

Bâtiment TD Langues Site Saint-Jérôme

Audit énergétique en vue d'une programmation architecturale

		Date	04/06/2026
Chef de projet	Julien LACOMBE	Référence rapport	OP23-071
		N° version	2
Chargée d'études	Mahé DAVERIO	Phase	Audit
Diffusion	Aix Marseille Université – AREP – Synapse		



Membre fondateur de



Qualification



Certification



Membre des réseaux



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

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

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

sas au capital de 100 000 €

ape 7112B

rcs paris b 440 306 173

Suivi des indices

Nom du document	Date du document	Indice	Modifications apportées
TE-260414-JLMD-OP23-071-TD Langues	20/05/2026	-	/
TE-260525-JLMD-OP23-071-TD Langues	25/05/2026	1	Ajout des éléments de chiffrage de Synapse
TE-260604-JLMD-OP23-071-TD Langues	04/06/2026	2	Modification des bouquets travaux

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. BOUQUET DE TRAVAUX 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.....	22
1.4 Plancher bas	30
1.5 Etanchéité à l'air.....	31
1.6 Ponts thermiques.....	31
1.7 Inertie thermique.....	31
2. SYSTEMES DE VENTILATION	32

3. EQUIPEMENTS	35
3.1 Chauffage.....	35
3.2 ECS	42
3.3 Eclairage	43
3.4 Autres équipements électriques.....	44

PARTIE E ANALYSE DES CONSOMMATIONS	46
---	-----------

1. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES TOTALES ET CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE	46
2. CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE	47
3. CONSOMMATIONS ELECTRIQUES.....	47
4. DISPOSITIF ECO ENERGIE TERTIAIRE	48
5. ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'EAU.....	48

PARTIE F SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE A L'ETAT INITIAL	49
---	-----------

1. PRESENTATION DE LA MODELISATION	49
2. DEPERDITIONS	50
3. CONSOMMATIONS.....	50

PARTIE G BILAN DES ACTIONS PROPOSEES	51
---	-----------

1. PRESENTATION DES ACTIONS DE RENOVATION ET BOUQUETS DE TRAVAUX.....	51
2. CHIFFRAGE DES TRAVAUX	52
3. RESULTATS PAR VARIANTES DE TRAVAUX	54
3.1 Approche Energétique.....	54
3.2 Analyse financière	55
3.3 Analyse Carbone	56
4. RESULTATS PAR BOUQUETS DE TRAVAUX	57
4.1 Approche énergétique.....	57
4.2 Analyse financière	57
4.3 Analyse Carbone	58
4.4 Confort d'été	59

PARTIE H ANNEXES.....	60
------------------------------	-----------

ANNEXE 1 : LOCAUX VISITES	60
--	-----------

ANNEXE 2 : DETAILS DE LA STD	60
---	-----------

ANNEXE 3 : CONSOMMATIONS DE LA STD.....	65
--	-----------

ANNEXE 4 : GLOSSAIRE	67
-----------------------------------	-----------

1. GENERALITES	67
2. PAROIS OPAQUES, PAROIS VITREES ET ISOLATION	67
3. SYSTEMES ENERGETIQUES	69

4.	ABREVIATIONS, COEFFICIENTS ET PARAMETRES.....	73
----	---	----

Partie A Préliminaires

1. Présentation de l'étude

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

AMU a ainsi formulé le besoin de réalisation d'un « **diagnostic énergétique détaillé** » sur ce bâtiment dans le but de permettre, à partir d'une analyse des données du bâtiment, de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économie d'énergie afin notamment de respecter les obligations du Dispositif Eco-énergie tertiaire. L'objectif est d'amener le maître d'ouvrage à décider des investissements appropriés afin de réaliser des économies d'énergie de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050 ou d'atteindre les seuils du DEET en valeur absolue. **Cet audit doit pouvoir servir de base à l'établissement d'un programme de travaux dans le cadre de la rénovation de cet établissement.**

Tribu Energie a été mandaté afin de réaliser cet audit énergétique, se déroulant en quatre phases :

Phase 1 – Examen du bâtiment

Phase 2 – Bilan Energétique et préconisations

Phase 3 – Programmes d'amélioration

Phase 4 – Analyse financière

Une visite sur site du bâtiment **TD Langues** a été effectuée le **10/04/2026**.

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

Ce rapport comporte un glossaire, en annexe.

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

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

Clause spécifique, concernant les calculs thermiques, de notre assureur MAF :

L'opération est réalisée dans le cadre de la réglementation RT_{ex} ; la maîtrise d'œuvre s'emploiera, dans le cadre de son obligation de moyen, à mettre en œuvre les solutions architecturales et techniques pour obtenir les performances thermiques visées ci-après.

Les résultats de consommations théoriques, obtenus à partir des logiciels de calculs, ne peuvent en aucun cas engager la maîtrise d'œuvre sur des consommations réelles dans la mesure où dans ces consommations réelles sont incorporées des consommations qui ne sont pas comptabilisées dans les réglementations et les modèles de calcul. En outre, le comportement des occupants et les conditions climatiques peuvent s'écarter notablement de la moyenne.

Les éventuelles contraintes particulières formulées par le maître d'ouvrage ne pourront en aucun cas introduire un lien entre les performances théoriques et les consommations réelles.

2. Déroulement de la mission de l'audit énergétique

2.1 Eléments mis à disposition pour l'audit

Document	OUI	NON	Commentaires
Factures d'énergie (électricité)		X	
Factures d'énergie (combustible)		X	
Factures d'eau		X	
Consommations annuelles (électricité)		X	Consommations réelles sur une semaine 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		DWG
Elévations de façades	X		
Coupes	X		
Historique des travaux réalisés	X		
Diagnostic amiante	X		Commentaires en partie B
Diagnostic QAI	X		Commentaires en partie B
Diagnostic accessibilité	X		Commentaires en partie B

2.2 Contenu de la mission

La mission a consisté en :

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

2.3 Visite et mesures réalisées

La visite s'est déroulée avec Edouard Champion et Clément Breton d'AMU.

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

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

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

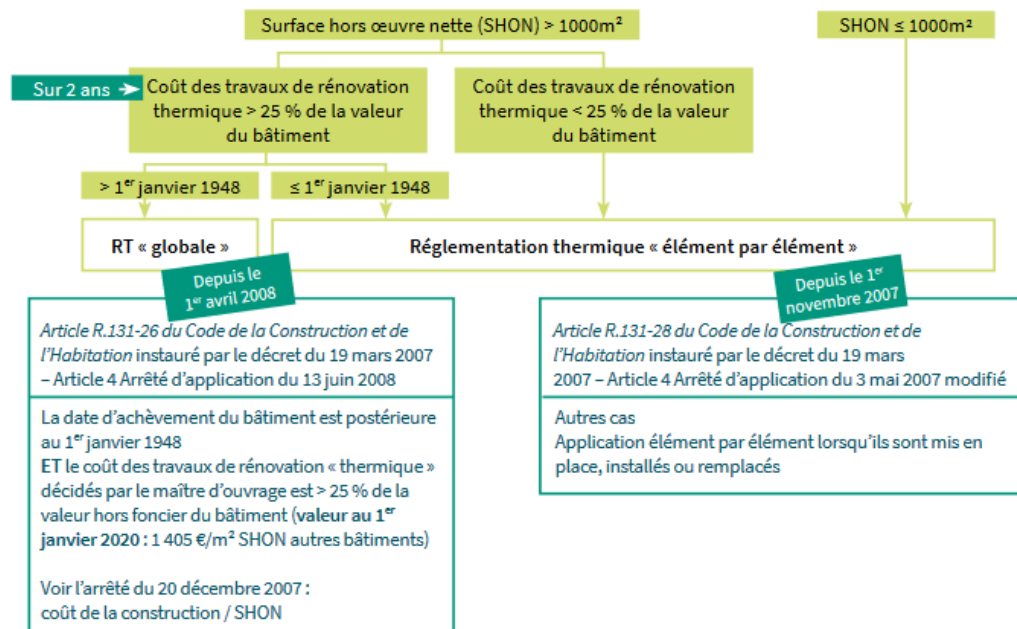
2.4 Travaux effectués

Quelques travaux sont intervenus sur cet établissement ces dernières années :

- Calorifugeage en sous-station (hors échangeur)
- Rénovation de la chaufferie principale gaz en 2022
- Installation ponctuelle de climatiseur (Split) dans 2 bureaux du R+2

En dehors de ces interventions sur les installations de chauffage et de refroidissement, aucun 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. 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.

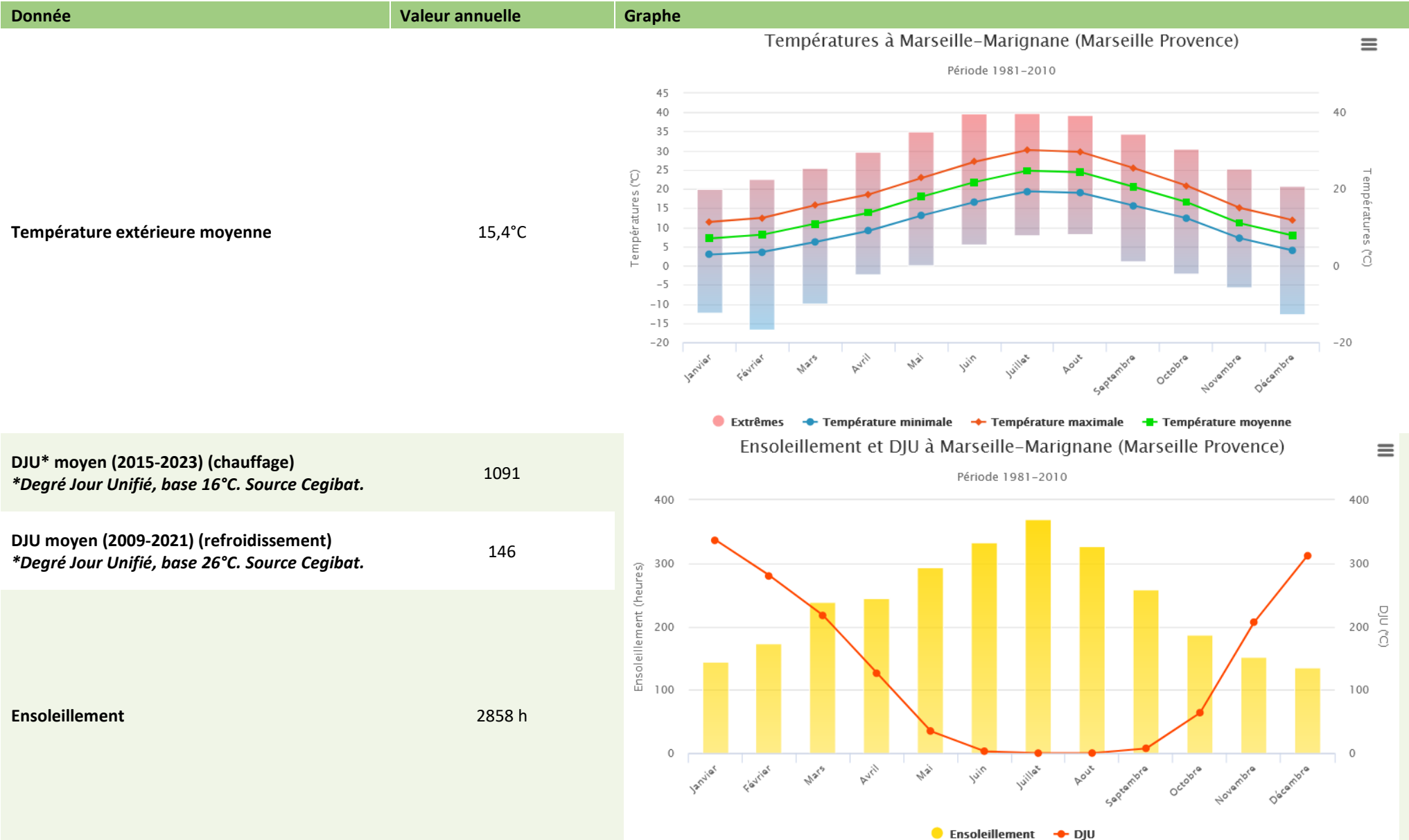
Partie B Description générale du site

1. Caractéristiques du site

Nom	TD Langues
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Altitude moyenne	114 m
DJU base 18°C	1694
Nombre d'étages	3 niveaux
Surfaces utiles par bâtiment	1693 m²SU
Orientations principales	Nord-Sud
Mitoyennetés	Aucune
Masques	Bâtiment R+5 de hauteur à l'Est ; nombreux arbres (jusqu'à 10 m, à l'est)
Occupation	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



2. Données climatiques



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

Précipitations cumulées

515 mm

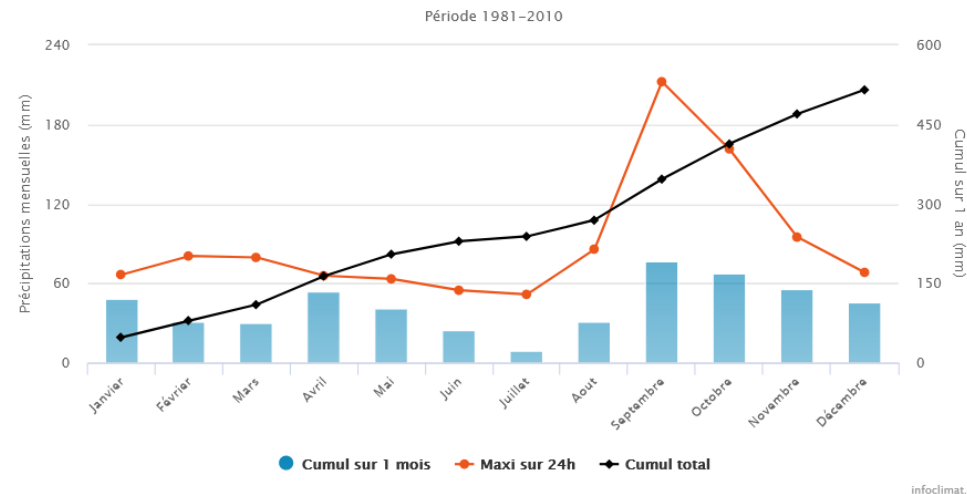
3. Potentiel Photovoltaïque

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.

4. Analyse du confort

Les usagers rencontrés dans des salles de classe ont évoqué un confort estival médiocre (notamment dans les salles de classe situées au Sud). En hiver, l'inconfort est important.

Précipitations à Marseille–Marignane (Marseille Provence)



5. Diagnostics Amiante, QAI et Accessibilité

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

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

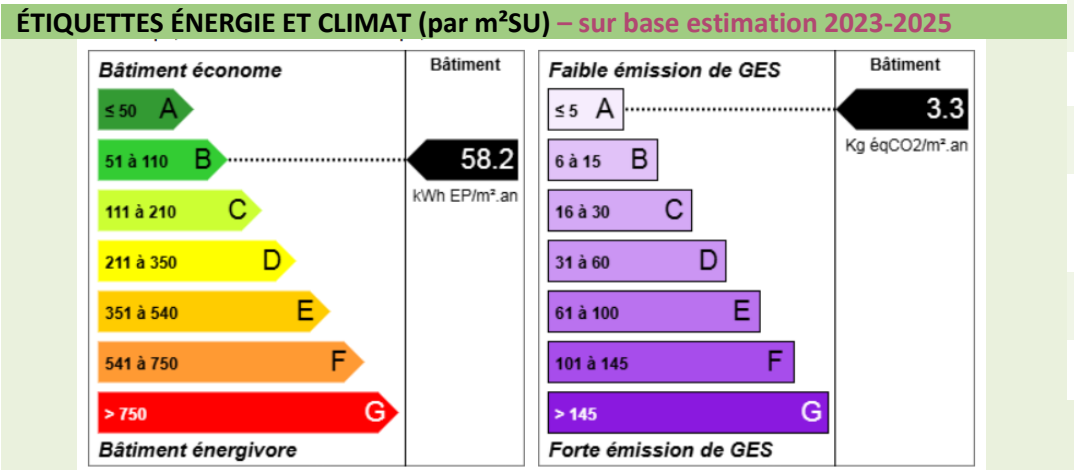
L'indice d'accessibilité du bâtiment est de 48% ; 21 obstacles dont la majorité de type « moteurs » ont été dénombrés.

Partie C Synthèse

1. Etat des lieux

DONNÉES ADMINISTRATIVES ET D'ACTIVITÉS	
Nom	TD Langues
Activité	Salles de classes et quelques bureaux
Adresse	52 Avenue Escadrille Normandie Niemen Marseille 13ème
Année de construction	1995
SU (Surface Utile chauffée)	1693 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 2023 (estim.)	31 674	27 500
Année 2024 (estim.)	36 719	27 500
Année 2025 (estim.)	34 817	27 500
Moyenne des consommations [kWh EF/m²SU.an] (estim.)	20,3	16,2
Comptage chauffage (hiver 2023/2024)		



OCCUPATION DE L'ETABLISSEMENT	
Occupation hebdomadaire	Occupation en journée (9h-18h) du lundi au vendredi
Occupation annuelle	Fermeture annuelle en août (4 semaines) Deux semaines de fermeture à Noël
BILAN CONFORT	
Confort d'été	Inconfort très important notamment en façade Sud
Confort hygrothermique (Hiver)	Mauvais : ressenti assez froid
Qualité d'air intérieur	Bâtiment ventilé par ouverture des fenêtres, odeurs désagréables dans les salles de cours
DESCRIPTION SOMMAIRE DES PAROIS ET SYSTEMES	
Murs extérieurs	Façade béton isolée par l'extérieur (hypothèse : 8cm)
Toiture	Toiture terrasse gravillonnée sur dalle béton (Hypothèse : Isolation partielle 7 cm en Polyuréthane) Toiture Légère Bac Acier (Hypothèse 10 cm de laine de verre)
Menuiseries	Double vitrage 4/6/4 ou 4/8/4
Protections solaires	Présence de stores intérieurs ponctuellement, casquette solaire au niveau de la toiture au sud (protège seulement le R+2 dans les heures les plus ensoleillées) Présence de protection solaire fixe au Sud du RDC
Plancher bas	Dalle béton non isolée sur vide-sanitaire
Ventilation	Ouverture des fenêtres pour les locaux périphériques Ventilation mécanique ancienne dans les sanitaires
Type de chauffage	Un échangeur sur le réseau de la chaufferie gaz naturel à condensation (2022) – Radiateurs à acier dépourvus ponctuellement de régulation thermostatique
Type d'ECS	Ballons décentralisés électriques "effet joule" (150L, 1 par étage)
Eclairage	Tubes fluorescents T8, T5 et LED

3. Positionnement DEET

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

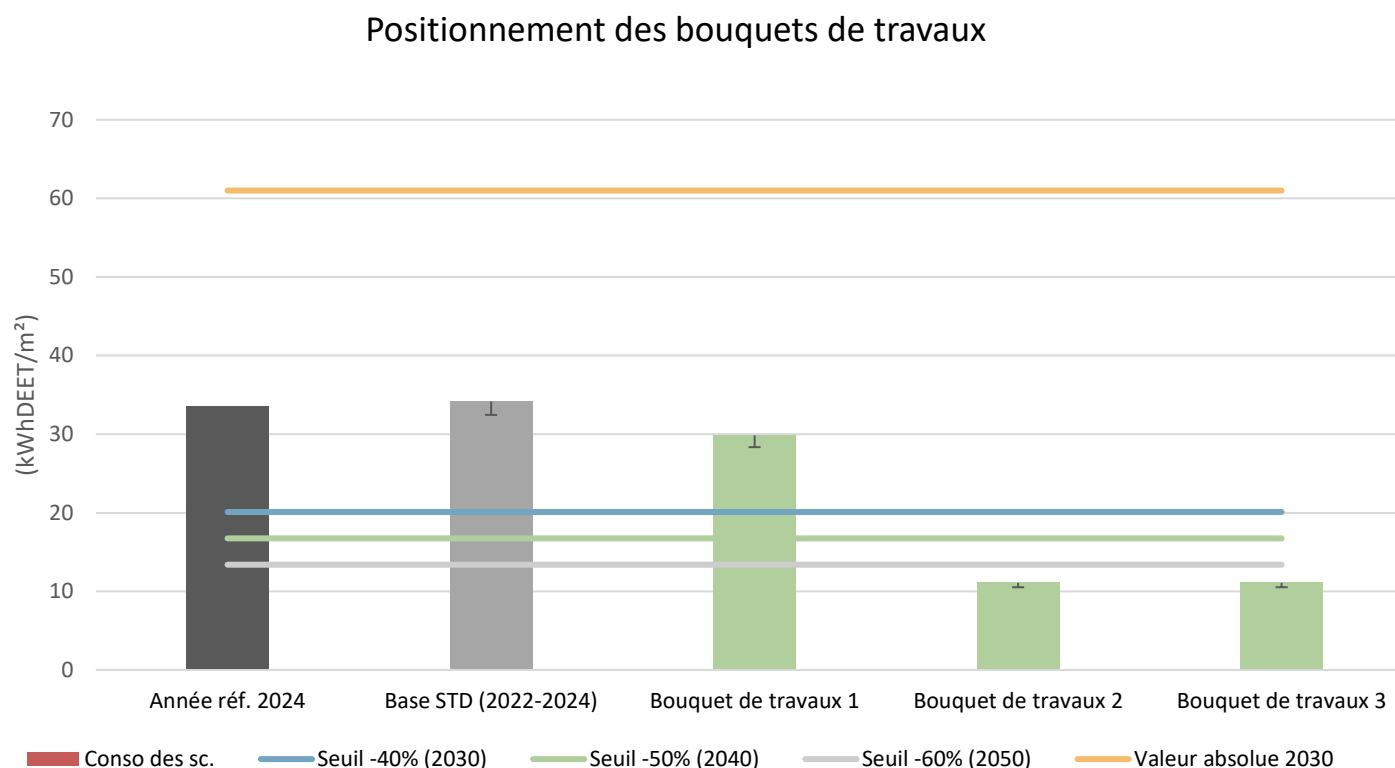


Figure 1 : Positionnement des bouquets de travaux vis-à-vis du décret tertiaire

Il est établi que le bouquet de travaux 2 des interventions prévisionnelles proposées dans le cadre de la programmation de l'opération de rénovation est compatible avec le **seuil de 2050** de réduction de consommation (seuil en valeur relative : -60%). En comparaison pure de simulation énergétique avant travaux / après travaux, la réduction de consommation s'établit autour de 60%, **notamment du fait de l'autoconsommation électrique liée aux panneaux solaires photovoltaïques**. Néanmoins, il est impossible de couvrir l'intégralité des consommations.

Les seuils en valeur absolue pour 2040 et 2050 ne sont pas encore définis à ce jour ; toutefois, au regard des résultats de la simulation du bouquet de travaux 2, ils devraient être respectés sans difficulté.

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

1. Enveloppe du bâtiment

1.1 Toitures

ETAT ACTUEL

Repérage

Deux typologies de toiture existent sur ce bâtiment :

- Une toiture terrasse gravillonnée non accessible au public
- Une toiture autoprotégée sous enduit bitumineux (en vert), non accessible également

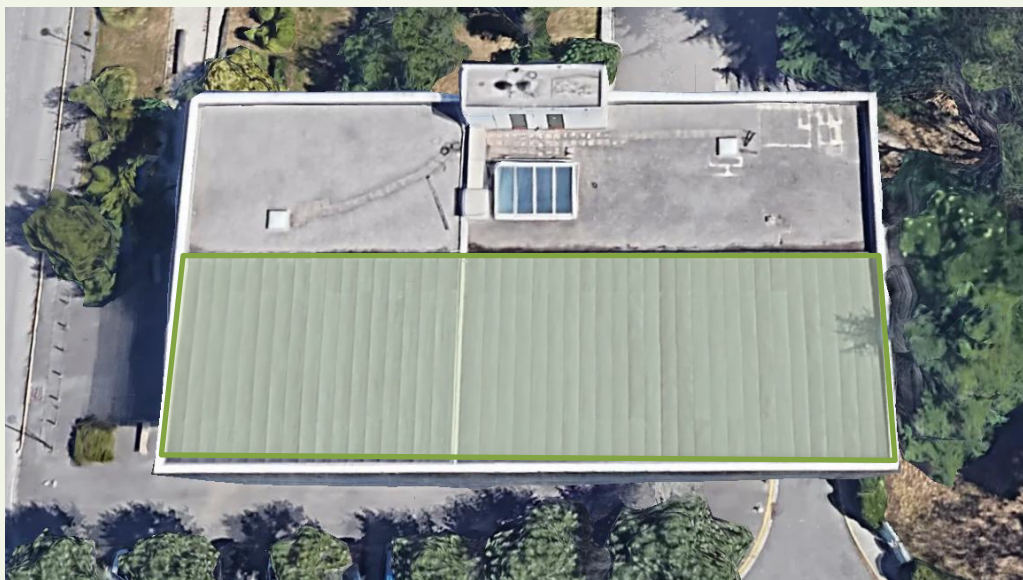


Figure 2 : Plan de repérage des toitures

RECOMMANDATIONS

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 minimale de 10° est intéressante pour limiter l'encrassement sur les panneaux.

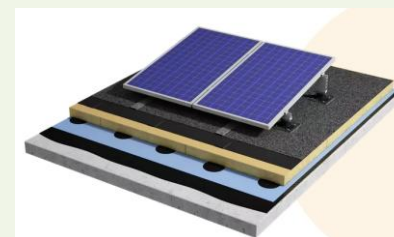


Figure 7 : Types de fixations prises en compte

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 considérées. Ces 300 m² représentent environ 75 % des toitures terrasses gravillonnées (soit 25% du total de la toiture).

Toiture Terrasse gravillonnée inaccessible

La toiture terrasse est isolée avec un isolant polyuréthane datant de la construction du bâtiment. Cet isolant est dégradé sur une grande partie de la toiture (gonflement, décollement). L'épaisseur de cet isolant a été mesurée à 7cm (cf. photo ci-dessous).

L'isolant étant dans un état dégradé, nous supposons ici que la transmission thermique du polyuréthane correspond à un isolant Th30.



Figure 3 : toitures terrasses inaccessibles

Composition de la paroi (toiture courante) : Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Plénum (30 cm) + Dalle Béton (10 cm) + Etanchéité (1 cm) + Polyuréthane (7 cm) + couverture gravillonnée (5 cm)

Etat : dégradé

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



Figure 4 : Performance thermique de la toiture

Mauvais: Pas d'isolation

Moyen: présence d'isolant dégradé et/ou $R < 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

Bon: isolant en place, $3,5 < R < 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

Très bon: $R > 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

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 $R > 7.3 \text{ m}^2\text{K/W}$. L'épaisseur prise en compte dans l'étude est de **16 cm de PIR** (type Efigreen Duo ou équivalent).

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.**

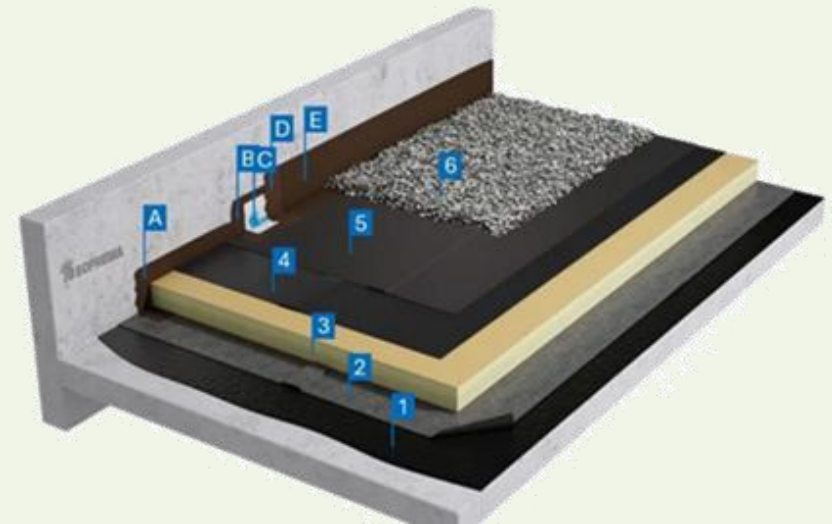


Figure 8 : Isolation toiture terrasse (avec ou sans gravillon)

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

La mise en place d'une toiture végétalisée est bénéfique mais représente quelques complexités, elle n'est pas proposée sur cette toiture : le gain sera principalement l'été, grâce à l'inertie supplémentaire et à l'évapotranspiration des végétaux. Pour une paroi avec un bon niveau d'isolation, le gain en hiver (sur les déperditions) est en revanche très limité.

N.B. : dans l'étude technico-économique concernant cette préconisation, les éventuels coûts de travaux hors isolation-étanchéité n'ont pas été pris en compte. 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.

Une vérification structurelle sera nécessaire afin de s'assurer que la reprise du poids des panneaux photovoltaïques ainsi que celle des gravillons est possible.
Si la structure ne permet pas la mise en place de gravillons en toiture terrasse, il sera intéressant de mettre en place un revêtement claire en toiture.

=====

Respect des conditions de CEE :

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

=====



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

Toiture légère autoprotégée sous enduit bitumineux

Cette toiture située au Sud du bâtiment est une toiture légère sous enduit bitumineux.



Figure 5 : Toitures terrasses inaccessibles

Un isolant en laine de roche est très vraisemblablement présent au sein du bac acier, par hypothèse, 10 cm d'isolant dégradé sont pris en compte à cet emplacement.

Composition de la paroi (toiture courante): Dalle de faux-plafond en laine minérale (1 cm) + Plénum (30 cm) + Dalle Béton (10 cm) + Etanchéité (1 cm) + laine de verre Th40 (10 cm) + Etanchéité bitumineuse

Etat : Correct

Coefficient U : 0.35 W/m².K (méthode Th-U)

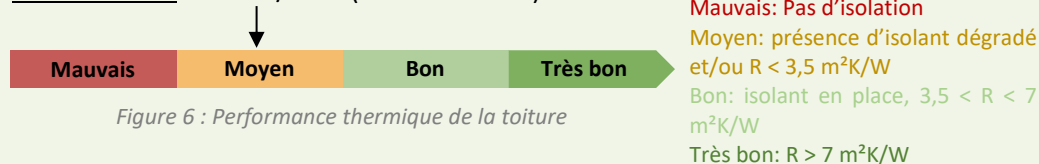
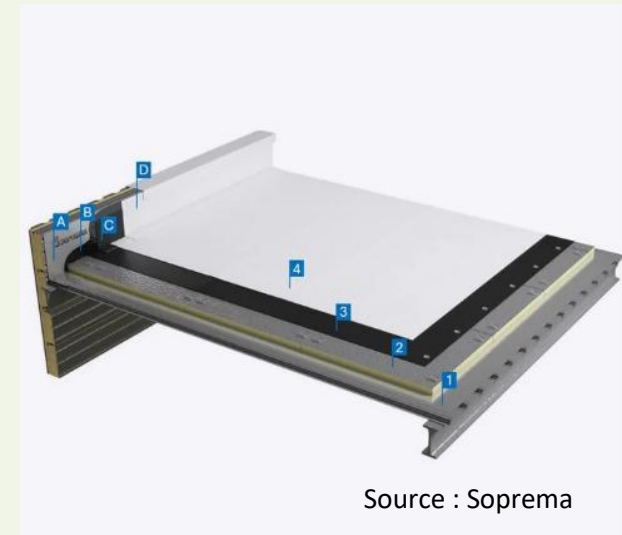


Figure 6 : Performance thermique de la toiture

Toiture autoprotégée sous étanchéité bitumineuse

Il est intéressant d'isoler la toiture Bac Acier afin d'atteindre une résistance thermique au moins égale à $6,95 \text{ m}^2\text{K/W}$, ce qui correspond environ à 16 cm d'isolant minimum en polyuréthane PIR (type : Efigreen Acier ou équivalent).



Source : Soprema

Figure 9 : Toiture Bac Acier

En plus de cette reprise de l'isolation, il sera intéressant de limiter les apports de chaleur estivaux par la mise en place d'un revêtement extérieur de couleur claire, de type « Cool Roof » par exemple.

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

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.

1.2 Murs

ETAT ACTUEL

Murs extérieurs courants

Les murs extérieurs du bâtiment sont hétérogènes en fonction des orientations :



Figure 10 : Murs extérieurs du bâtiment (Nord-Sud)

Les façades du bâtiment sont différentes en fonction de l'orientation :

- Au Sud : Mur rideau isolé avec bardage métallique



Figure 11 : Murs isolés sud

Composition de la paroi : Béton (15 cm) / Laine de roche (7cm) / Habillage extérieur acier (3 cm)

Etat : Vétuste

Coefficient U : 0.471 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

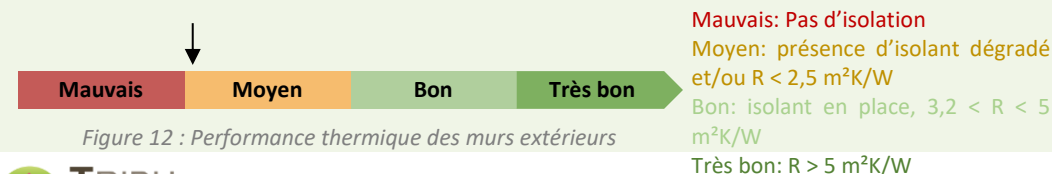


Figure 12 : Performance thermique des murs extérieurs

RECOMMANDATIONS

Murs extérieurs courants

Précision sur les bouquets de travaux : Dans la suite du rapport, cette recommandation sera reprise dans le **bouquet de travaux 1** seulement pour la **façade Sud (RDC et R+1)** et dans le **bouquet de travaux 2** pour les façades **Nord, Est et Ouest toute hauteur** (sauf pour le mur béton de la cage d'escalier, recommandation à trouver plus bas).

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

L'isolation par l'intérieur pourrait également s'envisager mais :

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

L'isolant extérieur sera très vraisemblablement fixé sur rail métallique : une façade isolante de type Façade F4 avec **raccrochement structurel sur les dalles** est proposée à ce stade :

- Mur du Sud-Ouest : Mur isolé habillage en parement béton préfabriqué



Figure 13 : Murs non isolés est-ouest

Composition de la paroi : Béton préfabriqué (15 cm) / Lambe d'air (1 cm) / laine de verre (estimé à 7 cm) / plaque de plâtre (1cm)

Etat : correct

Coefficient U : 0.43 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

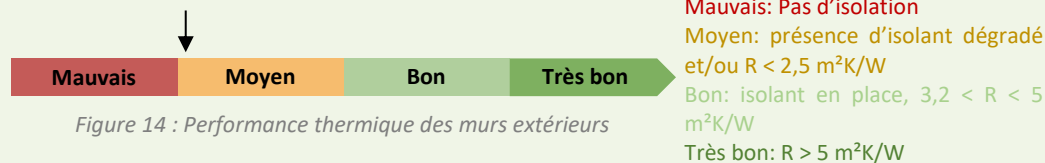


Figure 14 : Performance thermique des murs extérieurs

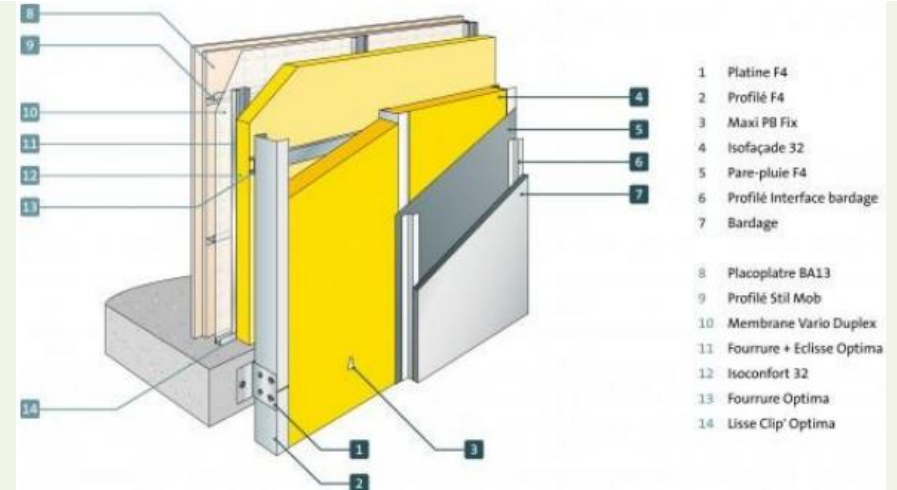


Figure 19 : Type d'isolation proposé

N.B. : Il sera indispensable d'effectuer des **retours d'isolant** sur les embrasures des menuiseries 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 $3,7 \text{ m}^2\text{K/W}$

=====



REx/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 W/m².K.

- Au Nord et Est : Mur isolé habillage en bardage acier



Figure 15 : Murs nord isolés

Composition de la paroi : Plaque de plâtres / Isolation inconnue (8 cm) / Bardage acier (5 cm)

Etat : Moyen

Coefficient U : 0.421 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

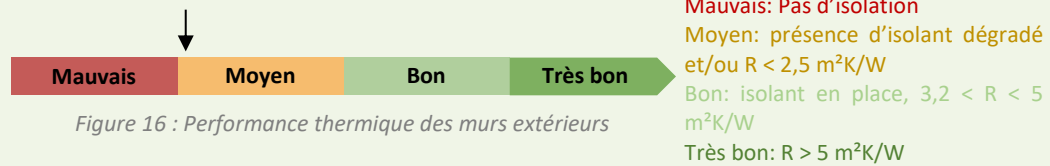


Figure 16 : Performance thermique des murs extérieurs

Murs extérieurs béton non isolé (cage d'escalier et sanitaires) :



Figure 17 : Murs béton côté nord

Composition de la paroi : Murs béton (15cm) / lame d'air (1cm) / Plaque de plâtre (1.3cm)

Etat : Moyen

Coefficient U : 3.57 W/m².K (estimé d'après la méthode Th-U)

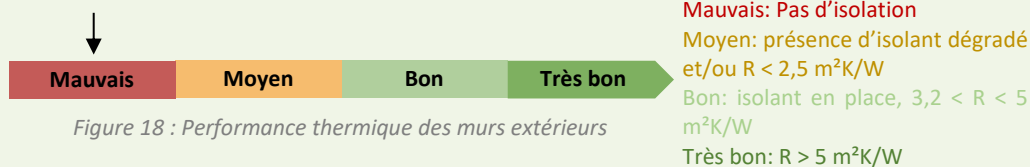


Figure 18 : Performance thermique des murs extérieurs

Murs extérieurs béton non isolé (cage d'escalier et sanitaires) :

Nous préconisons de mettre en place une **isolation par l'extérieure** sur cette **partie de la façade non isolée actuellement (bouquet de travaux 2)**.

Un produit pertinent nous paraît être le *Pavawall Smart* de Pavatex : cet isolant en laine de bois dispose d'un avis technique avec mise en œuvre sous enduit.



Figure 20 : Exemple de produit sous avis technique : Pavawall Smart

Une performance minimum consiste à viser $R > 4.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, soit 15 cm au moins (dépend du type d'isolant choisi). **La préconisation faite dans cette étude est de 18 cm d'isolant laine de bois, soit un R de $4.7 \text{ m}^2\text{K/W}$.**

N.B. : Il sera indispensable d'effectuer des **retours d'isolant** sur les embrasures des menuiseries 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 alu doubles vitrages 4/6/4 coulissantes :

Ces menuiseries sont présentes côté Nord au R+2 et R+1 du bâtiment.
Ce sont des menuiseries en aluminium coulissantes en doubles vitrages anciens 4/6/4.
Des défauts d'étanchéités importants sont constatés sur ces vitrages.



Figure 21 : Menuiserie DV 4/6/4 nord

Ces menuiseries orientées Nord sont équipées de stores intérieurs souvent défectueux.

Protections solaires : stores intérieurs

Etat : Vétuste

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w = 0.6$ // $T_l = 0.65$



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

RECOMMANDATIONS

Menuiseries en remplacement des doubles vitrages au Nord et à l'Ouest :

Nous préconisons le remplacement des anciennes menuiseries coulissantes par des **menuiseries aluminiums**. Des **stores intérieurs** pourront être installés sur ces menuiseries Nord.

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

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



Figure 35 : Menuiserie Double Vitrage Aluminium à rupteur de pont thermique

Nous recommandons le remplacement de ces fenêtres avec dépose des ouvrants et des dormant 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 : $U < 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Doubles vitrages Aluminium 4/8/4 :

Ce mur rideau est situé côté Sud au R+2 du bâtiment.

Les ouvrants sont oscillo-battants.

Ces menuiseries disposent de BSO en mauvais état (bloqués fermés ou ouverts) et possèdent également une casquette solaire fixe de 10m inclus dans la toiture côté Sud.

Ces importantes surfaces vitrées augmentent fortement les déperditions des pièces concernées ce qui rends celles-ci très froides en hiver et très chaudes en été.



Figure 23 : Menuiserie DV Alu 4/8/4

Protections solaires : BSO non fonctionnels et casquettes solaires fixes

Etat : Passable

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=3.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.5$ // $Tl = 0.55$



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

Menuiseries en remplacement des doubles vitrages au SUD, R+2 :

Nous recommandons de conserver les vitrages du R+2. Cependant, **les protections solaires existantes (BSO) seront à réparer ou à remplacer afin d'augmenter le confort d'été.**

Mur Rideau en doubles vitrages 4/6/4 aluminium :

Ces menuiseries sont présentes côté Sud du R+1.

Ce mur rideau est composé de vitrage fixe en haut et en bas du mur et d'ouvrants coulissants au centre. Les seules protections solaires existantes sont des stores intérieurs qui ne fonctionnent plus (bloqués fermés ou ouverts).



Figure 25 : Menuiseries doubles vitrages Sud R+1

Protections solaires : Stores intérieurs vétustes

Etat : mauvais

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w = 0.65$ // $T_l = 0.65$



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

Menuiseries en remplacement des doubles vitrages au SUD RDC et R+1 :

Nous préconisons le remplacement par des menuiseries aluminiums.

Des vitrages à contrôle solaire sont à prévoir en orientation Sud pour limiter les apports solaires.

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

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



Figure 36 : Menuiserie Double Vitrage Aluminium à rupteur de pont thermique

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

La façade rideau du R+1 au Sud verra sa **surface vitrée diminuer d'environ 30%** avec la mise en place de la façade F4. Ainsi, les apports solaires seront réduits et le confort d'été augmentera.

Menuiserie en doubles vitrages 4/6/4 aluminium :

Ces menuiseries sont présentes côté Sud du RDC. Ce sont des vitrages aluminiums coulissants 4/6/4 munis de protections solaires extérieures fixes (lames horizontales).



Figure 27 : Menuiseries doubles vitrages Sud RDC

Protections solaires : Protection solaire extérieur fixe (lames horizontales)

Etat : mauvais

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.6$ // $Tl = 0.65$



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

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.

=====

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

Concernant les protections solaires de la façade sud, celles-ci seront composées **de volets roulants** à mettre en place au R+1 et au RDC sur la nouvelle façade F4.

Portes d'entrée du bâtiment :

Les portes d'entrées vitrées de ce bâtiment sont en double vitrage aluminium.



Figure 29 : Porte d'entrée simple vitrage

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

Protections solaires : Aucune

Etat : Passable

Caractéristiques thermiques menuiseries :

$U_w=5.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w= 0.55$ // $T_I = 0.60$



Figure 30 : 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'entrées vitrées :

Ces portes pourront être remplacées par des portes ($U_w \leq 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $U_g < 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$) et plus étanche à l'air.

=====

Respect des conditions de CEE :

Le coefficient de transmission surfacique $U_w < 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$

=====



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

Lanterneau de désenfumage :

Deux lanterneaux de désenfumage sont présents au niveau des cages d'escaliers du bâtiment.



Figure 31 : Lanterneaux de désenfumage et d'éclairage naturel

Etat : Moyen

Caractéristiques thermiques moyennes :

$U_w = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ // $S_w = 0.5$ // $TL_w = 0.75$



Figure 32 : 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 :

- $U_{rc} \leq 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- S_w (facteur solaire hors protection) = 0.4
- TL_w (transmission lumineuse) ≥ 0.45

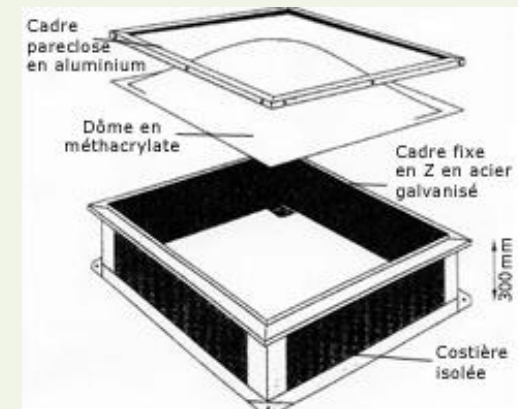


Figure 37 : Lanterneaux performants

=====

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.

Fenêtre de toit :

Une fenêtre de toit d'environ 6m² est présente au centre du bâtiment et permet d'éclairer naturellement les circulations.

Cependant, celle-ci est en simple vitrage clair non protégée du soleil (un store extérieur déchiré existe mais le moteur ne fonctionne plus, il est donc en position ouverte toute l'année).



Figure 33 : Fenêtre de toit

Protections solaires : Aucune (store extérieur défectueux)

Etat : mauvais

Caractéristiques thermiques menuiseries :

Uw=5.8 W/m²K // Sw= 0.55 // TI = 0.5

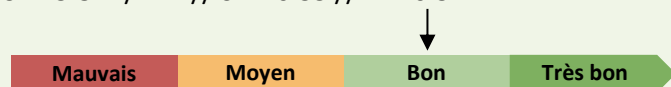


Figure 34 : Performance thermique des menuiseries

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

Fenêtre de toit :

Afin de diminuer les déperditions liées à cette fenêtre de toit, nous recommandons son remplacement par une fenêtre en double vitrage à contrôle solaire.

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

- $U_w \leq 1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $U_g < 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Sw (facteur solaire hors protection) = 0.4
- TI (transmission lumineuse) ≥ 0.6



Figure 38 : Exemple de vitrage à contrôle solaire Cool-Lite XTREME de Saint Gobain

Une réflexion architecturale sur la **protection solaire** à mettre en place est à mener. En effet, il serait possible d'installer un store extérieur neuf fonctionnant sur moteur, cependant, au vu de l'état du store actuellement en place, une autre possibilité pourrait être recherché. Ainsi, une protection solaire fixe pourrait être également envisagé, comme l'installation de grille esthétique (cf photo ci-dessous) qui permettrait de diminuer grandement les apports solaires tout en conservant une luminosité naturelle satisfaisante.

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



Figure 39 : Exemple de verrière avec protection solaire fixe

=====

Respect des conditions de CEE :

Le coefficient de transmission surfacique $U_w < 1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$

=====



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

1.4 Plancher bas

ETAT ACTUEL

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

Le rez-de-chaussée du bâtiment est situé sur vide sanitaire non-isolé.

Composition : Dalle Béton (20 cm)

Etat : Correct

Coefficient U : 3.12 W/m².K (calcul à partir de la méthode Th-U)



Figure 40 : 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: $R > 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

Planchers bas du R+1 donnant sur la rue :

La partie est du R+1 donnant sur un passage extérieur. Le plancher bas est composé d'une dalle béton de 15cm d'épaisseur et d'un flocage en sous face de 5 cm environ.



Figure 41 : Flocage en sous face sous R+1

Composition : Dalle Béton (15 cm) + flocage isolant (5cm)

Etat : Moyen

Coefficient U : 0.625W/m².K (calcul à partir de la méthode Th-U)

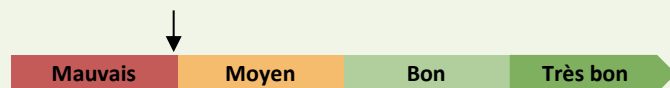


Figure 42 : Performance thermique du plancher bas

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 :

Pas de préconisation prévue sur ce plancher bas.

Planchers bas du R+1 donnant sur la rue :

La mise en œuvre d'un isolant de type laine de roche d'environ **14 cm** ($R > 4.2 \text{ m}^2\text{K/W}$) paraît relativement simple et intéressante.

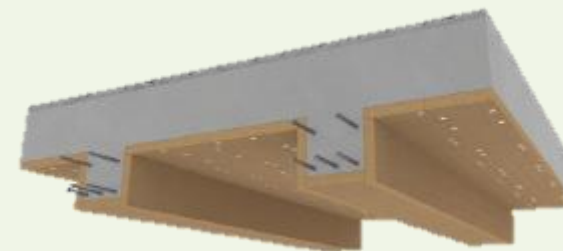


Figure 43 : Isolation en sous-face (type Rockfeu Therm ou équivalent)

=====

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 $2,1 \text{ m}^2\text{K/W}$

Le remplacement de la grille de désenfumage pourra être effectué par la même occasion.

1.5 Etanchéité à l'air

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
L'étanchéité à l'air de ce bâtiment est assez mauvaise. Aucun relevé à la porte soufflante n'a été effectué, mais l'étanchéité à l'air est estimée à $2,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ 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 de la légère 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 44 : isolation périphérique de soubassement, dans la continuité de l'ITE

1.7 Inertie thermique

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

2. Systèmes de ventilation

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Ventilation naturelle : La ventilation naturelle est permise par des fenêtres ouvrables. Comme le montre la photo ci-dessous, le principe le plus répandu est celui de menuiseries hautes oscillantes.  Figure 45 : Menuiseries ouvrables Aucune menuiserie n'est munie d'entrée d'air. L'absence de ventilation se fait recentrir dans les salles de classe occupées. ↓ Mauvais Moyen Bon Très bon Figure 46 : Performance énergétique de l'équipement Mauvais: Pas de système de ventilation autre qu'ouverture des fenêtres et/ou ventilation mécanique non fonctionnelle Moyen: présence de ventilation mécanique simple flux, débits cohérents Bon: ventilation double flux non optimisé Très bon: ventilation double flux haut rendement optimisé (efficacité, débits adaptés, faibles puissances de ventilateurs)	Ventilation : La ventilation naturelle est un bon <u>complément à une ventilation mécanique</u>, qui sera à conserver avec les nouvelles menuiseries. Dans le cadre d'une rénovation performante, il sera néanmoins nécessaire de mettre en place une ventilation 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. 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.

Sanitaires équipés de simple flux :

Un équipement simple flux a été relevé dans les édicules de toiture : il sert à ventiler les sanitaires.



Figure 47 : Bouches de ventilation simple flux :



Figure 48 : Edicule en toiture, caisson simple flux

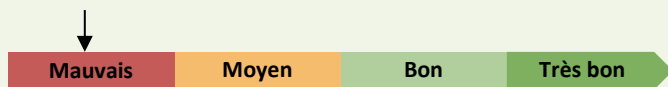


Figure 49 : Performance énergétique de l'équipement

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)

L'hypothèse prise en compte pour le chiffrage de cet audit est celui d'une CTA qui assurera un renouvellement d'air avec un débit global supérieur à 3000 m³/h.

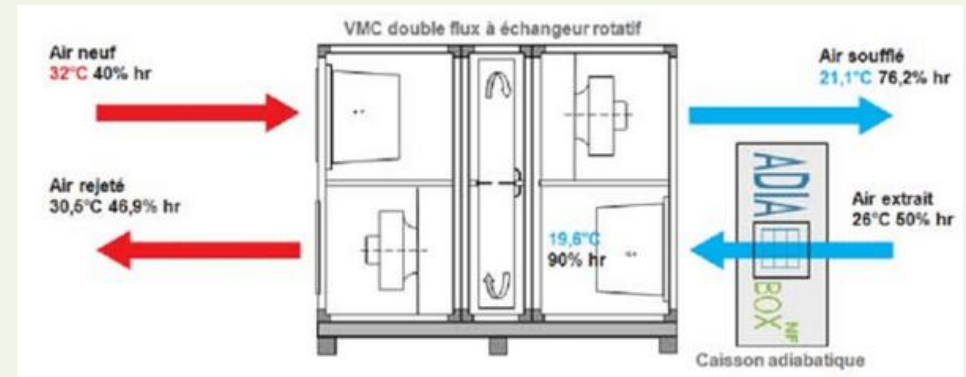


Figure 50 : Principe du rafraîchissement adiabatique indirect (système Adiabox)

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 de classe ou bureaux.**

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

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

En première approche, **75 brasseurs d'air** sont prévus dans le présent audit. Un brasseur d'air couvre environ le rafraîchissement d'une surface de 15m², il sera donc nécessaire de tripler leur mise en place dans certaines salles de classe.



Figure 51: Exemple de mise en place de brasseurs d'air dans une salle de classe

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 le bâtiment TD Langues 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. L'échangeur présent sur cette sous-station a une puissance de **100 kW**.



Figure 52 : 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 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 probablement dans le sous-sol, avec un circuit.

Etat : Correct

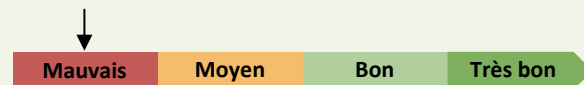


Figure 53 : Performance énergétique de la production

Mauvais: chauffage électrique direct ou chaudière gaz de plus de 20 ans, échangeur sans calorifuge

Moyen: générateur (chaudière ou pompe à chaleur) datant de 10 et 20 ans

Bon: générateur (chaudière ou pompe à chaleur) datant de 5 à 10 ans

Très bon: chaudière gaz condensation récente ou pompe à chaleur géothermique ou aérothermique de moins de 5 ans

Distribution/Régulation :

Une pompe est présente pour alimenter le circuit présent 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 mauvais sur la globalité du site.



Figure 54 : Absence d'isolation sur les éléments de réglage de la panoplie hydraulique

La température d'eau en sortie d'échangeur est pilotée via courbe de chauffe : loi d'eau sur la température extérieure.

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 62 : exemples de housses isolantes sur vannes

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



Figure 55 : Sonde Text

La gestion technique du bâtiment et l'éventuelle télégestion depuis un poste fixe n'ont pas pu être audités lors de notre visite.

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.

Possibilité d'équilibrage des réseaux eau chaude - en pied de colonne

A l'occasion d'une discussion avec les agents de maintenance CVC du campus, il a été évoqué pour eux la très grande difficulté de l'équilibrage des installations de chauffage. Il apparaît donc indispensable de remplacer, voire d'ajouter des vannes de réglage en pied de colonne pour permettre un équilibrage fin des colonnes des distributions de chauffage. Même s'il est impossible de quantifier le gain d'une telle intervention, les professionnels de ces interventions évoquent des gains pouvant aller jusqu'à 10-15 % des consommations de chauffage. Un gain de l'ordre de 5% nous paraît plus plausible ou à minima l'atteinte de niveaux de confort acceptables en hiver.



Figure 63 : Vanne de réglage

Emission radiateurs acier :

La quasi-intégralité du site est chauffée par des radiateurs en acier. Ces derniers sont munis de robinets thermostatiques lorsque qu'ils se situent dans les salles de classe (cependant, certains sont cassés). Certains sont équipés de bagues qui viennent bloquer les robinets dans une certains positions.



Figure 56 : Chauffage radiateurs en acier dans les salles de classes

Dans les circulations, les radiateurs sont manuels ou à vannes :



Figure 58 : Radiateurs circulations

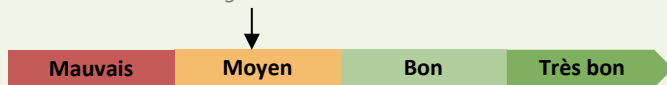


Figure 57 : Performance énergétique de l'émission

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)

Emission radiateurs :

La mise en place de radiateurs thermostatiques sur les radiateurs non équipés restants 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 °.

Il est intéressant d'équiper les robinets thermostatiques **de bagues bloquantes** afin de limiter les mauvais réglages de la part des occupants/étudiants.



Figure 64 : Robinets 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.

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 Multi-splits

Seules deux salles sont équipées de Splits/Multi-splits (pompe à chaleur réversible avec multiples unités intérieures) dans ce bâtiment : la salle des professeurs et la salle de gestion informatique.

Groupe extérieurs :

Les deux groupes extérieurs alimentant les salles se situent sur le balcon à côté de la salle des professeurs (façade sud) :



Figure 59 : Groupe extérieur

Ces groupes extérieurs ont les caractéristiques suivantes :

- Marque : Dalkin
- Modèle : RXS25CVMB
- Puissance Chaud/Froid : 0.935 kW / 0.695 kW
- Liquide frigorigène : A410

Production Chaud / Froid par Multi-splits

Ces équipements peuvent être conservés. Cependant, leur utilisation diminuera avec la mise en place de protections solaires, vitrages réfléchissants et brasseurs d'air.

Emissions :



Figure 60 : Emission de chauffage / climatisation dans la salle des professeurs

Ces appareils sont utilisés seulement pour du rafraichissement en juin-juillet-septembre.

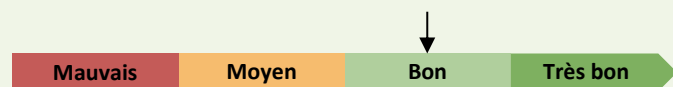


Figure 61 : Performance énergétique de l'émission

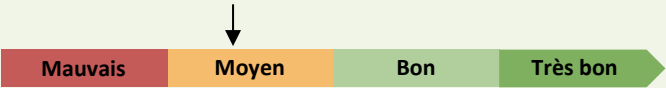
Mauvais: aucune régulation terminale sur les émetteurs

Moyen: présence de régulation terminale vétuste (plus de 15 ans)

Bon: présence de régulation terminale de moins de 15 ans

Très bon: présence de régulation terminale efficace et récente (moins de 5 ans)

3.2 ECS

ETAT ACTUEL	RECOMMANDATIONS
Production d'ECS : La production d'ECS n'est utilisée que par les personnels de ménage. Ainsi, il y a un ballon par étage situé dans les locaux de ménage. Ces ballons sont des ballons électriques « effet joule » décentralisés de 150L chacun (1600W). La sous-station n'alimente pas de ballon.  Figure 66 : un des ballons d'eau chaude sanitaire présent sur ce site  Figure 65 : 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	Production d'ECS : Le principe des ballons électriques décentralisés est intéressant sur cet établissement. Cependant, ils semblent surdimensionnés. Le remplacement de ces ballons par des ballons 50L ou 30L ou encore des préparateurs instantanés d'ECS pourrait être intéressant.

3.3 Eclairage

ETAT ACTUEL

Eclairage :

Les salles de cours sont éclairées avec des tubes fluorescents de type T8, peu performants. Les circulations sont équipées de LED sur interrupteurs.



Figure 67 : Tubes fluorescents T8 (droite) et LED (gauche)

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.



Figure 68 : Performance énergétique des éclairages

Mauvais: présence uniquement de sources lumineuses ancienne génération (incandescence, tubes fluorescents T8...)

Moyen: présence faible de luminaires performants (T5 ou LED), système de gestion adaptés

Bon: présence moyenne de luminaires performants (T5 ou LED), système de gestion adaptés

Très bon: présence importante ou unique de luminaires performants (T5 ou LED), système de gestion adaptés

RECOMMANDATIONS

Eclairage :

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

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

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

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

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

3.4 Autres équipements électriques

ETAT ACTUEL

Equipements informatiques :

Les consommations informatiques sont relativement moyennes sur cet établissement :

- 24 PC dans les 2 salles informatiques (48 PC)
- Un écran ou projecteur par salle de classe
- 4PC dans les locaux informatiques/salle de professeurs



Figure 69 : Salle informatique du TD langues

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 la salle des professeurs :

- Deux micro-ondes
- Un réfrigérateur
- Une machine à café



Figure 70 : Equipement de cuisine dans la salle des professeurs

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 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 présentés dans le tableau ci-dessous :

	2023	2024	2025
Chauffage (kWh RCU)	31 674	36 719	34 817
Electricité (kWh)	27 500	27 500	27 500
DJU à 18°C	1 761	1 643	1 694
DJE à 24°C	109	102	136
Chauffage (kWh DEET)	24 389	28 274	26 809
Ajustement chauffage (Acefchauf(n))	-854	969	84
Somme corrigée du DJU (Base : année moyenne)	51 035	56 743	54 393

L'année **2024** est l'année de référence pour cet établissement.

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 du bâtiment en 2023-2025 et les DJU associés pour chaque année.

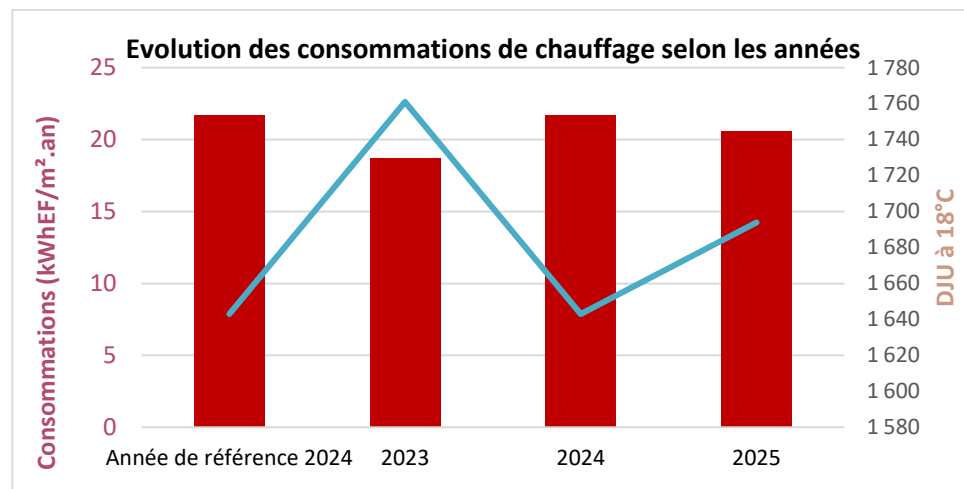


Figure 71 : Evolutions des consommations de chauffage entre l'année de référence et 2023-2025

Les consommations de chauffage sont relativement stables sur ces trois années : elles semblent avoir légèrement augmenté entre 2023 et 2024 puis à nouveau baissé en 2025.

La moyenne des consommations de chauffage (gaz uniquement) entre 2023 et 2025 pour le bâtiment s'élève à **21 kWhEF/m²_{SU}**, ce qui caractérise un **bâtiment moyennement isolé, non ventilé, relativement compacte, avec une intensité d'usage modérée** (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 TD Langues proviennent d'une extrapolation des consommations réelles d'une semaine en mai en 2026. Ces données paraissent cohérentes par rapport à la réalité. Ainsi les consommations électriques sont prises stables en 2023-2025, s'élevant à **16 kWhEF/m².an**, soit **37 kWhEP/m².an**.

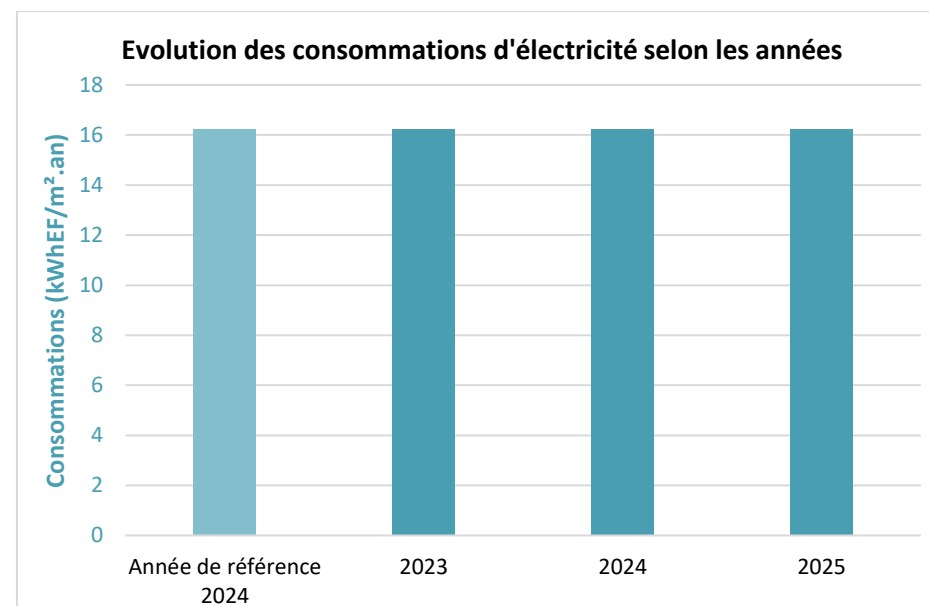


Figure 72 : Consommations électriques (énergie finale)

4. Dispositif Eco Energie Tertiaire

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

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

5. Analyse des consommations d'eau

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

Partie F Simulation thermique dynamique à l'état initial

1. Présentation de la modélisation

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

La version du logiciel utilisée est la version 6.26.4.0.

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

Le zonage thermique est présenté en [Annexe 2](#) et les détails de la STD en [Annexe 3](#).

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

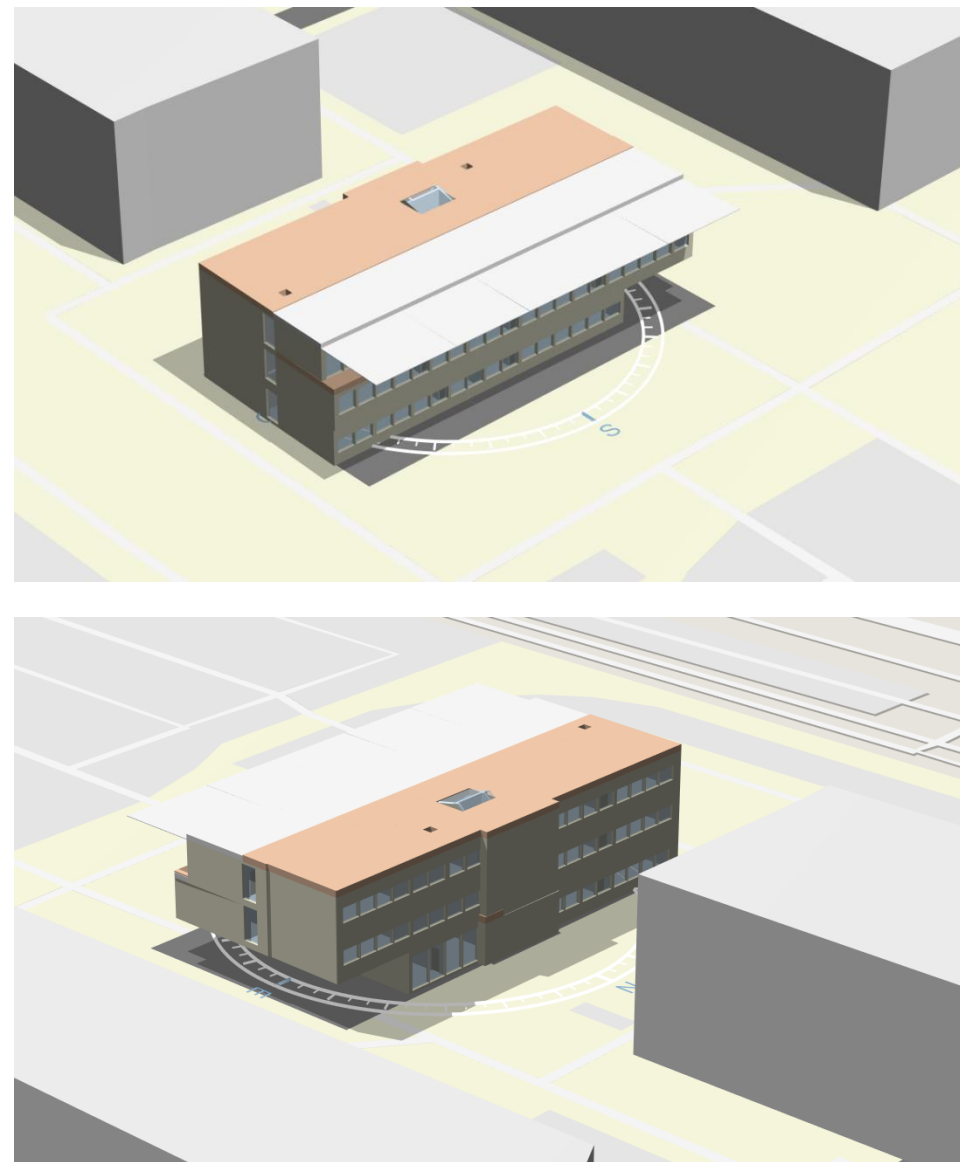


Figure 73 : Modélisation de l'établissement sur le logiciel Pléiades + Comfie

2. Déperditions

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

On obtient un total de déperditions de 74 kW, soit 44 W/m² caractérisant un niveau **globalement moyen d'isolation** (quelques reprises ponctuelles d'isolation : toiture, doublage, etc.) avec des **déperditions importantes de menuiseries**. La majorité des déperditions est due aux menuiseries extérieures en simple vitrage (représente 44% du total). Les murs extérieurs et le plancher bas sont les deuxièmes postes de déperditions avec 15%. Les ponts thermiques représentent 10 % des déperditions ; les infiltrations 7%. Les déperditions par du plancher haut sont plus anecdotiques avec 8%.

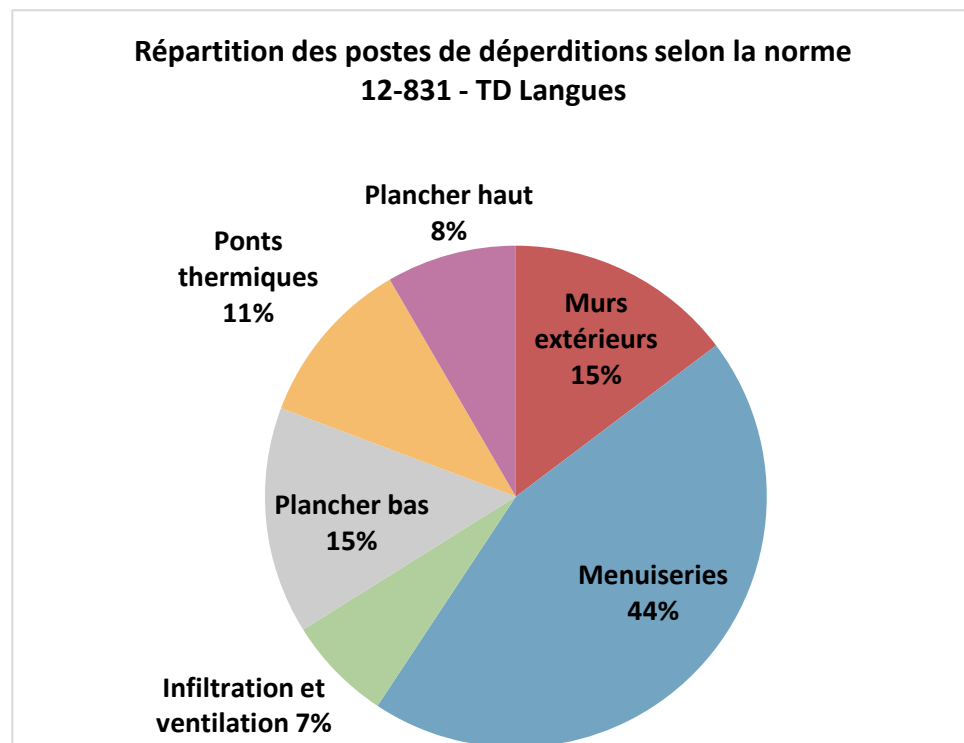


Figure 74 : Répartition des déperditions

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]	58 894
Consommations totales [kWhEP/m²SU.an]	54

Concernant les consommations de la sous-station, elles se montent à **20 kWh/DJU** dans la simulation pour **21 kWh/DJU** en moyenne sur 2023-2025 (avec un écart de 1%, ce qui est très peu).

Les consommations électriques sont de **24 MWh_{EF}** dans la simulation et **28 MWh_{EF}** sur la projection annuelle calculé sur une semaine (écart de 12%, mais sans fiabilité sur plusieurs années).

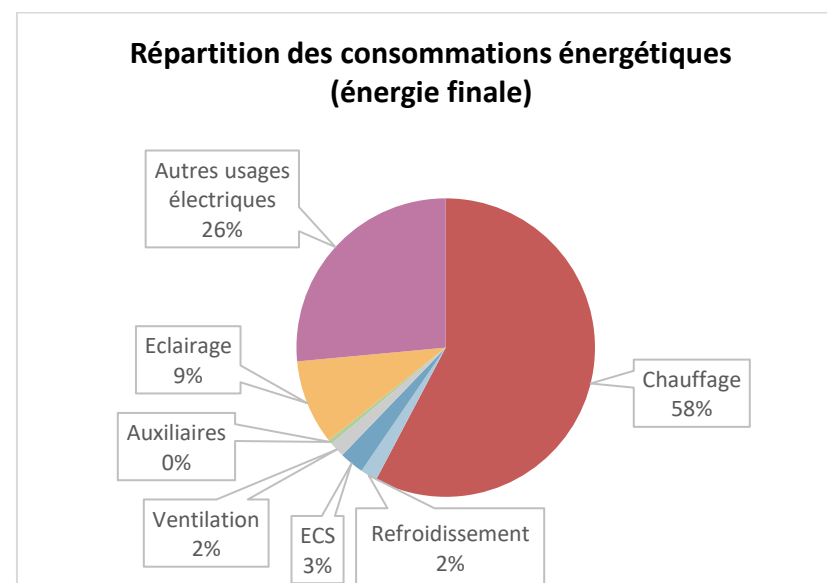


Figure 75 : Répartition des consommations énergétiques

Partie G Bilan des actions proposées

1. Présentation des actions de rénovation et bouquets de travaux

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

Postes	Actions proposées	Variante de travaux associée	Intégration dans les bouquets de travaux
Toiture	Isolation de la toiture + remplacement verrière et lanterneau	Travaux 1	Bouquet de travaux 2
Façades et menuiseries	Traitement de la façade Sud (murs rideaux et volet roulant) et BSO au R+2 Sud	Travaux 2	Bouquet de travaux 1
Façades	Traitement façade Nord - Ouest - Est	Travaux 3	Bouquet de travaux 2
Menuiseries	Remplacement des menuiseries Nord	Travaux 4	Bouquet de travaux 2
Ventilation	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	Travaux 5	Bouquet de travaux 1
EnR	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	Travaux 6	Bouquet de travaux 2
Chauffage	Intervention sous-station	Travaux 7	Bouquet de travaux 1
Plancher bas	Isolation du plancher bas sur rue	Travaux 8	Bouquet de travaux 2
Ventilation	Mise en place Unité de Traitement d'air	Travaux 9	Bouquet de travaux 2
Chauffage / Conso	Remplacement des robinets thermostatiques + Mise en œuvre d'une GTB	Travaux 10	Bouquet de travaux 1
ECS	Remplacement des ballons ECS	Travaux 11	Bouquet de travaux 2
Eclairage	Relamping	Travaux 12	Bouquet de travaux 2

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.**

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		91 259	-	58 894	-	54	35
Travaux 1	Isolation de la toiture + remplacement verrière et lanterneau	88 450	3%	56 213	5%	52	33
Travaux 2	Traitement de la façade Sud (murs rideaux)	85 270	7%	53 172	10%	50	31
Travaux 3	Traitement façade Nord - Ouest - Est	87 323	4%	55 015	7%	52	32
Travaux 4	Remplacement des menuiseries Nord	88 176	3%	55 412	6%	52	33
Travaux 5	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	96 227	-5%	61 054	-4%	57	36
Travaux 6	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	40 255	56%	36 719	38%	24	22
Travaux 7	Intervention sous-station	87 409	4%	55 263	6%	52	33
Travaux 8	Isolation du plancher bas sur rue	89 867	2%	57 501	2%	53	34
Travaux 9	Mise en place Unité de Traitement d'air	105 748	-16%	66 423	-13%	62	39
Travaux 10	Remplacement des robinets thermostatiques + Mise en œuvre d'une GTB	90 252	1%	57 901	2%	53	34
Travaux 11	Remplacement des ballons ECS	89 742	2%	58 240	1%	53	34
Travaux 12	Relamping	88 308	3%	57 728	2%	52	34

La principale source d'économie d'énergie est mise en œuvre des panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation : 38% (avec un taux d'autoconsommation d'environ 23%¹). Le traitement de la façade Sud (murs rideaux) et de la façade nord (isolation et menuiseries) représente 10% et 13% (7%+6%) de baisse des consommations. La mise en place d'une isolation de la toiture a un relativement faible impact pour ce bâtiment : 5% de baisse des consommations. L'intervention en sous-station représente 6% de gain, les autres interventions sont plus anecdotiques.

¹ En considérant, à l'échelle du site, 100% d'autoconsommation le gain en énergie finale ne s'établit pas à 38% mais à 164%.

3.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO2 (kg _{CO2} /m ² . an)	Gain annuel sur les tonnes de CO2 en %
Etat initial		3,2	
Travaux 1	Isolation de la toiture + remplacement verrière et lanterneau	3,0	5%
Travaux 2	Traitement de la façade Sud (murs rideaux)	2,8	12%
Travaux 3	Traitement façade Nord - Ouest - Est	3,0	8%
Travaux 4	Remplacement des menuiseries Nord	3,0	8%
Travaux 5	Mise en œuvre de brasseurs d'air plafonniers	3,3	-3%
Travaux 6	Mise en œuvre de panneaux solaires photovoltaïques	3,2	0%
Travaux 7	Intervention sous-station	3,0	7%
Travaux 8	Isolation du plancher bas sur rue	3,1	3%
Travaux 9	Mise en place Unité de Traitement d'air	3,6	-11%
Travaux 10	Remplacement des robinets thermostatiques + Mise en œuvre d'une GTB	3,1	2%
Travaux 11	Remplacement des ballons ECS	3,2	1%
Travaux 12	Relamping	3	0%

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

Le montant des travaux sur le bouquet de travaux 2 s'établit au-dessus de 2 M€ HT, avec un temps de retour très important, du fait d'une isolation préexistante sur ce bâtiment datant de 1995..

4.3 Analyse Carbone

		Emissions de CO2 (kg _{CO2} /m ² .an)	Gain annuel sur les tonnes de CO2 en %
Etat initial		3,2	-
Bouquet de travaux 1	Façade Sud + Brasseurs d'air + Calo. + Rob. Thermo. + GTB	2,6	18%
Bouquet de travaux 2	Bouquet de travaux 1 + Toiture + Façades EST-OUEST-NORD + Menuiseries Nord + PV + Plancher bas + CTA + ECS + LED	1,9	42%
Bouquet de travaux 3	Bouquet de travaux 2	1,9	42%

La baisse des émissions de CO₂ serait assez forte avec le bouquet de travaux 2 à un niveau d'émission à 1,9 kg_{CO2}/m².an.

4.4 Confort d'été

Le bâtiment d'enseignement TD Langues est à l'heure actuelle **extrêmement inconfortable** en été. En effet, les occupants souffrent de surchauffes importantes. Ainsi, outre de diminuer les consommations énergétiques, les travaux proposés sur ce bâtiment ont pour but d'**améliorer le confort d'été**.

Les résultats de l'état initial et des bouquets de travaux sont les suivants :

Zones étudiées	Etat initial	Bouquet de travaux 1	Bouquet de travaux 2	Bouquet de travaux 3
Zones	Taux d'inconfort en occupation (%)	Taux d'inconfort en occupation (%)	Taux d'inconfort en occupation (%)	Taux d'inconfort en occupation (%)
Z07_RDC_TD Nord	48,0%	6,4%	4,4%	4,4%
Z08_RDC_TD_Sud	47,8%	3,4%	3,8%	3,8%
Z09_Salle thèse RDC	48,7%	3,0%	3,9%	3,9%
Z10_R+1_TD_Nord	52,7%	8,6%	16,1%	16,1%
Z11_R+1_TD_Sud	69,8%	6,7%	15,6%	15,6%
Z13_R+1_Bureau	38,9%	6,0%	9,2%	9,2%
Z14_R+2_TD_Nord	63,2%	10,6%	10,0%	10,0%
Z15_R+2_TD_Sud	44,0%	5,3%	9,7%	9,7%
Z16_R+2_Salle_des_profs	5,9%	0,3%	0,4%	0,4%
Z17_R+2_Bureau	6,9%	0,3%	1,6%	1,6%

A l'état initial les taux d'inconfort en occupation sont de l'ordre de 50%, cela confirme qu'il y a un problème de confort très important sur ce bâtiment durant la moitié de l'année.

Après travaux, le taux d'inconfort en occupation est pratiquement divisé par 3, voire plus.

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.

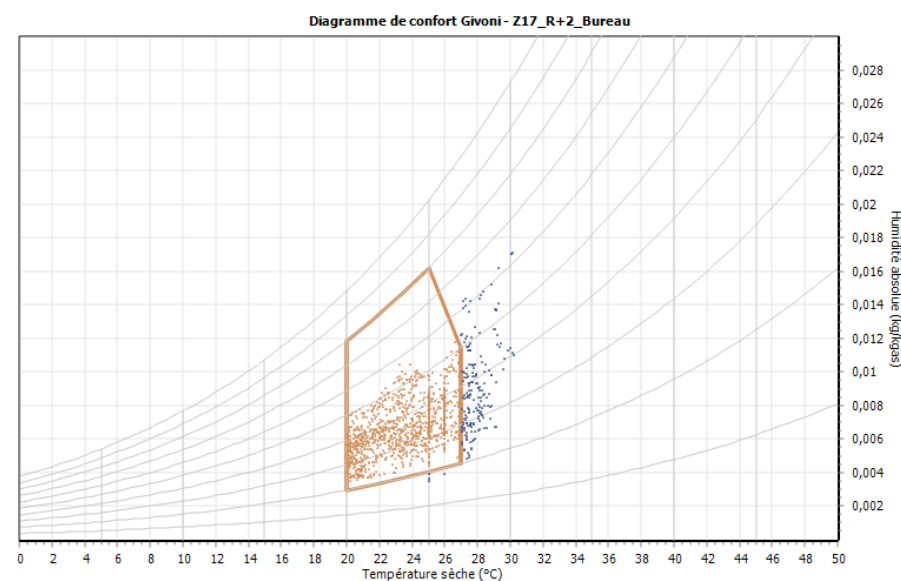


Figure 76 : Diagramme de Givoni de la zone 17 – Bureau R+2 (climatisé)

Partie H Annexes

Annexe 1 : Locaux visités

L'intégralité des locaux de l'établissement n'ont pas pu être visités :

- Certaines salles de classes occupées lors de la visite

Annexe 2 : Détails de la STD

Le zonage retenu est le suivant :

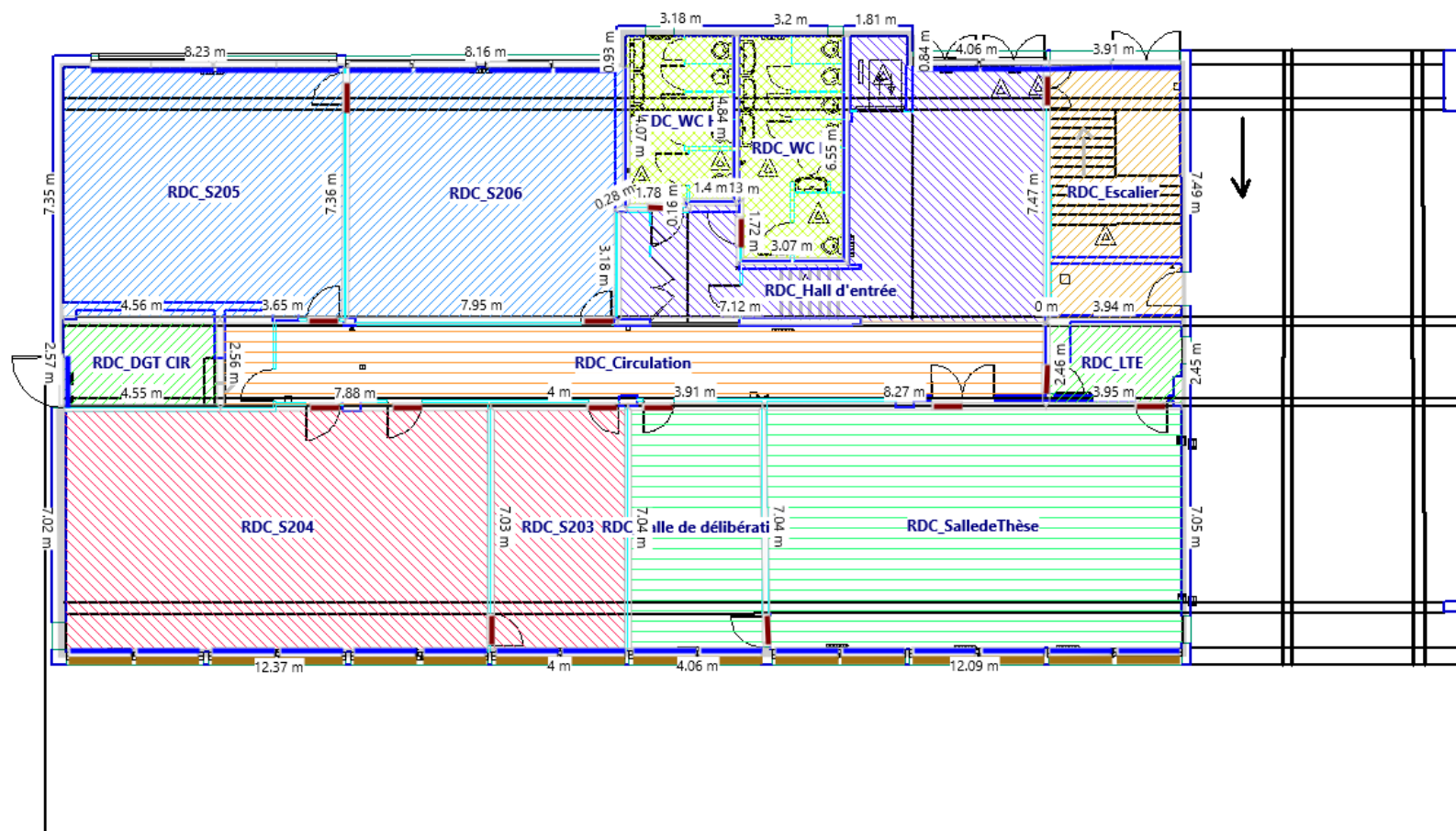


Figure 77 : Plan de zonage du rez-de-chaussée

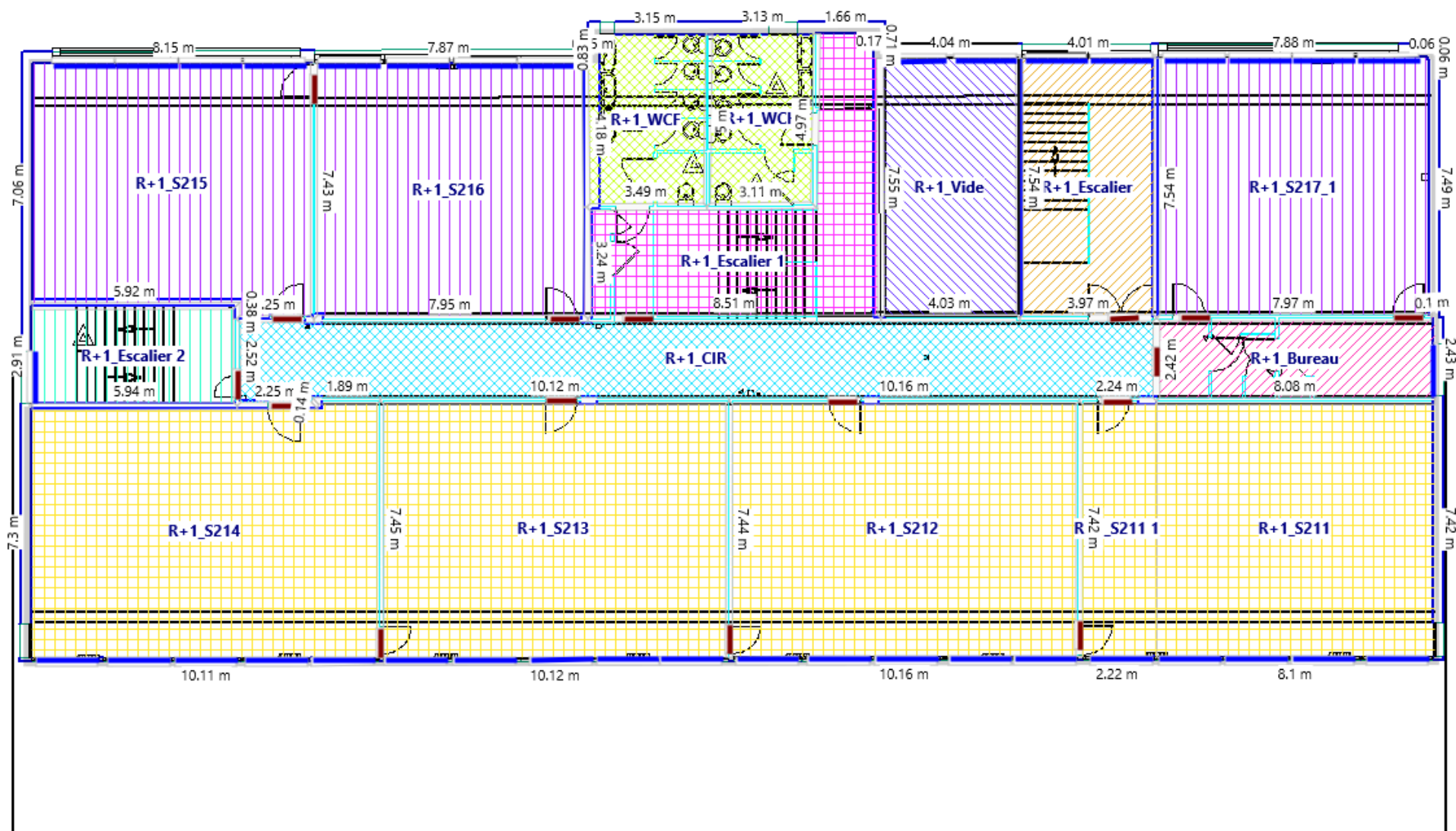


Figure 78 : Plan de zonage du R+1



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

Pièce	Surface (m²)	Volume (m³)	Parois opaques	Baies et portes	Ponts	Conduction	VMC	Infiltration	Déperditions	Total	Total (W/m²)
RDC_S204	85,21	301,63	1 915	1 130	527	3 572	72	376	4 021	4 021	47
RDC_S203	26,34	93,25	543	377	158	1 078	22	116	1 216	1 216	46
RDC_Salle de délibération	26,27	92,98	544	377	159	1 079	22	116	1 217	1 217	46
RDC_Salle de Thèse	83,75	296,48	1 901	1 130	525	3 556	71	370	3 997	3 997	48
RDC_DGT CIR	10,54	37,30	228	362	149	740	13	70	823	823	78
RDC_Circulation	55,73	197,27	946	0	0	946	24	123	1 093	1 093	20
RDC_LTE	8,68	30,73	238	0	126	364	4	19	386	386	45
RDC_S206	57,19	202,44	1 117	753	318	2 188	49	252	2 490	2 490	44
RDC_S205	58,90	208,51	1 399	753	533	2 686	50	260	2 996	2 996	51
RDC_WC F	19,15	67,81	914	0	141	1 054	8	42	1 105	1 105	58
RDC_WC H	14,50	51,33	979	0	221	1 200	6	32	1 238	1 238	85
R+1_S214	72,36	225,05	416	2 174	288	2 877	54	281	3 212	3 212	44
R+1_S213	72,92	226,78	206	2 174	212	2 591	55	283	2 929	2 929	40
R+1_S212	73,02	227,10	204	2 174	212	2 590	55	283	2 928	2 928	40
R+1_S211	74,77	232,54	1 250	2 174	345	3 768	56	290	4 114	4 114	55
R+1_CIR	58,44	181,75	0	0	0	0	22	113	135	135	2
R+1_Bureau	17,71	55,07	307	362	163	832	13	69	914	914	52
R+1_S215	56,77	176,57	376	753	343	1 472	42	220	1 734	1 734	31
R+1_S216	56,44	175,54	150	753	230	1 133	42	219	1 394	1 394	25
RDC_Hall d'entrée	59,39	312,23	1 546	1 426	475	3 447	75	389	3 911	3 911	66
R+1_S217_1	58,50	181,93	1 230	753	361	2 345	44	227	2 615	2 615	45
R+1_WCF	16,12	50,15	611	0	254	865	6	31	903	903	56
R+1_WCH	14,27	44,38	506	0	150	656	5	28	689	689	48
R+1_S212_1	44,82	147,44	568	1 634	126	2 328	35	184	2 547	2 547	57
R+2_S224	44,40	146,09	563	1 634	126	2 322	35	182	2 540	2 540	57
R+2_S225	45,37	149,26	745	1 634	326	2 705	36	186	2 927	2 927	65
R+1_S211 1_1	47,48	156,20	787	1 678	331	2 796	38	195	3 029	3 029	64
R+1_S212_2	44,98	147,99	570	1 634	126	2 330	36	185	2 550	2 550	57
R+1_Escalier 2_1	0,00	115,66	257	783	329	1 369	42	216	1 627	1 627	
R+1_CIR_1	59,63	196,17	532	0	0	532	24	122	678	678	11
R+1_Bureau_1	17,71	58,26	194	362	281	837	14	73	924	924	52
R+2_S226	56,77	186,79	865	753	493	2 112	45	233	2 390	2 390	42
R+2_S227	56,44	185,70	629	753	262	1 645	45	232	1 921	1 921	34
R+1_Escalier 1_1	5,46	17,96	51	0	0	51	2	11	65	65	12
R+1_Escalier 1	33,93	159,97	442	940	230	1 612	38	199	1 850	1 850	55

R+1_CIR_3	13,85	46,02	520	126	262	908	17	86	1 011	1 011	73
R+2_S228	28,57	93,99	321	436	121	877	34	176	1 087	1 087	38
RDC_Escalier	28,23	306,52	1 183	1 802	692	3 677	74	382	4 133	4 133	146
R+2_S229	58,50	192,46	880	753	616	2 250	46	240	2 536	2 536	43
R+1_WCF_1	16,15	53,51	784	95	311	1 190	19	100	1 309	1 309	81
R+1_WCH_1	14,29	49,28	633	510	199	1 343	18	92	1 453	1 453	102

Annexe 3 : Consommations de la STD

	TRAVAUX (kWh EF)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	33 998	1 069	1 566	5 407	284	978	15 592	0
Travaux 1	31 415	1 044	1 556	5 356	272	978	15 592	0
Travaux 2	28 481	903	1 568	5 666	271	691	15 592	0
Travaux 3	30 163	1 075	1 545	5 407	255	978	15 592	0
Travaux 4	30 209	1 121	1 558	5 690	261	981	15 592	0
Travaux 5	33 998	1 069	1 566	5 407	284	3 138	15 592	0
Travaux 6	33 999	1 076	1 566	5 407	284	978	15 592	96 447
Travaux 7	30 535	1 069	1 566	5 407	116	978	15 592	0
Travaux 8	32 604	1 077	1 565	5 407	278	978	15 592	0
Travaux 9	36 173	1 021	1 561	5 407	238	6 431	15 592	0
Travaux 10	33 016	1 069	1 566	5 407	273	978	15 592	0
Travaux 11	34 008	1 069	902	5 407	284	978	15 592	0
Travaux 12	34 205	1 065	1 566	4 036	286	978	15 592	0

	BOUQUET DE TRAVAUX (kWh EF)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	33 998	1 069	1 566	5 407	284	978	15 592	0
Bouquet de travaux 1	24 291	903	1 569	5 666	140	3 120	15 592	0
Bouquet de travaux 2	10 100	1 285	843	4 872	76	8 494	15 592	96 447
Bouquet de travaux 3	10 100	1 285	843	4 872	76	8 494	15 592	96 447

	TRAVAUX (kWh EF/m²)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	20,1	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 1	18,5	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 2	16,8	0,5	0,9	3,3	0,2	0,4	9,2	0,0
Travaux 3	17,8	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 4	17,8	0,7	0,9	3,4	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 5	20,1	0,6	0,9	3,2	0,2	1,9	9,2	0,0
Travaux 6	20,1	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	56,9
Travaux 7	18,0	0,6	0,9	3,2	0,1	0,6	9,2	0,0
Travaux 8	19,2	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 9	21,4	0,6	0,9	3,2	0,1	3,8	9,2	0,0
Travaux 10	19,5	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 11	20,1	0,6	0,5	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Travaux 12	20,2	0,6	0,9	2,4	0,2	0,6	9,2	0,0

	BOUQUET DE TRAVAUX (kWh EF/m²)							
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Auxiliaires de distribution	Ventilation	Usage spécifique	PV
Etat initial	20,1	0,6	0,9	3,2	0,2	0,6	9,2	0,0
Bouquet de travaux 1	14,3	0,5	0,9	3,3	0,1	1,8	9,2	0,0
Bouquet de travaux 2	6,0	0,8	0,5	2,9	0,0	5,0	9,2	56,9
Bouquet de travaux 3	6,0	0,8	0,5	2,9	0,0	5,0	9,2	56,9

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 à vivre ou espace accueillant des éléments techniques.
Rampant	Partie en pente de la face intérieure du toit.
Faux-plafond	Ou plafond suspendu est un plafond situé sous le plancher principal. Constitué généralement de matériaux légers comme des plaques de plâtre fixés sur une structure métallique.
Mur ou façade rideau	Type de façade légère qui assure la fermeture de l'enveloppe du bâtiment sans participer à sa stabilité Les panneaux sont appuyés devant les nez de plancher, étage par étage, sur un squelette fixe.
Mur ou façade semi-rideau	Constituée de deux parois, une intérieure lourde et l'autre extérieure légère, elle n'existe que lorsque la structure du bâtiment comporte des allèges en béton ou 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 disposé dans chaque pièce, et réglables manuellement selon les besoins.
Sonde ou registre CO ₂	Permet la modulation des débits d'air en fonction du taux de CO ₂ mesuré dans le local.
Détection de présence	Permet la modulation des débits d'air en fonction de l'occupation dans le local (sensible à la chaleur dégagée ou aux mouvements des occupants).
Eclairage	
Incandescent	Une lampe à incandescence est un luminaire qui éclaire en portant à incandescence par effet Joule un filament de tungstène. Ainsi, le filament émet de la lumière et de la chaleur par incandescence.
Halogène	Luminaire dont l'atmosphère gazeuse contient un halogène et qui permet un éclairage progressif.

Fluorescent	Lampe électrique de forme tubulaire.
Fluo-compact (LFC)	C'est un tube fluorescent dont le tube est miniaturisé, plié en deux, trois ou quatre, ou encore enroulé, doté d'un culot contenant un ballast électronique pour les lampes fluocompactes récentes, ou un ballast ferromagnétique pour les anciennes lampes fluocompactes.
LED	« Light Emitting Diode », également appelée DEL « Diode électroluminescente » est un dispositif opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.
Ballast	Dispositif interposé entre l'alimentation et une ou plusieurs lampes à décharge et qui sert principalement à limiter le courant dans le circuit électrique. Un ballast peut aussi comporter un transformateur de la tension d'alimentation, des éléments de correction du facteur de puissance et peut, seul ou en combinaison avec un dispositif d'amorçage, assurer les conditions requises pour l'amorçage de la ou les lampes.
Eclairement	L'éclairement en un point d'une surface est le quotient du flux f reçue par un élément de la surface contenant le point, par l'aire A de cet élément. $E=f/A$, unité : lux (lumen/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.