



Réhabilitation du bâtiment H

~
Campus Villejean
RENNES

RAPPORT THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE PHASE DCE BL1

Maître d'ouvrage
Université Rennes 2



Place du Recteur Henri Le Moal
35043 RENNES



Sommaire

Réalisé par : PM
Date : Mai 2026

Vérifié par : AR
Date : Mai 2026



1.	GLOSSAIRE	3
2.	CADRE DE L'ÉTUDE.....	4
3.	RAPPELS RÉGLEMENTAIRES	5
3.1.	Réglementation thermique	5
3.2.	Décret tertiaire.....	5
4.	BILAN ENERGETIQUE DE L'ETAT EXISTANT	6
4.1.	Analyse des déperditions	6
4.2.	Consommations énergétiques	7
4.3.	Comparaison avec les consommations énergétiques réelles	8
4.4.	Résultats réglementaires TH-C-E-ex.....	9
5.	SOLUTION D'AMELIORATION RETENUE.....	10
6.	SYNTHESE DES RESULTATS	15

1. GLOSSAIRE

STD : Une simulation thermique dynamique d'un bâtiment consiste à étudier sur une année entière, au pas de temps horaire, le comportement thermique du bâtiment. Le calcul (Le modèle énergétique) tient compte de tous les paramètres influant sur le comportement thermique :

- Les caractéristiques constructives : géométrie, orientations, caractéristiques de parois et de matériaux, inertie...
- Le climat : température extérieure, ensoleillement, vent
- Les scénarios d'utilisation : température consigne, occupation, puissance dissipée...

Calculs RT : Une étude thermique réglementaire permet d'analyser le niveau de performance énergétique d'un bâtiment pour les 5 usages réglementaires : le chauffage, le refroidissement, la production d'ECS, l'éclairage artificiel ainsi que les auxiliaires (de chauffage, de refroidissement, d'ECS et de ventilation). La méthode de calcul réglementaire se base sur des scénarios conventionnels (théoriques) dépendants de plusieurs paramètres tels que l'usage des zones du bâtiment, la zone climatique, la température de consigne.

DJU : Degrés Jours Unifiés

ECS : Eau chaude sanitaire

CEP : Consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'ECS et l'éclairage des locaux exprimée en kWh/m² d'énergie primaire.

kWh énergie finale (kWhEF) : L'énergie finale est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

kWh énergie primaire (kWhEP) : L'énergie primaire mesure le prélèvement à la source, que l'on effectue pour produire de l'énergie finale (celle que l'on utilise). Pour l'électricité en particulier, on considère qu'il faut 2,30 kWh d'énergie primaire pour produire 1 kWh d'énergie électrique utilisable par le consommateur. Pour les énergies fossiles, on considère que l'énergie utilisable (finale) est égale à l'énergie primaire.

GES : Gaz à Effets de Serre

Facteurs de conversion en Kg CO ₂ / kWh énergie finale	Usages			
	Chauffage	Refroidissement	ECS	Tous usages
Electricité	0,079	0,064	0,065	0,064
Gaz naturel	0,227	0,227	0,227	0,227
Gaz propane	0,272	0,272	0,272	0,272
Fioul	0,324	0,324	0,324	0,324
Bois Granulés	0,03	0,03	0,03	0,03
Bois Bûches	0,03	0,03	0,03	0,03
Bois déchiquetés	0,024	0,024	0,024	0,024
Réseau de chaleur – Rennes Villejean	0,031	0,031	0,031	0,031

2. CADRE DE L'ÉTUDE

Dans le cadre du projet de rénovation énergétique du bâtiment H du campus de Villejean (Université Rennes 2), la présente étude a pour objectif d'analyser les solutions d'amélioration de la performance énergétique puis de comparer ces différentes solutions en termes de performances énergétiques.

Dans ce cadre, la prestation de THALEM INGENIERIE comprend :

Phase 1 : La réalisation de l'état des lieux intégrant :

- * Le recueil des informations disponibles auprès du maître d'ouvrage et /ou du gestionnaire (factures énergétiques sur 3 ans, plans du bâtiment, contrats d'exploitation, ...).
- * La visite des locaux et le relevé des principales caractéristiques : enveloppe, installations techniques (CVC, ECS, éclairage, ...) ainsi que la vérification visuelle de leur état et fonctionnement lors de la visite.
- * Le recueil des avis des usagers des bâtiments et les éventuelles sources d'inconfort, problématiques...

Les relevés sont réalisés de manière visuelle. Il n'est pas prévu de sondage destructif à ce stade ni d'étude structurelle.

Phase 2 : Modélisation et simulation de l'existant

- * La réalisation du bilan thermique et énergétique des bâtiments sur la base des éléments recueillis précédemment à l'aide d'une Simulation Thermique Dynamique grâce au logiciel Pléiade.
- * L'analyse comparative entre cette simulation théorique et les consommations réelles.
- * Il est réalisé également un calcul réglementaire selon la méthode Th-CE-ex afin de déterminer les coefficient $U_{bât}$ et C_{ep} « initial » et « référence ».

(Les simulations seront réalisées sur la base des plans de l'existant : il n'est pas prévu de relevés de plans dans la mission).

Phase 3 : Simulation de solutions d'amélioration

Des solutions d'amélioration sont proposées afin de réduire les différentes consommations énergétiques.

Ces préconisations porteront sur l'enveloppe, les installations, l'apport des énergies renouvelables, la réduction des émissions de CO₂ ou sur des actions de maîtrise des usages. Elles intégreront les contraintes de mise en œuvre, de planning et bien sûr financières afin d'éclairer la décision du maître d'Ouvrage.

3. RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

3.1. Réglementation thermique

Lors de travaux de rénovation entrepris par le maître d'ouvrage, la réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires.

Les réhabilitations concernant des bâtiments construits après 1948 de plus de 1000 m² de surface hors œuvre nette et dont les coûts des travaux de rénovation thermique sont supérieurs à 25% de la valeur du bâtiment sont soumis à la réglementation thermique « globale » qui définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové selon l'arrêté du 13 juin 2008.

3.2. Décret tertiaire

Issu de la loi ELAN, le décret tertiaire (Décret n°2019-771 du 23 juillet 2019) impose à tous les bâtiments dans lesquels sont exercées des activités tertiaires sur une surface de plancher de plus de 1000 m² de réduire leurs consommations annuelles d'énergie. Pour ce faire, l'arrêté du 10 avril 2020 propose deux possibilités :

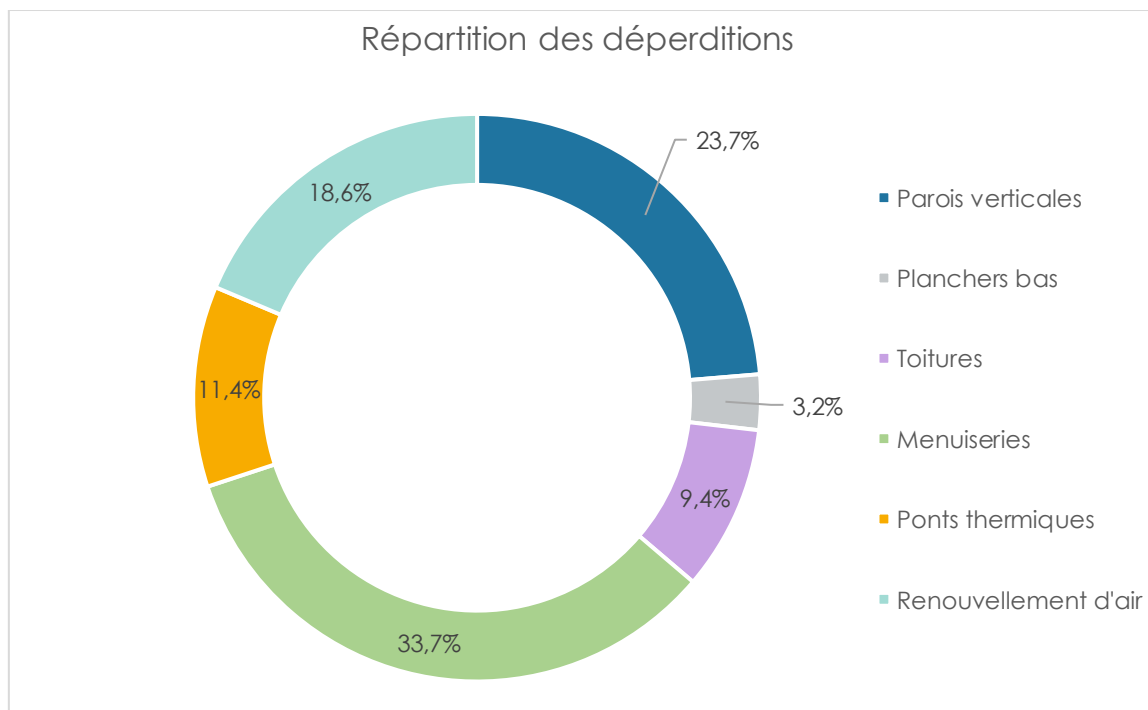
- Soit de réduire les consommations énergétiques (en énergie finale) par rapport à une consommation de référence (postérieure à 2010) selon des objectifs définis par décennie :
 - -40% en 2030
 - -50% en 2040
 - -60% en 2050
- Soit de respecter un seuil de consommation à atteindre en valeur absolue qui dépendra de la catégorie d'activité tertiaire et de sa situation géographique.

L'objectif à atteindre est une réduction de 50% des consommations pour l'année 2040.

Nota : Les étiquettes énergie et climat présentées dans la suite de ce rapport sont déterminées par rapport à la SHON et concernant les usages STD. Ces étiquettes ne peuvent pas être utilisées comme des étiquettes de diagnostic de performance énergétique (DPE).

4. BILAN ENERGETIQUE DE L'ETAT EXISTANT

4.1. Analyse des déperditions

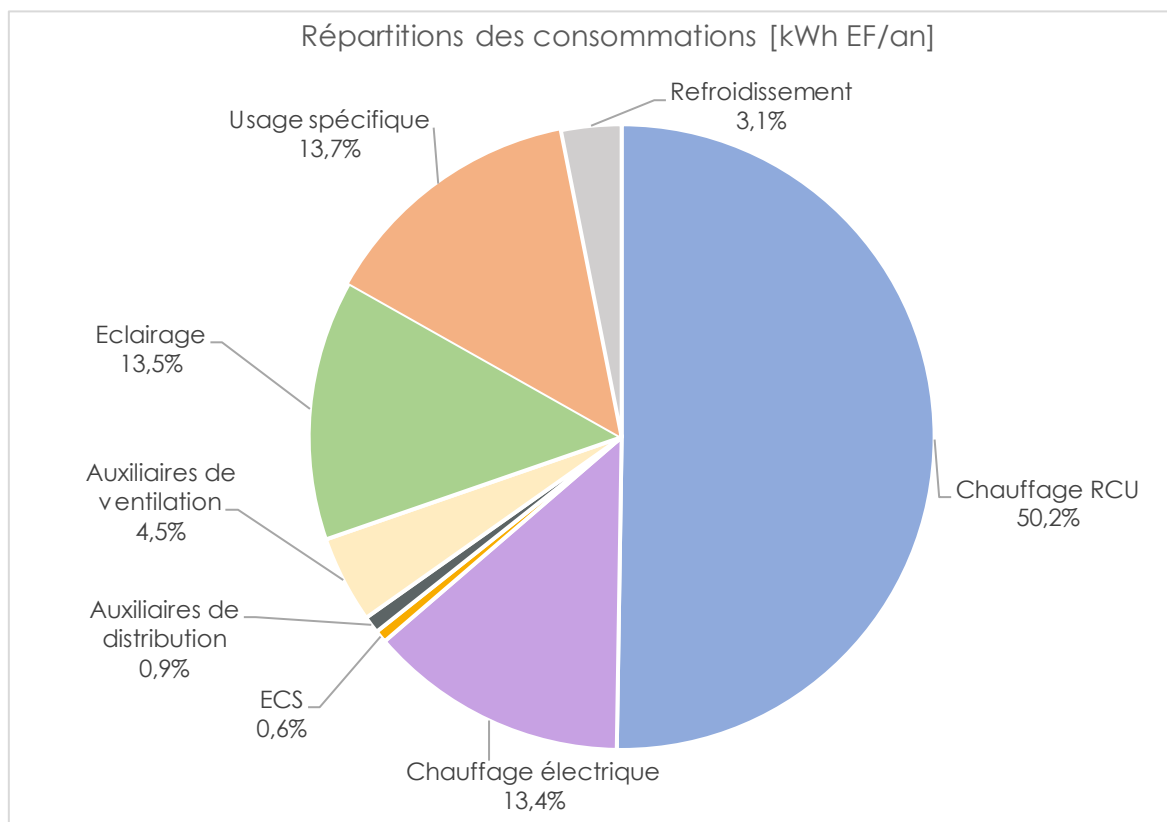


La répartition des déperditions du bâtiment met en évidence l'importance des menuiseries (34%), nombreuses sur le bâtiment et peu performantes, ainsi que des parois verticales (24%), peu isolés. On retrouve ensuite le renouvellement d'air (19%) ainsi que les différents ponts thermiques du bâtiment avec 11 %.

Les ponts thermiques sont importants du fait de la grande épaisseur des murs. Les planchers bas ne sont pas (ou peu) isolés mais leurs configurations sur terre-plein permettent de limiter les déperditions. Les toitures terrasses étant isolés, les déperditions sont réduites.

4.2. Consommations énergétiques

La STD nous permet de déterminer les consommations énergétiques suivantes :



	Consommations énergétiques [kWh EF/an]
Chauffage réseau de chaleur	677 000
Chauffage électrique	180 900
Refroidissement	41 900
ECS électrique	8 600
Auxiliaires de distribution	11 900
Auxiliaires de ventilation	60 500
Eclairage	181 600
Usage spécifique	184 700

Le chauffage représente très largement le principal poste de consommation du bâtiment avec une part de plus de 60 %. Le poste de consommation suivant est l'éclairage du bâtiment avec environ 14 % et ensuite les consommations liées aux usages spécifiques avec 14 % également.

Les usages spécifiques sont des consommations déterminées par le logiciel Pléiades suivant l'usage et la surface du bâtiment. Ils correspondent aux consommations liées aux puissances dissipées des équipements (ballons électriques, équipements informatiques).

Nous obtenons un Cep de l'état existant de **152,2 kWh_{EP}/m².an**.

4.3. Comparaison avec les consommations énergétiques réelles

Les calculs par simulation permettent d'appréhender des situations diverses et de mesurer le poids relatif de chacun des postes de consommation et l'impact énergétique des améliorations envisagées. Les relevés de factures traduisent eux la situation réelle du bâtiment.

Les factures d'électricité et de réseau de chaleur du site précédemment analysées vont permettre de situer les résultats obtenus avec le logiciel de calcul afin d'en déduire les gains énergétiques effectifs de chaque amélioration simulée. Pour la partie chauffage, il est important de corriger la consommation énergétique théorique par rapport aux DJU réels constatés afin de pouvoir comparer les 2 valeurs par rapport à un scénario climatique le plus proche possible.

	Relevées	Logiciel
Consommation Réseau de chaleur DJU moyens [kWh/an]	651 000	677 000
Consommation Electricité DJU moyens [kWh/an]	677 900	670 300

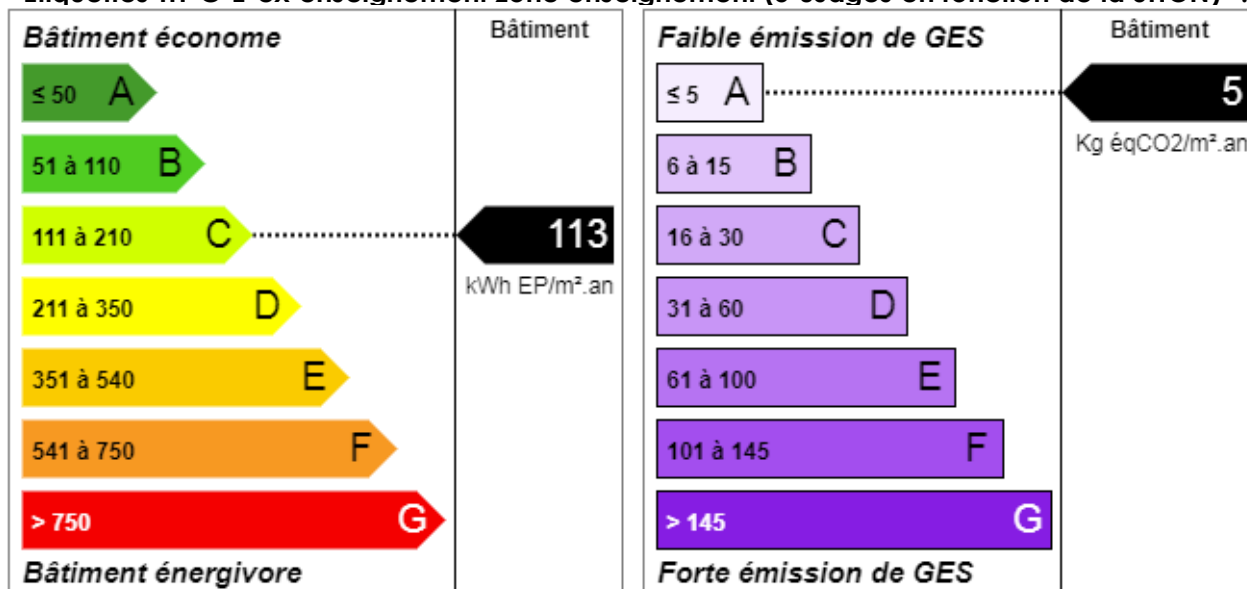
Le modèle numérique retranscrit assez bien le comportement réel du bâtiment avec une différence de 6% sur les consommations liées au réseau de chaleur et de 2% sur les consommations électriques.

4.4. Résultats réglementaires TH-C-E-ex

Le bâtiment concerné par l'étude étant situés en Ile-et-Vilaine, le calcul réglementaire sera réalisé avec le scénario H2a de la réglementation thermique. Le scénario conventionnel de la RT utilisé est le suivant : « Enseignement zone Enseignement ».

Détails	Existant
Ubat du bâtiment	1,705
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	113,3
CHAUFFAGE/REFROIDISSEMENT	
Total Energie primaire (kWh EP /m²)	65,5
ECLAIRAGE	
Total Energie primaire (kWh EP /m²)	34,4
AUXILIAIRES	
Aux. Total Energie primaire (kWh EP /m²)	2,6
Vent. Total Energie primaire (kWh EP /m²)	10,7

Étiquettes TH-C-E-ex enseignement zone enseignement (5 usages en fonction de la SHON)* :



Nota : Les étiquettes énergie et climat présentées dans la suite de ce rapport ne peuvent pas être utilisées comme étiquettes de diagnostic de performance énergétique (DPE). Les consommations ECS, du fait de l'usage du bâtiment (bureaux) ne sont pas pris en compte dans le calcul RT existant.

5. SOLUTION D'AMÉLIORATION RETENUE

	Détails	Élément concerné	Commentaires
Amélioration de l' enveloppe	Isolation des murs	Murs extérieurs Murs enterrés zones BL1 Mur intérieurs sur garages BL2	Les murs extérieurs seront isolés par l'intérieur par 145 mm de laine de bois ($R = 4,00 \text{ m}^2.K/W$) pour BL2 et en laine de coton ($R=3,90 \text{ m}^2.K/W$) pour BL1. Les murs extérieurs au niveau des escaliers ne seront pas isolés du fait de la difficulté de la mise en place du doublage intérieur. Les poteaux intérieurs béton ne sont pas isolés. En fonction des contraintes techniques l'isolant sera réduit à 100mm ($R= 2,75 \text{ m}^2.K/W$ non éligible CEE) sur environ 2% de la surface isolée. Le logement situé sur la toiture terrasse ainsi que l'édicule ascenseur en partie centrale seront isolés par l'extérieur par 15 cm d'isolant en laine de roche ($R = 4,25 \text{ m}^2.K/W$). Les murs enterrés RDJ BL1 sont également isolés par 145 mm de laine de bois ($R = 4,00 \text{ m}^2.K/W$). Les murs enterrés RDJ BL2 ne sont pas isolés. Les murs intérieurs entre le local H2.003 Garages et les locaux BL2 sont isolés par 145 mm ($R = 4,00 \text{ m}^2.K/W$) ou 80 mm ($R = 2,20 \text{ m}^2.K/W$ non éligible CEE) de laine de bois (localisation selon plan architecte). Façade nord des salles de consultation de BL1, au droit des réseaux de ventilation et EP existants impossibilité technique de mise en place du nouveau doublage, conservation du doublage existant.
	Isolation des toitures terrasses	Toitures terrasses BL1 / BL2 / BL3	L'isolation existante de la toiture terrasse de l'ensemble du bâtiment sera déposée et remplacée par 16 cm d'isolation type PU ($R = 7,30 \text{ m}^2.K/W$) pour le bâtiment BL2/BL3, 8 cm d'isolant type PU ($R=3,65 \text{ m}^2.K/W$) pour les toitures accessibles du logement BL1 et 14 cm d'isolant type PU ($R=6,45 \text{ m}^2.K/W$) pour le reste du bâtiment BL1. Nota : L'épaisseur d'isolation a été réduite à la suite des sondages réalisés sur les toitures existantes. La performance thermique indiquée est éligible aux CEE.
	Façade double peau	Ensemble des façades BL3	Dépose de la peau extérieure des façades

	Détails	Élément concerné	Commentaires
	Verrière	Verrière galerie BL1	Remplacement de la verrière de la galerie de circulation RDJ BL1, par une verrière en Alu double vitrage à contrôle solaire ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $S_w \leq 0,20$).
	Menuiseries Alu	Menuiseries actuelles des zones BL1 et BL2	A l'exception du patio salle consultation BL2 dont les menuiseries seront conservées, les menuiseries des zones BL1 et BL2 seront remplacées par des menuiseries Alu double vitrage ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $S_w \leq 0,35$). / Ajout de stores intérieurs en BL1/BL2. Mise en place de menuiserie avec vitrage à contrôle solaire pour les bureaux RDJ de la façade sud ($S_w \leq 0,20$) Les menuiseries BL2 et BL1 remplacées seront équipées de stores intérieurs enroulables. Un isolant de 40mm ($R = 1,9 \text{ m}^2.\text{K/W}$) est mis en place entre le coffre des stores et les murs béton. Le pont thermique de linteau sera limité par la mise en place d'une dalle ORGANIC 25mm $R=0,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$. Les menuiseries des façades rideaux de la zone BL3 ne sont pas remplacées. Les stores intérieurs de la double peau du BL3 sont remplacés par des brises soleil fixes/BSO et rideaux. Les performances thermiques indiquées sont éligibles aux CEE. Le S_w indiqué prend également en compte les différentes solutions de protection solaire (volets, stores, etc.).
	Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés	Planchers bas RDC donnant sur les garages et local poubelle	BL3 Isolation par 10 cm d'isolant sous dalle ($R = 3,00 \text{ m}^2.\text{K/W}$) pour le local poubelle et Dgt extérieur. BL2 isolation par 15 cm d'isolant sous dalle ($R=4,35 \text{ m}^2.\text{K/W}$) pour le garage
Amélioration des équipements énergétiques	Systèmes ETT BL1/BL2	Ventilation double flux BL1/BL2 et chauffage/climatisations salles de lectures BL1/BL2	Dépose des systèmes ETT actuels par des systèmes équivalents plus performants. Raccordement au réseau existant.
	Production de chauffage/climatisation BL3	Salles de lectures et bureaux BL3	Dépose de la centrale double flux actuelle et du groupe froid. Mise en place de cassettes en plafond reliées au réseau de chaleur pour la production de chauffage et à une pompe à chaleur pour la production de froid en été.

Détails	Élément concerné	Commentaires
Radiateurs basse température	Radiateurs équipés de robinets thermostatiques d'origine et radiateurs sans robinets	Les radiateurs basse température (60/40°C) seront équipés de robinets thermostatiques (VT = 0,4 K) .
Panneaux rayonnants électriques	Logement de fonction	Les panneaux rayonnants actuels seront déposés et remplacés par des modèles plus performants (VT = 0,08 K).
Pompes de circulation	Pompes au niveau des sous-stations	Remplacement des pompes à débit constant actuels par des pompes à débit variable, permettant une économie sur les consommations de chauffage et d'électricité.
Calorifugeage réseaux	Réseaux en sous-stations	Calorifugeage des réseaux actuels en classe 3.
Simple flux bureaux RDJ BL1	Bureaux RDJ BL1	Mise en place d'une ventilation simple flux pour les bureaux RDJ en BL1.
Simple flux bureaux BL2	Bureaux BL2	Mise en place d'une ventilation simple flux pour les bureaux en BL2. Mise en place d'un système aéraulique avec de nouvelles bouches en remplacement du système actuel.
VMC Hygro A logements	Logement de fonction	La ventilation du logement de fonction est assurée par un caisson existant datant de 2024 - hygro A basse consommation.
Éclairage par des luminaires de type LED	Ensemble des locaux non équipés de LED	La mise en place de ce système augmentera les consommations de chauffage (la puissance dissipée des luminaires actuels étant plus élevée). Remplacement des luminaires facile à réaliser. Economies des consommations d'éclairage.
Mise en place de détecteurs de présence/absence	Locaux à occupation passagère (circulations, sanitaires, etc.)	L'allumage et l'extinction par détection de présence permettra d'optimiser l'utilisation de l'éclairage par rapport aux besoins.
Modification de la consigne de chauffage	Programmateurs chauffage	Abaissement de la consigne de chauffage actuelle (21°C) à 19°C. Ajustement de la consigne sur les périodes d'occupation du bâtiment. Le chauffage ne sera pas coupé en inter-saison dans la zone BL3 afin de garantir un confort optimal durant cette période. Cependant, la STD ne permet pas d'appliquer ce maintien sur la zone BL3 mais uniquement sur l'ensemble du bâtiment. Les consommations de chauffage annoncées dans la suite de ce rapport seront donc légèrement surdimensionnées. NOTA : Afin de maintenir un confort hivernal suffisant pour les usagers, ces solutions ne devront être mise en œuvre que lorsque les améliorations concernant le bâti seront réalisées.

OPTIMISATION Variante 1 PRO BL1 : Optimisation globale BL1/BL2/BL3

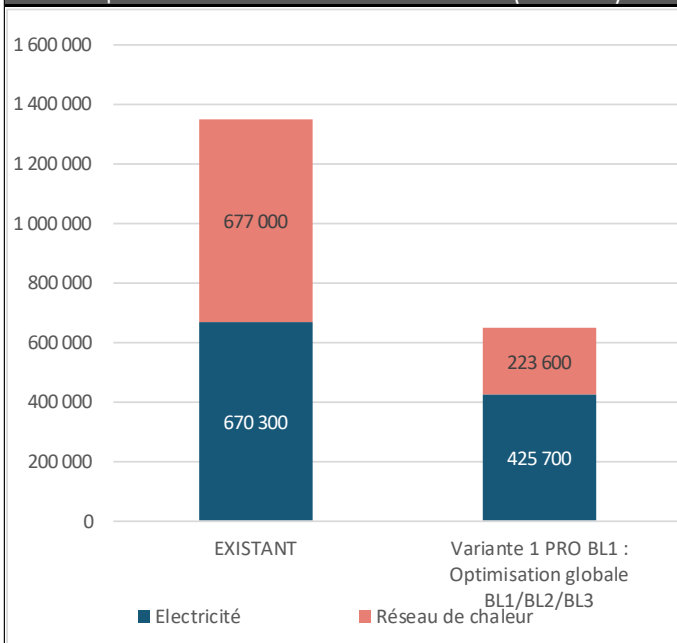
Observation

Les résultats ci-dessus correspondent aux préconisations décrites pages 10 à 12.

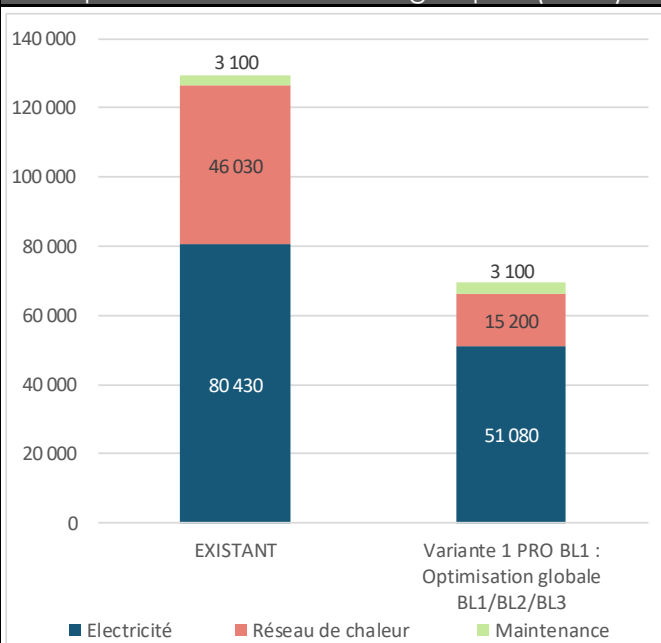
Les différentes optimisations permettent une réduction des consommations de chauffage d'environ 50 % sur l'ensemble du bâtiment. La rénovation de l'éclairage par la mise en place de luminaires LED permet une baisse d'environ 35% des consommations de ce poste. Les émissions de gaz à effet de serre, bien que faibles à l'état actuel grâce au réseau de chaleur sont réduits d'environ 50%.

L'objectif du décret tertiaire (-50% à l'horizon 2040) est atteint avec ce scénario.
(panneaux photovoltaïques non pris en compte)

Répartition des consommations (kWh EF)



Répartition des coûts énergétiques (€ TTC)



Étiquettes énergétiques (tous usages STD/SRT)

Énergie	Avant	152 kWh _{ep} /m ² /an	C
	Après	83 kWh _{ep} /m ² /an	B
Climat	Avant	5 kg/m ² /an	A
	Après	2 kg/m ² /an	A

Synthèse des résultats

Déperditions du bâti	-61,6%
Calcul RT	-50,4%
Émission CO ₂	-47,9%
Décret tertiaire / 2020	-51,8%

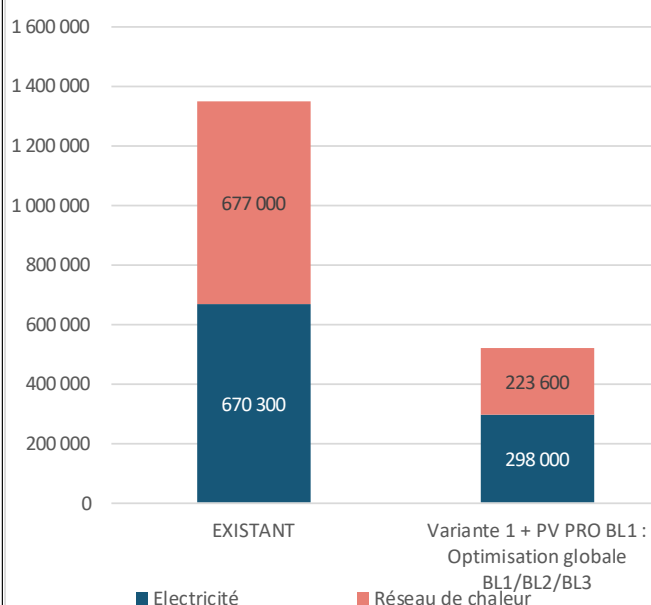
OPTIMISATION Variante 1 + PV PRO BL1 : Optimisation globale BL1/BL2/BL3

Observation

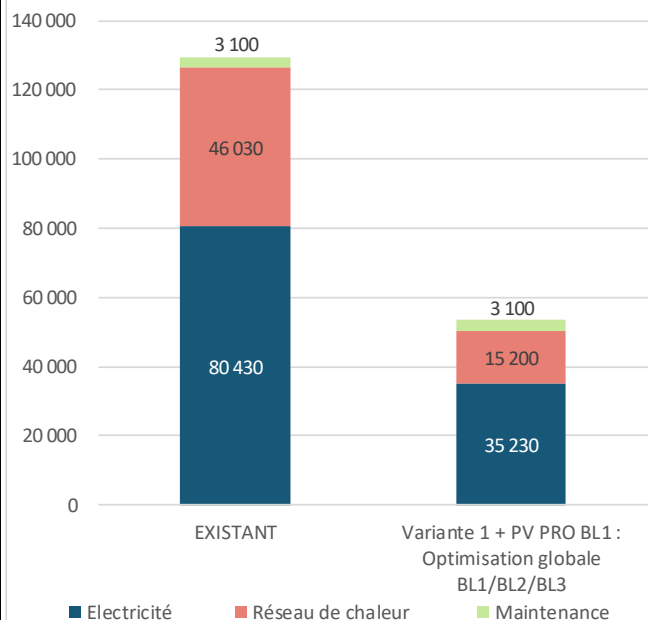
**Prise en compte d'une centrale PV de 73 kWc sur BL2 et 90 kWc sur BL1.
Il est estimé que 70% de la production est autoconsommée et 30% exportée.**

L'objectif du décret tertiaire (-60% à l'horizon 2050) est atteint avec ce scénario.
(Seule la part autoconsommée est prise en compte pour le décret tertiaire)

Répartition des consommations (kWh EF)



Répartition des coûts énergétiques (€ TTC)



Étiquettes énergétiques (tous usages STD/SRT)

Énergie	Avant	152 kWhep/m²/an	C
	Après	62 kWhep/m²/an	B
Climat	Avant	5 kg/m²/an	A
	Après	2 kg/m²/an	A

Synthèse des résultats

Déperditions du bâti	-61,6%
Calcul RT	-50,4%
Émission CO ₂	-60,9%
Décret tertiaire / 2020	-61,3%

6. SYNTHÈSE DES RESULTATS

	Consommation kWhef	Gain kWhef	Gain décret tertiaire	Gain émission CO ₂
Etat existant	1 347 300	/	/	/
Variante 1 - base	649 300	698 000	51,80%	47,90%
Variante 1 + PV	521 600	825 700	61,30%	60,90%