

Bâtiment Poincaré Site Saint-Jérôme

Audit énergétique en vue d'une programmation architecturale

		Date	10/06/2026
Chef de projet	Julien LACOMBE	Référence rapport	OP23-071
		N° version	2
Chargée d'études	Mahé DAVERIO	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-260416-JLMD-OP23-071-Poincaré	29/04/2026	-	/
TE-260525-JLMD-OP23-071-Poincaré	25/05/2026	1	Ajout des éléments de chiffrage de Synapse
TE-260604-JLMD-OP23-071-Poincaré	04/06/2026	2	Modification des bouquets travaux

Table des matières

SUIVI DES INDICES.....	1
PARTIE A PRELIMINAIRES	3
1. PRESENTATION DE L'ETUDE	3
2. DEROULEMENT DE LA MISSION DE L'AUDIT ENERGETIQUE	4
2.1 <i>Eléments mis à disposition pour l'audit</i>	4
2.2 <i>Contenu de la mission</i>	4
2.3 <i>Visite et mesures réalisées</i>	4
2.4 <i>Travaux effectués</i>	4
3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	5
3.1 <i>Réglementation élément par élément dans les bâtiments existants</i>	5
3.2 <i>Réglementation globale dans les bâtiments existants</i>	5
3.3 <i>Réglementation applicable au projet</i>	5
3.4 <i>Dispositif Eco-énergie tertiaire</i>	6
PARTIE B DESCRIPTION GENERALE DU SITE	7
1. CARACTERISTIQUES DU SITE	7
2. DONNEES CLIMATIQUES	8
3. POTENTIEL PHOTOVOLTAÏQUE	9
4. ANALYSE DU CONFORT	9
5. DIAGNOSTICS AMIANTE, QAI ET ACCESSIBILITE	9
PARTIE C SYNTHESE	10
1. ETAT DES LIEUX	10
2. BOUQUETS DE TRAVAUX ET EVOLUTION DES INDICATEURS	11
3. POSITIONNEMENT DEET	12
PARTIE D DESCRIPTION DETAILLEE DE L'ETAT INITIAL ET DES ACTIONS PROPOSEES : 13	
1. ENVELOPPE DU BATIMENT	13
1.1 <i>Toitures</i>	13
1.2 <i>Murs</i>	15
1.3 <i>Fenêtres, portes et protections solaires</i>	17
1.4 <i>Plancher bas</i>	21
1.5 <i>Etanchéité à l'air</i>	22
1.6 <i>Ponts thermiques</i>	22
1.7 <i>Inertie thermique</i>	22
2. SYSTEMES DE VENTILATION	23

3. EQUIPEMENTS	25
3.1 <i>Chauffage</i>	25
3.2 <i>ECS</i>	28
3.3 <i>Eclairage</i>	29
3.4 <i>Autres équipements électriques</i>	31
PARTIE E ANALYSE DES CONSOMMATIONS	34
1. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES TOTALES ET CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE	34
2. CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE	35
3. CONSOMMATIONS ELECTRIQUES	35
4. DISPOSITIF ECO ENERGIE TERTIAIRE	36
5. ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'EAU	36
PARTIE F SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE A L'ETAT INITIAL	37
1. PRESENTATION DE LA MODELISATION	37
2. DEPERDITIONS	38
3. CONSOMMATIONS	38
PARTIE G BILAN DES ACTIONS PROPOSEES	39
1. PRESENTATION DES ACTIONS DE RENOVATION ET BOUQUETS TRAVAUX	39
2. CHIFFRAGE DES TRAVAUX	40
3. RESULTATS PAR VARIANTES DE TRAVAUX	42
3.1 <i>Approche Energétique</i>	42
3.2 <i>Analyse financière</i>	43
3.3 <i>Analyse Carbone</i>	44
4. RESULTATS PAR BOUQUETS TRAVAUX	45
4.1 <i>Approche énergétique</i>	45
4.2 <i>Analyse financière</i>	45
4.3 <i>Analyse Carbone</i>	46
PARTIE H ANNEXES	47
ANNEXE 1 : LOCAUX VISITES	47
ANNEXE 2 : DETAILS DE LA STD	47
ANNEXE 3 : CONSOMMATIONS DE LA STD	51
ANNEXE 4 : GLOSSAIRE	53
1. GENERALITES	53
2. PAROIS OPAQUES, PAROIS VITREES ET ISOLATION	53
3. SYSTEMES ENERGETIQUES	55
4. ABREVIATIONS, COEFFICIENTS ET PARAMETRES	59

Partie A Préliminaires

1. Présentation de l'étude

Aix-Marseille Université (AMU) est propriétaire du bâtiment **Poincaré** située sur le **Campus de Saint-Jérôme**. Cet ensemble, situé au 52 Avenue Escadrille Normandie Niemen à Marseille 13^{ème}, fait l'objet, en option, d'un marché de conception-réalisation dans le cadre d'une rénovation 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.**

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 du bâtiment **Poincaré** a été effectuée le **10/04/2026**.

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 maîtrise 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 maîtrise 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 maître 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	Consommations estimées 2020 à 2022
Consommations annuelles (combustible)		X	Consommations estimées de 2020 à 2022 (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 maintenance des systèmes de ventilation		X	
Plan de masse (formats DWG ou PDF)	X		PDF
Plans de niveaux	X		DWG
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 Edouard Champion et Clément Breton d'AMU.

Les locaux visités sont présentés en [Annexe 1](#).

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

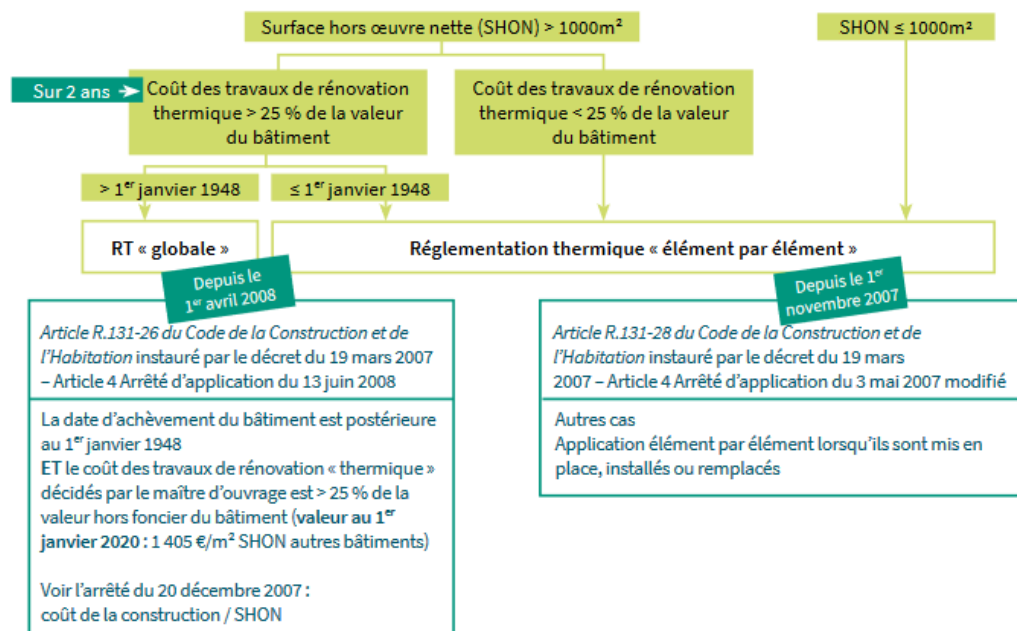
Type de mesure	OUI	NON	Commentaires
Température intérieure des locaux chauffés	X		Entre 22 °C et 25 °C le jour de la visite.
Température intérieure des locaux non chauffés		X	-
Température extérieure		X	Environ 28°C
Humidité intérieure (hygrométrie)		X	Il n'a pas été constaté de dégradations pouvant être dues à des problèmes d'humidité.
Thermographie infrarouge		X	
Débits d'air		X	
Intensité lumineuse		X	

2.4 Travaux effectués

Quelques travaux sont intervenus sur cet établissement ces dernières années :

- Isolation des faux-plafonds du deuxième étage avec 10 cm de laine de verre sur 1/5 de la surface du bâtiment

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, rafraîchissement, éclairage), ils doivent respecter des performances minimales.

Par exemple, si les murs doivent être isolés → $R \geq 3,2 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (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 après 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, 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 1^{er} 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) :



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.

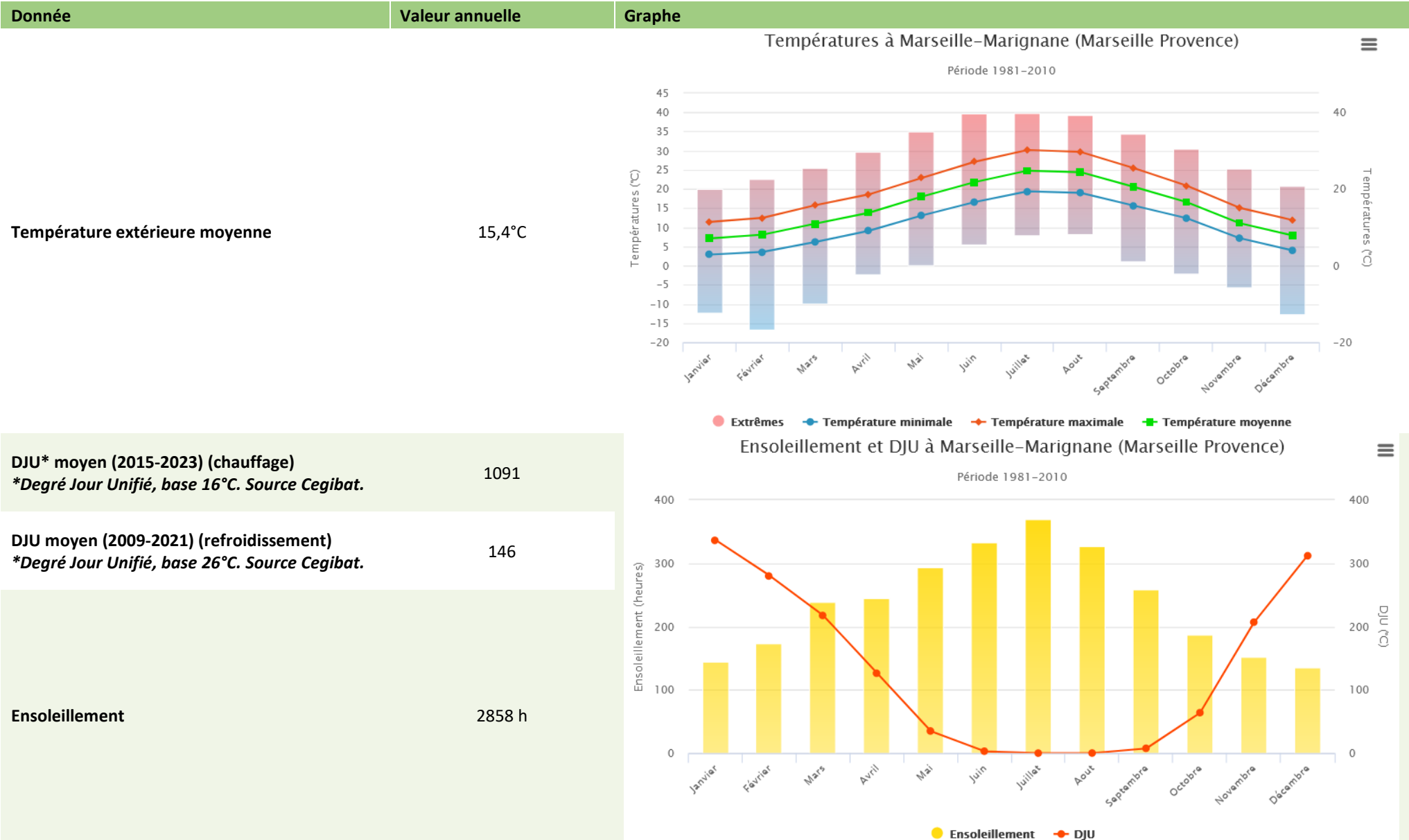
Partie B Description générale du site

1. Caractéristiques du site

Nom	Poincaré
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Altitude moyenne	114 m
DJU base 18°C	1617
Nombre d'étages	3 niveaux
Surfaces utiles par bâtiment	734 m²SU
Orientations principales	4 orientations cardinales
Mitoyennetés	Aucune
Masques	Masques prononcés : - Bâtiment R+5
Occupation	Occupation journalière 8h -19h Fermeture annuelle en août et à Noël
Type de chauffage	Pompes à chaleur en détente directe
Objectif de performance énergétique	Rénovation performante avec obligation réglementaire DEET



2. Données climatiques



Donnée	Valeur annuelle	Graphe
--------	-----------------	--------

Précipitations cumulées

515 mm

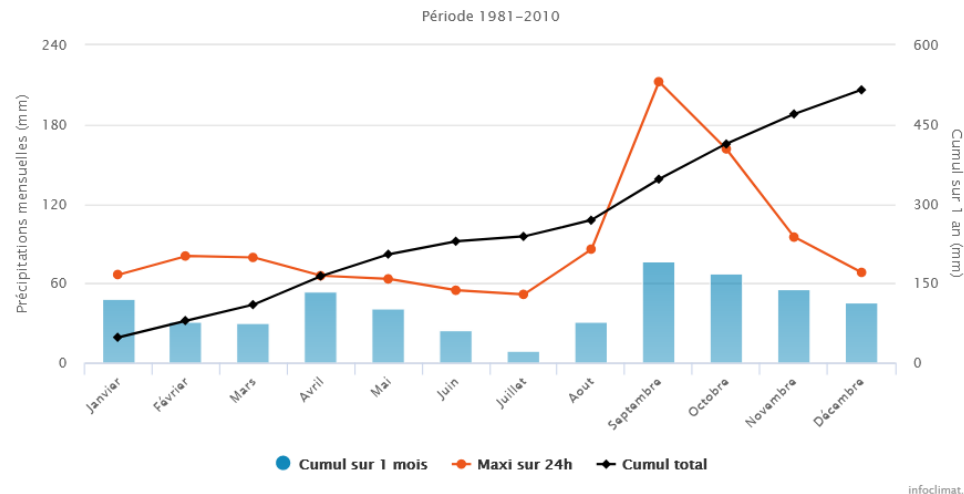
3. Potentiel Photovoltaïque

L'établissement est pré-identifié comme **intéressant** en vue de la solarisation (mise en place de panneaux solaires photovoltaïques) pour la maîtrise d'ouvrage. Cependant, l'installation de panneaux photovoltaïques sur ce bâtiment ne sera pas obligatoire à partir de 2028 (surface au sol inférieure à 500m²).

4. Analyse du confort

Les usagers rencontrés ont évoqué un inconfort estival et hivernal important.

Précipitations à Marseille–Marignane (Marseille Provence)



5. Diagnostics Amiante, QAI et Accessibilité

S'agissant de l'amiante, le rapport DTA fait état de **l'absence d'amiante** dans ce bâtiment.

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

L'indice d'accessibilité du bâtiment est de 49% ; 11 obstacles « moteurs » ont été dénombrés.

Partie C Synthèse

1. Etat des lieux

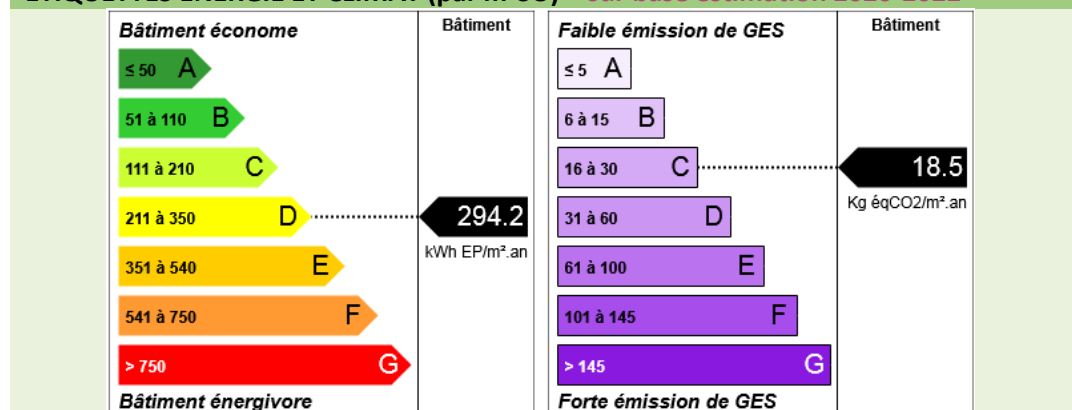
DONNÉES ADMINISTRATIVES ET D'ACTIVITÉS

Nom	Poincaré
Activité	Salles de classes et quelques bureaux
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Année de construction	1988
SU (Surface Utile chauffée)	734 m²SU
Objectif de performance énergétique	Rénovation performante avec obligation réglementaire DEET
Type de chauffage	Pompes à chaleur en détente directe

BILAN DES CONSOMMATIONS ANNUELLES : MÉTHODE FACTURES

	Chauffage (kWh EF ou kWh PCI/an)	Electricité (kWh EF)
Année 2020 (estim.)	34 160	78 002
Année 2021 (estim.)	43 827	77 955
Année 2022 (estim.)	35 811	76 640
Moyenne des consommations [kWh EF/m²SU.an] (estim.)	51,6	105,5

ÉTIQUETTES ÉNERGIE ET CLIMAT (par m²SU) – sur base estimation 2020-2022



OCCUPATION DE L'ETABLISSEMENT

Occupation hebdomadaire	Occupation en journée (8h-18h) du lundi au vendredi
Occupation annuelle	Fermeture annuelle en août (4 semaines) Deux semaines de fermeture à Noël

BILAN CONFORT

Confort d'été	Inconfort très important notamment sur les pièces situées au sud
Confort hygrothermique (Hiver)	Mauvais : ressenti très froid
Qualité d'air intérieur	Bâtiment ventilé par ouverture des fenêtres

DESCRIPTION SOMMAIRE DES PAROIS ET SYSTEMES

Murs extérieurs	Façade en bardage métallique (4 cm isolant)
Toiture	Toiture Légère Bac Acier (Hypothèse 10 cm de laine de roche ou 5cm en fonction de la localisation)
Menuiseries	Simple vitrage aluminium coulissant
Protections solaires	Présence de stores intérieurs ponctuellement
Plancher bas	Dalle béton non isolée sur terre-plein
Ventilation	Ouverture des fenêtres pour les locaux périphériques Ventilation mécanique ancienne dans les sanitaires
Type de chauffage	Un échangeur sur le réseau de la chaufferie gaz naturel à condensation (2022) – Radiateurs à acier dépourvus de régulation thermostatique
Type d'ECS	Un préparateur ECS au R+2
Eclairage	Tubes fluorescents T8 et LED

3. Positionnement DEET

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

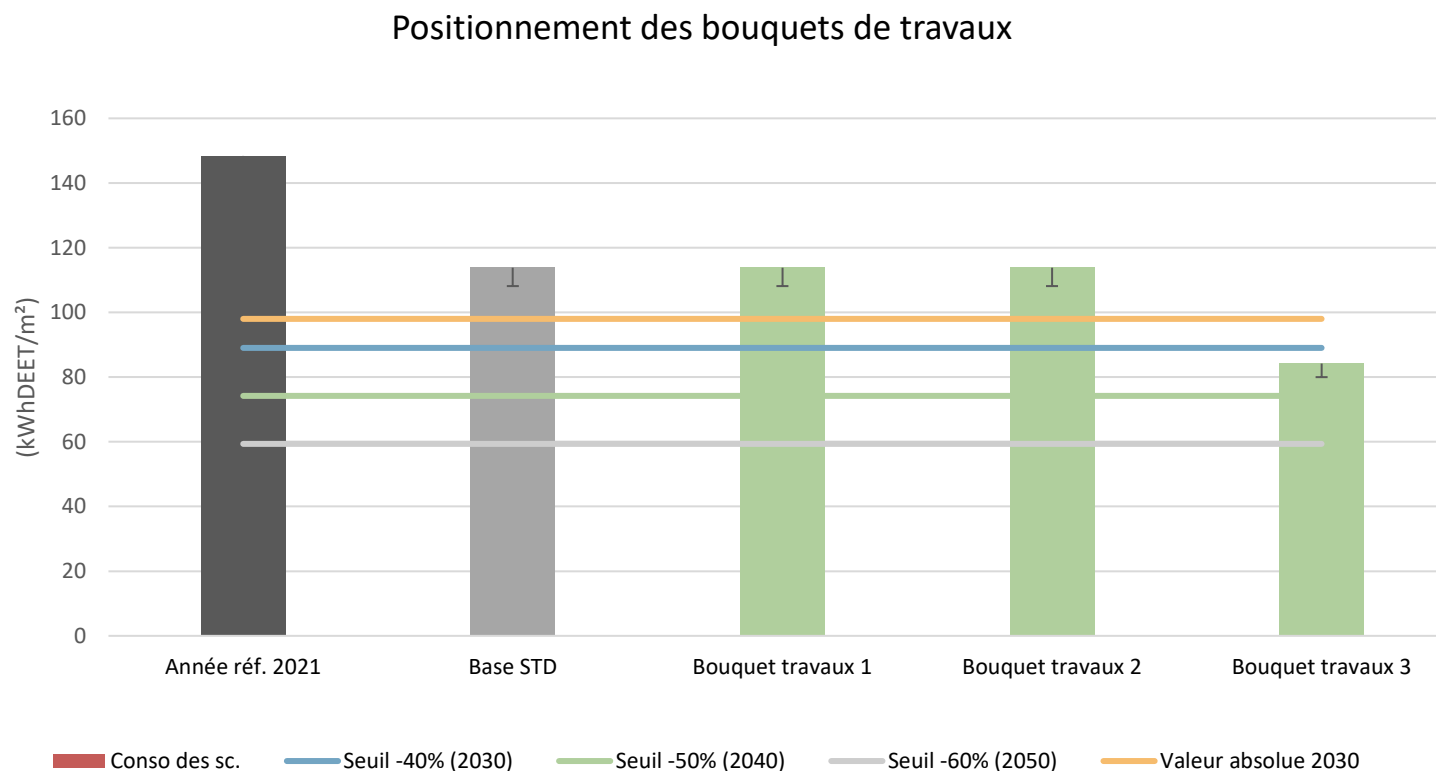


Figure 1 : Positionnement des bouquets de travaux vis-à-vis du décret tertiaire

Il est important de souligner que sur ce bâtiment, nous ne possédons que des consommations RCU ou électrique venant d'un ratio sur l'ensemble des bâtiments su Campus de St Jérôme. De plus, le bâtiment n'est aujourd'hui plus desservi pas le réseau de chaleur du campus et est chauffé seulement par les Multi-splits présents dans chaque local. Il est alors difficile de calibrer les consommations de l'année de référence 2021 avec celle de la STD qui est pour nous plus proche de la réalité.

Il est établi que le bouquet des interventions prévisionnelles proposées dans le cadre de la programmation de l'opération de rénovation est compatible avec le **seuil de 2030** de réduction de consommation (seuil en valeur relative : -40% ; le seuil en valeur absolue de 2030 pour les Bibliothèques en zone H3 à 100 m d'altitude s'établissant autour de 95 kWh/m²). En comparaison pure de simulation énergétique avant travaux / après travaux, la réduction de consommation s'établit autour de 23%.

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

1. Enveloppe du bâtiment

1.1 Toitures

ETAT ACTUEL

Toiture légère bacs acier

La toiture du bâtiment Poincaré est une toiture légère bac acier.

Les faux-plafonds présents au R+2 sont isolés avec de la laine de verre. L'épaisseur de cette isolation dépend de la localisation, un plan de repérage détaillera les deux épaisseurs d'isolants différents :

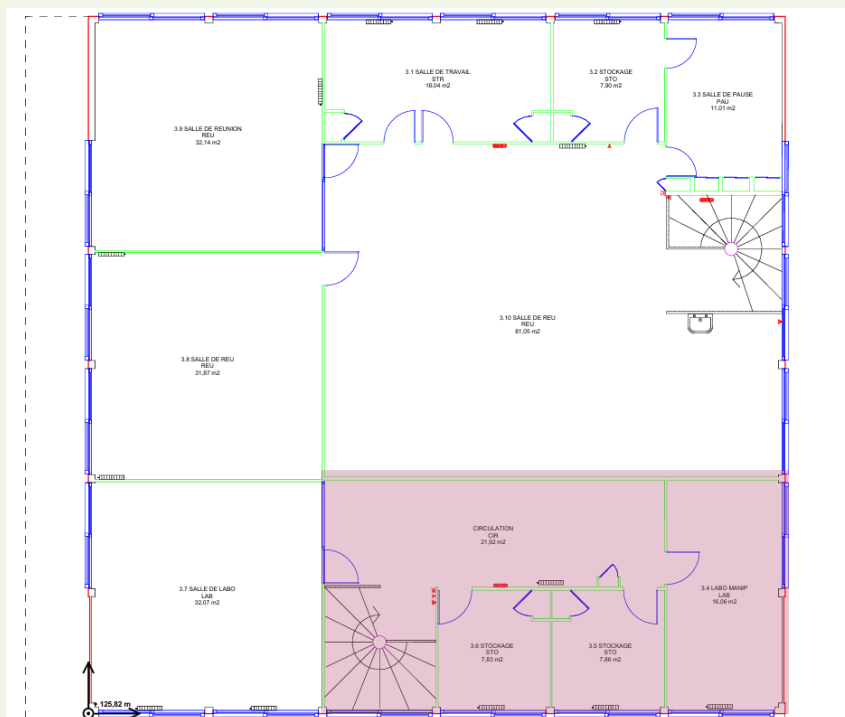


Figure 2 : Plan du R+2

La surface en **rose** a été isolé récemment avec 10 cm de laine de verre.
Le reste du R+2 est isolé avec environ 5 cm de laine de verre, cette isolation est plus ancienne et sûrement dégradée.

RECOMMANDATIONS

Toiture légère bacs acier

Afin d'être cohérent sur les travaux précédemment effectués sur le côté sud est du bâtiment, il est préconisé de continuer l'isolation du plancher haut en isolant les dalles de faux-plafonds. Cependant, il est recommandé d'atteindre des performances d'isolation de plus de $5,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ sur les plafonds non colorés en roses sur la Figure 2 ci-à-côté.

Pour cela, la mise en œuvre de **20 cm de laine de verre** en rouleau type « IBR Revêtu Kraft » d'Isover, ou équivalent, est conseillée.

Une attention particulière sur les jonctions des rouleaux sera accordée afin de limiter la condensation.

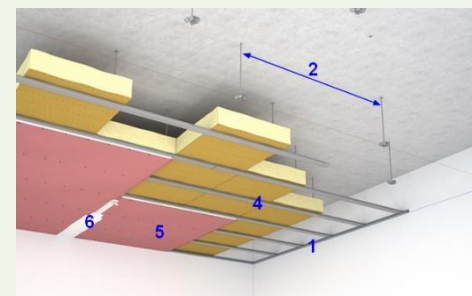


Figure 6 : Isolation des faux plafonds

=====

Pas d'obtention des CEE : Respect des conditions de CEE :
Resistance thermique de l'isolation supérieure ou égale à $6 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

=====



RTex/élément : Les parois doivent respecter l'exigence de résistance thermique minimale R de l'ensemble paroi + isolant en $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ de 4.



Figure 3 : toiture bacs acier à gauche et 10 cm de laine de roche à droite



Composition de la paroi (toiture isolé 10cm): Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Laine de verre (10 cm) + Plénum (35 cm) + bacs acier (3 cm)

Etat : moyen

Coefficient U : 0.45 W/m².K (méthode Th-U)



Figure 4 : Performance thermique de la toiture

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou $R < 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Bon: isolant en place, $3,5 < R < 7 \text{ m}^2\text{K/W}$
Très bon: $R > 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

Composition de la paroi (toiture anciennement isolé): Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Laine de verre (5 cm) + Plénum (35 cm) + bacs acier (3 cm)

Etat : dégradé

Coefficient U : 0.72 W/m².K (méthode Th-U)



Figure 5 : Performance thermique de la toiture

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou $R < 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Bon: isolant en place, $3,5 < R < 7 \text{ m}^2\text{K/W}$
Très bon: $R > 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

Potentielle implantation de panneaux photovoltaïques :

Ce bâtiment n'est **pas soumis à l'obligation** de solarisation (ou de végétalisation) active à compter de janvier 2028 pour les bâtiments de plus de 500 m² d'emprise au sol.

Elle aurait été possible mais **ne sera pas reprise** selon la recommandation ci-dessous en gris et **ne sera pas intégrée** dans les bouquets de travaux car d'autres bâtiments du campus apparaissent plus opportuns pour cette intervention.

La mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques paraît pertinente pour ce bâtiment. Cependant, une étude structurelle sera nécessaire afin de vérifier s'il est possible pour le bâtiment de reprendre les charges apportées par des panneaux.

Les panneaux à prévoir sont des panneaux horizontaux ou semi-horizontaux (inclinaison de 10°, système Soprasolar ou équivalent), dont la **compatibilité avec la toiture à mettre en œuvre sera à vérifier**. Cette inclinaison de 5° est intéressante pour limiter l'encrassement sur les panneaux.

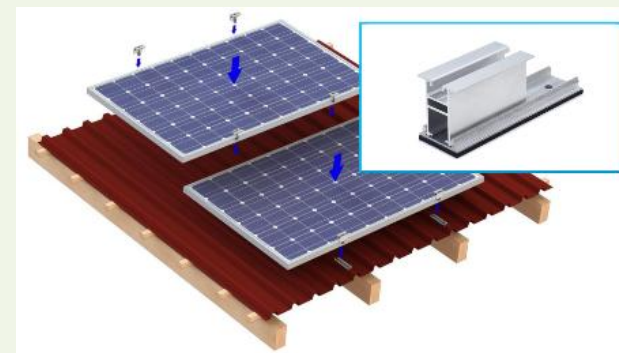


Figure 7 : Photovoltaïque en surimposition

Malheureusement, en l'absence de tout sous-comptage, il n'est pas possible à ce stade de déterminer de taux d'autoconsommation et par conséquent de rentabilité économique (la part autoconsommée et la part de surplus revendu est un facteur de premier ordre pour les calculs de rentabilité économique).

Par ailleurs, une étude de structure sera à réaliser pour vérifier la possibilité d'implantation sur la toiture.

En première approche, 300 m² sont considérés. Ces 150 m² représentent environ 90% du total de la toiture.

1.2 Murs

ETAT ACTUEL

Murs extérieurs courants

Les murs extérieurs du bâtiment sont en bardage métallique :



Figure 8 : Murs extérieurs du bâtiment

Les façades sont légèrement isolées avec 4 cm de laine de verre dégradée.



Figure 9 : laine de verre

Composition de la paroi : plaque de plâtre (2 cm) / Laine de verre dégradée th40 (4cm) / lame d'air (1cm) / Bardage extérieur acier (4 cm)

Etat : Vétuste

Coefficient U : 0.89 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

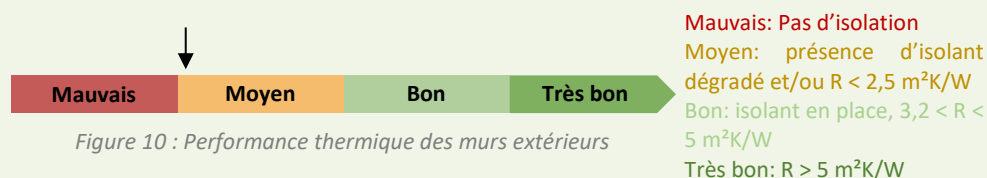


Figure 10 : Performance thermique des murs extérieurs

RECOMMANDATIONS

Murs extérieurs courants en mur ossature bois (MOB)

Dans le cadre d'une rénovation d'envergure, nous préconisons la dépose complète du complexe léger de murs extérieurs actuels et la mise en place d'une **isolation extérieure** avec de la laine de bois semi-rigide de 18 cm d'épaisseur. La résistance thermique sera supérieure à 4,6 m².K/W.

La mise en œuvre de cette isolation peut être réalisée au moyen d'un mur à ossature bois (MOB), avec vraisemblablement une structure propre à maitre en œuvre. Ce système présente l'intérêt de traiter efficacement les ponts thermiques tout en offrant une grande flexibilité architecturale.

Le recours à une solution combinant ossature bois et isolant en laine de bois s'inscrit dans une démarche biosourcée, ces matériaux présentent des avantages environnementaux notables.

Par ailleurs, compte tenu de l'état dégradé du bardage métallique actuel, son remplacement apparaît pertinent. La mise en place d'un nouveau bardage, en bois ou en tout autre matériau conforme aux orientations architecturales du projet, permettra d'améliorer à la fois les performances thermiques et l'esthétique du bâtiment.

Un **diagnostic structurel** approfondi du bâtiment devra être réalisé afin d'évaluer l'état de conservation de ses planchers, de vérifier sa capacité portante et de déterminer sa compatibilité avec la mise en œuvre d'une structure à ossature bois (MOB), notamment au regard des reprises de charges, des interfaces constructives et des éventuelles adaptations nécessaires.

Un exemple visuel ci-dessous est présenté avec un montant porteur en bois. Comme évoqué ci-dessus, une étude structurel poussée serait à mener afin de déterminer la pertinence de tels montants, une structure métallique, plus carbonée, pourrait s'envisager.

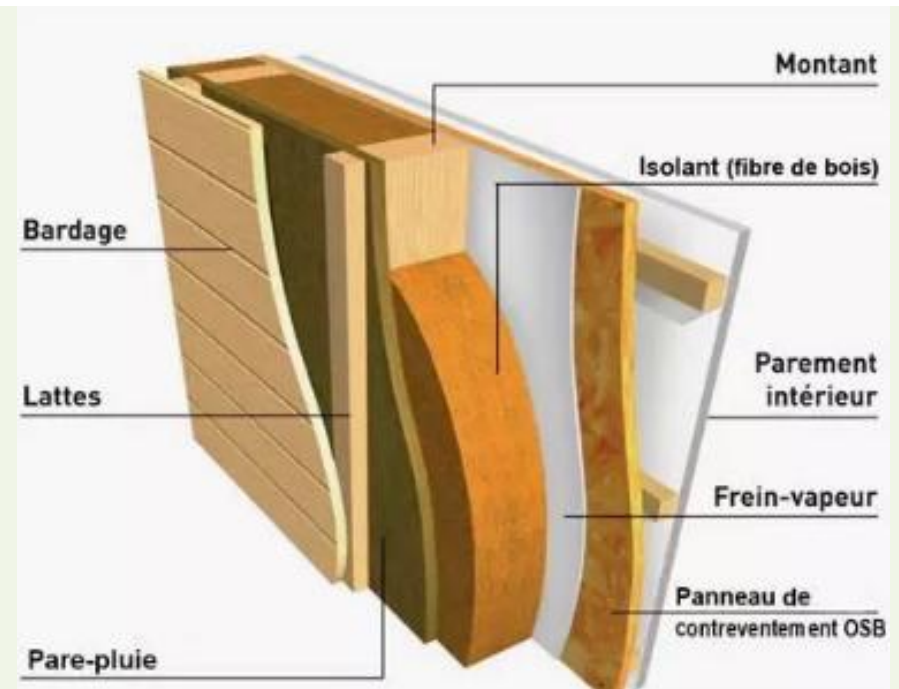


Figure 11 : Façade ossature bois avec montant porteur en bois

N.B. : Il sera 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 $3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

=====



RTex/élément : Les parois doivent respecter l'exigence de résistance thermique minimale R de l'ensemble paroi + isolant en $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ de $2,1 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.

1.3 Fenêtres, portes et protections solaires

ETAT ACTUEL

Menuiseries alu simples vitrages :

Les fenêtres en aluminium sont majoritairement en simple vitrage. Lorsqu'elles sont ouvrables, celles-ci sont coulissantes.

Certaines fenêtres sont munies de store intérieur (environ 20%) et d'autres possèdent un film solaire.



Figure 12 : Menuiserie aluminium simple vitrage coulissante



Figure 13 : Menuiseries équipées de stores intérieurs

RECOMMANDATIONS

Mise en œuvre de menuiseries doubles vitrages métalliques à rupteurs de ponts thermiques :

Nous préconisons le remplacement des menuiseries simples vitrages par des **menuiseries métalliques ou bois, double vitrage**, à rupteurs de ponts thermiques. **Des vitrages à contrôle solaire sont à prévoir en orientation Sud, Est et Ouest pour limiter les apports solaires.**

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

- $U_w \leq 1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $U_g < 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- S_w (facteur solaire hors protection) = 0.4
- T_l (transmission lumineuse) ≥ 0.5

Afin d'améliorer l'étanchéité à l'air des menuiseries et la facilité l'entretien et le nettoyage, les ouvrants pourront être choisis « à la française ».

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, même si aucun matériau contenant de l'amiante n'a été relevé à cette date.

Les DTU 36.1, 37.1 et 37.2 sont à respecter.



=====

Respect des conditions de CEE :
 U_w inférieur ou égal à $1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$

=====

RTex/élément : Les fenêtres et portes-fenêtres : $U < 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

Protections solaires : stores intérieurs (environ 20% des fenêtres sont équipées)

Etat : Vétuste

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=5.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.65$ // $Tl = 0.65$

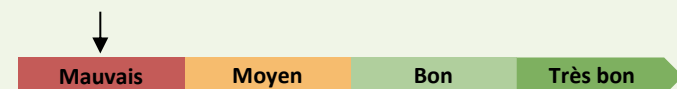


Figure 14 : Performance thermique des menuiseries

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 en plexiglas :

Les fenêtres en plexiglas se situent en partie basse dans la cage d'escalier (**en rose**).



Figure 15 : Fenêtre plexiglas

Protections solaires : aucune

Etat : Vétuste

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=5.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.5$ // $Tl = 0.60$



Figure 16 : 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 menuiseries pourront être équipées de protections **solaires fixes** (à lames orientées) et de stores intérieurs.

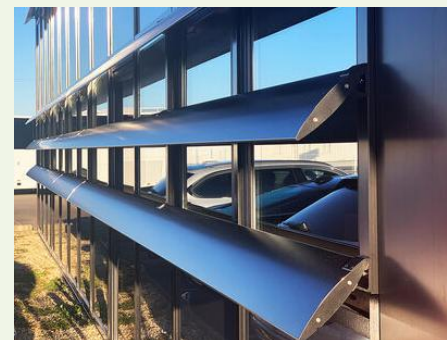


Figure 21 : Lames horizontales fixes

Portes du bâtiment :

Le bâtiment possède deux portes différentes :

- Une porte de service au RDC
- Une porte d'entrée au R+1

La porte de service :



Figure 17 : Porte de service

Cette porte n'est pas étanche à l'air et sera à remplacer.

Etat : Vétuste

Caractéristiques thermiques menuiseries :

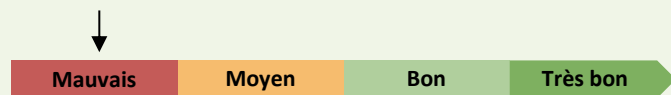


Figure 18 : Performance thermique des menuiseries

$U_d = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

Portes d'accès :

Ces portes pourront être remplacées par des portes isolantes ($U_d = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$) et plus étanche à l'air.

=====

Respect des conditions de CEE :

Pas de CEE sur les portes (opaques) donnant sur l'extérieur

=====



RTE/élément 2023 : pas d'exigences concernant les portes donnant sur l'extérieur (sauf en maison individuelle)

La porte d'entrée du bâtiment :



Figure 19 : Porte d'entrée

Cette porte est une menuiserie métallique en simple vitrage.

Etat : Moyen

Caractéristiques thermiques menuiseries :

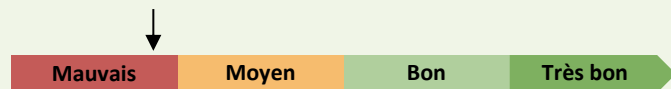


Figure 20 : Performance thermique des menuiseries

$U_w=5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.22$

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

1.4 Plancher bas

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Planchers bas du rez-de-chaussée donnant sur terre-plein : Le rez-de-chaussée du bâtiment est situé sur terre-plein non-isolé. Composition : Dalle Béton (15 cm) Etat : Correct Coefficient U : 3.2 W/m².K (calcul à partir de la méthode Th-U)  Figure 22 : Performance thermique du plancher bas	Planchers bas du rez-de-chaussée donnant sur terreplein : Nous ne préconisons pas d'intervenir sur cette paroi.

Mauvais: Pas d'isolation
Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou $R < 1 \text{ m}^2\text{K/W}$
Bon: isolant en place, $1 < R < 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Très bon: $R > 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

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 $4 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ 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 $1.5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ 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).

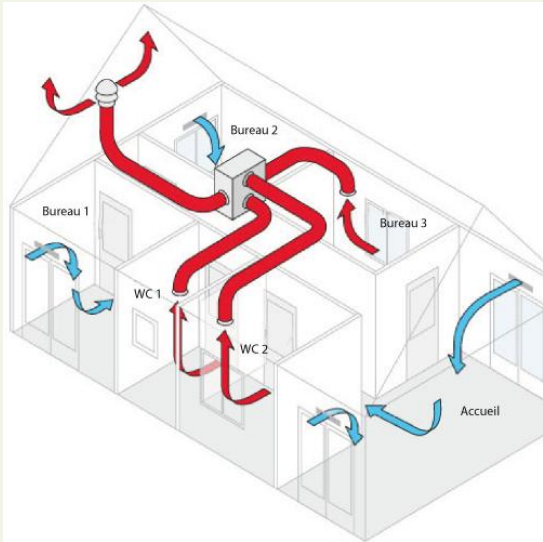


Figure 23 : isolation périphérique de soubassement, dans la continuité de l'ITE

1.7 Inertie thermique

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
L'inertie thermique de cet établissement est moyenne : chaque niveau possède l'inertie d'une paroi : la dalle de plancher bas.	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
<u>Ventilation naturelle :</u> La ventilation naturelle est permise par des fenêtres ouvrables.  Figure 24 : Menuiseries ouvrables Ces ouvrants ne sont jamais munies d'entrée d'air. ↓ Mauvais Moyen Bon Très bon Figure 25 : 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)	<u>Ventilation Simple Flux :</u> La ventilation naturelle est un bon <u>complément à une ventilation mécanique</u>, 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 simple flux : - permettant un bon renouvellement d'air - limitant les déperditions (en hiver) Au vu des faibles débits que représente la ventilation de ces locaux, une ventilation simple flux sera suffisante. Pour apporter une véritable performance et respecter les critères CEE, la ventilation simple flux doit présenter les caractéristiques suivantes : - puissance électrique inférieure à 0.3 Wh/m³ pour chaque ventilateur - être asservie à une détection de présence ou de CO₂. Il sera nécessaire de permettre la télégestion de cette installation.  Figure 28 : Schéma ventilation simple flux en bâtiment tertiaire

Sanitaires équipés de simple flux en façade :

Des bouches de ventilations mécaniques, avec extraction directement en façade ont été relevées dans les sanitaires (équivalent des anciens modules Autogyre).



Figure 27 : Bouches de ventilation simple flux directement en façade



Figure 26 : 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)

Brasseurs d'air pour améliorer le confort d'été :

Des brasseurs d'air plafonniers pourront être positionnés **dans chaque bureau**.

La mise en place de brasseurs d'air est une solution de rafraîchissement sobre en énergie qui permet d'améliorer le confort d'été des occupants. La vitesse de l'air générée par les brasseurs favorise l'évapotranspiration à la surface du corps. Pour garantir un écoulement d'air optimal et assurer la sécurité des occupants, les règles d'implantation suivantes sont retenues :

- Les brasseurs d'air seront installés à une distance minimale de 15 cm du faux plafond (ici brasseurs sur tige de 60 cm à privilégier)
- La hauteur minimale entre les pales et le sol est fixée à 2,30 m.

En première approche, **25 brasseurs d'air** sont prévus dans le présent audit. Un brasseur d'air couvre environ le rafraîchissement d'une surface de 15 m², il sera donc nécessaire de doubler voire tripler leur mise en place dans certains locaux.

3. Equipements

3.1 Chauffage

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
<u>Production de chaud et de froid par Multi-splits :</u> Ce bâtiment est équipé de nombreux Splits/Multi-splits (pompe à chaleur réversible avec multiples unités intérieures). <u>Groupe extérieures :</u> Ces unités extérieures sont situées au pied du bâtiment. On compte environ 25 unités extérieures de marques, puissances et de vétustés hétérogènes.	<u>Production de chaud et de froid par Multi-splits :</u> <u>Production et émission de Chaud / Froid par Multi-splits :</u> Ces équipements peuvent être conservés. <u>Régulation des installations du bâtiment :</u> 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. Elle devra définir quatre allures de fonctionnement au moins : confort / réduit / hors gel et arrêt. Cette mise en œuvre de GTB devra nécessairement s'accompagner de pose de compteurs thermiques et électriques, à minima par niveau. Le suivi, l'enregistrement et l'analyse devra pouvoir s'effectuer au pas de temps horaires avec compilation mensuelle (cette dernière devra être conservée pendant 5 ans). Les données de GTB devront être rendues accessibles aux services techniques du site. Les sous-compteurs seront à mettre en œuvre au niveau des tableaux divisionnaires et au niveau des départs d'eau chaude en sous-station. Des capteurs de températures devront également être mis en œuvre dans les locaux à occupation prolongée. La GTB devra pouvoir, pour chaque entité d'occupation : - Afficher les sous-consommations électriques des prises de courant, éclairage, ballon ECS, ventilation des émetteurs et autres usages - Afficher la température de la sonde - Afficher et modifier le planning de consigne de température pour le jour, la semaine et le mois à venir Des éléments de gestion de l'installation globale sont également à prévoir : - Comptage énergétique et électrique de l'installation de RCU - Comptage électrique par équipement de ventilation - Comptage électrique global sur les pompes



Figure 29 : Groupes extérieurs

Ces groupes extérieurs ont les caractéristiques suivantes :

- Marque : Dalkin ou Hitachi ou Mitsubishi ou LG ou Carrier
- Liquide frigorigène : A410 ou R32

Nota : Le bâtiment était initialement alimenté en eau chaude depuis une sous-station présente dans le bâtiment TPR, mais l'exploitant du Campus, Dalkia, nous a informé que cette alimentation a été déconnectée et que le traitement thermique s'effectue désormais avec les équipements décrits ci-dessus.

Emission :



Figure 30 : Unité intérieure dans un bureau

Nous avons relevé environ une unité intérieure par bureau et labo de 10 m².
Le grand labo du RDC possède 3 unités intérieures.

Au R+2 dans les trois pièces isolées avec 10 cm de laine de roche, il y a un gainable dans le faux-plafond qui diffuse ensuite la climatisation par 3 bouches de soufflage.

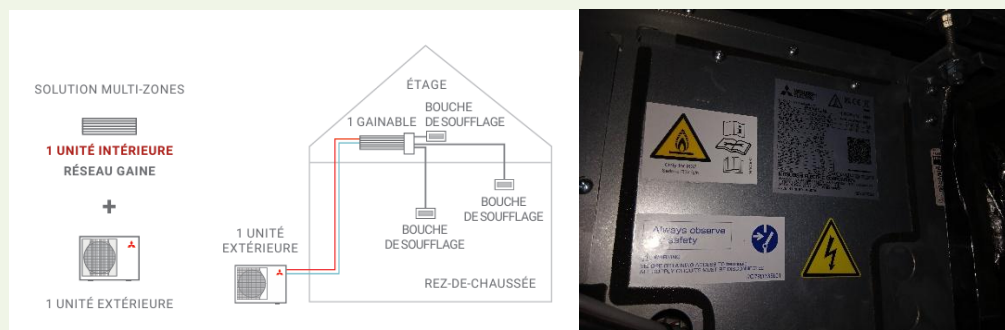


Figure 31 : Schéma de fonctionnement (gauche) et gainable (droite)

Le gain qu'il est possible d'obtenir avec de tels équipements n'est pas simple à quantifier. Néanmoins, avec le pilotage actuel du bâtiment sur des plages horaires très larges (de 6h à 21h) ; il est clair qu'un gain pourra s'opérer avec un fonctionnement des équipements calé sur l'occupation.



Figure 33 : trois bouches de soufflages dans 3 pièces différentes R+2



Figure 32 : 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)

3.2 ECS

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
<u>Production d'ECS :</u> Dans la salle de réunion du R+2, il y a un préparateur d'ECS instantané qui dessert la cuisine.  Figure 35 : Préparateur d'ECS instantanée  Figure 34 : Performance énergétique de l'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	<u>Production d'ECS :</u> Au vu de l'utilisation limitée en ECS sur cet établissement, le préparateur instantané ECS est une solution pertinente qui peut être conservée.

3.3 Eclairage

ETAT ACTUEL

Eclairage :

Ce bâtiment est éclairé par des tubes fluorescents de type T8 ainsi que par des LED. L'utilisation de plafonniers fluocompactes existe également ponctuellement.

- LED : L'éclairage LED est situé dans le laboratoire central du RDC, dans les coursives du R+1 ainsi que dans la cage d'escalier.



Figure 36 : LED

- T8 : Ce type d'éclairage se trouve dans les bureaux du R+1, certaines salles du R+2, les salles du RDC (sauf le laboratoire central).



Figure 37 : Tubes fluorescents T8

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.

- Fluocompacte : Ce type d'éclairage est utilisé seulement dans les sanitaires :



Figure 38 : Plafonnier fluocompacte

Le niveau de performance de l'éclairage est donc moyen, d'autant plus que la gestion de l'éclairage passe intégralement par des interrupteurs : pas de détection de présence relevée lors de notre passage.



Figure 39 : 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

3.4 Autres équipements électriques

ETAT ACTUEL

Équipements informatiques :

Les consommations informatiques sont relativement moyennes sur cet établissement :

- Il y a environ un à deux ordinateurs par bureau
- La salle de réunion est équipée d'un grand écran
- Il y a une imprimante par étage

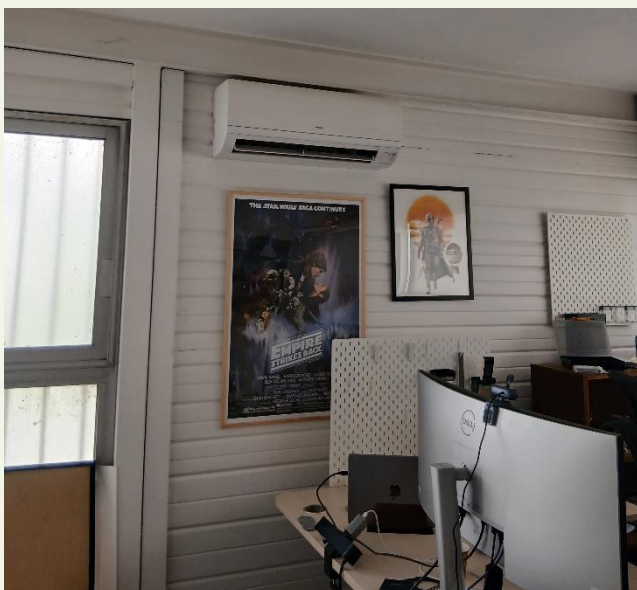


Figure 40 : Bureau avec un PC + écran

Les apports de chaleurs dus aux équipements informatiques sont d'environ **10W/m²** pour les bureaux.

RECOMMANDATIONS

Équipements 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 :

Ce bâtiment possède des équipements consommateurs d'électricité dus aux laboratoires du RDC.



Figure 41 : Machine utilisé dans les laboratoires (fours, machine de cryogénisation et ballons tampon d'eau glacée)

Il est assez difficile d'estimer les consommations réelles de ces fours, ballons tampons d'eau glacée et machine de cryogénisation. Cependant, l'hypothèse de **30 W/m²** sur les **laboratoires**.

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.

Au R+2 du bâtiment, on trouve une salle de réunion avec quelques équipements de cuisine :

- Un micro-onde
- Un four
- Un réfrigérateur
- Deux machines à café



Figure 42 : Equipements de cuisine

Les apports de chaleurs dus aux équipements de cuisine sont d'environ 10 W/m² pour la salle de réunion.

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 2020 et 2022 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	2020	2021	2022
Chauffage (kWh PCS ou facture)	34 160	43 827	35 811
Electricité (kWh)	78 002	77 955	76 640
DJU à 18°C	1 733	1 940	1 692
DJE 24°C	58	64	143
Chauffage (kWh DEET)	26 303	33 747	27 574
Ajustement chauffage (Acefchauf(n))	840	-2 638	1 570
Somme corrigée du DJU (Base : année moyenne)	105 145	109 064	105 784

L'année **2021** est l'année de référence pour cet établissement.

Attention, l'ensemble des données ci-dessus sont relatives à des comptages globaux sur le site de Saint-Jérôme, réparties sur chaque bâtiment avec des clés de répartitions surfaciques.

Les consommations réelles sur l'année 2026, sont en cours de récupération sur un point de comptage dédié.

2. Consommations de chauffage

Le graphique ci-dessous représente les consommations en **chauffage estimé** (sur la base des consommations du Campus) du bâtiment en 2020-2022 et les DJU associés pour chaque année.

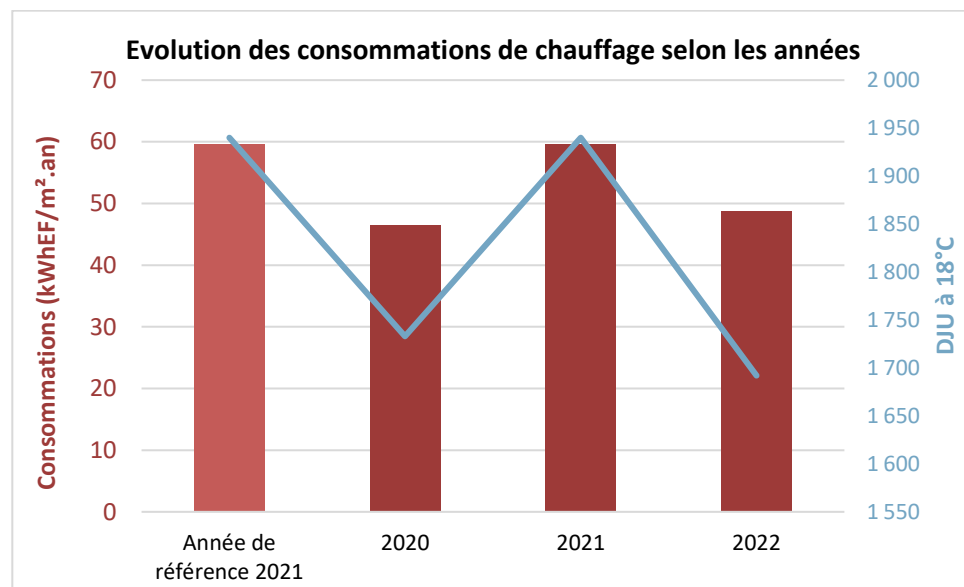


Figure 43 : Evolutions des consommations de chauffage entre l'année de référence et 2020-2022

Les consommations de chauffage semblent avoir augmenté entre 2020 et 2021 puis à nouveau baissé ce qui est cohérent avec le DJU.

La moyenne des consommations de chauffage (gaz uniquement) entre 2020 et 2021 pour le bâtiment s'élèvent à **55 kWhEF/m²_{SU}**, **caractérisant des bâtiments mal isolés, non ventilés** (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}).

Cependant, il faut souligner que dans la réalité, ce bâtiment est chauffé avec des pompes à chaleurs air/air réversibles : ce graphique ne reflète donc pas la réalité.

3. Consommations électriques

En préalable de l'analyse des consommations électriques de cet audit, il faut rappeler que les consommations électriques du bâtiment Poincaré sont jusqu'en 2026 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. Ces consommations électriques ont été stables en 2021-2022, s'élevant à 106 kWhEF/m².an, soit **244 kWhEP/m².an**.

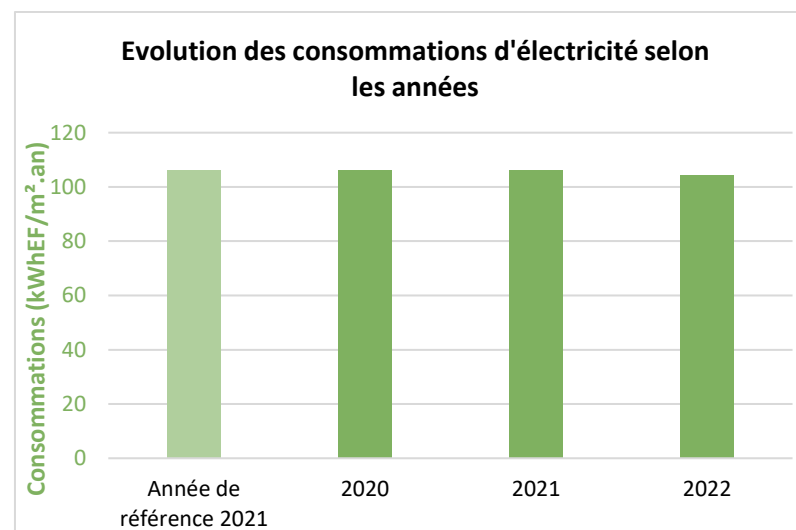


Figure 44 : Consommations électriques (énergie finale)

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**. 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.

Au vu du caractère hétérogène des données transmises, il est très délicat de déterminer le chiffre des réductions de consommations déjà effectué dans le cadre du décret tertiaire¹.

5. Analyse des consommations d'eau

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

¹ Sur le même site, l'audit énergétique du bâtiment TPR avait amené à considérer une réduction de l'ordre de 15%.

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 6.26.4.0.

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

2. Déperditions

Le graphique ci-dessous présente les déperditions à **19°C** de cet établissement, à l'état initial :

On obtient un total de déperditions de 40 kW, soit 54 W/m² caractérisant un niveau **globalement médiocre d'isolation** avec également des **déperditions importantes d'infiltration et de menuiseries mais pas de ventilation**. La majorité des déperditions est due aux menuiseries extérieures en simple vitrage (représente 48% du total). Les murs extérieurs sont les deuxièmes postes de déperditions avec 18%. Les ponts thermiques représentent 13,2 % des déperditions ; les infiltrations 6%. Les déperditions par les planchers bas et haut sont respectivement à 4% et 11%.

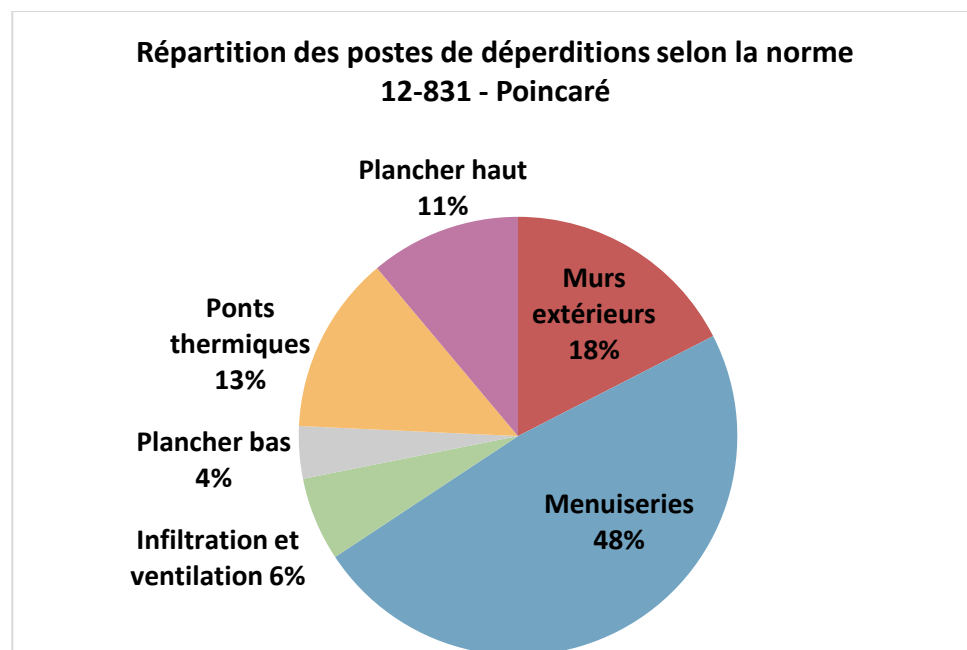


Figure 46 : Répartition des déperditions

3. Consommations

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

REPARTITIONS DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES : LOGICIEL P+C (Energie finale)	
Consommations totales [kWhEF/an]	77 555
Consommations totales [kWhEP/m²SU.an]	243

Concernant les consommations de la sous-station, elles se montent à **15 kWh/DJU** dans la simulation pour **19 kWh/DJU** en moyenne sur 2020-2022 (l'écart de 21% paraît important, mais le manque de fiabilité sur les données réelles de consommations ne permet pas de motiver une baisse des consommations de la simulation).

Les consommations électriques sont de **47 MWh_{EF}** dans la simulation et **77 MWh_{EF}** sur moyenne des consommations estimées (l'écart de 39 % paraît important, mais le manque de fiabilité sur les données réelles de consommations ne permet pas de motiver une baisse des consommations de la simulation).

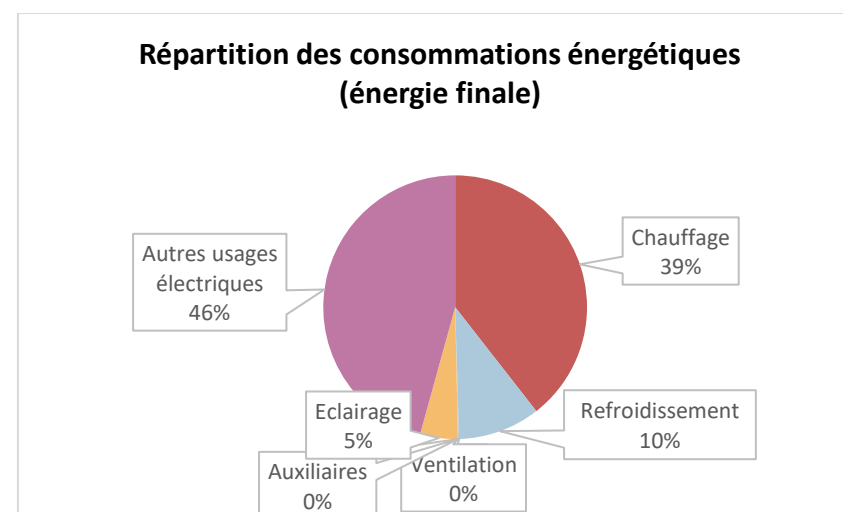


Figure 47 : Répartition des consommations énergétiques

Partie G Bilan des actions proposées

1. Présentation des actions de rénovation et bouquets travaux

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 bouquet de travaux
Toiture	Isolation de la toiture en sous face	Travaux 1	Bouquet travaux 3
Façade	Traitement des façades	Travaux 2	Bouquet travaux 3
GTB	Mise en œuvre d'une GTB de classe B	Travaux 3	Bouquet travaux 3
Menuiseries	Remplacement des menuiseries extérieures	Travaux 4	Bouquet travaux 3
Brasseur d'air	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	Travaux 5	Bouquet travaux 3
Protections solaires	Mise en place de protections solaires	Travaux 6	Bouquet travaux 3
Eclairage	Eclairage LED	Travaux 7	Bouquet travaux 3
Ventilation	Ventilation simple flux	Travaux 8	Bouquet travaux 3

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.**

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		178 377	-	77 555	-	243	106
Travaux 1	Isolation de la toiture en faux-plafond	174 078	2%	75 686	2%	237	103
Travaux 2	Traitement des façades	159 059	11%	69 156	11%	216	94
Travaux 3	Mise en œuvre d'une GTB de classe B	170 310	5%	74 048	5%	232	101
Travaux 4	Remplacement des menuiseries extérieures	150 599	16%	65 478	16%	205	89
Travaux 5	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	180 033	-1%	78 275	-1%	245	106
Travaux 6	Mise en place de protections solaires	179 690	-1%	78 126	-1%	244	106
Travaux 7	Eclairage LED	175 607	2%	76 351	2%	239	104
Travaux 8	Ventilation simple flux	189 387	-6%	82 342	-6%	258	112

La principale source d'économie d'énergie est le remplacement des menuiseries en simple vitrage : 16% de réduction des dépenses énergétique tous usages. L'isolation thermique par le remplacement des façades représente 11% de baisse des consommations. L'isolation de la toiture a un relativement faible impact pour ce bâtiment : 2% de baisse des consommations.

N.B. : Les gains énergétiques apparaissent très faibles pour ce bâtiment déjà faiblement isolé, dont les consommations de chauffage, produites par des splits réversibles, ne représentent que 45% des consommations globales.

3.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO ₂ (kg _{CO2} /m ² . an)	Gain annuel sur les tonnes de CO ₂ en %
Etat initial		7,4	
Travaux 1	Isolation de la toiture en faux-plafond	7,2	3%
Travaux 2	Traitement des façades	6,5	12%
Travaux 3	Mise en œuvre d'une GTB de classe B	7,0	5%
Travaux 4	Remplacement des menuiseries extérieures	6,1	18%
Travaux 5	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	7,4	-1%
Travaux 6	Mise en place de protections solaires	7,4	-1%
Travaux 7	Eclairage LED	7,3	1%
Travaux 8	Ventilation simple flux	7,9	-7%

Il n'est pas proposé de modification du vecteur d'alimentation énergétique dans le cadre de cet audit, les gains en émission de CO₂ sont donc semblables aux gains énergétiques présentés plus haut.

Le montant des travaux du bouquet travaux 3 s'établit au-dessus de 730 000 € HT, avec un temps de retour très important du fait du mode actuel d'approvisionnement énergétique (PAC) et des prestations proposées, incluant beaucoup de biosourcé et des éléments permettant un gain en confort mais pas en consommation.

4.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO2 (kg _{CO2} /m ² .an)	Gain annuel sur les tonnes de CO2 en %
Etat initial		7,4	
Bouquet travaux 1		7,4	-
Bouquet travaux 2		7,4	-
Bouquet travaux 3	GTB + Brasseurs d'air + Toiture + FOB + Menuiseries + Protections solaires + Eclairage + SF	5,4	26%

La baisse des émissions de CO₂ serait moyennement forte avec le bouquet travaux 3 et un niveau d'émission à 5,4 kg_{CO2}/m².an.

Partie H Annexes

Annexe 1 : Locaux visités

L'intégralité des locaux de l'établissement n'ont pas pu être visités, certains laboratoires étant fermés.

Annexe 2 : Détails de la STD

Le zonage retenu est le suivant :

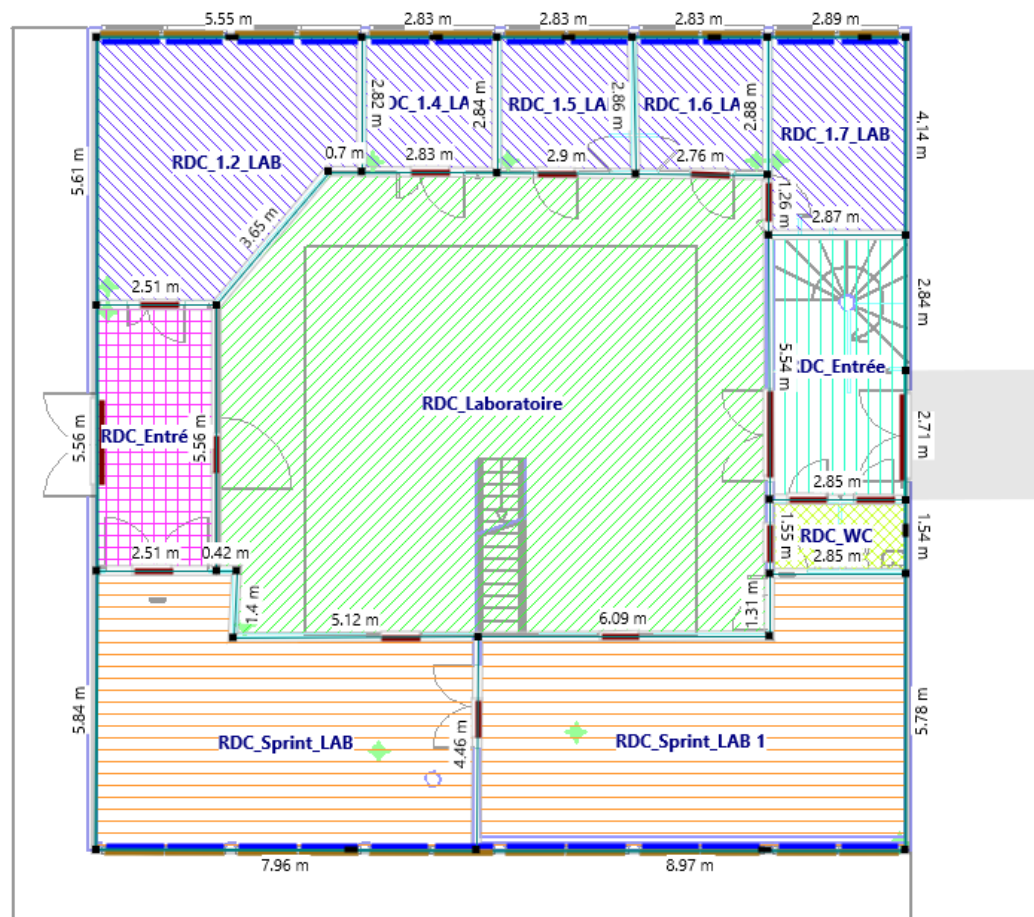


Figure 48 : Plan de zonage du RDC

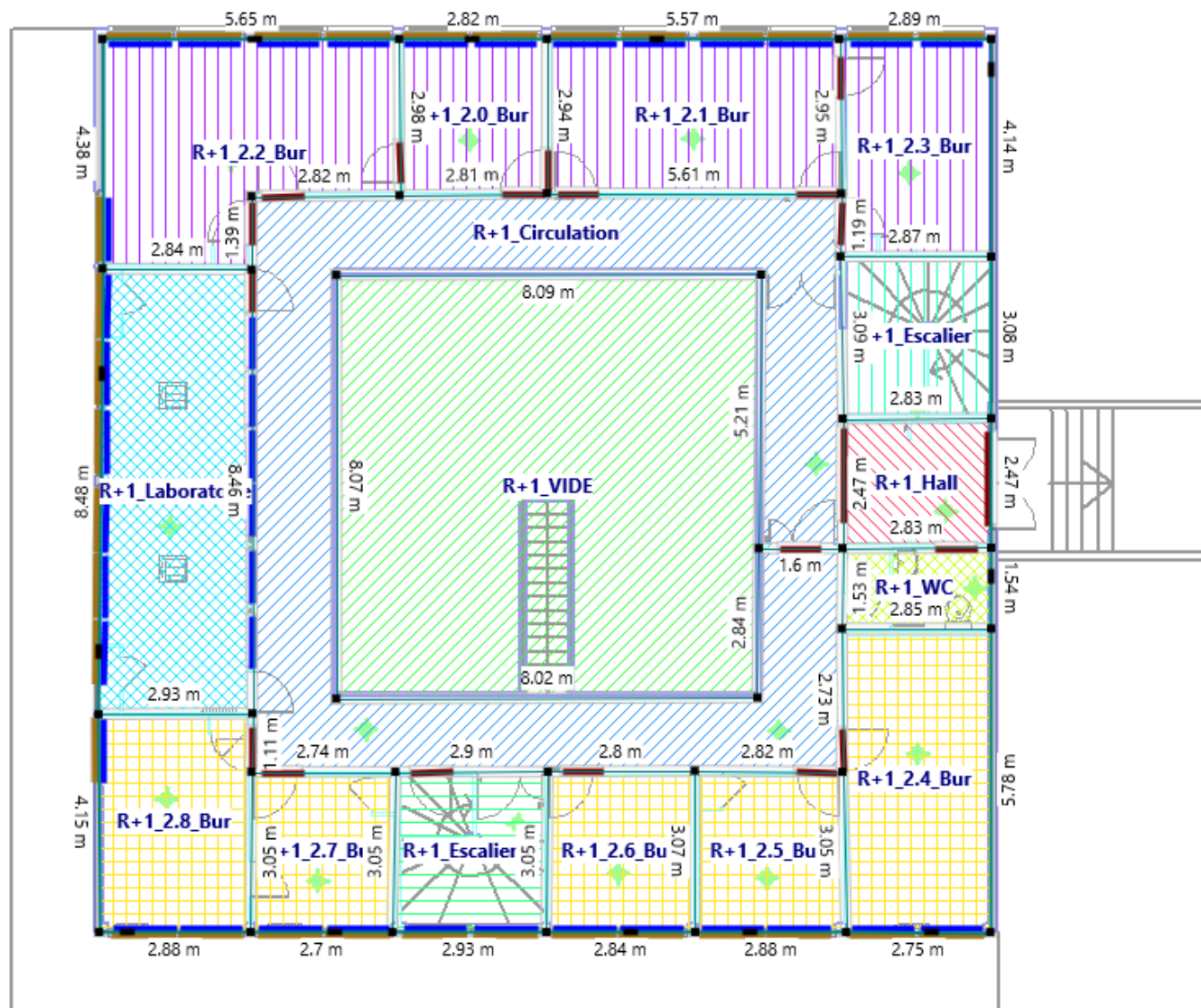
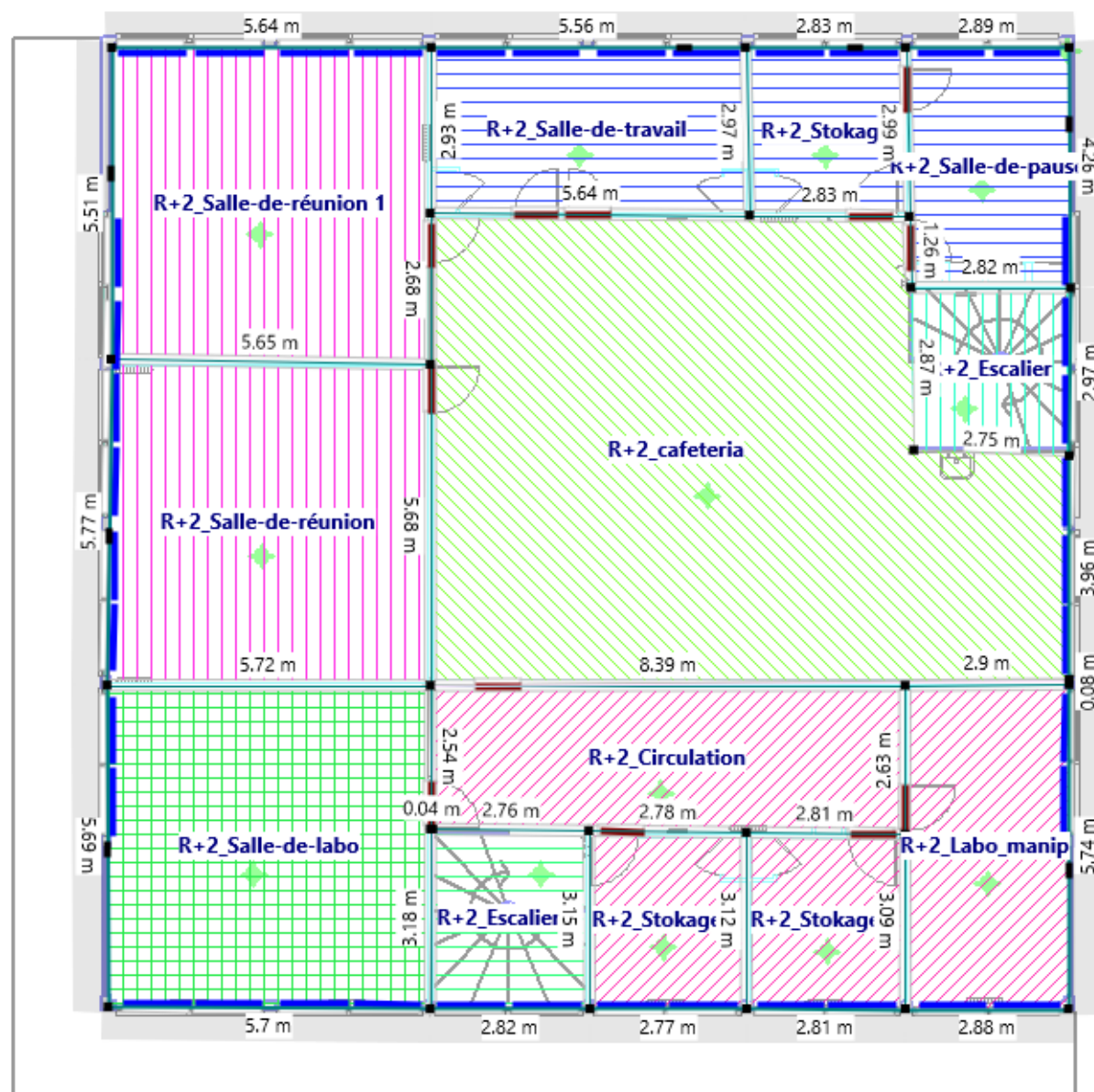


Figure 49 : Plan de zonage du R+1



Voici les déperditions obtenues par local à 19°C sans surpuissance, en W :

Pièce	Surface (m²)	Volume (m³)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts	Conduction	VMC	Infiltration	Déperditions	Total	Total (W/m²)
RDC_Sprint_LAB 1	42,29	105,72	770	1 105	364	2 238	0	276	2 514	2 514	59
RDC_Sprint_LAB	38,10	95,26	702	1 105	347	2 153	0	249	2 402	2 402	63
RDC_WC	3,70	9,26	96	0	27	123	0	12	135	135	36
RDC_Entrée 1	12,92	32,29	266	490	154	910	0	42	952	952	74
RDC_1.2_LAB	24,94	62,36	558	736	270	1 564	0	163	1 727	1 727	69
RDC_1.7_LAB	11,27	28,17	342	368	166	877	0	74	950	950	84
RDC_1.6_LAB	7,19	17,97	124	368	80	572	0	47	619	619	86
RDC_1.5_LAB	7,32	18,30	124	368	80	573	0	48	621	621	85
RDC_1.4_LAB	7,17	17,92	124	368	80	572	0	47	619	619	86
R+1_2.4_Bur	15,38	38,45	349	368	230	947	0	100	1 047	1 047	68
R+1_2.5_Bur	7,84	19,59	83	368	94	545	0	51	597	597	76
R+1_2.8_Bur	11,37	28,41	252	552	212	1 017	0	111	1 128	1 128	99
R+1_2.6_Bur	7,75	19,38	81	368	93	543	0	51	593	593	77
R+1_Escalier 1	8,02	20,05	86	368	95	549	0	52	602	602	75
R+1_2.7_Bur	7,43	18,59	75	368	90	533	0	49	582	582	78
R+1_Circulation	50,69	126,72	0	0	0	0	0	165	165	165	3
R+1_Laboratoire	23,03	57,57	243	1 105	278	1 626	0	150	1 776	1 776	77
RDC_Laboratoire	104,44	443,94	576	0	0	576	0	580	1 156	1 156	11
R+1_WC	3,66	9,14	72	0	34	106	0	12	118	118	32
R+1_Hall	6,19	15,47	47	490	110	647	0	20	667	667	108
R+1_2.2_Bur	19,87	49,67	341	920	309	1 570	0	195	1 765	1 765	89
R+1_2.3_Bur	11,19	27,98	279	368	197	844	0	73	917	917	82
R+1_2.0_Bur	7,47	18,69	81	368	93	541	0	49	590	590	79
R+1_2.1_Bur	15,32	38,29	158	736	184	1 078	0	100	1 178	1 178	77
R+2_Labo_manip	15,72	39,29	473	736	177	1 386	0	154	1 540	1 540	98
R+2_Stokage 2	7,83	19,58	170	368	65	603	0	51	654	654	84
R+2_Stokage 1	7,82	19,54	168	368	64	601	0	51	652	652	83
R+2_Escalier 1	7,99	19,98	173	368	65	606	0	52	658	658	82
R+2_Salle-de-labo	31,43	78,56	924	1 105	241	2 270	0	308	2 578	2 578	82
R+2_Circulation	19,53	48,82	225	0	0	225	0	64	288	288	15
R+2_cafeteria	79,39	198,48	1 488	552	95	2 135	0	518	2 653	2 653	33
R+2_Salle-de-réunion	30,86	77,14	712	736	131	1 579	0	201	1 781	1 781	58
RDC_Entrée	14,75	83,58	696	858	222	1 776	0	218	1 994	1 994	135
R+2_Salle-de-réunion 1	30,25	75,63	893	1 105	239	2 236	0	296	2 533	2 533	84
R+2_Salle-de-pause	11,44	28,59	461	552	144	1 157	0	112	1 269	1 269	111
R+2_Stokage	7,57	18,92	222	368	65	655	0	49	705	705	93
R+2_Salle-de-travail	15,39	38,48	434	736	128	1 299	0	100	1 399	1 399	91

Annexe 3 : Consommations de la STD

	TRAVAUX (kWh EF)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	30 595	7 780	34	3 588	0	105	35 453	0
Travaux 1	28 854	7 652	34	3 588	0	105	35 453	0
Travaux 2	22 289	7 687	34	3 588	0	105	35 453	0
Travaux 3	27 667	7 201	34	3 588	0	105	35 453	0
Travaux 4	18 414	7 829	34	3 643	0	105	35 453	0
Travaux 5	30 595	7 780	34	3 588	0	825	35 453	0
Travaux 6	31 015	7 348	34	4 171	0	105	35 453	0
Travaux 7	30 953	7 693	34	2 113	0	105	35 453	0
Travaux 8	34 053	7 677	34	3 588	0	1 537	35 453	0

	BOUQUETS DE TRAVAUX (kWh EF)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	30 595	7 780	34	3 588	0	105	35 453	0
Bouquet travaux 1	30 595	7 780	34	3 588	0	105	35 453	0
Bouquet travaux 2	30 595	7 780	34	3 588	0	105	35 453	0
Bouquet travaux 3	12 118	7 031	34	2 573	0	2 257	35 453	0

TRAVAUX (kWh EF/m²)								
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	41,6	10,6	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 1	39,3	10,4	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 2	30,3	10,5	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 3	37,6	9,8	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 4	25,1	10,7	0,0	5,0	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 5	41,6	10,6	0,0	4,9	0,0	1,1	48,2	0,0
Travaux 6	42,2	10,0	0,0	5,7	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 7	42,1	10,5	0,0	2,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Travaux 8	46,3	10,4	0,0	4,9	0,0	2,1	48,2	0,0

BOUQUETS DE TRAVAUX (kWh EF/m²)								
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	41,6	10,6	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Bouquet travaux 1	41,6	10,6	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Bouquet travaux 2	41,6	10,6	0,0	4,9	0,0	0,1	48,2	0,0
Bouquet travaux 3	16,5	9,6	0,0	3,5	0,0	3,1	48,2	0,0

Annexe 4 : 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 située 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 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 maçonneries. 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 centralisée	technique	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 bâtiment	technique du	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 rejette 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 condensation	gaz à	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 type A	hygroréglable Ventilation simple flux dont le débit d'extraction est asservi au taux d'humidité du local.
Ventilation type B	hygroréglable 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 disposés 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/m ²)
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 (kWhef/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.