

Bibliothèque Universitaire Site Saint-Jérôme

Audit énergétique en vue d'une programmation architecturale

		Date	28/04/2026
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-260409-JL-OP23-071-BU	09/04/2026	1	/
TE-260428-JL-OP23-071-BU	28/04/2026	2	Prise en compte retours d'AMU

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 SYNTHSE	11
-------------------------------	-----------

1. ETAT DES LIEUX.....	11
2. SCENARIO DE RENOVATION ET EVOLUTION DES INDICATEURS.....	12
3. POSITIONNEMENT DEET	13

PARTIE D DESCRIPTION DETAILLEE DE L'ETAT INITIAL ET DES ACTIONS PROPOSEES : 14	
---	--

1. ENVELOPPE DU BATIMENT.....	14
1.1 Toitures.....	14
1.2 Murs	18
1.3 Fenêtres, portes et protections solaires.....	20
1.4 Plancher bas	26
1.5 Etanchéité à l'air.....	28
1.6 Ponts thermiques.....	28
1.7 Inertie thermique	28
2. SYSTEMES DE VENTILATION	29

3. EQUIPEMENTS	32
3.1 Chauffage.....	32
3.2 ECS	37
3.3 Eclairage	38
3.4 Autres équipements électriques.....	39

PARTIE E ANALYSE DES CONSOMMATIONS	41
---	-----------

1. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES TOTALES ET CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE	41
2. CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE	42
3. CONSOMMATIONS ELECTRIQUES.....	43
4. DISPOSITIF ECO ENERGIE TERTIAIRE	43
5. ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'EAU.....	43

PARTIE F SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE A L'ETAT INITIAL	44
---	-----------

1. PRESENTATION DE LA MODELISATION	44
2. DEPERDITIONS	45
3. CONSOMMATIONS.....	45

PARTIE G BILAN DES ACTIONS PROPOSEES	46
---	-----------

1. PRESENTATION DES ACTIONS DE RENOVATION ET SCENARIOS	46
2. CHIFFRAGE DES TRAVAUX	47
3. RESULTATS PAR VARIANTES DE TRAVAUX	49
3.1 Approche Energétique.....	49
3.2 Analyse financière	50
3.3 Analyse Carbone	51
4. RESULTATS PAR SCENARIOS.....	52
4.1 Approche énergétique.....	52
4.2 Analyse financière	52
4.3 Analyse Carbone	52
4.4 Confort d'été	53

PARTIE H ANNEXES.....	54
------------------------------	-----------

ANNEXE 1 : LOCAUX VISITES	54
--	-----------

ANNEXE 2 : DETAILS DE LA STD	54
---	-----------

ANNEXE 3 : CONSOMMATIONS DE LA STD.....	59
--	-----------

ANNEXE 4 : GLOSSAIRE	61
-----------------------------------	-----------

1. GENERALITES	61
2. PAROIS OPAQUES, PAROIS VITREES ET ISOLATION	61
3. SYSTEMES ENERGETIQUES	63

4.	ABREVIATIONS, COEFFICIENTS ET PARAMETRES.....	67
----	---	----

Partie A Préliminaires

1. Présentation de l'étude

Aix-Marseille Université (AMU) est propriétaire de la **Bibliothèque Universitaire située sur le Campus de Saint-Jérôme**. Cet ensemble, situé au 52 Avenue Escadrille Normandie Niemen à Marseille 13^{ème}, va faire l'objet d'un marché global de performance énergétique dans le cadre d'une rénovation énergétique d'ampleur.

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. Un niveau de Bâtiment à Energie Positive est également recherché dans le cadre de cette opération.**

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 la **BU** a été effectuée le **23/01/2026**.

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 réelles sur quelques mois de 2026
Consommations annuelles (combustible)		X	Consommations réelles 2023 à 2025 (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		
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 Emilien Rousset d'AMU. Etaient également présents Célia Chavannes (AREP) et Julien Frénot (Synapse).

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 19 °C et 21 °C le jour de la visite.
Température intérieure des locaux non chauffés		X	-
Température extérieure		X	
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	

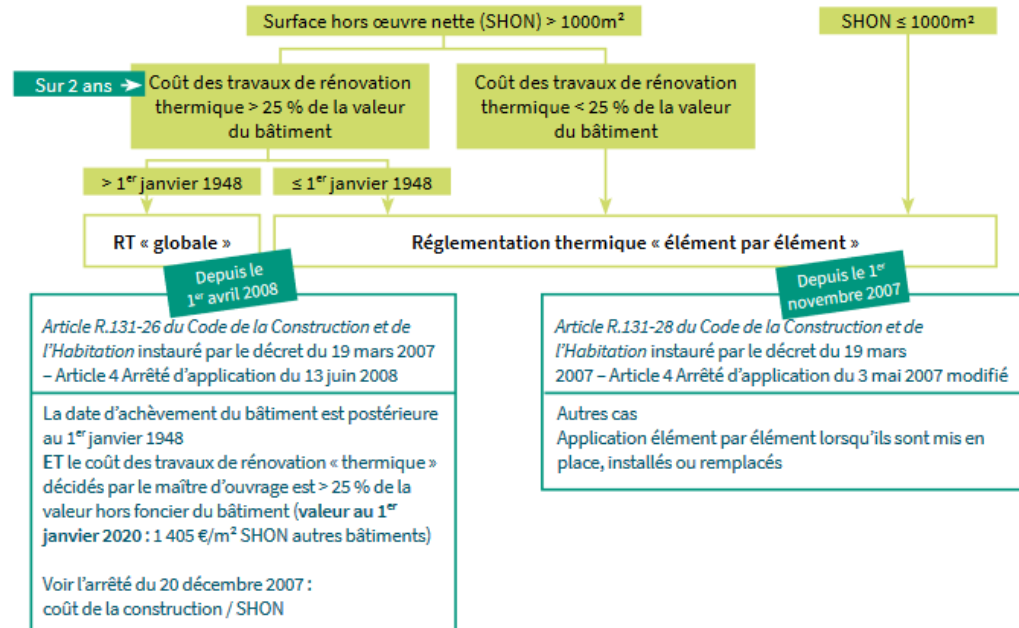
2.4 Travaux effectués

Quelques travaux sont intervenus sur cet établissement ces dernières années :

- Calorifugeage en sous-station (hors échangeur)
- Rénovation de la chaufferie principale gaz en 2022

En dehors de ces interventions sur l'installation de chauffage, aucuns travaux énergétiques d'ampleur n'est ressorti lors de la visite de l'établissement.

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, en 1965. 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.

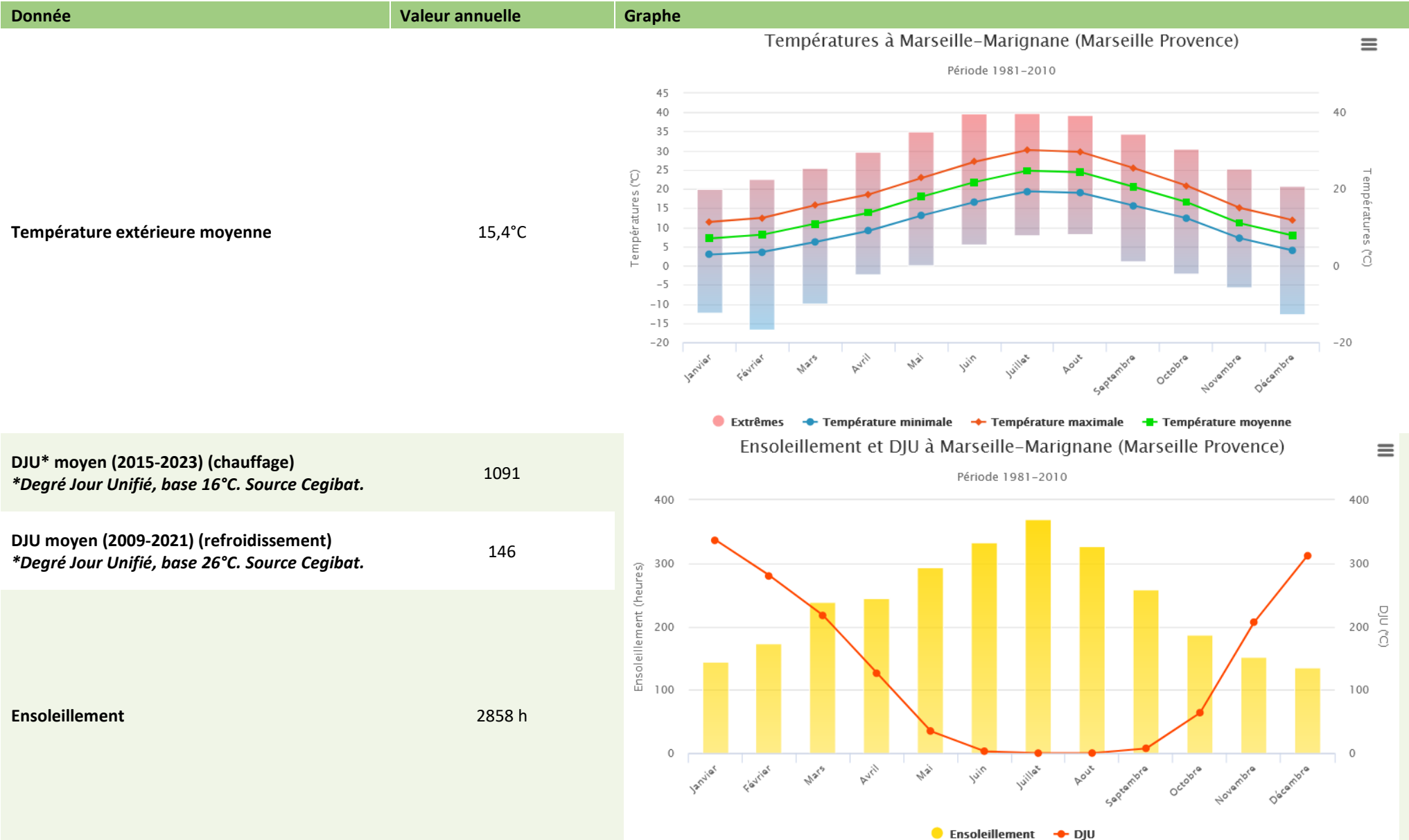
Partie B Description générale du site

1. Caractéristiques du site

Nom	Bibliothèque Universitaire
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Altitude moyenne	114 m
DJU base 16°C	1105
Nombre d'étages	2 niveaux + sous-sol occupé
Surfaces utiles par bâtiment	3 230 m²SU
Orientations principales	4 points cardinaux
Mitoyennetés	Aucune
Masques	Bâtiment de 21 mètres de hauteur à l'Est ; nombreux arbres (jusqu'à 13 m, au Sud)
Occupation	Jauge maximale de 450 personnes, avec une capacité maximale de 300 personnes assises Occupation journalière 8h -19h Fermeture annuelle en Août et à Noël
Type de chauffage	Gaz naturel en chaufferie principale (1 sous-station pour ce bâtiment)
Objectif de performance énergétique	Rénovation performante avec obligation réglementaire DEET Etude de la faisabilité d'un bâtiment à énergie positive



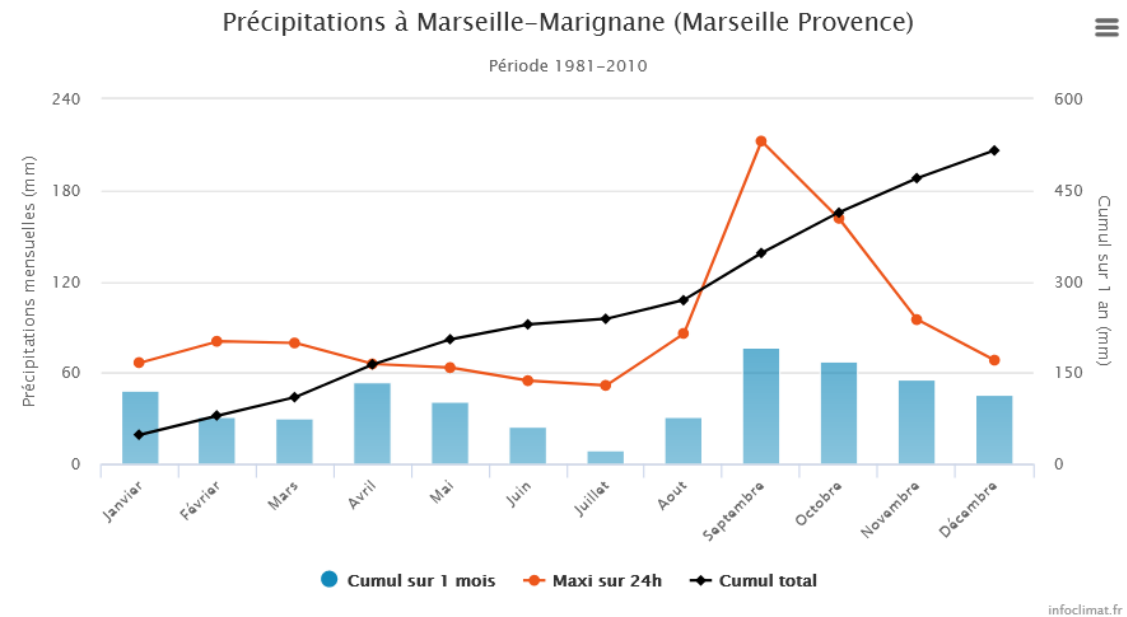
2. Données climatiques



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 : les ombres portées par les bâtiments voisins en toiture sont faibles, il faut néanmoins noter comme frein : quelques édicules en toiture qui représentent de faibles surfaces.

4. Analyse du confort

Les usagers rencontrés (une salle qui commençait à être occupée) lors de la visite n'occupaient pas les lieux depuis suffisamment longtemps pour donner un avis sur le ressenti thermique en été ou en hiver.

5. Diagnostics Amiante, QAI et Accessibilité

S'agissant de l'amiante, les rapports DTA font état de présence d'amiante dans les **panneaux de cloisons lisses préfabriquées en fibre ciment du rez-de-chaussée (Salle Informatique et bureaux), dans les dalles de revêtement de sol, dans des conduits en fibre ciment et dans le mastic vitrier des menuiseries du sous-sol et du rez-de-chaussée.**

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

L'indice d'accessibilité du bâtiment est de 13% ; 20 obstacles « moteurs » ont été dénombrés.

Partie C Synthèse

1. Etat des lieux

DONNÉES ADMINISTRATIVES ET D'ACTIVITÉS

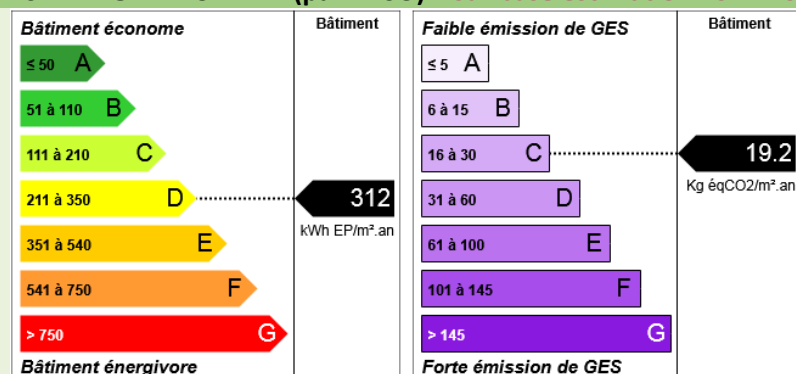
Nom	Bibliothèque Universitaire
Activité	Bibliothèque, Bureaux
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Année de construction	1965
SU (Surface Utile chauffée)	3230 m²SU
Objectif de performance énergétique	Rénovation performante avec obligation réglementaire DEET
Type de chauffage	Gaz naturel en chaufferie principale (1 sous-station pour ce bâtiment)

BILAN DES CONSOMMATIONS ANNUELLES : MÉTHODE FACTURES

	Chauffage (kWh EF ou kWh PCI/an)	Electricité (kWh EF)
Année 2021 (estim.)	214 886	424 262
Année 2022 (estim.)	175 582	417 106
Année 2023 (estim.)	(94 550)	-

Moyenne des consommations [kWh EF/m²SU.an] (estim.)	52.5	113.2
Comptage chauffage (hiver 2023/2024)		

ÉTIQUETTES ÉNERGIE ET CLIMAT (par m²SU) – sur base estimation 2021-2022



OCCUPATION DE L'ETABLISSEMENT

Occupation hebdomadaire	Occupation en journée (9h-18h) du lundi au vendredi
Occupation annuelle	Fermeture annuelle en août (du 20/07 au 21/08) Deux semaines de fermeture à Noël

BILAN CONFORT

Confort d'été	Inconfort important
Confort hygrothermique (Hiver)	Mauvais : défauts d'étanchéité des menuiseries simple vitrage Absence d'isolation en façade
Qualité d'air intérieur	Pas de relevé transmis Atrium central semblant relativement confiné lors de la visite

DESCRIPTION SOMMAIRE DES PAROIS ET SYSTEMES

Murs extérieurs	Murs en béton préfabriqué non isolés
Toiture	Toiture terrasse gravillonnée sur dalle béton (Hypothèse : Isolation partielle 6 cm en Polystyrène) Toiture Légère Bac Acier (Hypothèse 10 cm de laine de verre)
Menuiseries	Simple vitrage Bois
Protections solaires	Brises soleils fixes en façade Sud et Ouest
Plancher bas	Dalle béton non isolée sur vide-sanitaire
Ventilation	Ouverture des fenêtres pour les locaux périphériques Ventilation mécanique arrêtée
Type de chauffage	Un échangeur sur le réseau de la chaufferie gaz naturel à condensation (2022) – Radiateurs à ailettes dépourvus de régulation thermostatique
Type d'ECS	Ballons décentralisés électriques "effet joule"
Eclairage	Tubes fluorescents T8

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).

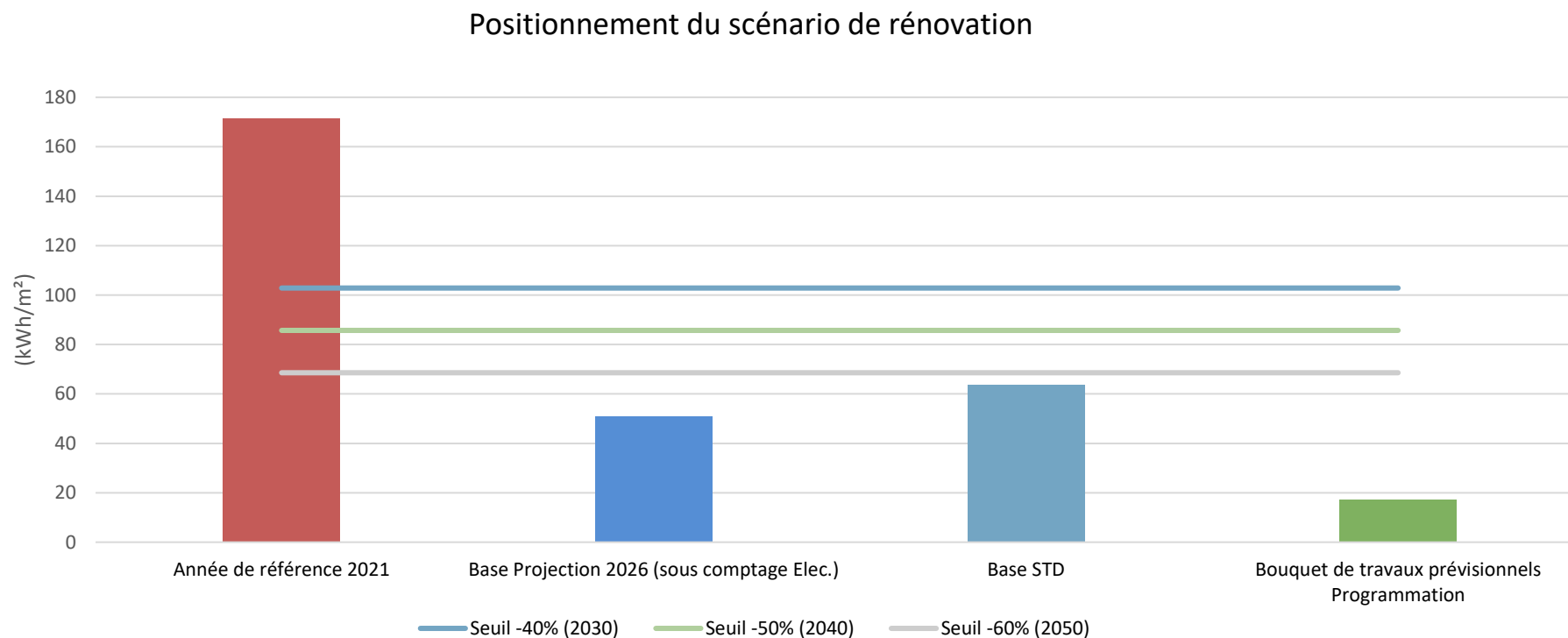


Figure 1 : Positionnement des scénarios vis-à-vis du décret tertiaire

Le **premier élément marquant** de ce graphique est la différence qui existe entre les consommations de l'année de référence, 2021, et la projection des consommations sur 2026. En effet, pour l'année de référence DEET, les données de consommations électriques étaient issues de ratios surfaciques et sont bien plus importantes que les projections sur l'année 2026² : la BU étant bien moins consommatrice en surface que d'autres bâtiments.

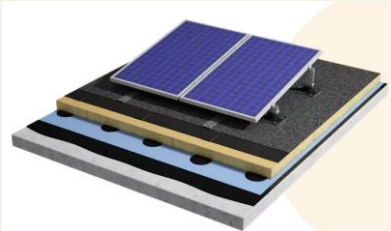
Il est établi que le bouquet des interventions prévisionnelles proposées dans le cadre de la programmation de l'opération de rénovation est très largement compatible avec le **seuil de 2050** de réduction de consommation (seuil en valeur relative : -60% ; le seuil en valeur absolue de 2030 pour les Bibliothèques en zone H3 à 100 m d'altitude s'établissant autour de 50 kWh/m²). En comparaison pure de simulation énergétique avant travaux / après travaux, la réduction de consommation s'établit autour de 75%, notamment du fait de l'autoconsommation électrique liée aux panneaux solaires photovoltaïque. Néanmoins, il est impossible de couvrir l'intégralité des consommations.

² Une correction est effectuée sur les trois mois de consommation transmis décembre 2025 + janvier-février 2026 pour prendre en compte la moindre occupation sur cette période (multiplication par un facteur 4/3 soit l'équivalent d'une semaine en plus sur chacun de ces trois mois).

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

1. Enveloppe du bâtiment

1.1 Toitures

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Repérage Deux typologies de toiture existent sur ce bâtiment : - Des toitures terrasses gravillonnées non accessibles au public - Une toiture autoprotégée sous étanchéité bitumineuse, comportant des lanterneaux de désenfumage	Potentielle implantation de panneaux photovoltaïques A moyen terme, la mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques paraît pertinente sur les toitures terrasses gravillonnées, du fait de l'absence de masque proches et du peu d'édicule de toiture. 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 10° est intéressante pour limiter l'encrassement sur les panneaux.
	
Figure 2 : Plan de repérage des toitures	Figure 9 : Types de fixations prises en compte 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). N.B. : à compter du premier janvier 2028, ce bâtiment sera soumis à obligation de solarisation, la surface minimale de toiture à couvrir et les critères d'exonération doivent être définis par décret (travail ministériel en cours). 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 pour compenser les consommations électriques et 300 m² supplémentaires sont considérées pour couvrir, les consos de chauffage, même s'il ne s'agit pas du même type d'énergie. Ces 600 m² représentent environ 50 % des toitures terrasses gravillonnées (37% du total de la toiture).

Toitures Terrasses gravillonnées inaccessibles

Aucune information ne nous a été communiquée concernant la mise en place d'isolant lors des réfections de toitures passées. Au vu des différences de hauteur de gravier sur les sections dans les angles au nord du bâtiment (cf. plus haut), il est possible qu'un isolant ait été mis en œuvre à ces emplacements. La toiture conventionnelle (étanchéité située sur l'isolant) n'a pas permis de faire le relevé de l'épaisseur d'un éventuel isolant.

N.B. : à ces endroits, la hauteur d'acrotère est inférieure à 15 cm.



Figure 3 : toitures terrasses inaccessibles

De la laine de verre est présente dans le faux plafond du dernier étage ; mais l'isolation n'étant pas continue à cet emplacement, les caractéristiques de cet isolant ont été dégradés dans les simulations thermiques.

Composition de la paroi (toiture courante): Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Laine de verre Th40 (5 cm) + Plénum (35 cm) + Dalle Béton (10 cm) + Etanchéité (1 cm) + couverture gravillonnée (5 cm)

Etat : Correct

Coefficient U : 0.54 W/m².K (méthode Th-U)

Toitures Terrasses gravillonnées inaccessibles

Nous conseillons, à minima 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 $R > 7.5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ (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, **une réhausse d'acrotère devrait donc être à prévoir** (seule la toiture de l'édicule central possède moins de 10 cm de marge pour un épaissement de l'isolant).



Figure 10 : Isolation toiture terrasse (avec ou sans végétalisation)

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

Des réhausses d'acrotères seront ainsi à prévoir après la mise en œuvre d'isolant.

La mise en place d'une toiture végétalisée est souhaitable mais représente quelques complexités, elle n'est proposée que sur les portions où les panneaux solaires ne sont pas mis en œuvre : 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.

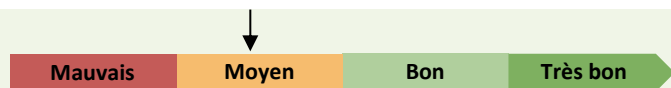


Figure 4 : Performance thermique de la toiture

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 (rénovation): Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Laine de verre Th40 (5 cm) + Plénum (35 cm) + Dalle Béton (10 cm) + Isolant Polystyrène (6 cm) + Étanchéité (1 cm) + couverture gravillonnée (5 cm)

Etat : Bon

Coefficient U : $0.29 \text{ W/m}^2\text{.K}$ (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: $R > 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

Toiture autoprotégée sous étanchéité bitumineuse

Cette toiture centrale, comportant 36 lanterneaux de désenfumage, est une toiture légère avec un revêtement bitumineux de protection.



Figure 6 : Toitures terrasses inaccessibles

A l'instar de la toiture sur dalle béton, un isolant en laine de verre est très vraisemblablement présent au sein du bac acier, par hypothèse, 10 cm d'isolant dégradé sont pris en compte à cet emplacement.

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. L'étude structurelle devra confirmer que la toiture a la capacité de supporter une épaisseur de substrat de terre et déterminera quelle est l'épaisseur à envisager.

=====

Respect des conditions de CEE :

Resistance thermique de l'isolation supérieure ou égale à $4.5 \text{ m}^2\text{.K/W}$

=====



RTex/élément : Les parois doivent respecter l'exigence de résistance thermique minimale R de l'ensemble paroi + isolant en $\text{m}^2\text{.K/W}$ de 4,0.

Toiture autoprotégée sous étanchéité bitumineuse

Il est intéressant d'isoler la toiture Bac Acier afin d'atteindre une résistance thermique au moins égale à $7,3 \text{ m}^2\text{.K/W}$, ce qui correspond environ à 16 cm d'isolant minimum en polyuréthane. **Les calculs énergétiques prennent en compte le renouvellement de l'isolant actuel et le remplacement par 16 cm de polyuréthane Th22.**

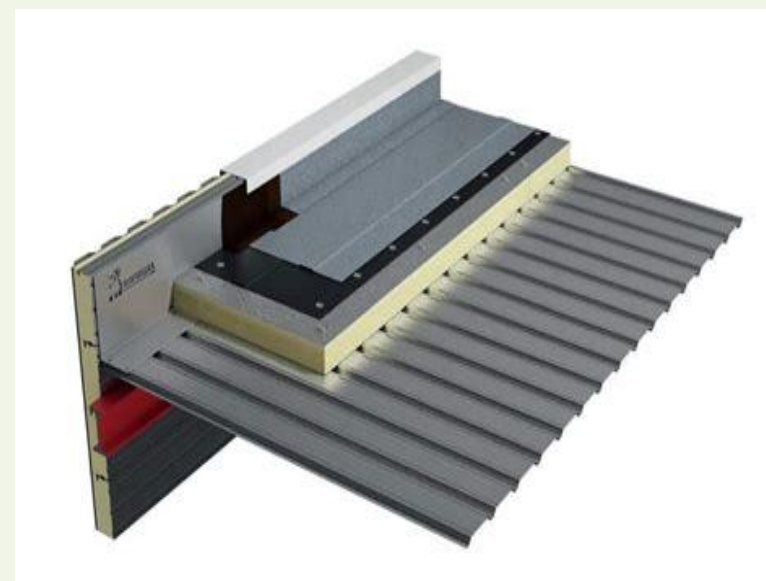


Figure 11 : Toiture Bac Acier



Figure 7 : Sous-face de la toiture centrale

Composition de la paroi (toiture courante): Bac acier (0.5 cm) + Laine de verre Th40 (10 cm) + lame d'air (5 cm) + Bac acier (0.5 cm) + Etanchéité bitumineuse

Etat : Correct

Coefficient U : 0.36 W/m².K (méthode Th-U)



Figure 8 : 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: $R > 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

Note sur les matériaux : Le polyuréthane et la laine de roche peuvent profiter d'une **classe C de compression**, compatible avec une future mise en œuvre de panneaux photovoltaïques, le cas échéant. (N.B. : À ce stade, il n'existe malheureusement pas d'isolant biosourcé pour ces types d'application. Les deux isolants actuellement disponibles en bac acier sous étanchéité bitumineuse sont la laine de roche et le polyuréthane.)

Cette intervention ne nécessitera pas de réhausse d'acrotère, mais la réfection de l'étanchéité sera à embarquer aux travaux.

Les travaux entrepris se doivent de respecter le DTU 40.35.

=====

Respect des conditions de CEE :

Resistance thermique de l'isolation supérieure ou égale à $6 \text{ m}^2\text{K/W}$

=====



RTex/élément : Les parois doivent respecter l'exigence de résistance thermique minimale R de l'ensemble paroi + isolant en $\text{m}^2\text{K/W}$ de 4,0.

1.2 Murs

ETAT ACTUEL

Murs extérieurs courants

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



Figure 12 : Murs extérieurs du bâtiment

Les façades du bâtiment sont des façades en béton préfabriqué, relativement lisses, d'apparence extérieure. Il n'a pas été repéré de doublage isolant lors de notre visite sur site. Aucune isolation n'est présente non plus côté extérieur du bâtiment.

Au vu de la date de construction du bâtiment (1964), le béton retenu est un béton lourd classique avec ciment portland.

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 (**ou d'isolant biosourcé sous enduit**). La résistance thermique sera supérieure à $5,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

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 structural sur les dalles** est proposée à ce stade :

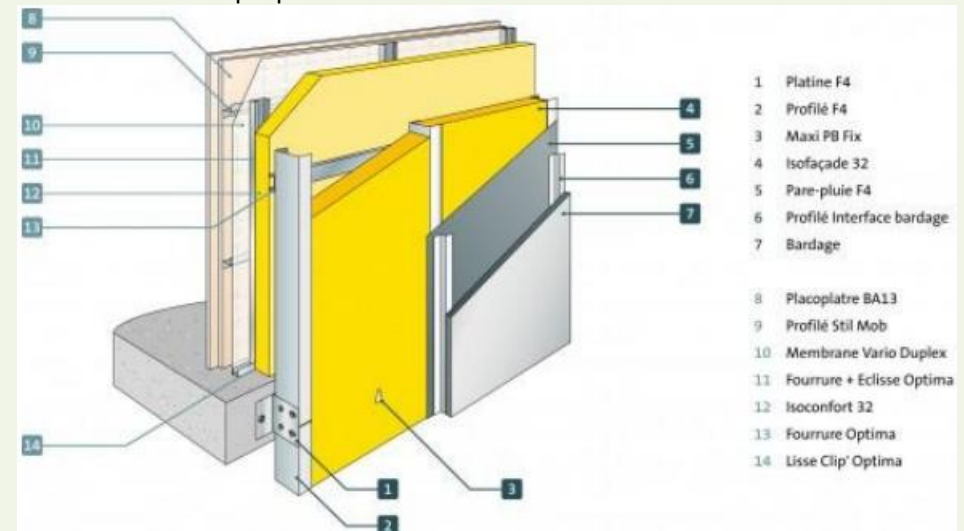


Figure 15 : Type d'isolation proposé



Figure 13 : Murs non isolés

Composition de la paroi : Béton préfabriqué (15 cm) / Lamé d'air ventilé (7 cm) / Parement intérieur Bois (1 cm)

Etat : Vétuste (armatures des bétons apparentes)

Coefficient U : 0.37 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

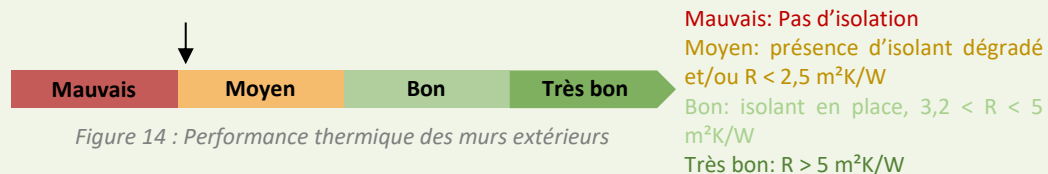


Figure 14 : Performance thermique des murs extérieurs

- Option écartée, mais envisageable : Isolant collé sur la façade (enduit mince avec isolant laine de bois) – Solution représentant une plus-value en termes de coûts d'isolant.

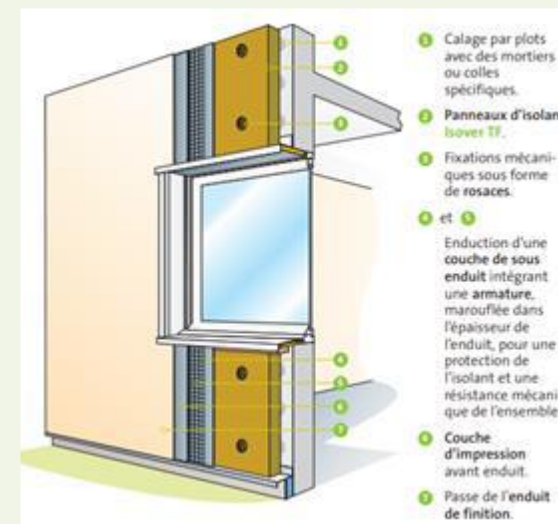


Figure 16 : Isolation extérieure collée sur la façade

N.B. : Il sera indispensable d'effectuer des **retours d'isolant** sur les embrasures des menuiseries et sur les épines verticales de ce bâtiment avec $R > 1 \text{ m}^2\text{K/W}$ 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 $3,7 \text{ m}^2\text{K/W}$



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

1.3 Fenêtres, portes et protections solaires

ETAT ACTUEL

Menuiseries simples vitrages Bois :

A l'exception de la porte d'entrée principale du bâtiment, toutes les menuiseries sont restées en simple vitrages bois.

Les ouvrants Sud sont des ouvrants oscillants, les autres ouvrants sont des ouvrants coulissants :



Figure 17 : Menuiserie SV métalliques

Comme le montrent les deux photos ci-après, les protections solaires sont des protections solaires fixes, cohérentes avec les principes de bio climatisme :

- Horizontales pour des casquettes supérieures en façade Sud
- Verticales pour les façades Ouest

RECOMMANDATIONS

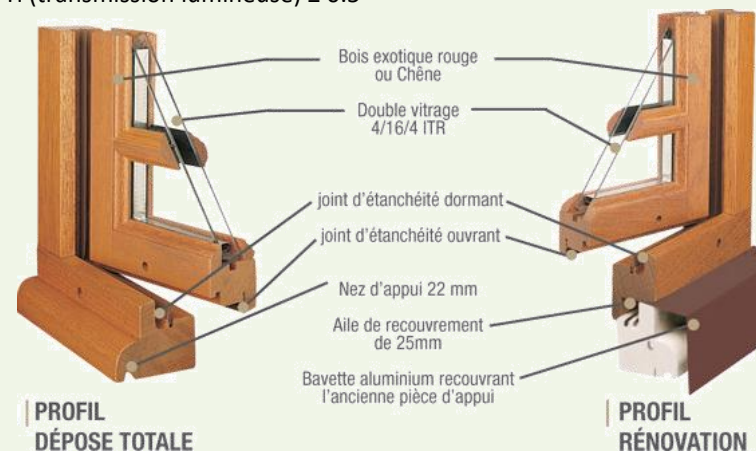
Menuiseries en remplacement des simples vitrages Bois :

Nous préconisons le remplacement par des **menuiseries bois** (contenu carbone plus intéressant).

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 :

- $U_w \leq 1.4 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $U_g < 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Sw (facteur solaire hors protection) = 0.4
- Tl (transmission lumineuse) ≥ 0.5



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.

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

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



Figure 18 : Protections solaires façade Sud



Figure 19 : Protections solaires Façade Ouest

Protections solaires : Fixes, cf. ci-dessus

Etat : Vétuste

Caractéristiques thermiques menuiseries :

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



Figure 20 : 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

coûteux, thermiquement aussi efficaces que les BSO, mais plus assombrissant, 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.

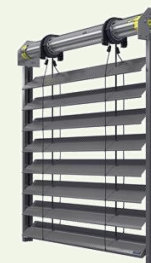


Figure 29 : Exemple de BSO, gamme Profalux

La mise en œuvre, voire la conservation, de Brise-Soleils fixes pourrait également s'envisager sur cet établissement (indispensable dans ce cas de conserver un rapport de profondeur de 0,5 * hauteur de vitrage pour la casquette supérieure des vitrages sud et de conserver une couverture complète du vitrage pour les orientations Est / Ouest ; N.B. : actuellement, il n'existe pas de protection solaire en façade Est).

Doubles vitrages Aluminium 4/8/4 :

La porte d'entrée principale du bâtiment est composée de deux portes fenêtres en aluminium avec double vitrage 4/8/4 :

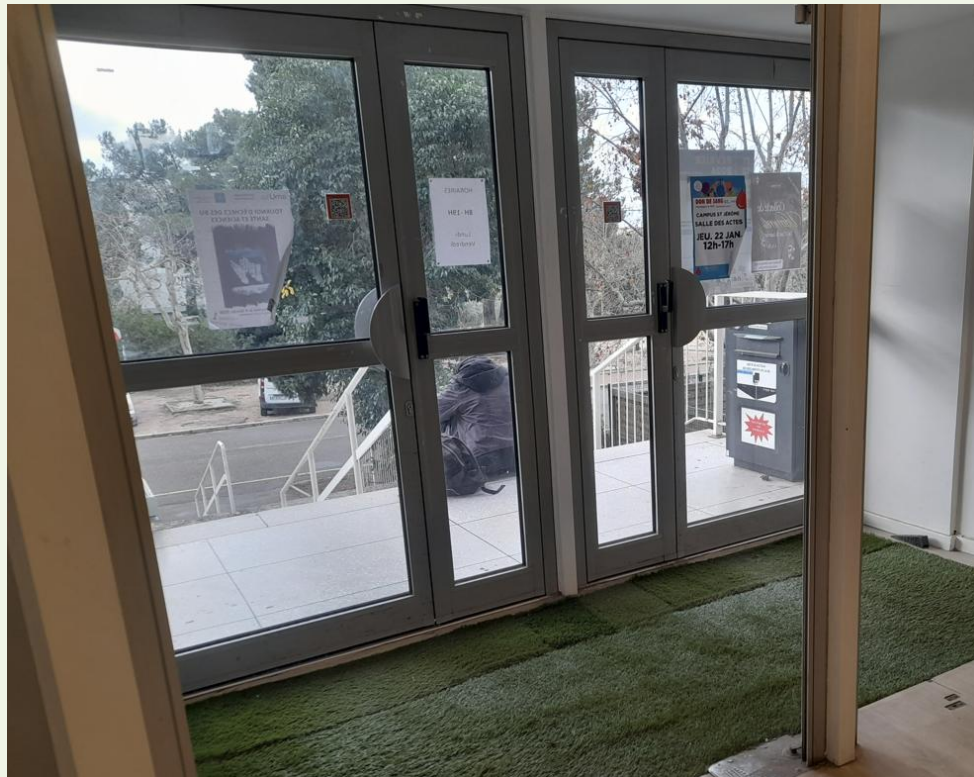


Figure 21 : Menuiserie DV Alu 4/14/4 (façade Est à gauche / Ouest à droite)

Protections solaires : Aucune

Etat : Passable

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.5$ // $Tl = 0.60$



Figure 22 : 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 4/8/4 :

Les doubles vitrages 4/8/4 pourront être remplacés lors d'une rénovation énergétique d'envergure par des menuiseries $U_w = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ à rupteurs de pont thermiques et avec vitrage anti-intrusion.

Doubles vitrages PVC :

Deux logements de fonction sont présents à l'étage de sous-sol rez-de-jardin. Un des deux logements est vacants, mais il a été possible de relever le type de menuiseries sur le logement occupé :



Figure 23 : Menuiseries doubles vitrages PVC

Protections solaires : Volets roulants

Etat : Passable

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.5$ // $Tl = 0.60$



Figure 24 : 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 PVC :

Sans relevé précis sur ces vitrages, il est délicat de se prononcer sur la nécessité de leur remplacement. En première approche, ils semblent pouvoir être conservés.

Portes d'accès aux locaux techniques :

Les portes permettant l'accès aux locaux techniques du sous-sol sont des portes métalliques présentant de sérieux défaut d'étanchéité à l'air :



Figure 25 : Portes d'accès aux locaux techniques

Ces portes, datant de la construction du bâtiment, ne présentent pas de bonnes caractéristiques isolantes.

Protections solaires : Aucune

Etat : Passable

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=5.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.5$ // $Tl = 0.60$



Figure 26 : 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

Portes d'accès aux locaux techniques :

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)

Lanterneau de désenfumage et d'éclairage :

36 lanterneaux « skydome » en polycarbonate sont présents en toiture de ce bâtiment. Ils sont dépourvus de protection solaire. Ces lanterneaux ont été renouvelés, au fil de l'eau, depuis la construction du bâtiment.



Figure 27 : Lanterneaux de désenfumage et d'éclairage naturel

Etat : Correct

Caractéristiques thermiques moyennes :

$U_w = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $Sw = 0.6$ // $TLw = 0.75$

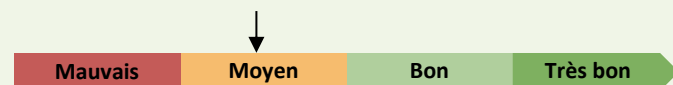


Figure 28 : Performance thermique des menuiseries

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

Lanterneaux d'éclairage naturel et de désenfumage :

Le remplacement des lanterneaux vétustes par des lanterneaux thermiquement performants est préconisé (avec des costières isolées et polycarbonate thermiquement performant, double chambre, par exemple).

Les caractéristiques suivantes sont ici à prévoir :

- $U_{rc} \leq 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sw (facteur solaire hors protection) = 0.41
- TLw (transmission lumineuse) ≥ 0.38

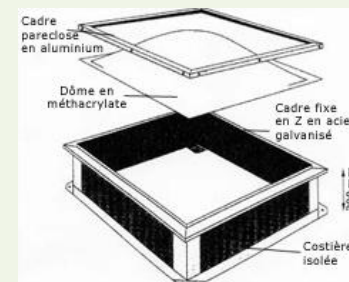


Figure 30 : Lanterneaux performants

Par ailleurs, des protections solaires peuvent s'envisager, en cas de surchauffes estivales :



Figure 31 : Exemples de protections solaires de lanterneaux : "Voile - Dôme" de Bluetek

=====

Respect des conditions de CEE :

U_{rc} inférieur ou égal à $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

=====



RTex/élément : Les lanterneaux doivent respecter l'exigence de déperdition surfacique minimale U_{rc} de l'ensemble paroi + isolant de $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Cette intervention est intéressante à programmer simultanément avec l'intervention sur la toiture.

1.4 Plancher bas

ETAT ACTUEL

Planchers bas du rez-de-chaussée donnant sur vide sanitaire :

Le rez-de-chaussée de la bibliothèque universitaire est situé pour sa moitié Est sur vide sanitaire non-isolé.

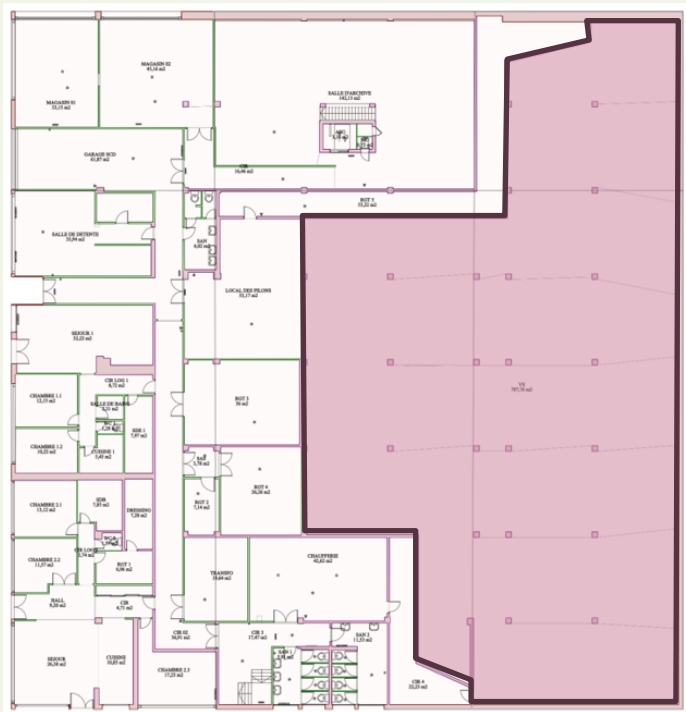


Figure 32 : Locaux de sous-sol non chauffés et non-occupés

Le reste du rez-de-chaussée est situé sur locaux de sous-sol (rez-de-jardin en façade Ouest), très majoritairement chauffé.

Composition : Dalle Béton (15 cm)

Etat : Correct

Coefficient U : 3.2 W/m².K (calcul à partir de la méthode Th-U)



Figure 33 : Performance thermique du plancher bas

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: $R > 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

RECOMMANDATIONS

Planchers bas sur sous-sol partiellement chauffé :

La mise en œuvre d'un isolant de type laine de roche d'environ **14 cm** ($R > 4.12 \text{ m}^2\text{K/W}$) paraît relativement simple et intéressante. Toutefois, la pose nécessitera de déposer puis reposer quelques réseaux (électriques et de chauffage). Cette intervention ne présente un gain énergétique que de l'ordre de 0,5 %, c'est donc la seule préconisation unitaire de travaux non reprise dans le bouquet d'intervention prévisionnel.



Figure 36 : type d'isolation prévu en sous face de plancher

Respect des conditions de CEE :

R inférieur ou égal à $3 \text{ m}^2\text{K/W}$



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

Planchers bas du R-1 donnant sur vide technique :

La partie du sous-sol (ou rez-de-jardin) aménagée est elle-même situé sur un vide-technique dans lequel cheminent quelques réseaux.



Figure 34 : Locaux du R-1

Composition : Dalle Béton (15 cm)

Etat : Correct

Coefficient U : 3.2 W/m².K (calcul à partir de la méthode Th-U)



Figure 35 : Performance thermique du plancher bas

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

Le pont thermique lié **aux épines verticales** (cf. préconisation de façade, plus haut) sera à traiter.

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

Ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est permise par des fenêtres ouvrables, **lorsqu'elles ont conservé leur maniabilité**. Comme le montre la photo ci-dessous, le principe le plus répandu est celui de menuiseries basses oscillantes de 160 cm de hauteur (sur 110 cm d'allège) situées sous une imposte vitrée fixe.



Figure 38 : Menuiseries ouvrables

Ces ouvrants ne sont pratiquement jamais munis d'entrée d'air (sauf pour le logement de fonction).

N.B. : les sanitaires sont également traités en ventilation par ouverture de fenêtres.

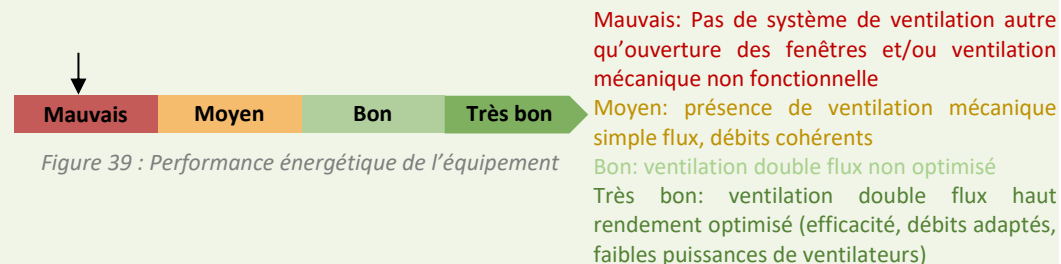


Figure 39 : Performance énergétique de l'équipement

RECOMMANDATIONS

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)

Au vu des débits importants que représente la ventilation de ces locaux, il est pertinent de mettre en place une ventilation permettant une récupération de chaleur de l'air ventilé. Les CTA seront à positionner **préférentiellement dans des locaux dédiés**, pour permettre le renouvellement / nettoyage des filtres tous les six mois. Sur cet établissement, le positionnement dans un des locaux du sous-sol semble le plus opportun.

Pour cet établissement pour lequel l'acoustique intérieure est un sujet critique, les CTA devront être positionnées sur plots antivibratiles et devront comporter des pièges à son.

Pour apporter une véritable performance et **respecter les critères CEE**, la CTA doit présenter les caractéristiques suivantes :

- rendement d'échangeur supérieur à 85% (selon EN308 ou NF EN 13053) ; préférentiellement en échangeur à plaque
- régulation par détection de présence / by-pass estival possible
- puissance électrique inférieure à 0.35 Wh/m³ pour chaque ventilateur

Les CTA mises en place devront comporter un **module adiabatique** pour permettre un rafraîchissement de l'ordre de 4 / 5 °C sur l'air soufflé. En revanche, un surdimensionnement pour de la surventilation nocturne **ne nous apparaît pas pertinent**. En effet, les surdimensionnements de ventilation nocturne impliquent presque systématiquement des dysfonctionnements techniques (toutes les bouches et modules de régulation des débits sont établis pour un débit donné) et représentent des surconsommations peu efficaces.

Anciens équipements Simple Flux :

Quatre anciens équipements de soufflage simple flux ont été relevés dans les édicules de toiture : ils ont été coupés dans les années 1970 à cause du bruit qu'ils faisaient.



Figure 40 : Anciens équipements de ventilation simple flux

Ces équipements alimentaient des bouches de soufflage situées dans différentes salles du bâtiment au rez-de-chaussée et au R+1 :



Figure 41 : Bouche de soufflage

L'hypothèse prise en compte pour le chiffrage de cet audit est celui de **trois CTA** desservant chacune un étage.

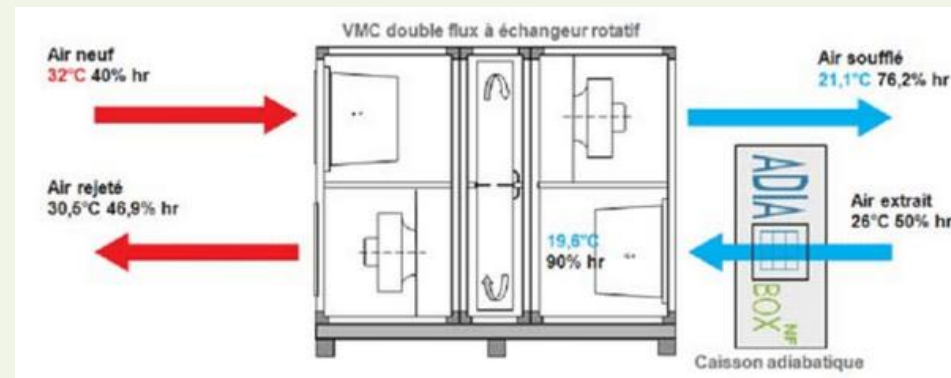


Figure 43 : Principe du rafraichissement adiabatique indirect (système Adiabox)

Le pilotage des débits ventilés se fera sur sonde programmation horaire.

Il sera nécessaire de permettre la télégestion de cette installation.

La batterie chaude de ces CTA sera à alimenter en eau chaude par la sous-station.

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

Des brasseurs d'air plafonniers à pales (pas de contrainte de hauteur obligeant à la mise en œuvre de brasseurs d'air à induction) pourront être positionné **dans chaque salles ou bureaux**.

La mise en place de brasseurs d'air est une solution de rafraichissement 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, 70 brasseurs d'air sont prévus dans le présent audit. Un brasseur d'air couvre environ le rafraichissement d'une surface de 15m², il sera donc nécessaire de doubler voire tripler leur mise en place dans certains locaux.

Lors de la visite, l'absence de ventilation s'est fait sentir notamment dans l'atrium central, avec une sensation de confinement de l'air important.

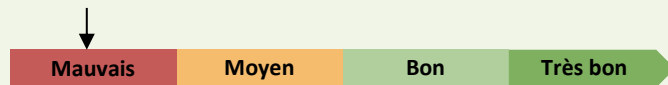


Figure 42 : Performance énergétique de l'équipement

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)



Figure 44: Exemple de mise en place de brasseurs d'air sur tige

Ce brassage d'air peut être réalisé par des brasseurs d'air comme décrit ci-dessus ou par soufflage par le biais de la ventilation (solution reposant sur le soufflage d'air neuf par les bouches de ventilation double flux, permettant un rafraîchissement des locaux couplé traitement de l'air neuf). Elle ne sera cependant pas étudiée dans la suite de ce rapport car elle risque d'engendrer un inconfort hivernal et représente psychologiquement moins d'impact que la première solution.

3. Equipements

3.1 Chauffage

ETAT ACTUEL

Production de chaleur – Echangeurs :

La production d'eau chaude sur la bibliothèque universitaire s'effectue via une sous-station présente au sous-sol du bâtiment. Cette sous-station est alimentée 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. La puissance de l'échangeur de cette sous-station est de 600 kW.



Figure 45 : Echangeur de chaleur sur réseau primaire

RECOMMANDATIONS

Production de chaleur – Echangeurs :

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.

En revanche, l'isolation de l'échangeur (cf. préconisations ci-dessous) est une intervention prioritaire.

Le réseau primaire est géré par l'exploitant / mainteneur Dalkia. Comme le montre la photo ci-dessus, l'échangeur de chaleur n'est pas calorifugé.

Les schémas d'installations hydrauliques ne sont pas présents dans les sous-stations, mais la distribution s'effectue dans le sous-sol, avec vraisemblablement un circuit par façade.

Etat : Correct

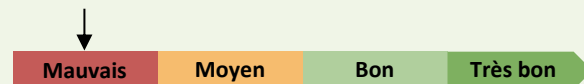


Figure 46 : Performance énergétique de la production

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 :

Deux pompes doubles sont présentes pour alimenter les deux circuits présents sur le bâtiment. 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 moyen sur la globalité du site.



Figure 47 : Absence d'isolation sur les éléments de réglage de la panoplie hydraulique

Distribution/Régulation :

Le niveau de calorifugeage est moyen sur cet établissement. Un calorifugeage sera obligatoirement de classe 4 (exigence réglementaire). Les vannes, les pompes et ainsi que l'échangeur de chaleur 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 54 : 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 a été relevée lors de notre visite, elle est présente en orientation Nord d'un édicule de toiture :



Figure 48 : Sonde de température extérieure

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.

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 49 : Chauffage radiateurs en acier

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 coût 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 :

La mise en place de thermostats et vannes deux voies 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 la régulation thermostatique sera certifié à 0,3 °.

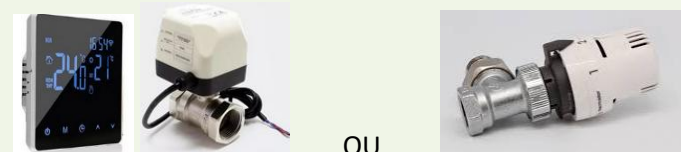


Figure 55 : Options de régulation terminales thermostatiques

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. Elle devra définir **quatre allures de fonctionnement** au moins : confort / réduit / hors gel et arrêt.



Figure 50 : 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)

Production Chaud / Froid par Multisplits

La salle informatique et les locaux administratifs sont chauffés et rafraîchis par des Multisplits (pompe à chaleur réversible avec multiples unités intérieures).

Groupes extérieurs :

Le groupe extérieur alimentant la salle informatique est situé en façade Ouest :



Figure 51 : Groupe extérieur

Ce groupe extérieur, du fabricant Mitsubishi et de la gamme Inverter alimente deux unités intérieures murales dans la salle informatique

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

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.

Production Chaud / Froid par Multisplits

Ces équipements peuvent être conservés pour la salle informatique.

S'agissant du bureau des magasiniers au rez-de-chaussée, la simulation thermique montre que le bouquet de travaux positionne le confort après retrait de climatisation dans limite de 4% de taux d'inconfort au regard du diagramme de Givoni (pour un taux d'inconfort de 0,1% avant travaux et avec climatisation).

Emission :



Figure 52 : Emission de chauffage / climatisation dans la salle informatique

Lors de notre passage, les appareils fonctionnaient en mode chauffage avec une consigne à 30°C en inoccupation, prenant le relais sur le radiateur Eau Chaude également présent dans ce local.

N.B. : les locaux administratifs sont également traités par ce type d'unités murales réversibles.



Figure 53 : 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

Production d'ECS :

La production d'ECS passe uniquement par des ballons électriques « effet joule » décentralisés. La **sous-station n'alimentant pas de ballon**. Ces ballons sont présents en placard technique, ils paraissent correctement dimensionnés ; les ballons ECS des logements de fonction n'ont pas pu être relevés lors de notre visite.



Figure 57 : Ballon d'eau chaude sanitaire présent sur ce site



Mauvais

Moyen

Bon

Très bon

Figure 56 : 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

RECOMMANDATIONS

Production d'ECS :

Le principe des ballons électriques décentralisés est intéressant sur cet établissement. Les dimensionnements paraissent corrects : les ballons actuels peuvent être conservés.

3.3 Eclairage

ETAT ACTUEL

Eclairage :

Toutes les parties visitées de la Bibliothèque Universitaire (ensemble du bâtiment hors logements de fonction) sont éclairées par des tubes fluorescents de type T8, peu performants. Les reprises d'éclairage n'ont pas donné lieu à la mise en œuvre d'éclairage de Type T5 ou d'éclairage LED.



Figure 58 : Tubes fluorescents T8

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



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

Equipements informatiques :

Les consommations informatiques sont relativement faibles sur cet établissement :

- 16 PC dans la salle informatique
- Quelques PC portables amenés par les étudiants dans les espaces communs
- 4 PC dans les locaux informatiques



Figure 60 : Salle informatique de la BU

Il est également possible que la recharge de téléphones portables représente quelques consommations électriques, anecdotiques à l'échelle de la bibliothèque universitaire.

RECOMMANDATIONS

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 sur cet établissement est très faible et se situe essentiellement dans les locaux du personnel :

- Un micro-onde
- Un réfrigérateur
- Deux plaques de cuisson



Figure 61 : Equipement de cuisine dans le local du personnel

D'autres usages tels que des appareils de sonorisation Hi-Fi représentent des consommations électriques anecdotiques.

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 2023 et 2025 sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	2023	2024	2025
Chauffage (kWh PCS ou facture)	111 800	114 247	110 634
Refroidissement (kWh EF)	-	-	-
Electricité (kWh)	0	0	70 324
DJU à 18°C	1 072	984	953
DJE 24°C	312	262	319
Chauffage (kWh DEET)	86 086	87 970	85 188
Refroidissement (kWh DEET)	0	0	0
Ajustement chauffage (Acefchauf(n))	-1 459	6 243	9 013
Ajustement climatisation (Acefrefroidissement(n))	0	0	0
Somme corrigée du DJU (Base : année moyenne)	84 627	94 213	164 525

L'année **2025** (seule année disposant de consommations en électricité et en énergie puisée sur le réseau de chaleur) est l'année de référence pour cet établissement.

N.B. : les consommations électriques transmises incluent les consommations du Data Center. Il a été estimé, d'après les profils horaires transmis, que seulement 5% des consommations électriques concernaient la partie bâimentaire. Ce sont ces consommations qui sont prises en compte.

Attention, les données présentées en orange, ci-dessus sont des années pour lesquelles aucune consommation électrique n'a été transmise.

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** du bâtiment en 2021-2022 (et **comptage réel partiel** sur 2023 (mois de janvier manquants) et les DJU associés pour chaque année.

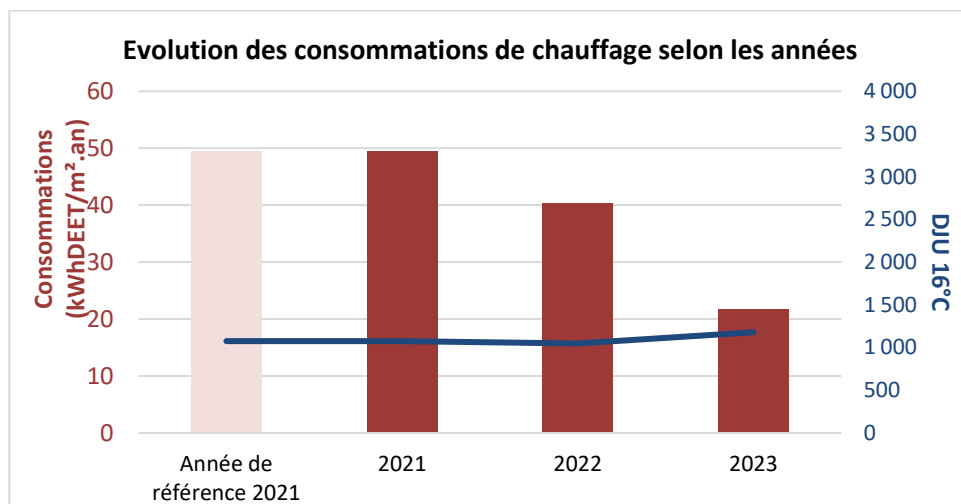


Figure 62 : Evolutions des consommations de chauffage entre l'année de référence et 2017-2019

Les consommations de chauffage semblent avoir baissé entre 2021 et 2022 avec un DJU stable mais attention, ces consommations reflètent les consommations à l'échelle globale de Saint-Jérôme : soit l'optimisation liée à l'intervention en chaufferie et non une amélioration de la performance énergétique de la BU.

L'année 2023, de transition entre les consommations estimées sur la base des consommations globales et les consommations issues de comptage est partielle et inexploitable (cf. graphique ci-après sur une échelle de temps plus longue). Il ressort du graphique suivant que du point des consommations de chauffage, la BU était moins consommatrice que la moyenne du site : les consommations 2024-2025 sont en dessous de celles de 2021-2022. Ces données seront à conforter sur les années futures.

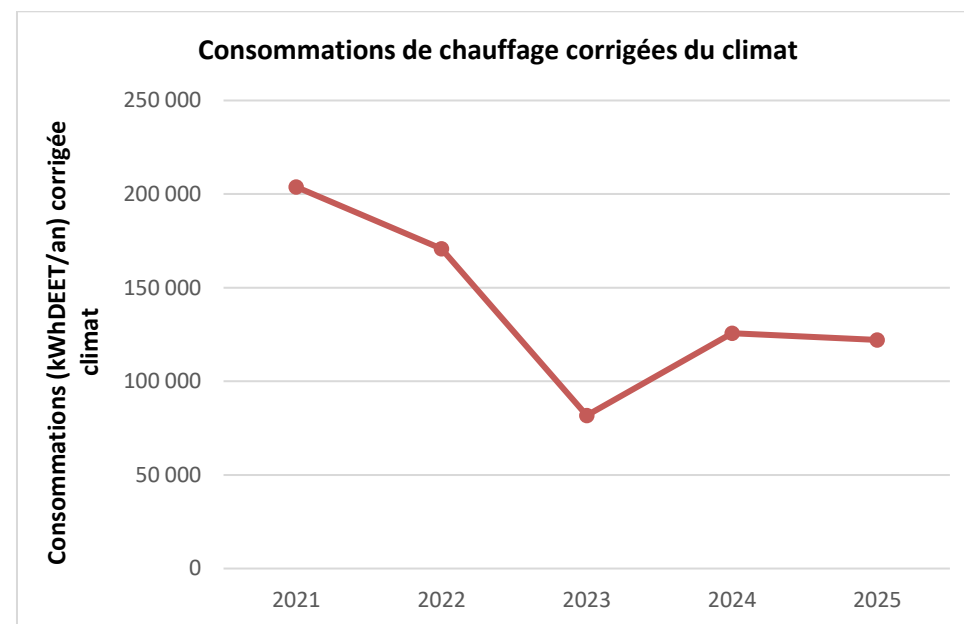


Figure 63 : Consommations de chauffage corrigées du climat

La moyenne des consommations de chauffage (gaz uniquement) entre 2021 et 2022 pour le bâtiment s'élève à **58 kWhEF/m²_{SU}**, ces mêmes données sur 2024-2025 s'établissent à **39 kWhEF/m²_{SU}** ce qui caractérise un **bâtiment relativement mal isolé, mais relativement compacte, avec une intensité d'usage modérée et une présence de chauffage électriques d'appoint** (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}).

3. Consommations électriques

En préalable de l'analyse des consommations électriques de cet audit, il faut rappeler que les consommations électriques du bâtiment BU 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 113 kWhEF/m².an, soit **260 kWhEP/m².an**.

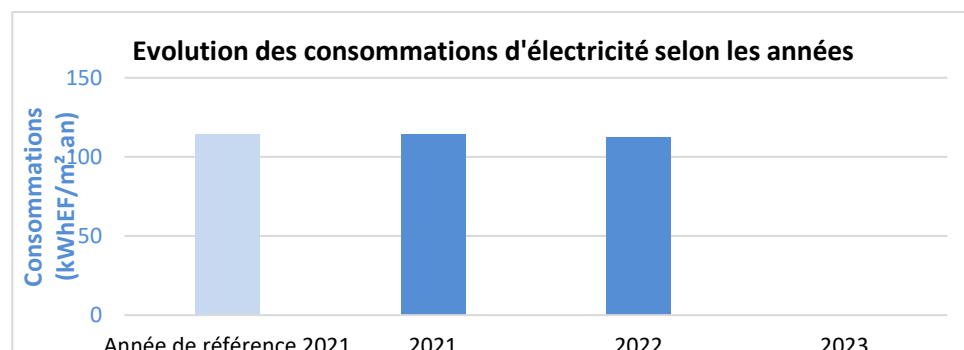
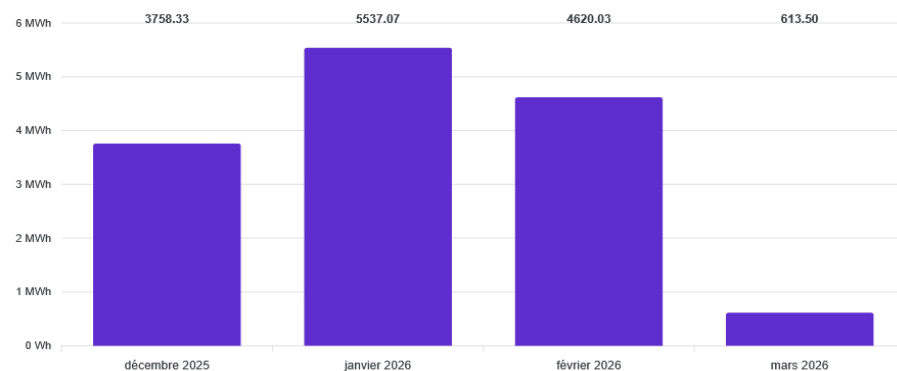


Figure 64 : Consommations électriques (énergie finale)

Des consommations issues de comptage nous ont été transmises pour les mois de décembre 2025 ainsi que janvier et février 2026 :



Ces consommations, relativement erratiques pour les mois considérés, amènent à une consommation annuelle estimée de 20 kWhEF/m².an en redressant ces consommations par un facteur 4/3 (soit une semaine d'inoccupation sur chaque mois considérer + légères consommations de climatisation à prévoir sur l'été).

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 tertiaire³.

5. Analyse des consommations d'eau

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

³ 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 6.26.2.4.

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 :

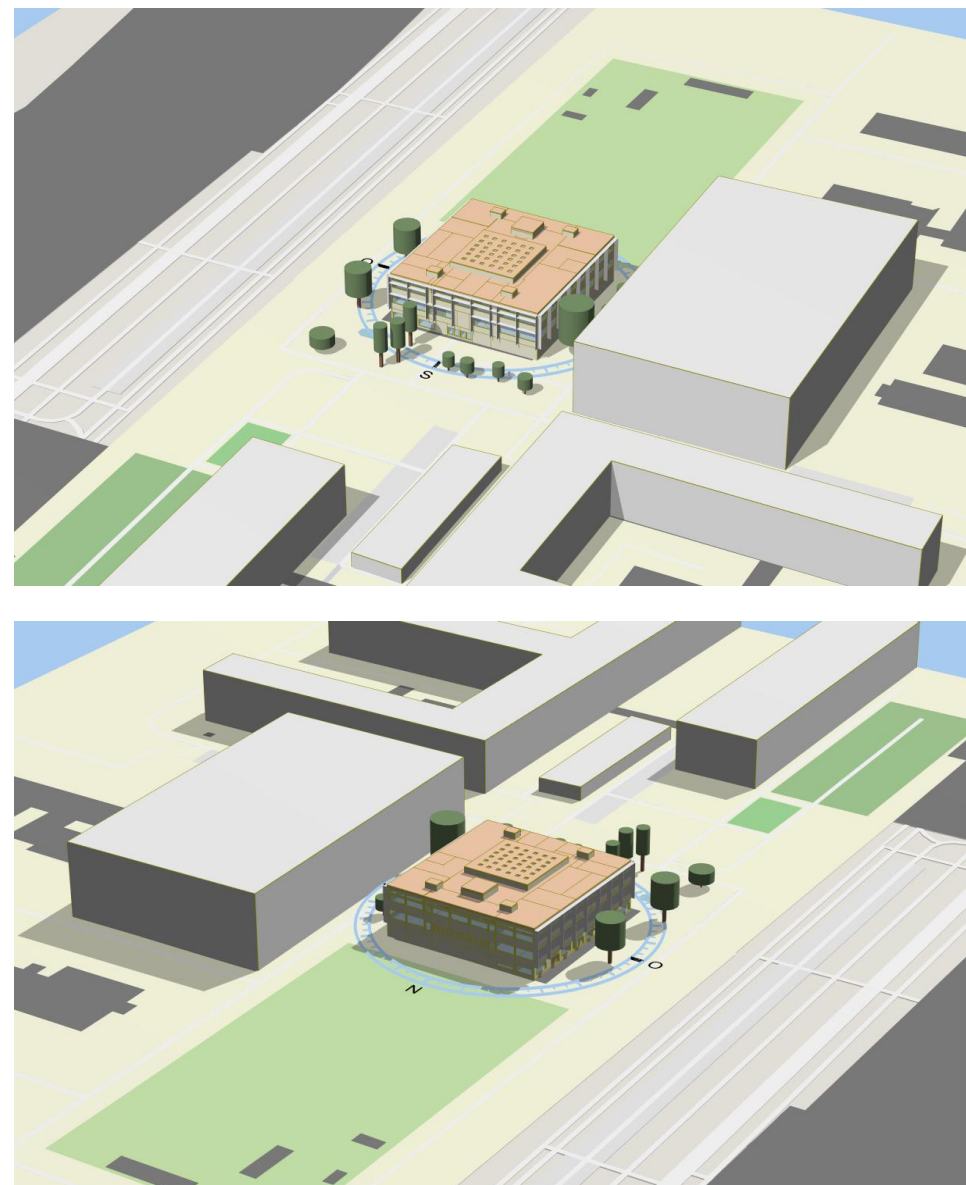


Figure 65 : Modélisation de l'établissement sur le logiciel Pléiades + Comfie

2. Déperditions

Le graphique ci-dessous présente les déperditions à **20°C** de cet établissement, à l'état initial :

On obtient un total de déperditions de 228 kW, soit 61 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 menuiseries extérieures en simple vitrage (représente 42% du total). Les murs extérieurs sont les deuxièmes postes de déperditions avec 25%. Les ponts thermiques représentent 11 % des déperditions ; les infiltrations 9%. Les déperditions par les planchers bas et haut sont plus anecdotiques, 5% et 8%.

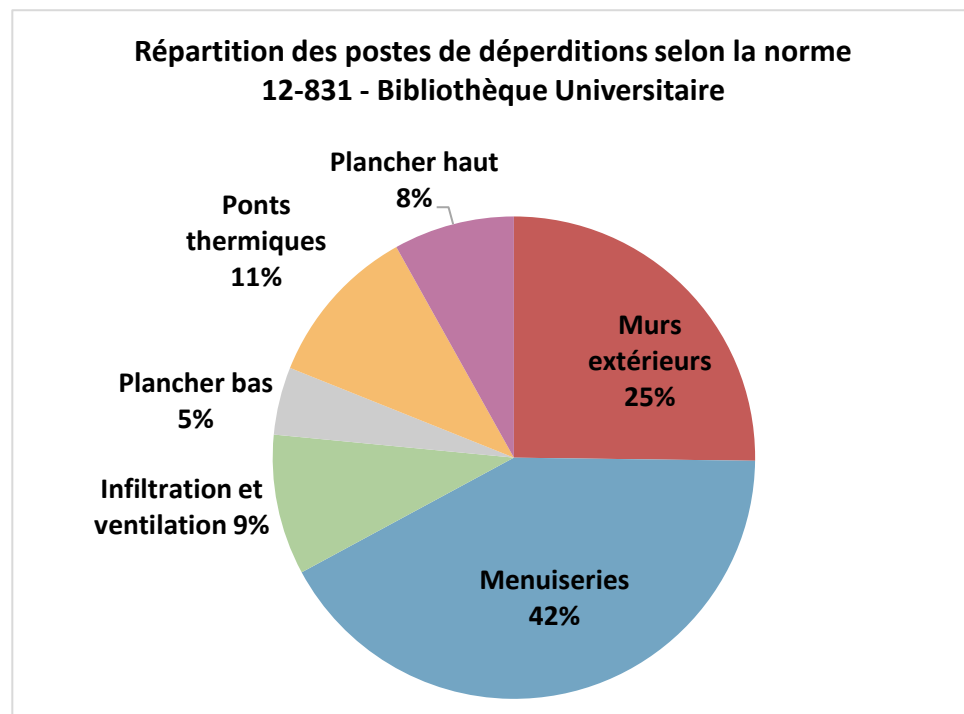


Figure 66 : Répartition des déperditions

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]	275 571
Consommations totales [kWhEP/m²SU.an]	106

Concernant les consommations de la sous-station, elles se montent à **157 kWh/DJU** dans la simulation pour **135 MWh** en moyenne sur 2024-2025 (avec un écart de 14%, acceptable pour ce type de simulation).

Les consommations électriques sont de **92 MWh_{EF}** dans la simulation et **74 MWh_{EF}** sur la projection annuelle basée sur les trois mois transmis (écart de 20% paraissant important, mais sans fiabilité sur plusieurs années – les estimations sur les tableaux 'enquête patrimoine AMU' 2017 à 2019 s'établissaient à 393 MWh_{EF}).

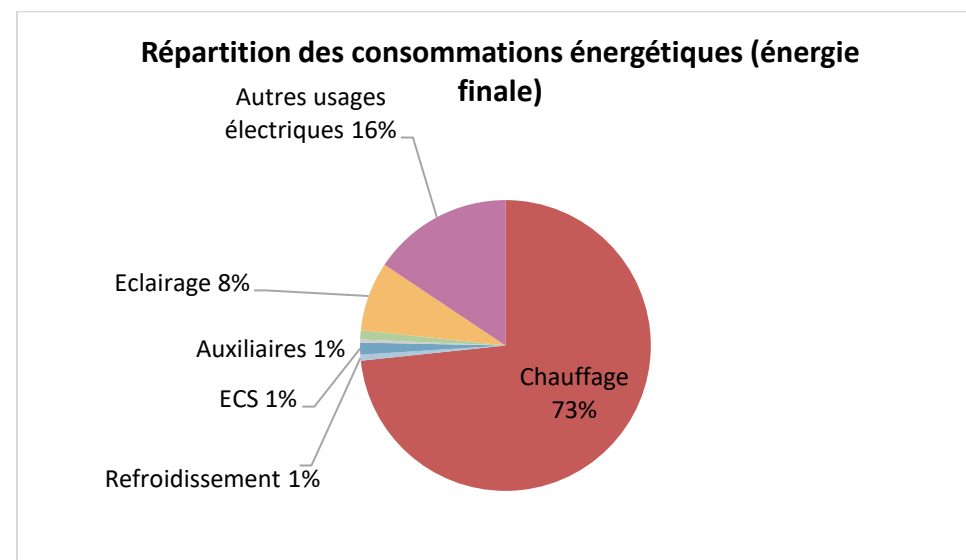


Figure 67 : Répartition des consommations énergétiques

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 le scénario
Toiture	Isolation de la toiture	Travaux 1	Oui
Façade	Isolation des murs de façade par l'extérieur	Travaux 2	Oui
Menuiseries	Remplacement des menuiseries (Portes et Fenêtres)	Travaux 3	Oui
Plancher Bas	Isolation du plancher bas sur vide sanitaire	Travaux 4	Non
Ventilation	Ventilation Double Flux à récupération de chaleur et modules adiabatique	Travaux 5	Oui
Ventilation	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	Travaux 6	Oui
Production de chauffage	Calorifugeage des échangeurs (sous-station) et des canalisations EC (sous-sol) + Panoplies hydrauliques neuves	Travaux 7	Oui
Emission de chauffage	Mise en œuvre d'une régulation terminale thermostatique	Travaux 8	Oui
ENR	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	Travaux 9	Oui
Eclairage	Mise en œuvre d'un éclairage performant	Travaux 10	Oui

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		394 962	-	275 571	-	106	74
Travaux 1	Isolation de la toiture	375 390	5%	259 106	6%	101	70
Travaux 2	Isolation des murs de façade par l'extérieur	325 709	18%	213 730	22%	88	58
Travaux 3	Remplacement des menuiseries (Portes et Fenêtres)	290 061	27%	179 119	35%	78	48
Travaux 4	Isolation du plancher bas sur vide sanitaire	394 116	0.2%	274 725	0.3%	106	74
Travaux 5	Ventilation Double Flux à récupération de chaleur et modules adiabatique	425 379	-8%	293 118	-6%	114	79
Travaux 6	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	399 599	-1,2%	277 587	-0,7%	108	75
Travaux 7	Calorifugeage des échangeurs (sous-station) et des canalisations EC (sous-sol) + Panoplies hydrauliques neuves	390 395	1%	273 581	1%	105	74
Travaux 8	Mise en œuvre d'une régulation terminale thermostatique	368 362	7%	250 348	9%	99	67
Travaux 9	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	310 188	21%	238 713	13%	83	64
Travaux 10	Mise en œuvre d'un éclairage performant	372 352	6%	269 219	2%	100	72

La principale source d'économie d'énergie est le remplacement des menuiseries en simple vitrage : 35% de réduction des dépenses énergétique tous usages. L'isolation thermique par l'extérieur représente 22% de baisse des consommations. La mise en place d'une régulation thermostatique terminale 9% est légèrement moins efficace que la mise en œuvre des panneaux solaires photovoltaïques : 13% (avec un taux d'autoconsommation d'environ 25%⁴). L'isolation de la toiture a un relativement fort impact pour ce bâtiment : 6% de baisse des consommations.

⁴ En considérant, à l'échelle du site, 100% d'autoconsommation le gain en énergie finale ne s'établit pas à 13% mais à 54%.

3.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO ₂ (kg _{CO2} /m ² . an)	Gain annuel sur les tonnes de CO ₂ en %
Etat initial		7,3	
Travaux 1	Isolation de la toiture	6,8	7%
Travaux 2	Isolation des murs de façade par l'extérieur	5,4	25%
Travaux 3	Remplacement des menuiseries (Portes et Fenêtres)	4,4	40%
Travaux 4	Isolation du plancher bas sur vide sanitaire	7,2	0%
Travaux 5	Ventilation Double Flux à récupération de chaleur et modules adiabatique	7,7	-6%
Travaux 6	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	7,3	-0,5%
Travaux 7	Calorifugeage des échangeurs (sous-station) et des canalisations EC (sous-sol) + Panoplies hydrauliques neuves	7,2	0%
Travaux 8	Mise en œuvre d'une régulation terminale thermostatique	6,5	10%
Travaux 9	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	7,3	0%
Travaux 10	Mise en œuvre d'un éclairage performant	7,2	1%

Il n'est pas proposé de modification du vecteur d'approvisionnement énergétique dans le cadre de cet audit, les gains en émission de CO₂ 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.

4.4 Confort d'été

Les résultats de l'état initial et du scénario de travaux sont les suivants :

Zones étudiées	Etat initial	Scénario
Zones	Taux d'inconfort en occupation (%)	Taux d'inconfort en occupation (%)
Z01_BU SALLES	19,8%	9,9%
Z03_LOGEMENT	29,6%	8,6%
Z08_BUREAUX	19,9%	9,6%
Z12_SALLE DE FORMATION	9,7%	0,0%
Z13_BUREAU MAGASINIERS	0,1%	0,0% ⁵
Z14_SALLE DETENTE	43,5%	10,8%

A l'état initial le taux d'inconfort en occupation sont compris entre 9% et 73%, cela montre qu'il y a un problème de confort sur ce bâtiment durant l'été.

Après travaux, le taux d'inconfort en occupation est pratiquement divisé par 3, voire réduit à 0% pour les zones qui avaient moins de 10% d'inconfort à l'état initial.

Bien que non climatisées, certaines zones atteignent des taux d'inconfort très bas notamment par la pose de protection solaires, la ventilation et les brasseurs d'air. 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.

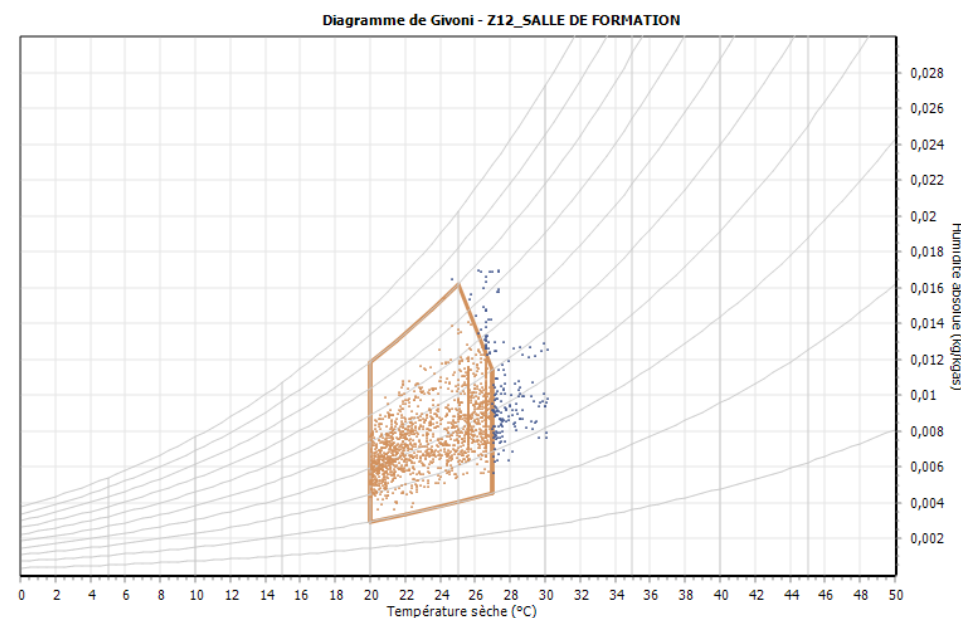


Figure 68 : Diagramme de Givoni de la zone 12– Salle de formation

⁵ Le taux d'inconfort en retirant la climatisation serait de l'ordre de 4%.

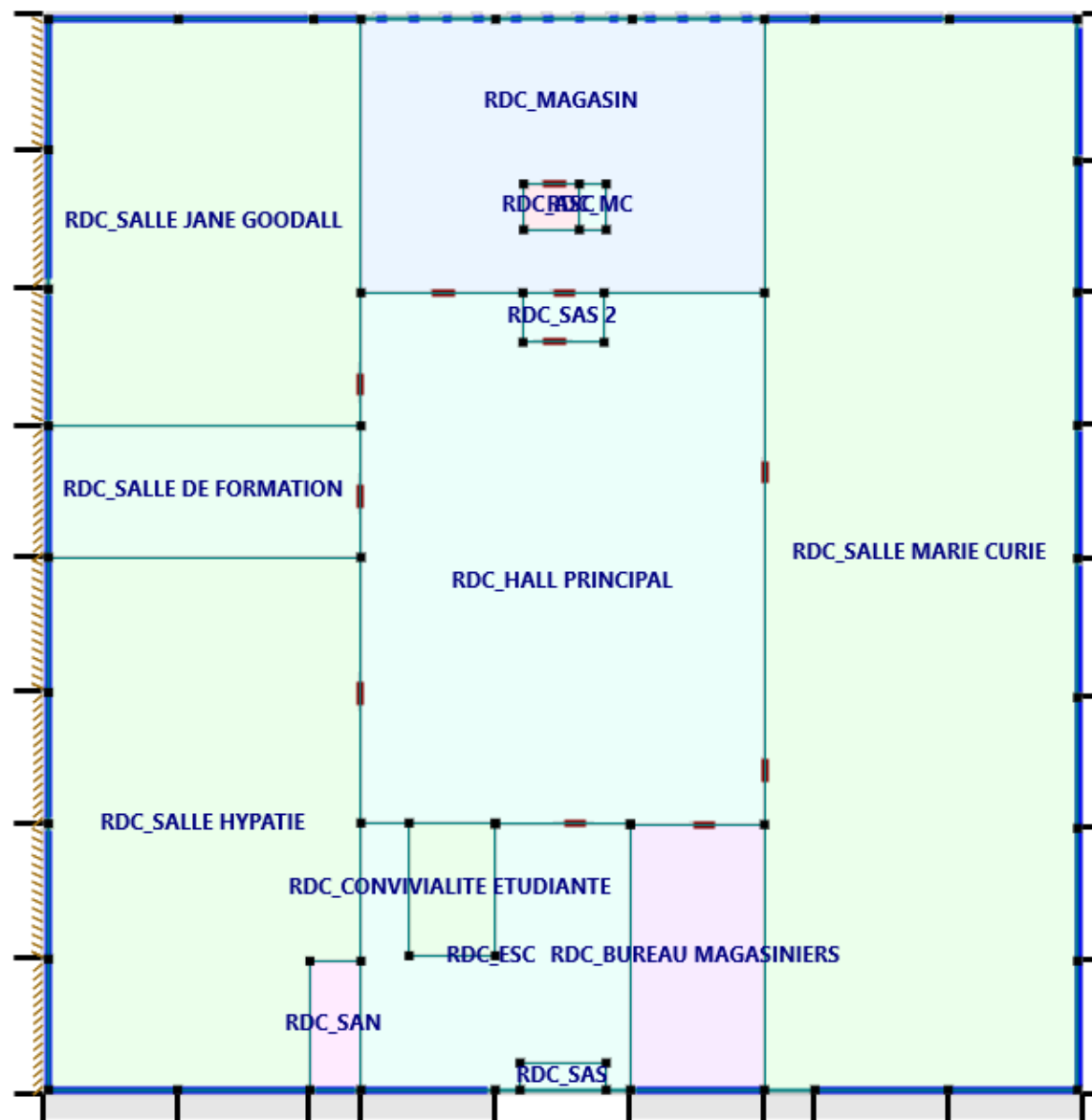


Figure 70 : Plan de zonage du rez-de-chaussée

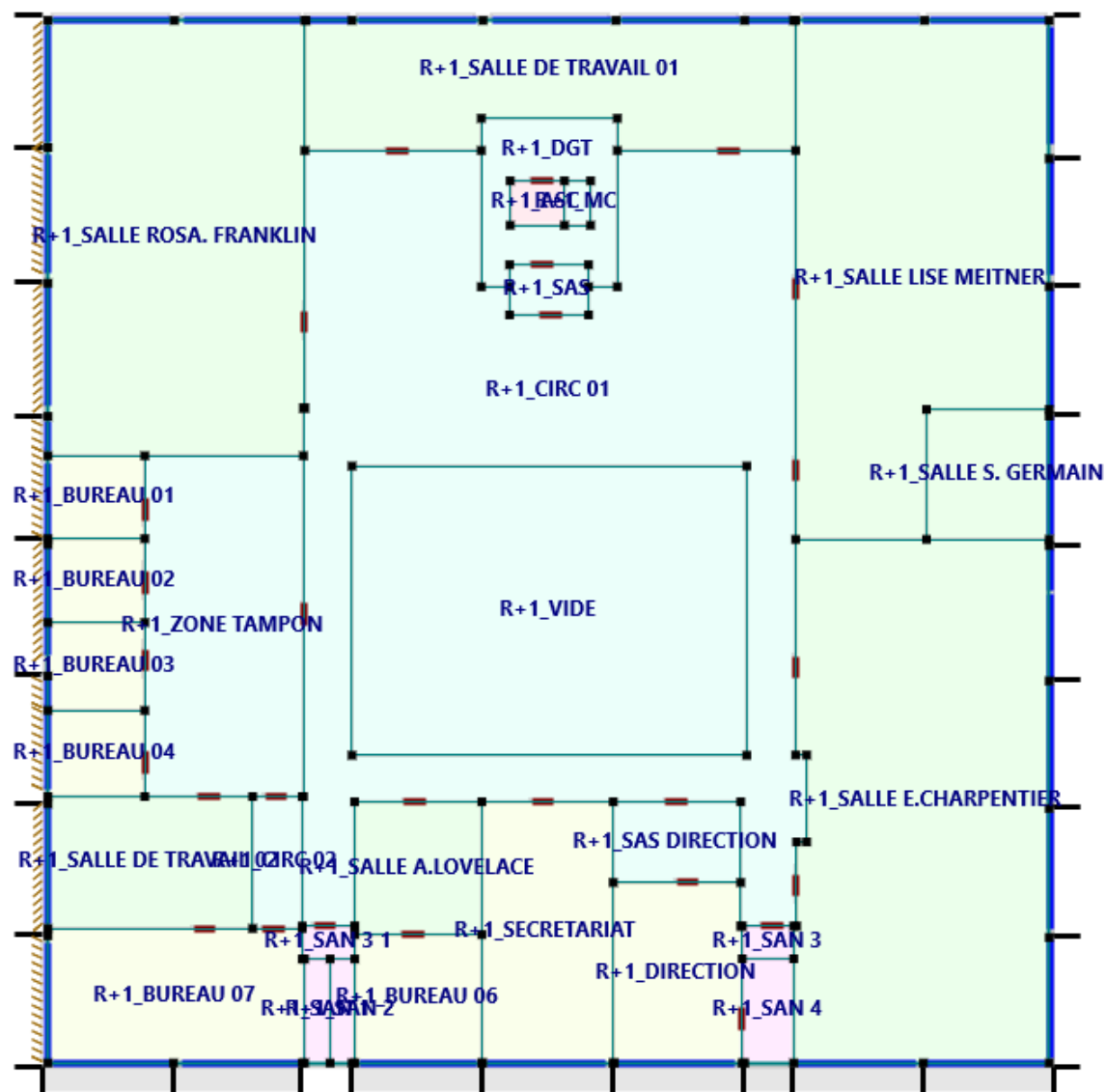


Figure 71 : Plan de zonage du R+1

Voici les déperditions obtenues par local à 20°C sans surpuissance, en W :

Pièce	Surface (m²)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts th.	Conduct.	VMC	Infiltr.	Total	Total (W/m²)
R-1_SAN 1	12,10	354	778	196	1 327	0	74	1 402	116
R-1_SAN 2	17,95	455	778	205	1 437	0	110	1 547	86
R-1_SAS	4,17	105	0	16	121	0	13	134	32
R-1_SALLE DETENTE	37,98	1 170	998	294	2 461	0	233	2 694	71
R-1_SAN	10,08	420	0	30	450	0	31	481	48
R-1_SALLE DETENTE 1	6,47	121	0	13	134	0	20	154	24
R-1_CIRC	17,24	286	0	27	313	0	53	366	21
R-1_SALLE D'ARCHIVE	155,02	4 139	0	280	4 419	0	476	4 895	32
R-1_MAGASIN 01	35,72	1 454	1 983	454	3 891	0	329	4 220	118
R-1_MAGASIN 02	48,67	1 430	437	224	2 091	0	299	2 389	49
RDC_SALLE HYPATIE	251,09	3 691	8 942	1 372	14 005	0	3 083	17 087	68
RDC_SAN	10,04	271	269	104	643	0	82	725	72
R-1_CIRC 02	86,27	3 271	1 490	414	5 175	0	1 363	6 539	76
RDC_SAS	3,50	677	0	49	726	0	14	741	212
RDC_BUREAU MAGASINIERS	55,37	616	1 490	227	2 334	0	453	2 787	50
RDC_SALLE MARIE CURIE	527,88	8 552	18 154	2 880	29 586	0	6 481	36 067	68
RDC_CONVIVIALITE ETUDIANTE	17,58	75	0	0	75	0	72	147	8
RDC_SALLE DE FORMATION	63,93	757	1 490	226	2 473	0	523	2 997	47
RDC_SALLE JANE GOODALL	199,63	2 863	7 721	1 252	11 836	0	2 451	14 287	72
RDC_SAS 2	6,08	26	0	0	26	0	25	51	8
RDC_MAGASIN	166,24	2 706	1 244	825	4 775	0	1 361	6 136	37
RDC_MC	1,60	0	0	0	0	0	7	7	4
R+1_CIRC 02	10,49	0	0	0	0	0	43	43	4
R+1_BUREAU 04	13,55	232	622	146	1 000	0	75	1 074	79
R+1_BUREAU 03	13,82	289	498	167	953	0	76	1 030	75
R+1_BUREAU 02	13,19	220	622	144	986	0	73	1 059	80
R+1_BUREAU 01	13,06	215	622	144	981	0	72	1 053	81
R+1_BUREAU 07	56,63	2 595	4 292	1 261	8 148	0	944	9 092	161
R+1_SAN 1	3,95	262	0	50	312	0	22	335	85
R+1_SAN 2	3,82	270	0	49	320	0	22	341	89
R+1_BUREAU 06	26,46	955	1 431	423	2 809	0	295	3 104	117
R+1_SECRETARIAT	56,42	1 307	1 431	410	3 148	0	626	3 774	67
R+1_DIRECTION	37,81	1 121	1 431	426	2 978	0	421	3 399	90
R+1_SAN 4	8,22	546	0	101	647	0	46	693	84
R+1_SALLE E.CHARPENTIER	218,74	6 532	8 771	2 552	17 856	0	3 643	21 499	98
R+1_SAN 3 1	2,57	18	0	0	18	0	15	33	13
R+1_SAN 3	2,48	19	0	0	19	0	14	33	13
R+1_SALLE A.LOVELACE	27,54	280	0	0	280	0	153	433	16
R+1_SALLE DE TRAVAIL 02	44,34	1 239	1 431	411	3 081	0	492	3 573	81
R+1M_CIRC 02	0,00	141	0	0	141	0	23	165	
R+1M_BUREAUX	0,00	1 224	998	626	2 848	0	173	3 022	

R+1_ZONE TAMPON	88,96	1 166	0	0	1 166	0	494	1 660	19
R+1_SALLE LISE MEITNER	191,61	4 926	7 154	2 049	14 129	0	3 190	17 319	90
R+1_SALLE S. GERMAIN	26,13	982	1 431	408	2 822	0	290	3 112	119
R+1_SALLE ROSA. FRANKLIN	185,23	5 156	7 493	2 204	14 854	0	3 084	17 937	97
R+1_SAS	6,32	32	0	0	32	0	35	67	11
R+1_DGT	27,77	74	0	0	74	0	155	229	8
R+1_MC	1,60	0	0	0	0	0	12	12	7
R+1_SALLE DE TRAVAIL 01	97,99	3 647	5 254	1 592	10 493	0	1 087	11 580	118
RDC_HALL PRINCIPAL	673,62	17 019	3 129	1 179	21 327	0	9 110	30 437	45
R-1_SEJOUR	25,88	957	1 368	499	2 823	0	238	3 062	118
R-1_CUISINE	12,35	380	216	149	745	0	76	821	66
R-1_CHAMBRES 2.3	18,43	654	648	228	1 530	0	113	1 643	89
R-1_HALL	8,90	216	252	94	562	0	55	617	69
R-1_CIRC 1	7,29	131	0	0	131	0	22	153	21
R-1_CHAMBRE 2.2	11,93	392	432	153	976	0	73	1 050	88
R-1_CIRC LOGT 2	3,99	62	0	0	62	0	12	75	19
R-1_RGT 1	7,38	132	0	0	132	0	23	155	21
R-1_WC 2	1,83	29	0	0	29	0	6	35	19
R-1_DRESSING	8,09	235	0	5	240	0	25	264	33
R-1_CHAMBRE 2.1	14,01	602	432	188	1 222	0	86	1 308	93
R-1_SDB	8,61	236	0	7	243	0	26	269	31

Annexe 3 : Consommations de la STD

	TRAVAUX (kWh EF)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	202 070	1 827	3 668	21 215	2 799	927	43 065	0
Travaux 1	186 759	1 719	3 671	20 247	2 712	933	43 065	0
Travaux 2	140 571	1 850	3 653	21 215	2 449	927	43 065	0
Travaux 3	104 753	1 580	3 650	23 026	2 131	914	43 065	0
Travaux 4	201 257	1 779	3 669	21 215	2 806	934	43 065	0
Travaux 5	210 148	1 822	3 668	21 215	2 823	10 377	43 065	0
Travaux 6	202 070	1 827	3 668	21 215	2 799	2 943	43 065	0
Travaux 7	202 113	1 827	3 668	21 215	766	927	43 065	0
Travaux 8	177 055	1 827	3 675	21 215	2 585	926	43 065	0
Travaux 9	202 070	1 827	3 668	21 215	2 799	927	43 065	147 433
Travaux 10	208 552	1 802	3 669	8 369	2 829	933	43 065	0

	SCENARIOS (kWh EF)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	202 070	1 827	3 668	21 215	2 799	927	43 065	0
Scénario Programmation	42 821	2 556	3 640	9 194	213	7 697	43 065	147 433

	TRAVAUX (kWh EF/m²)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	54,4	0,5	1,0	5,7	0,8	0,2	11,6	0,0
Travaux 1	50,3	0,5	1,0	5,4	0,7	0,3	11,6	0,0
Travaux 2	37,8	0,5	1,0	5,7	0,7	0,2	11,6	0,0
Travaux 3	28,2	0,4	1,0	6,2	0,6	0,2	11,6	0,0
Travaux 4	54,2	0,5	1,0	5,7	0,8	0,3	11,6	0,0
Travaux 5	56,6	0,5	1,0	5,7	0,8	2,8	11,6	0,0
Travaux 6	54,4	0,5	1,0	5,7	0,8	0,8	11,6	0,0
Travaux 7	54,4	0,5	1,0	5,7	0,2	0,2	11,6	0,0
Travaux 8	47,6	0,5	1,0	5,7	0,7	0,2	11,6	0,0
Travaux 9	54,4	0,5	1,0	5,7	0,8	0,2	11,6	39,7
Travaux 10	56,1	0,5	1,0	2,3	0,8	0,3	11,6	0,0

	SCENARIOS (kWh EF/m²)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	54,4	0,5	1,0	5,7	0,8	0,2	11,6	0,0
Scénario Programmation	11,5	0,7	1,0	2,5	0,1	2,1	11,6	39,7

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	Élément 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	Élément 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 (m ²).
SU	Surface utile (m ²).
SHOB	Surface hors œuvre brut ou surface de plancher développée (m ²).
SHON	Surface hors œuvre nette (m ²).
Ubat	Coefficient déperditif de l'enveloppe (W/m ² .K).
Cep	Consommation d'énergie primaire (kWhef/m ² .an) – Suivant la surface définie dans l'étude.
Cef	Consommation d'énergie finale (kWhef/m ² .an) – Suivant la surface définie dans l'étude.
Crelat	Consommation d'énergie finale en valeur relative (kWhef/m ² SDP.an).
Créf	Consommation de référence (kWhef/m ² SDP.an).
Cabs	Consommation d'énergie finale en valeur absolue (kWhef/m ² SDP.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/m ² .K).
Ue	Coefficient déperditif équivalent prenant en compte les ponts thermiques de structure et les contacts (terreplein, sous-sol/vide sanitaire, toiture végétalisée, ...) (W/m ² .K).
b	Coefficient de réduction de température (W/K.m ³).
Rglobale	Résistance thermique d'une paroi (m ² .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/m ² .K).
Sg	Facteur solaire de la partie vitrée de la menuiserie.
Ujn	Coefficient déperditif de la menuiserie avec protection (W/m ² .K).
Uw	Coefficient déperditif de la menuiserie sans protection (W/m ² .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.