<b>Bouquet de travaux n°02</b>	<b>181 007 kWh</b>

### Analyse – Bouquet de travaux n°02

Grâce aux solutions d'amélioration énergétique proposées, ce deuxième bouquet de rénovation permet de se conformer à l'objectif relatif 2040 avec une diminution d'énergie finale supérieure à 50% ainsi qu'à l'objectif absolu 2030.

### 6.5.8 Scénario 3 – Bloc technique 1973 - « Objectif 2050 » Travaux complets

❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B3
Relamping avec gestion - BT73	X
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Isolation toiture terrasse - BT73	X
Ventilation double flux - BT73	X
Installation DRV - BT73	X
Remplacement verrière - BT73	X

❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 3	Gain
158,3 kW	54,7 kW	65%

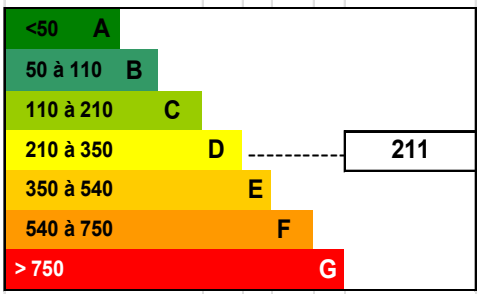
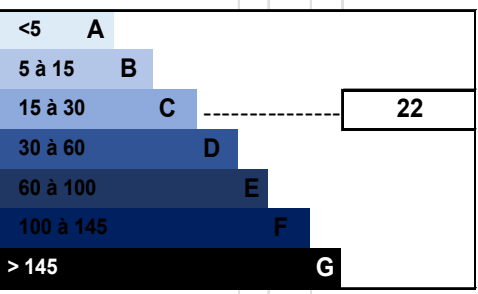
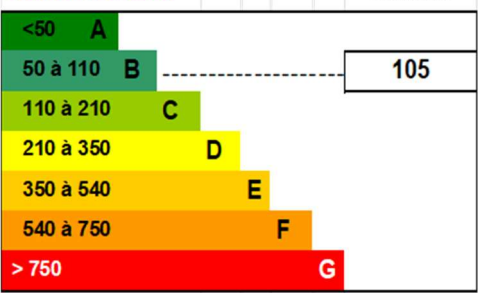
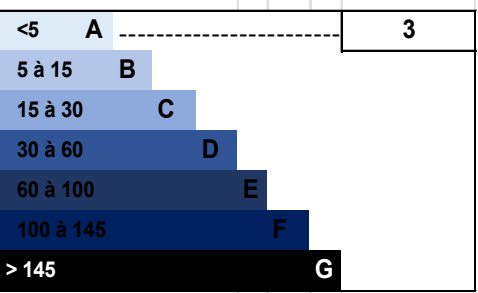
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°03
Chauffage	111,5 KWh EP/m².an	13,9 KWh EP/m².an
Rafrachissement	45,2 KWh EP/m².an	52,9 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	25,6 KWh EP/m².an	1,4 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	11,0 KWh EP/m².an	18,9 KWh EP/m².an
Eclairage	17,5 KWh EP/m².an	17,3 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>210,8 KWh EP/m².an</b>	<b>104,5 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>
	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Relamping avec gestion - BT73	8 400 €
Isolation des murs extérieurs - BT73	41 496 €
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	277 440 €
Isolation toiture terrasse - BT73	259 200 €
Ventilation double flux - BT73	196 800 €
Installation DRV - BT73	111 984 €
Remplacement verrière - BT73	39 600 €
<b>TOTAL</b>	<b>934 920 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	36 166 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°03
Total Energie Finale	Consommations annuelles	238 928 kWh	76 674 kWh
	Economies d'énergie	-	162 254 kWh
		-	67,9%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	40 760 kgEqCO2	5 120 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	35 640 kgEqCO2
		-	87%
Factures	Budget annuel	39 632 €TTC	24 706 €TTC
	dont entretien	4 531 €TTC	4 771 €TTC
	Economies	-	14 926 €TTC
		-	38%
Investissement	Investissement brut	-	934 920 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	36 166 €
	Reste à charge	-	934 920 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	36 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	26 ans

### 6.5.9 Scénario 3 – Extension 1996 - « Objectif 2050 » Travaux complets

#### ❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B3
Relamping avec gestion - Extension 1996	X
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation DRV - Extension 1996	X
Installation photovoltaïque	X
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	X

#### ❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 3	Gain
115,7 kW	77,7 kW	33%

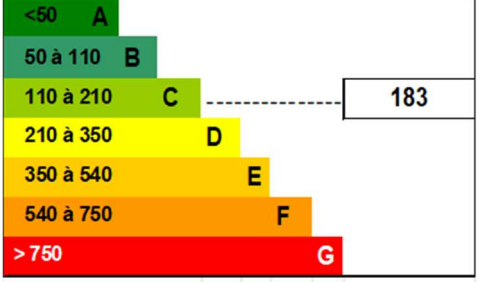
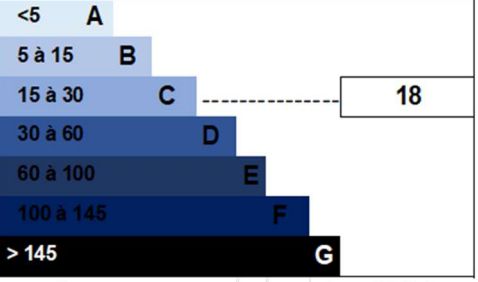
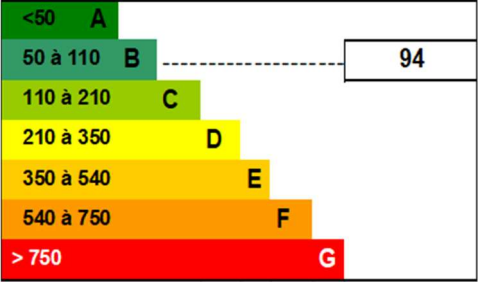
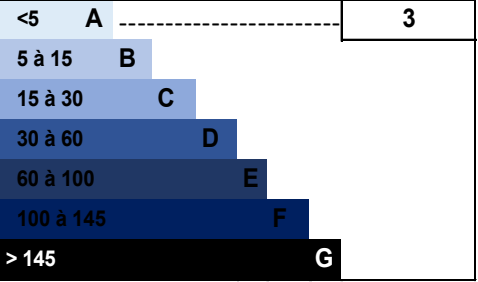
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

#### ❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°03
Chauffage	95,0 KWh EP/m².an	41,0 KWh EP/m².an
Rafrachissement	24,1 KWh EP/m².an	25,3 KWh EP/m².an
Production ECS	8,5 KWh EP/m².an	2,6 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	4,6 KWh EP/m².an	4,6 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	10,2 KWh EP/m².an	14,1 KWh EP/m².an
Eclairage	40,2 KWh EP/m².an	27,5 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	-21,1 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>182,7 KWh EP/m².an</b>	<b>94,0 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°03	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Relamping avec gestion - Extension 1996	5 580 €
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	266 400 €
Ventilation double flux - Extension 1996	124 800 €
Installation DRV - Extension 1996	111 984 €
Installation photovoltaïque	49 373 €
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	3 600 €
<b>TOTAL</b>	<b>561 737 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	25 838 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°03
Total Energie Finale	Consommations annuelles	217 405 kWh	73 218 kWh
	Economies d'énergie	-	144 187 kWh
		-	66,3%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	36 070 kgEqCO2	5 270 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	30 800 kgEqCO2
		-	85%
Factures	Budget annuel	37 967 €TTC	24 979 €TTC
	dont entretien	4 752 €TTC	5 942 €TTC
	Economies	-	12 989 €TTC
		-	34%
Investissement	Investissement brut	-	561 737 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	25 838 €
	Reste à charge	-	561 737 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	28 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	22 ans

### 6.5.10 Scénario 3 – Extension 2015 - « Objectif 2050 » Travaux complets

#### ❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B3
Gestion éclairage	X
Installation photovoltaïque	X

#### ❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 3	Gain
17,8 kW	17,8 kW	0%

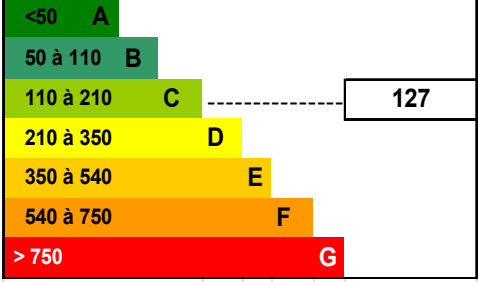
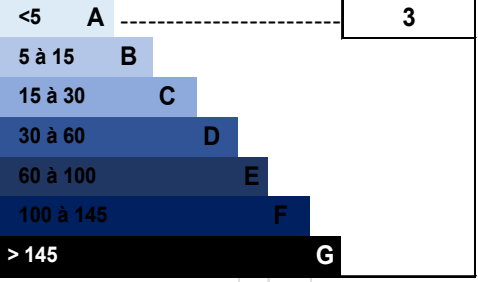
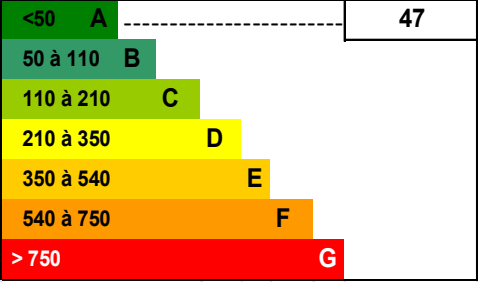
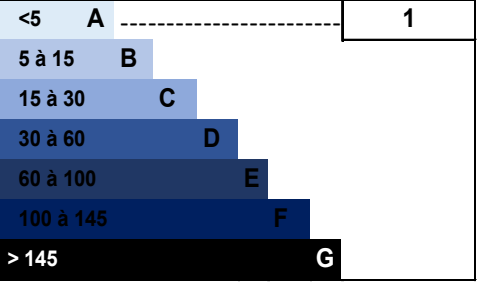
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

#### ❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°03
Chauffage	35,3 KWh EP/m².an	35,3 KWh EP/m².an
Rafrachissement	20,6 KWh EP/m².an	19,5 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	14,0 KWh EP/m².an	13,1 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	30,1 KWh EP/m².an	30,1 KWh EP/m².an
Eclairage	27,0 KWh EP/m².an	24,4 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	-75,1 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>127,0 KWh EP/m².an</b>	<b>47,3 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an
Ensemble du site Bouquet rénovation n°03	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Gestion éclairage	1 716 €
Installation photovoltaïque	63 406 €
<b>TOTAL</b>	<b>65 122 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Non éligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	-

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°03
Total Energie Finale	Consommations annuelles	35 389 kWh	13 177 kWh
	Economies d'énergie	-	22 212 kWh
		-	62,8%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	2 450 kgEqCO2	1 030 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	1 420 kgEqCO2
		-	58%
Factures	Budget annuel	10 969 €TTC	6 194 €TTC
	dont entretien	1 768 €TTC	2 768 €TTC
	Economies	-	4 775 €TTC
		-	44%
Investissement	Investissement brut	-	65 122 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	0 €
	Reste à charge	-	65 122 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	12 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	10 ans

❖ **Décret tertiaire :**

Les valeurs de consommations énergétiques ci-dessous regroupent les bâtiments du site (**BT73, extension 1996, extension 2015, construction modulaire et construction Algeco**) sans les surfaces dites « opérationnelles ».

• **Valeur relative décret tertiaire :**

Etat existant		
	Electricité	Réseau de chaleur
Bloc technique BT73	76 503 kWh	125 560 kWh
Extension 1996	55 775 kWh	111 646 kWh
Extension 2015	28 882 kWh	-
Construction modulaire	13 545 kWh	-
Construction Algeco 2008	39 772 kWh	-
<b>TOTAL</b>	<b>214 477 kWh</b>	<b>237 206 kWh</b>

Bouquet de travaux n°03		
	Electricité	Réseau de chaleur
Bloc technique BT73	69 118 kWh	-
Extension 1996	50 677 kWh	-
Extension 2015	7 512 kWh	-
Construction modulaire	10 173 kWh	-
Construction Algeco 2008	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>137 480 kWh</b>	<b>-</b>

<b>Etat existant</b>	<b>451 683 kWh</b>
<b>Bouquet de travaux n°03</b>	<b>137 480 kWh</b>
<b>Gains</b>	<b>70%</b>

• **Valeur absolue décret tertiaire :**

<b>Surface tertiaire</b>	<b>4 127.72 m²</b>
<b>Cef - (absolue)</b>	<b>112 kWh/m²/an</b>
<b>Valeur absolue</b>	<b>462 304 kWh</b>
<b>Bouquet de travaux n°03</b>	<b>137 480 kWh</b>

**Analyse – Bouquet de travaux n°03**

Grâce aux solutions d'amélioration énergétique proposées, ce dernier bouquet de rénovation permet de se conformer à l'objectif relatif 2050 avec une diminution d'énergie finale supérieure à 60% ainsi qu'à l'objectif absolu 2030.

### 6.5.11 Scénario 4 – Bloc technique 1973 - Travaux complets avec remplacement des menuiseries extérieures de l'extension 1996

#### ❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B4
Relamping avec gestion - BT73	X
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Isolation toiture terrasse - BT73	X
Ventilation double flux - BT73	X
Installation DRV - BT73	X
Remplacement verrière - BT73	X

#### ❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 4	Gain
158,3 kW	54,7 kW	65%

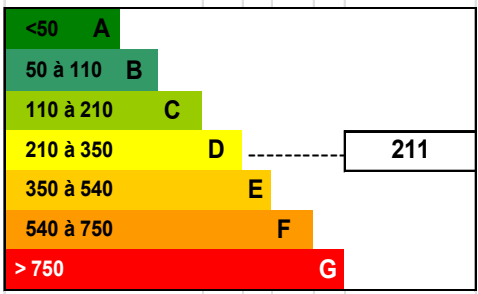
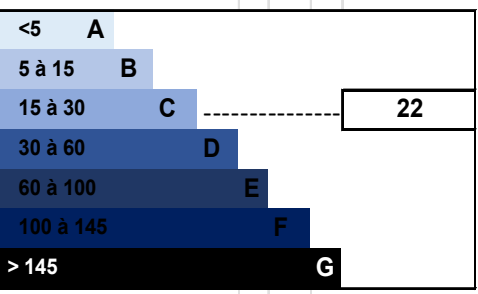
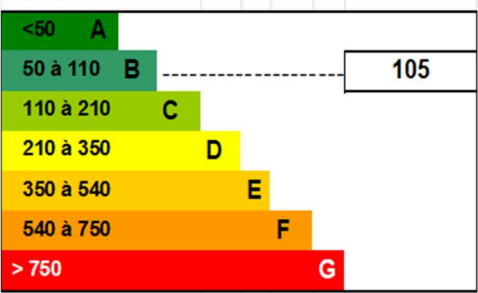
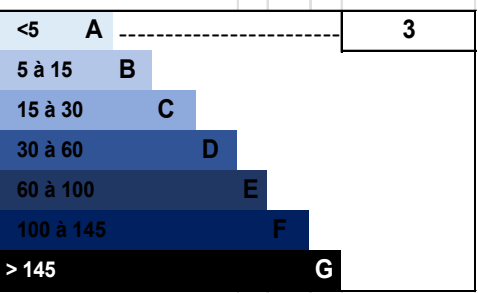
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

#### ❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°04
Chauffage	111,5 KWh EP/m².an	13,9 KWh EP/m².an
Rafraîchissement	45,2 KWh EP/m².an	52,9 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	25,6 KWh EP/m².an	1,4 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	11,0 KWh EP/m².an	18,9 KWh EP/m².an
Eclairage	17,5 KWh EP/m².an	17,3 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>210,8 KWh EP/m².an</b>	<b>104,5 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°04	<p><i>Bâtiment économe</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i>       kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i>       <i>Bâtiment</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i>       kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Relamping avec gestion - BT73	8 400 €
Isolation des murs extérieurs - BT73	41 496 €
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	277 440 €
Isolation toiture terrasse - BT73	259 200 €
Ventilation double flux - BT73	196 800 €
Installation DRV - BT73	111 984 €
Remplacement verrière - BT73	39 600 €
<b>TOTAL</b>	<b>934 920 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	36 166 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°04
Total Energie Finale	Consommations annuelles	238 928 kWh	76 674 kWh
	Economies d'énergie	-	162 254 kWh
		-	67,9%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	40 760 kgEqCO2	5 120 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	35 640 kgEqCO2
		-	87%
Factures	Budget annuel	39 632 €TTC	24 706 €TTC
	dont entretien	4 531 €TTC	4 771 €TTC
	Economies	-	14 926 €TTC
		-	38%
Investissement	Investissement brut	-	934 920 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	36 166 €
	Reste à charge	-	934 920 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	36 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	26 ans

### 6.5.12 Scénario 4 – Extension 1996 - Travaux complets avec remplacement des menuiseries extérieures de l'extension 1996

❖ **Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :**

Travaux	B4
Relamping avec gestion - Extension 1996	X
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation DRV - Extension 1996	X
Installation photovoltaïque	X
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	X
Remplacement des menuiseries extérieures existantes de l'extension 1996	X

❖ **Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :**

Etat existant	Scénario 4	Gain
115,7 kW	70,2 kW	39%

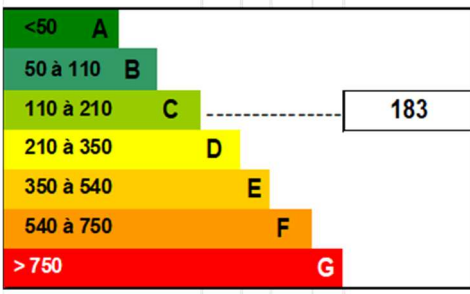
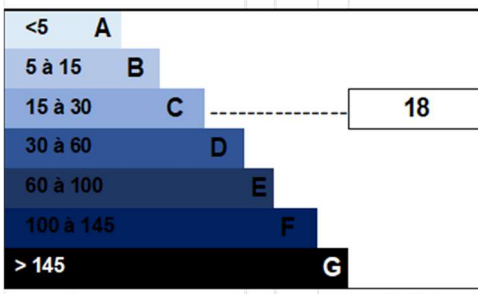
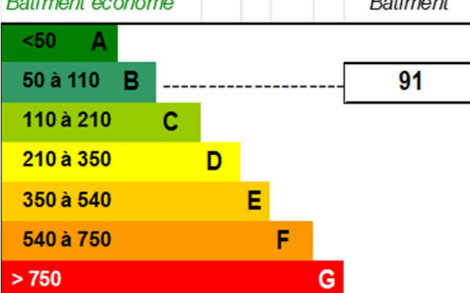
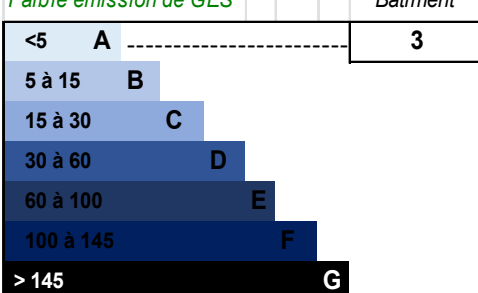
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

❖ **Impact sur la consommation d'énergie :**

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°04
Chauffage	95,0 KWh EP/m².an	34,9 KWh EP/m².an
Rafrachissement	24,1 KWh EP/m².an	28,9 KWh EP/m².an
Production ECS	8,5 KWh EP/m².an	2,6 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	4,6 KWh EP/m².an	4,5 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	10,2 KWh EP/m².an	14,0 KWh EP/m².an
Eclairage	40,2 KWh EP/m².an	26,9 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	-21,1 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>182,7 KWh EP/m².an</b>	<b>90,6 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°04	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique ( $S_{RT}$ ).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Relamping avec gestion - Extension 1996	5 580 €
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	266 400 €
Ventilation double flux - Extension 1996	124 800 €
Installation DRV - Extension 1996	111 984 €
Installation photovoltaïque	49 373 €
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	3 600 €
Remplacement des menuiseries extérieures existantes de l'extension 1996	303 960 €
<b>TOTAL</b>	<b>865 697 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

\* Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	32 000 €

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°04
Total Energie Finale	Consommations annuelles	217 405 kWh	70 615 kWh
	Economies d'énergie	-	146 790 kWh
		-	67,5%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	36 070 kgEqCO2	5 030 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	31 040 kgEqCO2
		-	86%
Factures	Budget annuel	37 967 €TTC	24 302 €TTC
	dont entretien	4 752 €TTC	5 942 €TTC
	Economies	-	13 665 €TTC
		-	36%
Investissement	Investissement brut	-	865 697 €TTC
	Aides	-	32 000 €
	Reste à charge	-	865 697 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	36 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	27 ans

### 6.5.13 Scénario 4 – Extension 2015 - Travaux complets avec remplacement des menuiseries extérieures de l'extension 1996

#### ❖ Résumé des travaux d'amélioration prévus dans ce bouquet :

Travaux	B4
Gestion éclairage	X
Installation photovoltaïque	X

#### ❖ Déperditions thermiques\* (sans surpuissance) :

Etat existant	Scénario 4	Gain
17,8 kW	17,8 kW	0%

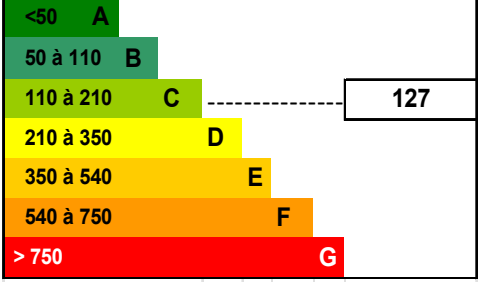
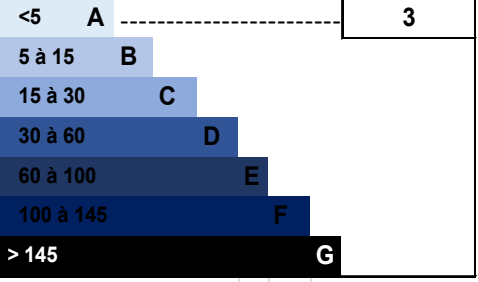
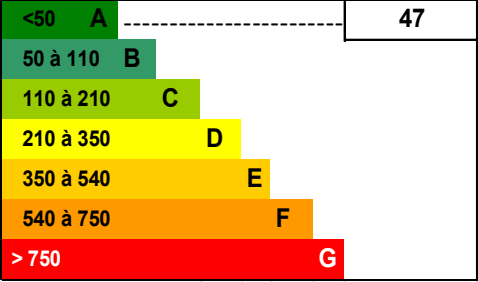
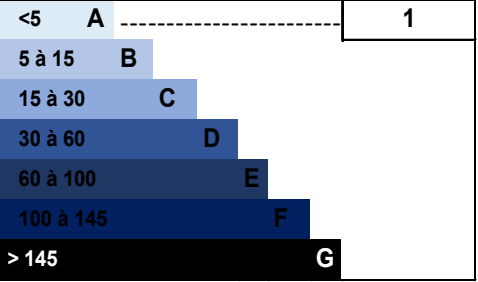
\*Pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -11°C, définie par la zone climatique du site.

#### ❖ Impact sur la consommation d'énergie :

Répartition de la consommation d'énergie primaire actuelle (kWhep/m².an)		
Poste	Bâtiment existant	Bouquet de travaux n°04
Chauffage	35,3 KWh EP/m².an	35,3 KWh EP/m².an
Rafrachissement	20,6 KWh EP/m².an	19,5 KWh EP/m².an
Production ECS	0,0 KWh EP/m².an	0,0 KWh EP/m².an
Auxiliaires de chauffage	14,0 KWh EP/m².an	13,1 KWh EP/m².an
Auxiliaires de ventilation	30,1 KWh EP/m².an	30,1 KWh EP/m².an
Eclairage	27,0 KWh EP/m².an	24,4 KWh EP/m².an
Production interne par une énergie renouvelable	0,0 KWh EP/m².an	-75,1 KWh EP/m².an
<b>TOTAL</b>	<b>127,0 KWh EP/m².an</b>	<b>47,3 KWh EP/m².an</b>

Note : Ces consommations d'énergie primaire sont estimées selon la méthode de calcul réglementaire. Les usages domestiques, process et de bureautique ne sont pas comptabilisés.

❖ **Etiquettes Energie-Climat :**

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an
Ensemble du site Bouquet rénovation n°04	<i>Bâtiment économe</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Bâtiment énergivore</i> kWh/m².an	<i>Faible émission de GES</i> <i>Bâtiment</i>  <i>Forte émission de GES</i> kgeqCO2/m².an

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par une étude réglementaire RT-Existant, en prenant comme surface de référence la surface thermique (SRT).

❖ Approche financière :

Estimation des travaux	Coût €TTC
Gestion éclairage	1 716 €
Installation photovoltaïque	63 406 €
<b>TOTAL</b>	<b>65 122 €</b>

Eligibilité aux aides financières	
CEE travaux par travaux	<i>Non éligible</i>

\*Cf Présentation des aides financières en Annexe

Estimation des subventions*	Montant €
CEE	-

- Le montant des Certificats d'Economies d'Energies (CEE en €) avec un prix de rachat de 6,50 €/MWh.

❖ Bilan économique :

		Etat initial	Bouquet de travaux n°04
Total Energie Finale	Consommations annuelles	35 389 kWh	13 177 kWh
	Economies d'énergie	-	22 212 kWh
		-	62,8%
GES (gaz à effet de serre)	Emissions annuelles	2 450 kgEqCO2	1 030 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	1 420 kgEqCO2
		-	58%
Factures	Budget annuel	10 969 €TTC	6 194 €TTC
	dont entretien	1 768 €TTC	2 768 €TTC
	Economies	-	4 775 €TTC
		-	44%
Investissement	Investissement brut	-	65 122 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	0 €
	Reste à charge	-	65 122 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	12 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	10 ans

## VII. Synthèse & Recommandations

### 7.1 Propositions d'améliorations

#### 7.1.1 Bloc technique 1973

Travaux	B1	B2	B3	B4
Relamping avec gestion - BT73	X		X	X
Isolation des murs extérieurs - BT73	X	X	X	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X	X	X	X
Isolation toiture terrasse - BT73		X	X	X
Ventilation double flux - BT73	X	X	X	X
Installation DRV - BT73		X	X	X
Remplacement verrière - BT73	X		X	X

#### 7.1.2 Extension 1996

Travaux	B1	B2	B3	B4
Relamping avec gestion - Extension 1996	X		X	X
Isolation toiture terrasse - Extension 1996		X	X	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X	X	X	X
Installation DRV - Extension 1996		X	X	X
Installation photovoltaïque	X		X	X
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	X		X	X
Remplacement des menuiseries extérieures de l'extension 1996				X

#### 7.1.3 Extension 2015

Travaux	B1	B2	B3	B4
Gestion éclairage	X		X	X
Installation photovoltaïque	X		X	X

#### 7.1.4 Bâtiment modulaire

Travaux	B1
Caisson de ventilation double flux	X
Remplacement des radiateurs électriques	X
Installation photovoltaïque	X

### 7.1.5 Bâtiment Algeco

Travaux	B1	B2
Gradation éclairage	X	X
Remplacement menuiseries extérieures 6.6.6	X	X
Remplacement des exutoires de fumée		X
Remplacement des radiateurs électriques		X
Ventilation double flux		X
Installation DRV air / air		X

### 7.1.6 Tour de contrôle

Travaux	B1	B2
Détection de présence	X	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage	X	X
Isolation des murs extérieurs par l'intérieur : sous-vigie		X
Ventilation double flux		X
Isolation des murs extérieurs vers escaliers extérieurs		X

## 7.2 Bouquet de travaux décret tertiaire

### Bouquet 01 :

Ce tableau regroupe les solutions d'améliorations énergétiques à mettre en œuvre afin de se conformer aux objectifs relatifs et absolus 2030 du décret tertiaire :

Travaux	B1
Relamping avec gestion - BT73	X
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Ventilation double flux - BT73	X
Remplacement verrière - BT73	X
Relamping avec gestion - Extension 1996	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation photovoltaïque – Extension 1996	X
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	X
Gestion éclairage – BT96	X
Gestion éclairage – Extension 2015	X
Installation photovoltaïque – Extension 2015	X
Caisson de ventilation double flux - Modulaire	X
Remplacement des radiateurs électriques - Modulaire	X
Installation photovoltaïque - Modulaire	X

## Bouquet 02 :

Ce tableau regroupe les solutions d'améliorations énergétiques à mettre en œuvre afin de se conformer aux objectifs relatifs 2040 et absolus 2030 du décret tertiaire :

Travaux	B2
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Isolation toiture terrasse - BT73	X
Ventilation double flux - BT73	X
Installation DRV - BT73	X
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation DRV - Extension 1996	X
Caisson de ventilation double flux - Modulaire	X
Remplacement des radiateurs électriques - Modulaire	X
Installation photovoltaïque - Modulaire	X

## Bouquet 03 :

Ce tableau regroupe les solutions d'améliorations énergétiques à mettre en œuvre afin de se conformer aux objectifs relatifs 2050 et absolus 2030 du décret tertiaire :

Travaux	B3
Relamping avec gestion - BT73	X
Isolation des murs extérieurs - BT73	X
Remplacement des menuiseries simple vitrage - BT73	X
Isolation toiture terrasse - BT73	X
Ventilation double flux - BT73	X
Installation DRV - BT73	X
Remplacement verrière - BT73	X
Relamping avec gestion - Extension 1996	X
Isolation toiture terrasse - Extension 1996	X
Ventilation double flux - Extension 1996	X
Installation DRV - Extension 1996	X
Installation photovoltaïque - Extension 1996	X
Chauffe-eau thermodynamique - chambres contrôleurs	X
Gestion éclairage – Extension 2015	X
Installation photovoltaïque – Extension 2015	X
Caisson de ventilation double flux - Modulaire	X
Remplacement des radiateurs électriques - Modulaire	X
Installation photovoltaïque - Modulaire	X

## 7.3 Aides financières potentielles

### 7.3.1 Bloc technique 1973

Tableau récapitulatif des aides financières				
	Bouquet n°01	Bouquet n°02	Bouquet n°03	Bouquet n°04
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>

### 7.3.2 Extension 1996

Tableau récapitulatif des aides financières				
	Bouquet n°01	Bouquet n°02	Bouquet n°03	Bouquet n°04
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>

### 7.3.3 Extension 2015

Tableau récapitulatif des aides financières				
	Bouquet n°01	Bouquet n°02	Bouquet n°03	Bouquet n°04
CEE travaux par travaux	<i>Non éligible</i>	<i>Non éligible</i>	<i>Non éligible</i>	<i>Non éligible</i>

### 7.3.4 Bâtiment modulaire

Tableau récapitulatif des aides financières	
	Bouquet n°01
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>

### 7.3.5 Bâtiment Algeco

Tableau récapitulatif des aides financières		
	Bouquet n°01	Bouquet n°02
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>

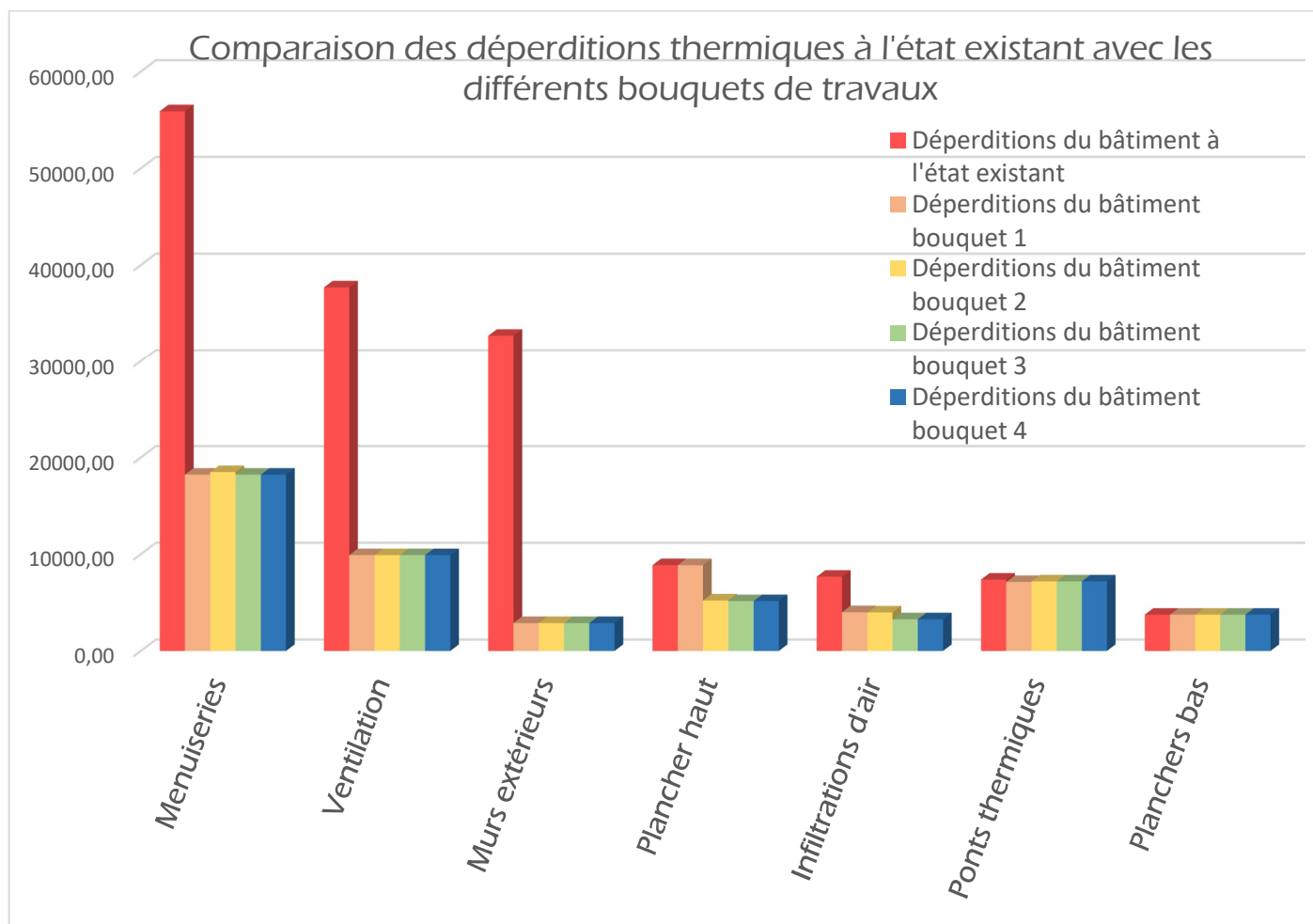
### 7.3.6 Tour de contrôle

Tableau récapitulatif des aides financières		
	Bouquet n°01	Bouquet n°02
CEE travaux par travaux	<i>Eligible</i>	<i>Eligible</i>

## 7.4 Déperditions thermiques

### 7.4.1 Bloc technique 1973

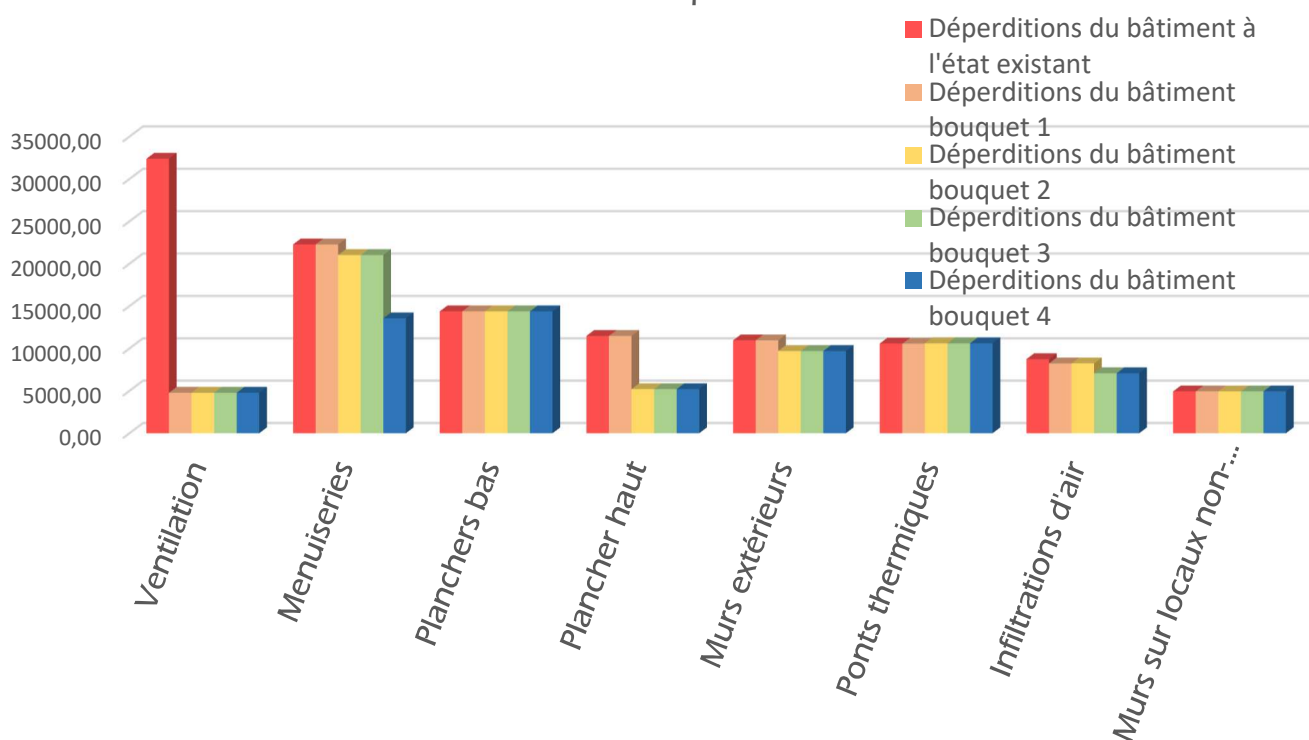
Description de la variante	Déperditions sans puissance de relance (kW)	Réduction des déperditions (sans relance)
Bâtiment existant	158,28 kW	-
Bouquet de travaux n°01	59,10 kW	63%
Bouquet de travaux n°02	55,75 kW	65%
Bouquet de travaux n°03	54,71 kW	65%
Bouquet de travaux n°04	54,71 kW	65%



### 7.4.2 Extension 1996

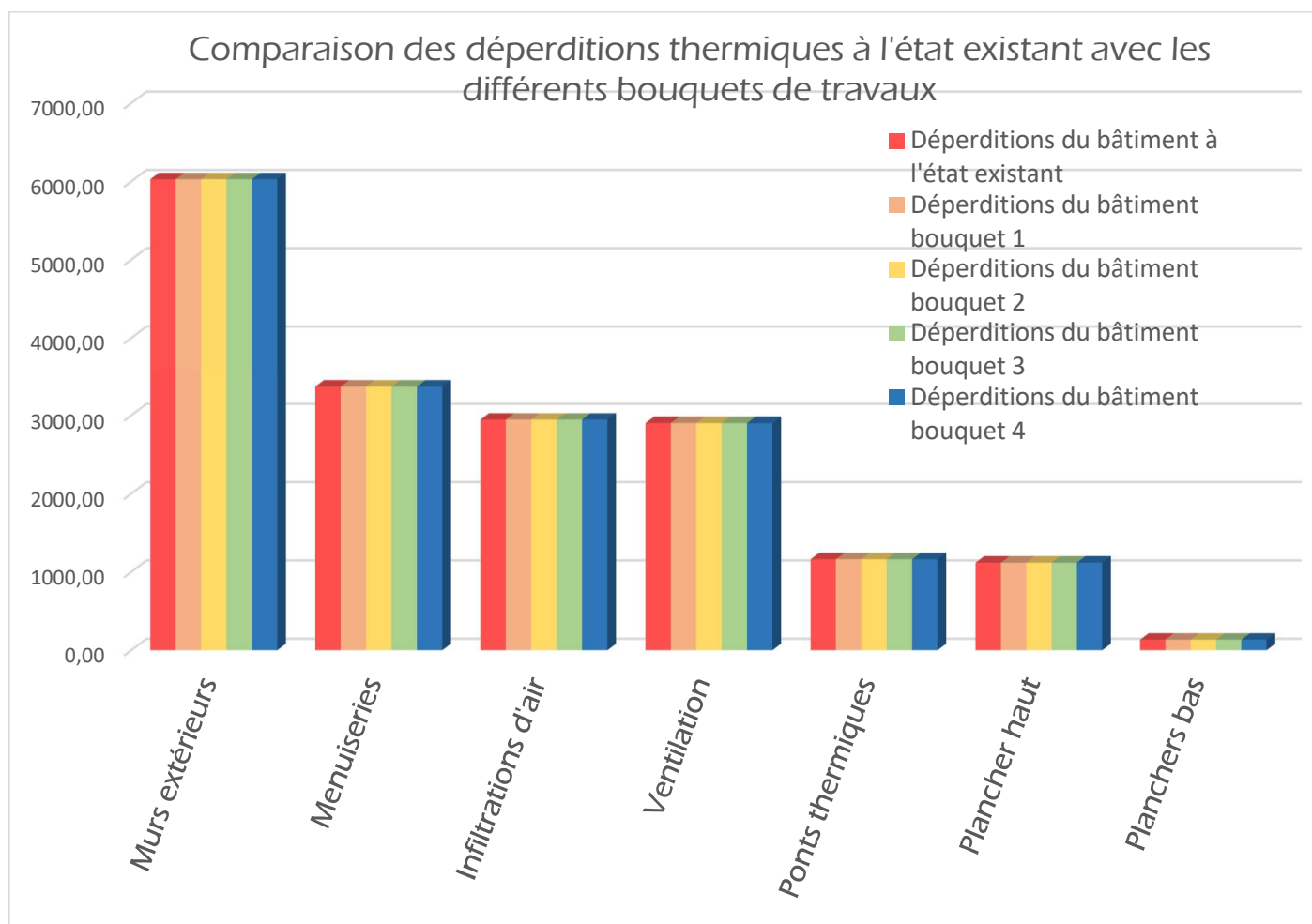
Description de la variante	Déperditions sans puissance de relance (kW)	Réduction des déperditions (sans relance)
Bâtiment existant	115,75 kW	-
Bouquet de travaux n°01	87,60 kW	24%
Bouquet de travaux n°02	78,88 kW	32%
Bouquet de travaux n°03	77,72 kW	33%
Bouquet de travaux n°04	70,25 kW	39%

Comparaison des déperditions thermiques à l'état existant avec les différents bouquets de travaux



### 7.4.3 Extension 2015

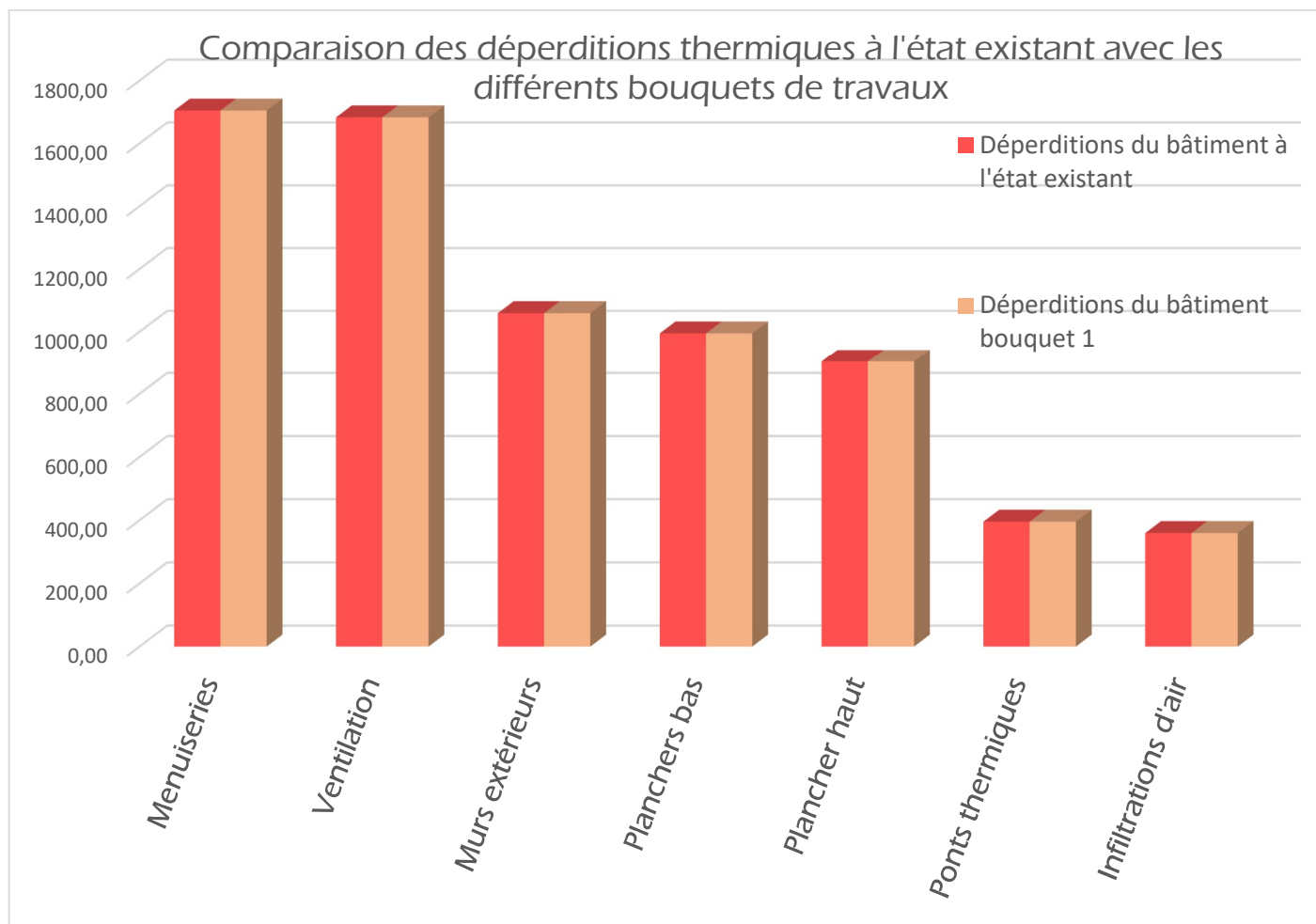
Description de la variante	Dépense sans puissance de relance (kW)	Réduction des dépenses (sans relance)
Bâtiment existant	17,85 kW	-
Bouquet de travaux n°01	17,85 kW	0%
Bouquet de travaux n°02	17,85 kW	0%
Bouquet de travaux n°03	17,85 kW	0%
Bouquet de travaux n°04	17,85 kW	0%



Compte tenu des performances actuelles de l'enveloppe de l'extension 2015, il n'a pas été préconisé de solution d'amélioration énergétique sur l'enveloppe. C'est pour cela que les dépenses thermiques restent inchangées même après rénovation.

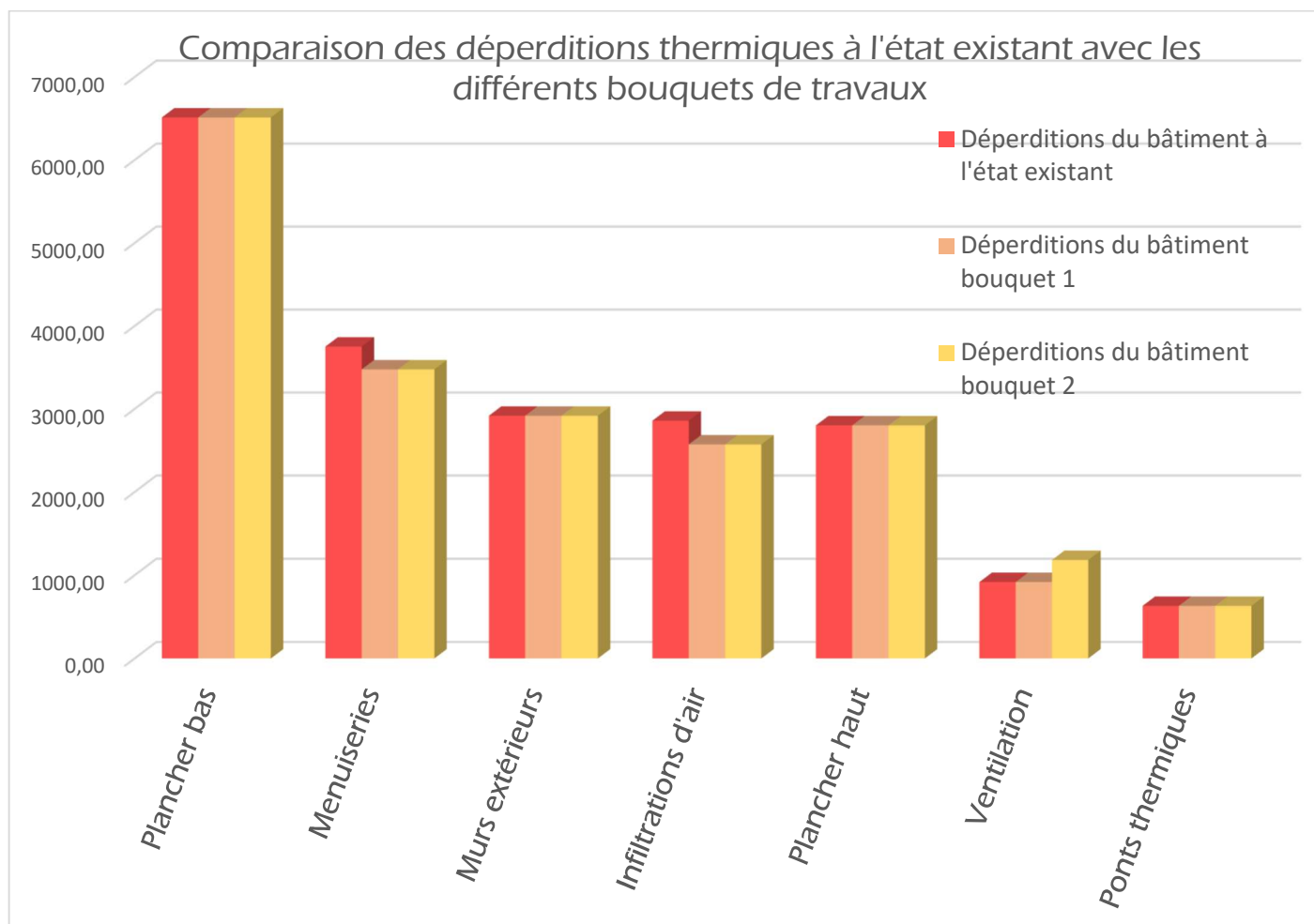
#### 7.4.4 Bâtiment modulaire

Description de la variante	Déperditions sans puissance de relance (kW)	Réduction des déperditions (sans relance)
Bâtiment existant	7,10 kW	-
Bouquet de travaux n°01	7,10 kW	0%



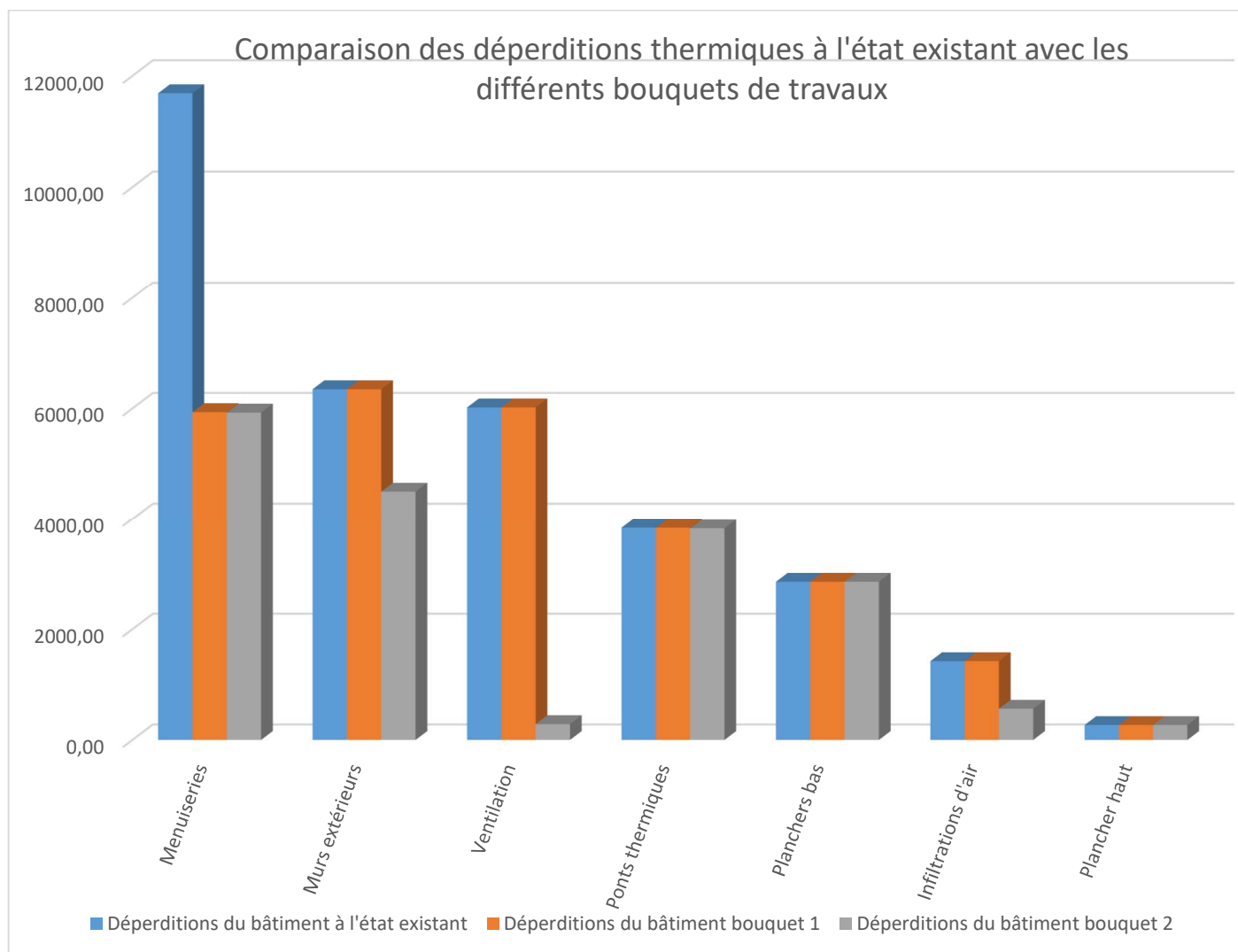
### 7.4.5 Bâtiment Algeco

Description de la variante	Déperditions sans puissance de relance (kW)	Réduction des déperditions (sans relance)
Bâtiment existant	20,40 kW	-
Bouquet de travaux n°01	19,83 kW	3%
Bouquet de travaux n°02	20,10 kW	1%



#### 7.4.6 Tour de contrôle

Description de la variante	Déperditions sans puissance de relance (kW)	Réduction des déperditions (sans relance)
Bâtiment existant	32,44 kW	-
Bouquet de travaux n°01	26,68 kW	18%
Bouquet de travaux n°02	18,05 kW	44%

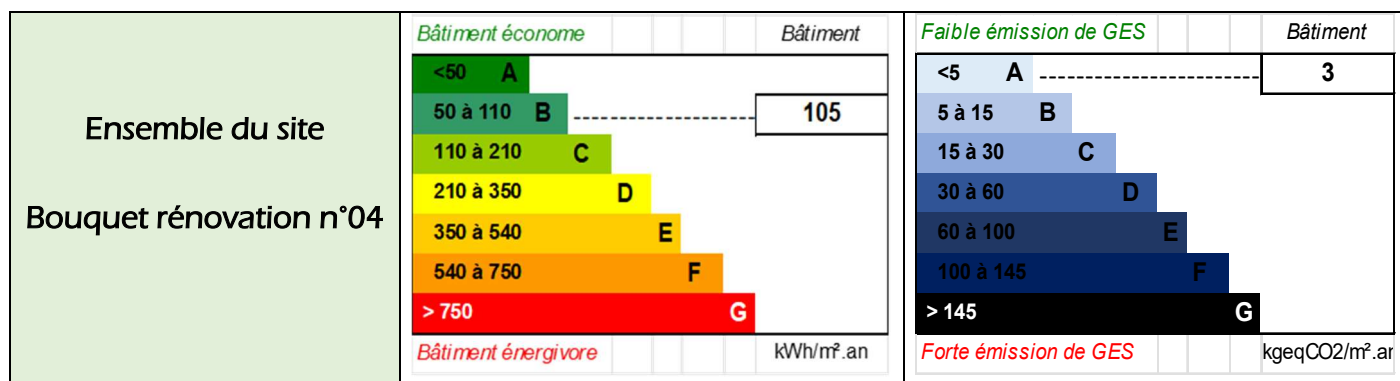


## 7.5 Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre selon méthode réglementaire

### 7.5.1 Bloc technique 1973

Selon le calcul réglementaire (méthode TH-CE-Ex), la consommation d'énergie pour le bloc technique 1973 avant rénovation et pour chaque bouquet de rénovation est détaillée dans le tableau ci-dessous

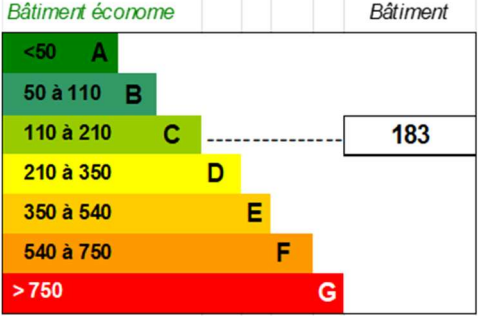
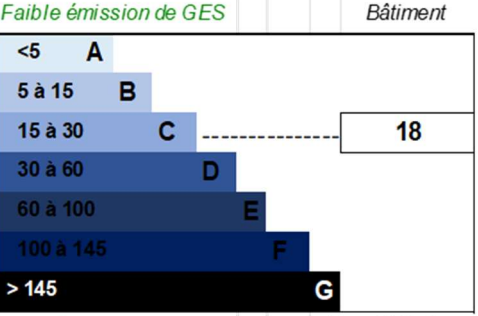
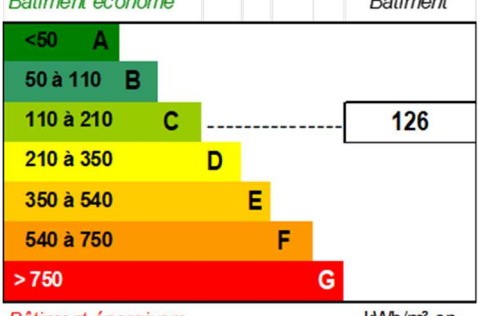
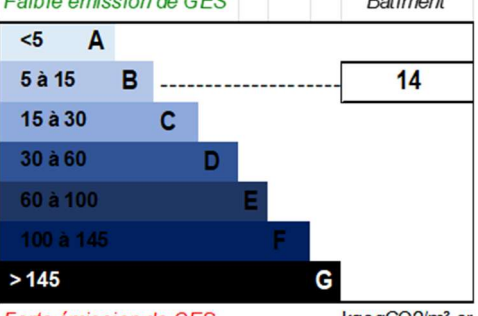
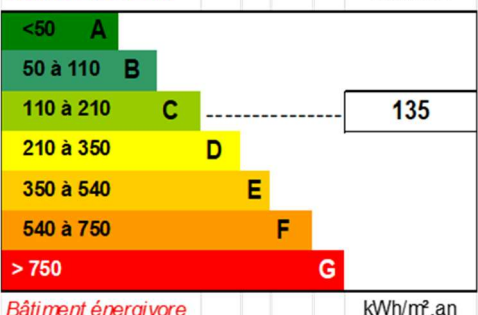
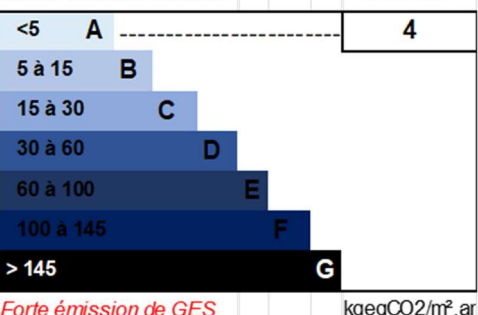
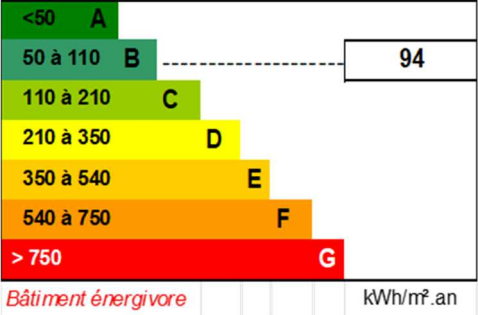
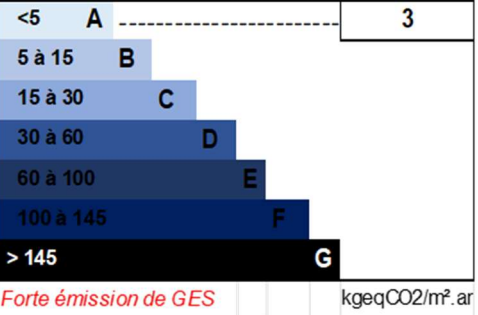
Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p> <p>&lt;50 A</p> <p>50 à 110 B</p> <p>110 à 210 C</p> <p>210 à 350 D</p> <p>350 à 540 E</p> <p>540 à 750 F</p> <p>&gt; 750 G</p> <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>211</p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p> <p>&lt;5 A</p> <p>5 à 15 B</p> <p>15 à 30 C</p> <p>30 à 60 D</p> <p>60 à 100 E</p> <p>100 à 145 F</p> <p>&gt; 145 G</p> <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>22</p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i></p> <p>&lt;50 A</p> <p>50 à 110 B</p> <p>110 à 210 C</p> <p>210 à 350 D</p> <p>350 à 540 E</p> <p>540 à 750 F</p> <p>&gt; 750 G</p> <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>138</p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p> <p>&lt;5 A</p> <p>5 à 15 B</p> <p>15 à 30 C</p> <p>30 à 60 D</p> <p>60 à 100 E</p> <p>100 à 145 F</p> <p>&gt; 145 G</p> <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>9</p> <p>kgeqCO2/m².ar</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<p><i>Bâtiment économe</i></p> <p>&lt;50 A</p> <p>50 à 110 B</p> <p>110 à 210 C</p> <p>210 à 350 D</p> <p>350 à 540 E</p> <p>540 à 750 F</p> <p>&gt; 750 G</p> <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>106</p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p> <p>&lt;5 A</p> <p>5 à 15 B</p> <p>15 à 30 C</p> <p>30 à 60 D</p> <p>60 à 100 E</p> <p>100 à 145 F</p> <p>&gt; 145 G</p> <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>3</p> <p>kgeqCO2/m².ar</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°03	<p><i>Bâtiment économe</i></p> <p>&lt;50 A</p> <p>50 à 110 B</p> <p>110 à 210 C</p> <p>210 à 350 D</p> <p>350 à 540 E</p> <p>540 à 750 F</p> <p>&gt; 750 G</p> <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>105</p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p> <p>&lt;5 A</p> <p>5 à 15 B</p> <p>15 à 30 C</p> <p>30 à 60 D</p> <p>60 à 100 E</p> <p>100 à 145 F</p> <p>&gt; 145 G</p> <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>3</p> <p>kgeqCO2/m².ar</p>

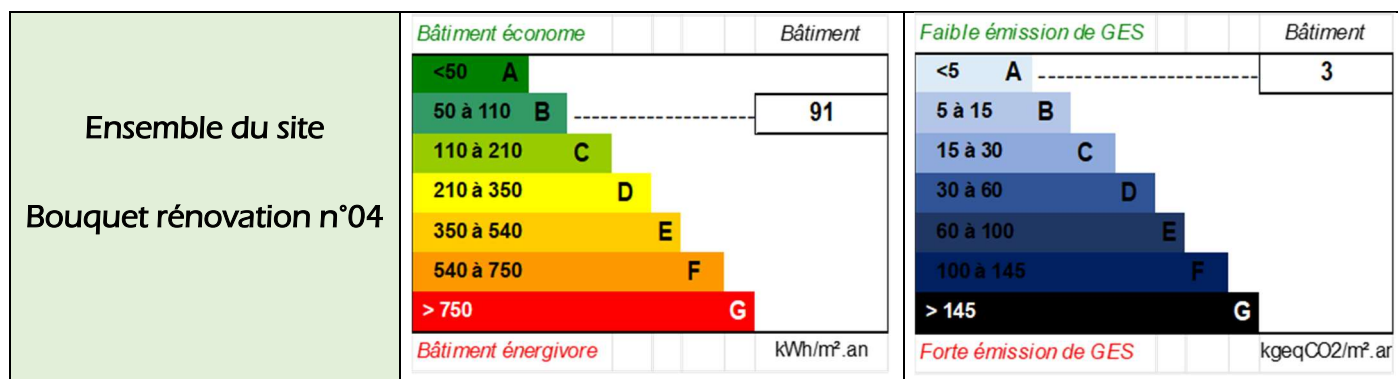


[Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique \(DPE\) et ont été estimées par un calcul thermique réglementaire \(RT-Existant\)](#)

## 7.5.2 Extension 1996

Selon le calcul réglementaire (méthode TH-CE-Ex), la consommation d'énergie pour l'extension 1996 avant rénovation et pour chaque bouquet de rénovation est détaillée dans le tableau ci-dessous

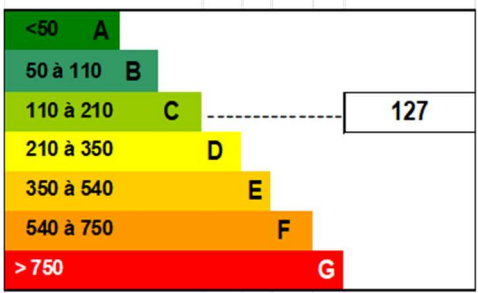
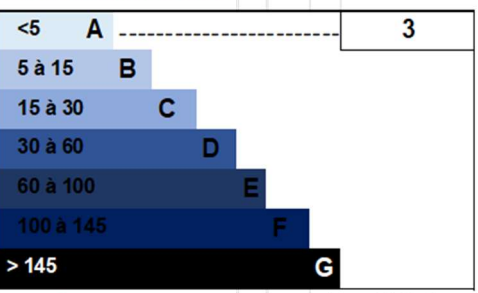
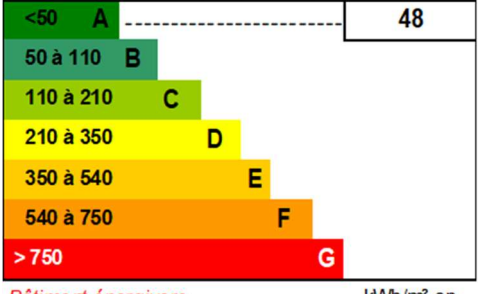
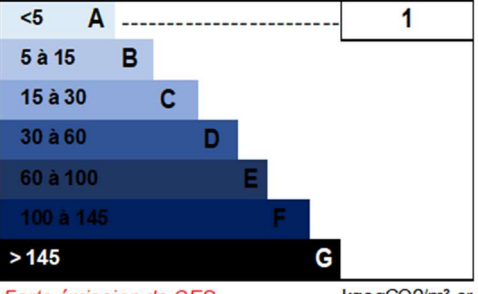
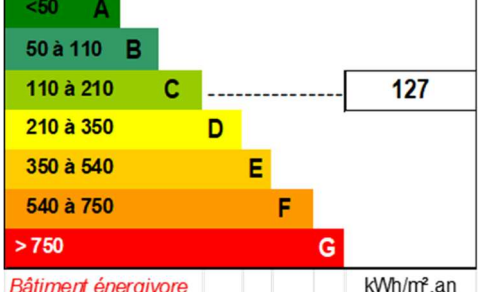
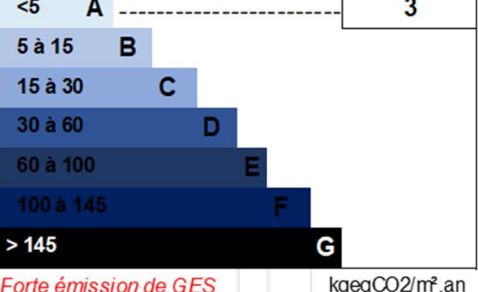
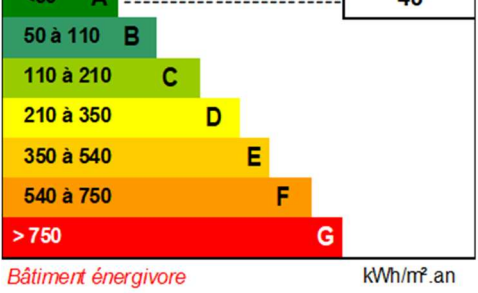
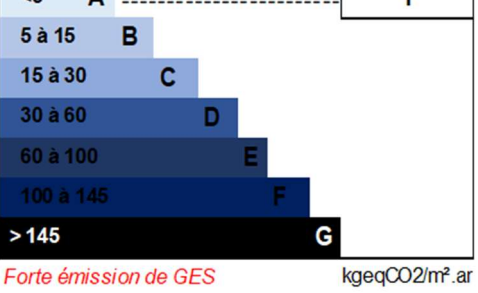
Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°03	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

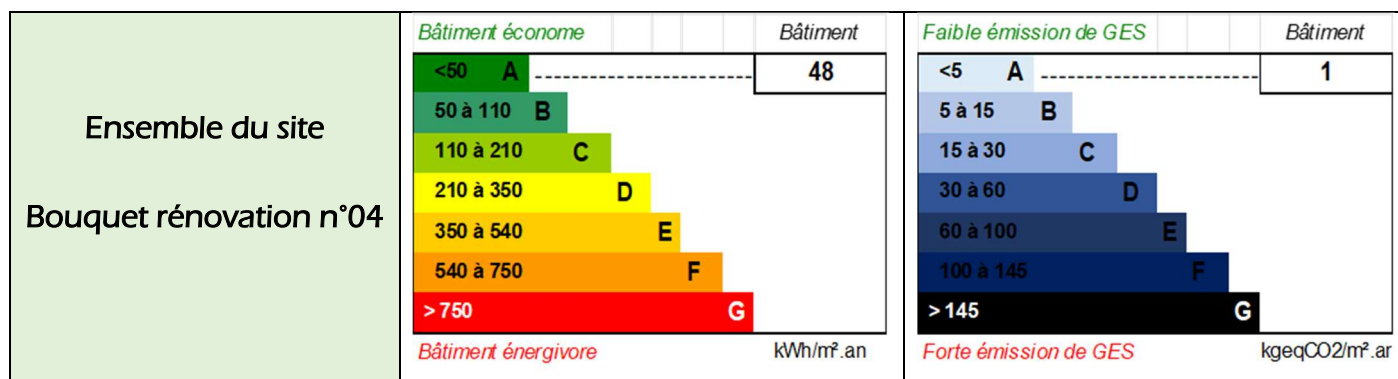


[Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique \(DPE\) et ont été estimées par un calcul thermique réglementaire \(RT-Existant\).](#)

### 7.5.3 Extension 2015

Selon le calcul réglementaire (méthode TH-CE-Ex), la consommation d'énergie pour l'extension 2015 avant rénovation et pour chaque bouquet de rénovation est détaillée dans le tableau ci-dessous

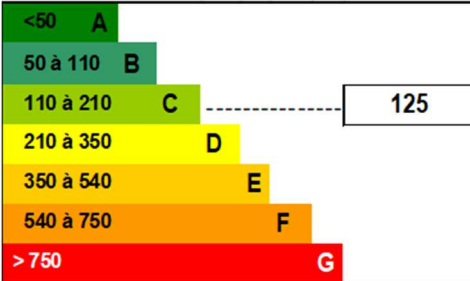
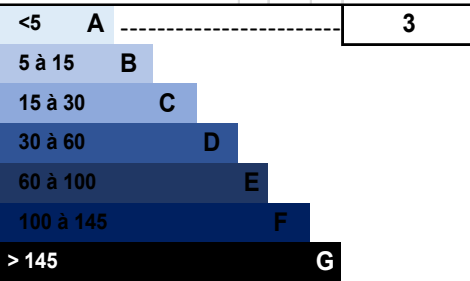
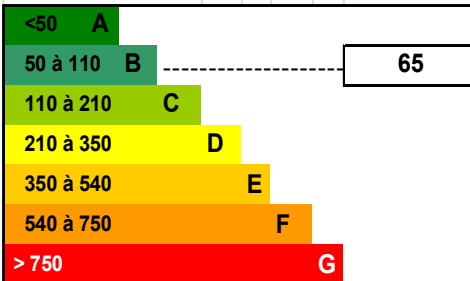
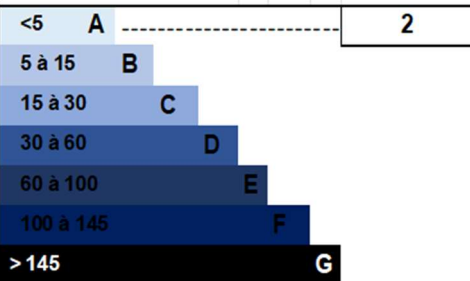
Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°03	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>



Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par un calcul thermique réglementaire (RT-Existant).

## 7.5.4 Bâtiment modulaire

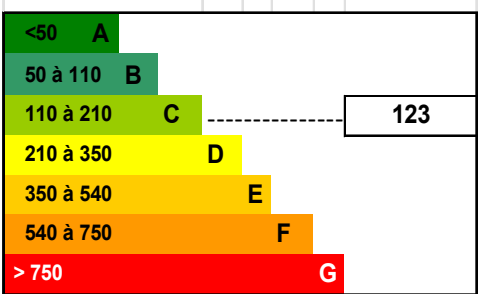
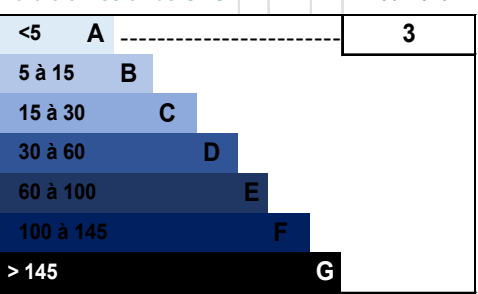
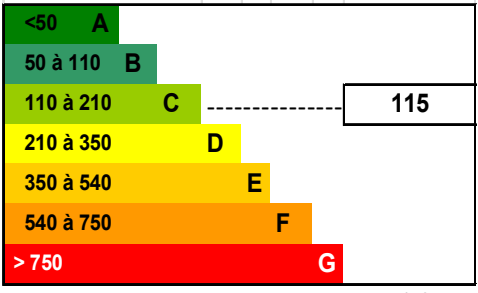
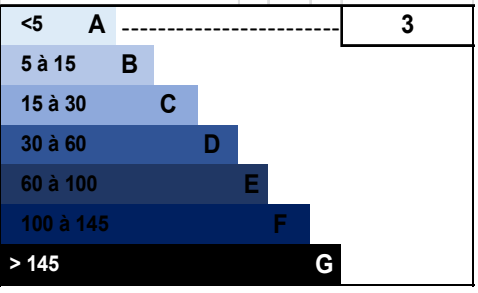
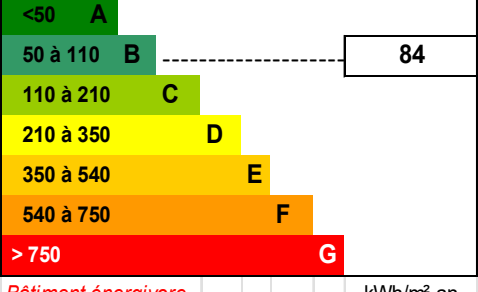
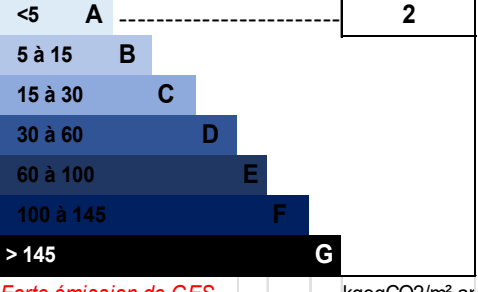
Selon le calcul réglementaire (méthode TH-CE-Ex), la consommation d'énergie pour le bâtiment après rénovation et pour chaque bouquet de rénovation est détaillée dans le tableau ci-dessous

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par un calcul thermique réglementaire (RT-Existant)

### 7.5.5 Bâtiment Algeco

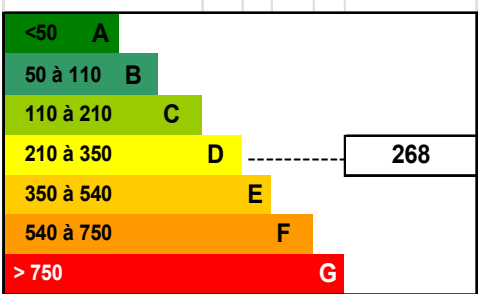
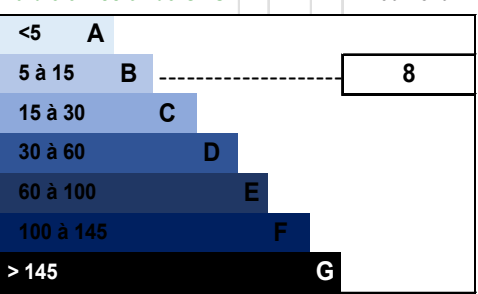
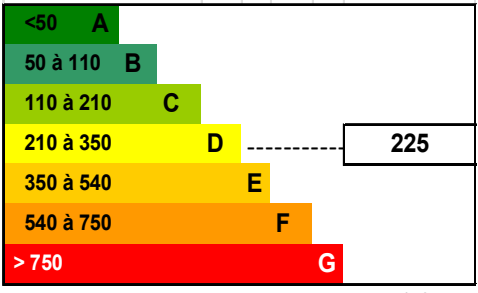
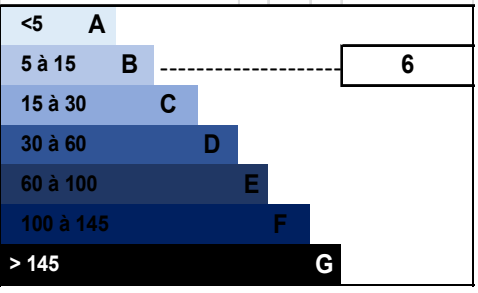
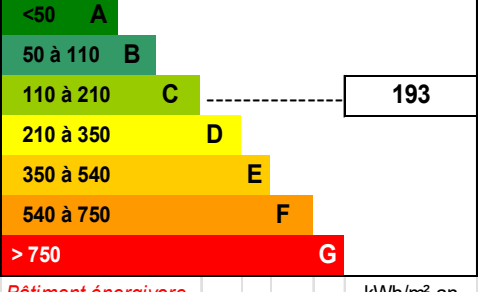
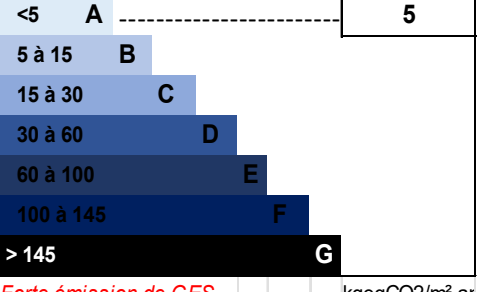
Selon le calcul réglementaire (méthode TH-CE-Ex), la consommation d'énergie pour le bâtiment après rénovation et pour chaque bouquet de rénovation est détaillée dans le tableau ci-dessous

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Energétique (DPE) et ont été estimées par un calcul thermique réglementaire (RT-Existant)

### 7.5.6 Tour de contrôle

Selon le calcul réglementaire (méthode TH-CE-Ex), la consommation d'énergie pour le bâtiment après rénovation et pour chaque bouquet de rénovation est détaillée dans le tableau ci-dessous

Variantes	Consommation d'énergie primaire (Cep) – surface $S_{RT}$	Gaz à Effet de Serre (GES) – surface $S_{RT}$
Ensemble du site Avant rénovation	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°01	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>
Ensemble du site Bouquet rénovation n°02	<p><i>Bâtiment économe</i></p>  <p><i>Bâtiment énergivore</i></p> <p>kWh/m².an</p>	<p><i>Faible émission de GES</i></p>  <p><i>Forte émission de GES</i></p> <p>kgeqCO2/m².an</p>

Ces étiquettes ne sont pas des étiquettes de Diagnostic Énergétiques (DPE) et ont été estimées par un calcul thermique réglementaire (RT-Existant).

## 7.6 Tableau récapitulatif

### 7.6.1 Bloc technique 1973

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01	Bouquet de travaux n°02	Bouquet de travaux n°03	Bouquet de travaux n°04
Déperditions	Déperditions	158,3 kW	59,1 kW	55,7 kW	54,7 kW	54,7 kW
	Gain		62,7%	64,8%	65,4%	65,4%
Total Energie Finale	Consommations annuelles	238 928 kWh	130 904 kWh	77 600 kWh	76 674 kWh	76 674 kWh
	Economies d'énergie	-	108 024 kWh	161 328 kWh	162 254 kWh	162 254 kWh
		-	45,2%	67,5%	67,9%	67,9%
Consommation d'énergie primaire (CEP) - 5 postes	CEP	210,76	137,97	105,77	104,51	104,51
	Réduction du CEP	-	34,54%	49,81%	50,41%	50,41%
GES (gaz à effet de serre) - 5 postes	Emissions annuelles	40 760 kgEqCO2	17 120 kgEqCO2	5 220 kgEqCO2	5 120 kgEqCO2	5 120 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	23 640 kgEqCO2	35 540 kgEqCO2	35 640 kgEqCO2	35 640 kgEqCO2
		-	58,0%	87,2%	87,4%	87,4%
Etiquettes	Etiquette Energie	D	C	B	B	B
	Etiquette GES	C	B	A	A	A
	Etiquette energie-climat	D	C	B	B	B
Factures	Budget annuel	39 632 €TTC	29 599 €TTC	24 947 €TTC	24 706 €TTC	24 706 €TTC
	dont entretien	4 531 €TTC	4 771 €TTC	4 771 €TTC	4 771 €TTC	4 771 €TTC
	Economies	-	10 033 €TTC	14 685 €TTC	14 926 €TTC	14 926 €TTC
		-	25,3%	37,1%	37,7%	37,7%
Investissement	Investissement brut	-	563 736 €TTC	886 920 €TTC	934 920 €TTC	934 920 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	17 459 €	35 094 €	36 166 €	36 166 €
	Reste à charge	-	563 736 €TTC	886 920 €TTC	934 920 €TTC	934 920 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	33 ans	35 ans	36 ans	36 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	25 ans	26 ans	26 ans	26 ans

## 7.6.2 Extension 1996

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01	Bouquet de travaux n°02	Bouquet de travaux n°03	Bouquet de travaux n°04
<b>Déperditions</b>	Déperditions	115,7 kW	87,6 kW	78,9 kW	77,7 kW	70,2 kW
	Gain		24,3%	31,9%	32,9%	39,3%
<b>Total Energie Finale</b>	Consommations annuelles	217 405 kWh	155 955 kWh	105 079 kWh	73 218 kWh	70 615 kWh
	Economies d'énergie	-	61 449 kWh	112 326 kWh	144 187 kWh	146 790 kWh
		-	28,3%	51,7%	66,3%	67,5%
<b>Consommation d'énergie primaire (CEP) - 5 postes</b>	CEP	182,7	125,65	134,88	93,98	90,64
	Réduction du CEP	-	31,23%	26,17%	48,56%	50,39%
<b>GES (gaz à effet de serre) - 5 postes</b>	Emissions annuelles	36 070 kgEqCO <sub>2</sub>	27 130 kgEqCO <sub>2</sub>	7 380 kgEqCO <sub>2</sub>	5 270 kgEqCO <sub>2</sub>	5 030 kgEqCO <sub>2</sub>
	Réduction des GES	-	8 940 kgEqCO <sub>2</sub>	28 690 kgEqCO <sub>2</sub>	30 800 kgEqCO <sub>2</sub>	31 040 kgEqCO <sub>2</sub>
		-	24,8%	79,5%	85,4%	86,1%
<b>Etiquettes</b>	Etiquette Energie	C	C	C	B	B
	Etiquette GES	C	B	A	A	A
	Etiquette energie-climat	C	C	C	B	B
<b>Factures</b>	Budget annuel	37 967 €TTC	28 477 €TTC	33 263 €TTC	24 979 €TTC	24 302 €TTC
	dont entretien	4 752 €TTC	5 942 €TTC	4 992 €TTC	5 942 €TTC	5 942 €TTC
	Economies	-	9 491 €TTC	4 705 €TTC	12 989 €TTC	13 665 €TTC
		-	25,0%	12,4%	34,2%	36,0%
<b>Investissement</b>	Investissement brut	-	183 353 €TTC	503 184 €TTC	561 737 €TTC	865 697 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	6 357 €	25 591 €	25 838 €	32 000 €
	Reste à charge	-	183 353 €TTC	503 184 €TTC	561 737 €TTC	865 697 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	16 ans	>40 ans	28 ans	36 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	13 ans	34 ans	22 ans	27 ans

### 7.6.3 Extension 2015

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01	Bouquet de travaux n°02	Bouquet de travaux n°03	Bouquet de travaux n°04
Déperditions	Déperditions	17,8 kW	17,8 kW	17,8 kW	17,8 kW	17,8 kW
	Gain		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Total Energie Finale	Consommations annuelles	35 389 kWh	13 289 kWh	35 389 kWh	13 177 kWh	13 177 kWh
	Economies d'énergie	-	22 100 kWh	-	22 212 kWh	35 389 kWh
		-	62,4%	0,0%	62,8%	62,8%
Consommation d'énergie primaire (CEP) - 5 postes	CEP	126,95	47,68	127	47,28	47,28
	Réduction du CEP	-	62,44%	0,00%	62,76%	62,76%
GES (gaz à effet de serre) - 5 postes	Emissions annuelles	2 450 kgEqCO2	1 030 kgEqCO2	2 450 kgEqCO2	1 030 kgEqCO2	1 030 kgEqCO2
	Réduction des GES	-	1 420 kgEqCO2	-	1 420 kgEqCO2	2 450 kgEqCO2
		-	58,0%	0,0%	58,0%	100,0%
Etiquettes	Etiquette Energie	C	A	C	A	A
	Etiquette GES	A	A	A	A	A
	Etiquette energie-climat	C	A	C	A	A
Factures	Budget annuel	10 969 €TTC	6 223 €TTC	10 969 €TTC	6 194 €TTC	6 194 €TTC
	dont entretien	1 768 €TTC	2 768 €TTC	1 768 €TTC	2 768 €TTC	2 768 €TTC
	Economies	-	4 746 €TTC	-	4 775 €TTC	4 775 €TTC
		-	43,3%	0,0%	43,5%	43,5%
Investissement	Investissement brut	-	65 122 €TTC	€TTC	65 122 €TTC	65 122 €TTC
	Aides	-	-	-	-	-
	Reste à charge	-	65 122 €TTC	€TTC	65 122 €TTC	65 122 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	12 ans	-	12 ans	12 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	10 ans	-	10 ans	10 ans

#### 7.6.4 Bâtiment modulaire

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01
Déperditions	Déperditions	7,1 kW	7,1 kW
	Gain		0,0%
Total Energie Finale	Consommations annuelles	13 545 kWh	7 055 kWh
	Economies d'énergie	-	6 490 kWh
		-	47,9%
Consommation d'énergie primaire (CEP) - 5 postes	CEP	125,36	65,29
	Réduction du CEP	-	47,92%
GES (gaz à effet de serre) - 5 postes	Emissions annuelles	960 kgEqCO <sub>2</sub>	510 kgEqCO <sub>2</sub>
	Réduction des GES	-	450 kgEqCO <sub>2</sub>
		-	46,9%
Etiquettes	Etiquette Energie	C	B
	Etiquette GES	A	A
	Etiquette energie-climat	C	B
Factures	Budget annuel	4 922 €TTC	3 414 €TTC
	dont entretien	1 400 €TTC	1 580 €TTC
	Economies	-	1 508 €TTC
		-	30,6%
Investissement	Investissement brut	-	36 888 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	962 €
	Reste à charge	-	36 888 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	19 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	15 ans

### 7.6.5 Bâtiment Algeco

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01	Bouquet de travaux n°02
Déperditions	Déperditions	20,4 kW	19,8 kW	20,1 kW
	Gain		2,7%	1,4%
Total Energie Finale	Consommations annuelles	25 071 kWh	23 424 kWh	17 149 kWh
	Economies d'énergie	-	1 647 kWh	7 921 kWh
		-	6,6%	31,6%
Consommation d'énergie primaire (CEP) - 5 postes	CEP	123,02	114,94	84,15
	Réduction du CEP	-	6,57%	31,60%
GES (gaz à effet de serre) - 5 postes	Emissions annuelles	1 830 kgEqCO <sub>2</sub>	1 710 kgEqCO <sub>2</sub>	1 220 kgEqCO <sub>2</sub>
	Réduction des GES	-	120 kgEqCO <sub>2</sub>	610 kgEqCO <sub>2</sub>
		-	6,6%	33,3%
Etiquettes	Etiquette Energie	C	C	B
	Etiquette GES	A	A	A
	Etiquette energie-climat	C	C	B
Factures	Budget annuel	7 518 €TTC	7 090 €TTC	5 458 €TTC
	dont entretien	1 000 €TTC	1 000 €TTC	1 400 €TTC
	Economies	-	429 €TTC	2 060 €TTC
		-	5,7%	27,4%
Investissement	Investissement brut	-	14 546 €TTC	127 694 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	117 €	5 213 €
	Reste à charge	-	14 546 €TTC	127 694 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	24 ans	35 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	19 ans	26 ans

### 7.6.6 Tour de contrôle

		Etat initial	Bouquet de travaux n°01	Bouquet de travaux n°02
Déperditions	Déperditions	32,4 kW	26,7 kW	18,2 kW
	Gain		17,7%	43,8%
Total Energie Finale	Consommations annuelles	14 388 kWh	12 089 kWh	10 432 kWh
	Economies d'énergie	-	2 299 kWh	3 956 kWh
		-	16,0%	27,5%
Consommation d'énergie primaire (CEP) - 5 postes	CEP	267,61	224,86	192,56
	Réduction du CEP	-	15,97%	28,04%
GES (gaz à effet de serre) - 5 postes	Emissions annuelles	1 060 kgEqCO <sub>2</sub>	890 kgEqCO <sub>2</sub>	750 kgEqCO <sub>2</sub>
	Réduction des GES	-	170 kgEqCO <sub>2</sub>	310 kgEqCO <sub>2</sub>
		-	16,0%	29,2%
Etiquettes	Etiquette Energie	D	D	C
	Etiquette GES	B	B	B
	Etiquette energie-climat	D	D	C
Factures	Budget annuel	5 241 €TTC	4 643 €TTC	4 212 €TTC
	dont entretien	1 500 €TTC	1 500 €TTC	1 700 €TTC
	Economies	-	598 €TTC	1 028 €TTC
		-	11,4%	19,6%
Investissement	Investissement brut	-	41 822 €TTC	71 066 €TTC
	Certificats d'Economie d'Energie	-	891 €	1 690 €
	Reste à charge	-	41 822 €TTC	69 376 €TTC
Temps de retour sur investissement (+3%/an)		-	38 ans	37 ans
Temps de retour sur investissement (+6%/an)		-	28 ans	27 ans

## VIII. Offre de suivi de l'amélioration énergétique

Notre bureau d'études, qualifié OPIQIBI pour les audits énergétiques et les études thermiques réglementaires, est également concepteur de bâtiments passifs, en neuf et en rénovation.

Pour vous accompagner dans la réalisation de votre projet, nous sommes en mesure de vous proposer tout ou partie d'une mission de maîtrise d'œuvre, basée sur les résultats de cet audit, et comprenant :

- conseils techniques ;
- campagnes de comptage des consommations énergétiques ;
- mise en place d'un système de suivi des consommations énergétiques ;
- dimensionnement des équipements techniques énergétiques (chauffage, ventilation, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, ...) ;
- dimensionnement d'une installation de production d'électricité photovoltaïque ;
- ingénierie financière : établissement du plan de financement, recherche et montage de dossiers de subventions ;
- élaboration des plans fluides ;
- élaboration des cahiers des charges et des cadres de décomposition de prix pour les travaux à réaliser,
- analyse des réponses et aide à la sélection des entreprises ;
- suivi de chantier,
- réunions de chantier ;
- vérification de la bonne exécution des travaux,
- réception des travaux.

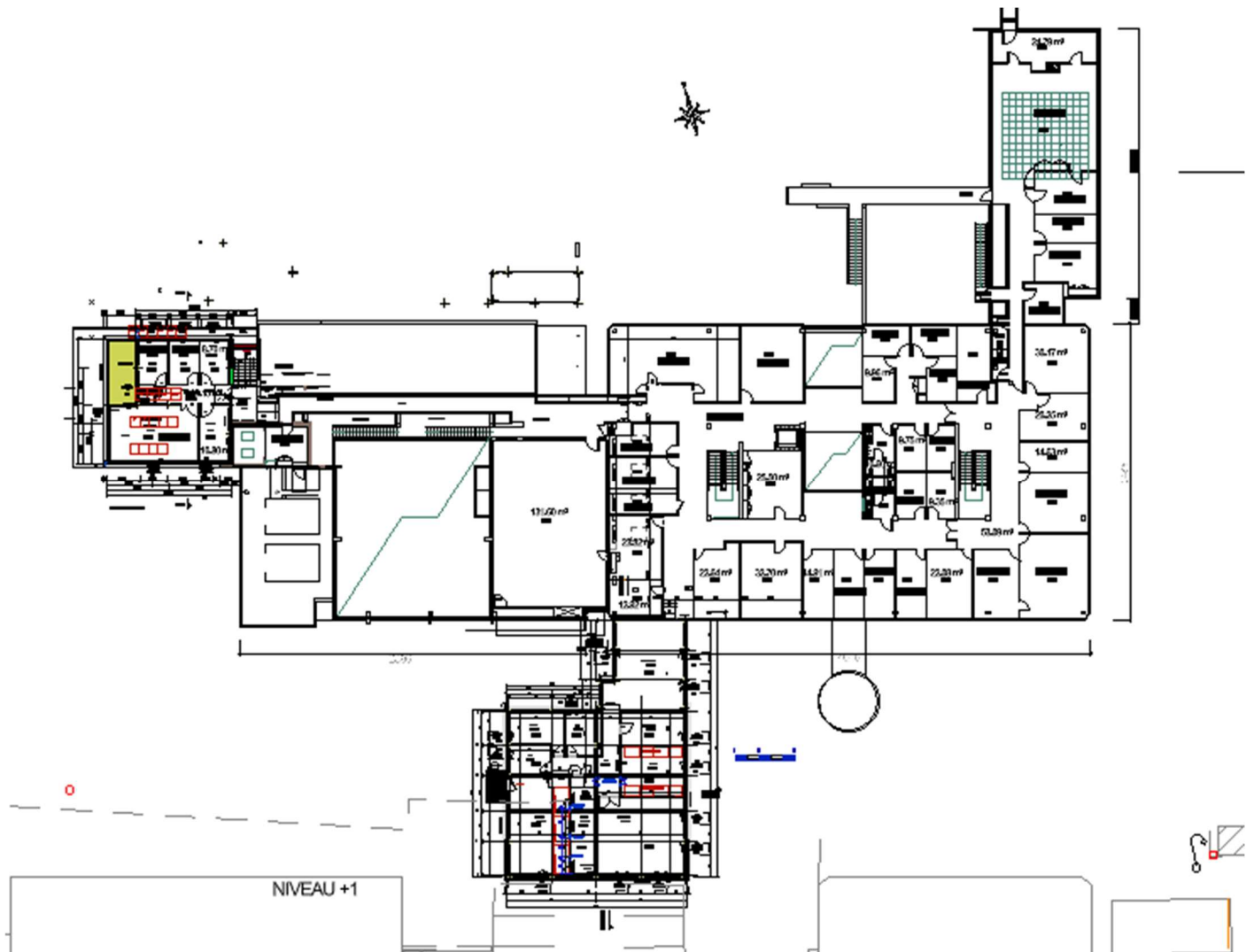
## IX. Glossaire

Termes	Définition
Cep	Consommation d'énergie primaire ( $\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2.\text{an}$ )
CESI	Chauffe-Eau Solaire Individuel
Conductivité thermique (U)	Quantité de chaleur traversant chaque $\text{m}^2$ de paroi pour une différence d'un degré ( $^{\circ}\text{C}$ ou $\text{K}$ ) : plus la conductivité thermique est grande, plus la paroi est déperditive. Elle se calcule en $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ .
COP	Coefficient de performance d'une pompe à chaleur (PAC). C'est le rapport entre la quantité de chaleur cédée par le condenseur à l'énergie utilisée par le compresseur.
Déperditions thermiques	Représentent les pertes thermiques (Watt) et donc la puissance thermique nécessaire pour chauffer la pièce ou le bâtiment
ECS	Eau Chaude Sanitaire
ECS thermodynamique	Système de production d'eau chaude sanitaire couplé à un système thermodynamique (pompe à chaleur), permettant de récupérer les calories dans l'air d'une pièce chauffée ou non-chauffée ou de l'extérieur pour les transmettre à l'eau du ballon
Energie primaire (ep)	C'est l'énergie qui est extraite de l'environnement pour fournir l'énergie finale, celle qui est facturée aux utilisateurs (après transformation (p.ex. centrales) et acheminement).
EnR	Energie renouvelable
Enveloppe thermique	Ensemble des éléments séparant l'intérieur (chauffé et/ou refroidi) d'un bâtiment de l'extérieur et des volumes non chauffés (dalles, plafonds ou toitures, murs, fenêtres, portes).
Etiquette énergétique	Permet une classification énergétique sous forme de lettre (de A à G pour le logement individuel et collectif, et de A à I pour le tertiaire). Elle permet d'évaluer l'impact de la consommation énergétique qui est indiquée en $\text{kWep}/\text{m}^2$ par an. Elle est généralement accompagnée d'une étiquette « climat », qui évalue l'impact du bâtiment en termes de rejet de gaz à effet de serre en $\text{kg}$ de $\text{CO}_2/\text{m}^2$ par an
Free-cooling	Technique qui consiste, en été, à refroidir un bâtiment par ventilation en utilisant l'énergie gratuite de l'air extérieur lorsque celui-ci présente une température inférieure à la température intérieure (généralement la nuit).
GES	Gaz à Effet de Serre (généralement exprimé en $\text{kg CO}_2/\text{m}^2/\text{an}$ )
Inertie thermique	Capacité d'une paroi (ou d'un corps en général) d'absorber la chaleur et de la restituer lentement. Plus l'inertie d'un bâtiment est importante, meilleure est la protection contre la surchauffe d'été.
Infiltrométrie	Test d'étanchéité à l'air à l'aide de ventilateur(s) permettant de créer une surpression ou une dépression dans le bâtiment. Un ordinateur calculera le débit de fuite et la surface de fuite correspondante.
LNC	Local non chauffé
$n_{50}$	Taux de renouvellement d'air à 50 Pascals
NF EN 13829	Norme française et européenne décrivant les objectifs, les conditions et les méthodes de mesure de la perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments.
NF EN 12 831	Norme française et européenne décrivant les objectifs, les conditions et les méthodes de calcul des déperditions thermiques
Ouvrant / Dormant	L'ouvrant est la partie d'une menuiserie qui s'ouvre ; le dormant, celle qui reste fixe.

Termes	Définition
PAC	Pompe à chaleur. Machine thermodynamique permettant d'extraire de la chaleur d'une source froide (air extérieur, sol, nappe phréatique) et de la porter à une température supérieure pour chauffer un local ou un bâtiment. Elles sont généralement réversibles et permettent alors de refroidir le bâtiment.
Panneau photovoltaïque	Appareil permettant de produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire.
Panneau solaire thermique	Appareil permettant de récupérer l'énergie solaire pour chauffer le bâtiment ou l'eau chaude sanitaire.
Perméabilité à l'air sous 4 Pascals	Voir Q4 Pa-surf
Q4 Pa-surf	Rapport du débit de fuite du bâtiment sous 4 Pascals à la surface de parois froides du bâtiment (murs et toiture). Exigence de la RT2012 pour les maisons individuelles : $Q4Pa-surf \leq 0.6 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$ . En RT2012/RE2020, sa mesure par un opérateur autorisé (voir site <a href="https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/">https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/</a> ) est obligatoire à la réception d'un bâtiment de logement.
Résistance thermique (R)	C'est la résistance qu'une épaisseur de matériau oppose au passage de la chaleur. Elle est égale à l'inverse de la conductivité thermique U ( $R = 1/U$ ) et est exprimée en $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ .
SH	Surface habitable (en $\text{m}^2$ )
SHONRT	Surface Hors Œuvre Nette au sens de la réglementation thermique (en $\text{m}^2$ )
SSC	Système Solaire Combiné : fournit (une partie) des besoins thermiques pour l'eau chaude sanitaire <i>et le chauffage</i> du bâtiment à partir de l'énergie solaire (thermique).
Ubat	Coefficient moyen de déperdition par les parois et les baies du bâtiment ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )
Ud	Conductivité globale d'une porte ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )
Uf	Coefficient thermique du châssis de la fenêtre ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )
Ug	Coefficient thermique du vitrage ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )
Uw	Coefficient de transmission thermique de l'ensemble d'une fenêtre ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )
VMC DF	Ventilation Mécanique Contrôlée Double Flux
VMC SF	Ventilation Mécanique Contrôlée Simple Flux
Volume chauffé	C'est le volume intérieur chauffé d'une enveloppe bâtie hors sous-sol, combles non aménagés, garage, vérandas, annexes, etc...
W-Th-C	Puissance moyenne consommée pondérée, calculée en mesurant la consommation du ventilateur pendant 22h en petite vitesse et 2h en grande en vitesse pour un système de ventilation. Cette consommation journalière est alors ramenée à une consommation horaire.
$\lambda$ (lambda)	Coefficient de conductivité thermique d'un matériau. Son unité est le $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ . Il indique le flux de chaleur qui traverse $1\text{m}^2$ d'une épaisseur de 1m de matériau pour une différence de température de 1 degré. Plus le coefficient est faible, plus le matériau est isolant (un matériau est considéré comme isolant si $\lambda \leq 0.060 \text{ W}/\text{m}.\text{K}$ ).



R+1



## 10.2 Descriptifs des aides financières potentielles

### 10.2.1 Certificats d'économies d'énergie (CEE)

Les aides des entreprises qui vendent de l'énergie (électricité, gaz ou GPL, chaleur, froid, fioul domestique et carburants pour automobiles) interviennent dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie. Ce dispositif oblige ces fournisseurs d'énergie à promouvoir des actions efficaces d'économies d'énergie auprès des consommateurs, y compris auprès des ménages

En situation de précarité énergétique pour lesquels des dispositions particulières sont prévues. S'ils ne respectent pas leurs obligations, l'État impose leurs fournisseurs d'énergie de fortes pénalités financière. Le prix du MWh Cumac évolue très souvent, il est donc important de revoir le calcul du montant des CEE régulièrement. Prix moyen du MWhcumac pour cette étude : 6.50 €/MWhcumac.