Bâtiment TPR
Site Saint-Jérôme

Audit énergétique en vue d'une programmation architecturale

		Date	22/08/2025
Chef de projet	Julien LACOMBE	Référence rapport	OP23-071
		N° version	2
Chargé d'études	-	Phase	Audit
Diffusion	Aix Marseille Université – AREP – Synapse		

Membre fondateur de

Qualification

Certification

Membre des réseaux

Siège social : 140-142 rue du Chevaleret - 75013 Paris
– Tél : 01 43 15 00 06 - mail@tribu-energie.fr

Agence de Rennes : 20 rue d'Isly - 35000 Rennes
– Tél : 02 85 52 16 72 – agence.bretagne@tribu-energie.fr

Agence de Lyon : 60 rue Jaboulay 69007 Lyon
– Tél : 09 78 81 40 99 – agence.rhone-alpes@tribu-energie.fr

sas au capital de 100 000 € ape 7112B rcs paris b 440 306 173

Suivi des indices

Nom du document	Date du document	Indice	Modifications apportées
TE-241024-JL-OP23-071-TPR	24/10/2024	-	/
TE-250822-JL-OP23-071-TPR (Annexe Programme)	22/08/2025	-	Ajout des scénarios programmatiques 3bis et 3ter

Table des matières

SUIVI DES INDICES **1**

PARTIE A PRELIMINAIRES **4**

1. PRESENTATION DE L'ETUDE 4
2. DEROULEMENT DE LA MISSION DE L'AUDIT ENERGETIQUE 5
   - *2.1 Eléments mis à disposition pour l'audit* *5*
   - *2.2 Contenu de la mission* *5*
   - *2.3 Visite et mesures réalisées* *5*
   - *2.4 Travaux effectués* *5*
3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE 6
   - *3.1 Réglementation élément par élément dans les bâtiments existants* *6*
   - *3.2 Réglementation globale dans les bâtiments existants* *6*
   - *3.3 Réglementation applicable au projet* *6*
   - *3.4 Dispositif Eco-énergie tertiaire* *7*

PARTIE B DESCRIPTION GENERALE DU SITE **8**

1. CARACTERISTIQUES DU SITE 8
2. DONNEES CLIMATIQUES 9
3. POTENTIEL PHOTOVOLTAÏQUE 10
4. ANALYSE DU CONFORT 10
5. DIAGNOSTICS AMIANTE, QAI ET ACCESSIBILITE 10

PARTIE C SYNTHESE **11**

1. ETAT DES LIEUX 11
2. SCENARIOS DE RENOVATION ET EVOLUTION DES INDICATEURS 12
3. POSITIONNEMENT DEET 13
4. POSITIONNEMENT RTEX GLOBALE 14
   - *4.1 Scénario 3* *14*
   - *4.2 Scénario 3 bis* *14*
   - *4.3 Scénario 3 ter* *14*

PARTIE D DESCRIPTION DETAILLEE DE L'ETAT INITIAL ET DES ACTIONS PROPOSEES : 15

1. ENVELOPPE DU BATIMENT 15
   - *1.1 Toitures* *15*
   - *1.2 Murs* *18*
   - *1.3 Fenêtres, portes et protections solaires* *20*
   - *1.4 Plancher bas* *24*
   - *1.5 Etanchéité à l'air* *25*
   - *1.6 Ponts thermiques* *25*
   - *1.7 Inertie thermique* *25*
2. SYSTEMES DE VENTILATION 26
3. EQUIPEMENTS 32
   - *3.1 Chauffage* *32*
   - *3.2 ECS* *35*
   - *3.3 Eclairage* *36*
   - *3.4 Autres équipements électriques* *37*

PARTIE E ANALYSE DES CONSOMMATIONS **38**

1. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES TOTALES ET CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE 38
2. CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE 39
3. CONSOMMATIONS ELECTRIQUES 40
4. DISPOSITIF ECO ENERGIE TERTIAIRE 40
5. ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'EAU 40

PARTIE F SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE A L'ETAT INITIAL **41**

1. PRESENTATION DE LA MODELISATION 41
2. DEPERDITIONS 42
3. CONSOMMATIONS 42
4. CONFORT D'ETE 43

PARTIE G BILAN DES ACTIONS PROPOSEES **45**

1. PRESENTATION DES ACTIONS DE RENOVATION ET SCENARIOS 45
2. CHIFFRAGE DES TRAVAUX 46
3. RESULTATS PAR VARIANTES DE TRAVAUX 49
   - *3.1 Approche Energétique* *49*
   - *3.2 Analyse financière* *51*
   - *3.3 Analyse Carbone* *52*
4. RESULTATS PAR SCENARIOS 53
   - *4.1 Approche énergétique* *53*
   - *4.2 Analyse financière* *54*
   - *4.3 Analyse Carbone* *55*
   - *4.4 Confort d'été* *56*

PARTIE H ANNEXES **57**

ANNEXE 1 : LOCAUX VISITES **57**

ANNEXE 2 : HYPOTHESES DE LA STD **58**

1. FICHIER METEO 58

2. DONNEES D'OCCUPATION 58
3. DONNEES DE CHAUFFAGE 62
4. DONNEES DE CLIMATISATION 62
5. DONNEES D'APPORTS INTERNES 63
6. DONNEES D'ECLAIREMENT 65
7. DONNEES D'EAU CHAUDE SANITAIRE 65

ANNEXE 3 : DETAILS DE LA STD 68

ANNEXE 4 : CONSOMMATIONS DE LA STD 86

ANNEXE 5 : GLOSSAIRE 88

1. GENERALITES 88
2. PAROIS OPAQUES, PAROIS VITREES ET ISOLATION 88
3. SYSTEMES ENERGETIQUES 90
4. ABREVIATIONS, COEFFICIENTS ET PARAMETRES 94

Partie A Préliminaires

1. Présentation de l'étude

Aix-Marseille Université (AMU) est propriétaire de l'**ensemble TPR ; bâtiment situé sur le Campus de Saint-Jérôme**. Cet ensemble, situé au 52 Avenue Escadrille Normandie Niemen à Marseille 13ème, est en cours de rénovation et va faire l'objet d'un marché de maitrise d'œuvre avec garantie de performance énergétique.

AMU a ainsi formulé le besoin de réalisation d'un « **diagnostic énergétique détaillé** » sur ce bâtiment dans le but de permettre, à partir d'une analyse des données du bâtiment, de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économie d'énergie afin notamment de respecter les obligations du Dispositif Eco-énergie tertiaire. L'objectif est d'amener le maître d'ouvrage à décider des investissements appropriés afin de réaliser des économies d'énergie de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050 ou d'atteindre les seuils du DEET en valeur absolue. **Cet audit doit pouvoir servir de base à l'établissement d'un programme de travaux dans le cadre de la rénovation de cet établissement. Le niveau BBC Rénovation est également recherché dans le cadre de cette opération. L'approche est ici une approche globale à l'échelle du bâtiment TPR, ne prenant pas compte des réorganisations opérationnelles dans le bâtiment, car ces dernières n'ont qu'un impact très limité sur la performance énergétique globale du bâtiment.**

Tribu Energie a été mandaté afin de réaliser cet audit énergétique, se déroulant en quatre phases :
Phase 1 – Examen du bâtiment
Phase 2 – Bilan Energétique et préconisations
Phase 3 – Programmes d'amélioration
Phase 4 – Analyse financière

Une visite sur site de l'**ensemble TPR** a été effectuée le **27/06/2024**.

Ce rapport a pour but de mettre en évidence les points forts et faibles du bâtiment en termes de **confort** et de **consommations d'énergies**. Il passe par une analyse fine des données techniques et comportementales du site, permettant de fournir des réponses aux problèmes soulevés, chacune s'étayant d'une proposition de travaux qui seront évaluées en investissement et en gains d'énergie.

Ce rapport comporte un glossaire, en annexe.

Le travail effectué dans le cadre de cette mission est une étude comparative, **ce n'est pas une étude de conception**. Cette étude a pour objectif d'aider les décisionnaires dans leur choix, mais n'entre pas dans le cadre d'une mission d'ingénierie, d'une mission de définition ou de dimensionnement.

Les solutions proposées ci-après ne sont pas exhaustives et doivent être considérées comme une aide à la décision. Aucun document ou dire dans le cadre de cette mission ne peut servir de base à la réalisation de travaux quelconques. Le concepteur et l'entreprise réalisatrice de l'ouvrage sont seuls décisionnaires et responsables des actions à entreprendre.

Clause spécifique, concernant les calculs thermiques, de notre assureur MAF :
L'opération est réalisée dans le cadre de la réglementation RT_{ex} ; la maitrise d'œuvre s'emploiera, dans le cadre de son obligation de moyen, à mettre en œuvre les solutions architecturales et techniques pour obtenir les performances thermiques visées ci-après.
Les résultats de consommations théoriques, obtenus à partir des logiciels de calculs, ne peuvent en aucun cas engager la maitrise d'œuvre sur des consommations réelles dans la mesure où dans ces consommations réelles sont incorporées des consommations qui ne sont pas comptabilisées dans les réglementations et les modèles de calcul. En outre, le comportement des occupants et les conditions climatiques peuvent s'écarter notablement de la moyenne.
Les éventuelles contraintes particulières formulées par le maitre d'ouvrage ne pourront en aucun cas introduire un lien entre les performances théoriques et les consommations réelles.

2. Déroulement de la mission de l'audit énergétique

2.1 Eléments mis à disposition pour l'audit

Document	OUI	NON	Commentaires
Factures d'énergie (électricité)		X	
Factures d'énergie (combustible)		X	
Factures d'eau		X	
Consommations annuelles (électricité)	X		Estimations de 2018 à 2022 **Estimations 2023**
Consommations annuelles (combustible)	X		Estimation de 2018 à 2022 (gaz) **Consommations réelles 2023** (RCU)
Consommations annuelles (eau)		X	
Contrat de maintenance de la chaufferie		X	L'exploitation et la maintenance thermique est réalisée par Dalkia avec un contrat comprenant la fourniture d'énergie (P1)
Contrat de maintenant des systèmes de ventilation		X	
Plan de masse (formats DWG ou PDF)	X		PDF
Plans de niveaux	X		
Elévations de façades	X		
Coupes	X		
Historique des travaux réalisés	X		
Diagnostic amiante	X		Commentaires en partie B
Diagnostic QAI	X		Commentaires en partie B
Diagnostic accessibilité	X		Commentaires en partie B

2.2 Contenu de la mission

La mission a consisté en :

- La récolte des données techniques
- L'exploitation et le traitement des données
- La modélisation du bâtiment et la simulation de son comportement avec le logiciel Pléiades + Comfie
- La proposition d'actions et de travaux pour le respect des seuils du Décret Tertiaire (selon connaissance réglementaire à date de réalisation de l'étude)

2.3 Visite et mesures réalisées

La visite s'est déroulée avec Roland Treglia et Christophe Duprat du service maintenance d'AMU. Etaient également présents Emmanuel Michelland et Joël Lambert de l'entreprise Dalkia, ainsi que Philippe Benaddi, responsable du site. Edouard Champion et Aurélie Amiel ont également participé à la visite pour représenter la section patrimoniale de la maitrise d'ouvrage.

Les locaux visités sont présentés en Annexe 1.

Les mesures réalisées pendant la visite sont présentées ci-dessous :

Type de mesure	OUI	NON	Commentaires
Température intérieure des locaux chauffés	X		Entre 20 °C et 25 °C le jour de la visite.
Température intérieure des locaux non chauffés		X	-
Température extérieure	X		25 °C le jour de la visite.
Humidité intérieure (hygrométrie)		X	Il n'a pas été constaté de dégradations pouvant être dues à des problèmes d'humidité.
Thermographie infrarouge		X	
Débits d'air	X		
Intensité lumineuse		X	

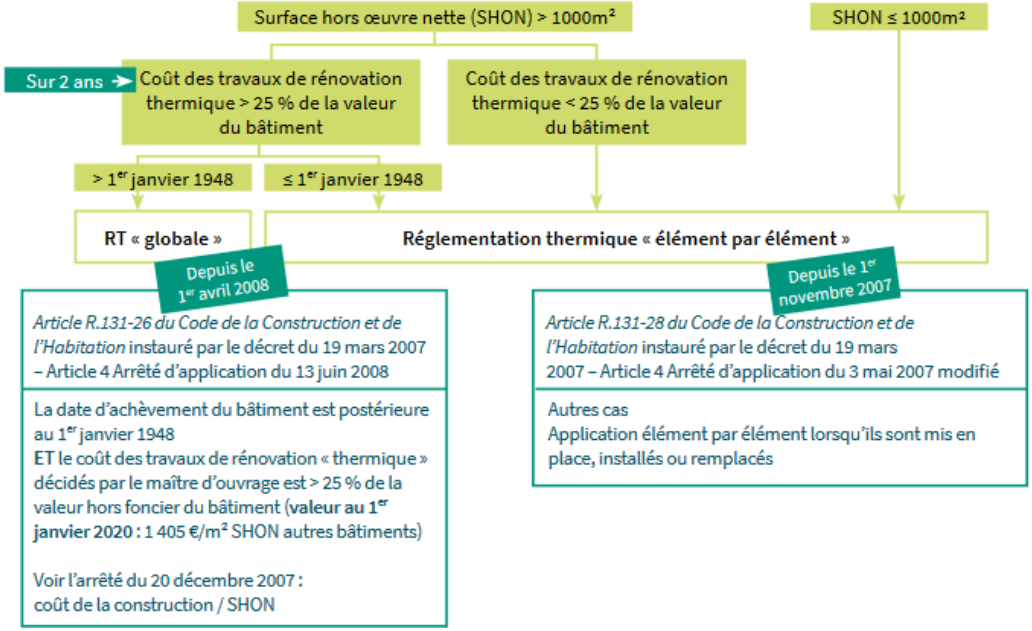
2.4 Travaux effectués

Des travaux sont intervenus sur cet établissement ces dernières années :

- Réhabilitation fonctionnelle de l'aile 4 et d'une partie du Bâtiment Principal (2007-2013)
- Réhabilitation fonctionnelle des ailes 2 et 3
- Réfection d'une part de la toiture terrasse en 2022
- Rénovation de la chaufferie principale gaz en 2022

Les ailes ayant connu des rénovations globales ont pour partie reçues les prestations suivantes : éclairage LED / Menuiseries rénovées avec Brises-Soleil-Orientables ou volets roulants en façade Sud / reprise des armoires électriques / remplacement des équipements de compensation de soufflage ou d'émission de chaleur et de froid.

3. Contexte réglementaire



3.1 Réglementation élément par élément dans les bâtiments existants

Depuis le 1er novembre 2007, dès que des travaux sont réalisés pour le remplacement ou la mise en œuvre d'isolation ou de systèmes (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraichissement, éclairage), ils doivent respecter des performances minimales.

Par exemple, si les murs doivent être isolés → R ≥ 3,2 W/ (m².K) (12 cm de laine de bois, par exemple).

Attention, ces performances minimales ne représentent pas l'optimum des prestations pour des réhabilitations performantes, ce ne sont que des minima réglementaires à respecter.

3.2 Réglementation globale dans les bâtiments existants

Ce bâtiment a été construit avant 1948. La réglementation s'applique aux bâtiments de plus de 1000 m² construits après 1948, lors de travaux de réhabilitation importants (coût des travaux thermiques > 25% de la valeur du bâtiment, fixée à 1709€ HT/m² SHON pour les bâtiments à usage autre que d'habitation) dont le permis de construire ou de travaux est déposé après le 1er avril 2008.

3.3 Réglementation applicable au projet

La réglementation applicable va dépendre du montant des travaux alloués à la partie purement thermique. Si ceux-ci dépassent 427 €HT/m² (soit environ 19.5 M€HT en considérant une surface de 45800 m²), alors la RT globale sera la réglementation à appliquer. En deçà de ce seuil, c'est la RT élément par élément qui sera applicable.

3.4 Dispositif Eco-énergie tertiaire

A ces réglementations s'est récemment ajouté le Dispositif Eco-énergie tertiaire (entré en vigueur le 1er octobre 2019) qui impose à tout bâtiment tertiaire de plus de 1 000 m² des objectifs de réduction de la consommation d'énergie finale. Ces objectifs sont exprimés en valeur relative par rapport aux consommations de l'année de référence (par exemple 2010) :

Référence → -40% en 2030 → -50% en 2040 → -60% en 2050

L'arrêté d'application du 24 novembre 2020 (paru au journal officiel le 17 janvier 2021) fixe les valeurs absolues à atteindre pour l'année 2030. Les outils de modulation des valeurs absolues de 2030 n'étant pas encore opérationnels, les valeurs des années 2040 et 2050 n'étant pas connues à ce stade et le patrimoine audité présentant des consommations sur l'année de référence relativement importantes, les valeurs exprimées en gain relatif sont celles utilisées dans ce rapport.

Les actions destinées à atteindre ces objectifs portent notamment sur :

- La performance énergétique des bâtiments ;
- L'installation d'équipements performants et de dispositifs de contrôle et de gestion active de ces équipements ;
- Les modalités d'exploitation des équipements ;
- L'adaptation des locaux à un usage économe en énergie et le comportement des occupants.

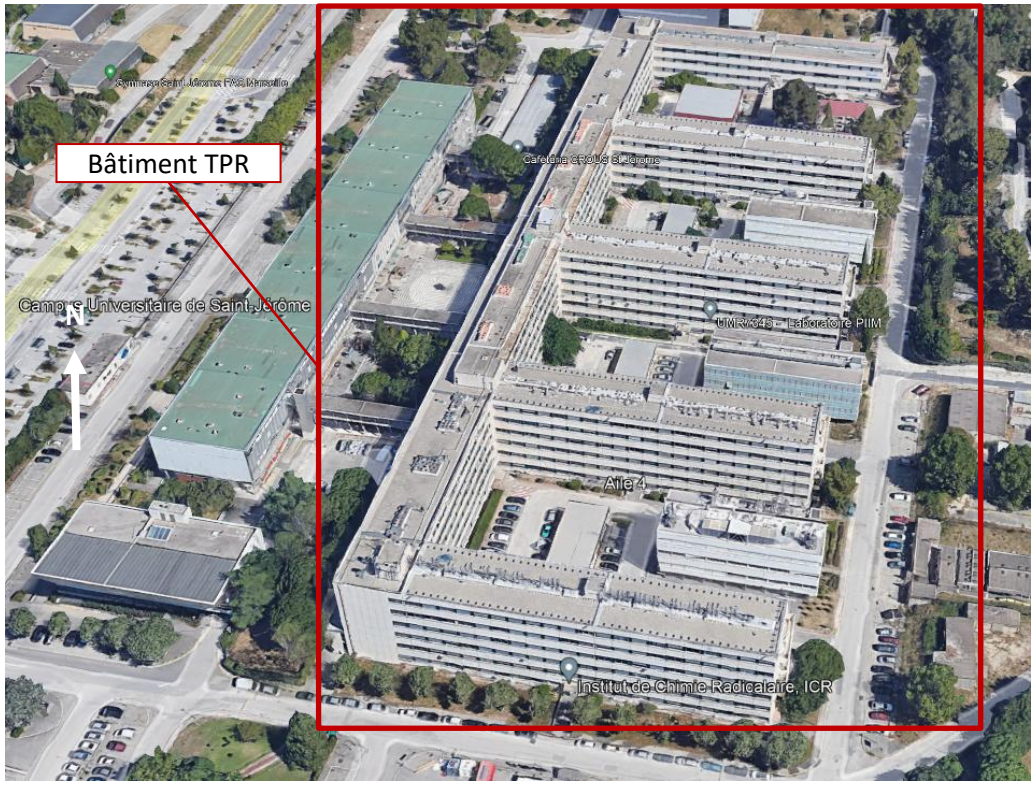
De plus, une plateforme informatique gérée par l'ADEME permet le recueil et le suivi de la réduction de la consommation d'énergie finale des bâtiments tertiaires.

Ce bâtiment rentre dans le périmètre du dispositif éco-énergie tertiaire. L'analyse des factures sur 10 ans, et l'établissement de préconisations afférentes au DEET, sont appliqués à cet audit.

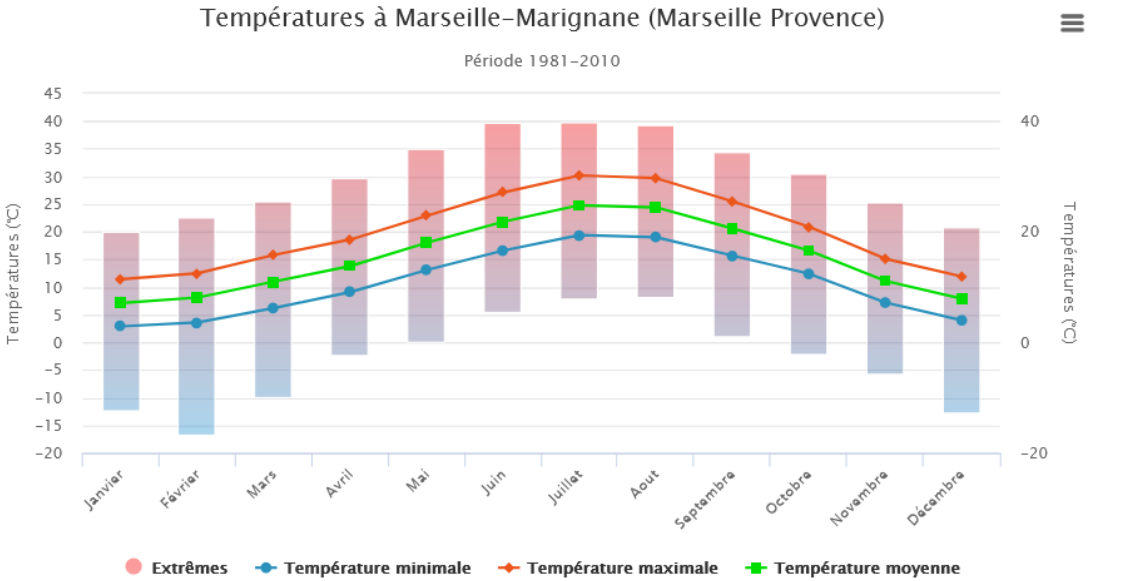
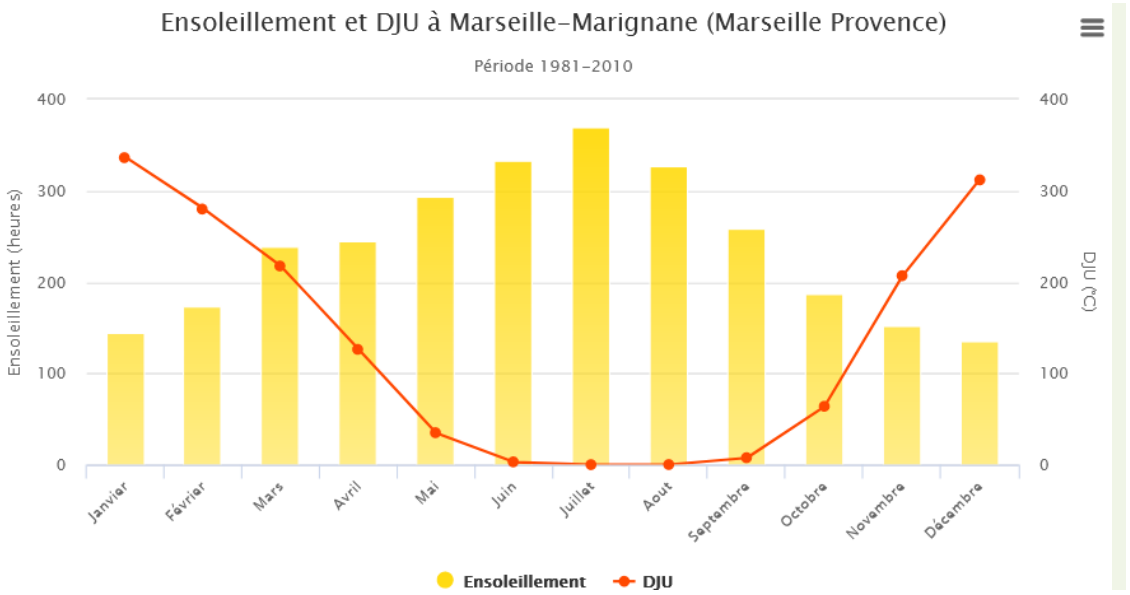
Partie B Description générale du site

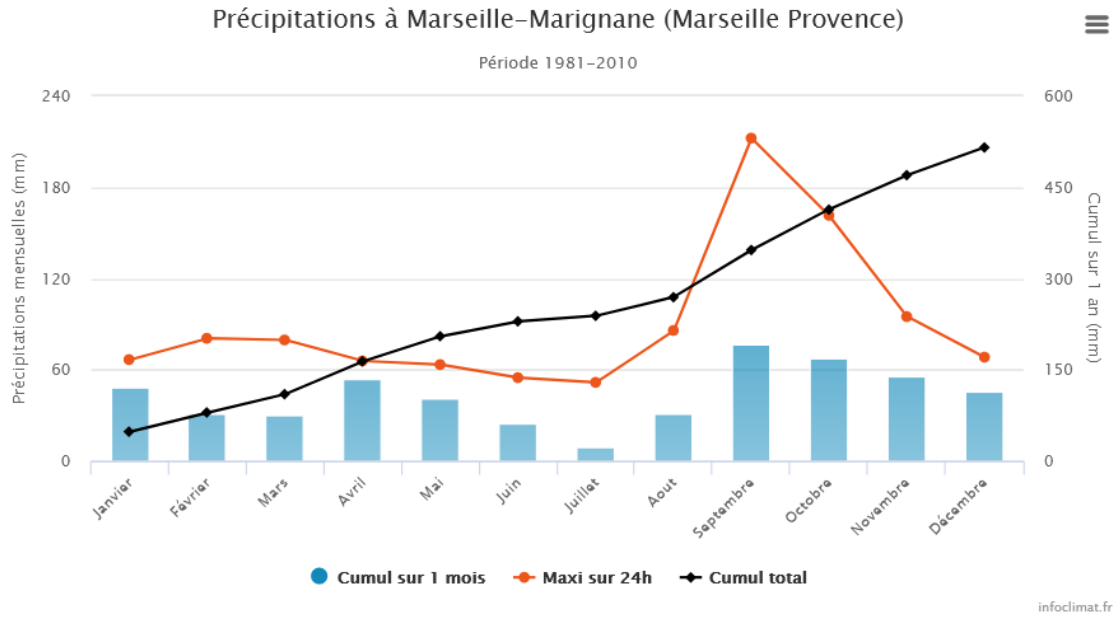
1. Caractéristiques du site

Nom	Ensemble TPR
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Altitude moyenne	111 m
DJU base 16°C	1 127 (en moyenne pour 2017, 2018, 2019)
Nombre d'étages	6 niveaux + sous-sol occupé
Surfaces utiles par bâtiment	45 800 m²SU
Orientations principales	Façades Nord et Sud prépondérantes
Mitoyennetés	Aucune
Masques	Bâtiment de 14 mètres de hauteur à l'Ouest ; nombreux arbres
Occupation	Occupation de 1450 personnes Occupation journalière calée sur des horaires d'enseignement
Type de chauffage	Gaz naturel en chaufferie (6 sous-stations)
Objectif de performance énergétique	Rénovation performante avec obligation réglementaire DEET



2. Données climatiques

Donnée	Valeur annuelle	Graphe
Température extérieure moyenne	15,4°C	
DJU* moyen (2015-2023) (chauffage) ***Degré Jour Unifié, base 16°C. Source Cegibat.***	1091	
DJU moyen (2009-2021) (refroidissement) ***Degré Jour Unifié, base 26°C. Source Cegibat.***	146	
Ensoleillement	2858 h	

Donnée	Valeur annuelle	Graphe
Précipitations cumulées	515 mm	

3. Potentiel Photovoltaïque

L'établissement fait partie des sites pré-identifiés comme intéressants en vue de la solarisation (mise en place de panneaux solaires photovoltaïques) pour la maitrise d'ouvrage : les ombres portées par les bâtiments voisins en toiture sont inexistantes, il faut néanmoins noter comme frein le nombre d'équipements techniques et d'édicules en toiture qui représentent de grandes surfaces.

4. Analyse du confort

Les usagers rencontrés lors de la visite ont fait part :
- d'une hétérogénéité des températures durant la saison de chauffe
- d'un inconfort estival existant pendant les périodes de canicule sans être le bâtiment le plus critique (températures maximales de l'ordre de 34°C évoquées).
- d'équipements de climatisation parfois sous-dimensionnés dans les zones de laboratoire.

5. Diagnostics Amiante, QAI et Accessibilité

S'agissant de l'amiante, les rapports DTA font état de présence d'amiante dans les **conduits en locaux chaufferie ; les dalles de sol plastique ; les gaines de vide ordure et de ventilation ; les plaques coupe-feu et certains parements de mur de laboratoire ; certains plans de paillasse ; certaines fenêtres et imposte avec une présence de fibre ciment ; les plafonds et enduit projetés**.

Concernant la qualité d'air intérieur, aucun élément ne nous a été transmis.

L'indice d'accessibilité du bâtiment est de 54% ; 136 obstacles « moteurs » ont été dénombrés.

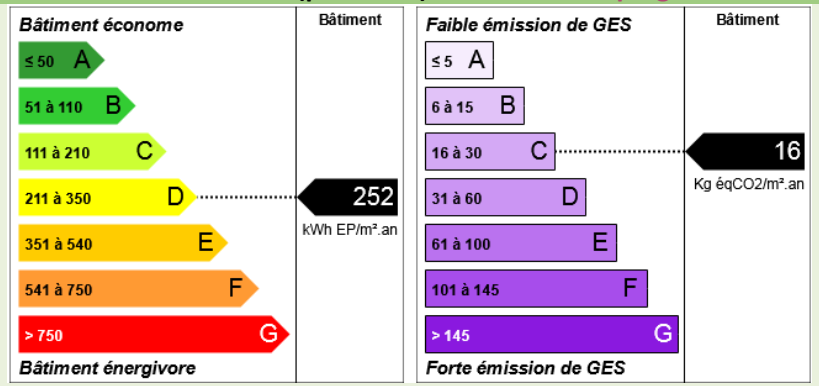
Partie C Synthèse

1. Etat des lieux

DONNÉES ADMINISTRATIVES ET D'ACTIVITÉS	
Nom	Ensemble TPR
Activité	Etablissement d'enseignement supérieur : Laboratoires, Bureaux chercheurs, Enseignement
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Année de construction	1964
SU (Surface Utile chauffée)	45800 m²SU
Objectif de performance énergétique	Rénovation performante avec obligation réglementaire DEET
Type de chauffage	Gaz naturel en chaufferie principale (6 sous-stations)

BILAN DES CONSOMMATIONS ANNUELLES : MÉTHODE FACTURES	Chauffage (kWh EF ou kWh PCI/an)	Electricité (kWh EF)
Année 2017 (estim.)	2 957 094	4 149 488
Année 2018 (estim.)	2 907 229	4 219 553
Année 2019 (estim.)	2 163 405	4 298 858
Comptage chauffage (hiver 2023/2024)	1 829 470	4 194 924
Moyenne des consommations [kWh EF/m²SU.an] (estim.)	**58,4**	**92,2**
Comptage chauffage (hiver 2023/2024)	40	92

ÉTIQUETTES ÉNERGIE ET CLIMAT (par m²SU) – sur base comptage 2023



OCCUPATION DE L'ETABLISSEMENT	
Occupation hebdomadaire	Occupation en journée (9h-18h) du lundi au vendredi
Occupation annuelle	Pas de fermeture annuelle en août Une semaine de fermeture comptée dans les simulations entre Noël et le nouvel an

BILAN CONFORT	
Confort d'été	Auprès de quelques occupants croisés : confort passable en période de canicule, pas le pire bâtiment du Campus / Température intérieure de 34°C évoquée
Confort hygrothermique (Hiver)	Mauvais : défauts d'étanchéité des menuiseries simple vitrage / puissances de chauffage par équipements de soufflage apparaissant parfois sous-dimensionnées
Qualité d'air intérieur	Pas de relevé transmis / Problème évoqué sur des sorbonnes "bas débit" ne permettant pas l'extraction d'air suffisante

DESCRIPTION SOMMAIRE DES PAROIS ET SYSTEMES	
Murs extérieurs	Murs en béton préfabriqué non isolés
Toiture	Toiture terrasse gravillonnée isolée sur dalle béton Hypothèse : 10 cm de laine de roche Reprise partielle (Isolation Polyuréthane / Etanchéité) en 2022.
Menuiseries	En grande majorité : Simple vitrage métallique Ponctuellement : Double vitrage Alu ancien 4/14/4 Sur certains locaux rénovés des ailes 2/3/4 : Double vitrages Alu. à rupteur de ponts thermiques 4/16/4
Protections solaires	Brises soleils orientables ou volets roulants en façade Sud et Ouest
Plancher bas	Dalle béton non isolée sur vide-sanitaire
Ventilation	Extraction par les sorbonnes / Compensation par des grilles en façade ou des équipements spécifiques de soufflage Extraction hygiénique dans les sanitaires (caissons en toiture)
Type de chauffage	6 échangeurs sur le réseau de la chaufferie gaz naturel à condensation (2022)
Type d'ECS	Radiateurs à ailettes Equipements de soufflage (avec batterie chaude)
Eclairage	Ballons décentralisés électriques "effet joule"

Par ailleurs, les mesures suivantes dont les gains ne peuvent pas être quantifiés par simulation thermique sont à envisager : **implication des occupants afin d'adopter des comportements vertueux et peu consommateurs (notamment par la mise en place de sous-comptage), vérification de l'adéquation des plannings de consigne de chauffage en fonction de l'occupation réelle**, **désembouage de l'installation, mise en œuvre d'une gestion technique du bâtiment (GTB)**.

3. Positionnement DEET

Le graphique ci-dessous présente les résultats en termes de consommations vis-à-vis du décret tertiaire (kWh en DEET (énergie finale, sauf pour les RFU et RCU) ; en prenant en compte la correction climatique).

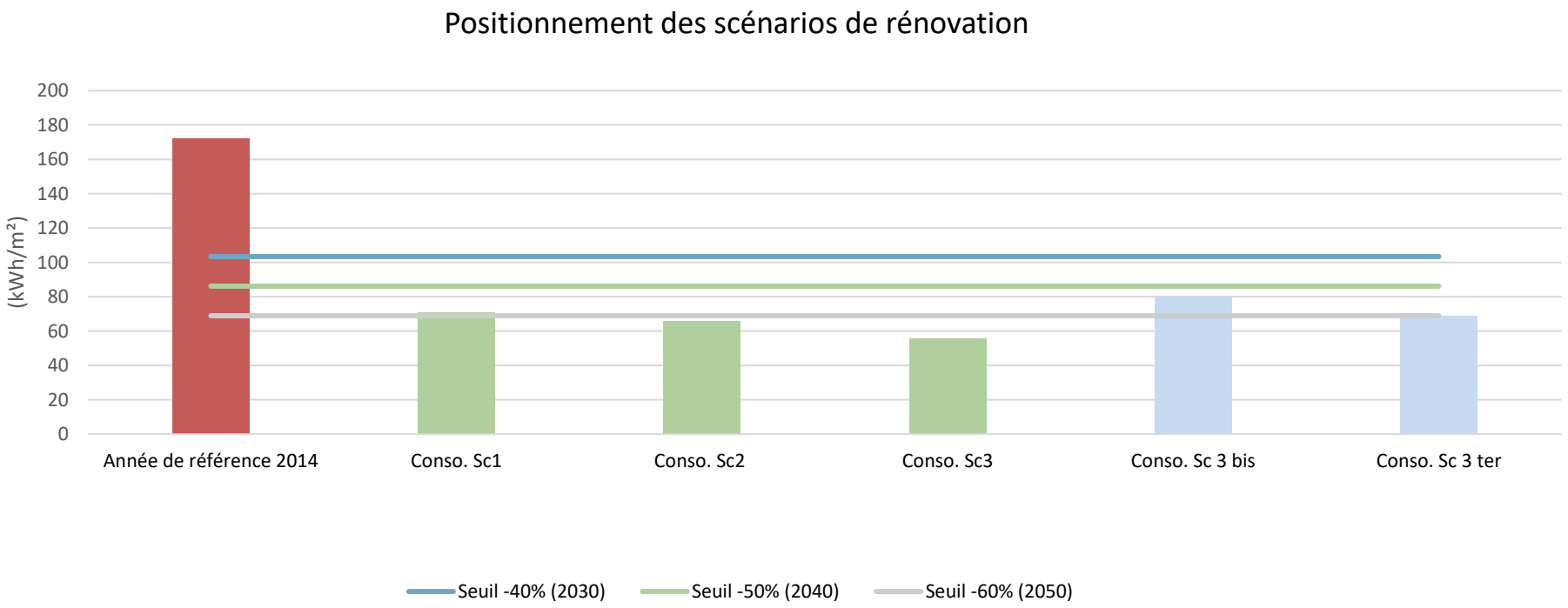


Figure 1 : Positionnement des scénarios vis-à-vis du décret tertiaire

Il est établi que les trois scénarios 1, 2 et 3 d'intervention sont compatibles avec le **seuil de 2050** de réduction de consommation (seuil en valeur relative : -60% ; les seuils en valeur absolues n'étant pas publiés pour cette typologie de bâtiment). Le scénario 1 se situe à l'extrême limite du seuil de 2050.

Par ailleurs, comme vu plus bas, dans la section d'analyse des consommations, une part importante des consommations du bâtiment sont liées à des consommations électriques liés au process de laboratoire (ou à de la bureautique), sur lesquels un gain énergétique est également possible.

4. Positionnement RTex Globale

4.1 Scénario 3

Dans l'optique du positionnement vis-à-vis de l'atteinte d'un niveau BBC Rénovation, un calcul a été mené sur le bâtiment actuel et sur le scénario 3.

Valeurs de coefficient de déperditions U_{bat}

U_{bat} base	U_{bat} projet	U_{bat} max	U_{bat} initial
0.831	0.615	1.247	2.077

Le niveau BBC Effinergie Rénovation nécessite l'atteinte d'un U_{bat} projet inférieur à la valeur U_{bat} base, ce qui est atteint pour le scénario 3.

Valeurs de consommations en énergie primaire C_{ep}

C_{ep} initial	C_{ep} projet	C_{ep} ref
95.5	45.3	78.1

Le niveau BBC Rénovation correspond à un gain de 40% sur le Cep ref, soit ici Cep_{BBC} = **46.8 kWh_{EP}/m^2.**
Ce niveau est donc atteint avec le scénario 3 (45.3 kWh_{EP}/m^2).

4.2 Scénario 3 bis

Valeurs de coefficient de déperditions U_{bat}

U_{bat} base	**U_{bat} projet**	U_{bat} max	**U_{bat} initial**
0.831	**1.478**	1.247	**2.077**

Valeurs de consommations en énergie primaire C_{ep}

C_{ep} initial	**C_{ep} projet**	C_{ep} ref
95.5	**67.6**	78.1

4.3 Scénario 3 ter

Valeurs de coefficient de déperditions U_{bat}

U_{bat} base	**U_{bat} projet**	U_{bat} max	**U_{bat} initial**
0.831	**0.615**	1.247	**2.077**

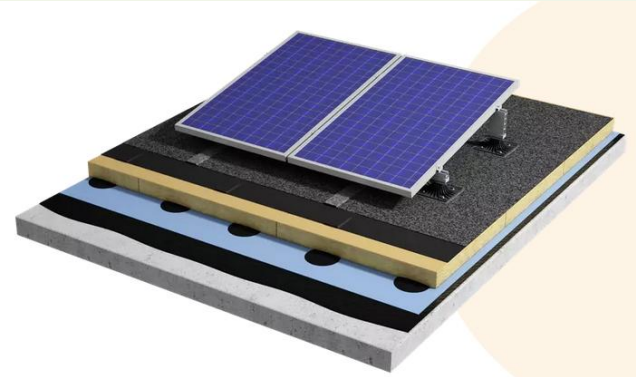
Valeurs de consommations en énergie primaire C_{ep}

C_{ep} initial	**C_{ep} projet**	C_{ep} ref
95.5	**54.6**	78.1

Partie D Description détaillée de l'état initial et des actions proposées :

1. Enveloppe du bâtiment

1.1 Toitures

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Repérage Une seule typologie de toiture existe sur ce bâtiment : il s'agit de toitures terrasses gravillonnées non accessibles au public. *Figure 2 : Plan de repérage des toitures*	**Potentielle implantation de panneaux photovoltaïques** Il existe un intérêt à installer des panneaux photovoltaïques sur cette toiture n'ayant aucun masque solaire lointain. Il faudra conserver des cheminements possibles en toiture et s'éloigner des équipements techniques (ou surélever les panneaux) pour éviter l'impact de masques proches avec un soleil rasant. Il est important d'agir simultanément sur la réfection de toiture (isolation, étanchéité) et sur la mise en place de panneaux photovoltaïques, pour disposer d'assemblages support PV / Etanchéité sous avis technique. Les systèmes lestés ne sont pas privilégiés dans le cadre de ce rapport d'audit, en l'absence de connaissance sur les contraintes structurelles. N.B. : avant la mise en œuvre de panneaux photovoltaïques, une validation par étude de structure sera à réaliser. Malgré une surface importante en toiture de 8850 m², les nombreux passages d'équipements techniques nous poussent à proposer une surface photovoltaïque de « seulement » **600 m²** : les parties Sud des ailes semblent revêtir plus d'intérêt pour cette implantation que leur partie Nord ou la toiture de liaison qui leur est transversale. Sur chaque aile une bande de 2m*60m de panneaux est prise en compte.  *Figure 8 : Types de fixations pris en compte*

Toitures Terrasses gravillonnées inaccessibles

Ces toitures ont été rénovées en 2022 à l'occasion de réfection de toiture comprenant l'étanchéité et l'isolation. Le périmètre de cette intervention a été déterminé grâce aux élément transmis par la maitrise d'ouvrage. Il s'avère que les toitures rénovées en 2022 ne concerne qu'une petite partie du bâtiment TPR (environ 15 % en surface).

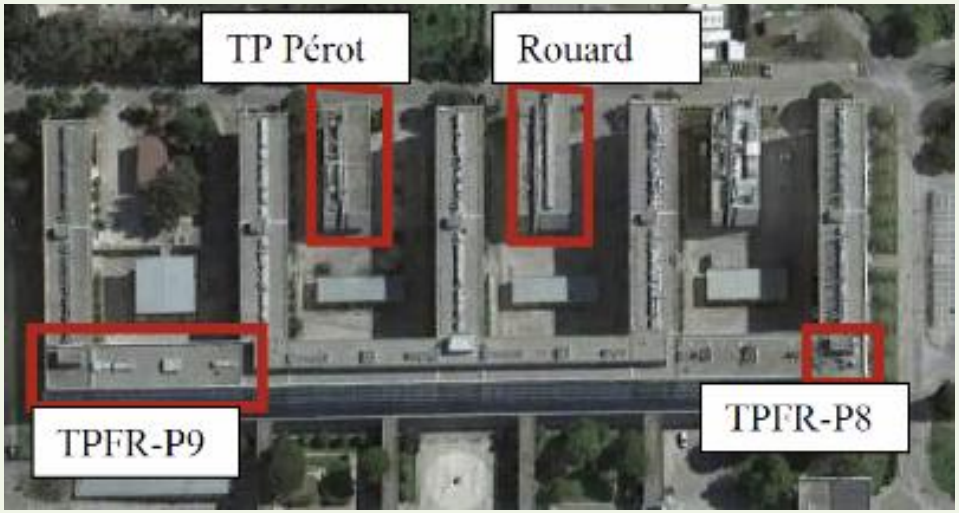


Figure 3 : Zones de toiture terrasse rénovées

Figure 4 : toitures terrasses inaccessibles

La souplesse de l'isolant constatée lors de la visite en toiture laisse à penser qu'un isolant en laine de roche plutôt qu'en polyuréthane serait présent en toiture courante.

Les panneaux photovoltaïques pris en compte dans l'étude sont des panneaux TSM450 du Fabricant Vertex S+ ou équivalent. Ces modules ont une surface de 1.99 m². Ils permettent de fournir 450 Wc avec un rendement de 22.5%.

Pour la totalité de l'installation, **135 kWc**, six onduleurs de 25 kW sont à prévoir. Les rendements de l'onduleur Sunny Central 400 MV de SMA sont pris en compte dans les calculs. Les panneaux pris en compte sont des panneaux semi-horizontaux (inclinaison de 10°, système Soprasolar ou équivalent). Cette inclinaison de 10° est intéressante pour limiter l'encrassement sur les panneaux.

Le productible annuel est estimé 191 MWh. L'hypothèse la plus appropriée d'une autoconsommation sur site est prise en compte, avec un taux d'autoconsommation évalué à 100% et un taux d'autoproduction (couverture des besoins totaux du bâtiment) estimé à 5%.

Toitures Terrasses gravillonnées inaccessibles

Nous conseillons, lors de la prochaine réfection de toiture, d'effectuer une reprise de l'isolant et de mettre en œuvre un isolant permettant d'atteindre une résistance thermique R > 7.5 m².K/W (à partir de 15 cm d'isolant polyuréthane). **L'épaisseur conseillée, et prise en compte dans l'étude, est de 16 cm**.

Le DTU 43.1 impose de laisser une hauteur de 15 cm entre l'étanchéité en partie courante et le haut du relevé d'étanchéité, **il n'y a donc pas de réhausse d'acrotère à prévoir** (seule la toiture de l'édicule central possède moins de 10 cm de marge pour un épaississement de l'isolant)**.**

Composition de la paroi (toiture courante): Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Plénum (30 cm) + Dalle Béton (10 cm) + Isolant laine de roche Th40 (10 cm) + couverture gravillonnée (5 cm)

Etat : Correct

Coefficient U : 0.32 W/m².K (méthode Th-U)

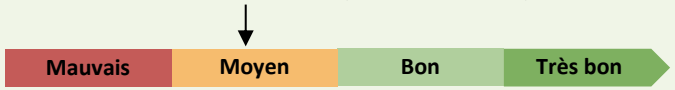


Figure 5 : Performance thermique de la toiture

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou R < 3,5 m²K/W
Bon: isolant en place, 3,5 < R < 7 m²K/W
Très bon: R > 7 m²K/W

Composition de la paroi (rénovation 2022)**:** Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Plénum (30 cm) + Dalle Béton (10 cm) + Isolant polyuréthane Th28 (10 cm)+ couverture gravillonnée (5 cm)

Etat : Bon

Coefficient U : 0.24 W/m².K (méthode Th-U)

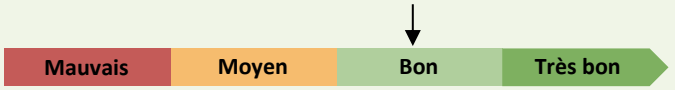


Figure 6 : Performance thermique de la toiture

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou R < 3,5 m²K/W
Bon: isolant en place, 3,5 < R < 7 m²K/W
Très bon: R > 7 m²K/W

La hauteur d'acrotère a été relevée à 26 cm lors de notre passage en toiture :

Figure 7 : Relevé de la hauteur d'acrotère

Figure 9 : Isolation toiture terrasse (avec ou sans végétalisation)

Les DTU 43.1 à 43.5 concernant les travaux de toiture terrasse seront à respecter.

La mise en place d'une toiture végétalisée serait souhaitable mais représente **beaucoup de complexité vis-à-vis des nombreux éléments présents en toiture et des réhausses d'acrotère qui deviendraient alors obligatoires** : le gain sera principalement l'été, grâce à l'inertie supplémentaire et à l'évapotranspiration des végétaux. Pour une paroi avec un bon niveau d'isolation, le gain en hiver (sur les déperditions) est en revanche très limité.

N.B. : dans l'étude technico-économique concernant cette préconisation, les éventuels coûts de travaux hors isolation-étanchéité n'ont pas été pris en compte. Une étude structurelle devrait vérifier que la toiture a la capacité de supporter une épaisseur de substrat de terre et déterminera quelle est l'épaisseur à envisager, si cette option était envisagée.

Afin d'égaliser les niveaux de toitures avec les nouvelles épaisseurs d'isolant, un sur-épaississement de la couche gravillonnée pourrait être nécessaire pour les parties déjà reprises en 2022.

1.2 Murs

ETAT ACTUEL

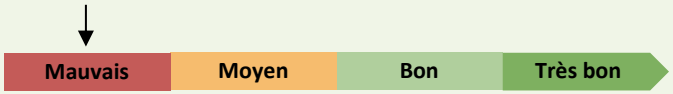
Murs extérieurs courants

Les murs extérieurs du bâtiment sont des murs en béton, non isolés :

Figure 10 : Murs extérieurs du bâtiment

Les éléments en béton de façade sont des éléments de béton préfabriqués, raccrochés structurellement à la façade. Le mode constructif du bâtiment correspond à une construction poteau / poutre. L'épaisseur des murs est de 25 cm. Au vu de la date de construction du bâtiment (1964), le béton retenu est un béton lourd classique avec ciment portland.

Composition de la paroi : Béton (25 cm)
Etat : Correct
Coefficient U : 1.8 W/m².K (d'après la méthode Th-U)



Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou R < 2,5 m²K/W
Bon: isolant en place, 3,2 < R < 5 m²K/W
Très bon: R > 5 m²K/W

Figure 11 : Performance thermique des murs extérieurs

RECOMMANDATIONS

Murs extérieurs courants

Dans le cadre d'une rénovation d'envergure, nous préconisons de mettre en place une **isolation extérieure** avec de la laine de verre 18 cm. La résistance thermique sera supérieure à 5,3 m².K/W.

L'isolation par l'intérieur pourrait également s'envisager mais :
- elle génère d'importants ponts thermiques à la liaison entre la façade et les refends et planchers intermédiaires ;
- elle nécessite une intervention à l'intérieur du bâtiment ;
- elle nécessiterait une dépose / repose des radiateurs et réseaux ;
- elle réduirait les surfaces utiles de l'établissement ;
- elle dégraderait l'inconfort estival avec une moindre inertie thermique.

L'isolant extérieur sera très vraisemblablement fixé sur rail métallique :

- (solution possible sous bardage tout aspect ou enduit hydraulique avec isolation laine de roche), mais cette technique induit des ponts thermiques structurels, donc diminue la performance thermique. Une façade isolante de type Façade F4 avec **raccrochement structurel sur les dalles** est proposée à ce stade :

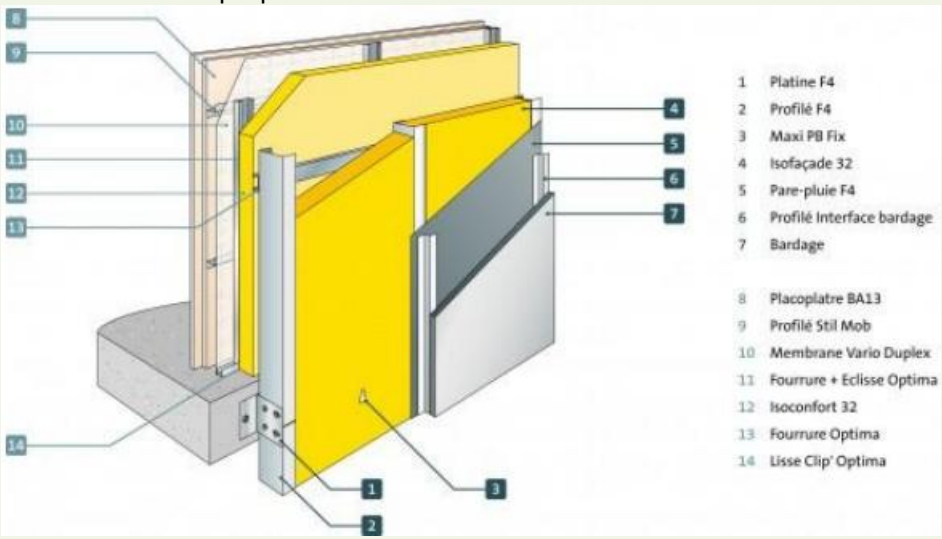


Figure 14 : Type d'isolation proposé

Murs extérieurs isolés des sections rénovées

Pour les sections ayant été rénovées, un doublage intérieur a été mis en œuvre :

Figure 12 : Mur isolé par l'intérieur

Sans mode de sondage destructif, il n'a pas été possible de déterminer l'épaisseur d'isolant, mais d'après les DOE transmis, il semble que 75 mm de laine de verre aient été mis en œuvre.

Composition de la paroi : Plaque de plâtre (1 cm) / Laine de verre Th 32 (75 mm) / Béton (25 cm)
Etat : Bon
Coefficient U : 0.37 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

Figure 13 : Performance thermique des murs extérieurs

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou R < 2,5 m²K/W
Bon: isolant en place, 3,2 < R < 5 m²K/W
Très bon: R > 5 m²K/W

- Option <u>écartée</u> : Isolant collé sur la façade (enduit mince avec isolant laine de roche), risque sur la comptabilité du support avec la technique par collage.

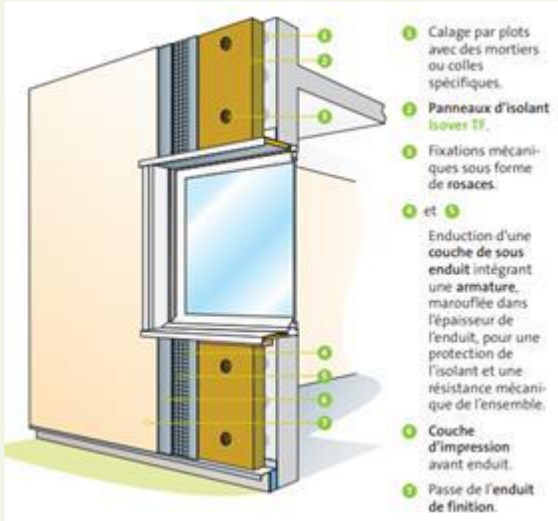


Figure 15 : Isolation extérieure collée sur la façade

N.B. : Il sera indispensable d'effectuer des **retours d'isolant** sur les embrasures des menuiseries avec R>1 m².K/W et il est intéressant de combiner cette intervention à celle sur les menuiseries extérieures ou **de prévoir les épaisseurs de tapées nécessaires au retour d'isolant lors du remplacement des menuiseries**, si celui-ci est anticipé par rapport à l'ITE.

Les DTU 20.1, 23.1, 27.1, 41.2, 55.2 concernant l'isolation par l'extérieur sont à respecter.

==========

Respect des conditions de CEE :
Résistance thermique de l'isolation supérieure ou égale à 3,7 m².K/W

==========

RTex/élément : Les parois doivent respecter l'exigence de résistance thermique minimale R de l'ensemble paroi + isolant en m².K/W de 2,9 W/m².K.

1.3 Fenêtres, portes et protections solaires

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS

Menuiseries simples vitrages métalliques :

Une part importante des menuiseries sont restées en simple vitrages métalliques.

Figure 16 : Menuiserie SV métalliques

Protections solaires : Aucune en façades Nord et Est / Volets roulants en façade Sud et Ouest

Etat : Vétuste

Caractéristiques thermiques menuiseries :

Uw=5.4 W/m²K // Sw= 0.65 // Tl = 0.65

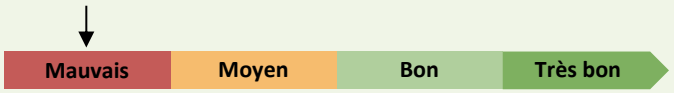


Figure 17 : Performance thermique des menuiseries

Mauvais: simple vitrage et/ou état très dégradé et/ou absence critique de protections solaires
Moyen: double vitrage ancien (plus de 15 ans) et/ou protections solaires peu efficaces
Bon: double vitrage récent moins de 15 ans
Très bon: double ou triple vitrage très récent

Menuiseries simples vitrages métalliques :

Nous préconisons le remplacement par des menuiseries métalliques simple vitrage par des doubles vitrages 4/16/4 à lame d'argon et rupteurs de ponts thermiques.
L'acoustique pouvant être un sujet sur cet établissement, il serait intéressant de prévoir des doubles vitrages phoniques en façade Ouest (précisions à compléter et valider par un BE acoustique).
Des ouvertures **oscillo-battantes** seront à retenir, de manière à permettre une ventilation naturelle par ouverture des fenêtres.
Des vitrages à contrôle solaire sont à prévoir pour limiter les apports solaires (hors façade Nord).
Les caractéristiques ci-dessous sont à prévoir pour le respect des critères CEE :

- Uw ≤ 1.3 W/m².K et Ug < 1.1 W/m².K
- Sw (facteur solaire hors protection) = 0.3
- Tl (transmission lumineuse) ≥ 0.5

Figure 24 : Menuiseries aluminium double vitrage à rupteurs de ponts thermiques

Nous recommandons le remplacement de ces fenêtres avec **dépose des ouvrants et des dormants** malgré les contraintes que cela va engendrer (milieu occupé, reprises de maçonnerie, peintures, etc..).

Cette opération nécessitera une vérification concernant la présence d'amiante.

Doubles vitrages Aluminium 4/14/4 :

Certaines fenêtres, comme celles des sections D61 / D62 réservées à l'école Centrale Marseille, ont été remplacées par des menuiseries coulissantes aluminium, avec un double vitrage ancien : 4/14/4

Figure 18 : Menuiserie DV Alu 4/14/4 (façade Est à gauche / Ouest à droite)

Protections solaires : Aucune en façades Est et Nord / Volets roulants en façades Sud et Ouest

Etat : Bon

Caractéristiques thermiques menuiseries :

Uw=3.0 W/m²K // Sw= 0.5 // Tl = 0.60

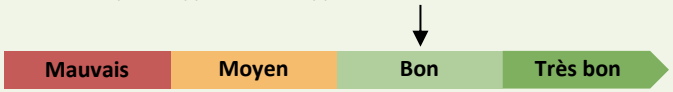


Figure 19 : Performance thermique des menuiseries

Mauvais: simple vitrage et/ou état très dégradé et/ou absence critique de protections solaires
Moyen: double vitrage ancien (plus de 15 ans) et/ou protections solaires peu efficaces
Bon: double vitrage récent moins de 15 ans
Très bon: double ou triple vitrage très récent

Les DTU 36.1, 37.1 et 37.2 sont à respecter.

==========

RTex/élément : Les fenêtres et portes-fenêtres : U < 1,9 W/m².K.

Afin de limiter les apports thermiques problématiques en été, des protections solaires extérieures seront à prévoir. Des **brises soleils extérieurs** sont prévus dans cet audit, mais des volets roulants peuvent également être retenus (moins coûteux, thermiquement aussi efficaces que les BSO, mais plus assombrissants, et générant des problématiques de perméabilité à l'air). Il est conseillé la pose en tunnel de BSO (plutôt qu'en applique), couplée avec l'intervention d'isolation sur les façades, pour une meilleure durabilité.

Figure 25 : Exemple de BSO, gamme Profalux

Le bâtiment est actuellement relativement vitré, avec notamment des parties extérieures (à gauche ou à droite des vitrages) pouvant donner sur des sorbonnes :

Figure 26 : Fenêtres apparaissant légèrement surdimensionnées

Ainsi, il est proposé de réduire de 40 cm (sur 2,6 m) la largeur des menuiseries situées sur les façades Est et Nord (façades bénéficiant moins des apports solaires de chaleur et de luminosité, et façade disposant le plus de sorbonnes). Pour ces surfaces, les vitrages sont à remplacer par des châssis opaques isolants fixes.

Doubles vitrages Alu 4/16/4 :

Des menuiseries ont été remplacées depuis 2007, dans le cadre du CPER 2007-2013 sur les ailes 3 et 4, par exemple. Les menuiseries alors mises en œuvre sont performantes (Double Vitrage 4/16/4 à rupteurs de ponts thermiques).

Figure 20 : Menuiserie DV Alu

Ces fenêtres sont ouvrantes de façon coulissante.

Protections solaires : Aucune en orientation Nord / BSO ou volets roulants en orientation Sud

Etat : Bon

Caractéristiques thermiques menuiseries :

Uw=2.0 W/m²K // Sw= 0.40 // Tl = 0.50

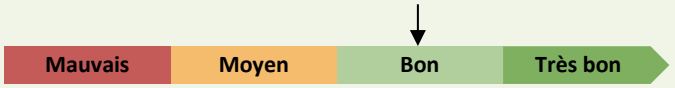


Figure 21 : Performance thermique des menuiseries

Mauvais: simple vitrage et/ou état très dégradé et/ou absence critique de protections solaires
Moyen: double vitrage ancien (plus de 15 ans) et/ou protections solaires peu efficaces
Bon: double vitrage récent moins de 15 ans
Très bon: double ou triple vitrage très récent

Doubles vitrages Aluminium 4/14/4 (cf. plus haut ci-contre) :

Les doubles vitrages 4/14/4 (et inter-lames inférieurs ; installées avant 2007) pourront être remplacés lors d'une rénovation énergétique d'envergure.

Doubles vitrages Alu 4/16/4 :

Ces menuiseries pourront être **conservées**.

Un repérage exact des menuiseries déjà remplacées par des doubles vitrages performants serait à effectuer dans le cadre d'une phase DIAG d'une mission de maitrise d'œuvre de rénovation du bâtiment TPR, mais il peut d'ores-et-déjà être considéré que les ensembles suivants bénéficient de vitrages performants, homogène à ce qui est proposé plus haut : 231 ; 232 ; 222 ; 361 ; 351 ; 352 ; 452 ; 421 ; D21 ; D11.

Porte d'entrée bois simple vitrage :

Ces portes d'entrées, peu efficaces énergétiquement et peu étanches, datent vraisemblablement de la construction du bâtiment.

Figure 22 : Porte d'entrée vitrée

Ces portes ne sont pas étanches à l'air : d'importants jours sont visibles autour des menuiseries bois.

Protections solaires : -
Etat : Passable
Caractéristiques thermiques menuiseries :
Uw=6.0 W/m²K // Sw= 0.4 // Tl = 0.4

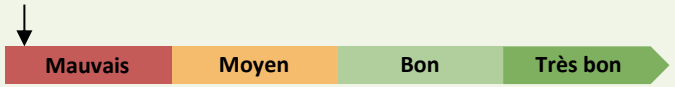


Figure 23 : Performance thermique des menuiseries

Mauvais: simple vitrage et/ou état très dégradé et/ou absence critique de protections solaires
Moyen: double vitrage ancien (plus de 15 ans) et/ou protections solaires peu efficaces
Bon: double vitrage récent moins de 15 ans
Très bon: double ou triple vitrage très récent

Porte d'entrée bois simple vitrage :

Ces portes d'accès sont à remplacer par des portes d'entrée performantes et étanches, avec des niveaux de performances permettant l'attribution de CEE :

Les caractéristiques ci-dessous sont à prévoir pour le respect des critères CEE :

- Uw ≤ 1.3 W/m².K et Ug < 1.1 W/m².K
- Sw (facteur solaire hors protection) = 0.3
- Tl (transmission lumineuse) ≥ 0.5

1.4 Plancher bas

ETAT ACTUEL

Planchers bas donnant sur sous-sols non chauffés :

Le rez-de-chaussée du TPR donne sur des sous-sols non chauffés, comprenant sous-stations, locaux techniques, cuves de récupération d'eau de condensats, et vides-sanitaires permettant le cheminement des canalisations de chauffage.

Figure 27 : Locaux de sous-sol non chauffés et non-occupés

En dehors des sous-stations, pour lesquelles la dalle est isolée par des plaques de Fibrastyrène en sous-face, la dalle n'est pas isolée.

Composition : Dalle Béton (15 cm)
Etat : Correct
Coefficient U : 3.2 W/m².K (calcul à partir de la méthode Th-U)

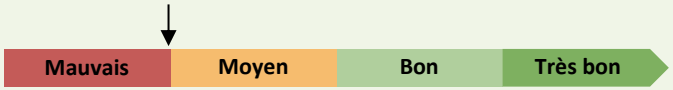


Figure 28 : Performance thermique du plancher bas

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou R < 1 m²K/W
Bon: isolant en place, 1 < R < 3,5 m²K/W
Très bon: R > 3,5 m²K/W

RECOMMANDATIONS

Planchers bas sur sous-sol partiellement chauffé :

La mise en œuvre d'un isolant de type laine de roche d'environ **14 cm** (R > 4.12 m².K/W) paraît relativement simple et intéressante. Toutefois, la pose nécessitera de déposer puis reposer quelques réseaux (électriques et de chauffage).

Figure 29 : type d'isolation prévu en sous face de plancher

==========
Respect des conditions de CEE :
R inférieur ou égal à 3 m².K/W
==========

RTex/élément : Les parois doivent respecter l'exigence de résistance thermique de l'ensemble paroi + isolant de 2,7 m².K/W

1.5 Etanchéité à l'air

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
L'étanchéité à l'air de ce bâtiment est mauvaise. Aucun relevé à la porte soufflante n'a été effectué, mais l'étanchéité à l'air est estimée à 4 $m^3/h.m^2$ sous 4 Pascals, dans la simulation énergétique.	L'étanchéité à l'air du bâtiment sera améliorée avec le remplacement des menuiseries ou la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur, avec une pose soignée. Un Q4 de 1.7 $m^3/h.m^2$ sera à viser pour un bâtiment rénové.

1.6 Ponts thermiques

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Au regard du très faible niveau d'isolation, les ponts thermiques ne sont pas le sujet principal au niveau des déperditions. Malgré tout, la géométrie du bâtiment avec quelques planchers intermédiaires et murs de refend poussent pour une isolation à réaliser par l'extérieur pour limiter les ponts thermiques.	Afin de traiter le pont thermique de plancher bas, il est important de prolonger l'ITE en-dessous du niveau du terrain, sur toute la périphérie du bâtiment. Cela nécessite de réaliser une tranchée sur le pourtour du bâtiment, et de coller un isolant adéquat (polystyrène, par exemple) sur l'espace disponible en soubassement. Idéalement, on pourra réserver 50 cm de hauteur d'isolation, pour une résistance thermique proche de 3 (soit environ 8 à 10 cm). *Figure 30 : isolation périphérique de soubassement, dans la continuité de l'ITE*

1.7 Inertie thermique

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
L'inertie thermique de cet établissement est lourde : chaque niveau possède l'inertie de deux parois : la dalle de plancher bas et les murs de façade (l'inertie de la dalle de plancher haut, n'est pas profitable, du fait de la présence de faux-plafond).	Les solutions « avant-gardiste » de type parois à changement de phase pour gagner en inertie n'ont pas prouvé leur efficacité à ce stade et ne sont pas préconisées dans ce rapport.

2. Systèmes de ventilation

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS

Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est permise par des fenêtres ouvrables, **lorsqu'elles ont conservé leur maniabilité**. Comme le montre la photo ci-dessous les menuiseries possèdent des impostes vitrées fixes.

Figure 31 : Menuiseries ouvrables

Ces menuiseries ne sont pratiquement jamais munies d'entrée d'air. La compensation des débits extraits par les sorbonnes et dans les sanitaires s'effectue avec des grilles en façade et équipement de soufflage, comme présenté ci-après.

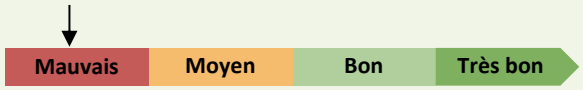


Figure 32 : Performance énergétique de l'équipement

Mauvais: Pas de système de ventilation autre qu'ouverture des fenêtres et/ou ventilation mécanique non fonctionnelle

Moyen: présence de ventilation mécanique simple flux, débits cohérents

Bon: ventilation double flux non optimisé

Très bon: ventilation double flux haut rendement optimisé (efficacité, débits adaptés, faibles puissances de ventilateurs)

Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est un bon complément à une ventilation mécanique, qui sera à conserver avec les nouvelles menuiseries.

Dans le cadre d'une rénovation performante, il sera néanmoins nécessaire de mettre en place une ventilation performante :
- permettant un bon renouvellement d'air
- limitant les déperditions (en hiver)

Avec les contraintes et opportunités présentes (débits importants d'extraction d'air à température ambiante ; présence de locaux serveurs), **des systèmes décentralisés avec reprise de calories et boucle d'eau glycolée sont à étudier, avec extraction par les sorbonnes et compensation par des équipements dédiés dans chaque laboratoire**. La faisabilité d'une seconde récupération de chaleur (en plus de l'air extrait des sorbonnes) avec une boucle de désurchauffeur sur l'unité extérieure de climatiseurs de locaux serveur sera à étudier.

La récupération de calories sur les sorbonnes nécessitera le regroupement des extractions en toiture. Cet équipement de reprise de l'air (des sorbonnes) sera équipé d'une batterie de récupération à eau glycolée.

*Figure 40 : Système **X-Cube du fabricant Trox** (Ecole Centrale Lille)[1]*

[1] Également installé sur les laboratoires ISIS du CNRS de l'université de Strasbourg

Pour les locaux ayant été rénovés, des menuiseries ont été munies d'entrées d'air, côté bureaux, comme côté laboratoire. Il a peut-être constaté qu'une partie de la compensation d'air extrait s'effectuait par défaut d'étanchéité. La pose de nouvelles menuiseries ayant pour vocation de limiter ces défauts, des entrées d'air auraient été mises en place. Quoiqu'il en soit, ces équipements représentant 30 à 45 m^3/h, ils s'avèrent sous-dimensionnés pour la compensation des débits extraits par les sorbonnes.

Figure 33 Fenêtres neuves munies d'entrée d'air

S'agissant de la compensation d'air, la solution de base consistera à mettre en place un **équipement centralisé** qui desservira les zones dans lesquelles un soufflage de compensation est prévu, via des **gaines aérauliques**. Dans ce cas, un soufflage à 95 % dans le laboratoire et 5% dans le bureau sera à prévoir, pour permettre le soufflage des débits d'air neuf hygiéniques prévus par le code du travail dans la zone de bureau (25 m^3/h par personne).

Pour les laboratoires dans lesquels un équipement de compensation avec batterie de préchauffage a été récemment mis en œuvre, cet équipement décentralisé pourra être conservé mais pourra être raccordé sur le circuit d'eau glycolée.

Figure 41 : Système de récupération à eau glycolée

Le positionnement des équipements sera à déterminer précisément dans le cadre d'une mission de maitrise d'œuvre, mais les **locaux vacants situés en édicule de toiture** semblent permettre une <u>maintenance aisée</u> pour cette installation.

Les équipements seront à positionner sur plots antivibratiles dans tous les cas, pour limiter les nuisances acoustiques.

Extraction par les sorbonnes :

Les laboratoires et salles de TP sont équipés de sorbonnes, majoritairement « bas débit » *Secuflow* (modèle Scala 1800 de Waldner). Ces sorbonnes représentent de l'ordre de 500 à 700 m^3/h d'extraction unitaire. L'extraction s'effectue en continu, en dehors des périodes pour lesquelles ces équipements doivent être éteints (nettoyage, ou autre).

Figure 34 : Sorbonnes d'extraction dans les laboratoires et salles de TP

N.B. : il a été noté lors de notre visite que les débits extraits (en sorbonnes bas débit) paraissent sous-dimensionnées pour certains laboratoires impliquant des molécules lourdes stagnant en bas de paillasse.

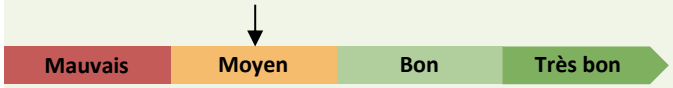


Figure 35 : Performance énergétique de l'équipement

Mauvais: Pas de système de ventilation autre qu'ouverture des fenêtres et/ou ventilation mécanique non fonctionnelle
Moyen: présence de ventilation mécanique simple flux, débits cohérents
Bon: ventilation double flux non optimisé
Très bon: ventilation double flux haut rendement optimisé (efficacité, débits adaptés, faibles puissances de ventilateurs)

Comme le montre la photographie ci-après, les extractions en toiture sont très nombreuses à l'heure actuelle. Il n'existe pas de centralisation des rejets.

N.B. : les systèmes de récupération avec boucle d'eau glycolée donnent des rendements moins élevés que les CTA double flux classiques (échangeurs à roue ou à plaques) mais les contraintes chimiques sur l'air extrait des laboratoires ne permettent pas de mettre en place de telles CTA. Un rendement de récupération énergétique de l'ordre de 60 à 70% peut néanmoins être attendu.

Le pilotage des débits de compensation se fera sur la base de la régulation du fabricant, prenant en compte le nombre de sorbonnes en marche. Des registres permettront la desserte des zones concernées.

Il sera indispensable de permettre la télégestion de cette installation, avec remontée de points sur la GTB et comptages énergétiques prouvant l'efficacité de la récupération énergétique.

Attention, la mise en place de tels équipements centralisés (regroupement des extractions de sorbonnes et gaines centralisées de compensation) n'est pas sans conséquence quant à la qualification des sorbonnes qu'il sera nécessaire de réeffectuer pour chaque équipement impacté. Ce type de système nécessite également la plus grande attention, dans la conception, la mise en œuvre et l'exploitation des registres permettant à l'air extrait par les sorbonnes de rejoindre le conduit aéraulique central.

Au regard du climat et des faibles débits à prévoir pour les bureaux (25 m^3/h par personne contre 600 m^3/h pour une sorbonne), il n'est pas prévu, dans cet audit, de CTA Double Flux pour desservir spécifiquement les bureaux. S'il s'avérait que la solution de récupération par boucle d'eau glycolée sur les sorbonnes n'était pas retenue, une CTA double-flux à récupération de chaleur par échangeur à plaque, sur la partie administrative, avec un rafraichissement adiabatique (= par évaporation dans l'air extrait) combiné à un arrêt des sorbonnes en inoccupation pourrait se concevoir.

Au-delà des aspects énergétiques, certaines prises d'air neuf ne sont pas situées à plus de 8 mètres de ces rejets de toitures. L'émergence acoustique du site a également été évoquée lors de notre visite (vraisemblablement plus imputable aux splits extérieurs de climatisation qu'aux sorbonnes).

Figure 36 : Extraction des sorbonnes en toiture

Les nouvelles sorbonnes possèdent ce type de rejets en toiture, plus compacts :

Figure 37 : Rejet de toiture des sorbonnes

La compensation d'air s'effectue dans chaque pièce, par un équipement de type GEA ATP15 permettant un soufflage d'air neuf, après passage dans un filtre F7. Les prises d'air neuf se situent en façade.

Le soufflage central peut s'effectuer par des équipements métalliques ou en textile. Ces équipements de compensation sont équipés de batteries chaudes hydrauliques :

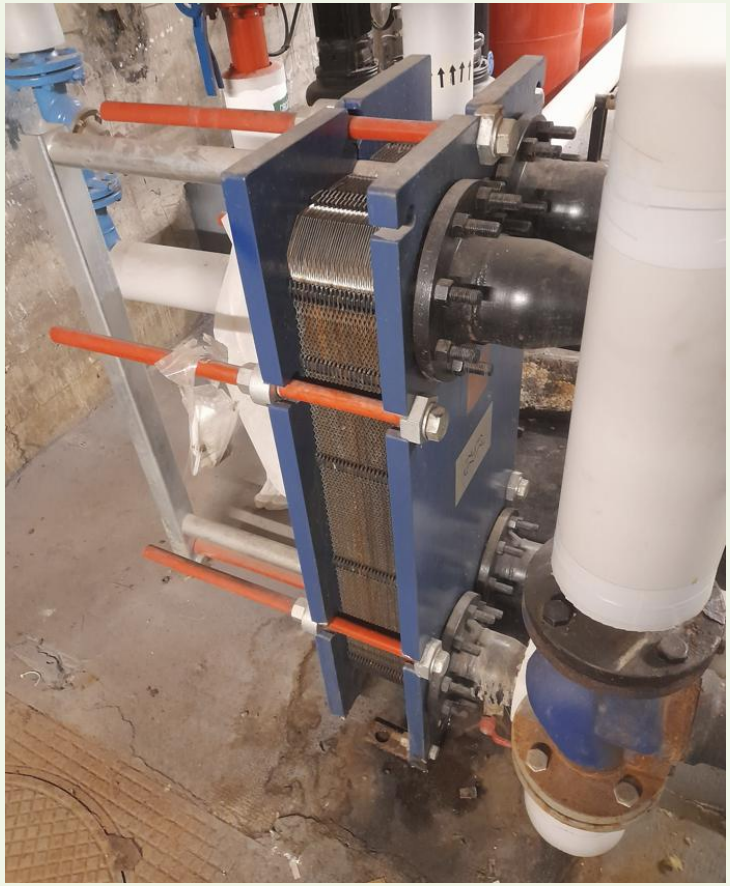
Figure 38 : équipement de compensation avec terminal métallique

Figure 39 : équipement de compensation avec terminal en textile

Extraction simple flux (sanitaires) : Les sanitaires sont équipés de bouches d'extraction dont les caissons sont présents en toiture.	**Extraction simple flux (sanitaires) :** Dans le cadre d'une opération d'ampleur, ou en remplacement d'équipements défectueux, les interventions suivantes sont à prévoir sur l'extraction simple flux des sanitaires : - Remplacement des caissons d'extraction actuels par des caissons haute performance certifiés ErP avec un coefficient de performance SFP inférieur à 0,25 W/m^3/h - Vérification de la bonne installation des bouches d'extraction pouvant être défectueuses à certains endroits **Brasseurs d'air pour améliorer le confort d'été :** Un brasseur d'air plafonnier à pales (pas de contrainte de hauteur obligeant à la mise en œuvre de brasseurs d'air à induction sur cet établissement) pourra être positionné **dans chaque bureau, salle de réunion ou salle de cours**. En première approche, 800 brasseurs d'air sont prévus dans le présent rapport. Les brasseurs d'air permettent une amélioration notable du confort thermique, sans refroidissement.

3. Equipements

3.1 Chauffage

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Production de chaleur – Echangeurs : La production d'eau chaude sur le bâtiment TPR s'effectue via des sous-stations présentes dans chaque aile du bâtiment. Ces sous-stations sont alimentées par un réseau primaire desservi par une chaufferie (chaudières gaz à condensation de 2022 pour une puissance totale de 8 MW). L'énergie de cette chaufferie est générée en régime d'eau 80°C/70°C sous deux bars de pression.  *Figure 42 : Echangeur de chaleur sur réseau primaire*	**Production de chaleur – Solution mixte bois / gaz :** Une production de chaleur plus vertueuse (avec un mix bois/gaz, par exemple) ne pourra se concevoir qu'à l'échelle globale du site. Cette intervention sur la chaufferie ne pourrait s'envisager qu'à long terme, au vu de l'intervention récente pour mettre en œuvre des chaudières gaz à condensation.

Le réseau primaire est géré par l'exploitation Dalkia. Comme le montre la photo ci-dessus, les échangeurs de chaleur ne sont pas calorifugés.
Les schémas d'installations hydrauliques ne sont pas présents dans les sous-stations, mais la distribution s'effectue clairement dans le sous-sol, avec un circuit par façade, découpé en 4 colonnes montantes par façade.

Etat : Correct

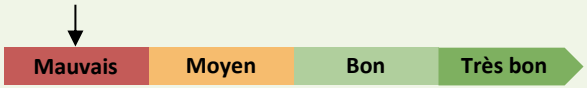


Figure 43 : Performance énergétique de la production

Mauvais: chauffage électrique direct ou chaudière gaz de plus de 20 ans, échangeur sans calorifuge
Moyen: générateur (chaudière ou pompe à chaleur) datant de 10 et 20 ans
Bon: générateur (chaudière ou pompe à chaleur) datant de 5 à 10 ans
Très bon: chaudière gaz condensation récente ou pompe à chaleur géothermique ou aérothermique de moins de 5 ans

Distribution/Régulation :
Une pompe double de 650 W est présente pour alimenter le circuit d'une façade.

Des calorifuges sont présents en sous-station mais les vannes, corps de pompe et les coudes de circuit ne sont pas calorifugés. Le niveau de calorifugeage est mauvais sur la globalité du site.

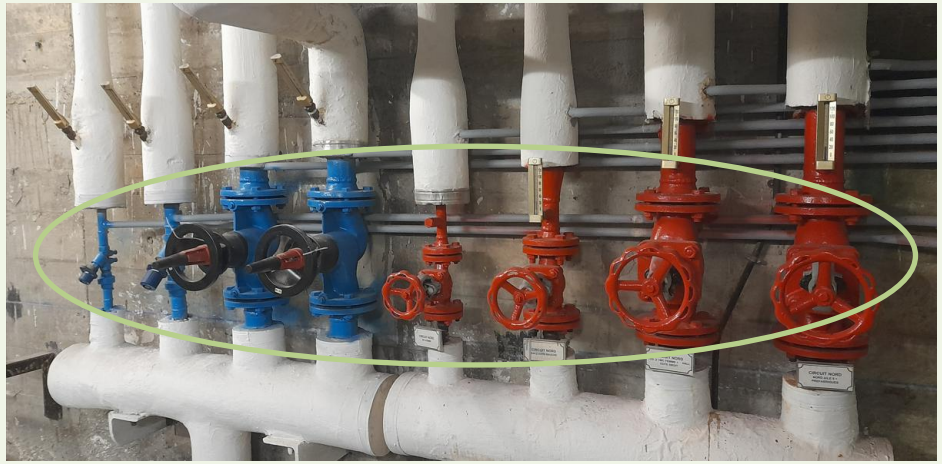


Figure 44 : Absence de calorifuge sur le réseau d'eau en sortie de chaudière

Distribution/Régulation :
Le niveau de calorifugeage est mauvais sur cet établissement. **Un calorifugeage sera obligatoirement de classe 4** (exigence réglementaire). Les vannes, les pompes devront être isolés par des housses isolantes, afin de limiter les pertes énergétiques. Les coudes devront également être calorifugés. Il faudra aussi veiller à isoler les longueurs de canalisations non isolées pour l'heure.

Les gains énergétiques associés aux calorifuges complémentaires sont difficilement quantifiables ; toutefois on estime qu'un corps de vanne non isolé correspond à la consommation d'un petit radiateur (très approximativement 100 à 200 Watt par corps de vanne non isolé). La mise en place de telles housses est donc essentielle, et permet des économies d'énergie simples et rapides.

Figure 47 : exemples de housses isolantes sur vannes

La température d'eau en sortie d'échangeur est pilotée via courbe de chauffe : loi d'eau sur la température extérieure. La sonde de température extérieure n'a pas pu être repérée lors de notre visite.

La gestion technique du bâtiment et l'éventuelle télégestion depuis un poste fixe n'ont pas pu être audité lors de notre visite. Les synoptiques de supervision n'ont pas été transmis.

Certains éléments comme une température hivernale de 15°C dans les locaux en bout de réseaux, laissent à penser que l'équilibrage de l'installation serait à revoir.

Les consignes de chauffage relevées dans certains laboratoires étaient indiquées à 20.5 °C. Par ailleurs, il a été évoqué lors de la visite que le dimensionnement des équipements de refroidissement (alimentés par des Splits en toitures ou des groupes froids) ne permettait pas l'atteinte de la consigne de climatisation à 26°C.

Emission radiateurs à ailettes en acier :

La quasi-intégralité du site est chauffée par des radiateurs à ailettes en acier démunis de robinets thermostatiques :

Figure 46 : Chauffage via radiateurs en acier

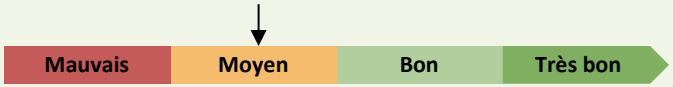


Figure 45 : Performance énergétique de l'émission

Mauvais: aucune régulation terminale sur les émetteurs
Moyen: présence de régulation terminale vétuste (plus de 15 ans)
Bon: présence de régulation terminale de moins de 15 ans
Très bon: présence de régulation terminale efficace et récente (moins de 5 ans)

Le gain unitaire peut être approché de la manière suivante : en supposant qu'une housse isolante permet de diviser les pertes par 5 (ce qui correspond au gain entre une canalisation non calorifugée et une canalisation calorifugée classique), et une perte par vanne de 150 W, le gain est estimé à environ 250 kWh par an (pour une durée de chauffe prudemment estimée à 2000 h/an).

Soit une économie annuelle de l'ordre de 20 €/vanne, et un cout unitaire de l'ordre de 100 € par housse de vanne : **l'investissement est amorti en 5 ans environ**, et la durée de vie de la housse est bien plus importante.

Le pilotage de la température du collecteur sur loi d'eau en fonction de la température extérieure peut être conservé. Il faudra néanmoins veiller à ce que cette loi d'eau soit modifiée en cas de rénovation énergétique importante afin de coller aux nouveaux besoins de chauffage.

Par ailleurs, il sera important d'engager une vérification des plannings de consigne de chauffage en fonction de l'occupation réelle des locaux.

Emission radiateurs à ailettes en acier :

La mise en place de robinets thermostatiques neufs est simple à mettre en œuvre et ne peut avoir qu'un effet bénéfique sur la gestion des débits par radiateur. Plus le bâtiment est isolé, et plus une gestion fine des émetteurs est précieuse, car les gains solaires sont plus souvent suffisants pour chauffer une pièce, et l'arrêt des émetteurs est alors nécessaire ; là où un bâtiment avec de fortes déperditions comme actuellement aura besoin d'une émission de chauffage quasi constamment, et donc un besoin de régulation moindre. Le coefficient d'aptitude de ces têtes thermostatiques devra être certifié à 0,3 °.

Figure 48 : Tête thermostatique de radiateur

Régulation des installations du bâtiment :

L'arrêté du 7 avril 2023 relatif aux systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments tertiaires rend obligatoire la mise en œuvre d'une GTB de classe A ou B dès lors que des travaux de remplacement de générateur de chaleur sont mis en œuvre.

3.2 ECS

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Production d'ECS : La production d'ECS passe uniquement par des ballons électriques « effet joule » décentralisés. Les **sous-stations n'alimentant pas de ballon**. Ces ballons sont présents majoritairement en placard technique, ils paraissent correctement dimensionnés : avec des volumes de stockage restreints mais une puissance électrique importante.	**Production d'ECS :** Le principe des ballons électriques décentralisés est intéressant sur cet établissement. Les dimensionnements paraissent corrects : les ballons actuels peuvent être conservés.

Figure 50 : Ballon d'eau chaude sanitaire présent sur ce site

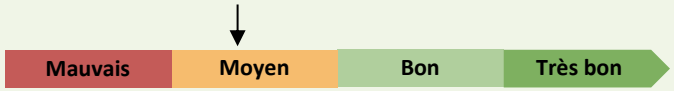


Figure 49 : Performance énergétique des ballons ECS

Mauvais: système ECS non adapté à l'usage ou au bâtiment
Moyen: production ECS adaptée à l'usage et au bâtiment mais améliorable thermiquement
Bon: production ECS adaptée à l'usage et au bâtiment
Très bon: production ECS adaptée à l'usage et au bâtiment, thermiquement efficace

3.3 Eclairage

ETAT ACTUEL

Eclairage :

Toutes les parties du bâtiment TPR reprises depuis 2007 bénéficient de panneaux LED pour l'éclairage. Les parties non rénovées ont des tubes fluorescents T8.

Figure 51 : Pavés LED (gauche ; locaux rénovés) et tubes fluorescents T8 (droite)

Le niveau de performance de l'éclairage est donc bon pour environ un tiers de l'établissement, mais reste à rénover pour le reste.

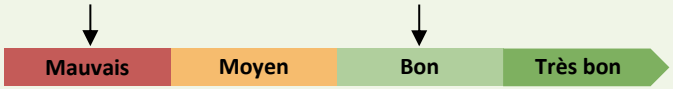


Figure 52 : Performance énergétique des éclairages

Mauvais: présence uniquement de sources lumineuses ancienne génération (incandescence, tubes fluorescents T8…)
Moyen: présence faible de luminaires performants (T5 ou LED), système de gestion adaptés
Bon: présence moyenne de luminaires performants (T5 ou LED), système de gestion adaptés
Très bon: présence importante ou unique de luminaires performants (T5 ou LED), système de gestion adaptés

RECOMMANDATIONS

Eclairage :

Le remplacement des tubes fluorescents de type T8, des ampoules fluocompactes et halogènes par des luminaires de **type LED** doit se poursuivre. Cette intervention présente le double avantage d'amener des économies d'énergie et également une diminution des apports internes, synonyme d'un meilleur confort d'été.

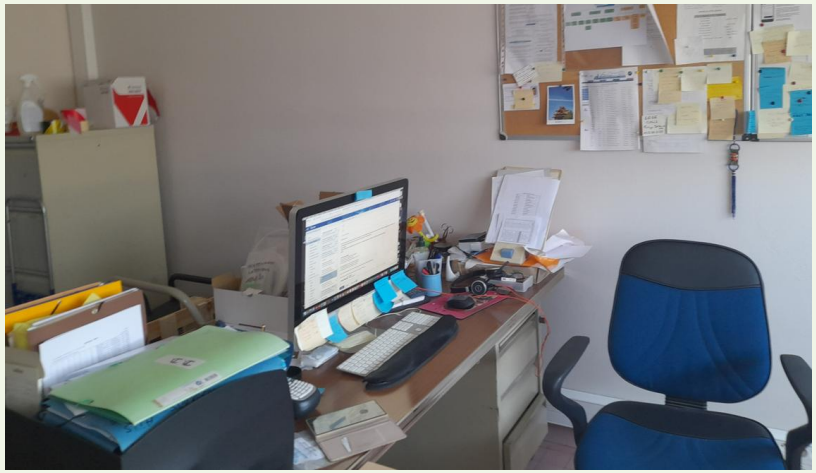
A titre indicatif, le remplacement des lampes avec un passage du T8 au T5 représente des diminutions de puissances impliquées d'environ 15 % : par exemple 18 W -> 14W. Il est également possible, et plus intéressant, de remplacer les tubes fluorescents existants par des Tubes LED (pour certaines dimensions, notamment les Tubes T8 de 1,2 m), pour ces cas, on peut trouver des réductions de puissances d'environ 40 % par rapport au T8 majoritairement présents sur l'établissement.

Point de vigilance cependant : le placement de tubes LED dans un luminaire existant conçu pour tube fluorescent rend les marquages CE non valides, ce qui a pour effet de transférer la responsabilité du fabricant vers le gestionnaire qui doit endosser le respect des prescriptions de sécurité de son installation d'éclairage (source AFE). En cas de mise en place de tubes LED, c'est donc l'ensemble du luminaire, des tubes et de leur installation électrique qu'il conviendra de rénover.

Lorsque cela est possible, un fractionnement des installations pourra également être opéré, celui-ci est souvent déjà effectif.

Concernant la gestion de l'éclairage, les points suivants sont à prévoir : laisser au maximum la gestion de l'éclairage aux utilisateurs dans les salles de bureaux ou de labo, en revanche mettre en place systématiquement de la détection de présence dans les sanitaires et les circulations.

3.4 Autres équipements électriques

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Equipements informatiques : Les bureaux comportent chacun au moins un PC portable. Les photocopieurs sont globalement en parties communes Quelques rares ventilateurs de bureau ont également été repérés sur l'établissement.  *Figure 53 : Exemple de poste de travail dans la partie administrative*	**Equipements informatiques :** S'agissant de ces équipements électriques, du matériel possédant une consommation énergétique de classe A+ est à retenir dans le cadre d'un renouvellement. Pour aller plus loin, des produits labellisés « Energy Star » peuvent être mis en place.
Autres équipements : La puissance consommée par les autres équipements (matériel de laboratoire, notamment) sur cet établissement est très importante, estimée à environ 20 W/m².	**Autres équipements :** Dans l'objectif de créer une approche vertueuse vis-à-vis des comportements occupants, il serait intéressant d'instrumenter le bâtiment sous-comptage et de permettre des remontées chiffrées et graphiques sur un poste de GTB (gestion technique du bâtiment), cf. obligation réglementaire évoquée plus haut. Les gains obtenus sur les comportements des usagers sont généralement non négligeables mais ne sont malheureusement pas quantifiables via une simulation énergétique.

Partie E Analyse des consommations

1. Consommations énergétiques totales et choix de l'année de référence

Pour rappel, le DEET (Décret Eco-Energie Tertiaire) impose de prendre en compte une année entre 2010 et 2019 qui servira de référence pour calculer les gains énergétiques futurs, réalisés en 2030, 2040 et 2050.

Les consommations et DJU par année entre 2012 et 2020 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Chauffage (kWh PCS ou facture)	-	4 896 556	5 831 057	4 314 596	-	4 126 528	5 064 702	3 282 374	3 227 024	2 401 379
Electricité (kWh)	3 676 349	3 959 665	3 933 222	3 843 729	4 173 062	4 187 338	4 105 560	4 149 488	4 219 553	4 298 858
DJU à 16°C	1 070	1 236	1 312	931	1 093	1 089	1 210	1 062	1 109	1 021
Chauffage (kWh DEET)	-	4 411 312	5 253 205	3 887 023	-	3 717 593	4 562 795	2 957 094	2 907 229	2 163 405
Chauffage kWh DEET corrigé du DJU (Base : année 2014)	-	3 322 327	3 724 838	3 887 023	-	3 176 603	3 508 929	2 591 013	2 439 364	1 971 701
Ajustement clim. sans sous-cpt. (Acefrefroidissement(n))	96 388	87 228	84 938	160 508	-95 972	48 298	-102 842	-121 162	-114 292	-125 742
Somme corrigée du DJU (Base : année 2014)	-	7 369 220	7 742 998	7 891 261	-	7 412 239	7 511 647	6 619 339	6 544 625	6 144 817

L'année **2014** est l'année de référence pour cet établissement.

Attention, les données présentées ci-dessus sont relatives à des comptages globaux sur le site de Saint-Jérôme, réparties sur chaque bâtiment avec des clés de répartitions surfaciques. En effet, le bâtiment TPR ne disposait pas, entre 2012 et 2019 de sous-comptage particulier (ni pour les consommations électriques, ni pour les consommations de chauffage).

Les consommations réelles de l'année 2023, transmises par l'exploitant Dalkia, pour le chauffage sont présentées en « Partie C. Synthèse ».

2. Consommations de chauffage

Le graphique ci-dessous représente les consommations en **chauffage estimé** du bâtiment entre 2018 et 2020 et les DJU associés pour chaque année.

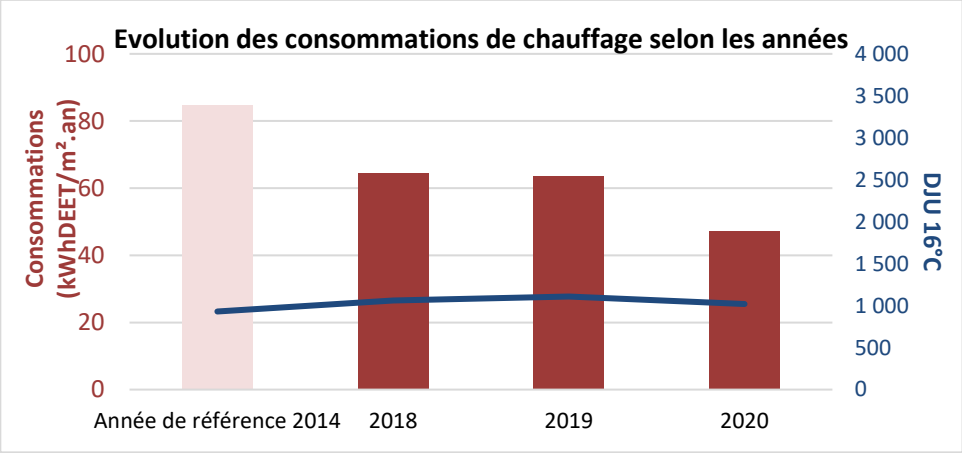


Figure 54 : Evolutions des consommations de chauffage entre l'année de référence et 2017-2019

Les consommations de chauffage sont relativement stables pour 2018 et 2019, avec un DJU stable. En revanche, une baisse notable de consommation s'est opérée en 2020, pour une très faible baisse de rigueur climatique.

La baisse de consommation de chauffage en 2020 pourrait s'expliquer en partie par une moindre occupation aux mois de mars, avril, mai 2020 due aux épisodes de confinement du Covid 2019.

Par ailleurs et comme vu plus haut, les consommations de chauffage sont ici des consommations estimées et pourraient expliquer cette baisse des consommations : une amélioration de l'efficacité sur n'importe quel autre bâtiment se répercuterait indirectement sur le bâtiment TPR.

Les consommations globales corrigées de la rigueur climatique, à l'échelle du site, ont tendance à baisser au cours des années, signe d'une tendance d'amélioration de la performance énergétique du site (cf. graphiques ci-dessus et ci-dessous).

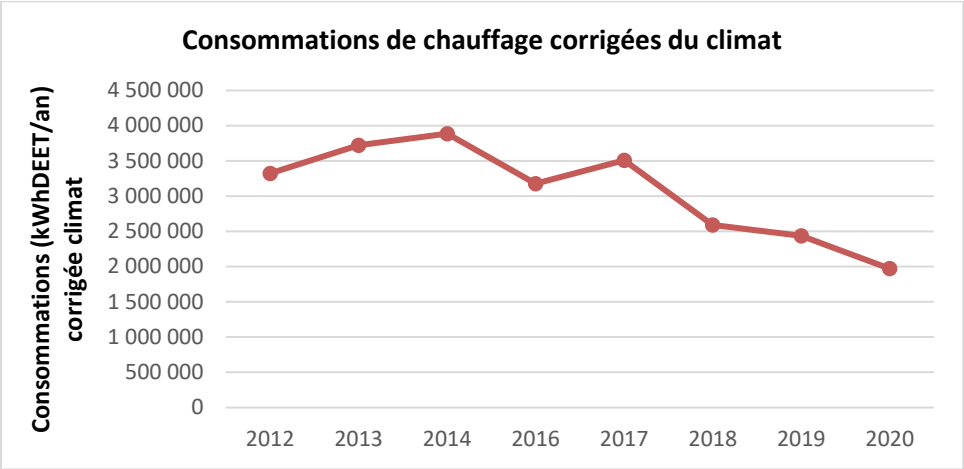


Figure 55 : Consommations de chauffage corrigées du climat

Un gain non négligeable s'est ainsi opéré sur la partie chauffage entre 2014 (année de référence) et la moyenne de 2018-2019-2020.

La moyenne des consommations de chauffage (gaz uniquement) entre 2018 et 2020 pour le bâtiment s'élève à **58 kWhEF/m²$_{SU}$, ce qui caractérise un bâtiment relativement <u>mal isolé</u>, mais avec la compacité représentée par 6 niveaux superposés ; des <u>apports internes de chaleur</u> relativement fort : appareillage de laboratoire et éclairage peu performant ; et une présence de <u>chauffage électriques d'appoint</u>** (un bâtiment neuf représente aujourd'hui pour cette zone climatique des consommations de l'ordre de 20 kWhEF/m²$_{SU}$; un bâtiment absolument pas isolé, 100 kWhEF/m²$_{SU}$). **N.B. : les consommations de 2023, issues de comptages s'établissent à 40 kWhEF/m²$_{SU}$.**

Le tableau ci-dessous montre que le ratio Conso$_{RCU}$ / DJU a varié sur ces dernières années, avec une baisse importante en 2020 :

Année	Année de référence 2014	2018	2019	2020
DJU 16°C	931	1 062	1 109	1 021
Ratio: Conso/DJU (kWhPCI / DJU 16°)	5425	2784	2621	2119

3. Consommations électriques

En préalable de l'analyse des consommations électriques de cet audit, il faut rappeler que les consommations électriques du bâtiment TPR sont ici une estimation, au prorata des surfaces par rapport aux consommations globales du site de Saint-Jérôme, ceci inclut un biais d'analyse puisque certains bâtiments de la faculté de Saint-Jérôme ont des intensités d'usages plus importantes, d'autres moindre. Il est ainsi possible que certains bâtiments consommant plus intensément de l'électricité que le TPR (cafétéria, ou bâtiments préfabriqués chauffés électriquement) aient tendances à faire légèrement surévaluer ici les consommations électriques du bâtiment TPR.

Les consommations électriques ont tendance à augmenter légèrement chaque année, notamment sur 2018-2019-2020. La moyenne entre 2018 et 2020 s'élève à **92** kWhEF/m².an, soit **212** kWhEP/m².an. A l'inverse des consommations de chauffage, une hausse non négligeable s'est opérée au fil des années entre 2014 et la moyenne de 2018-2019-2020.

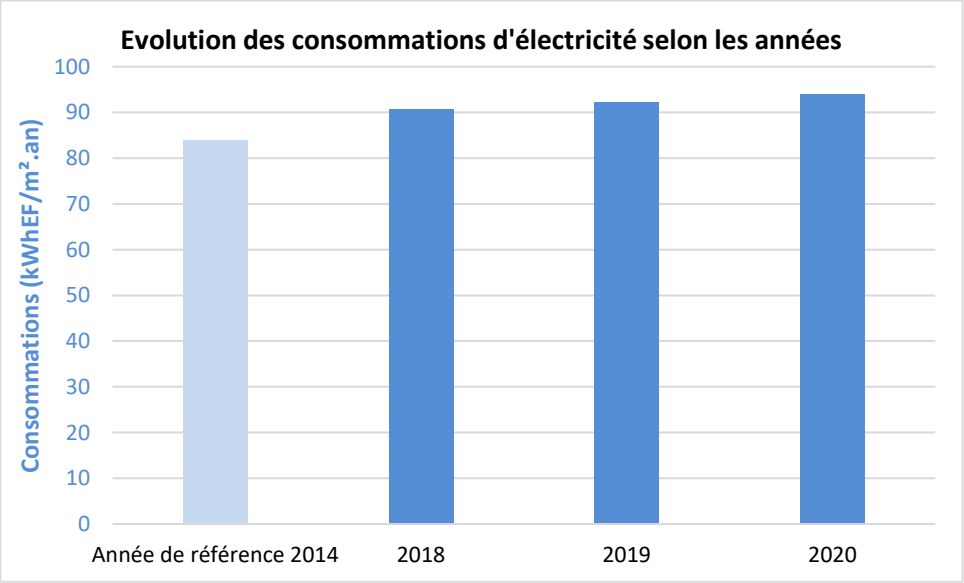


Figure 56 : Consommations électriques (énergie finale)

4. Dispositif Eco Energie Tertiaire

Dans le cadre du DEET, un gain est calculé **entre les consommations les plus récentes et l'année de référence, 2014**. L'objectif est ici de quantifier le chemin déjà parcouru et ainsi quantifier l'effort qui n'est plus à fournir pour l'atteinte des seuils du DEET.

Le gain entre 2018-2019-2020 et l'année de référence est de **18%** : porté par le gain sur la partie chauffage.

	Chauffage	Electricité
Gain entre 2014 et 2018-2020	40%	-10%
	18%	

On peut noter, sur cet établissement dont les consommations électriques sont très importantes, qu'une hausse des consommations de 10% sur la partie électricité suffit à effacer plus de la moitié des 40% de gains opérés sur le chauffage.

5. Analyse des consommations d'eau

Aucune donnée de consommation d'eau n'a été transmise pour analyse.

Partie F Simulation thermique dynamique à l'état initial

1. Présentation de la modélisation

Une simulation thermique dynamique a été réalisée sur le logiciel Pléiades-Comfie afin de déterminer les déperditions et consommations théoriques des bâtiments et ainsi prévoir l'impact des consommations des différentes préconisations de travaux.

La version du logiciel utilisée est la version 6.24.6.6.

Le fichier météo pris en compte est celui de Marseille (13), avec la projection du GIEC à 2040 pour les conditions estivales, et le fichier « normal » pour les conditions de chauffe.

Le zonage thermique est présenté en Annexe 2 et les détails de la STD en Annexe 3.

La modélisation en trois dimensions de ce logiciel est présentée ci-dessous :

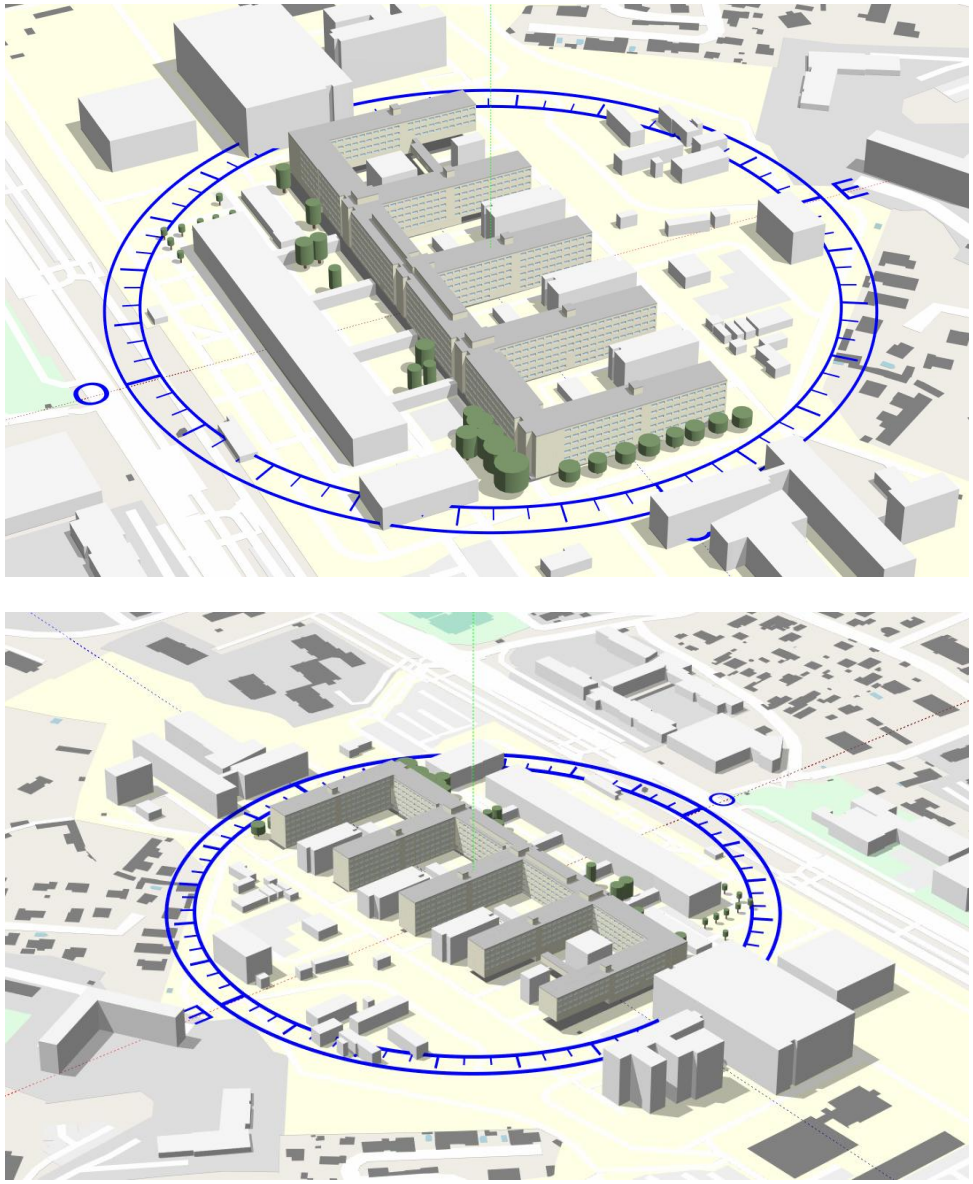


Figure 57 : Modélisation de l'établissement sur le logiciel Pléiades + Comfie

2. Déperditions

Le graphique ci-contre présente les déperditions à **21°C** de cet établissement, à l'état initial :

On obtient un total de déperditions de 3494 kW, soit 76 W/m² caractérisant un niveau **globalement médiocre d'isolation** (quelques reprises ponctuelles d'isolation : toiture, doublage, etc.) avec également des **déperditions importantes d'infiltration et de menuiseries**. La majorité des déperditions est due aux infiltrations et à la ventilation par les sorbonnes (représente 41% du total). Les menuiseries et les murs extérieurs sont les deuxièmes et troisièmes postes avec 24% et 19% des déperditions. Les ponts thermiques représentent 9 % des déperditions. Les déperditions par les planchers bas et haut sont plus anecdotiques, 4% et 3%.

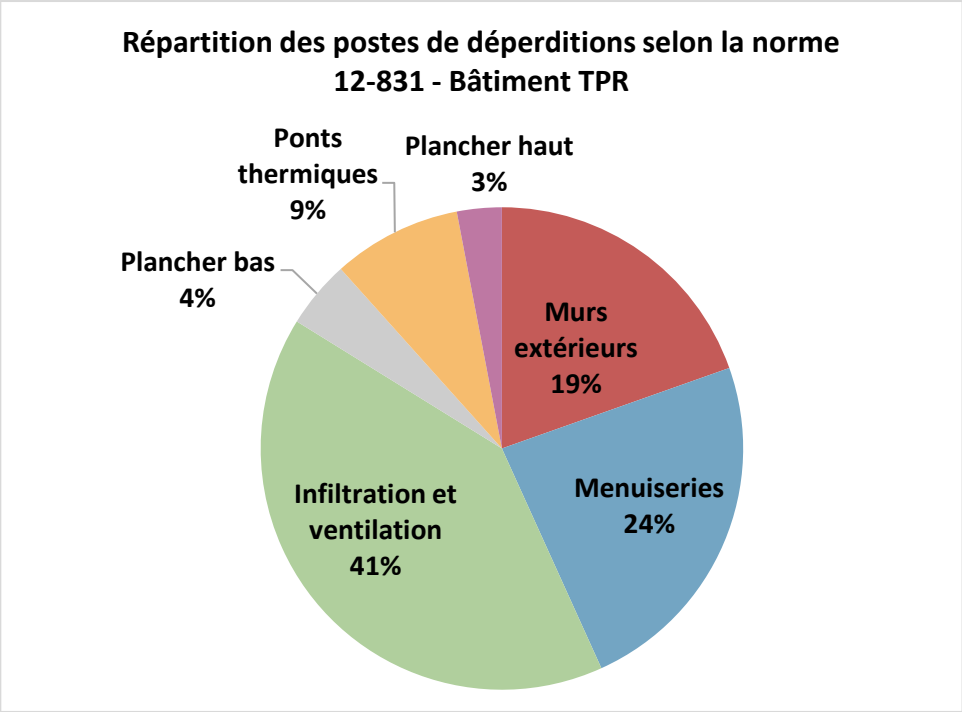


Figure 58 : Répartition des déperditions

3. Consommations

Voici les résultats de consommation de la simulation énergétique dynamique obtenus sur le logiciel Pléïades + Comfie :

REPARTITIONS DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES : LOGICIEL P+C (Energie finale)	
Consommations totales [kWhEF/an]	6 450 081
Consommations totales [kWhEP/m²SU.an]	253

Concernant les consommations gaz, elles montent à **2,00 MWh/DJU** dans la simulation pour **1,93 MWh$_{comptage}$/DJU** en 2023 (avec un écart de 5%, tout-à-fait satisfaisant pour ce type de simulation).

Les consommations électriques sont de **3 954 MWh$_{EF}$** dans la simulation et **4 222 MWh$_{EF}$** sur la base des factures de 2018-2019-2020 (un écart de 6% existe ici, également satisfaisant ; en outre, toutes les consommations ne sont pas prises en compte dans la simulation thermique : consommations de l'éclairage extérieur, par exemple).

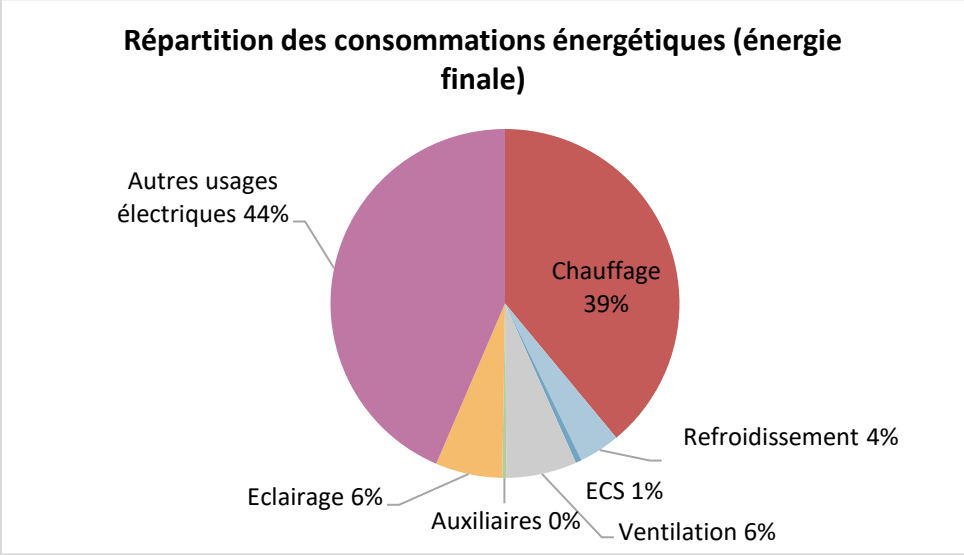


Figure 59 : Répartition des consommations énergétiques

4. Confort d'été

Les résultats sont les suivants. Ils font apparaître un inconfort estival important sur l'établissement, avec des taux moyens d'inconfort de l'ordre de 20 à 30 % :

Z01_Sous-sol		**Z31_R+2-R+3_Aile 5 (S-E)**	22,4%	**Z61_R+4-R+5_Aile 5 (S-E)**	21,8%
Z02_RdC-R+1_Paliers_Circu_San.		**Z32_R+2-R+3_Aile 5 (N-O)**	4,0%	**Z62_R+4-R+5_Aile 5 (N-O)**	3,9%
Z03_RdC-R+1_Aile 5 (S-O)	18,4%	**Z33_R+2-R+3_Aile 5 (N-E)**	4,1%	**Z63_R+4-R+5_Aile 5 (N-E)**	4,1%
Z04_RdC-R+1_Aile 5 (S-E)	14,6%	**Z34_R+2-R+3_Liaison D31-D32-D41-D42 (Ouest)**	17,1%	**Z64_R+4_Liaison D51-D52 (Ouest)**	24,6%
Z05_RdC-R+1_Aile 5 (N-O)	4,2%	**Z35_R+2-R+3_Liaison D31-D32-D41-D42 (Est)**	38,2%	**Z65_R+4_Liaison D51-D52 (Est)**	30,1%
Z06_RdC-R+1_Aile 5 (N-E)	6,1%	**Z36_R+2-R+3_Aile 4 (S-O)**	21,6%	**Z66_R+4-R+5_Aile 4 (S-O)**	22,0%
Z07_RdC-R+1_Liaison D11-D12-D21-D22 (Ouest)	10,7%	**Z37_R+2-R+3_Aile 4 (S-E)**	21,3%	**Z67_R+4-R+5_Aile 4 (S-E)**	19,9%
Z08_RdC-R+1_Liaison D11-D12-D21-D22 (Est)	19,5%	**Z38_R+2-R+3_Aile 4 (N-O)**	5,9%	**Z68_R+4-R+5_Aile 4 (N-O)**	4,2%
Z09_RdC-R+1_Aile 4 (S-O)	17,1%	**Z39_R+2-R+3_Aile 4 (N-E)**	4,9%	**Z69_R+4-R+5_Aile 4 (N-E)**	3,3%
Z10_RdC-R+1_Aile 4 (S-E)	17,4%	**Z40_R+2-R+3_Liaison C31-C32-C41-C42 (Ouest)**	17,8%	**Z70_R+4-R+5_Liaison C51-C52-C61-C62 (Ouest)**	14,7%
Z11_RdC-R+1_Aile 4 (N-O)	9,4%	**Z41_R+2-R+3_Liaison C31-C32-C41-C42 (Est)**		**Z71_R+4-R+5_Liaison C51-C52-C61-C62 (Est)**	
Z12_RdC-R+1_Aile 4 (N-E)	9,2%	**Z42_R+2-R+3_Aile 3 (S-O)**	23,7%	**Z72_R+4-R+5_Aile 3 (S-O)**	21,0%
Z13_RdC-R+1_Liaison C11-C12-C21-C22 (Ouest)	16,4%	**Z43_R+2-R+3_Aile 3 (S-E)**	22,1%	**Z73_R+4-R+5_Aile 3 (S-E)**	21,5%
Z14_RdC-R+1_Liaison C11-C12-C21-C22 (Est)	17,8%	**Z44_R+2-R+3_Aile 3 (N-O)**	2,6%	**Z74_R+4-R+5_Aile 3 (N-O)**	12,3%
Z15_RdC-R+1_Aile 3 (S-O)		**Z45_R+2-R+3_Aile 3 (N-E)**	8,4%	**Z75_R+4-R+5_Aile 3 (N-E)**	12,0%
Z16_RdC-R+1_Aile 3 (S-E)	17,9%	**Z46_R+2-R+3_Liaison B31-B32-B41-B42 (Ouest)**	20,7%	**Z76_R+4-R+5_Liaison B51-B52-B61-B62 (Ouest)**	
Z17_RdC-R+1_Aile 3 (N-O)	10,1%	**Z47_R+2-R+3_Liaison B31-B32-B41-B42 (Est)**	36,6%	**Z77_R+4-R+5_Liaison B51-B52-B61-B62 (Est)**	
Z18_RdC-R+1_Aile 3 (N-E)	9,9%	**Z48_R+2-R+3_Aile 2 (S-O)**	22,5%	**Z78_R+4-R+5_Aile 2 (S-O)**	22,1%
Z19_RdC-R+1_Liaison B11-B12-B21-B22 (Ouest)	21,3%	**Z49_R+2-R+3_Aile 2 (S-E)**	22,8%	**Z79_R+4-R+5_Aile 2 (S-E)**	22,7%
Z20_RdC-R+1_Liaison B11-B12-B21-B22 (Est)	35,6%	**Z50_R+2-R+3_Aile 2 (N-O)**	11,4%	**Z80_R+4-R+5_Aile 2 (N-O)**	10,1%
Z21_RdC_Aile 2-Liaison A		**Z51_R+2-R+3_Aile 2 (N-E)**	13,9%	**Z81_R+4-R+5_Aile 2 (N-E)**	12,1%
Z22_R+1_Aile 2 (S-O)	18,9%	**Z52_R+2-R+3_Liaison A31-A32-A41-A42 (Ouest)**	24,2%	**Z82_R+4-R+5_Liaison A51-A52-A61-A62 (Ouest)**	45,7%
Z23_R+1_Aile 2 (S-E)	13,3%	**Z53_R+2-R+3_Liaison A31-A32-A41-A42 (Est)**	33,8%	**Z83_R+4-R+5_Liaison A51-A52-A61-A62 (Est)**	52,4%
Z24_R+1_Aile 2 (N-O)	13,7%	**Z54_R+2-R+3_Aile 1 (S-O)**	19,6%	**Z84_R+4-R+5_Aile 1 (S-O)**	20,4%
Z25_R+1_Aile 2 (N-E)	13,3%	**Z55_R+2-R+3_Aile 1 (S-E)**	14,5%	**Z85_R+4-R+5_Aile 1 (S-E)**	20,8%
Z26_R+1_Liaison A21-A22 (Ouest)	26,9%	**Z56_R+2-R+3_Aile 1 (N-O)**	10,2%	**Z86_R+4-R+5_Aile 1 (N-O)**	10,3%
Z27_R+1_Liaison A21-A22 (Est)	27,4%	**Z57_R+2-R+3_Aile 1 (N-E)**	9,4%	**Z87_R+4-R+5_Aile 1 (N-E)**	9,9%
Z28_R+1_Aile 1 Espaces mutualisés		**Z58_R+2_Aile 1 Travée Sud**	30,0%	**Z88_R+5_Liaison D61-D62**	12,7%
Z29_R+2-R+3_Paliers_Circu_San.		**Z59_R+4-R+5_Paliers_Circu_San.**		**Z89_R+6_Edicules de toiture**	
Z30_R+2-R+3_Aile 5 (S-O)	23,3%	**Z60_R+4-R+5_Aile 5 (S-O)**	23,1%		

Les pièces évoquées comme inconfortables par le personnel lors de notre visite sont également celles qui ressortent de la simulation thermique avec un été caniculaire : toutes les **zones Sud des ailes**, notamment. Les niveaux les plus hauts sont les plus touchés.

Le taux d'inconfort entre **20 et 30% dans ces pièces montrent qu'un problème existe sur ce bâtiment entre juin et septembre**.

Ces résultats sont obtenus avec un établissement 100% occupé en juillet et en août, les taux d'inconfort varient fortement, en fonction de ce paramètre : 25% d'inconfort correspondant à 3 mois d'inconfort, ce chiffre tomberait à environ 16% en considérant une vacance en juillet ou en août.

Le taux d'inconfort ici étudié est le **taux d'inconfort au regard du diagramme de Givoni** (cf. ci-dessous). Cette approche place, pour chaque heure d'occupation, sur une année, un couple humidité-température sur un diagramme de l'air humide. Un polygone central (variant en fonction de la vitesse d'air) définit la zone de confort : ni trop chaud, ni trop froid, ni trop sec, ni trop humide. Le taux d'inconfort est le pourcentage de points se situant à l'extérieur de ce polygone.

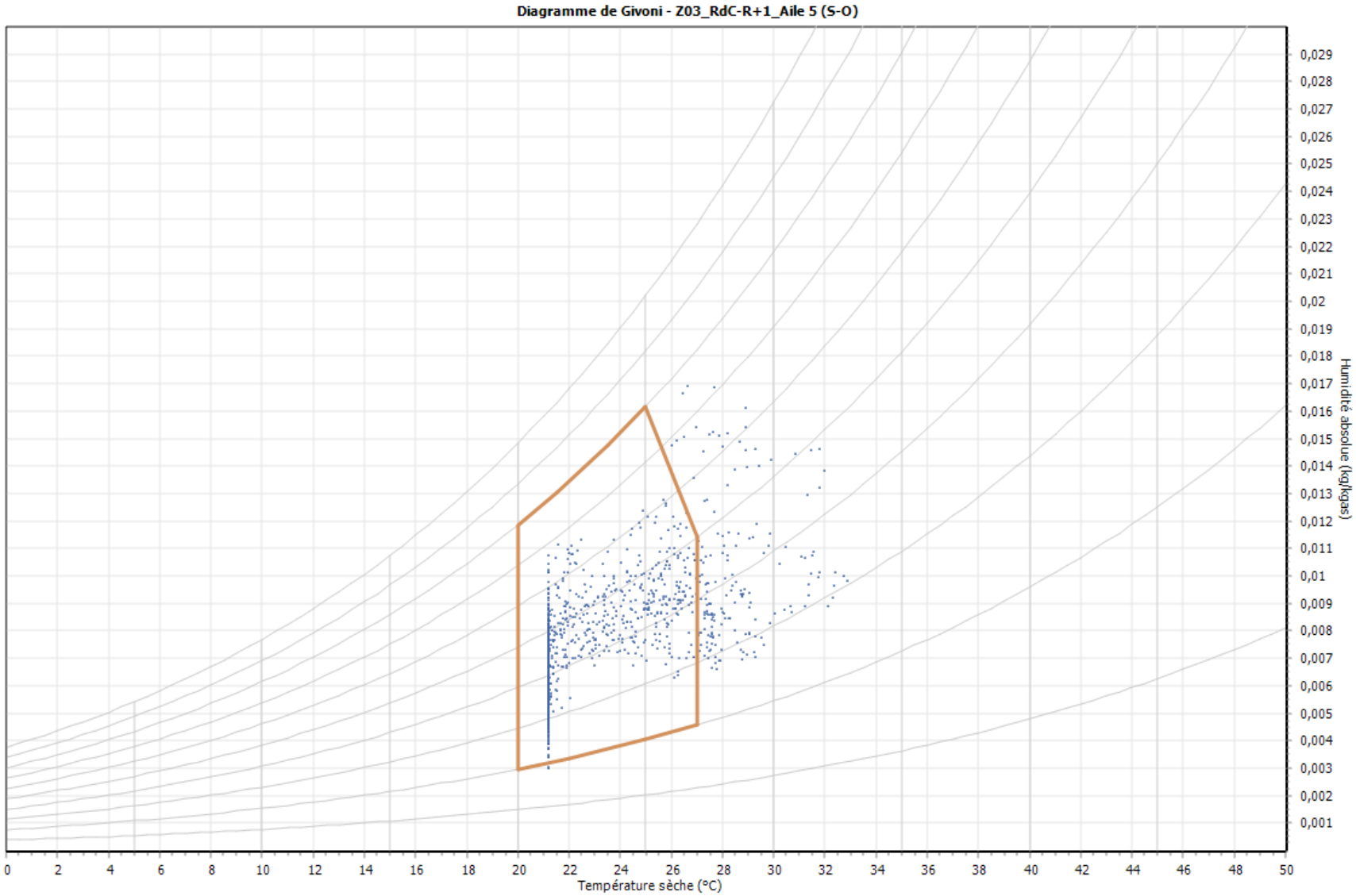


Figure 60 : Diagramme de Givoni de la zone 03 – Regroupement du RdC et du R+1 du quart Sud-Ouest de l'aile 5

Partie G Bilan des actions proposées

1. Présentation des actions de rénovation et scénarios

Le détail de chacune des actions proposées ci-dessous est formulé dans la **colonne « recommandations »** de la partie D du présent rapport.

Postes	Actions proposées	Variante de travaux associée	Intégration dans un scénario
Toiture	Isolation de la toiture	Travaux 1	Scénario 2
Façade	Isolation des murs par l'extérieur	Travaux 2	Scénario 1
Menuiseries	Remplacement des menuiseries (Portes et Fenêtres)	Travaux 3	Scénario 1
Plancher Bas	Isolation du plancher bas	Travaux 4	Scénario 3
Ventilation	Récupération énergétique décentralisée et sorbonnes performantes	Travaux 5	Scénario 3
Ventilation	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	Travaux 6	Scénario 1
Production de chauffage	Calorifugeage des échangeurs (sous-station) et des canalisations EC (sous-sol) + panoplies neuves	Travaux 7	Scénario 1
Emission de chauffage	Robinets Thermostatiques	Travaux 8	Scénario 1
ENR	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	Travaux 9	Scénario 2
Production de froid	Regroupement des productions de climatisation par aile	Travaux 10	Scénario 2
Eclairage	Mise en œuvre d'un éclairage performant	Travaux 11	Scénario 1

Par ailleurs, les mesures suivantes dont les gains ne peuvent être quantifiés par simulation thermique sont à envisager : **implication des occupants afin d'adopter des comportements vertueux et peu consommateurs (notamment par la mise en place de sous-comptage), vérification de l'adéquation des plannings de consigne de chauffage en fonction de l'occupation réelle, désembouage de l'installation, mise en place d'une gestion technique du bâtiment**.

3. Résultats par variantes de travaux

3.1 Approche Energétique

		Consommation en kWhEP	Gain annuel sur les consommations en % sur les KWh EP	Consommation en kWhEF	Gain annuel sur les consommations en % sur les KWh EF	Consommation en kWhEP/m²	Consommation en kWhEF/m²
Etat initial		**11 590 059**	**-**	**6 450 081**	**-**	**253**	**141**
Travaux 1	**Isolation de la toiture**	11 544 618	0,4%	6 406 203	**1%**	252	140
Travaux 2	**Isolation des murs de façade par l'extérieur**	10 553 120	9%	5 407 044	**16%**	230	118
Travaux 3	**Remplacement des menuiseries (Portes et Fenêtres)**	10 868 726	6%	5 756 151	**11%**	237	126
Travaux 4	**Isolation du plancher bas**	11 488 654	1%	6 348 775	**2%**	251	139
Travaux 5	**Ventilation : Récupération énergétique décentralisée et sorbonnes et caissons d'extraction performants**	9 973 249	14%	5 089 565	**21%**	218	111
Travaux 6	**Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers**	11 643 051	-0,5%	6 473 121	**-0,4%**	254	141
Travaux 7	**Calorifugeage des échangeurs (sous-station) et des canalisations EC (sous-sol) + Panoplies hydrauliques neuves**	11 514 581	1%	6 389 038	**1%**	251	139
Travaux 8	**Mise en œuvre de robinets thermostatiques**	11 308 927	2%	6 174 112	**4%**	247	135
Travaux 9	**Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques**	11 150 651	4%	6 259 034	**3%**	243	137
Travaux 10	**Regroupement des productions de climatisation par aile**	11 444 915	1%	6 386 975	**1%**	250	139
Travaux 11	**Mise en œuvre d'un éclairage performant**	11 014 287	5%	6 268 961	**3%**	240	137

L'intervention qui permet le principal gain sur les consommations énergétiques est l'intervention sur la ventilation : Sorbonnes + Caissons d'extraction des sanitaires, avec **21% de gain énergétique (en énergie finale, dépensée par l'utilisateur)**. En effet, l'état actuel du bâtiment avec une absence de récupération sur les calories extraites et un fonctionnement en permanence pour une proportion importante des sorbonnes (à des débits importants) implique des fortes consommations de chauffage et de ventilation. Néanmoins (cf. Partie D., plus haut), cette intervention représente une certaine complexité technique, essentiellement due à la nécessité de regrouper les extractions d'air vicié, en toiture.

L'isolation par l'extérieur et le remplacement des menuiseries sont les deuxièmes et troisièmes préconisations les plus impactantes du point de vue énergétique, avec 16% et 11% d'économies d'énergie réalisées. L'intervention globale sur les façades représente donc une réduction de plus d'un quart des consommations globales du bâtiment (gain supérieur à l'intervention sur la ventilation).

La mise en place d'une régulation thermostatique terminale représente 4% d'économie d'énergie.

La mise en œuvre de 600 m² panneaux solaires (qui donnent un taux d'autoconsommation de 100%) permet la diminution de 3% des consommations énergétiques globales ; le même gain est atteint avec l'installation d'équipements d'éclairage performants.

Toutes les autres interventions ont des gains plus anecdotiques :

- Ré-isolation de la toiture : 1 %
- Isolation du plancher bas : 2 %
- Meilleur calorifugeage des sous-stations et canalisations de chauffage en vide-sanitaire : 1 %
- Regroupement des installations de climatisation : 1 %

Il est à noter que, du fait d'un « talon » de consommation important liés aux équipements de laboratoires, les pourcentages de gain par rapport à la facture énergétique globale sont relativement plus faibles que ceux que l'on peut connaître sur d'autres typologies de bâtiments.

N.B. : La mise en œuvre de brasseurs d'air représente une faible surconsommation de 0,4 %.

3.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO2 ($kg_{CO2}/m^2.an$)	Gain annuel sur les tonnes de CO2 en %
Etat initial		**11,7**	**-**
Travaux 1	**Isolation de la toiture**	11,6	1%
Travaux 2	**Isolation des murs de façade par l'extérieur**	9,2	22%
Travaux 3	**Remplacement des menuiseries (Portes et Fenêtres)**	10,0	14%
Travaux 4	**Isolation du plancher bas**	11,2	2%
Travaux 5	**Ventilation : Récupération énergétique décentralisée et sorbonnes et caissons d'extraction performants**	8,6	27%
Travaux 6	**Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers**	11,8	-0.3%
Travaux 7	**Calorifugeage des échangeurs (sous-station) et des canalisations EC (sous-sol) + Panoplies hydrauliques neuves**	11,6	1%
Travaux 8	**Mise en œuvre de robinets thermostatiques**	11,1	6%
Travaux 9	**Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques**	11,7	0%
Travaux 10	**Regroupement des productions de climatisation par aile**	11,6	1%
Travaux 11	**Mise en œuvre d'un éclairage performant**	11,6	1%

Il n'est pas proposé de modification du vecteur d'approvisionnement énergétique dans le cadre de cet audit, les gain en émission de CO_2 sont donc semblables aux gains énergétiques présentés plus haut ; avec des gains un peu plus importants pour les interventions réduisant les consommations de gaz.

N.B. : La modification qui aurait le plus grand impact sur les émissions du bâtiment se conçoit à l'échelle du site, avec l'éventuelle mise en place de chaufferie bois / appoint gaz en lieu et place de la chaufferie 100% gaz actuelle.

Les gains en émission de gaz à effet de serre sont essentiellement portés par l'intervention sur la ventilation (27% de gain), par l'isolation des murs par l'extérieur (environ un quart de baisse des émissions de gaz à effet de serre) ou par le remplacement des menuiseries (14% de baisse).

4. Résultats par scénarios

4.1 Approche énergétique

		Consommation en kWhEP	Gain annuel sur les consommations en % sur les KWh EP	Consommation en kWhEF	Gain annuel sur les consommations en % sur les KWh EF	Consommation en kWhEP/m²	Consommation en kWhEF/m²
Etat initial		**11 590 059**	**-**	**6 450 081**	**-**	**253**	**141**
Scénario 1	**ITE + Menuiseries + Brasseurs d'air + Production de ch. + Emission de ch. + Eclairage**	9 272 503	20%	4 542 051	**30%**	202	99
Scénario 2	**Scénario 1 + Toiture + PV + Prod. Fr.**	8 608 063	26%	4 233 468	**34%**	188	92
Scénario 3	**Scénario 2 + PB + CTA + Sorbonnes**	7 765 453	33%	3 438 425	**47%**	170	75
Scénario 3 bis	**Ailes 1 et 5 : ITE / Men. Ext / Ecl. / Sorbonnes / Calo. Tout TPR : Toiture et PB**	10 165 558	12%	5 287 624	18%	222	115
Scénario 3 ter	**Scénario 3 bis + ITE (Ailes 2, 3 et 4) + Men. Ext. (Ailes 2, 3 et 4)**	9 226 080	20%	4 365 620	32%	201	95

Les scénarios 1 et 2 se positionnent autour de 30 % de gain énergétique, en énergie finale (30% pour le scénario 1 ; 34 % pour le scénario 2). Ces deux scénarios se situent en dessous de 100 kWh_{EF}/m^2 pour un bâtiment actuellement à 141 kWh_{EF}/m^2. Comme évoqué plus haut, dans la section des préconisations de travaux présentées individuellement, il est difficile de générer énormément de gain énergétique par l'isolation ou l'intervention sur les systèmes CVC sur ce bâtiment connaissant des talons de consommations électriques très importants, notamment liés à des process de recherche. C'est pourquoi les scénarios 1 et 2 s'établissent autour de 35% de gain énergétique ; là où les mêmes préconisations sur d'autres bâtiments représenteraient entre 40 et 50% de gain énergétique.

Le scénario 3, plus ambitieux, permet la **division par environ deux** des consommations énergétiques (en énergie finale, dépensée par l'utilisateur), avec l'atteinte de consommations globales de 75 kWh_{EF}/m^2.

4.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO2 ($kg_{CO2}/m^2.an$)	Gain annuel sur les tonnes de CO2 en %
Etat initial		**11,7**	
Scénario 1	**ITE + Menuiseries + Brasseurs d'air + Production de ch. + Emission de ch. + Eclairage**	7,3	38%
Scénario 2	**Scénario 1 + Toiture + PV + Prod. Fr.**	7,1	39%
Scénario 3	**Scénario 2 + PB + CTA + Sorbonnes**	5,2	56%
Scénario 3 bis	**Ailes 1 et 5 : ITE / Men. Ext / Ecl. / Sorbonnes / Calo. Tout TPR : Toiture et PB**	9,1	23%
Scénario 3 ter	**Scénario 3 bis + ITE (Ailes 2, 3 et 4) + Men. Ext. (Ailes 2, 3 et 4)**	6,8	42%

Le scénario 1 permet de réduire de 38 % les émissions de CO_2 de l'établissement par rapport aux émissions du bâtiment actuel ; le scénario 2, de 39 % avec un résultat s'établissant aux alentours des 7,3 $kg_{CO2}/m^2.an$.

Le scénario 3 amène les émissions à 5,2 $kg_{CO2}/m^2.an$ (soit 56% de baisse), proche de l'étiquette « A » des émissions de gaz à effet de serre.

4.4 Confort d'été

	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3		Etat initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
	Taux d'inconfort en occupation (%)								
Z02_RdC-R+1_Paliers_Circu_San.					Z46_R+2-R+3_Liaison B31-B32-B41-B42 (Ouest)	20,7%	3,7%	3,7%	4,8%
Z03_RdC-R+1_Aile 5 (S-O)	18,4%	3,3%	3,3%	3,9%	Z47_R+2-R+3_Liaison B31-B32-B41-B42 (Est)	36,6%	33,6%	33,7%	28,8%
Z04_RdC-R+1_Aile 5 (S-E)	14,6%	2,9%	2,9%	3,6%	Z48_R+2-R+3_Aile 2 (S-O)	22,5%	5,4%	5,4%	5,8%
Z05_RdC-R+1_Aile 5 (N-O)	4,2%	0,1%	0,1%	1,5%	Z49_R+2-R+3_Aile 2 (S-E)	22,8%	3,9%	3,8%	4,1%
Z06_RdC-R+1_Aile 5 (N-E)	6,1%	1,1%	1,1%	2,0%	Z50_R+2-R+3_Aile 2 (N-O)	11,4%	8,9%	9,2%	10,5%
Z07_RdC-R+1_Liaison D11-D12-D21-D22 (Ouest)	10,7%	3,6%	3,6%	4,5%	Z51_R+2-R+3_Aile 2 (N-E)	13,9%	8,8%	8,9%	11,6%
Z08_RdC-R+1_Liaison D11-D12-D21-D22 (Est)	19,5%	8,5%	8,6%	12,1%	Z52_R+2-R+3_Liaison A31-A32-A41-A42 (Ouest)	24,2%	6,4%	6,4%	7,3%
Z09_RdC-R+1_Aile 4 (S-O)	17,1%	3,3%	3,3%	3,7%	Z53_R+2-R+3_Liaison A31-A32-A41-A42 (Est)	33,8%	23,1%	23,2%	20,3%
Z10_RdC-R+1_Aile 4 (S-E)	17,4%	3,3%	3,3%	3,8%	Z54_R+2-R+3_Aile 1 (S-O)	19,6%	3,4%	3,4%	3,6%
Z11_RdC-R+1_Aile 4 (N-O)	9,4%	2,4%	2,4%	3,6%	Z55_R+2-R+3_Aile 1 (S-E)	14,5%	2,7%	2,7%	2,9%
Z12_RdC-R+1_Aile 4 (N-E)	9,2%	2,2%	2,2%	3,2%	Z56_R+2-R+3_Aile 1 (N-O)	10,2%	5,4%	5,6%	4,8%
Z13_RdC-R+1_Liaison C11-C12-C21-C22 (Ouest)	16,4%	3,2%	3,0%	4,0%	Z57_R+2-R+3_Aile 1 (N-E)	9,4%	2,0%	2,0%	1,9%
Z14_RdC-R+1_Liaison C11-C12-C21-C22 (Est)	17,8%	6,5%	6,5%	9,2%	Z58_R+2_Aile 1 Travée Sud	30,0%	4,4%	3,8%	2,2%
Z15_RdC-R+1_Aile 3 (S-O)					Z59_R+4-R+5_Paliers_Circu_San.				
Z16_RdC-R+1_Aile 3 (S-E)	17,9%	3,5%	3,5%	4,2%	Z60_R+4-R+5_Aile 5 (S-O)	23,1%	4,9%	4,8%	5,8%
Z17_RdC-R+1_Aile 3 (N-O)	10,1%	5,1%	5,2%	5,1%	Z61_R+4-R+5_Aile 5 (S-E)	21,8%	4,8%	4,8%	5,2%
Z18_RdC-R+1_Aile 3 (N-E)	9,9%	4,9%	5,0%	6,2%	Z62_R+4-R+5_Aile 5 (N-O)	3,9%	0,0%	0,0%	1,5%
Z19_RdC-R+1_Liaison B11-B12-B21-B22 (Ouest)	21,3%	3,7%	3,7%	4,7%	Z63_R+4-R+5_Aile 5 (N-E)	4,1%	0,0%	0,0%	1,5%
Z20_RdC-R+1_Liaison B11-B12-B21-B22 (Est)	35,6%	14,0%	14,1%	16,7%	Z64_R+4_Liaison D51-D52 (Ouest)	24,6%	6,0%	5,9%	9,1%
Z21_RdC_Aile 2-Liaison A					Z65_R+4_Liaison D51-D52 (Est)	30,1%	16,6%	16,6%	24,8%
Z22_R+1_Aile 2 (S-O)	18,9%	3,8%	3,8%	4,3%	Z66_R+4-R+5_Aile 4 (S-O)	22,0%	4,7%	4,5%	5,1%
Z23_R+1_Aile 2 (S-E)	13,3%	1,8%	1,7%	1,9%	Z67_R+4-R+5_Aile 4 (S-E)	19,9%	4,8%	4,9%	4,8%
Z24_R+1_Aile 2 (N-O)	13,7%	20,1%	20,5%	4,1%	Z68_R+4-R+5_Aile 4 (N-O)	4,2%	0,0%	0,0%	1,5%
Z25_R+1_Aile 2 (N-E)	13,3%	3,0%	3,0%	15,0%	Z69_R+4-R+5_Aile 4 (N-E)	3,3%	0,0%	0,0%	1,6%
Z26_R+1_Liaison A21-A22 (Ouest)	26,9%	12,9%	13,0%	14,4%	Z70_R+4-R+5_Liaison C51-C52-C61-C62 (Ouest)	14,7%	5,1%	5,0%	5,6%
Z27_R+1_Liaison A21-A22 (Est)	27,4%	15,5%	15,7%	15,9%	Z71_R+4-R+5_Liaison C51-C52-C61-C62 (Est)				
Z28_R+1_Aile 1 Espaces mutualisés					Z72_R+4-R+5_Aile 3 (S-O)	21,0%	4,3%	4,2%	4,3%
Z29_R+2-R+3_Paliers_Circu_San.					Z73_R+4-R+5_Aile 3 (S-E)	21,5%	4,9%	5,0%	4,9%
Z30_R+2-R+3_Aile 5 (S-O)	23,3%	5,6%	5,9%	7,4%	Z74_R+4-R+5_Aile 3 (N-O)	12,3%	6,3%	7,1%	7,3%
Z31_R+2-R+3_Aile 5 (S-E)	22,4%	5,0%	5,1%	6,3%	Z75_R+4-R+5_Aile 3 (N-E)	12,0%	9,1%	10,0%	12,2%
Z32_R+2-R+3_Aile 5 (N-O)	4,0%	0,0%	0,0%	1,5%	Z76_R+4-R+5_Liaison B51-B52-B61-B62 (Ouest)				
Z33_R+2-R+3_Aile 5 (N-E)	4,1%	0,0%	0,0%	1,5%	Z77_R+4-R+5_Liaison B51-B52-B61-B62 (Est)				
Z34_R+2-R+3_Liaison D31-D32-D41-D42 (Ouest)	17,1%	5,6%	5,6%	5,8%	Z78_R+4-R+5_Aile 2 (S-O)	22,1%	5,2%	4,8%	5,4%
Z35_R+2-R+3_Liaison D31-D32-D41-D42 (Est)	38,2%	20,8%	20,8%	16,3%	Z79_R+4-R+5_Aile 2 (S-E)	22,7%	4,7%	4,5%	4,5%
Z36_R+2-R+3_Aile 4 (S-O)	21,6%	4,6%	4,6%	5,7%	Z80_R+4-R+5_Aile 2 (N-O)	10,1%	3,5%	3,4%	4,5%
Z37_R+2-R+3_Aile 4 (S-E)	21,3%	4,9%	4,8%	5,7%	Z81_R+4-R+5_Aile 2 (N-E)	12,1%	7,3%	7,8%	11,6%
Z38_R+2-R+3_Aile 4 (N-O)	5,9%	0,2%	0,2%	1,8%	Z82_R+4-R+5_Liaison A51-A52-A61-A62 (Ouest)	45,7%	17,1%	17,1%	11,8%
Z39_R+2-R+3_Aile 4 (N-E)	4,9%	0,1%	0,1%	1,6%	Z83_R+4-R+5_Liaison A51-A52-A61-A62 (Est)	52,4%	55,1%	55,7%	31,6%
Z40_R+2-R+3_Liaison C31-C32-C41-C42 (Ouest)	17,8%	3,6%	3,6%	5,3%	Z84_R+4-R+5_Aile 1 (S-O)	20,4%	4,4%	4,4%	4,2%
Z41_R+2-R+3_Liaison C31-C32-C41-C42 (Est)					Z85_R+4-R+5_Aile 1 (S-E)	20,8%	4,3%	4,2%	4,3%
Z42_R+2-R+3_Aile 3 (S-O)	23,7%	1,6%	1,6%	1,5%	Z86_R+4-R+5_Aile 1 (N-O)	10,3%	5,4%	5,6%	8,5%
Z43_R+2-R+3_Aile 3 (S-E)	22,1%	5,4%	5,3%	5,9%	Z87_R+4-R+5_Aile 1 (N-E)	9,9%	4,2%	4,6%	5,2%
Z44_R+2-R+3_Aile 3 (N-O)	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	Z88_R+5_Liaison D61-D62	12,7%	3,6%	3,6%	4,5%
Z45_R+2-R+3_Aile 3 (N-E)	8,4%	1,9%	1,9%	2,7%	Z89_R+6_Edicules de toiture				

Les trois scénarios amènent une amélioration du confort d'été, mais le scénario 3 peut mettre en garde sur certaines dégradations de l'inconfort estival dues à la **gestion du by-pass de l'échangeur** : sans by-pass l'air est préchauffé en été (même s'il est coupé en été sous conditions de température, un inconfort peut apparaître en mi-saison), à la **coupure de la ventilation en inoccupation** (par rapport aux sorbonnes actuelles) – possible à rétablir sur une partie de la nuit ou **l'homogénéisation des**

températures de soufflage impliquée par les équipements centralisés de récupération de chaleur. Quoiqu'il en soit, le scénario 3 reste plus performant que le bâtiment dans son état initial du point de vue du confort d'été.

Partie H Annexes

Annexe 1 : Locaux visités

Tous les locaux de l'établissement n'ont pas pu être visités :

- les installations techniques de sous-station et le niveau de sous-sol ont pu être visités
- tout comme la toiture, les locaux de la liaison D du R+5 (D61 et D62)
- les locaux rénovés du R+4 de l'aile 3 ont également été relevés

N.B. : Les DOE des locaux rénovés ont été transmis.

Annexe 2 : Hypothèses de la STD

1. Fichier météo

Le fichier météo considéré est le fichier « Marseille – moyen » du pack Meteonorm V2 (basé sur les années 2010-2019).

2. Données d'occupation

Les bureaux sont à considérer avec l'occupation suivante :

Nom: 20_Occup. Bureau

Complément: 1 personne dans le bureau

Origine:

Type: Occupation

Relatif(%) à la valeur de base — Unité: Occup./m²

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Valeurs

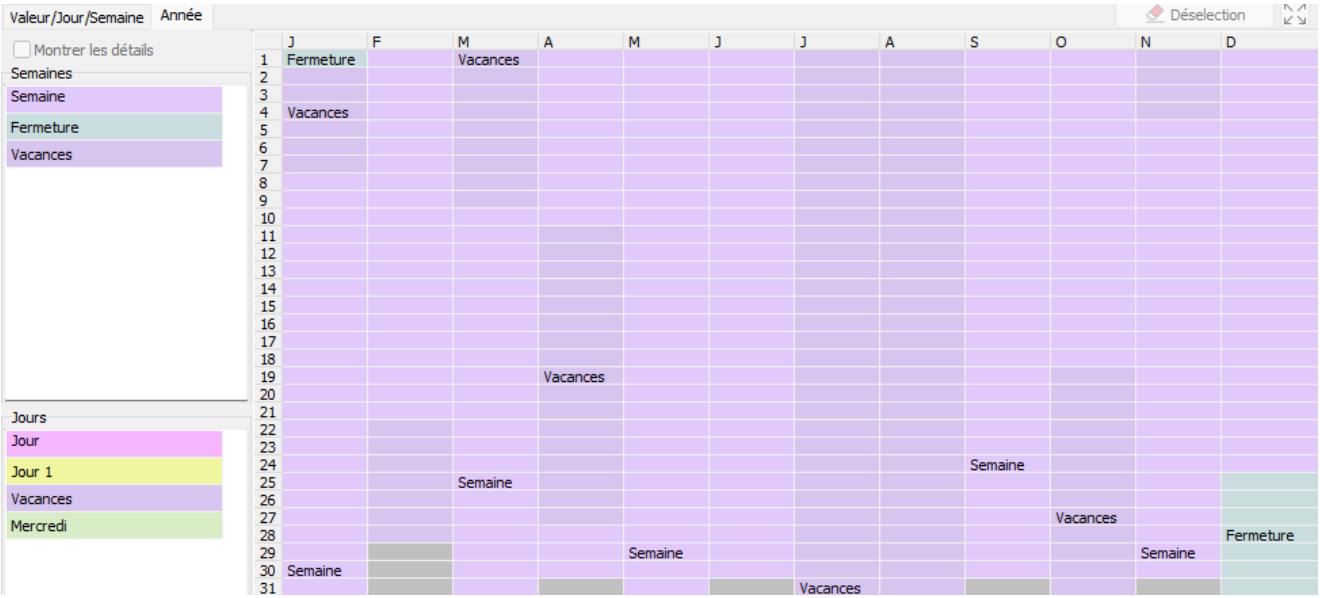
S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	0.05	Occup./m²
	Valeur 1	0.00	Occup./m²
	Valeur été	0.05	Occup./m²

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Jour	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Jour 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vacances	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mercredi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour 1	Jour	Jour	Jour 1	Jour 1
Fermeture	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1
Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Jour 1	Jour 1


Valeur/Jour/Semaine
Année
Déselection
Montrer les détails
Semaines
Semaine
Fermeture
Vacances
Jours
Jour
Jour 1
Vacances
Mercredi
J F M A M J J A S O N D
Fermeture
Vacances
Semaine
Vacances
Semaine
Semaine
Vacances
Fermeture
Semaine
Semaine
Vacances

Les laboratoires sont à considérer avec l'occupation suivante :

Nom: 20_Occup. Labo

Complément: 20 m²/occupant

Origine

Type: Occupation

Relatif(%) à la valeur de base — Unité: Occup./m²

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	0.05	Occup./m²
	Valeur 1	0.00	Occup./m²
	Valeur été	0.05	Occup./m²

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Jour	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	Jour 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vacances	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mercredi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00

Semaines

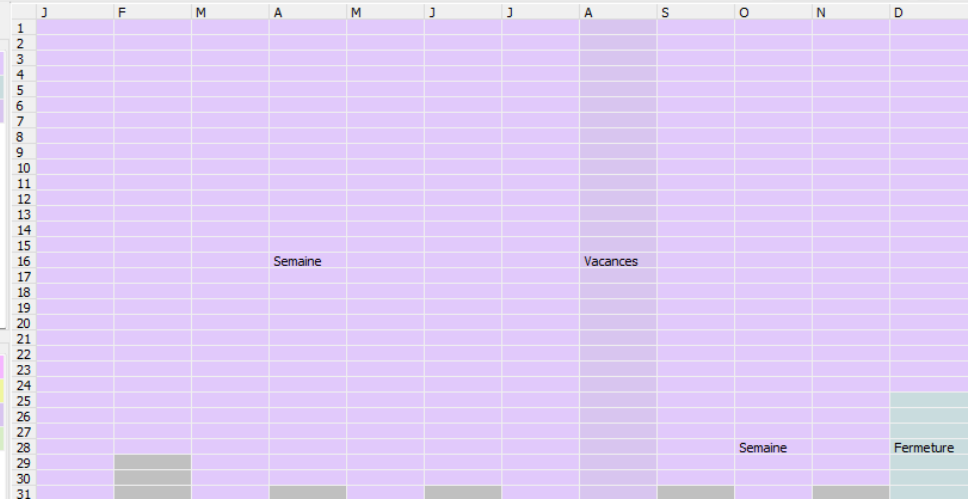
Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Mercredi	Jour	Jour	Jour 1	Jour 1
Fermeture	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1
Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Jour 1	Jour 1

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Montrer les détails

Semaines: Semaine, Fermeture, Vacances

Jours: Jour, Jour 1, Vacances, Mercredi



Les locaux d’enseignement sont à considérer avec l’occupation suivante :

Nom: 20_Occup. Enseignement

Complément: 1 personne dans le bureau

Origine:

Type: Occupation

Relatif(%) à la valeur de base — Unité: Occup./m²

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	0.1	Occup./m²
	Valeur 1	0.0	Occup./m²
	Valeur été	0.1	Occup./m²

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Jour	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Jour 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vacances	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mercredi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour 1	Jour	Jour	Jour 1	Jour 1
Fermeture	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1
Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Vacances	Jour 1	Jour 1

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Montrer les détails

Semaines: Semaine, Fermeture, Vacances

Jours: Jour, Jour 1, Vacances, Mercredi

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Fermeture		Vacances									
2												
3												
4	Vacances											
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19				Vacances								
20												
21												
22												
23												
24									Semaine			
25			Semaine									
26												
27										Vacances		
28												Fermeture
29					Semaine						Semaine	
30	Semaine											
31							Vacances					

3. Données de chauffage

Les consignes de chauffage suivantes sont à considérer :

Valeur/Jour/Semaine | Année | Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	10	°C
	Valeur 1	16	°C
	Valeur 2	20	°C
	Valeur 3	17	°C
	Valeur 4	18	°C

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Jour	16	16	16	16	16	17	18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16	16	16	16	16
	Jour 1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Vacances	16	16	16	16	16	17	18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16	16	16	16	16
	Week-End	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Week-End	Week-End
Semaine 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1
Semaine vacances	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Week-End	Week-End

4. Données de climatisation

Valeur/Jour/Semaine | Année | Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	50	°C
	Valeur 1	30	°C
	Valeur 2	26	°C
	Valeur 3	27	°C

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Jour	30	30	30	30	30	30	30	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	30	30	30
	Jour 1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour 1	Jour 1
Semaine 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1

5. Données d'apports internes

Les bureaux sont à considérer avec les apports internes suivants :

Nom: 20_AI_Bureaux

Complément

Origine

Type: Puissance

Relatif(%) à la valeur de base — Unité: W/m² — Total kWh/m²/an: 35.16

Valeur/Jour/Semaine — Année — Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Veilles	2	W/m²
	Pic	10	W/m²
	Valeur	0	W/m²

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Semaine	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	10.00	10.00	10.00	10.00	2.00	2.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Samedi	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Dimanche	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Semaines

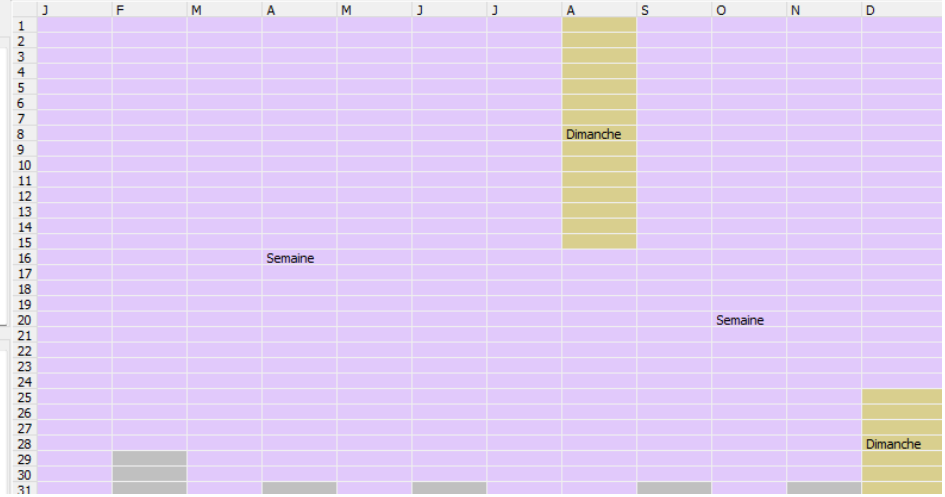
Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Semaine	Semaine	Semaine	Semaine	Semaine	Samedi	Dimanche

Valeur/Jour/Semaine — Année — Déselection

Montrer les détails

Semaines: Semaine

Jours: Semaine, Samedi, Dimanche



Les laboratoires sont à considérer avec les apports internes suivants :

Nom: 20_AI_Labos

Complément

Origine

Type: Puissance

Relatif(%) à la valeur de base — Unité: W/m² — Total: 142.43 kWh/m²/an

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Veilles	15	W/m²
	Pic	20	W/m²
	Valeur	5	W/m²

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Semaine	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	20.00	20.00	20.00	20.00	15.00	15.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	Samedi	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	Dimanche	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

Semaines

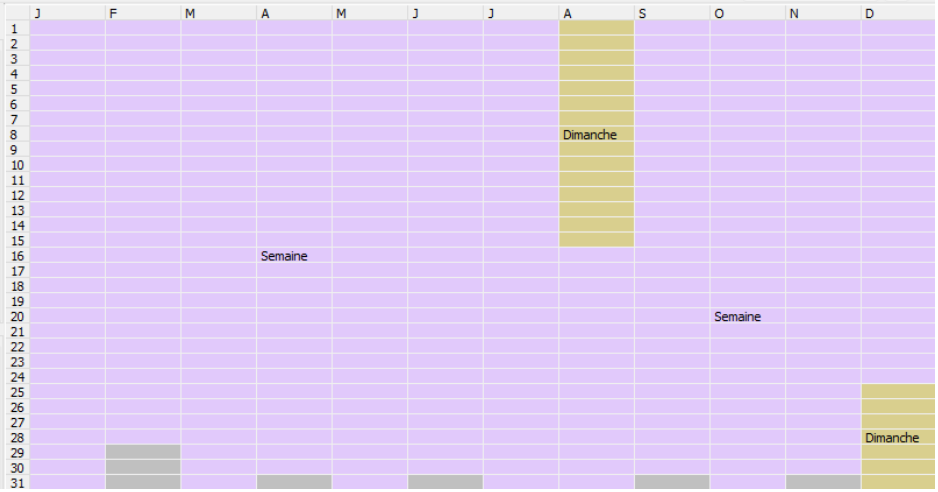
Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Semaine	Semaine	Semaine	Semaine	Semaine	Samedi	Dimanche

Valeur/Jour/Semaine | Année — Déselection

Montrer les détails

Semaines: Semaine

Jours: Semaine, Samedi, Dimanche



6. Données d'éclairement

Les niveaux d'éclairement suivant sont considérés pendant tout le planning d'occupation, avec les seuils suivants :

- Circulation : 100 lux au niveau du sol
- Bureaux : 300 lux à 0.7 m du sol
- Laboratoire : 300 lux à 0.7 m du sol
- Enseignement : 300 lux à 0.7 m du sol

7. Données d'Eau Chaude Sanitaire

Un puisage quotidien de 20 litre est considéré pour chacun des ballons du bâtiment, avec une absence de puisage sur les périodes annuelles suivantes :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												
2	Sema											
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13		Sema										
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21			Sema									
22	Sema											
23												
24												
25												
26				Sema						Sema		Semair
27												
28												
29												
30												
31					Sema		Sema					

8. Gestion des menuiseries

Un ratio d'ouverture de 25% est à considérer avec le mode de gestion suivant :

Ratio d'ouverture maximal 25 % Valeur saisie

Mode d'ouverture RT/RE | Mode d'ouverture STD

○ Toujours ouvert ○ Scénarisé ● Détaillée ○ Mixte (scénario et détaillé)

☑ Fermé au-delà de la limite de vent Limite de vitesse de vent 20 m/s

Mode détaillé STD

Les fenêtres extérieures utilisent les modes d'ouverture définis dans la méthode Th-BCE.

Les portes extérieures sont toujours fermées.

Les portes intérieures sont toujours ouvertes.

☑ Automatisme d'ouverture par défaut

	Saison de chauffage	Mi-saison	Saison de refroidissement
Mode de gestion	Gestion Manuelle	Gestion Manuelle	Gestion Manuelle
Δθ1	3	3	3
Δθ2	1	1	1
θbase	24	24	22
Δθint-ext	-6	-6	-6
Seuil bas	10	10	8
Seuil haut	18	18	16

Les protections solaires ont les caractéristiques physiques suivantes :

Caractéristiques physiques

Type: Vénitien avec gestion Automatique 45 Fixe

Position: Extérieure Espacement: 1.5 cm

☐ Seconde protection mobile

Largeur de lame: 10 cm Distance entre lames: 9 cm

Classe d'étanchéité: Perméable

ΔR: 0 m².K/W

Ouverture de la protection

Caractéristiques solaires, lumineuses et thermiques

Transparence: Opaque

Teinte: Extérieur Pastel Intérieur Pastel

Détails

Avec ce scénario d'abaissement de la protection solaire :

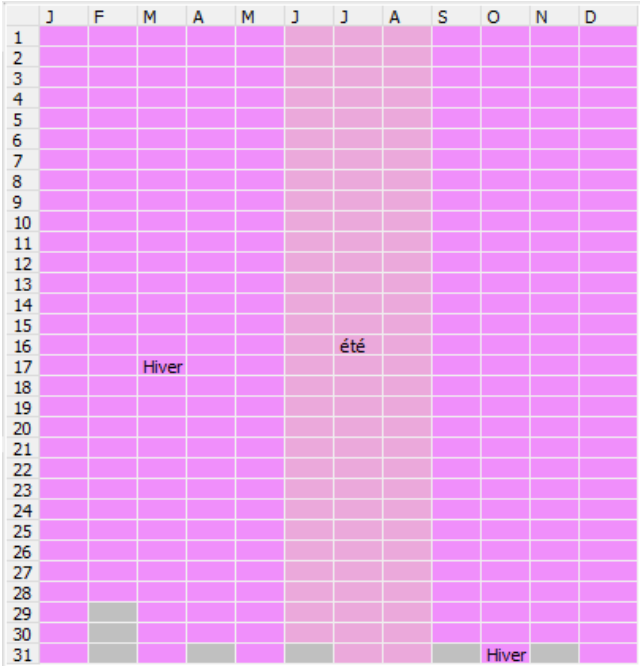
Valeur/Jour/Semaine | Année | Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	100	%
	Valeur 1	0	%
	Valeur 2	80	%

Jours — Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	été	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0	0



Annexe 3 : Détails de la STD

Le zonage retenu est le suivant :

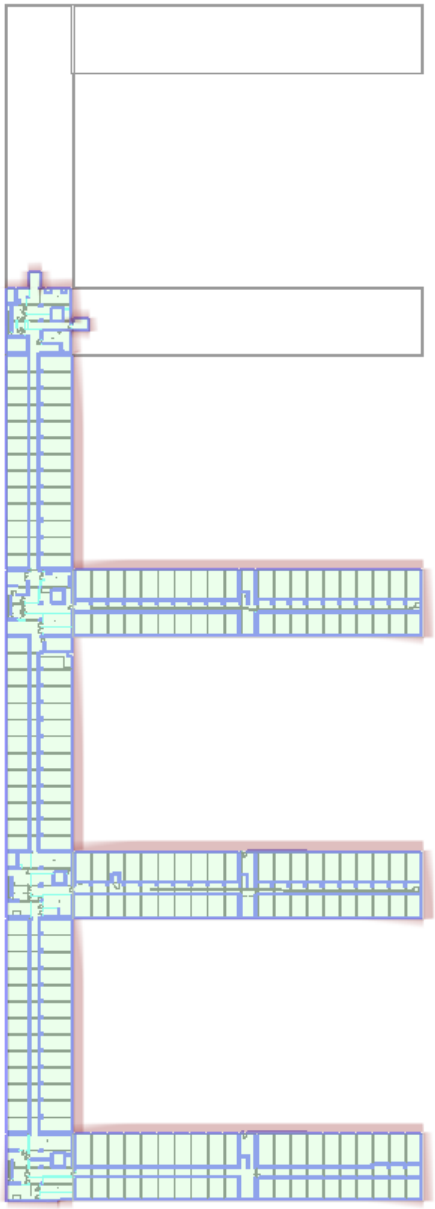


Figure 61 : Plan de zonage du sous-sol

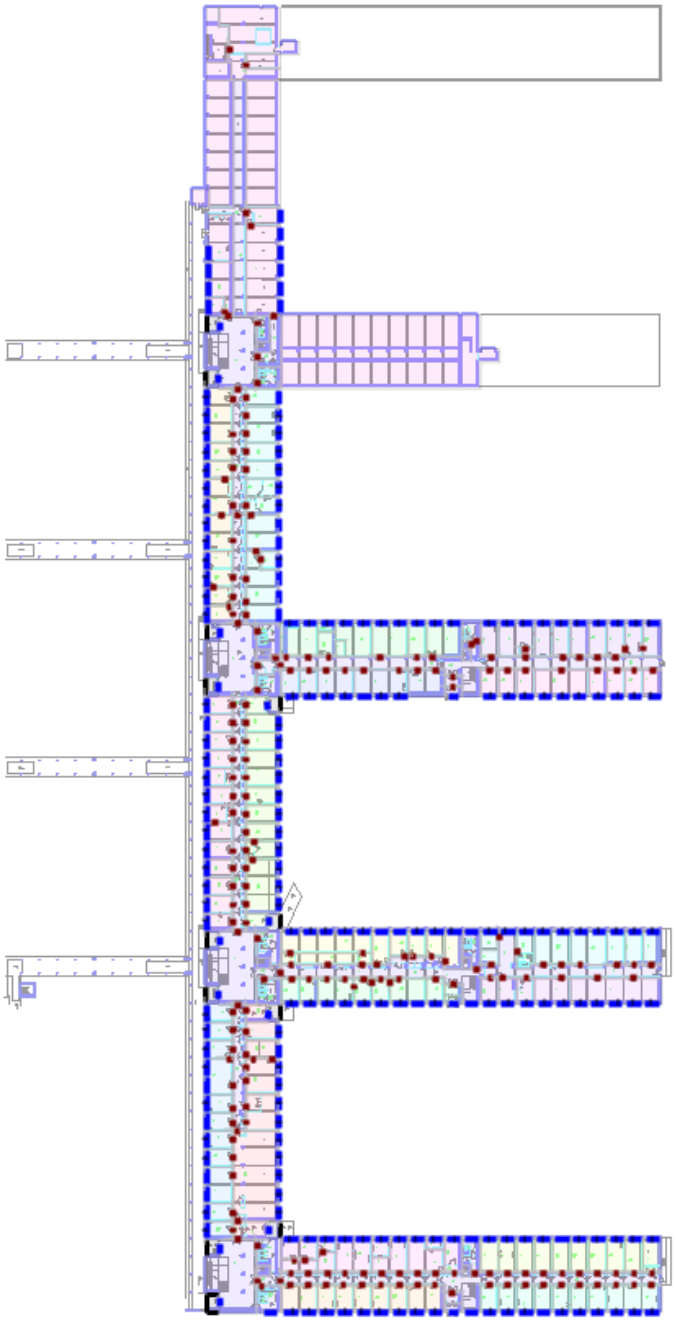


Figure 62 : Plan de zonage du rez-de-chaussée

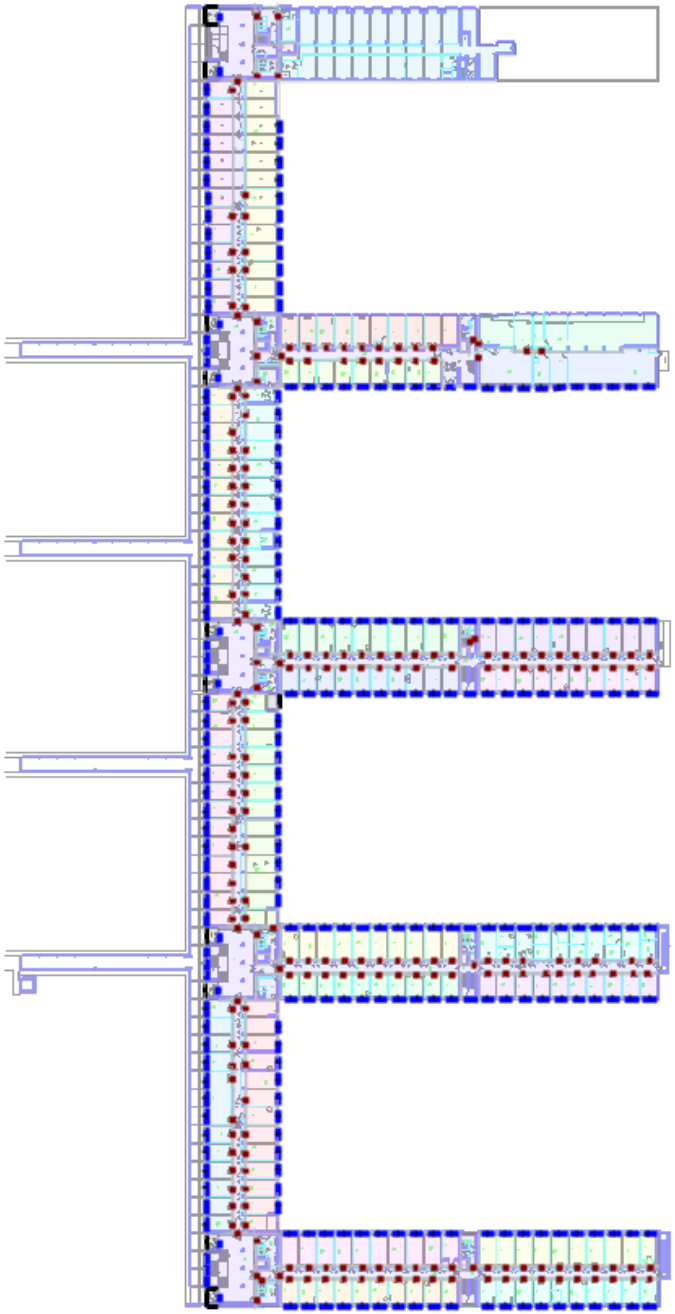


Figure 63 : Plan de zonage du R+1

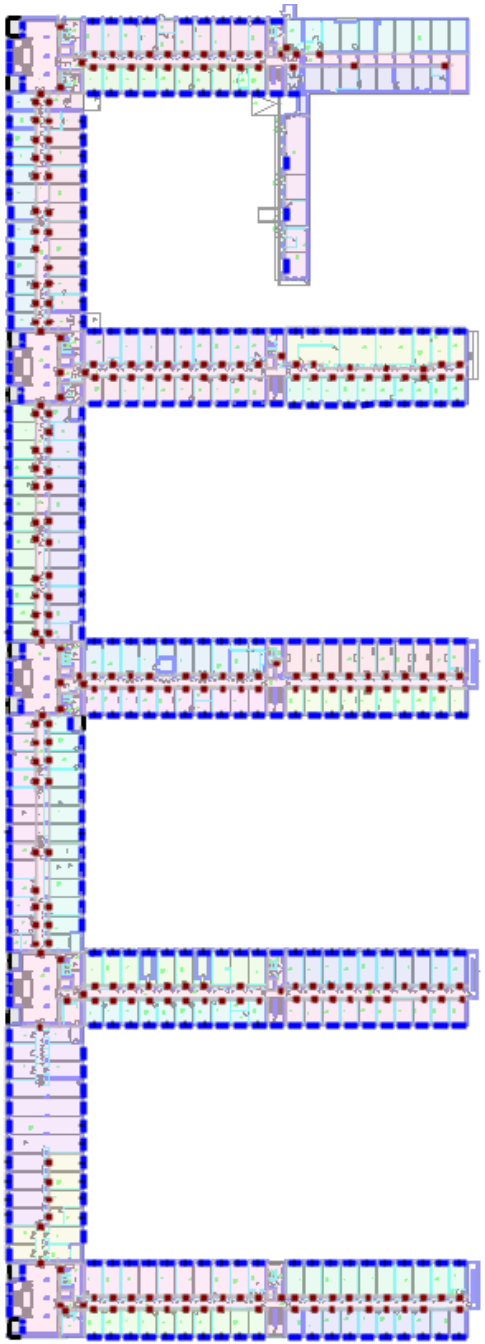


Figure 64 : Plan de zonage du R+2

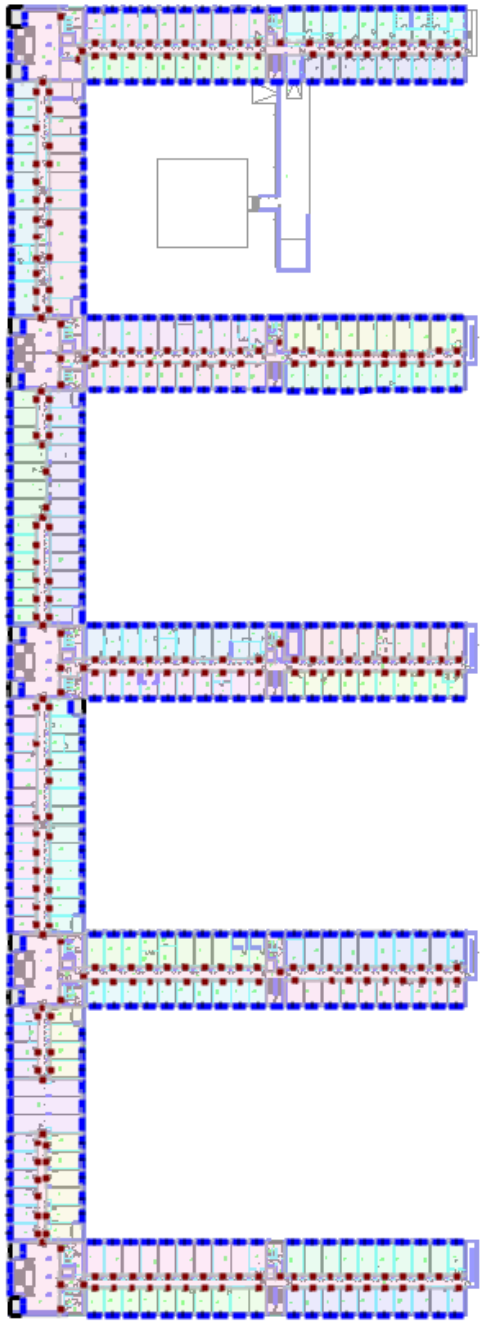


Figure 65 : Plan de zonage du R+3

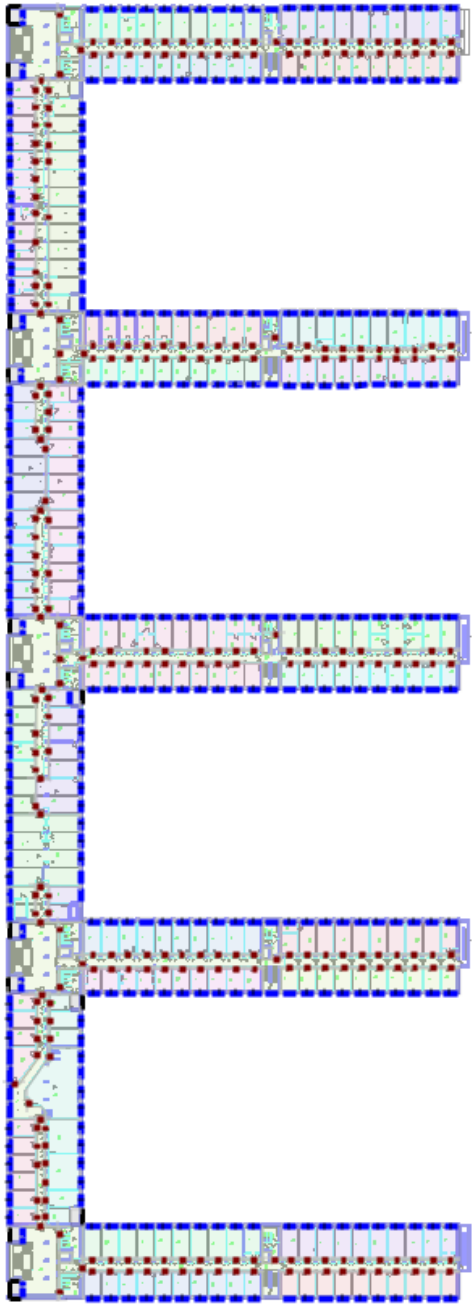


Figure 66 : Plan de zonage du R+4

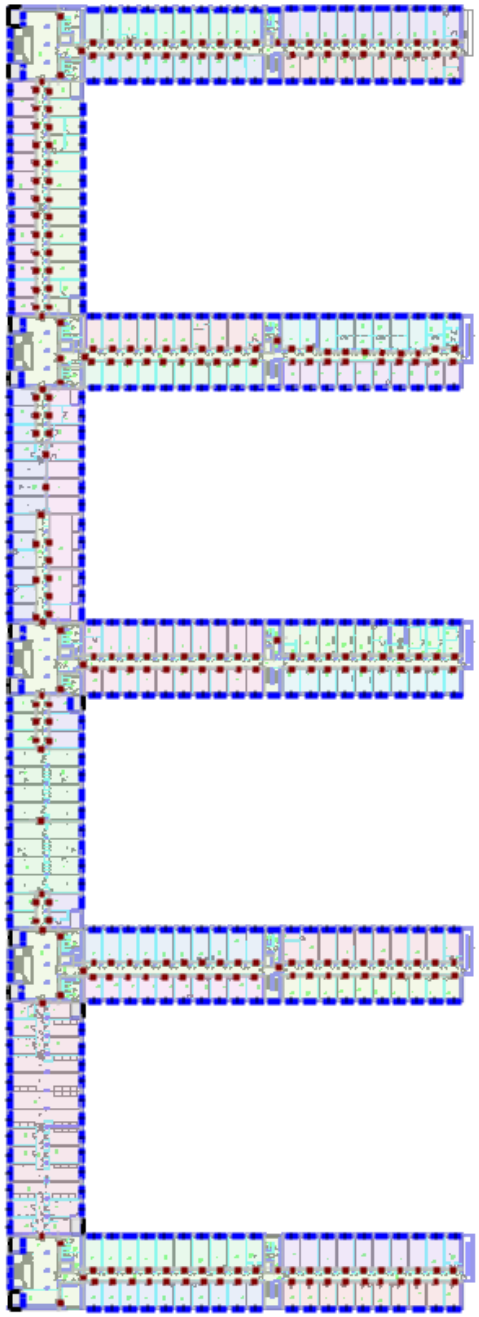


Figure 67 : Plan de zonage du R+5

Voici les déperditions obtenues par local à 21°C sans surpuissance, en W :

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
RdC_Aile 5_Pallier	118,00	5 208	1 048	704	6 960	136	440	7 537	64
RdC_Aile 5_San. F.04	23,15	603	456	274	1 333	27	86	1 446	62
RdC_Aile 5_Bureau.5.01	52,58	2 628	1 369	511	4 508	552	196	5 256	100
RdC_Aile 5_Bureau.5.04	17,47	650	456	141	1 247	184	65	1 496	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.05	17,43	648	456	141	1 245	184	65	1 494	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.06	17,42	648	456	141	1 244	184	65	1 493	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.07	17,40	647	456	141	1 244	184	65	1 493	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.08	17,29	642	456	140	1 239	184	65	1 487	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.09	17,57	655	456	141	1 252	184	66	1 502	85
RdC_Aile 5_Bureau.5.10	17,34	645	456	140	1 242	184	65	1 490	86
RdC_Aile 5_Circu	197,14	4 212	456	180	4 848	227	736	5 811	29
RdC_Aile 5_Hall.5.01	5,26	375	655	145	1 176	6	20	1 201	229
RdC_Aile 5_Repos.5.02	34,97	1 293	913	281	2 488	368	130	2 986	85
RdC_Aile 5_Bureau.5.11	17,43	651	456	141	1 248	184	65	1 497	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.12	17,34	647	456	141	1 244	184	65	1 493	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.13	17,29	644	456	141	1 241	184	65	1 489	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.14	17,35	646	456	141	1 243	184	65	1 492	86
RdC_Aile 5_Bureau.5.15	17,41	649	456	141	1 246	184	65	1 495	86
RdC_Aile 5_Labo.5.26	35,77	1 327	913	284	2 524	369	134	3 026	85
RdC_Aile 5_Hall.5.02	6,90	126	0	0	126	4	13	143	21
RdC_Aile 5_San. H.04	36,24	507	0	59	566	21	68	654	18
RdC_Aile 5_Asc.5.1	3,51	65	0	0	65	2	7	74	21
RdC_Aile 5_Asc.05	4,74	26	0	0	26	3	9	38	8
RdC_Aile 5_Labo.5.18	17,24	312	0	0	312	10	32	354	21
RdC_Aile 5_Entrepot.5.04	13,57	245	0	0	245	8	25	278	21
RdC_Aile 5_Labo.5.14	21,40	704	456	139	1 300	1 662	80	3 041	142
RdC_Aile 5_Labo.5.13	22,59	751	456	142	1 349	1 663	84	3 096	137
RdC_Aile 5_Labo.5.11	32,34	915	456	141	1 513	1 674	121	3 308	102
RdC_Aile 5_SDR.5.33	21,72	1 600	456	251	2 307	1 662	81	4 050	186
RdC_Aile 5_Labo.5.09	37,50	1 002	456	140	1 599	1 680	140	3 419	91
RdC_Aile 5_Labo.5.01	21,90	724	456	140	1 321	1 662	82	3 065	140
RdC_Aile 5_Labo.5.23	21,69	715	456	140	1 311	1 662	81	3 054	141
RdC_Aile 5_Labo.5.27	22,19	735	456	141	1 332	1 663	83	3 078	139
RdC_Aile 5_Labo.5.02	22,12	733	456	141	1 330	1 663	83	3 075	139
RdC_Aile 5_Labo.5.03	22,03	730	456	141	1 327	1 662	82	3 071	139
RdC_Aile 5_Labo.5.04	22,12	733	456	141	1 330	1 663	83	3 075	139
RdC_Aile 5_Labo.5.05	21,97	727	456	141	1 324	1 662	82	3 069	140
RdC_Aile 5_Entrepôt.5.02	21,98	728	456	141	1 325	1 662	82	3 070	140
RdC_Aile 5_Labo.5.06	22,06	731	456	141	1 328	1 662	82	3 073	139
RdC_Aile 5_Labo.5.07	22,07	731	456	141	1 328	1 662	82	3 073	139
RdC_Aile 5_San.5.01	19,83	699	456	142	1 297	23	74	1 394	70
RdC_Aile 5_Labo.5.17	28,05	1 196	913	284	2 392	3 306	105	5 804	207
RdC_Aile 5_Labo.5.12	11,87	549	456	141	1 146	1 651	44	2 841	239
RdC_Aile 5_Entrepot.5.03	8,45	491	456	141	1 088	1 647	32	2 767	327
RdC_Aile 5_Labo.5.10	6,66	457	456	141	1 054	1 645	25	2 724	409
RdC_TPR_Bureau.45	17,74	938	526	219	1 683	184	66	1 934	109
RdC_TPR_DGT.11-12	22,84	661	524	176	1 361	26	85	1 473	65
RdC_TPR_TP01	153,41	4 648	2 282	768	7 697	8 362	573	16 632	108
RdC_TPR_Bureau.25	17,68	619	526	148	1 294	184	66	1 544	87
RdC_TPR_Salle Etudiant 01	35,67	1 238	1 053	296	2 587	41	133	2 761	77
RdC_TPR_Bureau.23	17,63	617	526	148	1 291	184	66	1 541	87

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
RdC_TPR_Bureau.22	17,78	623	526	148	1 297	184	66	1 548	87
RdC_TPR_Labo.45.12.13	43,93	1 464	338	283	2 085	3 325	164	5 574	127
RdC_TPR_Circu.10	59,72	1 073	0	0	1 073	34	111	1 219	20
RdC_TPR_Bureau.45.05	17,58	613	195	148	955	184	66	1 205	69
RdC_TPR_Bureau.45.04	17,68	617	195	148	960	184	66	1 210	68
RdC_TPR_Labo.B4-B5	35,60	1 231	390	296	1 917	3 315	133	5 365	151
RdC_TPR_Labo.L4-L5	42,85	1 419	338	280	2 037	3 323	160	5 520	129
RdC_TPR_Labo.L3a.L3b	21,73	728	169	141	1 038	25	81	1 144	53
RdC_TPR_Labo.B3	17,81	621	195	148	965	1 658	66	2 689	151
RdC_TPR_Labo.L2	21,84	989	169	205	1 363	1 662	81	3 107	142
RdC_TPR_Bureau.45.02	17,69	616	195	148	959	184	66	1 209	68
RdC_TPR_Bureau.45.01	17,32	882	195	214	1 291	184	65	1 539	89
RdC_TPR_DGT.10	13,74	486	524	174	1 185	16	51	1 252	91
RdC_Aile 4_Pallier	129,85	4 358	1 048	597	6 003	150	485	6 637	51
RdC_Aile 4_San. F.03	23,23	408	0	114	523	13	43	579	25
RdC_Aile 4_Bureau.4.270	17,32	662	456	142	1 261	184	65	1 509	87
RdC_Aile 4_Bureau.4.271	16,78	637	456	141	1 234	183	63	1 480	88
RdC_Aile 4_Bureau.4.26	33,80	1 273	913	281	2 467	366	126	2 960	88
RdC_Aile 4_Bureau.4.25	16,61	630	456	140	1 226	183	62	1 471	89
RdC_Aile 4_Bureau.4.24	16,71	635	456	141	1 231	183	62	1 477	88
RdC_Aile 4_Bureau.4.23	33,84	1 275	913	282	2 470	366	126	2 962	88
RdC_Aile 4_Pause.4.22	16,75	637	456	141	1 234	183	63	1 480	88
RdC_Aile 4_Hall.4.01	5,50	395	655	147	1 197	6	21	1 224	222
RdC_Aile 4_Circu	239,15	5 294	913	321	6 527	2 050	1 339	9 916	41
RdC_Aile 4_Bureau.4.21	16,49	622	456	140	1 218	183	62	1 462	89
RdC_Aile 4_Stockage.4.20	16,86	637	456	141	1 234	183	63	1 480	88
RdC_Aile 4_Atelier.4.19	16,44	619	456	139	1 214	183	61	1 458	89
RdC_Aile 4_Pause.4.18	34,45	1 294	913	283	2 489	367	129	2 985	87
RdC_Aile 4_At.Menuiserie.1	85,77	3 870	2 282	791	6 942	917	320	8 180	95
RdC_Aile 4_Hall.4.02	7,03	129	0	0	129	4	13	146	21
RdC_Aile 4_San.4.02-4.03	21,01	710	456	140	1 307	24	78	1 410	67
RdC_Aile 4_Asc.4.1	3,80	70	0	0	70	2	7	80	21
RdC_Aile 4_Archive.DEPIL	24,46	766	456	140	1 363	1 665	91	3 119	127
RdC_Aile 4_Atelier.4.11	23,89	765	456	141	1 362	1 665	89	3 116	130
RdC_Aile 4_Asc.04	4,66	26	0	0	26	3	9	37	8
RdC_Aile 4_Pause.4.01	21,76	1 604	456	251	2 312	1 662	81	4 055	186
RdC_Aile 4_Atelier.4.15	21,83	719	456	140	1 315	1 662	81	3 059	140
RdC_Aile 4_Atelier.4.14	22,51	746	456	142	1 344	1 663	84	3 091	137
RdC_Aile 4_Entrepôt.4.09	9,82	178	0	0	178	6	18	202	21
RdC_Aile 4_Atelier.4.13	44,61	1 463	913	281	2 657	3 326	166	6 149	138
RdC_Aile 4_Atelier.4.12	44,63	1 465	913	282	2 659	3 326	167	6 151	138
RdC_Aile 4_Bur.Maintenance.1	21,87	722	456	140	1 319	1 662	82	3 062	140
RdC_Aile 4_Stockage Maintenance	38,76	699	0	0	699	22	72	793	20
RdC_Aile 4_San. H.03	26,04	422	0	114	536	15	49	600	23
RdC_Aile 4_Bur.Maintenance.4	16,93	645	456	141	1 243	1 657	63	2 962	175
RdC_Aile 4_Bur.Maintenance.3	16,66	633	456	140	1 229	1 656	62	2 948	177
RdC_Aile 4_Bur.Maintenance.2	16,95	647	456	142	1 245	1 657	63	2 964	175
RdC_Aile 4_Stockage	72,88	2 990	2 282	706	5 978	8 269	272	14 519	199
RdC_Aile 4_Entrepôt.4.10	12,24	557	456	141	1 154	1 651	46	2 851	233
RdC_TPR_DGT.08	13,99	499	524	175	1 198	16	52	1 267	91
RdC_TPR_Circu.08	111,70	2 005	0	0	2 005	64	208	2 277	20
RdC_TPR_Bureau.SCASC.04	17,08	897	526	216	1 639	183	64	1 886	110
RdC_TPR_Bureau.SCASC.03	17,93	625	526	149	1 300	184	67	1 551	87
RdC_TPR_Réunion.C12	65,34	2 421	1 369	486	4 276	566	244	5 086	78

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
RdC_TPR_Bureau.16	17,77	618	526	148	1 292	184	66	1 543	87
RdC_TPR_Bureau.34.24	17,68	614	526	148	1 288	184	66	1 538	87
RdC_TPR_Archives.3.01	21,56	722	456	141	1 319	189	80	1 588	74
RdC_TPR_Bureau.34.25	17,54	608	526	147	1 282	184	65	1 531	87
RdC_TPR_Bureau.3.13	18,07	631	526	149	1 307	185	67	1 559	86
RdC_TPR_Repos.34.18	21,58	724	456	141	1 321	189	81	1 590	74
RdC_TPR_Bureau.Admin.05	21,67	727	456	141	1 325	189	81	1 594	74
RdC_TPR_Réunion.3.1	17,58	611	526	149	1 287	184	66	1 537	87
RdC_TPR_Bureau.3.14	21,46	718	456	140	1 315	188	80	1 583	74
RdC_TPR_Bureau.3.12	17,55	610	526	149	1 285	184	65	1 535	87
RdC_TPR_Bureau.Admin.02	17,94	628	526	151	1 305	184	67	1 556	87
RdC_TPR_Bureau.34.14	43,70	1 454	913	282	2 649	378	163	3 190	73
RdC_TPR_Bureau.3.03	17,70	616	526	150	1 293	184	66	1 543	87
RdC_TPR_Bureau.34.13	21,55	722	456	141	1 319	189	80	1 588	74
RdC_TPR_Bureau.3.02	17,55	611	526	149	1 287	184	65	1 536	88
RdC_TPR_Bureau.3.01	17,73	619	526	150	1 295	184	66	1 546	87
RdC_TPR_Bureau.34.12	22,29	1 010	456	207	1 673	189	83	1 946	87
RdC_TPR_Bureau.Admin.01	17,56	892	526	216	1 635	184	66	1 884	107
RdC_TPR_DGT.04	13,45	474	524	174	1 172	15	50	1 237	92
RdC_Aile 3_San. F.02	20,34	389	0	114	502	12	38	552	27
RdC_Aile 3_Pallier	118,26	4 152	1 048	600	5 801	136	441	6 378	54
RdC_Aile 3_Bureau.3.2	18,30	404	456	143	1 004	185	68	1 257	69
RdC_Aile 3_Repos.3.3	17,23	379	456	140	976	184	64	1 224	71
RdC_Aile 3_Bureau.3.4	35,02	765	913	282	1 959	368	131	2 458	70
RdC_Aile 3_Atelier.3.78	52,44	1 142	1 369	422	2 933	552	196	3 680	70
RdC_Aile 3_Labo.311-15	35,29	834	0	110	944	20	66	1 030	29
RdC_Aile 3_Hall.3.01	5,45	372	655	144	1 172	6	20	1 198	220
RdC_Aile 3_Circu	206,28	4 537	0	95	4 632	119	385	5 136	25
RdC_Aile 3_Bureau.3.23	17,33	647	456	141	1 244	184	65	1 493	86
RdC_Aile 3_Bureau.3.22	17,23	642	456	140	1 239	184	64	1 487	86
RdC_Aile 3_Prépa.3.21	17,64	660	456	142	1 258	184	66	1 508	85
RdC_Aile 3_Labo.3.12	52,31	1 930	1 369	422	3 720	551	195	4 467	85
RdC_Aile 3_Bureau.3.04	17,13	638	456	140	1 235	183	64	1 482	87
RdC_Aile 3_Bureau.3.01	17,27	643	456	140	1 240	184	64	1 488	86
RdC_Aile 3_Cuisine.3.01	17,29	645	456	141	1 242	184	65	1 491	86
RdC_Aile 3_Bureau.3.01.bis	17,03	1 326	456	229	2 011	183	64	2 258	133
RdC_Aile 3_Hall.3.02	6,79	124	0	0	124	4	13	141	21
RdC_Aile 3_Cir.06	12,94	71	0	0	71	7	24	102	8
RdC_Aile 3_Asc.3.1	3,65	68	0	0	68	2	7	77	21
RdC_Aile 3_Asc.03	4,85	27	0	0	27	3	9	39	8
RdC_Aile 3_San. H.02	25,47	145	0	25	170	15	48	232	9
RdC_Aile 3_Stockage.Repro.3.05	44,16	1 452	913	281	2 645	3 325	165	6 135	139
RdC_Aile 3_Stockage.311.16	22,07	732	456	141	1 329	1 662	82	3 074	139
RdC_Aile 3_Local.Repro.3.05	44,35	1 458	913	281	2 652	3 325	166	6 143	139
RdC_Aile 3_Local.Ski.3.04	38,57	1 365	913	282	2 559	3 319	144	6 022	156
RdC_Aile 3_Atelier.3.03	5,84	107	0	0	107	3	11	122	21
RdC_Aile 3_Atelier.3.01	15,97	288	0	0	288	9	30	327	20
RdC_Aile 3_Analyse.Génétique	21,99	729	456	141	1 326	1 662	82	3 071	140
RdC_Aile 3_Fermentation.3.03	40,07	1 381	913	281	2 575	3 320	150	6 045	151
RdC_Aile 3_DGT.3.01	3,87	72	0	0	72	2	7	81	21
RdC_Aile 3_Fermentation.3.02	22,06	732	456	141	1 329	1 662	82	3 074	139
RdC_Aile 3_Entrepot.3.05	21,43	708	456	139	1 304	1 662	80	3 045	142
RdC_Aile 3_Entrepot.3.03	22,36	745	456	142	1 343	1 663	83	3 089	138
RdC_Aile 3_Exp.3.03	22,11	734	456	141	1 331	1 663	83	3 076	139

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
RdC_Aile 3_Entrepot.3.13	21,94	728	456	141	1 325	1 662	82	3 069	140
RdC_Aile 3_Exp.3.14	21,87	726	456	141	1 323	1 662	82	3 067	140
RdC_Aile 3_Exp.3.15	21,69	1 596	456	251	2 303	1 662	81	4 046	186
RdC_Aile 3_Archives.3.1-3.02	45,73	1 516	913	285	2 714	3 327	171	6 212	136
RdC_Aile 3_San.01	13,98	740	0	55	795	8	26	829	59
RdC_Aile 3_Atelier.3.02	5,27	421	456	139	1 017	1 643	20	2 679	508
RdC_TPR_Bureau.23.21	17,31	925	526	220	1 671	184	65	1 919	111
RdC_TPR_Circu.05	52,38	941	0	0	941	30	98	1 069	20
RdC_TPR_Repro.23.25	75,12	2 295	1 369	441	4 105	87	280	4 471	60
RdC_TPR_Bureau.23.20	17,73	627	526	150	1 304	184	66	1 554	88
RdC_TPR_Bureau.23.19	35,51	1 246	1 053	300	2 599	368	133	3 099	87
RdC_TPR_Bureau.23.25	11,94	560	456	142	1 158	177	45	1 380	116
RdC_TPR_Bureau.23.18	35,45	1 245	1 053	300	2 598	368	132	3 098	87
RdC_TPR_Repro.23.26	43,53	1 447	913	282	2 641	50	162	2 853	66
RdC_TPR_Bureau.23.17	35,41	1 246	1 053	300	2 598	368	132	3 099	88
RdC_TPR_Circu.04	60,94	1 094	0	0	1 094	35	114	1 243	20
RdC_TPR_Bureau.23.27	21,35	714	456	140	1 310	188	80	1 578	74
RdC_TPR_Bureau.23.28	22,12	744	456	142	1 342	189	83	1 614	73
RdC_TPR_Bureau.2	17,38	616	526	149	1 292	184	65	1 540	89
RdC_TPR_Bureau.23.29	21,00	699	456	139	1 295	188	78	1 561	74
RdC_TPR_Bureau.23.30	21,87	734	456	141	1 332	189	82	1 602	73
RdC_TPR_Bureau.1	17,53	622	526	150	1 298	184	65	1 547	88
RdC_TPR_Salle.de.cours.01	53,15	2 153	1 580	516	4 249	4 972	198	9 419	177
RdC_TPR_Info.23.31	43,27	1 435	913	281	2 629	377	161	3 168	73
RdC_TPR_Réseau.23.33	21,40	693	456	138	1 287	25	80	1 391	65
RdC_Aile 2_Pallier	118,19	4 268	1 145	632	6 045	136	441	6 623	56
RdC_Aile 2_San.F.01	19,48	199	0	68	267	11	36	315	16
RdC_TPR_Circu.02.03	28,51	376	97	80	553	16	53	623	22
RdC_Aile 2_Asc.02	4,98	28	0	0	28	3	9	40	8
RdC_Aile 2_San. H.01	12,03	108	0	11	119	7	22	149	12
R+1_Aile 5_Pallier	118,00	2 289	3 617	1 061	6 967	136	440	7 543	64
R+1_Aile 5_San. F.05	23,15	626	0	188	814	13	43	870	38
R+1_Aile 5_ICR_Sud-Est	176,50	4 051	4 563	1 496	10 109	1 840	659	12 609	71
R+1_Aile 5_Circu 1	192,43	828	0	93	922	111	359	1 392	7
R+1_Aile 5_ICR_Sud-Ouest	176,54	3 371	4 563	1 408	9 342	1 840	659	11 842	67
R+1_Aile 5_San. H.05	36,18	16	0	26	42	21	68	130	4
R+1_Aile 5_Asc.5.1	3,51	0	0	0	0	2	7	9	2
R+1_Aile 5_Asc.05	4,74	0	0	0	0	3	9	12	2
R+1_Aile 5_ICR_Nord-Ouest	224,80	3 375	4 563	1 409	9 347	16 630	839	26 815	119
R+1_Aile 5_ICR_Nord-Est	223,40	4 237	4 563	1 517	10 317	16 628	834	27 778	124
R+1_Aile 5_San.5.01	19,83	492	0	55	547	11	37	596	30
R+1_TPR_Bureaux.45.Ouest	107,67	2 205	3 159	969	6 334	1 106	402	7 842	73
R+1_TPR_Circu.16-17	110,93	0	0	0	0	64	207	271	2
R+1_TPR_Bureaux.45.Est	131,76	2 588	2 282	778	5 647	970	492	7 109	54
R+1_TPR_Atelier.45.Est	152,66	2 939	1 014	898	4 851	9 998	570	15 419	101
R+1_TPR_Réunion.Bureaux.45.Ouest	125,12	2 469	1 365	1 113	4 948	1 290	467	6 705	54
R+1_Aile 4_Pallier	129,85	1 228	3 617	954	5 799	150	485	6 433	50
R+1_Aile 4_San. F.04	23,17	28	0	51	78	13	43	135	6
R+1_Aile 4_IMBE_Sud-Ouest	170,45	3 379	1 690	1 409	6 478	1 833	636	8 947	52
R+1_Aile 4_Circu	201,00	690	456	181	1 327	232	750	2 308	11
R+1_Aile 4_IMBE_Sud-Est	171,10	4 024	4 563	1 493	10 080	1 834	639	12 553	73
R+1_Aile 4_San.4.02-4.03	21,01	333	456	140	930	24	78	1 033	49
R+1_Aile 4_Asc.4.1	3,80	0	0	0	0	2	7	9	2
R+1_Aile 4_Asc.04	4,66	0	0	0	0	3	9	11	2

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+1_Aile 4_IMBE_Nord-Est	224,43	4 239	4 563	1 517	10 319	16 629	838	27 786	124
R+1_Aile 4_IMBE_Nord-Ouest	224,74	3 380	1 690	1 409	6 479	16 630	839	23 947	107
R+1_Aile 4_San. H.04	25,98	28	0	51	78	15	48	142	5
R+1_TPR_Salle.TP.C22	130,74	2 613	2 282	758	5 652	8 336	488	14 476	111
R+1_TPR_Circu.11-12-13	111,70	0	0	0	0	64	208	273	2
R+1_TPR_Réunion.34.58	71,33	1 559	2 106	668	4 333	82	266	4 681	66
R+1_TPR_Labo-Bureau-C21.Ouest	161,52	3 105	4 738	1 414	9 257	14 920	603	24 780	153
R+1_TPR_Labo-Bureau-C21.Est	145,75	2 686	2 738	1 002	6 426	9 990	544	16 960	116
R+1_Aile 3_San. F.03	20,34	279	0	114	393	12	38	442	22
R+1_Aile 3_Pallier	118,26	1 222	3 617	953	5 792	136	441	6 370	54
R+1_Aile 3_PIIM_Sud-Ouest	176,20	3 371	4 563	1 408	9 342	1 840	658	11 840	67
R+1_Aile 3_Circu	202,14	694	456	181	1 331	233	754	2 318	11
R+1_Aile 3_PIIM_Sud-Est	175,20	4 043	4 563	1 495	10 101	1 839	654	12 594	72
R+1_Aile 3_Cir.10	12,94	0	0	0	0	7	24	32	2
R+1_Aile 3_Asc.3.1	3,65	0	0	0	0	2	7	9	2
R+1_Aile 3_Asc.03	4,85	0	0	0	0	3	9	12	2
R+1_Aile 3_San. H.03	25,47	8	0	25	32	15	48	94	4
R+1_Aile 3_PIIM_Nord-Ouest	224,23	3 386	4 563	1 410	9 359	16 629	837	26 825	120
R+1_Aile 3_PIIM_Nord-Est	222,50	4 232	4 563	1 516	10 311	16 627	830	27 768	125
R+1_Aile 3_San.01	13,98	341	456	141	938	16	52	1 007	72
R+1_TPR_STO.22.Ouest	71,12	1 575	2 106	670	4 351	737	265	5 353	75
R+1_TPR_Circu.6-7-8-9	113,46	0	0	0	0	65	212	277	2
R+1_TPR_STO.22.Est	109,15	1 641	2 282	723	4 645	781	407	5 833	53
R+1_TPR_Bureaux.23.Ouest	160,06	3 105	4 738	1 414	9 257	1 658	597	11 512	72
R+1_TPR_Bureaux.23.Est	174,94	2 667	3 650	1 123	7 441	1 347	653	9 441	54
R+1_Aile 2_Pallier	118,19	1 218	3 617	953	5 788	136	441	6 365	54
R+1_Aile 2_San.F.02	19,48	20	0	50	70	11	36	118	6
R+1_Aile 2_FSCM_Sud-Ouest	159,77	4 599	4 107	1 266	9 972	1 657	596	12 226	77
R+1_Aile 2_Circu	129,60	1 906	1 112	285	3 303	149	484	3 936	30
R+1_Aile 2_PIIM_Sud-Est	247,61	3 408	1 690	1 566	6 664	1 922	924	9 511	38
R+1_TPR_Circu.05	14,58	0	0	0	0	8	27	36	2
R+1_Aile 2_Asc.2.1	3,59	37	0	0	37	2	7	46	13
R+1_Aile 2_PIIM_Nord-Est	236,69	3 652	0	687	4 339	136	442	4 917	21
R+1_Aile 2_Asc.02	4,98	0	0	0	0	3	9	12	2
R+1_Aile 2_San.H.02	26,14	24	0	26	51	15	49	115	4
R+1_Aile 2_FSCM_Nord-Ouest	219,72	6 981	0	544	7 526	127	410	8 062	37
R+1_Aile 2_San.01	16,31	641	0	54	695	9	30	735	45
R+1_TPR_Bureau.12-Atelier.12	98,55	3 196	2 878	926	7 000	1 096	368	8 464	86
R+1_TPR_Circu.3-4 1	110,69	1 108	0	0	1 108	64	207	1 378	12
R+1_TPR_FIP-Stockage	133,25	3 219	2 948	890	7 058	153	497	7 709	58
R+1_TPR_TPA21.EP	156,24	4 165	2 282	834	7 281	8 365	583	16 230	104
R+1_TPR_TPA21.ET	122,84	3 863	3 194	1 112	8 169	11 601	458	20 228	165
R+1_Aile 1_Pallier	135,37	4 350	1 258	735	6 343	156	505	7 004	52
R+1_Aile 1_San.F.01	18,17	182	0	0	182	10	34	227	12
R+1_Aile 1_Espaces mutualisés	562,29	20 132	0	1 962	22 094	324	1 049	23 467	42
R+1_Aile 2_Asc.01	4,46	46	0	0	46	3	8	57	13
R+1_Aile 1_San.H.01	24,15	808	0	181	989	14	45	1 048	43
R+2_Aile 5_Pallier	118,00	1 984	4 560	1 240	7 784	136	440	8 360	71
R+2_Aile 5_San. F.05	23,15	626	0	188	814	13	43	870	38
R+2_Aile 5_ISM2_Sud-Est	176,50	4 051	4 563	1 496	10 109	1 840	659	12 609	71
R+1_Aile 5_Circu	192,43	828	0	93	922	111	359	1 392	7
R+2_Aile 5_ISM2_Sud-Ouest	176,54	3 371	4 563	1 408	9 342	1 840	659	11 842	67
R+2_Aile 5_San. H.05	36,18	2	0	25	26	21	68	114	3
R+2_Aile 5_Asc.5.1	3,51	0	0	0	0	2	7	9	2

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+2_Aile 5_Asc.05	4,74	0	0	0	0	3	9	12	2
R+2_Aile 5_ISM2_Nord-Ouest	224,80	3 375	4 563	1 409	9 347	16 630	839	26 815	119
R+2_Aile 5_ISM2_Nord-Est	223,40	4 237	4 563	1 517	10 317	16 628	834	27 778	124
R+2_Aile 5_San.5.01	19,83	492	0	55	547	11	37	596	30
R+2_TPR_Bureaux.ISFIN	185,35	913	1 183	1 130	3 226	6 869	1 038	11 132	60
R+2_TPR_TP.D32	446,97	1 597	2 873	2 511	6 982	10 595	2 502	20 079	45
R+2_Aile 4_Pallier	129,85	1 636	2 359	757	4 751	150	485	5 386	41
R+2_Aile 4_San. F.04	23,17	4	0	50	54	13	43	110	5
R+2_Aile 4_IMBE_Sud-Ouest	170,45	3 379	4 563	1 409	9 351	1 833	636	11 820	69
R+2_Aile 4_Circu	201,00	690	456	181	1 327	232	750	2 308	11
R+2_Aile 4_ISM2_Sud-Est	171,10	4 024	4 563	1 493	10 080	197	639	10 916	64
R+2_Aile 4_San.4.02-4.03	21,01	333	456	140	930	24	78	1 033	49
R+2_Aile 4_Asc.4.1	3,80	0	0	0	0	2	7	9	2
R+2_Aile 4_Asc.04	4,66	0	0	0	0	3	9	11	2
R+2_Aile 4_ISM2_Nord-Est	224,43	4 239	4 563	1 517	10 319	16 629	838	27 786	124
R+2_Aile 4_IMBE_Nord-Ouest	224,74	3 380	4 563	1 409	9 352	16 630	839	26 820	119
R+2_Aile 4_San. H.04	25,98	28	0	51	78	15	48	142	5
R+2_TPR_Salle.TP.C32	130,74	2 161	2 282	758	5 200	151	488	5 839	45
R+2_TPR_Circu.11-12-13	111,69	0	0	0	0	64	208	273	2
R+2_TPR_Bureaux.34.116.117.118	107,51	2 193	3 159	968	6 320	124	401	6 845	64
R+2_TPR_Labo-Bureau-C31.Est	145,75	2 538	3 194	1 088	6 820	1 805	544	9 169	63
R+2_TPR_Labo-Bureau-C31.Ouest	125,33	2 471	3 686	1 114	7 270	308	468	8 046	64
R+2_Aile 3_San. F.03	20,34	279	0	114	393	12	38	442	22
R+2_Aile 3_Pallier	118,26	916	4 560	1 132	6 609	136	441	7 186	61
R+2_Aile 3_Sud-Ouest	176,20	3 371	4 563	1 408	9 342	1 840	658	11 840	67
R+2_Aile 3_Circu	202,14	694	456	181	1 331	233	754	2 318	11
R+2_Aile 3_ISM2_Sud-Est	175,20	4 043	4 563	1 495	10 101	1 839	654	12 594	72
R+2_Aile 3_Asc.03	12,94	0	0	0	0	7	24	32	2
R+2_Aile 3_Asc.3.1	3,65	0	0	0	0	2	7	9	2
R+2_Aile 3_Asc.03 1	4,85	0	0	0	0	3	9	12	2
R+2_Aile 3_San. H.03	25,47	8	0	25	32	15	48	94	4
R+2_Aile 3_Nord-Ouest	224,23	3 386	4 563	1 410	9 359	16 629	837	26 825	120
R+2_Aile 3_ISM2_Nord-Est	222,50	4 232	4 563	1 516	10 311	256	830	11 398	51
R+2_Aile 3_San.01	13,98	341	456	141	938	16	52	1 007	72
R+2_TPR_TPB.32	106,86	2 228	3 089	960	6 277	1 760	399	8 436	79
R+2_TPR_Circu.6-7-8-9	113,47	0	0	0	0	65	212	277	2
R+2_TPR_Info.32	131,38	1 984	2 738	864	5 586	479	490	6 555	50
R+2_TPR_Info.311.310	124,32	2 475	3 686	1 114	7 275	1 289	464	9 028	73
R+2_TPR_Info.312	152,71	2 324	3 194	982	6 500	1 158	570	8 228	54
R+2_Aile 2_Pallier	118,19	913	4 560	1 132	6 604	136	441	7 182	61
R+2_Aile 2_San.F.02	19,48	20	0	50	70	11	36	118	6
R+2_Aile 2_IM2NP_Sud-Ouest	178,08	3 388	4 563	1 410	9 361	205	665	10 230	57
R+2_Aile 2_Circu	181,39	360	456	229	1 045	209	677	1 931	11
R+2_Aile 2_PHM_Sud-Est	175,47	859	1 690	1 496	4 045	1 839	655	6 539	37
R+2_TPR_Circu.05	14,58	0	0	0	0	8	27	36	2
R+2_Aile 2_Asc.2.1	3,59	0	0	0	0	2	7	9	2
R+2_Aile 2_PHM_Nord-Est	236,69	889	4 563	1 570	7 021	16 643	883	24 548	104
R+2_Aile 2_Asc.02	4,98	0	0	0	0	3	9	12	2
R+2_Aile 2_San.H.02	26,14	24	0	26	51	15	49	115	4
R+2_Aile 2_IM2NP_Nord-Oueststst	219,72	3 344	1 690	1 405	6 439	16 624	820	23 883	109
R+2_Aile 2_San.01	16,31	330	456	140	927	19	61	1 007	62
R+2_TPR_Info.322	98,55	2 226	2 878	926	6 030	114	368	6 511	66
R+2_TPR_Circu.3-4	110,69	0	0	0	0	64	207	270	2
R+2_TPR_Info.324	133,25	1 908	2 948	890	5 747	1 136	497	7 380	55

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+2_Aile 1_IM2NP_Travée-Sud	136,67	21 773	1 369	2 072	25 214	157	510	25 881	189
R+2_TPR_Info.314.315	156,24	2 481	2 738	920	6 139	1 162	583	7 884	50
R+2_TPR_Info.313	122,84	2 658	3 194	1 113	6 965	1 124	458	8 547	70
R+2_Aile 1_IM2NP_Sud-Est	168,22	17 505	655	831	18 991	194	628	19 813	118
R+2_Aile 1_Circu	210,48	9 254	456	320	10 030	242	786	11 058	53
R+2_Aile 1_Pallier	127,58	1 950	4 560	1 236	7 746	147	476	8 369	66
R+2_Aile 1_San.F.01	18,17	0	0	0	0	10	34	44	2
R+2_Aile 1_IM2NP_Sud-Ouest	181,51	3 395	4 563	1 435	9 393	1 846	677	11 917	66
R+2_Aile 1_Asc.	3,72	0	0	0	0	2	7	9	2
R+2_Aile 2_Asc.01	4,46	0	0	0	0	3	8	11	2
R+2_Aile 1_San.H.01	24,15	567	0	181	748	14	45	807	33
R+2_Aile 1_IM2NP_Nord-Ouest	222,56	3 583	4 107	1 329	9 019	14 990	831	24 839	112
R+2_Aile 1_San.01	18,78	326	456	140	922	22	70	1 014	54
R+2_Aile 1_IM2NP_Nord-Est	224,65	24 597	0	636	25 233	129	419	25 782	115
R+3_Aile 5_Pallier	118,00	1 984	4 560	1 240	7 784	163	528	8 476	72
R+3_Aile 5_San. F.05	23,15	626	0	188	814	16	52	882	38
R+3_Aile 5_ICR_Sud-Est	176,50	4 051	4 563	1 496	10 109	1 881	790	12 781	72
R+3_Aile 5_Circu	192,43	828	0	93	922	133	431	1 486	8
R+3_Aile 5_ISM2_Sud-Ouest	176,54	3 371	4 563	1 408	9 342	1 881	791	12 014	68
R+3_Aile 5_San. H.05	36,18	16	0	26	42	25	81	148	4
R+3_Aile 5_Asc.5.1	3,51	0	0	0	0	2	8	10	3
R+3_Aile 5_Asc.05	4,74	0	0	0	0	3	11	14	3
R+3_Aile 5_ISM2_Nord-Ouest	224,80	3 375	4 563	1 409	9 347	16 681	1 007	27 035	120
R+3_Aile 5_ICR_Nord-Est	223,40	4 237	4 563	1 517	10 317	16 679	1 001	27 997	125
R+3_Aile 5_San.5.01	19,83	492	0	55	547	14	44	605	31
R+3_TPR_ICR_Bureaux.45_Ouest	112,25	2 205	3 159	969	6 334	1 137	503	7 974	71
R+3_TPR_Circu.13	33,77	0	0	0	0	23	76	99	3
R+3_TPR_ICR_Bureaux.45_Est	144,48	2 178	2 282	778	5 238	1 018	647	6 903	48
R+3_TPR_CEREGE_STO.Géologie	145,57	1 945	2 948	871	5 764	302	978	7 044	48
R+3_TPR_IMBE_Labo.45_Est	84,53	1 531	1 369	476	3 376	5 028	379	8 782	104
R+3_TPR_Circu.12	33,23	0	0	0	0	23	74	97	3
R+3_TPR_IMBE_Labo.45_Ouest	74,57	1 529	2 106	664	4 299	6 651	334	11 285	151
R+3_Aile 4_Pallier	129,85	923	4 560	1 133	6 616	179	582	7 377	57
R+3_Aile 4_San. F.04	23,17	28	0	51	78	16	52	146	6
R+3_Aile 4_IMBE_Sud-Ouest	170,45	3 379	4 563	1 409	9 351	1 873	763	11 987	70
R+3_Aile 4_Circu	201,00	690	456	181	1 327	278	900	2 505	12
R+3_Aile 4_ISM2_Sud-Est	171,10	4 024	4 563	1 493	10 080	1 874	766	12 720	74
R+3_Aile 4_San.4.02-4.03	21,01	333	456	140	930	29	94	1 053	50
R+3_Aile 4_Asc.4.1	3,80	0	0	0	0	3	9	11	3
R+3_Aile 4_Asc.04	4,66	0	0	0	0	3	10	14	3
R+3_Aile 4_ISM2_Nord-Est	224,43	4 239	4 563	1 517	10 319	16 681	1 005	28 005	125
R+3_Aile 4_IMBE_Nord-Ouest	224,74	3 380	4 563	1 409	9 352	16 681	1 006	27 040	120
R+3_Aile 4_San. H.04	25,98	28	0	51	78	18	58	154	6
R+3_TPR_PHM_Bureau.42_Est	130,74	2 161	2 282	758	5 200	999	586	6 785	52
R+3_TPR_Circu.09-10	111,69	0	0	0	0	77	250	327	3
R+3_TPR_PHM_Bureau.42_Ouest	107,51	2 193	3 159	968	6 320	1 131	481	7 932	74
R+3_TPR_Histologie.TP.C41	145,75	2 538	3 194	1 088	6 820	10 024	653	17 497	120
R+3_TPR_Expérimentation.Réunion.34	125,33	2 471	3 686	1 114	7 270	11 633	561	19 465	155
R+3_Aile 3_San. F.03	20,34	279	0	114	393	14	46	452	22
R+3_Aile 3_Pallier	118,26	916	4 560	1 132	6 609	163	530	7 302	62
R+3_Aile 3_ISM2_Sud-Ouest	176,20	3 371	4 563	1 408	9 342	1 881	789	12 012	68
R+3_Aile 3_Circu	202,14	694	456	181	1 331	279	905	2 516	12
R+3_Aile 3_ISM2_Sud-Est	175,20	4 043	4 563	1 495	10 101	1 879	785	12 765	73
R+3_Aile 3_Asc.03	12,94	0	0	0	0	9	29	38	3

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+3_Aile 3_Asc.3.1	3,65	0	0	0	0	3	8	11	3
R+3_Aile 3_Asc.03 1	4,85	0	0	0	0	3	11	14	3
R+3_Aile 3_San. H.03	25,47	8	0	25	32	18	57	107	4
R+3_Aile 3_ISM2_Nord-Ouest	224,23	3 386	4 563	1 410	9 359	16 681	1 004	27 044	121
R+3_Aile 3_ISM2_Nord-Est	222,50	4 232	4 563	1 516	10 311	16 678	996	27 986	126
R+3_Aile 3_San.01	13,98	341	456	141	938	19	63	1 020	73
R+3_TPR_Bureau.23.175-176	106,86	2 228	3 089	960	6 277	1 130	479	7 885	74
R+3_TPR_Circu.07	52,40	0	0	0	0	36	117	154	3
R+3_TPR_Salle.TP.23.172	131,38	1 984	2 738	864	5 586	8 367	588	14 541	111
R+3_TPR_Salle.TP.23.182	98,44	1 250	2 106	598	3 954	5 211	441	9 606	98
R+3_TPR_Salle.TP.23.170	94,87	1 339	1 825	562	3 726	5 206	425	9 357	99
R+3_TPR_Info.311.310	53,21	1 225	1 580	516	3 320	565	238	4 123	77
R+3_TPR_Circu.06	26,07	0	0	0	0	18	58	76	3
R+3_TPR_Info.312	65,36	985	1 369	419	2 774	581	293	3 648	56
R+3_Aile 2_Pallier	118,19	913	4 560	1 132	6 604	163	529	7 297	62
R+3_Aile 2_San.F.02	19,48	20	0	50	70	13	44	127	7
R+3_Aile 2_PHM_Sud-Ouest	179,11	3 406	4 563	1 412	9 381	1 885	802	12 068	67
R+3_Aile 2_Circu	180,35	342	456	227	1 025	249	808	2 082	12
R+3_Aile 2_PHM_Sud-Est	175,47	859	4 563	1 496	6 918	1 880	786	9 583	55
R+3_TPR_Circu.05	14,58	0	0	0	0	10	33	43	3
R+3_Aile 2_Asc.2.1	3,59	0	0	0	0	2	8	11	3
R+3_Aile 2_PHM_Nord-Est	236,69	889	4 563	1 570	7 021	16 698	1 060	24 779	105
R+3_Aile 2_Asc.02	4,98	0	0	0	0	3	11	15	3
R+3_Aile 2_San.H.02	26,14	24	0	26	51	18	59	128	5
R+3_Aile 2_PHM_Nord-Ouest	219,72	3 344	4 563	1 405	9 312	16 674	984	26 970	123
R+3_Aile 2_San.01	16,31	330	456	140	927	23	73	1 022	63
R+3_TPR_Info.12.169-172	98,55	2 226	2 878	926	6 030	1 118	441	7 589	77
R+3_TPR_Circu.2-3-4	110,69	0	0	0	0	77	248	324	3
R+3_TPR_Info.12.164-166	133,25	1 908	2 948	890	5 747	1 003	597	7 346	55
R+3_TPR_Info.12.161-162	156,24	2 481	2 738	920	6 139	1 035	700	7 873	50
R+3_TPR_Salles.FIP	122,84	2 684	3 194	1 116	6 994	1 152	550	8 696	71
R+3_Aile 1_IM2NP_Sud-Est	179,97	4 041	4 762	1 505	10 308	1 722	806	12 836	71
R+3_Aile 1_Pallier	126,23	1 975	4 560	1 239	7 775	174	565	8 514	67
R+3_Aile 1_San.F.01	18,17	0	0	0	0	13	41	53	3
R+3_Aile 1_IM2NP_Sud-Ouest	181,51	3 395	4 563	1 435	9 393	1 888	813	12 094	67
R+3_Aile 1_Circu	191,80	666	456	178	1 300	265	859	2 424	13
R+3_Aile 1_Asc.	3,72	0	0	0	0	3	8	11	3
R+3_Aile 2_Asc.01	4,46	0	0	0	0	3	10	13	3
R+3_Aile 1_San.H.01	24,15	567	0	181	748	17	54	819	34
R+3_Aile 1_IM2NP_Nord-Ouest	222,56	3 435	4 563	1 415	9 413	16 678	997	27 088	122
R+3_Aile 1_San.01	18,78	326	456	140	922	26	84	1 032	55
R+3_Aile 1_IM2NP_Nord-Est	224,65	4 254	4 563	1 519	10 335	16 681	1 006	28 023	125
R+4_Aile 5_Pallier	118,00	2 748	2 201	918	5 867	163	528	6 559	56
R+4_Aile 5_San. F.05	23,15	626	0	188	814	16	52	882	38
R+4_Aile 5_ICR_Sud-Est	176,50	4 051	4 563	1 496	10 109	1 881	790	12 781	72
R+4_Aile 5_Circu	192,43	828	0	93	922	133	431	1 486	8
R+4_Aile 5_ICR_Sud-Ouest	176,54	3 371	4 563	1 408	9 342	1 881	791	12 014	68
R+4_Aile 5_San. H.05	36,24	309	0	59	368	25	81	474	13
R+4_Aile 5_Asc.5.1	3,51	0	0	0	0	2	8	10	3
R+4_Aile 5_Asc.05	4,74	0	0	0	0	3	11	14	3
R+4_Aile 5_ICR_Nord-Ouest	224,80	3 375	4 563	1 409	9 347	16 681	1 007	27 035	120
R+4_Aile 5_ICR_Nord-Est	223,40	4 237	4 563	1 517	10 317	16 679	1 001	27 997	125
R+4_Aile 5_San.5.01	19,83	492	0	55	547	14	44	605	31
R+4_TPR_Salle.D52	112,25	2 205	3 159	969	6 334	1 137	503	7 974	71

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+4_TPR_Circu.16	33,77	0	0	0	0	23	76	99	3
R+4_TPR_Réunion-Master.Qualité.04-06	136,92	2 347	2 282	861	5 490	8 375	613	14 478	106
R+4_TPR_Salle.D51	117,63	1 343	1 825	563	3 731	6 711	527	10 968	93
R+4_TPR_Circu.14-15	71,18	624	1 053	299	1 976	98	319	2 393	34
R+4_TPR_TD-45-269	85,18	1 845	2 632	814	5 292	609	381	6 283	74
R+4_TPR_TD-45-252	55,99	1 323	913	437	2 672	405	251	3 328	59
R+4_Aile 4_Pallier	129,85	1 686	2 201	811	4 699	179	582	5 460	42
R+4_Aile 4_San. F.04	23,23	277	0	113	390	16	52	459	20
R+4_Aile 4_IMBE_Sud-Ouest	170,45	3 379	4 563	1 409	9 351	1 873	763	11 987	70
R+4_Aile 4_Circu	201,00	690	456	181	1 327	278	900	2 505	12
R+4_Aile 4_ISM2_Sud-Est	171,10	4 024	1 690	1 493	7 207	1 874	766	9 847	58
R+4_Aile 4_San.4.02-4.03	21,01	333	456	140	930	29	94	1 053	50
R+4_Aile 4_Asc.4.1	3,80	0	0	0	0	3	9	11	3
R+4_Aile 4_Asc.04	4,66	0	0	0	0	3	10	14	3
R+4_Aile 4_ISM2_Nord-Est	224,43	4 239	1 690	1 517	7 446	16 681	1 005	25 132	112
R+4_Aile 4_IMBE_Nord-Ouest	224,74	3 380	4 563	1 409	9 352	16 681	1 006	27 040	120
R+4_Aile 4_San. H.04	25,98	28	0	51	78	18	58	154	6
R+4_TPR_Réserve-34-345	43,03	812	456	194	1 463	59	193	1 715	40
R+4_TPR_Circu.12	16,98	0	0	0	0	12	38	50	3
R+4_TPR_Ch.Froide.34-346	35,27	927	1 053	368	2 348	49	158	2 555	72
R+4_TPR_TP.Sc.Nat.05-09	195,39	2 614	3 931	1 163	7 709	13 502	1 313	22 523	115
R+4_TPR_Labo.34.338-341	163,20	2 538	3 194	1 088	6 820	10 048	731	17 599	108
R+4_TPR_Cours.34.344-343	125,33	2 471	3 686	1 114	7 270	1 319	561	9 151	73
R+4_TPR_Circu.11	42,74	0	0	0	0	30	96	125	3
R+4_Aile 3_San. F.03	20,34	279	0	114	393	14	46	452	22
R+4_Aile 3_Pallier	118,26	1 680	2 201	810	4 692	163	530	5 385	46
R+4_Aile 3_IMBE_Sud-Ouest	176,20	716	1 690	1 408	3 814	1 881	789	6 484	37
R+4_Aile 3_Circu	202,14	147	456	181	785	279	905	1 969	10
R+4_Aile 3_IMBE_Sud-Est	175,20	858	1 690	1 495	4 043	1 879	785	6 707	38
R+4_Aile 3_Asc.03	12,94	0	0	0	0	9	29	38	3
R+4_Aile 3_Asc.3.1	3,65	0	0	0	0	3	8	11	3
R+4_Aile 3_Asc.03 1	4,85	0	0	0	0	3	11	14	3
R+4_Aile 3_San. H.03	25,47	2	0	25	26	18	57	101	4
R+4_Aile 3_IMBE_Nord-Ouest	224,23	719	1 690	1 410	3 819	16 681	1 004	21 503	96
R+4_Aile 3_IMBE_Nord-Est	222,50	898	1 690	1 516	4 105	16 678	996	21 779	98
R+4_Aile 3_San.01	13,98	72	456	141	670	19	63	752	54
R+4_TPR_Labo.23.321-326	106,86	2 228	3 089	960	6 277	9 970	479	16 725	157
R+4_TPR_Circu.09	52,40	0	0	0	0	36	117	154	3
R+4_TPR_Labo.23.318-320	131,38	1 975	2 738	863	5 576	10 004	588	16 168	123
R+4_TPR_Salle.TP.Analog.01	98,44	1 250	2 106	598	3 954	6 684	441	11 080	113
R+4_TPR_Salle.TP.Numer.01	94,87	1 339	1 825	562	3 726	6 679	425	10 831	114
R+4_TPR_Réunion.23.828-829	53,21	1 225	1 580	516	3 320	565	238	4 123	77
R+4_TPR_Circu.08	26,07	0	0	0	0	18	58	76	3
R+4_TPR_Bureau.23.324-317	65,36	985	1 369	419	2 774	581	293	3 648	56
R+4_Aile 2_Pallier	118,19	1 676	2 201	810	4 687	163	529	5 380	46
R+4_Aile 2_San.F.02	19,48	20	0	50	70	13	44	127	7
R+4_Aile 2_IM2NP_Sud-Ouest	178,19	3 374	4 563	1 408	9 345	1 883	798	12 027	67
R+4_Aile 2_Circu	181,29	374	456	230	1 061	251	812	2 123	12
R+4_Aile 2_PHM_Sud-Est	175,47	859	4 563	1 496	6 918	1 880	786	9 583	55
R+4_TPR_Circu.05	14,58	0	0	0	0	10	33	43	3
R+4_Aile 2_Asc.2.1	3,59	0	0	0	0	2	8	11	3
R+4_Aile 2_PHM_Nord-Est	236,69	889	4 563	1 570	7 021	16 698	1 060	24 779	105
R+4_Aile 2_Asc.02	4,98	0	0	0	0	3	11	15	3
R+4_Aile 2_San.H.02	26,14	24	0	26	51	18	59	128	5

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+4_Aile 2_IM2NP_Nord-Ouest	219,72	3 344	4 563	1 405	9 312	16 674	984	26 970	123
R+4_Aile 2_San.01	16,31	330	456	140	927	23	73	1 022	63
R+4_TPR_Bureaux-Labo.12.200-279	221,65	4 881	6 072	2 038	12 991	2 435	993	16 419	74
R+4_TPR_Circu.02-06	110,69	0	0	0	0	77	248	324	3
R+4_TPR_Bureaux-Labo.12.267-274	289,85	4 389	5 686	1 810	11 886	2 201	1 298	15 385	53
R+4_Aile 1_IM2NP_Sud-Est	179,97	4 084	4 563	1 500	10 147	1 886	806	12 839	71
R+4_Aile 1_Pallier	127,71	2 710	2 201	914	5 825	177	572	6 574	51
R+4_Aile 1_San.F.01	18,17	0	0	0	0	13	41	53	3
R+4_Aile 1_IM2NP_Sud-Ouest	181,51	3 395	4 563	1 435	9 393	1 888	813	12 094	67
R+4_Aile 1_Circu	191,80	666	456	178	1 300	265	859	2 424	13
R+4_Aile 1_Asc.	3,72	0	0	0	0	3	8	11	3
R+4_Aile 2_Asc.01	4,46	0	0	0	0	3	10	13	3
R+4_Aile 1_San.H.01	24,15	567	0	181	748	17	54	819	34
R+4_Aile 1_IM2NP_Nord-Ouest	222,56	3 435	4 563	1 415	9 413	16 678	997	27 088	122
R+4_Aile 1_San.01	18,78	326	456	140	922	26	84	1 032	55
R+4_Aile 1_IM2NP_Nord-Est	224,65	4 254	4 563	1 519	10 335	16 681	1 006	28 023	125
R+5_Aile 5_Pallier	128,12	2 790	4 560	1 487	8 838	177	574	9 588	75
R+5_Aile 5_San. F.05	23,15	774	0	232	1 006	16	52	1 074	46
R+5_Aile 5_ICR_Sud-Est	176,50	5 546	4 563	1 891	12 000	1 881	790	14 671	83
R+5_Aile 5_Circu	192,43	2 511	0	153	2 663	133	431	3 227	17
R+5_Aile 5_ISM2_Sud-Ouest	176,54	4 868	4 563	1 755	11 185	1 881	791	13 857	78
R+5_Aile 5_Asc.5.1	3,51	141	0	0	141	2	8	152	43
R+5_Aile 5_Asc.05	4,74	31	0	0	31	3	11	45	10
R+5_Aile 5_ISM2_Nord-Ouest	224,80	5 270	4 563	1 755	11 588	16 681	1 007	29 276	130
R+5_Aile 5_San. H.05	26,11	476	0	81	557	18	58	633	24
R+5_Aile 5_ICR_Nord-Est	223,40	6 118	4 563	1 925	12 607	16 679	1 001	30 287	136
R+5_Aile 5_San.5.01	19,83	930	0	91	1 021	14	44	1 079	54
R+5_TPR_Centrale.Marseille.45.317-333	619,24	14 904	11 864	4 911	31 678	40 574	4 160	76 412	123
R+5_Aile 4_Pallier	129,85	3 311	4 560	1 304	9 175	179	582	9 936	77
R+5_Aile 4_San. F.04	23,23	624	0	133	757	16	52	825	36
R+5_Aile 4_IMBE_Sud-Ouest	170,45	4 822	4 563	1 756	11 142	1 873	763	13 778	81
R+5_Aile 4_Circu	201,00	2 403	456	240	3 100	278	900	4 278	21
R+5_Aile 4_ISM2_Sud-Est	171,10	5 474	4 563	1 886	11 923	1 874	766	14 563	85
R+5_Aile 4_San.4.02-4.03	21,01	813	456	175	1 444	29	94	1 567	75
R+5_Aile 4_Asc.4.1	3,80	153	0	0	153	3	9	164	43
R+5_Aile 4_Asc.04	4,66	187	0	0	187	3	10	200	43
R+5_Aile 4_ISM2_Nord-Est	224,43	6 129	4 563	1 926	12 618	16 681	1 005	30 304	135
R+5_Aile 4_IMBE_Nord-Ouest	224,74	5 272	4 563	1 756	11 591	16 681	1 006	29 279	130
R+5_Aile 4_San. H.04	25,98	539	0	53	591	18	58	667	26
R+5_TPR_Labo.34.460	43,03	1 179	456	263	1 898	59	193	2 150	50
R+5_TPR_Circu.11	16,98	147	0	0	147	12	38	197	12
R+5_TPR_Bureau.34.464	35,27	1 228	1 053	459	2 739	376	158	3 273	93
R+5_TPR_Salle.TP.C62	195,39	6 045	3 931	1 441	11 417	13 502	1 313	26 231	134
R+5_TPR_Salle.TP.C61	195,00	6 731	3 931	1 440	12 102	13 501	1 310	26 912	138
R+5_TPR_Labo.34.455-457	57,89	2 937	1 369	614	4 919	3 354	259	8 533	147
R+5_TPR_Circu.10	25,49	806	0	0	806	18	57	881	35
R+5_TPR_Labo.34.466-467	53,44	1 670	1 580	638	3 887	4 985	239	9 112	170
R+5_Aile 3_San. F.03	20,34	745	0	132	877	14	46	936	46
R+5_Aile 3_Pallier	131,35	3 952	4 560	1 303	9 815	182	588	10 585	81
R+5_Aile 3_PHM_Sud-Ouest	176,20	2 206	4 563	1 755	8 523	1 881	789	11 193	64
R+5_Aile 3_Circu	202,14	2 626	456	241	3 323	279	905	4 508	22
R+5_Aile 3_PHM_Sud-Est	175,20	5 527	4 563	1 890	11 980	1 879	785	14 643	84
R+5_Aile 3_Asc.3.1	3,65	147	0	0	147	3	8	158	43
R+5_Aile 3_Asc.03 1	4,85	194	0	0	194	3	11	208	43

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R+5_Aile 3_San. H.03	25,47	518	0	25	543	18	57	617	24
R+5_Aile 3_PHM_Nord-Ouest	224,23	2 602	4 563	1 758	8 922	16 681	1 004	26 607	119
R+5_Aile 3_PHM_Nord-Est	222,50	6 106	4 563	1 924	12 594	16 678	996	30 268	136
R+5_Aile 3_San.01	13,98	534	456	176	1 167	19	63	1 249	89
R+5_TPR_Salle.TP.B62.1-3	106,86	3 134	3 089	1 191	7 414	9 970	479	17 862	167
R+5_TPR_Circu.08	52,41	1 627	0	0	1 627	36	117	1 780	34
R+5_TPR_Salle.TP.B62.5	65,08	2 719	1 369	540	4 628	3 364	291	8 283	127
R+5_TPR_Salle.TP.B62.4	65,94	2 864	1 369	528	4 761	5 002	295	10 059	153
R+5_TPR_Réunion.B61.A	98,44	2 638	2 106	736	5 480	791	441	6 712	68
R+5_TPR_Réunion.B61.B	94,87	4 069	1 825	700	6 594	622	425	7 641	81
R+5_TPR_Bureau.23.427-429	53,21	1 677	1 580	640	3 897	565	238	4 700	88
R+5_TPR_Circu.06-07	26,07	226	0	0	226	18	58	302	12
R+5_TPR_Bureau.23.424-426	65,36	1 543	1 369	522	3 433	581	293	4 307	66
R+5_Aile 2_Pallier	118,19	2 884	4 560	1 302	8 747	163	529	9 440	80
R+5_Aile 2_San.F.02	19,48	225	0	51	276	13	44	333	17
R+5_Aile 2_IM2NP_Sud-Ouest	178,19	4 883	4 563	1 755	11 201	1 883	798	13 882	78
R+5_Aile 2_Circu	181,29	2 288	456	286	3 030	251	812	4 092	23
R+5_Aile 2_IM2NP_Sud-Est	175,47	5 534	4 563	1 891	11 988	1 880	786	14 653	84
R+5_TPR_Circu.05	14,58	549	0	0	549	10	33	591	41
R+5_Aile 2_Asc.2.1	3,59	114	0	0	114	2	8	125	35
R+5_Aile 2_IM2NP_Nord-Est	236,69	6 184	4 563	1 975	12 722	16 698	1 060	30 480	129
R+5_Aile 2_Asc.02	4,98	199	0	0	199	3	11	214	43
R+5_Aile 2_San.H.02	26,14	534	0	28	562	18	59	639	24
R+5_Aile 2_IM2NP_Nord-Ouest	219,72	5 200	4 563	1 750	11 513	16 674	984	29 171	133
R+5_Aile 2_San.01	16,31	616	456	174	1 246	23	73	1 342	82
R+5_TPR_SESAO.Salles.Enseignement.Ouest	221,65	6 280	6 072	2 528	14 881	2 435	993	18 308	83
R+5_TPR_Circu.02-04	110,69	709	0	0	709	77	248	1 033	9
R+5_TPR_SESAO.Salles.Enseignement.Est	289,85	6 210	5 686	2 256	14 152	2 365	1 298	17 816	61
R+5_Aile 1_IM2NP_Sud-Est	179,97	5 609	4 563	1 897	12 069	1 886	806	14 761	82
R+5_Aile 1_Pallier	127,11	2 752	4 560	1 482	8 794	176	569	9 539	75
R+5_Aile 1_San.F.01	18,17	117	0	0	117	13	41	170	9
R+5_Aile 1_IM2NP_Sud-Ouest	181,51	4 934	4 563	1 783	11 280	1 888	813	13 981	77
R+5_Aile 1_Circu	191,80	2 334	456	236	3 027	265	859	4 151	22
R+5_Aile 1_Asc.	3,72	150	0	0	150	3	8	161	43
R+5_Aile 2_Asc.01	4,46	29	0	0	29	3	10	42	10
R+5_Aile 1_San.H.01	24,15	721	0	222	943	17	54	1 014	42
R+5_Aile 1_IM2NP_Nord-Ouest	222,56	5 311	4 563	1 767	11 641	16 678	997	29 316	132
R+5_Aile 1_San.01	18,78	702	456	174	1 332	26	84	1 442	77
R+5_Aile 1_IM2NP_Nord-Est	224,65	6 151	4 563	1 929	12 643	16 681	1 006	30 330	135

Annexe 4 : Consommations de la STD

	TRAVAUX (kWh EF)						
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique
Etat initial	2 514 723	244 506	36 351	399 698	25 279	420 411	2 809 113
Travaux 1	2 471 500	244 245	36 342	399 398	25 156	420 449	2 809 113
Travaux 2	1 455 479	264 879	35 761	399 698	21 136	420 978	2 809 113
Travaux 3	1 835 629	219 279	36 254	412 060	23 301	420 515	2 809 113
Travaux 4	2 411 301	247 379	36 300	399 698	24 555	420 429	2 809 113
Travaux 5	1 349 992	253 172	36 103	399 698	19 105	222 382	2 809 113
Travaux 6	2 514 723	244 506	36 351	399 698	25 279	443 451	2 809 113
Travaux 7	2 464 666	244 506	36 398	399 698	14 246	420 411	2 809 113
Travaux 8	2 240 548	244 507	36 522	399 698	23 313	420 411	2 809 113
Travaux 9	2 514 723	244 506	36 351	399 698	25 279	420 411	2 809 113
Travaux 10	2 514 723	180 475	36 351	399 698	26 204	420 411	2 809 113
Travaux 6bis	2 637 768	233 656	26 490	115 859	26 052	420 023	2 809 113

	SCENARIOS (kWh EF)						
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique
Etat initial	2 514 723	244 506	36 351	399 698	25 279	420 411	2 809 113
Scénario 1	906 340	220 685	35 914	119 846	6 596	443 557	2 809 113
Scénario 2	871 157	160 726	35 873	119 846	7 337	420 463	2 809 113
Scénario 3	111 749	174 771	34 844	119 846	3 393	375 756	2 809 113
Scénario 3 bis	1 545 235	247 532	36 024	315 352	8 152	327 839	2 807 490
Scénario 3 ter	629 282	235 368	35 234	324 115	5 940	328 157	2 807 524

	TRAVAUX (kWh EF/m²)						
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique
Etat initial	54,9	5,3	0,8	8,7	0,6	9,2	61,3
Travaux 1	54,0	5,3	0,8	8,7	0,5	9,2	61,3
Travaux 2	31,8	5,8	0,8	8,7	0,5	9,2	61,3
Travaux 3	40,1	4,8	0,8	9,0	0,5	9,2	61,3
Travaux 4	52,2	5,4	0,8	8,7	0,5	9,2	61,3
Travaux 5	29,5	5,5	0,8	8,7	0,4	4,9	61,3
Travaux 6	54,9	5,3	0,8	8,7	0,6	9,7	61,3
Travaux 7	53,8	5,3	0,8	8,7	0,3	9,2	61,3
Travaux 8	48,9	5,3	0,8	8,7	0,5	9,2	61,3
Travaux 9	54,9	5,3	0,8	8,7	0,6	9,2	61,3
Travaux 10	54,9	3,9	0,8	8,7	0,6	9,2	61,3
Travaux 6bis	57,6	5,1	0,6	2,5	0,6	9,2	61,3

	SCENARIOS (kWh EF/m²)						
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique
Etat initial	54,9	5,3	0,8	8,7	0,6	9,2	61,3
Scénario 1	19,8	4,8	0,8	2,6	0,1	9,7	61,3
Scénario 2	19,0	3,5	0,8	2,6	0,2	9,2	61,3
Scénario 3	2,4	3,8	0,8	2,6	0,1	8,2	61,3
Scénario 3 bis	33,7	5,4	0,8	6,9	0,2	7,2	61,3
Scénario 3 ter	13,7	5,1	0,8	7,1	0,1	7,2	61,3

Annexe 5 : Glossaire

1. Généralités

NOM	DÉFINITION
Inertie	Capacité d'un matériau à emmagasiner de la chaleur et de la restituer.
Perméabilité à l'air	Aptitude de l'enveloppe à se laisser traverser par l'air.
Energie primaire	Energie fossile équivalente nécessaire pour disposer d'1 kWh sur le lieu d'utilisation.
Energie finale	Energie réelle consommée par l'utilisateur.
Degré Jour Unifié	Différence entre la température extérieure et une température de référence permettant de réaliser des estimations de consommations d'énergie pour maintenir un bâtiment confortable en proportion de la rigueur de l'hiver ou de la chaleur de l'été.
Court terme	Actions à temps de retour sur investissement faible (objectif 2030 du DEET).
Moyen terme	Actions à temps de retour sur investissement moyen (objectif 2040 du DEET).
Long terme	Actions à temps de retour sur investissement long (objectif 2050 du DEET).

2. Parois opaques, parois vitrées et isolation

NOM	DÉFINITION
Parois opaques	
Acrotère	Elément d'une façade situé au-dessus du niveau de la toiture ou de la terrasse pour constituer des rebords ou des garde-corps, pleins ou à claire-voie.
Combles perdus	Espace sous la toiture difficile, voire impossible à aménager à cause d'une hauteur libre moyenne insuffisante, ou d'une mauvaise disposition de la toiture.
Faux-combles	Partie supérieure d'un comble brisé, au-dessus du comble mansardé et de la ligne de bris de la toiture.
Toiture-terrasse	Toiture plate qui sert de couverture à un bâtiment. Elle peut rester inaccessible ou être utilisée comme espace à vivre ou espace accueillant des éléments techniques.
Rampant	Partie en pente de la face intérieure du toit.
Faux-plafond	Ou plafond suspendu est un plafond situé sous le plancher principal. Constitué généralement de matériaux légers comme des plaques de plâtre fixés sur une structure métallique.
Mur ou façade rideau	Type de façade légère qui assure la fermeture de l'enveloppe du bâtiment sans participer à sa stabilité Les panneaux sont appuyés devant les nez de plancher, étage par étage, sur un squelette fixe.
Mur ou façade semi-rideau	Constituée de deux parois, une intérieure lourde et l'autre extérieure légère, elle n'existe que lorsque la structure du bâtiment comporte des allèges en béton ou maçonnées. Elle est alternativement constituée de bandes horizontales étanches et de remplissages vitrés non étanches situés devant les allèges.

Façade légère	Façade constituée d'une ou plusieurs parois, dont la paroi extérieure, au moins, est caractérisée par une masse faible, généralement inférieure à 100 kg/m².
Bardage	Revêtement de façade fixé mécaniquement dans un plan distinct de ou de la maçonnerie avec une lame d'air ou un isolant thermique intermédiaire.
Chape flottante	Chape mince en mortier de ciment coulée sur une feuille plastique relevée à sa périphérie de sorte que l'ouvrage reste indépendant de son support.
Parois vitrées	
Ouvrant	Partie mobile de la menuiserie.
Dormant	Bâti fixe scellé à la maçonnerie sur lequel s'articule les vantaux.
Vantail ou battant	Châssis mobile d'une fenêtre ouvrable à la française ou à l'anglaise.
Châssis	Elément de fenêtre, fixe ou ouvrant, composée principalement d'un cadre recevant une parie vitrée, grillagée, pleine ou à claire-voie.
Clair de jour	Luminosité de la fenêtre dépendant de la plus ou moins grande largeur des profilés des montants.
Appui	Partie inférieure d'une baie sur laquelle repose la croisée ou le bloc baie.
Linteau	Elément qui ferme le haut d'une baie et soutient la maçonnerie située au-dessus de l'ouverture.
Tableau	Ouverture dans le mur pour accueillir la menuiserie.
Isolation	
Flocage	Procédé de réalisation de revêtements par application ou projection de courtes fibres textiles sur une surface préalablement enduite d'une substance adhésive.
Pare-vapeur	Feuille ou membrane étanche à la vapeur d'eau. Son rôle est d'empêcher ou d'entraver fortement le cheminement de la vapeur d'eau à travers les parois. Dans une isolation thermique, il importe de disposer l'écran vers l'intérieur du local afin d'éviter le risque de condensation de la vapeur dans l'épaisseur de l'isolant.
Frein vapeur	A la différence du pare-vapeur, le frein vapeur va laisser partiellement la vapeur d'eau passer, ils sont hygro variable (intelligent). Ainsi, les murs peuvent respirer tout en étant protégés.
Rupteur de pont thermique	Une barrette en polyamide armée de fibres de verre est introduite entre la partie extérieure et la partie intérieure du profilé.

3. Systèmes énergétiques

NOM	DÉFINITION
Généralité	
Compteur	Organe servant à mesurer la quantité d'énergie.
Sous-compteur	Subdivision du compteur principal permettant d'isoler les consommations par poste.
Gestion technique centralisée	Assure le pilotage à distance d'une installation technique et la lecture d'informations : alarmes, mesures, états de marche, paramètres, etc. Plus précisément, elle permet la télégestion d'un système intégré sur un périmètre technique complexe, nécessitant une présence humaine.
Gestion technique du bâtiment	Inclut la GTC avec un périmètre plus étendu. Elle permet d'avoir le contrôle de l'ensemble des lots d'un même bâtiment. Elle permet donc d'améliorer la performance énergétique du bâtiment en réalisant des économies d'énergie via : la régulation du chauffage, de la ventilation, du refroidissement, de l'éclairage, etc.
Chauffage et refroidissement	
DRV	(Débit Réfrigérant Variable) Type de pompe à chaleur avec émission directe dans les locaux par unité intérieur reliée à un groupe extérieur via un circuit de fluide frigorigène
Monotube	Chaque tube est continu et sans raccord du collecteur au radiateur. Le collecteur est relié à la source de chaleur, en général, la chaudière.
Monotube série	Tout le débit de l'installation traverse intégralement chaque corps de chauffe, cette solution, ni souple, ni confortable, ni économique n'est plus utilisée dans le neuf.
Monotube dérivé	Le monotube dérivé alimente successivement chaque radiateur, doté d'un robinet spécifique monotube, à partir d'une seule tuyauterie. Lorsque le radiateur est demandeur de chaleur, l'eau traverse le corps de chauffe, sinon elle est dérivée.
Bitube	Chaque radiateur est alimenté individuellement, aller et retour, à partir d'un collecteur. Les tubes d'alimentation et de retour sont passés dans des fourreaux dans la dalle béton armé ou la chape.
Chaudière à ventouse	Une chaudière à ventouse fonctionne en circuit étanche. Elle prélève directement l'air servant à la combustion du gaz et rejettes les gaz brûlés également directement sur l'extérieur. Son fonctionnement ne nécessite pas de conduit de cheminée.
Ventouse	La ventouse servant à la prise d'air et à l'évacuation des gaz brûlés peut être horizontale et déboucher en façade, ou verticale et déboucher en toiture.
Chaudière gaz à condensation	Son principe consiste à récupérer non seulement la chaleur des fumées mais aussi la chaleur latente de la vaporisation de l'eau produite par combustion de l'hydrocarbure gazeux, chaleur qui, avec des chaudières classiques, s'échappait par les gaz brûlés.
Chaudière mixte	Une chaudière peut assurer le chauffage seul (simple service) ou le chauffage et l'ECS (double service). Une chaudière mixte traite les deux.
Rendement d'une chaudière	Rapport de l'énergie fournie par la chaudière sur l'énergie consommée par celle-ci.
Rendement sur PCI	Quantité de chaleur obtenue en brûlant le combustible.

Veilleuse	Petite flamme permanente permettant l'allumage automatique du brûleur. Un allumage électronique peut dispenser de cette veilleuse et économiser sa consommation.
Allumage électronique	Dispense de la veilleuse, ce qui engendre des économies d'énergie. Le contrôle de flamme se fait par ionisation pour une grande sécurité.
Tirage forcé	Un système aspire l'air nécessaire à la combustion ou extrait les fumées pour augmenter le rendement.
Tubage	Tube introduit à l'intérieur d'un conduit de fumée existant.
PAC à absorption	Le principe des PAC à absorption est de fournir de la chaleur et/ou du froid par condensation et évaporation d'un frigorigène comme dans les machines à compression.
Radiateurs eau chaude	Les radiateurs sont fabriqués en acier, aluminium ou fonte.
Panneaux rayonnants	Emetteurs de chaleur par le rayonnement.
Plancher chauffant	Le principe de fonctionnement du plancher chauffant consiste à faire circuler de l'eau chaude dans des tubes ou à faire chauffer des câbles ou des fils électriques. Les planchers chauffants peuvent être réversibles, ils rafraîchissent alors l'été.
Convection	L'air du bâtiment est chauffé directement par un brassage forcé d'air réchauffé par les aérothermes ou générateurs d'air chaud.
Echangeur	Elément intérieur chauffé par la combustion du gaz sur lequel vient s'échauffer l'eau de chauffage ou l'ECS.
Puissance nominale	Performance moyenne annoncée par le constructeur de l'appareil.
Circulateur	Un circulateur ou une pompe assure et accélère la circulation de l'eau de chauffage ou de l'eau de refroidissement dans les systèmes de production, les réseaux de distribution et les émetteurs.
Robinet thermostatique	Positionné sur un radiateur à eau, permet de régler et maintenir une température en fonction de l'utilisation de la pièce et des apports de chaleur annexes (ensoleillement, chaleur humaine, chauffage d'appoint, …).
Régulation modulante	Une régulation électronique modulante fait varier la combustion en fonction des besoins, dans la plage de puissance.
Thermostat	Le thermostat compare la température extérieure ou de consigne avec la température de l'eau de chauffage. Puis il enclenche le brûleur pour relancer la température de l'eau, en fonction des besoins.
Sonde de température extérieure	Mesure et enregistre les variations de la température extérieure et la transmet à la régulation de la production de chauffage.
Eau chaude sanitaire	
Point de puisage	Embout permettant de puiser de l'eau : robinet, douche, baignoire.

Thermostat	Limite automatiquement et en permanence la température de l'eau. Il régule le chauffage de l'eau en fonction des besoins.
Renouvellement d'air	
Bouche d'extraction	Orifice par lequel l'air est extrait d'un local.
Bouche de soufflage	Orifice par lequel l'air est soufflé dans un local.
Entrée d'air	Petite ventouse ou petite grille d'entrée d'air frais dans les locaux. Elle peut être située sur des menuiseries extérieures ou sur des parois. Elle peut également être de type hygroréglable pour s'adapter à l'humidité du local.
Autoréglable	Débit de renouvellement d'air constant.
Hygroréglable	Débit de renouvellement d'air qui s'adapte en fonction de l'humidité dans la pièce.
Ventilation autoréglable	Ventilation mécanique simple flux avec entrées d'air et bouches d'extraction autoréglables.
Ventilation simple flux	Dispositif de ventilation consistant à renouveler l'air dans les locaux, soit : - Par amenée d'air frais par des entrées d'air et d'extraire l'air vicié par une bouche d'extraction ; - Par apport d'air neuf via les bouches de soufflage.
Ventilation hygroréglable type A	Ventilation simple flux dont le débit d'extraction est asservi au taux d'humidité du local.
Ventilation hygroréglable type B	Ventilation simple flux à régulation de débit. L'ouverture des extractions et des entrées d'air sont asservies au taux d'humidité du local.
Ventilation double flux	Dispositif de ventilation comportant un échangeur permettant de récupérer entre 40% et 90% de l'énergie calorifique contenue dans l'air extrait.
Ventilation répartie	Système de ventilation des locaux d'habitation par extraction avec des petits ventilateurs de faible puissance disposé dans chaque pièce, et réglables manuellement selon les besoins.
Sonde ou registre CO_2	Permet la modulation des débits d'air en fonction du taux de CO_2 mesuré dans le local.
Détection de présence	Permet la modulation des débits d'air en fonction de l'occupation dans le local (sensible à la chaleur dégagée ou aux mouvements des occupants).
Eclairage	
Incandescent	Une lampe à incandescence est un luminaire qui éclaire en portant à incandescence par effet Joule un filament de tungstène. Ainsi, le filament émet de la lumière et de la chaleur par incandescence.
Halogène	Luminaire dont l'atmosphère gazeuse contient un halogène et qui permet un éclairage progressif.

Fluorescent	Lampe électrique de forme tubulaire.
Fluo-compact (LFC)	C'est un tube fluorescent dont le tube est miniaturisé, plié en deux, trois ou quatre, ou encore enroulé, doté d'un culot contenant un ballast électronique pour les lampes fluocompactes récentes, ou un ballast ferromagnétique pour les anciennes lampes fluocompactes.
LED	« Light Emitting Diode », également appelée DEL « Diode électroluminescente » est un dispositif opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.
Ballast	Dispositif interposé entre l'alimentation et une ou plusieurs lampes à décharge et qui sert principalement à limiter le courant dans le circuit électrique. Un ballast peut aussi comporter un transformateur de la tension d'alimentation, des éléments de correction du facteur de puissance et peut, seul ou en combinaison avec un dispositif d'amorçage, assurer les conditions requises pour l'amorçage de la ou les lampes.
Eclairement	L'éclairement en un point d'une surface est le quotient du flux f reçue par un élément de la surface contenant le point, par l'aire A de cet élément. E=f/A, unité : lux (lumen/m²)
Efficacité lumineuse	Quotient du flux lumineux émis par la puissance consommée par la lampe. Unité lm/W.
Puissance absorbée	La puissance absorbée (P) mesure en watts (W) la quantité d'énergie consommée par la lampe et son appareillage.
PS	Protection Solaire
Second jour	En éclairage naturel, une pièce est dite éclairée en second jour, lorsque la lumière naturelle doit traverser un premier local avant de pénétrer dans la pièce.

4. Abréviations, coefficients et paramètres

SIGLE	DÉFINITION
Généralités	
DEET	Décret Eco-Energie Tertiaire (ou Décret Tertiaire).
OPERAT	Observatoire de la Performance Energétique de la Rénovation et des Actions du Tertiaire. Plateforme numérique de l'ADEME pour réaliser les déclarations de consommations d'énergie.
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
SDP	Surface de plancher (m²).
SU	Surface utile (m²).
SHOB	Surface hors œuvre brut ou surface de plancher développée (m²).
SHON	Surface hors œuvre nette (m²).
Ubat	Coefficient déperditif de l'enveloppe (W/m².K).
Cep	Consommation d'énergie primaire (kWhep/m².an) – Suivant la surface définie dans l'étude.
Cef	Consommation d'énergie finale (kWhef/m².an) – Suivant la surface définie dans l'étude.
Crelat	Consommation d'énergie finale en valeur relative (kWhef/m²SDP.an).
Créf	Consommation de référence (kWhef/m²SDP.an).
Cabs	Consommation d'énergie finale en valeur absolue (kWhef/m²SDP.an).
DJU	Degré Jour Unifié.
CEE	Certificats d'Economie d'Energie.
HT	Hors taxes.
TTC	Toutes taxes comprises.
Parois opaques	
Up	Coefficient déperditif d'une paroi (W/m².K).
Ue	Coefficient déperditif équivalent prenant en compte les ponts thermiques de structure et les contacts (terreplein, sous-sol/vide sanitaire, toiture végétalisée, …) (W/m².K).
b	Coefficient de réduction de température (W/K.m³).
Rglobale	Résistance thermique d'une paroi (m².K/W).
Rsi	Résistance superficielle intérieure (convection entre l'air intérieur et la paroi).
Rse	Résistance superficielle extérieure (convection entre l'air extérieur et la paroi).
PT	Pont thermique.
Parois vitrées	
Ug	Coefficient déperditif de la partie vitrée de la menuiserie (W/m².K).
Sg	Facteur solaire de la partie vitrée de la menuiserie.
Ujn	Coefficient déperditif de la menuiserie avec protection (W/m².K).
Uw	Coefficient déperditif de la menuiserie sans protection (W/m².K).
Sw	Facteur solaire de la menuiserie sans protection.
Tlw	Transmission lumineuse de la menuiserie sans protection.

Isolation	
ITI	Isolation thermique par l'intérieur.
ITE	Isolation thermique par l'extérieur.
ITR	Isolation thermique répartie.
LDV	Laine de verre.
LDR	Laine de roche.
LMI	Laine minérale.
PSE	Polystyrène expansé.
PUR	Polyuréthane.
PXE	Polystyrène extrudé.
R	Résistance thermique du matériau (m^2.K/W).
Systèmes énergétiques	
ECS	Eau chaude sanitaire.
ECL	Eclairage.
VMC	Ventilation mécanique contrôlée.
CTA	Centrale de traitement d'air.
SF	Simple flux.
DF	Double flux.
PAC	Pompe à chaleur.
COP	Coefficient de performance, en chaud.
SCOP	Coefficient de performance saisonnier, en chaud.
EER	Ratio d'efficacité énergétique, en froid.
SEER	Ratio d'efficacité énergétique saisonnier, en froid.
Pn	Puissance nominale.
Pabs	Puissance absorbée.
VRV ou DRV	Volume de réfrigérant variable ou débit de réfrigérant variable.