BÂTIMENT LE DIAPASON
DIJON
- Audit énergétique Décret Tertiaire -

25/09/2024 - Version 1.3 Rédacteur : JBF

B27-Carbonext
2 rue René Char 21000 DIJON

www.b27.fr
contact-carbonext@b27.fr

Code NAF (APE) 7112B - SASU au capital social de 8000 €
Siret : 88112992800027 - N° TVA FR19881129928

Sommaire

1. Synthèse de l'audit
2. Introduction
3. Présentation de l'état actuel
4. Actions de performance énergétique
5. Bouquet de travaux
6. Conclusion

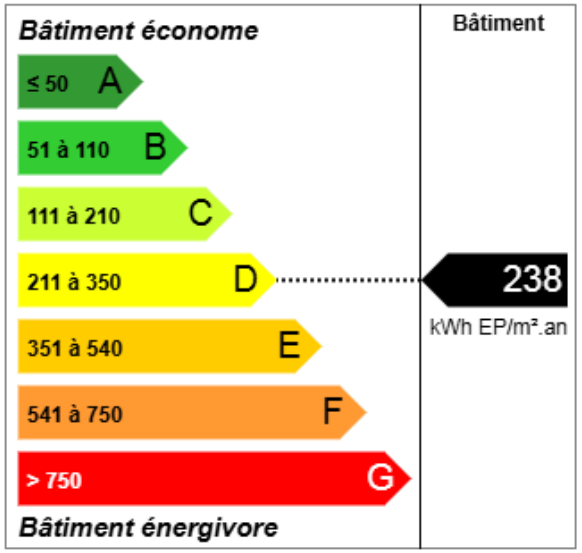
SYNTHESE DE L'ETAT EXISTANT

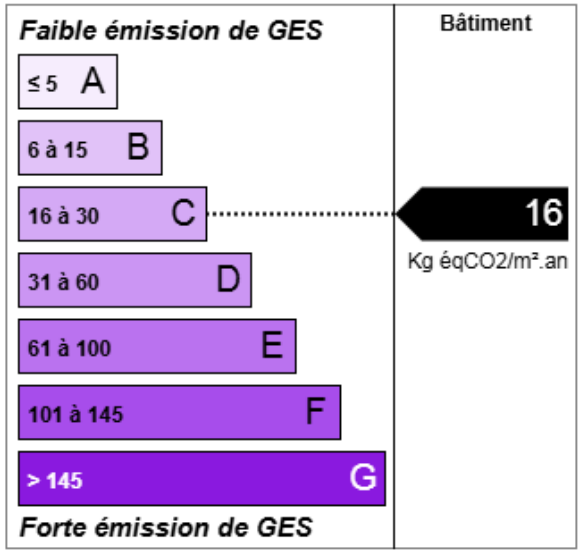
Bâtiment	Année de construction	Niveaux	Surface utile	Usage
Le Diapason	2007	R+4	6 389 m²	Bureau

Année	Energie	Consommation annuelle	Facture Part énergie
Référence Décret Tertiaire **Novembre 2021 à Octobre 2022**	**Réseau de chaleur**	**707 MWh**	**29 k€HTVA**
	Electricité	**353 MWh**	**42 k€HTVA**

Vue aérienne

Entrée publique





Cette étiquette n'a pas valeur de DPE

TRAVAUX D'AMÉLIORATION ET SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le site audité, Le Diapason, a été construit en 2008. D'une surface utile de 6389 m², il est soumis au **Décret Tertiaire** exigeant la réalisation d'économies d'énergie d'ici 2030, 2040 et 2050.

Actuellement occupé par l'ARS, le bâtiment est sous-occupé. Il est donc prévu une densification de l'occupation qui fait l'objet, en parallèle de cet audit, d'un diagnostic. Nous avons intégré dans cet audit la future occupation, à partir du bouquet de travaux n°2, en se basant sur un des scénarios d'aménagement intérieur (scénario 1). Il prévoit également la remise en service du restaurant.

Ainsi, dans ce contexte, nous proposons de vérifier la conformité aux exigences fixées à l'échéance 2030 sur la base des valeurs absolues, qui prend en compte l'occupation du bâtiment. A ce jour, seules les valeurs de l'échéance 2030 sont parues par arrêté, nous ne pourrons donc pas vérifier la conformité pour les autres échéances (2040 et 2050).

Nous proposons **plusieurs scénarios de travaux** dans ce rapport, progressifs et basés sur une approche conjuguant amélioration thermique, meilleure régulation des équipements et optimisations de l'efficacité des systèmes techniques, afin de trouver un équilibre entre maîtrise des consommations d'énergie et qualité d'usage du site.

Le **scénario 1** se base sur les travaux déjà prévu à l'été 2024, sans modification de l'occupation:

- Calorifuge des points singuliers en sous-station
- Régulation terminale des radiateurs par le remplacement des têtes thermostatiques et installation de sonde d'ambiance et de pilotage centralisée par zone
- Régulation des groupes d'eau glacée sur la température extérieure
- Mise en place d'une programmation horaire sur les centrales de traitement d'air.

Il permet **un gain énergétique de 16%** par rapport à l'année de référence.

Le **scénario 2** prend en compte la densification et ajoute une amélioration de l'efficacité des systèmes techniques et une meilleure gestion/régulation. Il permet une **réduction de 23% par rapport à l'année de référence.** Il prévoit, en plus du scénario 1 :

- Remplacement des centrales de traitement d'air et des bouches de soufflage/reprise pour répondre aux nouveaux besoins de ventilation du bâtiment
- Mise en place de sonde CO2 dans les salles de réunion pour une gestion des débits en fonction de l'occupation
- Remplacement des pompes (primaire et secondaires) des réseaux de chauffage par des pompes à débits variables à régulation électronique
- Installation des thermostats programmables pour toutes les pièces climatisées à occupation passagère (salles de réunion)
- Installation d'une GTB pour répondre au décret BACS.
- Remplacement des luminaires par des dalles LED dans l'ensemble des locaux avec gestion en fonction de la lumière naturelle (gradation assurant un éclairement constant)

TRAVAUX D'AMÉLIORATION ET SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le **scénario 3** propose d'améliorer la performance thermique des vitrages et des murs rideaux ce qui permet de **réduire les consommations de 31%** par rapport à l'année de référence.

Le **scénario 4** prend en compte la mise en place d'une centrale photovoltaïque de 212 m² et anticipe une réfection future de la toiture terrasse du R+4 sur laquelle sera installée des panneaux solaires. Il offre un **gain énergétique de 36% par rapport à l'année de référence et surtout d'atteindre le seuil 2030 en valeurs absolues.**

Le **scénario 5** reprend les travaux d'amélioration du confort d'été proposés dans l'étude afférente à savoir la mise en place de caissons de rafraichissement adiabatique et un système de free-cooling nocturne sur les centrales de traitement ainsi que la mise en place de protections solaires adaptées (brise-soleils et casquette). Il offre un **gain énergétique de 35% par rapport à l'année de référence et permet d'être toujours conforme au seuil 2030 en valeurs absolues.**

	Bilan Energie Finale tous usages			Vision décret tertiaire								Emissions de gaz à effet de serre			Etiquettes DPE		Coût d'exploitation (Energie+Abonnement+Maintenance)	
					Valeurs relatives			Valeurs absolues										
	MWh/an	kWh/m².an		% vs Créf	2030	2040	2050	Cef	2030	2040	2050	$kgCO_2/m^2.an$	tCO_2/an		Energie	GES	€HTVA/an	
ANNEE DE REFERENCE (2020) = Créf	1059	165.81										16.14	103.13		D	C	100 279 €	
OBJECTIF DECRET TERTIAIRE					-40%	-50%	-60%		701	0	0							
BASE - ETAT ACTUEL	1039	162.67		-2%	✗	✗	✗	1039.27	✗	?	?	15.73	100.47		D	B	99 055 €	

BOUQUET DE TRAVAUX	Investissement (€HTVA)	Aides financières (€)	Reste à charge (€HTVA)	Différence de consommation énergétique vs Etat actuel											Différence d'émission de GES			Etiquettes DPE		Différence de coût d'exploitation		Tps de retour brut (années)	Tps de retour actualisé (années)
								Valeurs relatives			Valeurs absolues												
				MWh/an	kWh/m².an	% vs Base	% vs Créf	2030	2040	2050	Cef	2030	2040	2050	$kgCO_2/m^2.an$	tCO_2/an	%	Energie	GES	€HTVA/an			
BOUQUET 1 : Travaux Eté 2024	58 300 €	4 800 €	53 500 €	-147	-22.97	-14%	-16%	✗	✗	✗	893	✗	?	?	-2.62	-16.73	-17%	D	B	-6 000 €	-6%	9	9
BOUQUET 2 : Ajout densification/syst. Technique	720 600 €	39 800 €	680 800 €	-224	-34.99	-22%	-23%	✗	✗	✗	816	✗	?	?	-3.74	-23.88	-24%	C	B	-11 993 €	-12%	> 30	29
BOUQUET 3 : Ajout amélioration bâti	2 176 100 €	65 200 €	2 110 900 €	-305	-47.66	-29%	-31%	✗	✗	✗	735	✗	?	?	-5.17	-33.03	-33%	C	B	-19 411 €	-20%	> 30	> 30
BOUQUET 4 : Ajout travaux Toiture R+4 + Photovolt.	2 436 500 €	70 000 €	2 366 500 €	-358	-56.07	-34%	-36%	✗	✗	✗	681	✓	?	?	-5.87	-37.54	-37%	C	B	-19 319 €	-20%	> 30	> 30
BOUQUET 5 : Ajout amélioration du confort d'été	3 019 300 €	70 000 €	2 949 300 €	-348	-54.42	-33%	-35%	✗	✗	✗	692	✓	?	?	-5.57	-35.56	-35%	C	B	-20 258 €	-20%	> 30	> 30
BOUQUET 6 : Conformité 2050	4 568 100 €	145 200 €	4 422 900 €	-631	-98.74	-61%	-61%	✓	✓	✓	408	✓	?	?	-11.09	-70.82	-70%	C	A	-19 410 €	-20%	> 30	> 30

A ce stade, seuls les bouquets 3 et 4 permettent d'être conforme à l'échéance 2030 du décret tertiaire.

Les valeurs absolues pour les échéances 2040 et 2050 n'étant pas encore connues, il est difficile pour l'heure de proposer des solutions adaptées pour s'y conformer. En revanche, il y a de fortes chances que des travaux plus conséquents seront à réaliser comme la substitution du réseau de chaleur par une pompe à chaleur ayant une performance élevée, l'isolation des façades par l'extérieur, des toitures restantes et l'ajout d'une surface supplémentaire de modules photovoltaïques. C'est l'objet du bouquet 6 qui permet d'obtenir un gain de 61%.

Toutefois, il sera possible de déposer une demande de modulation des objectifs 2040 et 2050 auprès des autorités, appelé dossier technique, pour arguer d'une disproportion économique des travaux, notamment si le temps de retour sur investissement dépasse 30 ans pour les actions relatives à l'amélioration de l'enveloppe thermique bâti et 15 ans pour celles sur les équipements techniques.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET OBJECTIFS POURSUIVIS

Dans le cadre de l'obligation émanant de la directive européenne de l'efficacité énergétique (2012/27/EU) transposée en droit français dans le code de l'énergie, le bâtiment Le Diapason occupé par l'ARS situé au 2 place des Savoirs à Dijon accueillant les locaux à usage tertiaire est assujetti à l'arrêté du 23 juillet 2019, texte précisant les modalités de mise en œuvre de l'obligation d'actions de réduction des consommations d'énergie dans les bâtiments à usage tertiaire. Ainsi, le propriétaire souhaite réaliser au préalable un **audit énergétique** afin d'établir un état initial (situation de référence) et de proposer un plan d'actions de performance énergétique en vue de répondre à ces engagements de réduction des consommations et de maîtrise budgétaires de l'énergie.

L'audit se décompose en 5 phases distinctes:

- **A** •1 - Collecte préalable des renseignements
- **U** •2 - Modélisation et analyse énergétique
- **D** •3 - Propositions d'améliorations, hiérarchisation des solutions et montage financier
- **I** •4 - Analyse des opportunités de recourir aux énergies renouvelables
- **T** •5 - Rédaction du rapport et restitution des résultats

La visite du site a été réalisée le 15 mai 2024.

Le but de cet audit est triple :

- augmenter le confort de vie du bâtiment. Ce confort est aussi bien thermique que visuel, acoustique, olfactif…
- diminuer les consommations d'énergie et de ressources : électricité et réseau de chaleur.
- Se conformer à la réglementation dont est assujetti l'immeuble et atteindre les objectifs fixés aux échéances de 2030, 2040 et 2050.

Cet audit énergétique vise donc à mettre en évidence les points forts et faibles du bâtiment en termes de confort et de consommations énergétiques.

Il passe par une analyse fine des données techniques et comportementales du site. Il en ressort une série de réponses aux problèmes soulevés, chacune s'étayant d'une proposition de travaux, évaluée en investissement, en gains de confort et d'énergie.

Il est ensuite proposé une hiérarchisation des travaux selon leur niveau d'urgence et leur impact énergétique et environnemental.

L'audit s'établit principalement sur les relevés suivants :

- caractéristiques constructives du bâtiment : plans, modes constructifs, qualité des matériaux et composants.
- systèmes techniques qui le composent : chauffage, ventilation, éclairage…
- utilisation propre : fréquentation, type activités pratiquées, plannings.

PRÉSENTATION DES OUTILS UTILISÉS

La présente étude a nécessité l'utilisation des outils et logiciels suivants:

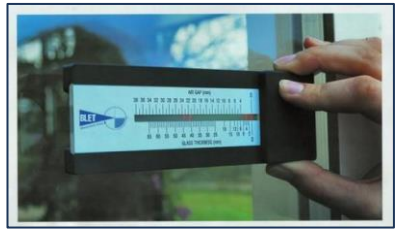
Thermographie infrarouge

Transmission thermique à travers les parois extérieures

Température des réseaux

Températures et humidité d'ambiance

Composition des vitrages



Débit de ventilation

Modélisation 3D et Simulation énergétique

PLEIADES

Logiciel basé sur le moteur

MINES ParisTech

DOCUMENTS MIS À NOTRE DISPOSITION :

Voici la liste des éléments transmis par la maîtrise d'ouvrage :

- Les plans au format dwg (niveaux)
- Synthèse des consommations du réseau de chaleur de janvier 2021 à avril 2024
- Synthèse des consommations de novembre 2021 à avril 2024
- DOE des lots CVC datant de la livraison du bâtiment en 2008

LIMITES

Cette étude ne porte pas sur l'usage de l'eau.

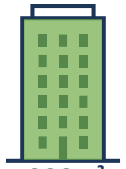
Contexte réglementaire – Décret tertiaire

QUI EST CONCERNE ?

Tous les bâtiments accueillant une activité à usage tertiaire d'une surface > 1000m²

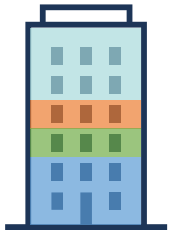
- Bureaux et services publics
- Enseignement
- Santé
- Logistique Gares ferroviaires et routières
- Commerces
- Hôtellerie-Restauration Résidences de tourisme & Loisirs
- Sport Culture et spectacles

CAS CONCRET



900m²

100% tertiaire → **Pas assujetti**



1 bât 2400m²

Unité foncière
800 m² logement
400m² enseignement
400m² bureaux
800m² commerces

→ **Propriétaire(s) assujetti(s) sur partie commune**

→ **Chaque locataire assujetti sur sa partie privative**

4 bât 4400m²

Unité foncière
1 bât 1200 m² logement
1 bât 400m² enseignement
1 bât 800m² bureaux
1 bât 2000m² commerces

→ **Propriétaire(s) assujetti(s) sur partie commune**

→ **Chaque locataire assujetti sur sa partie privative**

LES ECHEANCES

- **2021** – 1ère déclaration OPERAT puis chaque année
- **2027** – Envoi du dossier technique justificatif
- **2031** – Vérification objectifs **2030**
- **2041** – Vérification objectifs **2040**
- **2051** – Vérification objectifs **2050**

QUELLES SONT VOS OBLIGATIONS ?

EN VALEUR RELATIVE

- ✓ Pour bâtiments anciens
- ✓ Année de référence ≤ 2020
- ✓ Consommations tous usages confondus
- ✓ Ajustées des variations climatiques, de la densité d'usage

Année de référence ≤ 2020
→ **2030 - 40%**
→ **2040 - 50%**
→ **2050 - 60%**

OU

EN VALEUR ABSOLUE

- ✓ Prise en compte des bâtiments récents
- ✓ Consommations tous usages confondus
- ✓ Seuils exprimés en kWh/m² par an
- ✓ Exigences renforcées pour 2040 et 2050
- ✓ Ajustées selon l'activité, intensité d'usage

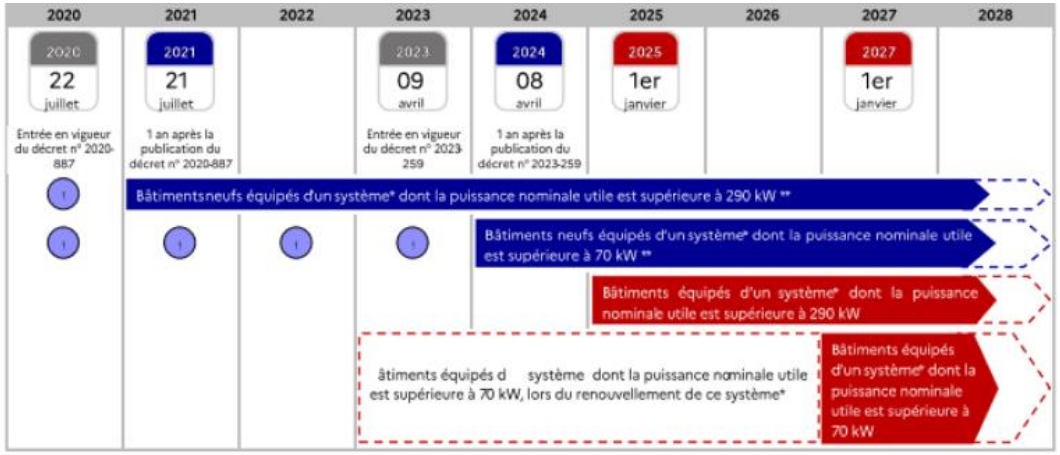
- 🟢 Usage traité par arrêté
- 🔴 Usage non traité, en attente d'un nouvel arrêté

DE QUOI PARLE-T-ON ?

BACS signifie Building Automation and Control System (Système d'automatisation et de contrôle)

L'arrêté du 4 avril 2023 en précise le périmètre et les exigences

LES ECHEANCES



Cas du bâtiment Le Diapason

QUI EST CONCERNE ?

- Bâtiments dans lesquels sont exercés des activités tertiaires marchandes ou non
- Equipés d'un système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non avec un système de ventilation
- Puissance nominale utile supérieure à 70 kW
- *Exception : temps de retour sur investissement supérieur à 10 ans*

QUELLES SONT VOS OBLIGATIONS ?

- Mettre en place un système d'automatisation et de contrôle du bâtiment de type GTB qui permet :
  - De suivre, enregistrer et analyser en continu, par zone fonctionnelle et à un pas de temps horaire, les données de production et de consommation énergétique des systèmes techniques du bâtiment et d'ajuster leur fonctionnement en conséquence. Les données doivent être enregistrées pendant 5 ans.
  - De situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à des valeurs de référence
  - De détecter les pertes d'efficacité des systèmes techniques
  - Un arrêt manuel ou automatique des systèmes techniques
- Mettre en place un contrat de maintenance périodique (< 5ans) de la GTB

DONNÉES GÉNÉRALES DU SITE

Le bâtiment diagnostiqué, nommé « Le Diapason », accueille un bâtiment à **usage principal de bureaux**, actuellement occupé par l'Agence Régionale de Santé (ARS), situé 2 Place des Savoirs, à Dijon.

Implanté dans le quartier des Grésilles, à côté de la chaufferie des Grésilles, le site est localisé dans une **zone urbaine relativement dense**.

Il est entouré de bâtiments d'hauteur équivalente ou inférieur sur ces façades SO et NE. Il est bordé à l'Est de sa parcelle par des immeubles de plus faibles hauteurs espacés par un jardin paysager.

Son environnement proche est donc relativement dégagé sur ces façades Est et plus masqué sur ses façades sur rue.

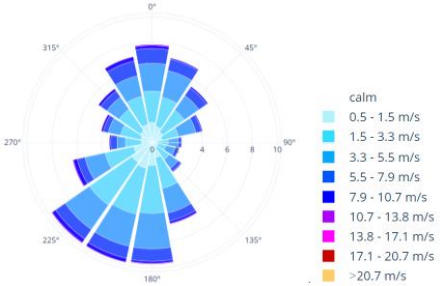
Le Diapason

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Définies à partir de la station météorologique de Dijon pour les températures et le rayonnement solaire sur la période 2000-2010, les données climatiques du site sont les suivantes :

- Zone climatique au sens de la réglementation thermique : H1c
- Températures extérieures :
  - Minimum atteint : -8.4°C le 10 janvier
  - Maximum atteint :+34.8°C le 2 juillet
- DJU 18°C Fichier Météo: 2 823

Température extérieure



Rose des vents

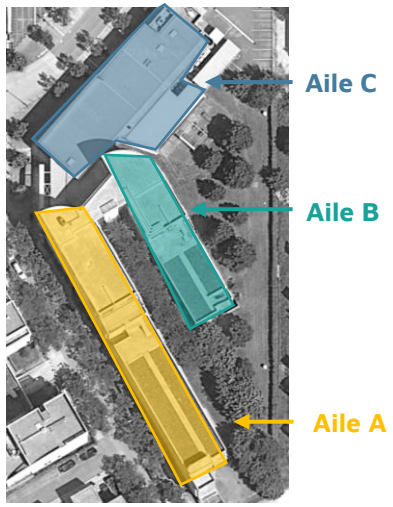
Rayonnement solaire global et diffus

DONNÉES D'USAGE DU SITE

Le bâtiment construit en **2007/2008**, s'étend sur 6 niveaux, dont un niveau de sous-sol occupant la quasi-totalité de l'emprise foncière et abritant un parking de 120 places. Il est composé de **3 ailes**, A, B et C desservies par un hall en mezzanine dont l'accès principal est situé Place des Savoirs. Les ailes A et B se répartissent du RDC au R+2, puis forment un attique aux R+3 et R+4. L'aile C se déploie sur 2 niveaux, RDC et R+1. L'ensemble du bâtiment d'une surface utile brute d'environ 6390 m² accueille actuellement l'ensemble des services de l'ARS, principalement des bureaux de 1 ou 2 personnes, des salles de réunion ou de formation, un restaurant avec cuisine (hors service), des archives et stockage.

Achevé en 2008, le bâtiment est représentatif de cette époque: le permis de construire datant du 30 janvier 2006, le bâtiment a été livré en respectant les exigences thermiques minimales de la RT2000. Des isolants thermiques sont en effet visibles dans le bâtiment (murs, planchers et toitures) ainsi que du double vitrage mais leurs performances sont à l'image des standards de l'époque.

Entrée principale



Localisation des ailes

TRAVAUX DÉJÀ ENGAGÉS

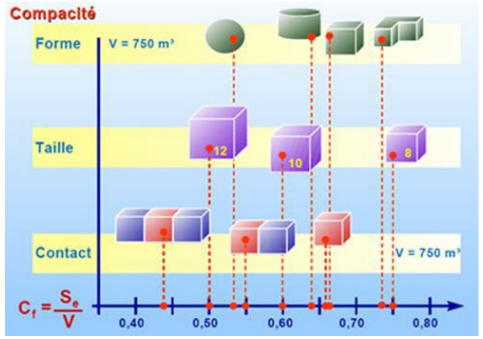
Nous n'avons que peu d'informations sur les travaux d'amélioration de l'enveloppe thermique ou des systèmes techniques. Au vu des relevés, peu de travaux (hors embellissement ou aménagement intérieur) semblent avoir été réalisés depuis la construction du bâtiment.

Seul l'ajout de stores intérieurs et de films solaires extérieurs sur la quasi-totalité des baies vitrées a été réalisée depuis sa livraison, suite à des problèmes d'inconfort.

COMPACITÉ

Le coefficient de forme définit la compacité d'un bâtiment. Il est déterminé par le rapport entre la surface de l'enveloppe et le volume interne chauffé. Plus il est faible, plus le bâtiment est compact, limitant les pertes d'énergies par l'enveloppe. Les trois caractéristiques principales de la compacité sont : la forme, la taille et le contact (mitoyenneté).

Dans notre cas, ce coefficient de forme est estimé à 0.74.

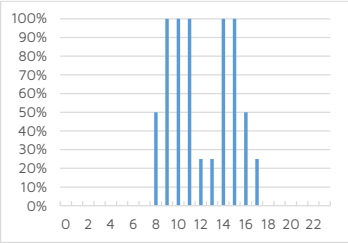


USAGE ET OCCUPATION

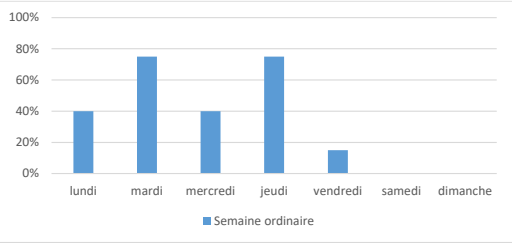
La capacité actuelle est de 282 résidents (équivalents temps pleins) mais le développement du télétravail post-COVID montre que le taux d'occupation actuel journalier est bien plus faible. Il fluctue en fonction des jours de la semaine.

Globalement, le bâtiment est occupé de 8h30 à 16h30.

Ci-dessous les profils journaliers et hebdomadaires de l'occupation des bureaux (en % d'occupant maximal):

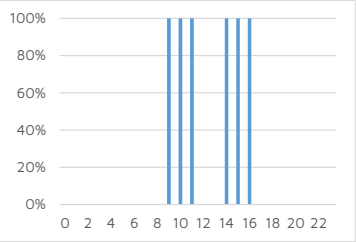


Profil journalier

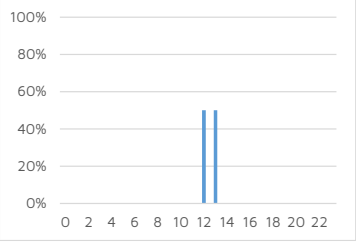


Profil hebdomadaire

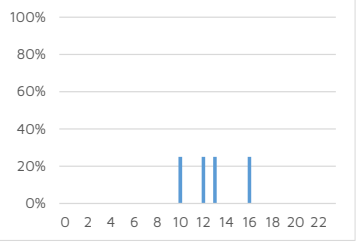
Pour les autres locaux, le profil hebdomadaire représenté ci-dessus est également appliqué. Les graphes suivants montrent les profils journaliers de ces autres locaux types:



Réunion / Formation



Restaurant
Occup. Max = 5 pers.



Pause
Occup. Max = 4 pers.

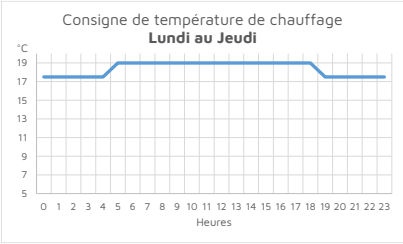
Les valeurs d'activité métabolique qui seront pris en compte dans la simulation sont issues de la norme ASHRAE 55-2010 qui définit les principales tâches humaines (au repos, en marche, au bureau…)

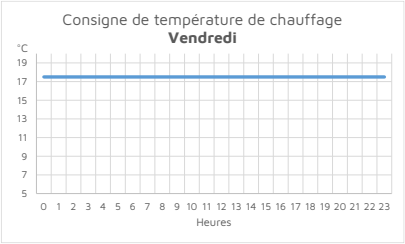
CONSIGNE CHAUFFAGE/CLIMATISATION

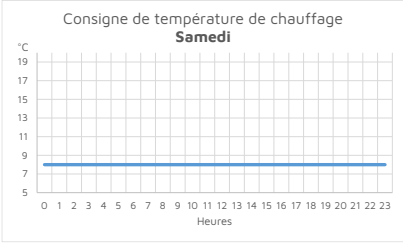
Le chauffage est géré sur plage horaire par un régulateur situé en sous-station pour l'ensemble du bâtiment selon 3 modes:

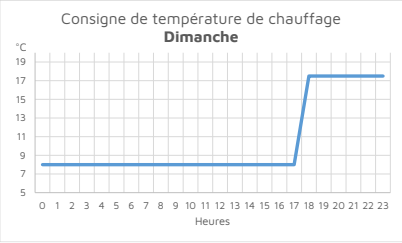
- Confort, 19°C
- Préconfort, 17.5°C
- Economie, 8°C.

Ci-dessous la programmation des modes de consigne selon le jour de la semaine:









La climatisation produite par des groupes froids alimente les salles de réunion et quelques autres locaux. La gestion est manuelle et locale puisque réalisée par les occupants par l'intermédiaire de télécommandes disposées dans chacun des locaux.

FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION

La ventilation est réalisée par 5 centrales de traitement d'air distribuant l'air neuf dans l'ensemble des locaux et reprenant l'air vicié. Aucune régulation n'est actuellement mise en place pour gérer le fonctionnement de ces centrales (fonctionnement en permanence).

PERFORMANCE THERMIQUE DU BATI

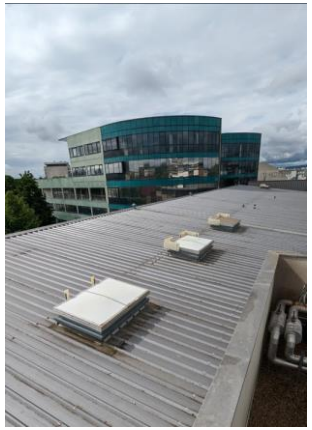
Nos relevés sur place sont en corrélation avec les plans dwg du DOE CVC et des standards de l'époque.

Les **murs donnant sur l'extérieur** du bâtiment sont en béton doublé par l'intérieur avec un isolant d'une épaisseur de 8 cm de type polystyrène. La performance de ces murs est estimée à **0,36 W/m².K**, ce qui reste faible par rapport au standard actuel (U<0.20 W/m².K).

Le **plancher bas des locaux chauffés** donnant sur le parking, sur des locaux non chauffés dans les étages ou sur l'extérieur est isolé par 110 mm de flocage thermique, soit une performance thermique estimée à **0,37 W/m².K**. Les retombées des poutres ne sont, par contre, pas isolées.

Les **toitures terrasses** sont isolées sous étanchéité, nous avons pu déduire leur épaisseur en fonction des hauteurs relevées sur place: un isolant de 120 mm de type polyuréthane (hypothèse) est mis en œuvre, ce qui donne une performance thermique de ces parois estimée à **0,24 W/m².K.** Les terrasses accessibles sont supposées avoir une épaisseur plus faible pour en faciliter l'accès: 80 mm de polyuréthane, soit une performance thermique évaluée à **0,35 W/m².K.**

Les **toitures de l'aile C** sont composées de bac acier isolées. Nous n'avons malheureusement pas pu relever l'épaisseur de l'isolant et sans les DOE complets, nous prenons comme hypothèse, sur la base de notre retour d'expérience, 150 mm de laine de roche. La performance thermique estimée de cette paroi est de **0,47 W/m².K** (valeur seuil de la RT2000 pour ce type de paroi).



Bac acier Aile C et Façade Nord Aile B

Façade sur Place des Savoirs

Façade arrière Aile C

Façade SO Aile B

Flocage thermique terrasse R+2 Aile B

Façade NE Aile A

Flocage thermique dans local CTA Aile A RDC

PERFORMANCE THERMIQUE DU BATI

Nous avons relevé plusieurs compositions de **double vitrage différents** en fonction de l'aile et des orientations des façades.

L'aile C est composée de vitrages de marque RIOU Glass alors que les ailes A et B ont des vitrages de la marque Saint-Gobain.

La majorité des vitrages sont de type **4/16/4**. Nous avons pu relever certaines références qui montrent que la plupart des doubles vitrages ne possèdent pas de couche basse émissivité. Ainsi, la performance thermique de ces vitrages sont relativement élevées, **Ug=2,60 W/m².K**. Les autres vitrages qui possèdent une couche basse émissivité ont une performance meilleure, équivalente aux standards actuels, avec un **Ug=1,10 W/m².K**. On les trouve sur la façade NE du RDC de l'aile B et sur la façade SE du RDC de l'aile C. En hypothèse, pour les vitrages pour lesquels nous n'avons pas pu relever les références, nous supposons qu'il s'agit de vitrage sans couche basse émissivité.

Les châssis des menuiseries extérieures sont en **aluminium**, soit une performance évaluée à 3,00 W/m².K, ce qui donne des performances de menuiseries entre **1,80 W/m².K** pour un vitrage avec couche à faible émissivité et **2,80 W/m².K** pour les vitrages sans traitement.

Nous avons également relevé une majorité de **vitrage clair** (facteur solaire estimée à 62%) et quelques vitrages **avec une couche solaire** (facteur solaire évaluée à 42%). Nous retrouvons ces vitrages sur les façades SO donnant sur la rue Théodore Monod.

Globalement, les menuiseries sont équipées de protections solaires manuelles type **store toile intérieur** en bon état. Ils sont mis en œuvre uniquement sur la partie courante de la menuiserie, ils ne recouvrent pas l'allège vitrée. Sur ces zones, il a été ajouté une toile collée aux caractéristiques similaires.

Enfin, pour réduire les apports solaires et les sensations d'inconfort, des **films solaires extérieurs** ont été collés. On les recense principalement sur les façades NE de l'aile B et SE de l'aile C, et sur les allèges vitrées de certaines baies, façades NE de l'aile A par exemple.

Menuiserie Façade SO RDC Aile A

Menuiserie Façade NE RDC Aile B

Mur rideau Restaurant Aile C

Menuiserie Façade SO RDC Aile A

Mur rideau Façade NE R+1 Aile A

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

PRODUCTION DE CHAUFFAGE

La production de chaleur est réalisée par une sous-station, localisée au sous-sol de l'aile C, et alimentée par le **réseau de chauffage urbain** des Grésilles (chaufferie de ce réseau située sur la parcelle voisine au bâtiment). Le contenu CO2 du réseau de chaleur est de 114 kgCO2eq/MWh et un taux d'énergie renouvelable de 58% (Arrêté du 16 mars 2023), principalement alimenté par de la biomasse et de la cogénération.

L'échangeur de chaleur alimente des réseaux de distribution de chauffage, calorifugés et en bon état. Ils distribuent les émetteurs de chauffage et les batteries chaudes des centrales de traitement d'air. Les pompes de distribution sont gérées par un ensemble de régulateur associé à une sonde de température extérieure et à des vannes 3 voies sur ces circuits. Des plages de fonctionnement horaires et des courbes de chauffes y sont intégrés.

Les locaux sont principalement chauffés par des **radiateurs** équipés de têtes thermostatiques.

Le hall est chauffé par un **plancher chauffant** sans régulation autre que la température de départ chauffage en sous-station.

Globalement, aucun thermostat d'ambiance n'est installé dans les locaux ni de vannes deux voies motorisée.

Echangeur – Réseau de chaleur

Départs secondaires des réseaux de chauffage

Radiateurs

Régulateur et plage de fonctionnement

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

PRODUCTION DE FROID

Le bâtiment est globalement non climatisé, excepté quelques locaux.

Les salles de réunion de l'aile A et les salles de réunion, la salle de restaurant et la tisanerie de l'aile C sont climatisées par **des cassettes 4 voies**, alimentées en eau glacée par **2 groupes froids**, un de marque CIAT type LD de puissance froid 51 kW et un autre de marque CARRIER de référence 30RA de puissance froid 67 kW, situés respectivement en toiture de l'aile A et en toiture de l'aile C. La régulation se fait par des thermostats d'ambiance qui ne sont pas programmable avec une consigne fixe.

Les réseaux d'eaux glacées sont calorifugés et en bon état.

On relève également la présence de plusieurs **groupes de climatisation à détente directe** alimentant certains locaux spécifiques:

- Local serveur (process) de l'aile C
- Local Infirmerie de l'aile C
- Un bureau au R+2 de l'aile A
- La zone de préparation froide de la cuisine (aile C)
- Local TGBT du sous-sol.

Groupe froid – Aile A

Groupe froid – Aile C

Groupe à détente directe – Local serveur

Groupe à détente directe – Local serveur

Cassette Salle de réunion

Thermostat Salle de réunion

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

EAU CHAUDE SANITAIRE

Le bâtiment possède **2 ballons d'eau chaude électriques**:

- 1 ballon pour la cuisine (non visité),
- 1 ballon de 300 litres pour les vestiaires avec douches au R+1 de l'aile C

Tous les autres ballons initialement installés dans le bâtiment ont été supprimés.

ECLAIRAGE

La quasi-totalité des bureaux sont équipés de 2 ou 3 luminaires de type **tube fluo, 4×18W**, soit une puissance moyenne estimée par local de 12 W/m² gérés sur détection de présence. Nous n'avons pas relevé de gestion de l'éclairage sur la lumière naturelle.

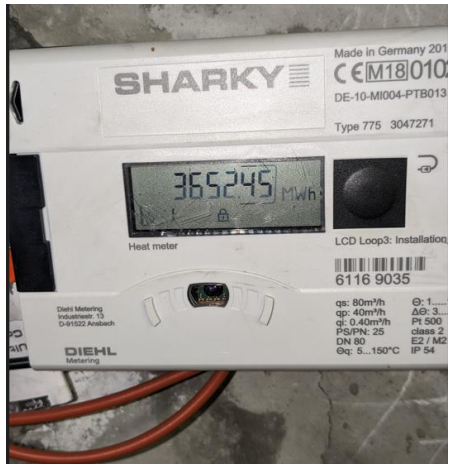
Quelques bureaux sont équipés de luminaires LED.

SUIVI DES CONSOMMATIONS

Le bâtiment ne contient que très peu de compteurs d'énergie et volumétrique, ce qui ne permet aucun suivi des consommations efficace.

La mise en place d'un système de GTB (obligatoire dès 2027 avec le décret BACS) permettra de combler ce manque.

Luminaire 4×18W



Compteur sur réseau primaire chauffage

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

RENOUVELLEMENT D'AIR

Le bâtiment est ventilé par des **centrales de traitement d'air double flux**. Nous en avons relevé 5 pour traiter l'ensemble des locaux. Sur la base des DOE CVC de 2008, nous avons pu estimer les débits d'air soufflés et repris dans le bâtiment, environ 15000 m3/h. Nous avons pris comme hypothèse que les centrales fonctionnent actuellement pour fournir ce débit d'air hygiénique et qu'elles sont bien équipées d'échangeurs rotatifs (d'efficacité estimé à 80%). Par ailleurs, elles fonctionnent en permanence, sans aucune programmation ni régulation.

L'air neuf des centrales se fait par **2 puits canadiens** positionnés en extérieur cheminant ensuite en enterré sous le sous-sol. Nous avons noté que les puits canadiens ne peuvent pas être by-passés.

Lors de notre visite, nous avons relevé des bouches de soufflage qui ne soufflaient aucun débit et des bouches de reprises qui ne reprenaient pas autant que celles qu'elles devraient. Un diagnostic technique de la ventilation sera à réaliser pour s'assurer de son bon fonctionnement.

En complément, la cuisine est équipée de hottes d'extraction et la salle de restauration est ventilée par un caisson de compensation. Actuellement, les hottes et le caisson de compensation sont à l'arrêt.

CTA 01 – Aile B

CTA 05 – Aile C

Bouche de soufflage Bureau

Caisson de compensation Restaurant

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

AUTRES EQUIPEMENTS

Le bâtiment accueille principalement des bureaux qui sont équipés de **matériels informatiques classiques** (ordinateurs, écran, imprimantes…).

La cuisine est équipé d'appareil de cuisson, actuellement hors d'usage, de réfrigération et de micro-ondes partiellement utilisées par les quelques usagers déjeunant dans la salle de restaurant (réchauffage).

Un local serveur est présent au R+1 de l'aile C, hébergeant des **baies de brassage** et autres équipements de process.

Equipements informatiques

ANALYSE DU CONFORT

Les usagers du site ont été questionnés et il en ressort l'analyse suivante :

Confort	Ressenti	Commentaires
Hiver	**Mauvais**	En hiver, une sensation de froid est ressentie par les occupants, causée par un **défaut d'étanchéité** relevé sur la mise en œuvre des menuiseries créant ainsi un courant d'air froid suffisamment important, notamment au niveau ds murs rideaux. Par ailleurs, **l'absence de couche basse émissivité** sur la plupart des vitrages laisse la chaleur s'échapper du bâtiment, procurant une sensation de froid par effet de paroi froide. Enfin, un **mauvais équilibrage des réseaux d'eau chaude** notamment aux extrémités des ailes entraîne un manque de puissance des radiateurs dans les bureaux concernés.
Eté	**Mauvais**	Il a été indiqué un réel inconfort estival ce qui a amené à la réalisation de travaux depuis la livraison du bâtiment: mise en œuvre de protections solaires intérieures et/ou de films solaires extérieurs. En effet, les façades sont largement **vitrées**, **l'orientation du bâtiment** (NE/SO) laisse pénétrer les rayons du soleil également en été (en début de journée ou fin de journée), l'absence de masques proches sur les façades NE et sur les derniers niveaux des façades SO donnant sur la rue Théodore Monod implique un **ensoleillement** important sur ces façades. Pour traiter ces principales sources d'inconfort, les améliorations listées ci-dessus ont été réalisés: le film solaire réduirait la température ressentie de 2°C environ. Mais, l'inconfort persiste: il est donc nécessaire de proposer des solutions globales afin de limiter les apports solaires dès les premières chaleurs tout en conservant une lumière naturelle suffisante et dans un contexte de densification des espaces (augmentation des apports internes). Une simulation thermique dynamique sera réalisée dès que les scénarios d'aménagement intérieur et de travaux sur le bâtiment seront cooptés par la MOA afin de proposer les solutions les plus pertinentes en corrélation avec les changements climatiques.
Eclairage naturel	**Moyen**	Les espaces sont largement vitrés, ils bénéficient d'un accès correct à la lumière naturelle. L'ajout de film solaire a cependant teinté le vitrage et a ainsi, pour effet de réduire toute l'année l'apport lumineux dans les espaces équipés. Il est donc essentiel d'apporter une réflexion globale au sujet de l'inconfort thermique.
Eclairage artificiel	**Moyen**	L'éclairage est majoritairement de type fluo, gérée sur détection de présence. Nous n'avons pas relevé de régulation sur la lumière du jour.
Acoustique	**Bon**	L'inconfort acoustique n'a pas fait l'objet de remarque particulière
Renouvellement d'air	**Mauvais**	Les relevés montrent **un dysfonctionnement de la ventilation**, réalisée en double flux dans l'ensemble du bâtiment (plusieurs centrales). Nous avons réalisé quelques relevés de débits d'air (soufflage et reprise) qui ne sont pas probants (débits non conformes). Pourtant, les ventilateurs dans les centrales fonctionnent. Un diagnostic complet de la ventilation est à mener pour s'assurer du bon fonctionnement de la ventilation. Il sera également nécessaire de vérifier que la ventilation mise en œuvre est suffisante dans un contexte de densification du bâtiment.

ANALYSE DES FACTURES D'ENERGIE

La direction de l'ARS nous a transmis le **bilan annuel des consommations** du bâtiment Le Diapason sur les dernières années.

RESEAU DE CHALEUR

Le tableau suivant présente les consommations du réseau de chaleur sur les années calendaires de 2021 à 2023. En parallèle, nous mettons en perspective les Degrés Jours Unifiés (DJU) à 18°C par année permettant d'apprécier le climat sur la période de chauffe (hiver rigoureux ou doux).

Année	Consos MWh	DJU	Travaux/Modifications sur le site	Evol vs Année référence
2021	775	2799	--	+10%
2022	607	2384	--	-14%
2023	504	2309	--	-29%
Nov 2022 – Oct 2023	706	--	**Année de référence**	--

ELECTRICITE

Le tableau suivant présente les consommations d'électricité sur 2022 (seule année complète) et sur l'année de référence

Année	Consos MWh	Travaux/Modifications sur le site	Evol vs Année référence
2022	351	--	--
Nov 2022 – Oct 2023	353	**Année de référence**	--

DISPOSITIF ECO ENERGIE TERTIAIRE

Le dispositif Eco Energie Tertiaire dans lequel s'inscrit le site demande d'identifier une **année de référence** afin de recueillir les consommations énergétiques (électricité, RCU…).

Le bâtiment concerné, Le Diapason, date de 2008. Sa construction est donc récente. L'objectif visé sera l'objectif en valeur absolue et non, en valeur relative par rapport à une année de référence. Il est donc possible de définir une année de référence récente, ici la première année pleine dont les données de consommations énergétiques sont entièrement connues.

VALEURS ABSOLUES

La validation des obligations liées au décret tertiaire pour les échéances 2030, 2040 et 2050 peuvent se faire sous conditions de **respect d'un seuil de consommations définis par arrêté** pour chaque usage et sous-usage.

Ce mode de validation est plutôt **adapté pour les bâtiments récents**.

Il prend en compte deux composantes, Cabs = CVC + USE:

- **CVC**: composante de consommations énergétiques relatives à l'ambiance thermique générale et à la ventilation des locaux
- **USE**: composante de consommations énergétiques relatives aux usages spécifiques propres à l'activité ainsi qu'aux autres usages immobiliers tels que la production d'eau chaude sanitaire et d'éclairage. Elle intègre l'influence des modalités d'occupation des locaux sur la composante CVC.

Concernant le bâtiment Le Diapason, il est d'autant plus logique d'utiliser l'objectif exprimé en valeur absolue, puisqu'une **densification de l'occupation** est prévue à court terme et fait l'objet d'un diagnostic en parallèle de cet audit énergétique. Nous intégrons donc dès à présent le nouvel effectif, passant de 238 ETP (soit 191.6 résidents) à 465 ETP (soit 405.1 résidents).

OBJECTIF EN VALEUR ABSOLUE EN 2030

A ce jour, **seules les valeurs absolues fixées pour l'échéance 2030 sont connues**. Elles sont en effet communiquées par arrêté la décennie précédent l'échéance.

Le calcul de l'objectif en valeur absolue se fait en fonction de la catégorie et des sous-catégories. Le Diapason possède 2 activités selon la codification NAF:

- Section N – Activités de service administratif et de soutien – Bureaux standards (cloisonnés, attribués) – Arrêté Seuil I paru le 24 novembre 2020
- Section I – Autres services de restauration – Restauration collective avec services – Restauration inter-entreprises – Arrêté Seuil III paru le 28 novembre 2023

Calcul Cabs - Bureaux standards (cloisonnés, attribués)

(NAF : Section N - Acivités de service administratif et de soutien - code **82.11Z**)

Surface utile Bureaux [m²]	6178
Consommations tous usages [kWh/m²/an] - STD	104
Zone climatique	H1C

Altitude [m]	< 400
Composante CVC en [kWh/m²/an]	62
USE étalon en [kWh/m²/an]	50

Type d'indicateur d'intensité d'usage	Indicateur d'intensité d'usage à renseigner par l'assujetti (Valeur de référence associée à la USE étalon)				Indicateur d'intensité d'usage étalon	
Indicateurs d'intensité d'usage temporels	Amplitude horaire annuelle (h ouvrées/ an) Nb_h ouvrées			3 120	Densité Temporelle étalon (h ouvrées/an) Dtétalon	3 120
Indicateurs d'intensité d'usage surfaciques	Surface Plancher / poste de travail ou Surface Utile Brute (m²/poste) Surf_poste	15,2	Taux d'occupation (%) T_occ	49%	Surface / Poste étalon (m²/poste) Surfétalon	18
					Taux d'occupation étalon (%) T_occétalon	70%
Formule de modulation en fonction du volume d'activité	**USE modulé [kWh/m²/an] =** USE étalon x [0.05 + 0.95 x (T_occ / T_occétalon) x (Surfétalon / Surf_poste) x (Nb_h ouvrées/ DTétalon) + 0.28 (Nb_h ouvrées - DTétalon)/ DTétalon]					
CUSE [kWh/m²/an]	41,75	Cabs = CUSE + CVC [kWh/m²/an]		103,75		

Nota : **$DT_{étalon}$** à 3 120 h ouvrées/an correspond à 52 semaines ouvrées x 5 jours ouvrés x 12 h amplitude quotidienne
Nb_h ouvrées serait à 2 880 h ouvrées/an pour 48 semaines ouvrées x 5 jours ouvrés x 12 h amplitude quotidienne (fermetures 4 semaines congés)
0,28 (**Nb_h ouvrées** - $DT_{étalon}$)/ $DT_{étalon}$) correspond à l'impact indirect sur la composante CVC du nombre d'heure ouvrées réelles par rapport à la densité temporelle étalon

Calcul Cabs - Restauration collective avec services - Restauration inter-entreprises

(NAF : Section I - Aautres services de restauration n.c.a - code **56.29B**)

Surface utile Restauration Inter-entreprises [m²]	211
Consommations tous usages [kWh/m²/an] - STD	0
Zone climatique	H1C

Altitude [m]	< 400
Composante CVC en [kWh/m²/an]	54
USE étalon en [kWh/m²/an]	130

Type d'indicateur d'intensité d'usage	Indicateur d'intensité d'usage à renseigner par l'assujetti (Valeur de référence associée à la USE étalon)				Indicateur d'intensité d'usage étalon	
Indicateurs d'intensité d'usage temporels	Amplitude horaire annuelle (h ouvrées/ an) Nb_h ouvrées			780	Amplitude horaire annuelle étalon (h ouvrées/an) Nb_h_ouvréesétalon	780
Indicateurs d'intensité d'usage surfaciques	Ratio surfacique cuisine (%) Surf_cuisine	29,40%	Part_USE_variable	0,96	Ratio surfacique cuisine % Surf_cuisineétalon	16,00%
					Densité cuisine kWh/m²/an DE_cuisineétalon	701
					Densité salle kWh/m²/an DE_salleétalon	6
					Densité totale kWh/m²/an DE_restaurantétalon	118
Formule de modulation en fonction du volume d'activité	_h_ouvréesétalons)x[Part_USE_variable x (Suf_cuisine/100 x DE_cuisineétalon + (1-Surf_cuisine/100) x DE_salleétalon) / DE_restaurantétalon + (1-Part_USE_variable)] + 0,28 x CVC x (N					
CUSE [kWh/m²/an]	227,8747173	Cabs = CUSE + CVC [kWh/m²/an]		281,8747173		

Nota : L'amplitude horaire étalon de 780 h ouvrées par an correspond à 52 semaines ouvrées x 5 jours ouvrés x 3 h d'amplitude quotidienne.
La valeur de **Surf_cuisine** varie entre 0 et 100.
0,28xCVCx(**Nb_h_ouvrées** - $Nb_h_ouvrées_{étalon}$)/$Nb_h_ouvrées_{étalon}$ correspond à l'impact indirect sur la composante CVC du nombre d'heure ouvrées réelles par rapport à l'amplitude horaire étalon

En tenant compte de la **densification envisagée** et de la **remise en service du restaurant d'entreprise**, la valeur Cabs en 2030, calculée au prorata des surfaces de chacune des catégories est :

$$Cabs_{2030} = 109{,}64\ kWh/m^2.an$$

ANALYSE DES CONSOMMATIONS

L'ensemble des calculs de consommations théoriques ont été réalisé avec l'aide du logiciel PLEIADES.

RESEAU DE CHALEUR

Notre analyse se basera sur l'année de référence retenue:

Consommations réelles Année de référence	Consommations modèle numérique	Ecart
706 MWh /an	**669 MWh /an**	**5%**

Le faible écart (<5%) nous permet d'affirmer que notre modèle numérique est fiable pour simuler les différentes actions de performance énergétique.

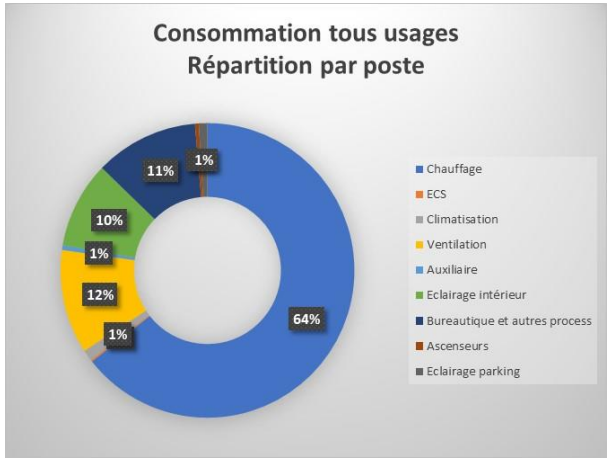
ELECTRICITE

Notre analyse se basera sur la même méthode que pour le réseau de chaleur:

Consommations réelles Année de référence	Consommations modèle numérique	Ecart
353 MWh /an	**370 MWh /an**	**4%**

L'écart est également très faible entre le modèle numérique et l'année de référence retenue ce qui confirme que notre simulation est fiable.

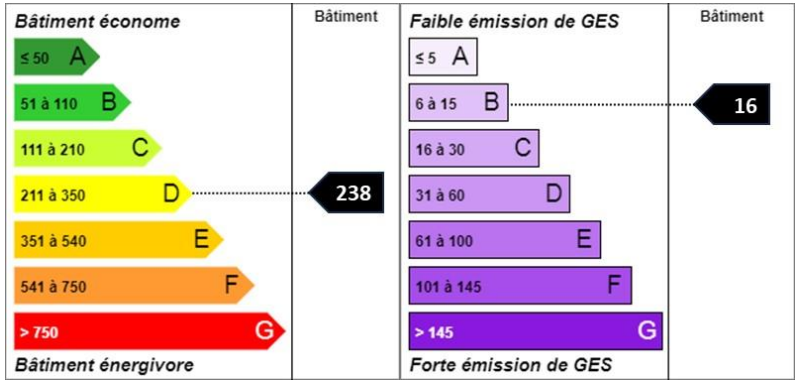
REPARTITION DES CONSOMMATIONS TOUS USAGES



ETIQUETTE ENERGIE ET GES

Les étiquettes ci-dessous sont fournies à titre indicatives sur la base du **périmètre DPE** à savoir en prenant en compte tous les usages de l'énergie

Les données sont fournies en énergie primaire.



BOUQUETS ETUDIES

Dans un premier temps, nous évaluerons l'impact énergétique des travaux déjà prévus par la MOA à l'été 2024. Puis, sur la base de l'état des lieux réalisé sur le bâtiment, nous envisageons 3 catégories de travaux:

B01 – TRAVAUX D'AMELIORATION ENERGETIQUE PREVUS EN 2024

- Calorifuge des points singuliers en sous-station
- Régulation terminale des radiateurs par le remplacement des têtes thermostatiques et installation de sonde d'ambiance et de pilotage centralisée par zone
- Régulation des groupes d'eau glacée sur la température extérieure
- Mise en place d'une programmation horaire sur les centrales de traitement d'air

B02 – OCCUPATION FUTURE ET AMELIORATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES

- Bouquet de travaux 1 +
- Densification de l'occupation selon le scénario 1 proposé par l'architecte (conservation du cloisonnement): de 238 à 465 ETP (soit de 191.6 résidents à 405.1 résidents)
- Remise en service du restaurant: salle de restaurant de 84 personnes et ajout d'une ou 2 salles de restaurant complémentaires de 15 places (nombre de repas servi, 220). Remise en route de la compensation dans la salle de restaurant et des hottes de cuisine.
- Remplacement des centrales de traitement d'air et des bouches de soufflage/reprise pour répondre aux nouveaux besoins de ventilation du bâtiment (de 15000 m^3/h à 31000 m^3/h pré-estimés)
- Mise en place de sonde CO2 dans les salles de réunion pour une gestion des débits en fonction de l'occupation
- Remplacement des pompes (primaire et secondaires) des réseaux de chauffage par des pompes à débits variables à régulation électronique
- Installation des thermostats programmables pour toutes les pièces climatisées à occupation passagère (salles de réunion)
- Installation d'une GTB pour répondre au décret BACS.
- Remplacement des luminaires par des dalles LED dans l'ensemble des locaux avec gestion en fonction de la lumière naturelle (gradation assurant un éclairement constant)

B03 – AMELIORATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

- Bouquet de travaux 2 +
- Remplacement des doubles vitrages clairs par des doubles vitrages à faible émissivité et à contrôle solaire (g=42% et TL=71%), en conservant les châssis actuels
- Remplacement des murs rideaux, peu étanches par des murs rideaux performants $Ucw \leq 2W/m^2.K$
- Réalisation d'un test d'étanchéité à l'air avec un objectif fixé à Q4=1.2 $m3/(h.m^2)$

BOUQUETS ETUDIES

B04 – MISE EN PLACE D'ENERGIES RENOUVELABLES

Bouquet de travaux 3 +

Installation d'une production photovoltaïque en toiture

Réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse du dernier niveau au droit des panneaux solaires.

B05 – AMELIORATION DU CONFORT D'ÉTÉ

Bouquet de travaux 4 +

Mise en place d'un caisson de rafraichissement adiabatique

Mise en place de protections solaires adaptées : brise-soleils fixes et casquettes. (cf. rapport d'étude du confort)

B06 – CONFORMITE 2050

Bouquet

HYPOTHESES PRISES

Pour l'ensemble des actions de performance énergétique qui suivent, nous avons pris les hypothèses suivantes:

INVESTISSEMENTS

- Coût des travaux : chiffrage réalisé par **B27-AI** en tant qu'économiste de la construction tout corps d'état
- Coût de la maîtrise d'œuvre : 11.4 à 13% du coût travaux
- Aléas : 5% du coût travaux

Tous les coûts sont indiqués incluant la TVA de 20%

TARIF DES ENERGIES

- Gaz : Absent du site
- Fioul : Absent du site
- Electricité : 119 €HTVA/MWh (issu des factures d'électricité du site de 2024)
- Réseau urbain: 40,89 €HTVA/MWh (issu des factures du réseau de chaleur du site de 2024)

INFLATION DES ENERGIES

La crise énergétique rend difficilement prévisible l'inflation des prochaines années. Nous avons considéré dans l'étude une inflation moyenne de 7% par an pour l'électricité et de 3% pour le réseau de chaleur urbain.

REVENTE DES CEE

Le prix de revente de l'énergie finale économisée dans le cadre du dispositif des Certificats d'Economie d'Energie (CEE) pris en compte dans l'étude est de 6.0€/MWhcumac.

B01 – TRAVAUX D'AMELIORATION ENERGETIQUE PREVUS ÉTÉ 2024

Mise en œuvre

Mise en œuvre des Actions de Performance Energétique suivantes :
- Calorifuge des points singuliers en sous-station
- Régulation terminale des radiateurs par le remplacement des têtes thermostatiques et installation de sonde d'ambiance et de pilotage centralisée par zone
- Régulation des groupes d'eau glacée sur la température extérieure
- Mise en place d'une programmation horaire sur les centrales de traitement d'air (arrêt en inoccupation, nuit et week-end)

Observations

Ce bouquet de travaux est déjà prévu par la MOA. Il ne prend pas en compte l'impact de la future densification. Il permet une économie d'énergie de près de 16% par rapport à l'année de référence.

Investissement

Travaux + Aléas	58 300 €HTVA
Aides financières	-4 800 €HTVA
Reste à charges	53 500 €HTVA

Gains potentielles annuels tous usages

Energétique	147 MWh	soit -14%
Economique	6 000 €TTC	soit -8%
Ecologique	16.73 tCO2	soit -17%

Temps de retour

Brut	9 ans
Avec inflation	9 ans
Durée de vie	25 ans

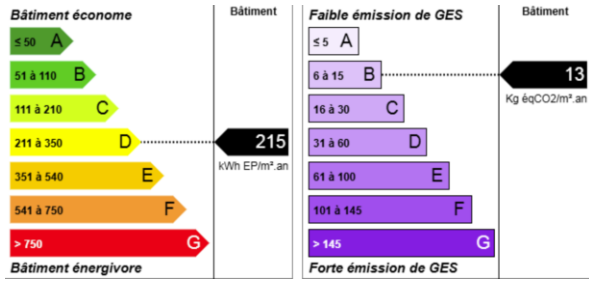
Certificat d'économie d'énergie

Plusieurs fiches CEE

796 MWhcumac

BAT-SE-103 Réglage des organes d'équilibrage

BAT-TH-155 Isolation de points singuliers d'un réseau



Conformité Décret Tertiaire

En valeur relative

Gain vs année de référence : -16%

2030 (-40%) : ❌ **2040 (-50%) :** ❌ **2050 (-60%) :** ❌

En valeur absolue

Consommation après travaux : 140 kWh/m².an

2030 (<110): ❌ **2040 :** ? **2050 :** ?

B02 – OCCUPATION FUTURE ET AMELIORATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES

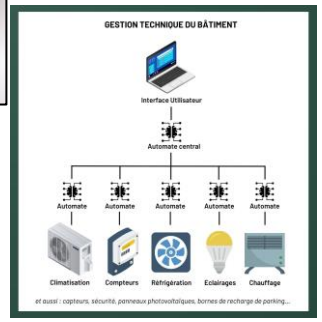
Mise en œuvre

Mise en œuvre des Actions de Performance Energétique suivantes :

- Bouquet de travaux 1
- Densification de l'occupation: de 191.6 résidents à 405.1 résidents selon scénario 1 (conservation du cloisonnement)
- Remise en service du restaurant et remise en route de la compensation dans la salle de restaurant et des hottes de cuisine.
- Remplacement des centrales de traitement d'air (rendement échangeur certifié, 80% et Puissance des ventilateurs < 0,35 W/(m3/h))et des bouches de soufflage/reprise pour répondre aux nouveaux besoins de ventilation du bâtiment (de 15000 m3/h à 31000 m3/h pré-estimés)
- Mise en place de sonde CO2 dans les salles de réunion pour une gestion des débits en fonction de l'occupation
- Remplacement des pompes (primaire et secondaires) des réseaux de chauffage par des pompes à débits variables à régulation électronique
- Installation des thermostats programmables pour toutes les pièces climatisées à occupation passagère (salles de réunion)
- Installation d'une GTB pour répondre au décret BACS: système de niveau 3 qui agira sur les équipements liés au confort des occupants (chauffage/climatisation, ventilation, éclairage, etc.) et les équipements de sureté (contrôle d'accès, alarmes…), mise en place de l'ensemble des compteurs d'énergie et volumétrique et d'un système de gestion technique du bâtiment.
- Remplacement des luminaires par des Dalle 600x600 LED encastré intégrant la double fonction de détection de présence et gradation de la luminosité en fonction de la lumière naturelle // puissance installée de 6W/m²

Observations

Ce bouquet de travaux intègre la densification et la remise en service du restaurant, ce qui impacte les consommations énergétiques. Il propose une gestion et une régulation des équipements techniques au fonctionnement du bâtiment et à son environnement. Il permet une économie d'énergie de près de 23% par rapport à l'année de référence mais n'est pas conforme à la valeur absolue fixée en 2030.



Investissement

Travaux + Aléas	720 600 €HTVA
Aides financières	-39 800 €HTVA
Reste à charges	680 800 €HTVA

Gains potentielles annuels tous usages

Energétique	224 MWh	soit -22%
Economique	11 993 €TTC	soit -17%
Ecologique	23.88 tCO2	soit -24%

Temps de retour

Brut	> 30 ans
Avec inflation	29 ans
Durée de vie	25 ans

Certificat d'économie d'énergie

Plusieurs fiches CEE

7 338 MWhcumac

BAT-TH-116 Système de GTB

BAT-EQ-127 Luminaire à modules LED

Conformité Décret Tertiaire

En valeur relative

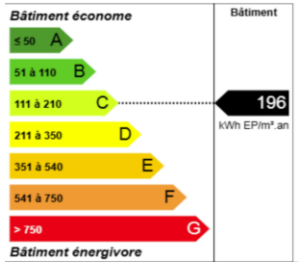
Gain vs année de référence : -23%

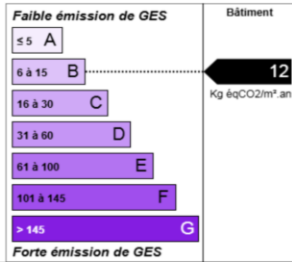
2030 (-40%) : ✗ **2040 (-50%) :** ✗ **2050 (-60%) :** ✗

En valeur absolue

Consommation après travaux : 128 kWh/m².an

2030 (<110): ✗ **2040 :** ? **2050 :** ?





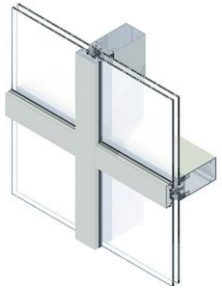
B03 – TRAVAUX D'AMELIORATION THERMIQUE

Mise en œuvre

Mise en œuvre des Actions de Performance Energétique suivantes :
- Bouquet de travaux 2
- Remplacement des doubles vitrages clairs par des doubles vitrages à faible émissivité Ug=1,1 W/m².K et à contrôle solaire (g=42% et TL=71%)
- Remplacement des murs rideaux, peu étanches par des murs rideaux performants Ucw≤2W/m².K
- Réalisation d'un test d'étanchéité à l'air avec un objectif fixé à Q4=1.2 m3/(h.m²)

Observations

Ce bouquet a pour but d'améliorer l'enveloppe du projet, en restant dans une enveloppe budgétaire raisonnable. Il permet une économie d'énergie de près de 31% par rapport à l'année de référence. Cela permet de s'approcher du seuil calculée en 2030.



Investissement

Travaux + Aléas	2 176 100 €HTVA
Aides financières	-65 200 €HTVA
Reste à charges	2 110 900 €HTVA

Gains potentielles annuels tous usages

Energétique	305 MWh	soit -29%
Economique	19 411 €TTC	soit -27%
Ecologique	33.03 tCO2	soit -33%

Temps de retour

Brut	> 30 ans
Avec inflation	> 30 ans
Durée de vie	25 ans

Certificat d'économie d'énergie

Plusieurs fiches CEE

10 868 MWhcumac

CEE du Bouquet 2 +

BAT-EN-104 et BAT-EN-113

Conformité Décret Tertiaire

En valeur relative

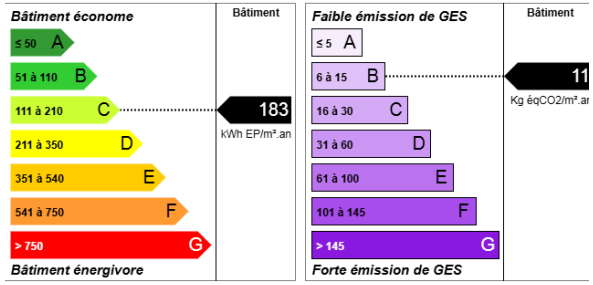
Gain vs année de référence : -31%

2030 (-40%) : ❌ **2040 (-50%) :** ❌ **2050 (-60%) :** ❌

En valeur absolue

Consommation après travaux : 115 kWh/m².an

2030 (<110): ❌ **2040 :** ? **2050 :** ?



B04 – MISE EN PLACE D'ENERGIE RENOUVELABLE

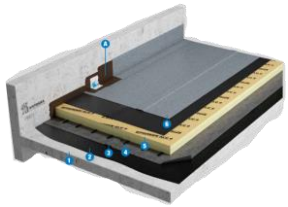
Mise en œuvre

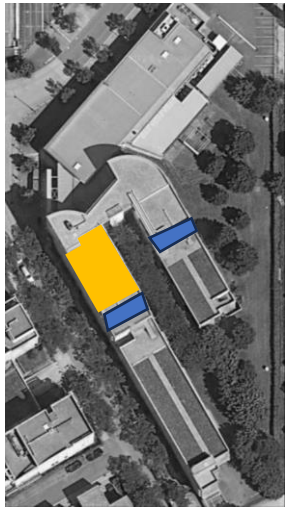
Mise en œuvre des Actions de Performance Energétique suivantes :

- Bouquet de travaux 3 +
- Installation d'une production photovoltaïque en toiture: pose des panneaux sur les structures existantes des pergolas en toiture du R+3 des ailes A et B et sur la toiture terrasse du dernier niveau de l'aile A => voir emplacement ci-contre, pergolas en bleu et toiture en jaune / Surface installée = 212 m² // Puissance installée = 48 kWc
- Autoconsommation de l'électricité produite (>95%) avec revente du surplus (prime à l'installation et tarif de revente fixé par arrêté selon puissance crête installée)
- Remplacement des onduleurs tous les 10 ans = 6 000€HT (garantie de 20 ans à souscrire)
- Entretien/contrôle + Prime d'assurance = 800 €HT/an
- Réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse du dernier niveau et remplacement de l'isolant: 200 mm PUR Th22 R=4,55 m².K/W

Observations

Ce 4ème bouquet ajoute une production d'énergie sur le bâtiment. Nous proposons de faire la réfection de la toiture terrasse sur laquelle sera mise en oeuvre l'installation pour éviter son démontage ultérieurement.
Ce bouquet offre un gain de 36% sur l'année de référence et d'être conforme au seuil en valeur absolue de 2030.





Investissement

Travaux + Aléas	2 436 500 €HTVA
Aides financières	-70 000 €HTVA
Reste à charges	2 366 500 €HTVA

Gains potentielles annuels tous usages

Energétique	358 MWh	soit -34%
Economique	19 319 €TTC	soit -27%
Ecologique	37.54 tCO2	soit -37%

Temps de retour

Brut	> 30 ans
Avec inflation	> 30 ans
Durée de vie	25 ans

Certificat d'économie d'énergie

Plusieurs fiches CEE

10 868 MWhcumac

CEE du Bouquet 3

Conformité Décret Tertiaire

En valeur relative

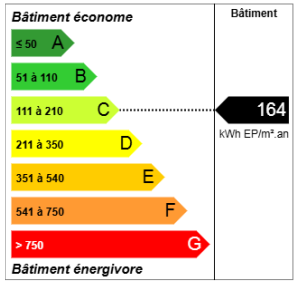
Gain vs année de référence : -36%

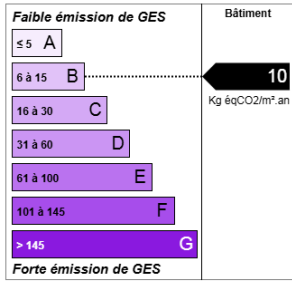
2030 (-40%) : ✗ **2040 (-50%) :** ✗ **2050 (-60%) :** ✗

En valeur absolue

Consommation après travaux : 107 MWh/m².an

2030 (<110): ✓ **2040 :** ? **2050 :** ?





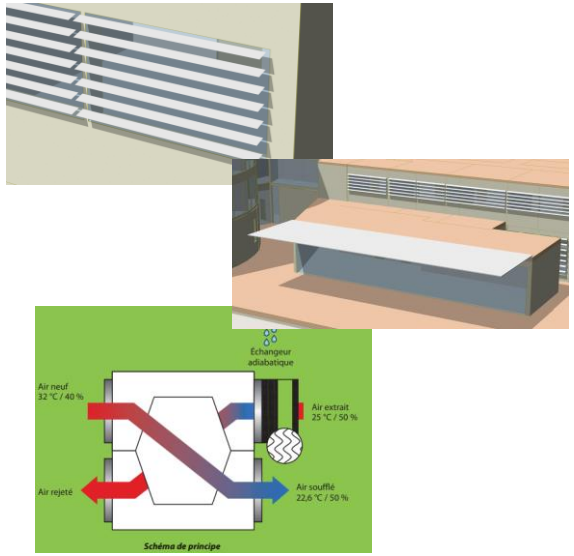
B05 – AMELIORATION DU CONFORT D'ETE

Mise en œuvre

Mise en œuvre des Actions de Performance Energétique suivantes :
- Bouquet de travaux 4 +
- Installation d'un système de rafraichissement adiabatique indirect sur l'air repris des centrales double-flux permettant de souffler l'air neuf à une température comprise entre 20 et 26°C
- Mise en place de protections solaires adaptées sur les façades les plus exposées au soleil en été
- Mise en oeuvre d'une fonction de free-cooling nocturne sur les centrales de traitement d'air afin de ventiler le bâtiment dès que la température extérieure est inférieure à la température intérieure

Observations

Ce dernier bouquet améliore le confort thermique des occupants. Nous proposons de mettre en place des protections solaires adaptées selon l'orientation des façades et d'apporter un air plus frais à travers un système adiabatique.
Ce bouquet offre un gain de 35% sur l'année de référence et d'être conforme au seuil en valeur absolue de 2030.



Investissement

Travaux + Aléas	3 019 300 €HTVA
Aides financières	-70 000 €HTVA
Reste à charges	2 949 300 €HTVA

Gains potentielles annuels tous usages

Energétique	348 MWh	soit -33%
Economique	20 258 €TTC	soit -28%
Ecologique	35.56 tCO2	soit -35%

Temps de retour

Brut	> 30 ans
Avec inflation	> 30 ans
Durée de vie	25 ans

Certificat d'économie d'énergie

Plusieurs fiches CEE

10 868 MWhcumac

CEE du Bouquet 3

Conformité Décret Tertiaire

En valeur relative

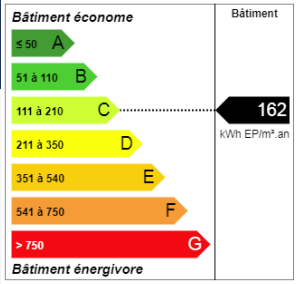
Gain vs année de référence : -35%

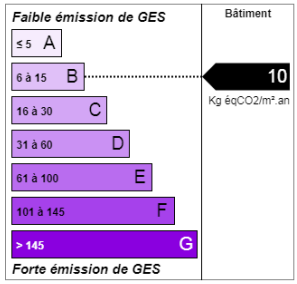
2030 (-40%) : ✗ **2040 (-50%) :** ✗ **2050 (-60%) :** ✗

En valeur absolue

Consommation après travaux : 108 MWh/m².an

2030 (<110): ✓ **2040 :** ? **2050 :** ?





B06 – OBJECTIF 2050

Mise en œuvre

Mise en œuvre des Actions de Performance Energétique suivantes :
- Bouquet de travaux 5 +
- Installation d'une pompe à chaleur air/eau d'une puissance de 230kW assurant une base de production de chauffage (2/3 des besoins) pour l'ensemble du bâtiment. Le réseau de chaleur reste actif mais pour assurer les pics de chauffage (1/3 des besoins)
- Isolation des façades par l'extérieur avec 220mm de fibre de bois sous enduit
- Isolation des toitures terrasses autres que celles du R+4
- Remplacement de l'isolant sous la toiture bac acier de l'aile C par de la ouate de cellulose (épaisseur 350mm)
- Ajout de 140m² soit 32kWc de modules photovoltaïques supplémentaires en toiture du R+4

Observations

Ce bouquet nécessite d'investir environ 1550k€ supplémentaires par rapport au bouquet précédent et permet d'atteindre l'échéance 2050 du décret tertiaire en valeur relative.

Investissement

Travaux + Aléas	4 568 100 €HTVA
Aides financières	-145 200 €HTVA
Reste à charges	4 422 900 €HTVA

Gains potentielles annuels tous usages

Energétique	631 MWh	soit -61%
Economique	19 410 €TTC	soit -27%
Ecologique	70.82 tCO2	soit -70%

Temps de retour

Brut	> 30 ans
Avec inflation	> 30 ans
Durée de vie	25 ans

Certificat d'économie d'énergie

Plusieurs fiches CEE

22 430 MWhcumac

Conformité Décret Tertiaire

En valeur relative

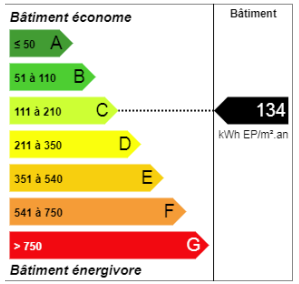
Gain vs année de référence : -61%

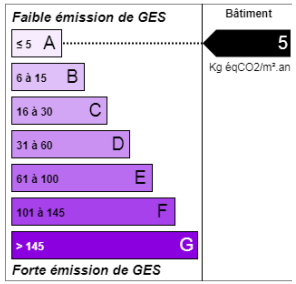
2030 (-40%) : ✓ **2040 (-50%) :** ✓ **2050 (-60%) :** ✓

En valeur absolue

Consommation après travaux : 64 MWh/m².an

2030 (<110): ✓ **2040 :** ? **2050 :** ?





SYNTHESE DES BOUQUETS DE TRAVAUX

	Bilan Energie Finale tous usages			Vision décret tertiaire								Emissions de gaz à effet de serre			Etiquettes DPE		Coût d'exploitation (Energie+Abonnement+Maintenance)	
					Valeurs relatives			Valeurs absolues										
	MWh/an	kWh/m².an		% vs Créf	2030	2040	2050	Cef	2030	2040	2050	$kgCO_2/m^2.an$	tCO_2/an		Energie	GES	€HTVA/an	
ANNEE DE REFERENCE (2020) = Créf	1059	165.81										16.14	103.13		D	C	100 279 €	
OBJECTIF DECRET TERTIAIRE					-40%	-50%	-60%		701	0	0							
BASE - ETAT ACTUEL	1039	162.67		-2%	✗	✗	✗	1039.27	✗	?	?	15.73	100.47		D	B	99 055 €	

BOUQUET DE TRAVAUX	Investissement (€HTVA)	Aides financières (€)	Reste à charge (€HTVA)	Différence de consommation énergétique vs Etat actuel				Valeurs relatives			Valeurs absolues				Différence d'émission de GES			Etiquettes DPE		Différence de coût d'exploitation		Tps de retour brut (années)	Tps de retour actualisé (années)
				MWh/an	kWh/m².an	% vs Base	% vs Créf	2030	2040	2050	Cef	2030	2040	2050	$kgCO_2/m^2.an$	tCO_2/an	%	Energie	GES	€HTVA/an			
BOUQUET 1 : Travaux Eté 2024	58 300 €	4 800 €	53 500 €	-147	-22.97	-14%	-16%	✗	✗	✗	893	✗	?	?	-2.62	-16.73	-17%	D	B	-6 000 €	-6%	9	9
BOUQUET 2 : Ajout densification/syst. Technique	720 600 €	39 800 €	680 800 €	-224	-34.99	-22%	-23%	✗	✗	✗	816	✗	?	?	-3.74	-23.88	-24%	C	B	-11 993 €	-12%	> 30	29
BOUQUET 3 : Ajout amélioration bâti	2 176 100 €	65 200 €	2 110 900 €	-305	-47.66	-29%	-31%	✗	✗	✗	735	✗	?	?	-5.17	-33.03	-33%	C	B	-19 411 €	-20%	> 30	> 30
BOUQUET 4 : Ajout travaux Toiture R+4 + Photovolt.	2 436 500 €	70 000 €	2 366 500 €	-358	-56.07	-34%	-36%	✗	✗	✗	681	✓	?	?	-5.87	-37.54	-37%	C	B	-19 319 €	-20%	> 30	> 30
BOUQUET 5 : Ajout amélioration du confort d'été	3 019 300 €	70 000 €	2 949 300 €	-348	-54.42	-33%	-35%	✗	✗	✗	692	✓	?	?	-5.57	-35.56	-35%	C	B	-20 258 €	-20%	> 30	> 30
BOUQUET 6 : Conformité 2050	4 568 100 €	145 200 €	4 422 900 €	-631	-98.74	-61%	-61%	✓	✓	✓	408	✓	?	?	-11.09	-70.82	-70%	C	A	-19 410 €	-20%	> 30	> 30

Le **Bouquet n°1**, correspondant aux travaux déjà prévus à l'été 2024, permet de réduire les consommations énergétiques de **16%** par rapport à l'année de référence. Il montre qu'une simple programmation horaire du fonctionnement des centrales de traitement d'air, le remplacement des têtes thermostatiques des radiateurs, le calorifugeage des points singuliers en sous-station et une régulation des groupes d'eau glacée sur la température extérieure limite les consommations énergétiques pour un coût travaux réduit (54 k€HTVA, aides déduites).

A partir du Bouquet n°2, la **future occupation et la remise en service du restaurant** sont intégrées dans les études. Cela impacte forcément les consommations d'énergie, notamment les postes ventilation et bureautique. Mais, cela est bien pris en compte dans le calcul du seuil en valeur absolue de 2030 qui passe de 82 kWh/m².an à 110 kWh/m².an.

Le **Bouquet n°2** allie optimisation du pilotage (installation d'une GTB et de thermostats programmables) et amélioration de l'efficacité des systèmes techniques (remplacement de pompes à débits variables, sonde CO2 dans les salles de réunion). Le **gain énergétique estimé est de 23% par rapport à l'année de référence.** Le coût d'investissement reste élevé (680 k€) notamment du fait de la mise en place de la GTB. Il permet d'économiser près de 12000 € par an et de voir l'étiquette DPE Energie passée de D à C. **Cependant, le gain reste encore insuffisant pour être conforme à l'échéance 2030 du décret tertiaire** (816 MWh pour un seuil à 701 MWh).

Le **Bouquet n°3** propose de changer les vitrages des menuiseries. Cela réduira l'effet de parois froides en hiver et limitera les apports solaires en été par le choix d'un vitrage à contrôle solaire. Nous conseillons de changer les murs rideaux, actuellement peu étanches et peu performants et de vérifier l'étanchéité à l'air du bâtiment par la réalisation d'un test visant un Q4 en-dessous de 1.2 m3/h.m². Les économies annuelles réalisées sont estimées à 20000 € ce qui est malheureusement insuffisant pour réduire le temps de retour. Ce bouquet permet un **gain de 31%** sur les consommations énergétiques par rapport à l'année de référence, mais ne permet pas d'être conforme au seuil de 2030.

Le **Bouquet n°4** prend en compte la mise en place d'une centrale photovoltaïque sur les structures des pergolas existants des ailes A et B et sur la toiture du R+4 de l'aile A. Afin d'éviter un démontage des panneaux PV dans 10 ans, nous proposons également une réfection de l'étanchéité et ainsi, de remplacer l'isolant actuel. Ce bouquet rend le bâtiment producteur d'électricité ce qui est pertinent au vu des consommations électriques importantes en journée (autoconsommation). Ainsi, ce bouquet permettrait une **réduction des consommations de 36% par rapport à l'état actuel. Il permettrait également d'atteindre le seuil fixé à l'échéance 2030.**

Le **bouquet n°5** reprend les travaux de la **variante 6 de l'étude de confort thermique** qui permet de garantir des températures de travail confortable même en 2050. L'impact sur les consommations est léger et **permet toujours de répondre à l'échéance 2030**.

Enfin, **l'échéance 2050** du décret tertiaire pourra être validée en isolant les façades par l'extérieur, en poursuivant la réfection des toitures, en ajoutant une production de chauffage par pompe à chaleur et en ajoutant une surface supplémentaire de photovoltaïque. C'est l'objet du **bouquet n°6**.

NOTA : Les résultats affichés dans ce rapport sont issus d'une modélisation numérique permettant de donner une **tendance** sur les gains énergétiques des travaux étudiés: l'ensemble des gains indiqués sont donc des données purement indicatives.

Conclusion

Cet audit énergétique du bâtiment Le Diapason à Dijon a permis d'apporter des éléments de réponse quant aux possibilités d'améliorer la performance énergétique du bâtiment, point de départ de la réalisation de cet audit.

L'objectif de cette étude est de vérifier la conformité du bâtiment vis-à-vis du décret tertiaire et de proposer des pistes d'amélioration tout en intégrant la future occupation du bâtiment. C'est dans ce contexte que nous proposons de vérifier **la conformité du bâtiment sur la base des valeurs absolues**. A ce jour, seules les valeurs absolues à l'échéance 2030 ont été publiées. Nous pouvons ainsi dégager des axes de travaux de rénovation et d'amélioration, au niveau notamment de la régulation, de la gestion et du pilotage des systèmes énergétiques. Globalement, la réduction des consommations énergétiques passe dans un premier temps par l'amélioration du pilotage et du suivi des consommation (régulation, GTB) tout en optimisant les installations de chauffage/climatisation/ventilation/éclairage (efficacité énergétique), avant d'améliorer la performance des vitrages et d'installer des énergies renouvelables. Sur ces premières propositions d'améliorations énergétiques, le **bâtiment atteint le seuil de 2030, sur la base de l'occupation future et de la remise en service du restaurant.**

En complément, une **simulation thermique dynamique** a été réalisée afin de vérifier le confort thermique notamment en été sur la base du scénario d'aménagement intérieur retenu. Il permettra de proposer des solutions complémentaires pour garantir un confort optimal en se tournant vers des solutions passives.

Pour atteindre le seuil 2040 ou 2050, encore inconnu à ce jour en valeur absolue, une réflexion plus globale sur l'enveloppe sera à étudier, comme:

- **Ajout d'une isolation thermique par l'extérieur sur les façades (220 mm de fibre de bois Th38 par exemple),**
- **Réfection de l'étanchéité des toitures terrasses autres que R+4 (travaux inclus dans cet audit) et remplacement de l'isolant thermique (200 mm de PUR Th22)**
- **Rénovation du bac acier pour atteindre une performance thermique meilleure**
- **Remplacement du réseau de chaleur urbain par une pompe à chaleur**
- **Ajout de photovoltaïque supplémentaire**

Ces améliorations thermiques devraient permettre au bâtiment sur la base d'un usage similaire à celui actuellement envisagé de descendre sous les 65 kWh/m².an, tout en gagnant en confort thermique toute saison.

LEXIQUE

BACS : building automation and control system ou systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments

CEE : Certificat d'Économie d'Énergie

CTA : Centrale de Traitement d'Air

Décret Tertiaire : Décret du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire

DJU : Degré Jour Unifié (pour le chauffage)

DJF : Degré jour Froid (pour la climatisation)

DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

ECS : Eau Chaude Sanitaire

GES : Gaz à Effet de Serre

GTC : Gestion Technique Centralisée

MWhCUMAC : Mégawattheures cumulés actualisés (= générée sur toute la durée de vie d'un équipement)

kWhef : Kilowattheure d'énergie finale (= facturée)

kWhep : Kilowattheure d'énergie primaire (= disponible dans la nature)

MOE : Maîtrise d'Œuvre

R : Résistance thermique : exprime la résistance d'un matériau au passage d'un flux de chaleur

RT2012 : Réglementation Thermique 2012

SHON : Surface Hors d'œuvre Nette

SDP : Surface de Plancher

SU : Surface Utile

TGBT : Tableau Général Basse Tension

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée