CPAM Lille Douai

2 RUE D'IENA

59 000 LILLE

AUDIT ENERGETIQUE

ETUDE DE CONFORT D'ETE

V2 - Date de diffusion 30/06/2022

MAITRISE D'OUVRAGE :

CPAM LILLE DOUAI

2 Rue d'Iéna

59000 Lille

Benoit HONQUERT

Responsable de l'Administration Générale

T 03 20 42 34 23

@ benoit.honquert@assurance-maladie.fr

ASSISTANT MOA :

ALTEREA AGENCE NORD

21 rue Pierre Mauroy

59 000 Lille

T 03 59 54 21 08

Elisabeth MAES

Chef de projets

T 07 57 45 33 26

@ emaes@alterea.fr

ALTEREA certifié par l'OPQIBI
Certificat de qualification N°13 06 25 86

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	17/06/2022	Version initiale	SRAN	AGAR	EMAE
2	30/06/2022	Actualisation des scénarios	SRAN	AGAR	EMAE

SOMMAIRE

SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE 7

1 INTRODUCTION 12

1.1 OBJECTIF DE L'AUDIT ENERGETIQUE 12
1.2 DECRET TERTIAIRE 12
1.3 METHODOLOGIE EMPLOYEE 13
1.3.1 Processus de l'audit énergétique 13
1.3.2 Présentation des outils utilisés - Pléiades+Comfie 13
1.4 LISTE DES DOCUMENTS TRANSMIS PAR LA MOA 14
1.5 HYPOTHESES PRISES POUR LA REALISATION DE L'ETUDE 14
1.6 ANOMALIES EVENTUELLES A FAIRE REMONTER 14
1.7 POINTS BLOQUANTS 14
1.8 ESTIMATIONS DES QUANTITES POUR LES DIFFERENTES PRESCRIPTIONS 14

2 DESCRIPTION DU SITE 15

2.1 INFORMATIONS GENERALES 15
2.1.1 Périmètre du diagnostic 15
2.1.2 Coordonnées des interlocuteurs 15
2.1.3 Visite 15
2.1.4 Travaux antérieurs ou programmés 16
2.1.5 Vue aérienne du site 16
2.2 DONNEES D'USAGE DU SITE 17
2.2.1 Bâtiments 17
2.2.2 Occupation du bâtiment 17
2.3 ANALYSE DU COMPORTEMENT DES USAGERS 18

3 DESCRIPTION DU BATIMENT 19

3.1 BATI 19
3.2 CHAUFFAGE 24
3.2.1 Analyse du contrat d'exploitation 24
3.2.2 Description de la chaufferie 24
3.2.3 Description des émetteurs 28
3.2.4 Schéma de principe 30
3.2.5 Analyse de la conformité 30
3.2.6 Description de la régulation 32
3.3 VENTILATION 33
3.4 EAU CHAUDE SANITAIRE 37
3.5 ECLAIRAGE 38
3.6 CLIMATISATION 40
3.7 AUTRES USAGES 42

4 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE 44

4.1 USAGES ENERGETIQUES DU SITE 44
4.2 PLAN DE COMPTAGE DES ENERGIES 44
4.2.1 Description de l'approvisionnement en électricité 44
4.2.2 Schéma du plan de comptage proposé : 45

5 DESCRIPTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN GAZ NATUREL 46
5.1.1 Description de l'approvisionnement en gaz naturel 46
5.1.2 Schéma du plan de comptage proposé : 46
5.2 HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS 47
5.2.1 Gaz naturel 47
5.2.2 Electricité 48
5.2.3 Analyse des contrats de fourniture d'énergie 48
5.3 RESPECT DES EXIGENCES DU DECRET TERTIAIRE 49
5.3.1 Sélection de l'année de référence (Décret Tertiaire) 49
5.3.2 Objectifs de consommations énergétiques aux échéances temporelles 2030, 2040 et 2050 49
5.3.3 Contraintes techniques, architecturales et patrimoniales 49

6 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES 51
6.1 ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES DU SITE 51
6.2 SYNTHESE DE L'ENVELOPPE 52
6.3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES 52
6.4 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES 53
6.5 ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES APRES LA REALISATION DES TRAVAUX 54
6.6 PRESENTATION DES RESULTATS REGLEMENTAIRES (METHODE TH-C-E EX) 55

7 ENERGIES RENOUVELABLES 56
7.1 INSTALLATIONS D'ENERGIES RENOUVELABLES EXISTANTES 56
7.2 POTENTIELS D'ENR 56

8 GISEMENT DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE 58
8.1 INTRODUCTION 58
8.2 SYNTHESE DES INTERVENTIONS SIMULEES 59

9 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE 60
9.1 SCENARIO 1 : ACTION A FAIBLE INVESTISSEMENT 60
9.1.1 Synthèse 60
9.1.2 Données détaillées des performances du scénario 61
9.1.3 Application de la règlementation thermique 61
9.1.4 Analyse en coût global 62
9.2 SCENARIO 2 : -40% SUR ENERGIE FINALE 63
9.2.1 Synthèse 63
9.2.2 Données détaillées des performances du scénario 64
9.2.3 Application de la règlementation thermique 64
9.2.4 Analyse en coût global 65
9.3 SCENARIO 3 : -50% SUR ENERGIE FINALE 66

9.3.1 Synthèse 66
9.3.2 Données détaillées des performances du scénario 67
9.3.3 Application de la règlementation thermique 67
9.3.4 Analyse en coût global 68
9.4 COMPARAISON DES SCENARIOS PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DU DECRET TERTIAIRE 69

10 DESCRIPTIF DES INTERVENTIONS SIMULEES 70

11 CONTEXTE DE LA MISSION DE L'ETUDE DU CONFORT D'ETE 91
11.1 DEROULEMENT DE LA MISSION 91
11.2 OBJECTIFS DE LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE 91
11.3 OUTIL DE SIMULATION 91
11.4 HYPOTHESES DE CALCUL 91
11.5 DONNEES METEOROLOGIQUES 92

12 MODELISATION DU BATIMENT ET USAGE 93
12.1 REPRESENTATION 3D 93
12.2 ZONAGE THERMIQUE 94
12.3 CHAUFFAGE 96
12.4 CLIMATISATION 96
12.5 RENOUVELLEMENT D'AIR MECANIQUE 96
12.6 ETANCHEITE A L'AIR 96
12.7 OCCUPATION 96
12.8 ECLAIRAGE ARTIFICIEL 97
12.9 EQUIPEMENTS « SPECIFIQUES » 97
12.10 PAROIS VITREES 98
12.11 AERATION 98

13 SIMULATIONS ET RESULTATS 100
13.1 ANALYSE DES OMBRES PORTEES 100
13.2 BILAN ESTIVAL DES APPORTS THERMIQUES 100
13.3 INDICATEURS DU CONFORT ESTIVAL 102

14 INTERVENTIONS ET SCENARIO 103
14.1 CHOIX DES INTERVENTIONS 103
14.2 VARIANTE 1 : SIMULATION SANS OUVERTURE DES MENUISERIES 103
14.3 INTERVENTION 1 : MISE EN PLACE DE BRISES SOLEIL 104
14.4 INTERVENTION 2 : SUR-VENTILATION NOCTURNE 106
14.5 INTERVENTION 3 : MISE EN PLACE DE VOLETS ROULANTS EXTERIEURS 108
14.6 INTERVENTION 4 : AMELIORATION DE L'AERATION NATURELLE 110
14.7 SCENARIO 111
14.8 SYNTHESE DES SIMULATIONS 111

15 CONCLUSIONS DE L'ETUDE DE CONFORT D'ETE 113

16 ANNEXES 114

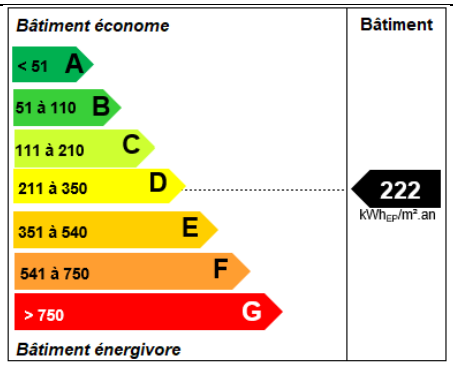
16.1 GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC **114**
16.1.1 Conversion des unités énergétiques 114
16.1.2 Émissions de CO2 114
16.1.3 Lexique de quelques abréviations 115
16.1.4 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire 115
16.1.5 Réglementation thermique 116

SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

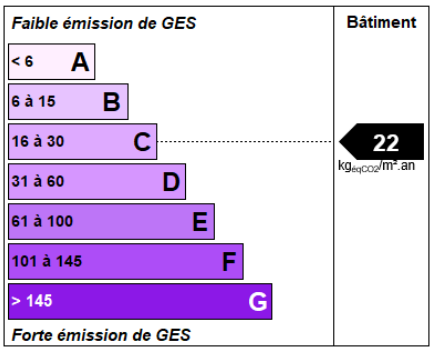


Année de construction	1985
Type	Catégorie DPE : 6.1
Surface plancher	19 174 m²
SHON[1]	20 035 m²
Nombre de niveaux	9 Niveau

Performance énergétique[2]



Cette étiquette n'a pas valeur de DPE



Cette étiquette n'a pas valeur de DPE

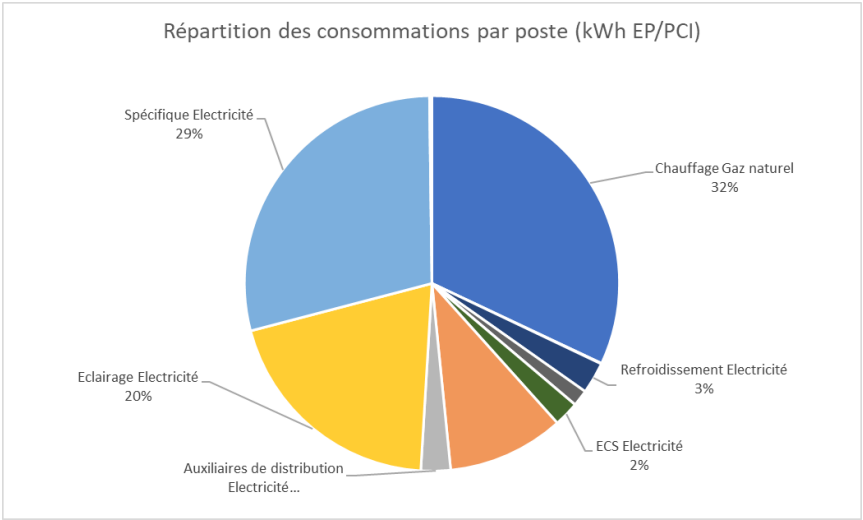
Coût énergétique simulé au réel[3]

279 314 € TTC/an

dont gaz naturel *130 349 € TTC/an*

dont électricité *148 965 € TTC/an*

Consommations par usage (kWhEP)



[1] La SHON et la SDP sont issues de la modélisation.

[2] Les résultats sont issus de la simulation énergétique réelle, réalisée à partir des observations de la visite et des documents fournis.

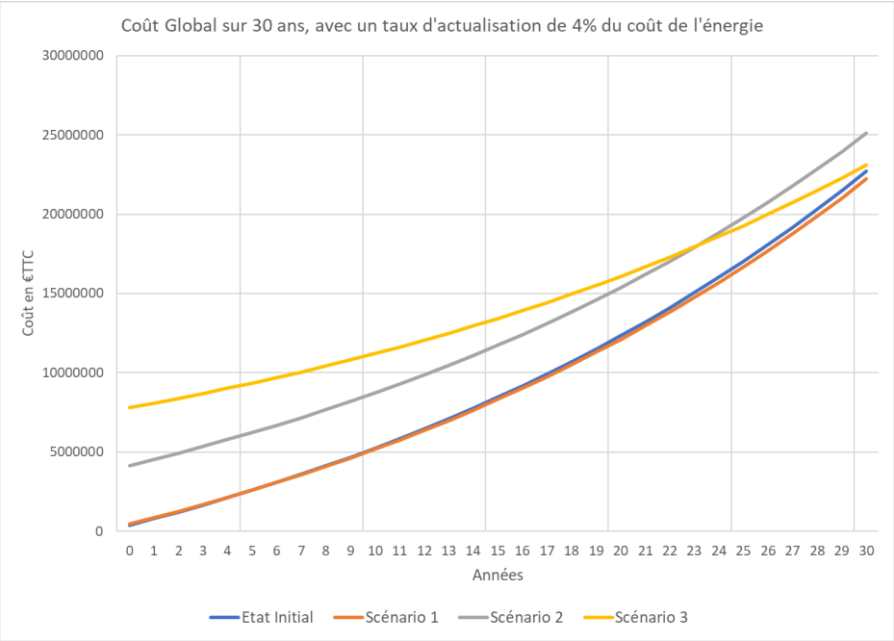
[3] Dépenses énergétiques hors maintenance des installations issues de la simulation énergétique réelle.

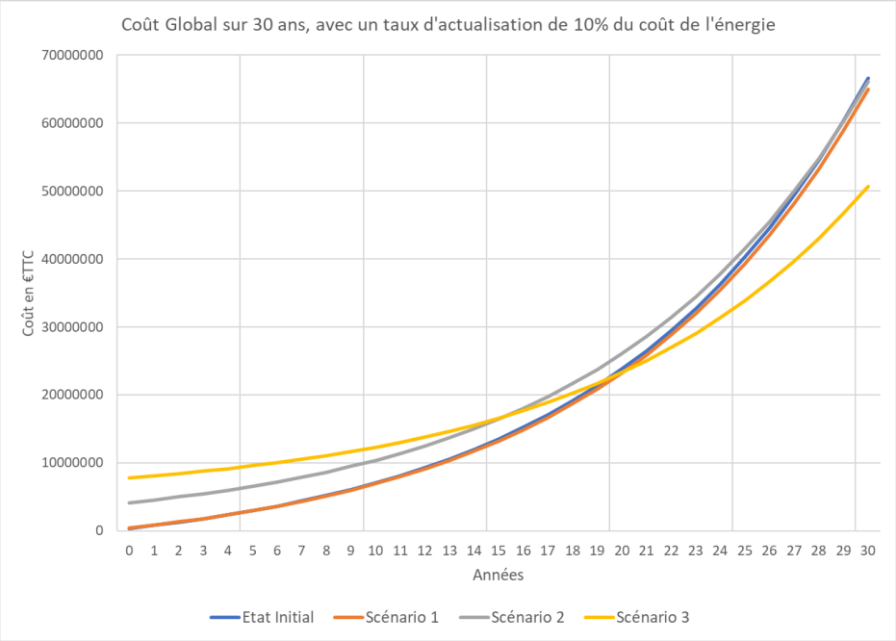
Objectif des scénarios proposés :
Les scénarios sont basés sur une approche technique mêlant besoins énergétiques et fonctionnels. L'ensemble des postes de consommation est considéré. Les scénarios sont cumulatifs. • Scénario 1 : ce scénario correspond aux travaux prévus par l'organisme ou travaux « urgents » ou actions à faible temps de retour. Il sera intégré dans ce scénario : - les objectifs de densification prévus par le maître d'ouvrage - des actions comportementales : sensibilisation des usagers aux Eco-gestes (température de consigne, extinction de l'éclairage, ouverture des fenêtres, etc.) - des actions réglementaires : mise en sécurité, préconisation si nécessaire d'une inspection par un organisme de contrôle agréé, etc. - des actions urgentes : réglage des installations (horloge de programmation, régulateurs, etc.) et installations de matériels à faibles investissements (minuteurs, détecteurs, etc.), renouvellement des équipements vétustes, actions indispensables à la pérennité des installations et du bâti - des actions d'entretien : nettoyage des conduites, désembouage, dépoussiérage des luminaires, préconisation d'améliorations en fonction des manques constatés sur l'exploitation, réglages divers, etc • Scénario 2 **« - 40% EF » :** ce scénario correspond, dans la mesure du possible, à une réduction de 40% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment basée sur la consommation de référence, ou le niveau de consommation cible en valeur absolue. • Scénario 3 **« - 50% EF » :** ce scénario correspond, dans la mesure du possible, à une réduction de 50% de la consommation globale d'énergie finale du bâtiment basée sur la consommation de référence. **Ces scénarios sont en phase avec le « Décret tertiaire » qui fixe des objectifs de réduction -40%, -50% et -60% de la consommation d'énergie finale en 2030, 2040 et 2050** <u>Le scénario 1 prévoit les actions suivantes :</u> - Mise en place d'un plan de comptage énergétique. - Révision des paramètres de régulation du chauffage. - Reprise du calorifugeage des réseaux de chauffage. - Mise en place de circulateurs à débit variable. <u>Le scénario 2 prévoit les actions suivantes en complément du scénario 1 :</u> - Remplacement des baies vitrées en simple vitrage. - Remplacement des CTA double-flux. <u>Le scénario 3 prévoit les actions suivantes en complément du scénario 2 :</u> - Isolation thermique des murs sur locaux non chauffés. - Isolation thermique des murs sur terre-plein. - Remplacement des ventilo-convecteurs. - Mise en place de radiateurs à basse température. - Amélioration de la performance du système d'éclairage. - Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique. - Raccordement de la chaufferie à un réseau de chaleur. - Mise en place de brise soleil photovoltaïque.

APPROCHE ECONOMIQUE						
Scénario	Economie d'énergie				Coût (€TTC)	TRI
	(kWhEP/an)	(€TTC/an)	%EP	%EF		
Scénario 1	127 141	9 283	3%	4%	59092	6 ans
Scénario 2	305 190	23 016	7%	10%	3 781 k€	>30 ans
Scénario 3	1 601 598	114 746	36%	48%	7 525 k€	>30 ans

APPROCHE ENERGETIQUE								
Scénario	Consommation énergétique simulée En kWhep/m².SHON	Emissions de CO_2 En kg CO_2/m²SHON	Optimisation	Amélioration des systèmes		Traitement du bâti		EnR
				léger	lourd	léger	lourd	
Etat initial	211 à 350 D 222	16 à 30 C 22	X			X		
Scénario 1	211 à 350 D 216	16 à 30 C 21	X	X			X	X
Scénario 2	111 à 210 C 207	6 à 15 B 19	X		X		X	X
Scénario 3	111 à 210 C 142	6 à 15 B 6	X		X		X	X

Désignation	Unité	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Investissements	**€HT**	**0**	**59 092**	**3 781 392**	**7 524 096**
Economie annuelle d'énergie primaire	%	0	3%	7%	36%
Economie annuelle d'énergie finale	%	0	4%	10%	48%
Emissions de CO_2 évitées	%	0	4%	13%	71%
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	€TTC	0	-9 283	-23 888	-132 725
Impact sur la maintenance (P2)	€TTC	0	0	150	20 160
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	€TTC	0	0	722	-2 182
CEE Mobilisables	**kWh CUMAC**	**0**	**569 800**	**21 980 800**	**52 364 082**
Valorisation CEE	**€**	**0**	**4 558**	**175 846**	**418 913**
Temps de retour sur investissement actualisé	années	0	6	52	33
Dépenses annuelles énergétiques	€TTC	357 892	348 609	334 003	225 167
Dépenses annuelles de maintenance	€TTC	10 530	10 530	10 680	30 690
Dépenses annuelles de renouvellement	€TTC	24 194	24 194	24 916	22 012
Dépenses énergétiques sur 30 ans (Actualisation des coûts d'énergie de 4%)	€TTC	21 233 108	20 682 386	19 815 860	13 358 775
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	€TTC	446 256	446 256	452 612	1 300 631
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	€TTC	1 025 337	1 025 337	1 055 928	932 872
Coût global (avec investissements)	**€TTC**	**22 704 700**	**22 213 069**	**25 105 792**	**23 116 374**





Commentaires
> Avec un taux d'actualisation du coût énergétique de 4% les scénarios ont un temps de retour supérieur à 30 ans car les investissements sont conséquents. Cependant, ils permettent de réduire considérablement les coûts de fonctionnement et les émissions de gaz à effet de serre.
> En considérant un taux d'actualisation de 10% au lieu de 4%, nous constatons que les scénarios 3 permettent un retour sur investissement d'environ 20 ans.
> Le scénario 3 permet une réduction forte des consommations et des émissions de CO2 via le raccordement au réseau de chaleur de la ville de Lille.

1 INTRODUCTION

1.1 Objectif de l'audit énergétique

L'audit énergétique consiste à réaliser un état des lieux du site (sur le bâti et les systèmes) dans le but d'identifier les gisements d'économies d'énergies possibles et de proposer des solutions d'amélioration efficaces et rentables à court, moyen et long terme (investissements, gains énergétiques, confort, etc.). L'audit justifie ces propositions alternatives en chiffrant l'investissement nécessaire et en présentant les gains énergétiques auxquels il est possible de prétendre. Par conséquent, il est possible de présenter les marges de progrès du site avec une analyse multicritère (TRI, investissements, gains, etc.).

Les principaux objectifs auxquels devra répondre la mission d'audit énergétique sont les suivants :

- Une diminution des consommations à travers la mise en place de systèmes performants,
- L'amélioration du confort intérieur pour les occupants,
- La diminution des émissions de CO2
- Si justifié, utilisation d'une ou plusieurs énergies renouvelables.

1.2 Décret tertiaire

La loi n°2015-992 du 17/08/2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte fixe les objectifs de la politique énergétique française à horizon 2030 et 2050 :

Pour répondre à ces objectifs, les actions de maîtrise de l'énergie sont indispensables et le secteur du bâtiment est prioritaire. En effet, ce dernier représente plus de 40 % de la consommation d'énergie nationale et est responsable de 25 % des émissions de gaz à effet de serre. Le parc tertiaire existant est très hétérogène (ERP, IGH, bureaux, entrepôts…) et ne se renouvelle que de 1 % par an. La programmation de la rénovation énergétique des bâtiments existants constitue donc un des enjeux majeurs de la décennie en cours.

Le décret dit « décret tertiaire » ou « dispositif Eco Energie Tertiaire » précise les modalités d'application de l'article 55 de la loi ÉLAN (Évolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique). Cet article impose une réduction de la consommation énergétique du parc tertiaire français.

Cet objectif se traduit plus concrètement, pour tous les propriétaires et occupants des bâtiments tertiaires, par une réduction de 60% de la consommation d'énergie des bâtiments de plus de 1 000 m² de surface de plancher composant leur parc à l'horizon 2050 par rapport à celle constatée pendant l'année de référence, choisie entre 2010 et 2020. Cette année de référence devra être déterminée et renseignée par les Maitre d'Ouvrage avant septembre 2022.

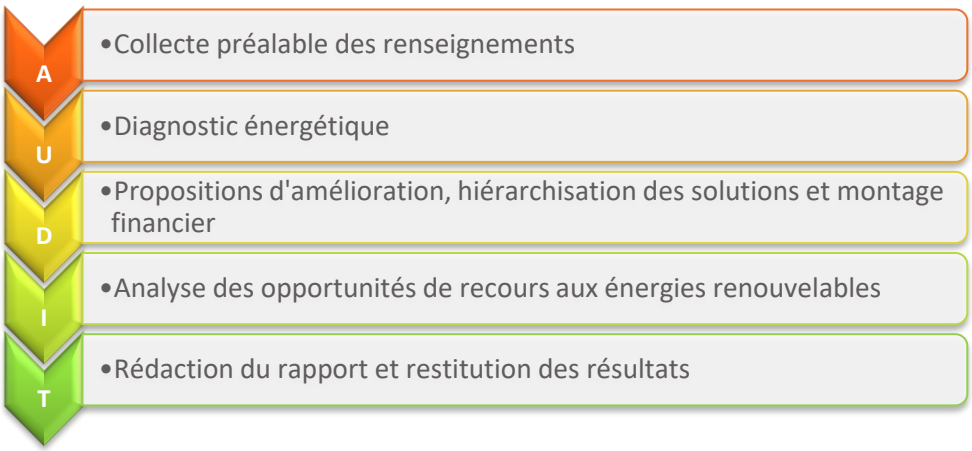
Cette obligation est assortie de deux objectifs intermédiaires en 2030 et 2040 où les consommations devront être réduites respectivement de 40% et 50% par rapport à l'année de référence. Le dispositif prévoit un assouplissement permettant l'atteinte de ces objectifs à l'échelle d'un patrimoine.

La plateforme OPERAT gérée par l'ADEME permettra de renseigner l'ensemble des consommations de manière annuelle afin de suivre l'atteinte des objectifs précédemment évoqués.

1.3 Méthodologie employée

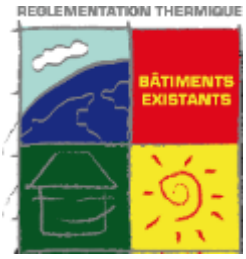
1.3.1 Processus de l'audit énergétique

Le diagnostic peut se décomposer en cinq étapes distinctes :



1.3.2 Présentation des outils utilisés - Pléiades+Comfie

Sur la base des éléments techniques, architecturaux et fonctionnels de l'état de lieux et de l'analyse rétrospective des consommations et des usages énergétiques, un modèle thermique des bâtiments existants a été construit à l'aide du logiciel Pléiades+Comfie. Ce dernier permet de réaliser, sur la base d'une saisie unique des caractéristiques thermiques des bâtiments et des caractéristiques techniques des systèmes, trois types d'évaluations :



1. La méthode conventionnelle par le logiciel Pléiades de IZUBA utilisant la méthode TH-C-E ex (calcul réglementaire) établie par le CSTB, permet de simuler un bâtiment de manière conventionnelle (ou intrinsèque) en fonction de scénarios d'occupation prédéfinis et fixes, qu'il n'est pas possible de moduler (température intérieure de référence, occupation du bâtiment, etc.).

Cette méthode est utilisée par tous les bureaux d'études thermiques et ainsi, il est possible de conserver les mêmes résultats sur toutes les étapes d'un projet (de l'audit énergétique à la phase travaux). Cette méthode permet ainsi d'épurer la simulation des comportements d'usage du bâtiment et d'occupation (par exemple : température de consigne élevée, ouverture des ouvrants pour réguler le chauffage, etc.). Ainsi, il est possible de comparer de manière objective les bâtiments d'un même usage (bâtiment collectif, maison individuelle, enseignement, etc.).

Cette simulation présente les consommations de 5 usages (chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, auxiliaires (de ventilation et de chauffage). C'est sur cette simulation que sont basées les subventions qu'il est possible d'obtenir.

2. La méthode par simulation thermique dynamique (STD). Cette méthode permet de caler le modèle thermique du bâtiment au plus près des consommations énergétiques réelles issues des factures. Les résultats du modèle thermique élaboré et les consommations énergétiques réelles sont confrontés, les hypothèses de calcul sont modifiées par essai-erreur en vue de réduire autant que possible l'écart entre les deux. Cette méthode de calcul est utilisée pour évaluer le potentiel d'économies d'énergie des actions d'efficacité énergétique dans la suite du rapport. Au-delà de la possibilité de prendre en compte la spécificité des comportements et des usages, cette méthode a une plus-value certaine dans l'évaluation des problématiques de confort d'été et de mi-saison, et de mise en température des locaux.

PLEIADES

1.4 Liste des documents transmis par la MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	> Plans de niveaux des bâtiments, > Plans de coupes	PDF, DWG
Consommations énergétiques	> Consommations de gaz naturel des années 2010 à 2018. > Consommations électriques des années 2010 à 2018.	Excel
Divers	> Photo des façades	JPEG
	> DOE menuiserie (archives)	PDF
	> Schémas électriques des tableaux divisionnaires de la cuisine	PDF
	> Photos des plaques signalétiques des unités de climatisation situées sur les toitures terrasses	JPEG

1.5 Hypothèses prises pour la réalisation de l'étude

- Il a été considéré que le site était chauffé en période d'occupation (de 5h30 à 19h00). Les températures de confort, de réduit et de hors gel indiquées par les régulateurs dans la sous-station ont été utilisées dans le cadre de la modélisation.
- Les planchers sur terre-plein ont été supposés non isolés d'après l'année de construction du bâtiment.
- À la suite des problèmes indiqués par la MOA lors de la visite, l'éclairage des sous-sols a été considéré comme fonctionnant en permanence en période d'occupation (5h30 à 22, du lundi au vendredi) pour la réalisation de l'étude.
- Le coût de l'énergie retenu est de 8,7 c€TTC/kWh pour le gaz naturel et de 13,0 c€TTC/kWh pour l'électricité.

1.6 Anomalies éventuelles à faire remonter

Le système d'exploitation de l'éclairage du site présente des défauts. Certains automates sont hors-services, ce qui induit un fonctionnement permanent des luminaires dans certaines zones (archives, parkings, etc.).

Lors de la visite il a été indiqué des problématiques d'accès à la régulation par la GTC. Il est néanmoins à noter que l'exploitant n'a pas de problème pour réguler le site.

1.7 Points bloquants

Sans objet.

1.8 Estimations des quantités pour les différentes prescriptions

La date de valeur des estimations correspond à la date de notre visite sur site, soit le 19/05/2022. Les quantités prescrites dans les interventions correspondent à des estimations réalisées à la suite de celle-ci.

2 DESCRIPTION DU SITE

2.1 Informations générales

2.1.1 Périmètre du diagnostic

CPAM Lille-Douai
2 rue d'Iéna – 50000 - LILLE

2.1.2 Coordonnées des interlocuteurs

	CPAM Lille-Douai
Nom	Benoit HONQUERT
Téléphone	03 20 42 34 23
Fonction	Responsable de l'Administration Générale
E-mail	benoit.honquert@assurance-maladie.fr

2.1.3 Visite

La visite du bâtiment a été réalisée dans les conditions suivantes :

Situation	
Date de la visite :	12/05/2022
Diagnostiqueur :	Simon RANSON
	sranson@alterea.fr
Accompagnateurs :	Axel FORT
Conditions climatiques :	$T_{ext.}$ = 20°C, Ensoleillé

2.1.4 Travaux antérieurs ou programmés

Les travaux antérieurs ou programmés sont les suivants :

Travaux	Date
Réfection de la toiture-terrasse du service Contrôle médical	NC
Travaux de second-œuvre	2016
Mise en place de luminaires LED couplés à une détection de présence	2016
Mise en place d'une gestion à distance de l'ensemble des systèmes d'éclairage	2016
Mise en place de chaudières gaz à condensation	2013
Travaux envisagés	**Date**
Remplacement des menuiseries	2025
Réfection des toitures-terrasses (incluant la reprise de l'isolation)	Eté 2022

2.1.5 Vue aérienne du site



2.2 Données d'usage du site

Un questionnaire STD sur l'usage du site et le comportement des usagers est à transmettre avant la visite pour remplir cette partie.

2.2.1 Bâtiments

Bâtiment	Année de Construction	Niveaux	Surface plancher	Surface SHON	Usages
CPAM Lille-Douai	1985	9	19 174 m²	20 035 m²	Immeuble de bureaux

2.2.2 Occupation du bâtiment

2.2.2.1 Horaires du site

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture[4]	07h00	07h00	07h00	07h00	07h00	-	-
Fermeture	19h00	19h00	19h00	19h00	19h00	-	-

2.2.2.2 Fréquentation du site

Dénomination	Effectif
Nombre d'employés	634 postes effectifs sur 806 postes totales
Surface plancher	19 174 m²
Densité surfacique (m² surface de plancher/occupant)	22m²/occupant

[4] Les agents d'entretien arrivent sur site à 5h30.

2.3 Analyse du comportement des usagers

Inspection des comportements	
Comportement des usagers	
Le public est-il sensibilisé aux problématiques énergétiques ?	Non, très peu
Hiver : Comportement des usagers vis-à-vis de l'ouverture des Mex	Ouverture en début et fin de la journée (hypothèse)
Hiver : Ouvertures des portes d'accès aux bâtiments (halls, portes d'entrée, accès techniques, etc.)	Rarement ouvertes
Comportement vis à vis de la bureautique - Personnel	Mise en veille individualisée
Comportement vis à vis des radiateurs	Réglage aléatoire des robinets selon les zones
Comportement vis à vis de l'éclairage	Les luminaire sont généralement allumés
Comportement vis à vis des douches	Les douches ne sont jamais utilisées
Ressenti des usagers	
Les usagers ont-ils des sensations de froid en hiver ?	Oui, plus particulièrement au rez-de-chaussée et au 1er étage
Les usagers ont-ils des sensations de chaud en été ?	Oui, plus particulière dans les bureaux situés dans les plots
Les usagers ressentent-ils des courants d'air ?	Oui (zones ponctuelles)
Les usagers mentionnent-ils des problématiques liées à la qualité de l'air (odeurs, air sec, air humide, ...) ?	Non communiqué
Si autre, préciser	-
Appréciation générale du comportement des usagers	
Performance	1
Commentaires	Les occupants sont peu soucieux des problématiques énergétiques. Des sensations d'inconforts sont ressenties sur l'ensemble du site en été et hiver. En effet, le site est très peu isolé : • **En hiver**, la faible performance des parois et des menuiseries engendre un effet de paroi froide entrainant de l'inconfort chez les usagers. Au rez-de-chaussée, les ventilo-convecteurs ne sont pas suffisants pour assurer les besoins de chauffage. • **En été**, les surchauffes sont fréquentes dans les bureaux et les open-spaces dans les plots.

3 Description du bâtiment

3.1 Bâti

Légende utilisée pour la suite de l'audit :

Performance	0	Très déperditif	1	Déperditif	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Paroi opaque					
Murs extérieurs 1		**Surface**	**U**	**P**	**V**
	Type : Béton plein Epaisseur : 60 cm (poteaux) / 25 cm (allèges) Mise en œuvre de l'isolation : Isolation par l'extérieur Isolant : Laine de verre Epaisseur d'isolation : 6 cm Garde-fou RTex 2018 (R) : 2.9	**3 237m²**	**0,57**	1	2
	Localisation : Plots				
Murs extérieurs 2		**Surface**	**U**	**P**	**V**
	Type : Béton plein Epaisseur : 15 cm Mise en œuvre de l'isolation : Isolation par l'extérieur Isolant : Laine de verre Epaisseur d'isolation : 6 cm Garde-fou RTex 2018 (R) : 2.9	**1 292m²**	**0,54**	1	2
	Localisation : R-1, RDC				
Mur sur local non chauffé		**Surface**	**U**	**P**	**V**
	Type : Béton plein Epaisseur : 20 cm Nature du local non chauffé : Parking, aire de livraison Mise en œuvre de l'isolation : Aucune isolation Isolant : Aucun Epaisseur d'isolation : 0 cm Garde-fou RTex 2018 (R) : 2	**496m²**	1,63	0	2
	Localisation : R-1				

Mur sur terre-plein			Surface	U	P	V
-	Type :	Béton plein	882m²	0,27	0	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Position :	Enterrée				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Aucune isolation				
	Isolant :	Aucun				
	Epaisseur d'isolation :	0 cm				
	Localisation :	Archives				

Commentaire par équipement	
Murs extérieurs 1	Les façades rideaux sont faiblement isolées au niveau des allèges. L'isolation en place est dégradée. Les allèges sont en béton côté intérieur et présentent une plaque en verre emmaillé coté extérieur. Un retour d'isolant est réalisé au niveau des planchers intermédiaires. Les poteaux en béton sont isolés par l'intérieur. Afin d'améliorer les performances et l'inertie du bâtiment, nous préconisons une réfection globale des façades (isolation des allèges et remplacement des menuiseries).
Murs extérieurs 2	La composition des murs au rez-de-chaussée est globalement similaire à celle des plots. L'isolation est également dégradée. Une réfection de ces façades sera également proposée.
Mur sur local non chauffé	Une partie des archives donne sur le parking ou l'aire de livraison. Les murs sur ces locaux ne sont pas isolés. La mise en place d'une isolation par l'extérieur permettra de réduire les déperditions thermiques et les besoins de chauffage.
Mur sur terre-plein	Une partie des archives donne sur terre-plein, ce qui limite les déperditions thermiques. La mise en place d'une isolation par l'intérieur permettra de réaliser des économies d'énergie.

Menuiserie						
Menuiseries en aluminium			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Aluminium / Double vitrage lame d'air 12 mm	2 286m²	3.4	2	2
	Etanchéité :	Moyenne				
	Remplissage :	Argon				
	Année :	1985				
	Occultation :	Stores intérieurs et stores extérieurs				
	Matériau occultation :	PVC et Textile				
	Position :	Nu extérieur				
	Fermeture :	Battante ou fixe				
	Garde-fou RTex 2018 (Uw) :	1.9				
	Localisation :	Ensemble du site				

Baies vitrées (patios)			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Acier / Simple vitrage	1192m²	5.0	0	2
	Etanchéité :	Moyenne				
	Remplissage :	Sans objet				
	Année :	1985				
	Occultation :	Aucune				
	Position :	Nu extérieur				
	Fermeture :	Fixe				
	Garde-fou RTex 2018 (Uw) :	1.9				
	Localisation :	RDC				

Verrière			Surface	Uw	P	V
-	Matériau et vitrage :	Aluminium / Double vitrage lame d'air 10 mm	104m²	3.5	1	1
	Etanchéité :	Moyenne				
	Remplissage :	Air				
	Année :	1985				
	Occultation :	Aucune				
	Nombre :	2				
	Type :	Verrière				
	Inclinaison :	Horizontale				
	Garde-fou RTex 2018 (Uw) :	1.9				
	Localisation :	Hall et auditorium				

Commentaire par équipement	
Menuiseries en aluminium	Les menuiseries sont vétustes et présentent des défauts d'étanchéité à l'air. Les menuiseries sont en double vitrage avec une lame d'air de 12 mm. Les menuiseries dans les bureaux et les open-spaces sont équipées d'un store extérieur et d'un store vénitien en PVC. Celles situées dans les circulations ne sont pas équipées d'occultation. D'après la MOA, un remplacement de l'ensemble des menuiseries est prévu à l'horizon de 2025. Dans le cadre de notre étude, le remplacement des menuiseries sera proposé en même temps que l'isolation des murs.
Baies vitrées (Patios)	Les dégagements dans le hall d'accueil sont équipés d'importantes baies vitrées en simple vitrage d'une épaisseur de 12 mm. Ces baies vitrées génèrent d'importantes déperditions thermiques. Le remplacement des baies vitrées sera préconisé.
Verrières	Deux verrières ont été localisées dans le hall et l'auditorium. Nous supposons que la performance des verrières est similaire à celle des menuiseries courantes (menuiseries en aluminium). Le remplacement des verrières sera proposé.

Plancher haut						
Toiture-terrasse enterrée			**Surface**	**U**	**P**	**V**
	Type :	Dalle béton	**2 149m²**	**0,32**	1	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Laine de roche				
	Epaisseur d'isolation :	6 cm				
	Etanchéité :	Terre-plein				
	Garde-fou RTex 2018 (R) :	3.3				
Toiture-terrasse			**Surface**	**U**	**P**	**V**
	Type :	Dalle béton	**4 445m²**	2,20	1	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Laine de roche				
	Epaisseur d'isolation :	6 cm				
	Etanchéité :	Bitumineuse, végétalisée ou gravillonnée				
	Garde-fou RTex 2018 (R) :	3.3				

Commentaire par équipement	
Toiture-terrasse enterrée	Une partie des archives située au sous-sol possède un plancher haut donnant sur terre-plein. On suppose l'isolation de cette partie identique à celle des autres toitures.
Toiture-terrasse	Les toitures terrasses sont isolées par-dessus avec 6 cm de laine de verre. La MOA va engager la réalisation de travaux de réfection de l'ensemble des toitures cet été. L'étanchéité des toitures est différente selon la localisation.

Plancher bas						
Plancher bas sur extérieur			**Surface**	**U**	**P**	**V**
	Type :	Dalle béton	**952m²**	**0,53**	1	1
	Epaisseur :	30 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation sous chape				
	Isolant :	Indéterminé				
	Epaisseur d'isolation :	6 cm				
	Garde-fou RTex 2018 (R) :	2.7				
	Localisation :	R+1				

Plancher bas sur terre-plein			Surface	U	P	V
-	Type :	Dalle béton	**4 655m²**	**0,10**	1	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Aucune isolation				
	Isolant :	Aucun				
	Epaisseur d'isolation :	0 cm				
	Localisation :	RDC				

Plancher bas sur local non chauffé			Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	**1 349m²**	**0,41**	2	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Flocage coupe-feu				
	Epaisseur d'isolation :	10 cm				
	Position :	Sur parking enterré				
	Ventilation du local non chauffé :	Local ventilé				
	Garde-fou RTex 2018 (R) :	2.7				
	Localisation :	R-1				

Commentaire par équipement	
Plancher bas sur extérieur	D'après les documents fournis par la MOA, le plancher donnant sur l'extérieur est faiblement isolé sous chappe. Aucune intervention ne sera réalisée sur cette paroi en raison de la complexité d'intervention ainsi que des faibles gains engendrés.
Plancher bas sur terre-plein	L'absence d'isolation de cette paroi a été supposée suivant l'année de construction du bâtiment (1985). Aucune préconisation n'est envisagée sur ce poste.
Plancher bas sur locaux non chauffés	Les planchers bas donnant sur les parkings sont isolés par-dessous avec un flocage coupe-feu. Aucune préconisation n'est envisagée sur ce poste.

3.2 Chauffage

3.2.1 Analyse du contrat d'exploitation

Description de l'exploitation	
Type d'exploitation	Prestataire privé avec visites contractuelles.
Société de maintenance	ENERGIA Maintenance
Périmètre	Chauffage / Ventilation / ECS / Climatisation
Appréciation de la conduite des installations	Bonne qualité de la prestation de maintenance.

3.2.2 Description de la chaufferie

Performance	0	Très déperditif	1	Déperditif	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Production de chaleur				
Chaudières			P	V
	Energie :	Gaz naturel	2	1
	Puissance thermique :	540 kW		
	Classement ICPE :	Non		
	Rendement :	92.6 %		
	Technologie :	Basse température		
	Fonction :	Chaudière principale et secours		
	Cascade :	Oui		
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées		
	Position :	Au sol		
	Année :	2012		
	Marque :	ATLANTIC GUILLOT		
	Modèle :	FBG 540 4B		
	Nombre :	4		
	Brûleur intégré :	Non		
	Puissance thermique brûleur :	610 kW		
	Technologie brûleur :	Air pulsé 2 allures		
	Année brûleur :	2013		
	Marque brûleur :	CUENOD		
	Modèle brûleur :	NC61 GX507/8A		
	Nombre de brûleur :	4		
	Localisation :	Chaufferies (R+7)		

Commentaire par équipement	
Chaudières	D'après les documents présents en chaufferie, le rendement de l'installation était de 92,6% en 2021. La production de chaleur est assurée par quatre chaudières gaz basse température mises en place en 2012. Le site dispose de deux chaufferies situées au plot 1 et 2 autres au plot 4. Lorsque l'une des chaufferies tombe en panne, la seconde prend le relais pour subvenir aux besoins de l'ensemble du site. Lors de la visite, le brûleur d'une des chaudières du plot 1 était hors-service.

	Dans une démarche de réduction des émissions des gaz à effet de serre, nous préconisons le remplacement de la production de chaleur.

Auxiliaire de chauffage				
CP - Pompe chauffage 1			**P**	**V**
	Puissance électrique totale :	4 600 W	3	2
	Technologie :	Pompe à débit variable		
	Type :	Pompe double		
	Fonction :	Départ constant		
	Nom du départ :	Sous-station, CTA		
	Marque :	SALMSON		
	Modèle :	Siriux-D 65-90		
	Nombre :	4		
	Localisation :	Chaufferies (plot 1 et plot 4)		
CP - Pompe chauffage 2			**P**	**V**
	Puissance électrique totale :	3 100 W	3	2
	Technologie :	Pompe à débit variable		
	Type :	Pompe double		
	Fonction :	Départ régulé		
	Nom du départ :	Radiateurs		
	Marque :	WILO		
	Modèle :	Yonos-D 80/0.5-12		
	Nombre :	2		
	Localisation :	Chaufferies (plot 1 et plot 4)		
CP - Pompe chauffage 3			**P**	**V**
	Puissance électrique :	1 720 W	3	2
	Technologie :	Pompe à débit variable		
	Type :	Pompe double		
	Fonction :	Recyclage chaudière		
	Marque :	WILO		
	Modèle :	Stratos 50/1-9		
	Nombre :	4		
	Localisation :	Chaufferies (plot 1 et plot 4)		

Pompe désembouage		P	V
	Puissance électrique : 120 W Technologie : Pompe à débit variable Type : Pompe simple Marque : WILO Modèle : Yonos MAXO 30/0.5-7 Nombre : 1	3	2
	Localisation : Sous-station (R-1)		

SS - Pompe chauffage 1		P	V
	Puissance électrique : 405 W Technologie : Pompe à débit constant Type : Pompe double Fonction : Départ régulé Nom du départ : Restaurant + Salle de réunion Marque : SALMSON Modèle : MA185-4 Nombre : 1	1	1
	Localisation : Sous-station (R-1)		

SS - Pompe chauffage 2		P	V
	Puissance électrique : 405 W Technologie : Pompe à débit variable Type : Pompe double Fonction : Départ régulé Nom du départ : ECS Marque : WILO Modèle : Yonos MAXO-D 50/0,5-12 Nombre : 1	3	2
	Localisation : Sous-station (R-1)		

SS - Pompe chauffage 3		P	V
	Puissance électrique : 360 W Technologie : Pompe à débit constant Type : Pompe double Fonction : Départ régulé Nom du départ : Bureaux sous-sol Marque : GRUNDFOS Modèle : UPSD 50-60 Nombre : 1	1	1
	Localisation : Sous-station (R-1)		

SS - Pompe chauffage 4			P	V
	Puissance électrique :	360 W	1	1
	Technologie :	Pompe à débit constant		
	Type :	Pompe double		
	Fonction :	Départ régulé		
	Nom du départ :	Ventilo-convecteurs + CTA + Rideaux d'air chaud		
	Marque :	SALMSON		
	Modèle :	MA325-2		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		

SS - Pompe chauffage 5			P	V
	Puissance électrique :	40 W	3	2
	Technologie :	Pompe à débit variable		
	Type :	Pompe double		
	Fonction :	Départ régulé		
	Nom du départ :	Hall d'accueil		
	Marque :	SALMSON		
	Modèle :	Priux home D60-32/180		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		

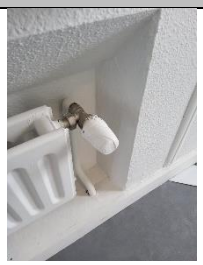
Distribution de chaleur				
Réseaux de chauffage hydrauliques			**P**	**V**
	Technologie :	Présence de calorifuge avec quelques défauts	2	2
	Type d'isolation :	Laine de verre revêtue d'un film PVC		
	Epaisseur :	2 cm		
	Localisation :	En locaux technique		
	Localisation :	Chaufferie et sous-station		

Commentaire par équipement	
CP - Pompe chauffage	Les pompes en chaufferie sont à vitesse variable, permettant de limiter le fonctionnement des auxiliaires. Aucune préconisation n'est envisagée sur ces circulateurs.
SS - Pompe chauffage	Les pompes en chaufferie sont à vitesse constante. La mise en place de circulateurs à débits variables sera proposée afin de réduire les consommations électriques issues des auxiliaires de chauffage.
Réseaux de chauffage hydrauliques	Les réseaux en chaufferie et en sous-station sont calorifugés avec de la laine de verre revêtue d'un film PVC. Le calorifugeage présente des défauts ponctuels en sous-station. Une reprise du calorifugeage de chauffage sera prévue.

3.2.3 Description des émetteurs

Emission de chaleur				
Radiateurs			**P**	**V**
	Energie :	Hydraulique	2	2
	Technologie :	Radiateur		
	Matériau :	Acier		
	Localisation :	Ensemble du site		
Rideau d'air chaud			**P**	**V**
	Locaux desservis :	Hall d'entrée	2	3
	Energie :	Hydraulique		
	Technologie :	2 tubes (chauffage seul)		
	Puissance thermique :	22.2 kW		
	Débit :	3720 m3/h		
	Marque :	EXELTEC		
	Modèle :	ZEN M 2000 P86		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Hall d'entrée		
Ventilo-convecteurs chaud			**P**	**V**
	Energie :	Hydraulique	1	1
	Technologie :	2 tubes (chauffage seul)		
	Position :	En allège		
	Marque :	CARRIER		
	Nombre :	30		
	Localisation :	Auditorium, circulation (RDC)		

Commentaire par équipement	
Radiateurs	La majorité des locaux sont chauffés avec des radiateurs en bon état équipés de robinets thermostatiques. La mise en place de radiateur basse température sera envisagée.
Rideau d'air chaud	Le hall d'entrée est équipé d'un rideau d'air chaud afin d'améliorer le confort du personnel et du public travaillant à proximité. Aucune préconisation n'est envisagée sur cet équipement.
Ventilo-convecteurs chaud	L'auditorium et les circulations sont chauffés grâce à des ventilo-convecteurs. Toutefois, ces équipements n'ont pas la capacité de chauffer convenablement les circulations dont le volume est important. De plus, les parois vitrées sont fortement déperditives. La mise en place de ventilo-convecteurs plus performants et adaptés aux besoins réels des circulations et de l'auditorium sera proposée.

Régulation terminale chauffage			
Régulation terminale chauffage - Rideau d'air chaud		**P**	**V**
	Technologie : Thermostats manuels Locaux desservis : Auditorium, circulation (RDC) Nombre : 30	1	2
	Localisation : Hall d'entrée		
Régulation terminale chauffage - Ventilo-convecteurs		**P**	**V**
	Technologie : Thermostats manuels Marque : CARRIER Locaux desservis : Auditorium, circulation (RDC) Nombre : 30	1	2
	Localisation : Auditorium, circulation (RDC)		
Régulation terminale chauffage - Radiateurs		**P**	**V**
	Technologie : Robinets thermostatiques récents	3	2
	Localisation : Ensemble du site		

Commentaire par équipement	
Régulation terminale chauffage - Rideau d'air chaud	Le rideau d'air chaud présente un thermostat manuel situé à proximité de l'émetteur. Ce système de régulation permet de varier la vitesse de soufflage du rideau d'air chaud. Il est adapté à ce type d'émetteur et aucune préconisation ne sera envisagée sur ce poste.
Régulation terminale chauffage - Ventilo-convecteurs	Des thermostats manuels sont intégrés aux ventilo-convecteurs. Étant installés dans les allèges, les usagers peuvent difficilement ajuster la régulation suivant leurs besoins. La mise en place d'un thermostat d'ambiance unique sera proposée en même temps que le remplacement des ventilo-convecteurs.
Régulation terminale chauffage - Radiateurs	Les radiateurs sont équipés de robinets thermostatiques. Aucune préconisation ne sera envisagée sur ce poste.

3.2.4 Schéma de principe

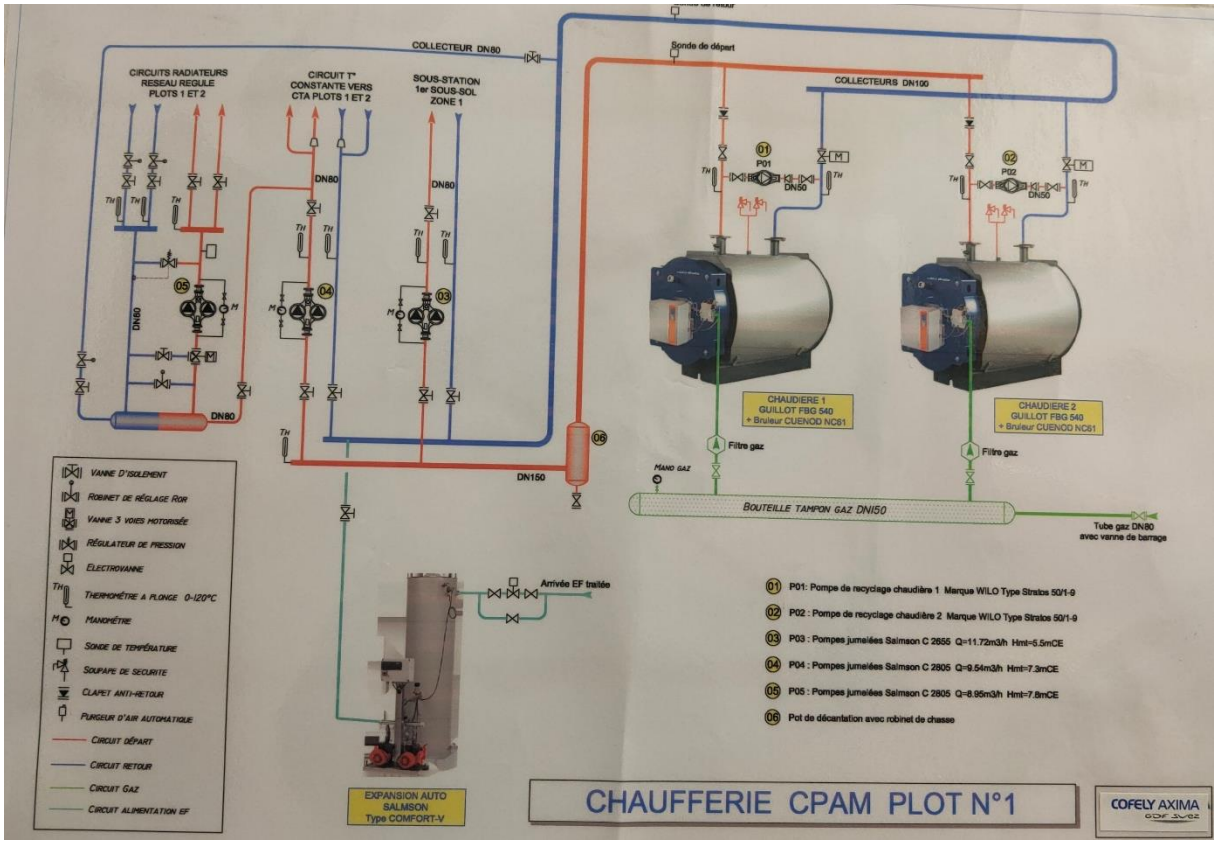


Figure 1 : Schéma de principe de la chaufferie

Le schéma de principe était bien accessible et à jour dans les circulations à proximité des deux chaufferies. Ce schéma de principe est important pour assurer une bonne maintenance des équipements avec une compréhension rapide de l'installation. A noter que des schémas de principe sont également présents dans les locaux de ventilation, mais ces derniers ne sont pas à jour. Il n'y a pas de schéma de principe en sous-station.

3.2.5 Analyse de la conformité

Conformité réglementaire Chaufferies	
Nom du local	Chaufferie (plot 1 et 4)
Situation	Terrasse
Accessibilité	Oui
Sens d'ouverture de la porte d'accès	Intérieur vers extérieur
Présence d'une barre anti-panique	Oui
Présence d'un ferme-porte	Oui
Balayage chaufferie	Conforme
Type de ventilation basse	Ouverture en paroi
Type de ventilation haute	Ouverture en paroi
Surface de plancher de la chaufferie	15 m²
Hauteur sous plafond	3 m
Éclairage	Suffisant
Distance entre chaudières	Conforme
Présence de BAES	Oui
Etat des BAES	Bon état
Contrôle du disconnecteur	Conforme
Présence de gaine pompiers	Oui

Signalétique de gaine pompiers	Oui
Présence de consignes de sécurité	Oui
Présence d'un schéma de principe	Oui (schéma correct)
Paroi coupe-feu	Oui
Porte coupe-feu	Oui
Nombre d'extincteur(s)	1
Présence d'une armoire électrique	Oui
Présence des schémas électriques de l'armoire	Oui
Etat de l'armoire électrique	Bon état
Espace libre dans l'armoire électrique	Suffisant
Eclairage de l'armoire électrique	Absent
Présence d'une coupure extérieure combustible	Oui
Présence d'une signalétique pour la coupure extérieure combustible	Oui
Etat du coffret de coupure extérieure combustible	Sans objet
Présence d'une coupure extérieure électrique	Oui
Présence d'une signalétique pour la coupure extérieure électrique	Oui
Séparation force/lumière	Oui
Présence d'une signalétique force/lumière	Oui
Etat du coffret de coupure extérieure électrique	Bon état





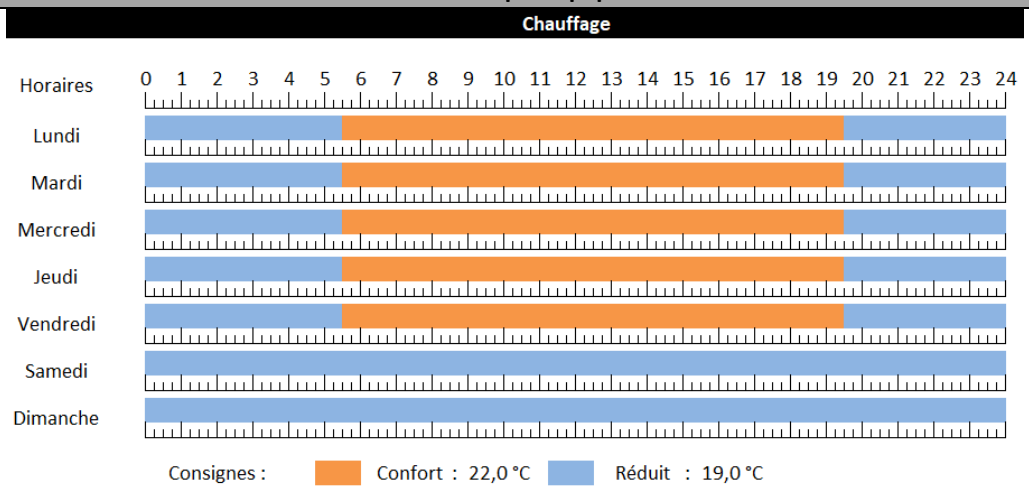





3.2.6 Description de la régulation

Régulation centrale chauffage				
Régulation centrale chauffage - GTC			**P**	**V**
	Technologie :	GTC	2	1
	Programmation :	Hebdomadaire		
	Performance régulation :	Optimisée récemment		
	Marque :	TREND		
	Modèle :	IQview4		
	Nombre :	2		
	Localisation :	Chaufferies (R+7)		
Régulation centrale chauffage - Horloge			**P**	**V**
	Technologie :	GTC	2	1
	Programmation :	Hebdomadaire		
	Nombre de départs régulés :	4		
	Température de confort :	22 °C		
	Température de réduit :	19 °C		
	Température d'hors-gel :	10 °C		
	Performance régulation :	Optimisée récemment		
	Marque :	SIEMENS		
	Modèle :	RVL		
	Nombre :	4		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		

Commentaire par équipement



Commentaire par équipement	
Régulation centrale chauffage - GTC	Les chaufferies sont régulées par une GTC accessible par l'exploitant. Il est à noter que les techniciens du site n'ont pas accès aux informations de régulation et ne peuvent plus modifier la programmation. D'après la MOA, le bâtiment est chauffé de 5h30 à 19h00 en période d'occupation. Le remplacement complet du système de gestion sera proposé. La température de confort et de réduit a été modifiée par la MOA récemment. La température de confort est désormais fixée à 19°C, la température de réduit à 18°C et la température hors gel à 9°C. Il sera proposé de baisser la température de réduit à 16°C afin de réaliser des économies d'énergies.

Régulation centrale chauffage - Horloge	Les équipements en sous-station ne sont pas raccordés à la GTB. Les départs sont régulés en fonction de la température extérieure et d'une programmation horaire. La température de consigne des ventilo-convecteurs est 24°C contre 22°C pour les autres départs. Les informations de régulation indiquées sur les régulateurs seront utilisées pour réaliser la modélisation. L'intervention sur le GTC prévoit également le raccordement de la sous-station au système d'exploitation.

3.3 Ventilation

Performance	0	Très déperditif	1	Déperditif	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Etat neuf

Equipement de ventilation				
CTA Double flux plot 1			**P**	**V**
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	9 980 / 4 990 m3/h		
	Débit d'air rejeté :	8 260 / 4 130 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDPA.05.2.1.0.1		
	Locaux desservis :	Plot 1		
	Nombre :	1		
	Localisation :	R+7 (plot 1)		
CTA Double flux plot 2			**P**	**V**
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	11 000 / 5 500 m3/h		
	Débit d'air repris :	8 525 / 4 260 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDPA.05.2.1.0.1		
	Locaux desservis :	Plot 2		
	Nombre :	1		
	Localisation :	R+7 (plot 2)		

CTA Double flux plot 3			P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	9 980 / 4 990 m3/h		
	Débit d'air repris :	8 260 / 4 130 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDPA.05.2.2.0.1		
	Locaux desservis :	Plot 3		
	Nombre :	1		
	Localisation :	R+7 (plot 3)		

CTA Double flux plot 4			P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	7 975 / 3 990 m3/h		
	Débit d'air repris :	6 840 / 3420 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDPA.04.2.2.0.1		
	Locaux desservis :	Plot 4		
	Nombre :	1		
	Localisation :	R+7 (plot 4)		

CTA Double flux - Archives			P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	7040 / 3520 m3/h		
	Débit d'air repris :	7040 / 3520 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDPA.04.2.1.0.1		
	Locaux desservis :	Archives		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		

CTA Double flux - Restaurant			P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	5500 / 2750 m3/h		
	Débit d'air repris :	5500 / 2750 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDLF.07.1.1.0.1.1.1		
	Locaux desservis :	Restaurant		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Local CTA (R-1)		

CTA Double flux - Bureaux			P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	2	1
	Echangeur :	Echangeur à plaques		
	Débit d'air soufflé :	8710 / 4355 m3/h		
	Débit d'air repris :	7040 / 3520 m3/h		
	Batterie chaude :	Hydraulique		
	Batterie froide :	Sans objet		
	Marque :	VIM		
	Modèle :	KDPA.05.2.1.0.1		
	Locaux desservis :	Bureaux		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		

Extracteurs simple flux			P	V
	Technologie :	Autoréglable	2	2
	Type :	Sur conduit		
	Extracteur :	Classique		
	Marque :	ALDES		
	Modèle :	VEC 160 B		
	Locaux desservis :	Sanitaires, vestiaires, douches		
	Nombre :	4		
	Localisation :	Toitures		

Hottes de cuisine			P	V
-	Technologie :	Autoréglable	2	2
	Type :	Sur conduit		
	Extracteur :	Classique		
	Nombre :	3		
	Localisation :	Cuisine		

Commentaire par équipement	
CTA Double flux	D'après la MOA, les CTA sont d'origine et vétustes. Les débits d'air des centrales situées dans la sous-station n'ont pas pu être identifiés (absence de schéma de principe). Un remplacement des CTA sera proposé afin d'améliorer l'efficacité des systèmes de ventilation. Les débits des CTA utilisés dans le cadre de la modélisation ont été estimés en extrapolant les débits mis en place dans les plots.
Extracteurs simple flux	Les sanitaires, les vestiaires et les douches sont ventilés par des extracteurs simple flux installés sur les toitures. Aucune intervention ne sera proposée sur ce poste.
Hotte de cuisine	Trois hottes d'extractions ont été localisées dans les cuisines. Aucune intervention ne sera proposée sur ce poste.

Régulation centrale ventilation				
Régulation centrale - CTA			**P**	**V**
	Technologie :	Horloge simple	2	2
	Programmation :	Hebdomadaire		
	Performance régulation :	Optimisable		
	Nombre :	7		
	Localisation :	Local CTA		
Régulation centrale - Extracteurs simple flux.			**P**	**V**
-	Technologie :	Fonctionnement permanent	1	2
	Programmation :	Sans objet		
	Performance régulation :	Optimisable		
	Nombre :	4		
	Localisation :	Sanitaires, vestiaires, locaux techniques (ménage, déchets, etc.)		
Régulation centrale - Hotte de cuisine			**P**	**V**
	Technologie :	Interrupteur manuel	1	1
	Locaux desservis :	Cuisine		
	Localisation :	Cuisine		

Commentaire par équipement	
Régulation centrale - CTA	Les CTA sont régulés par des horloges. D'après la MOA, certaines CTA fonctionnent le week-end. La mise en place de sondes CO2 permettra de réguler le débit de ventilation en fonction de l'occupation des locaux. Cette intervention sera couplée au remplacement des centrales de traitement d'air.
Régulation centrale - Extracteurs simple flux.	Il est supposé un fonctionnement permanent des extracteurs simple flux. La mise en place d'une horloge sera proposée.
Hotte de cuisine	Les hottes de cuisines sont régulées via des interrupteurs manuels. Ce type de régulation est adapté avec le système en place dans les cuisines. Aucune intervention sera proposée sur ce poste.

3.4 Eau Chaude Sanitaire

Production ECS				
Commun avec la production de chauffage			**P**	**V**
	Marque :	ATLANTIC GUILLOT	2	2
	Modèle :	FBG 540 4B		
	Nombre :	4		
	Puissance thermique :	540 kW		
	Mode de production :	Accumulé		
	Technologie :	Basse température		
	Locaux desservis :	Restaurant, sanitaires		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		
Stockage ECS				
Ballon ECS bi-energie			**P**	**V**
	Type :	Ballon d'accumulation avec échangeur intégré	3	2
	Volume :	2000 L		
	Technologie :	Ballon correctement isolé		
	Résistance électrique :	13 kW		
	Nombre :	2		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		
Auxiliaire ECS				
Pompe ECS			**P**	**V**
	Technologie :	Pompe à débit constant	1	2
	Type :	Pompe double		
	Puissance électrique :	128 W		
	Marque :	DSB		
	Modèle :	DSB33-25B		
	Nombre :	1		
	Localisation :	Sous-station (R-1)		
Régulation centrale ECS			**P**	**V**
	Technologie :	Interrupteur manuel	1	1
	Localisation :	Sous-station		

Commentaire par équipement	
Production et stockage ECS	La production d'ECS est commune à la production de chaleur. En période estivale, lorsque les chaudières sont coupées, la production ECS devient électrique. En effet, les ballons de stockage sont équipés de résistances électriques d'une puissance de 13 kW. La mise en place d'une production solaire sera proposée. En parallèle, la mise en place d'une production ECS thermodynamique sera également proposée.
Pompe ECS	La pompe de bouclage ECS est à vitesse constante. La mise en place d'un circulateur à débit variable sera proposée. Cette intervention sera réalisée en même temps que le remplacement des pompes de chauffage à débit constant.

Régulation centrale ECS	Le passage à la production électrique doit être réalisée manuellement par l'exploitant.

3.5 Eclairage

Source d'éclairage				
Source éclairage intérieur			**P**	**V**
	Année :	2016	3	3
	Technologie :	Luminaires LED		
	Type de luminaire :	Tube, pavé ou ampoule		
	Type d'éclairage :	Eclairage direct		
	Localisation :	Ensemble du site		

Commentaire par équipement	
Source éclairage intérieur	Le site a fait l'objet d'une rénovation récente de son éclairage avec la mise en place de luminaires LED. L'ensemble du système d'éclairage a été remplacé en 2016. La totalité du site est équipé de luminaires LED (parking et locaux techniques compris).

Pilotage terminal éclairage				
Pilotage terminal éclairage intérieur			**P**	**V**
	Technologie :	Détection de présence	3	3
	Locaux desservis :	Ensemble du site (hors hall d'accueil, restaurant et auditorium)		
	Localisation :	Ensemble du site		
Pilotage terminal éclairage intérieur - Commande centralisée			**P**	**V**
	Technologie :	Commande centralisée	3	3
	Locaux desservis :	Ensemble du site (hors hall et restaurant)		
	Localisation :	Hall d'entrée, restaurants, hall		

Commentaire par équipement	
Pilotage terminal éclairage intérieur	Les locaux à usage continu (bureaux) sont équipés de détecteurs de présence couplés à des interrupteurs manuels.
Pilotage terminal éclairage intérieur - Commande centralisée	L'éclairage de l'auditorium, du restaurant et du hall d'accueil est régulé par une commande centralisée. On suppose que l'éclairage du hall fonctionne en permanence lorsque le site accueille du public. La commande du restaurant a été observée dans la cuisine. D'après la MOA, les employés du restaurant oublient régulièrement d'éteindre les lumières du réfectoire. La commande de l'auditorium n'a pas pu être constatée le jour de la visite puisqu'il était occupé.

Pilotage central éclairage				
Pilotage central éclairage intérieur			**P**	**V**
	Technologie :	GTC	3	1
	Locaux desservis :	Ensemble du site		
	Localisation :	Ensemble du site		

Commentaire par équipement	
Pilotage central éclairage intérieur	L'éclairage du site est géré par une GTB. Le système d'exploitation permet d'optimiser la régulation de l'éclairage avec des scénarios d'occupation par zone. Toutefois, le système présente des disfonctionnements. Certains automates ne sont plus fonctionnels. D'après la MOA, l'éclairage des sous-sols fonctionnait en permanence sans possibilité d'éteindre les luminaires sur la période 2020/2021. Le gestionnaire du site a été contraint de mettre en place une horloge au sous-sol afin que l'éclairage ne fonctionne plus la nuit. Enfin, le système d'exploitation semble difficile à utiliser pour les techniciens. Il pourrait être envisagé de sensibiliser et former les techniciens de manière plus poussée sur l'utilisation du logiciel d'exploitation. D'après la MOA, le remplacement des automates non fonctionnels sera réalisé quand ces derniers seront livrés (date indéterminée).

Gradation				
Gradation éclairage intérieur			**P**	**V**
	Technologie :	Gradateur manuel	2	1
	Localisation :	Ensemble du site		

Commentaire par équipement	
Gradation éclairage intérieur	La GTB permet de régler manuellement l'intensité des luminaires en fonction des zones définies. Toutefois, cette fonctionnalité n'est pas utilisée. La mise en place d'une gradation automatique des luminaires en fonction de la luminosité extérieure sera proposée.

3.6 Climatisation

Production de froid				
Unité de climatisation – Réfectoire			**P**	**V**
	Type :	Monosplit	3	2
	Puissance froid :	22.4 kW		
	Puissance chaud :	25 kW		
	Puissance absorbée froid :	6.22 kW		
	Puissance absorbée chaud :	5.32 kW		
	Technologie :	EER >= 3,5		
	EER :	3.6		
	COP	4,7		
	Fluide frigorigène :	R410A		
	Position :	Terrasse		
	Année :	2021		
	Marque :	HITASHI		
	Modèle :	RAS-8FSXNME		
	Nombre :	2		
	Localisation :	Toitures		
Unité de climatisation - Locaux poubelle			**P**	**V**
	Type :	Monosplit	1	2
	Puissance froid :	6.71 kW		
	Puissance électrique :	2.4 kW		
	Technologie :	EER < 3		
	EER :	2.33		
	Fluide frigorigène :	R32		
	Position :	Façade		
	Année :	2019		
	Marque :	AIRWELL, TOSHIBA		
	Modèle :	AW-YMDB018-H91, RAV-GP801AT-E		
	Nombre :	2		
	Localisation :	Aire de livraison		
Unité de climatisation – Salle serveurs, baie de brassage, salle de réunion			**P**	**V**
-	Type :	Monosplit	3	2
	Puissance froid :	NC		
	Puissance électrique :	NC		
	Technologie :	EER >= 3,5		
	EER :	NC		
	Fluide frigorigène :	R410A		
	Position :	Terrasse		
	Année :	2021		
	Marque :	DAIKIN		
	Modèle :	RZASG71M2V1B, RZQSG71L3V1B (x3) RXS50L2V1B (x4)		
	Nombre :	8		
	Localisation :	Toiture-terrasses (R+6)		

Commentaire par équipement	
Unités de climatisation	Les unités de climatisation sont performantes, elles ont été installées en 2021. Le réfectoire du restaurant est climatisé ainsi que les salles de réunion et la salle de conseil du 6ème étage. Les locaux poubelles au R-1, les salles serveurs et les baies de brassages sont également climatisés.

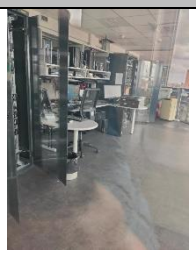
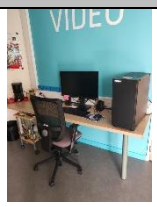
Emission de froid				
Ventilo-convecteurs froid			P	V
	Energie :	Hydraulique	2	2
	Technologie :	2 tubes (refroidissement seul)		
	Position :	Plafonnière ou murale		
	Modèle :	DAIKIN		
	Localisation :	Locaux poubelle, serveurs informatiques, réfectoires, salle de réunion (R+6), salle du conseil.		

Commentaire par équipement	
Ventilo-convecteurs froid	Les locaux identifiés ci-dessus sont équipés de ventilo-convecteurs au plafond. Ces émetteurs sont en bon état et fonctionnels. Nous ne préconisons pas le remplacement de ces systèmes. Dans les locaux poubelles, les ventilo-convecteurs sont muraux.

Régulation centrale froid				
Régulation centrale			P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance programmable	3	2
	Modèle :	DAIKIN, HITACHI		
	Localisation :	Locaux poubelle, serveurs informatiques, réfectoires, salle de réunion (R+6), salle du conseil.		

Commentaire par équipement	
Régulation centrale	Les locaux climatisés sont équipés de thermostats d'ambiance programmables. Dans les locaux informatiques (serveurs informatiques et baies de brassage) et les locaux poubelles, la climatisation fonctionne en permanence.

3.7 Autres usages

Autres usages				
Equipements de cuisine			**P**	**V**
	Energie :	Gaz naturel et électrique	2	2
	Durée de fonctionnement quotidien :	6 h		
	Type d'équipement :	Fours, réfrigérateurs, friteuses, etc.		
	Extinction hors utilisation :	Rare (suivant les équipements)		
	Localisation :	Restaurant		
Serveurs informatiques			**P**	**V**
	Type :	Serveur informatique et baie de brassage	0	2
	Durée de fonctionnement quotidien :	24 h		
	Extinction hors utilisation :	Inexistante		
	Localisation :	Local informatique (R+2 et R+4)		
Equipements de bureautique			**P**	**V**
	Type :	1 PC portable et 2 écrans par poste	1	2
	Durée de fonctionnement quotidien :	10 h		
	Extinction hors utilisation :	Rare		
	Localisation :	Bureaux, open-space		
Equipements de bureautique			**P**	**V**
-	Energie :	Electricité	1	2
	Type :	Distributeurs automatiques		
	Durée de fonctionnement quotidien :	24 h		
	Extinction hors utilisation :	Inexistante		
	Localisation :	Salle de pause		

Commentaire par équipement	
Equipements de cuisine	La liste des équipements en cuisine a été fournie par le client et a permis d'estimer la part des consommations issues des équipements de cuisine. La cuisine présente une zone de préparation froide et deux zones de préparation chaudes. Le site est également équipé de plusieurs chambres froides (positives et négatives).
Serveurs informatiques	Le site dispose de deux salles serveurs situées au deuxième étage et au quatrième étage. Aucune préconisation n'est envisagée sur ce poste.
Equipements de bureautique	Chaque poste de bureau est équipé de deux écrans et d'un PC portable. Les salles de réunion sont équipées de télévision et de projecteurs. Le nombre total d'équipement étant inconnu, le nombre d'équipement a été estimé en fonction d'une nombre d'employés. L'extinction des équipements de bureautique dépend uniquement du comportement des usagers. La mise en place d'une coupure automatique de la bureautique sera envisagée afin de réaliser des économies d'énergies sur ce poste.

Distributeurs automatiques	On note la présence de distributeurs automatiques de boissons et de nourriture dans le restaurant ou à proximité des salles de pause. On suppose que les distributeurs fonctionnent en permanence.

4 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE

4.1 Usages énergétiques du site

	Gaz naturel	Electricité
Chauffage	X	
Refroidissement		X
ECS	X	X
Auxiliaires		X
Eclairage		X
Usages spécifiques	X	X

4.2 Plan de comptage des énergies

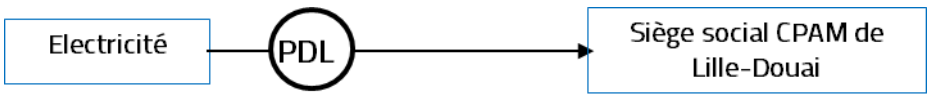
Les schémas du plan de comptage sont idéaux et peuvent être ajustés selon les besoins.

4.2.1 Description de l'approvisionnement en électricité

> Le site dispose d'un compteur électrique qui dessert l'ensemble du bâtiment,
> Aucune présence de sous-compteur n'a été observée pour l'électricité.

Zone	Type de compteur	Matricule compteur	PDL	Fournisseur	Puissance souscrite
Siège social CPAM de Lille-Douai	Fournisseur	M59A001A	-	NC	NC

Le schéma ci-dessous présente le système de comptage actuel :

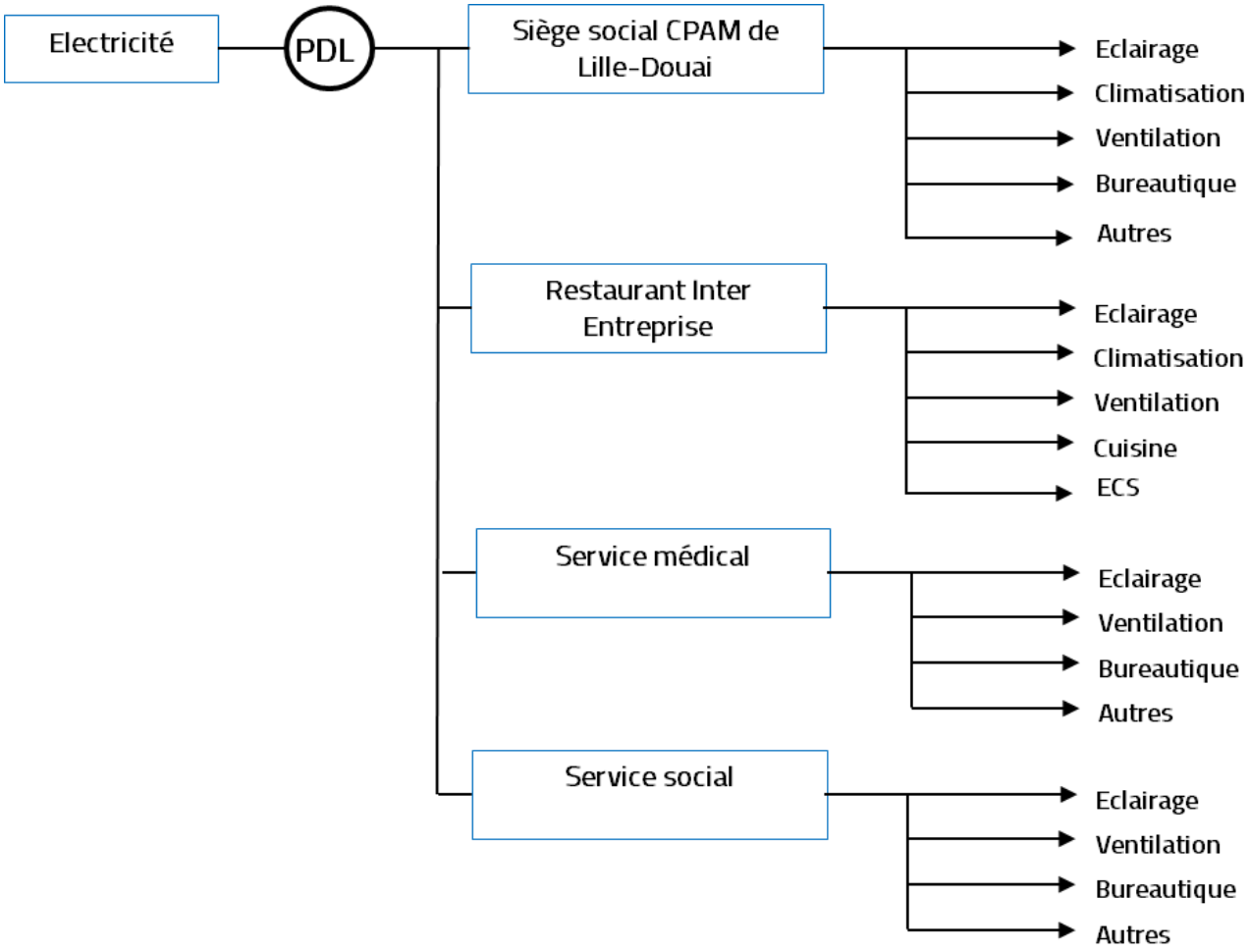


PDL : Point De Livraison

Aucun sous-compteur n'est présent sur le site, permettant d'indiquer avec précision les consommations des différentes zones et des différents usages du site. La mise en place d'équipements pour la relève des consommations des différents usages permettrait d'observer les dérives potentielles et d'apporter immédiatement des actions correctives.

A noter que les documents fournis par la MOA présentent les consommations suivant quatre zones spécifiques mais il a été constaté qu'une répartition surfacique avait été réalisée pour dissocier les consommations des différentes zones. La mise en place d'un sous-comptage suivant le schéma suivant sera proposée.

4.2.2 Schéma du plan de comptage proposé :



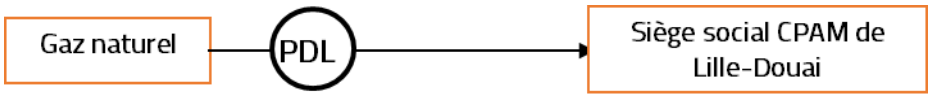
5 Description de l'approvisionnement en gaz naturel

5.1.1 Description de l'approvisionnement en gaz naturel

Le site dispose d'un seul compteur général pour le gaz naturel.

Zone	Type de compteur	Matricule compteur	PCE	Fournisseur
Siège social CPAM Lille-Douai	Fournisseur	M59A001A	NC	NC

Le schéma ci-dessous présente le système de comptage actuel :

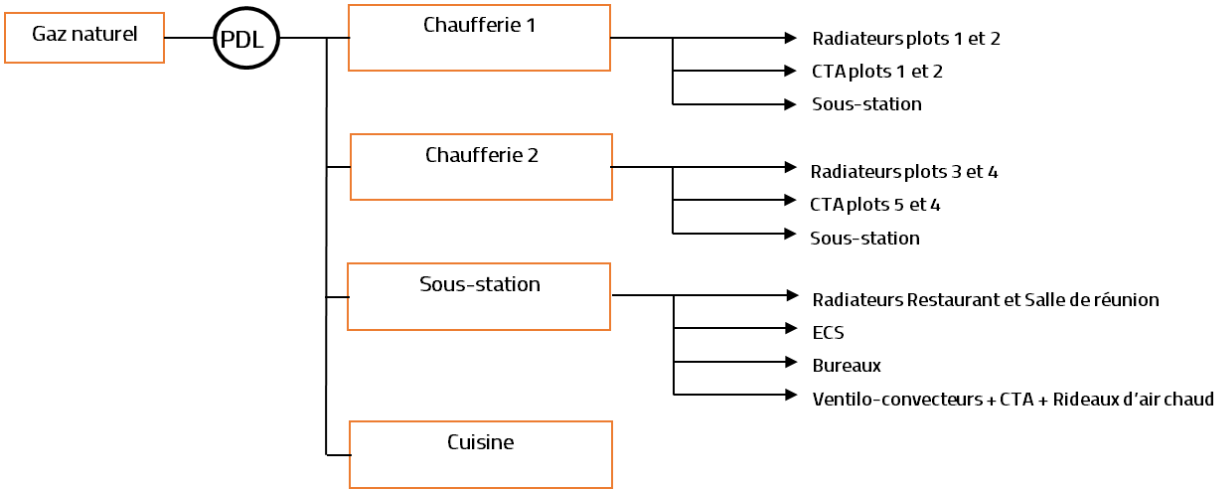


PDL : Point De Livraison

Actuellement il n'existe pas de sous-comptage concernant le gaz naturel. La mise en place d'un sous-comptage sera proposée afin de dissocier les consommations des différents équipements et des différentes zones. La relève des consommations de gaz naturel permettrait d'observer les dérives potentielles et d'apporter immédiatement des actions correctives.

A noter que les documents fournis par la MOA présentent les consommations suivant quatre zones spécifiques mais il a été constaté qu'une répartition surfacique avait été réalisée pour dissocier les consommations des différentes zones. La mise en place d'un sous-comptage suivant le schéma suivant sera proposée.

5.1.2 Schéma du plan de comptage proposé :



5.2 Historique des consommations

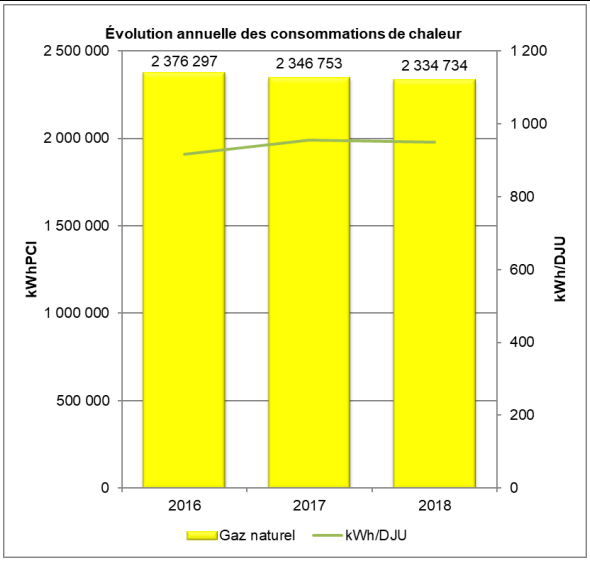
5.2.1 Gaz naturel

Les consommations ci-dessous nous ont été transmises par le Maître d'Ouvrage :

Consommations énergétiques réelles		2016	2017	2018	Moyenne	Ratio kWh_{EP}/m^2_{sp}
Gaz naturel	**Consommations (kWhEF_PCI)**	2 376 297	2 346 753	2 334 734	**2 426 051**	**173,9**
	Emissions de CO_2 ($T_{éq\text{-}CO2}$)	556	549	546	568	
	Dépenses (€TTC)	22 948	22 663	**22 547**	**23 428**	
	Coût unitaire (c€TTC/kWh_PCI)*	9,6	9,6	9,6	**9,6**	
	DJU (Station : Lille-Lesquin)	2 595	2 456	2 456		
	DJU Décennaux : 2 579					

* *Le coût de l'énergie retenu est de 8,7 c€TTC/kWh_PCS pour le gaz naturel*

Evolution des consommations réelles



- L'analyse des consommations a été réalisée sur les années 2016 et 2018 afin de modéliser le bâtiment.
- Les consommations entre 2016 et 2018, sont stables.
- Dans l'ensemble, sur les années transmises on a pu noter une diminution importante des consommations en 2013. Les consommations ont ensuite augmenté jusqu'à se stabiliser à partir de l'année 2016. Une analyse sera faite dans le chapitre « Decret tertiaire » en 5.3.
- Le coût unitaire du gaz naturel retenu est de 8,7 c€TTC/kWh afin de tenir compte de l'inflation actuelle du coût de l'énergie.

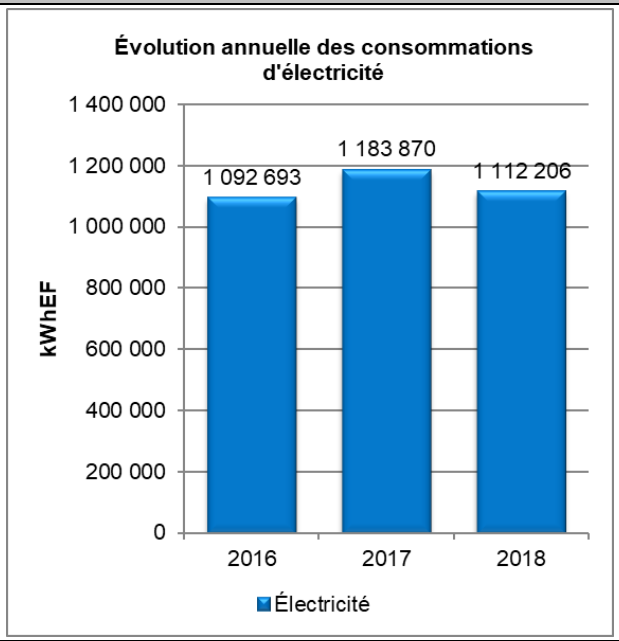
5.2.2 Electricité

Les consommations ci-dessous sont issues des relevés fournis par la Maîtrise d'Ouvrage.

Consommations énergétiques réelles		2016	2017	2018	Moyenne	Ratio kWh_{EP}/m^2_{shon}
Électricité	**Consommations (kWh)**	1 092 693	1 183 870	1 112 206	**1 129 590**	**208,9**
	Emissions de CO2 ($T_{éq-CO2}$)	92	99	93	**95**	
	Dépenses (€TTC)	14 205	15 390	14 459	**14 685**	
	Coût unitaire (€TTC/kWh)*	13,0	13,0	13,0	13,0	

* *Le coût de l'énergie retenu est de 13,0 c€TTC/kWh pour l'électricité*

Evolution des consommations réelles



- L'analyse des consommations a été réalisée sur les années 2016 et 2018 afin de modéliser le bâtiment.
- Les consommations entre 2016 et 2018, sont globalement stables.
- Dans l'ensemble, sur les années transmises les consommations sont restées relativement constantes. Une analyse sera faite dans le chapitre « Decret tertiaire » en 5.3.
- Les données transmises de manière annuelle ne nous permettent pas de constater le talon de consommation du site.
- Le coût unitaire du gaz naturel retenu est de 13,0 c€TTC/kWh afin de tenir compte de l'inflation actuelle du coût de l'énergie.

5.2.3 Analyse des contrats de fourniture d'énergie

Les contrats d'énergie du site présentent les caractéristiques suivantes :

Energie	Fournisseur	Type de contrat
Electrique	ENGIE	Tarif Jaune Utilisations Moyennes
Gaz naturel	TOTAL Energie	National

Commentaires :

Les contrats sont adaptés aux consommations énergétiques du site. Il conviendra de vérifier si la puissance souscrite est adaptée au site.

5.3 Respect des exigences du Décret Tertiaire

5.3.1 Sélection de l'année de référence (Décret Tertiaire)

La sélection de l'année de référence s'effectue sur les 10 dernières années, soit entre 2010 et 2019. Pour cela, nous analysons les consommations d'énergie sur ces 10 années, issues des relevés de consommations fournis par la Maîtrise d'Ouvrage. Ensuite, une modulation des consommations d'énergie vis-à-vis de la rigueur climatique (DJU) pour les postes chauffage et climatisation est effectuée.

Les années non renseignées dans le tableau ci-après sont liées à des données non exploitables ou non disponibles.

Consommations énergétiques corrigées à la rigueur climatique (en kWhef) (Toutes énergies confondues)									
2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
3 174 183	**3 825 068**	**4 024 686**	**2 133 702**	**2 517 695**	**3 303 630**	**3 458 274**	**3 650 551**	**3 561 532**	

L'année 2012 étant la plus consommatrice sur ces dix dernières années, elle est sélectionnée pour année de référence. La consommation de référence associée est de 288 kWhEF/m²SP.an

Il est donc déjà possible de valoriser les travaux énergétiques réalisés entre l'année de référence et 2019, dans l'atteinte des objectifs énergétiques réglementaires soit 12%.

5.3.2 Objectifs de consommations énergétiques aux échéances temporelles 2030, 2040 et 2050

Calcul des objectifs « décret tertiaire » :

Les objectifs de consommation d'énergie calculés sont :

- Objectif absolu 2030 = 94 kWhEF/m², soit 1 315 699 kWhEF,
- Objectif relatif 2030 (-40%) = 126 kWhEF/m², soit 2 414 812 kWhEF,
- Objectif relatif 2040 (-50%) = 105 kWhEF/m², soit 2 012 343 kWhEF,
- Objectif relatif 2050 (-60%) = 84 kWhEF/m², soit 1 609 874 kWhEF.

L'objectif en valeur absolue pour 2030 est déterminé suivant l'arrêté du 24 novembre 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale des bâtiments à usage tertiaire, catégorie « Bureaux Services publics », sous-catégorie « Bureaux standard » et « Open-space ». Les objectifs en valeur absolue pour 2040 et 2050 ne sont pas encore disponibles.

L'objectif absolu a été modulé suivant :

- L'amplitude horaire annuelle (h ouvrées/an) estimée à 3000 heures,
- La surface de plancher par poste estimée à 22 m²/poste,
- Le taux d'occupation nominal fixé à 80% (hypothèse).

Objectifs « décret tertiaire » retenus :

Ainsi, les objectifs « décret tertiaire » retenus dans le cadre de cette étude sont :

- **Objectif relatif 2030 (-9%) = 126 kWhEF/m²**
- **Objectif relatif 2040 (-24%) = 105 kWhEF/m²**
- **Objectif relatif 2050 (-39%) = 84 kWhEF/m²**

5.3.3 Contraintes techniques, architecturales et patrimoniales

Plusieurs contraintes peuvent compromettre l'atteinte des objectifs énergétiques :

- Contraintes techniques
- Contraintes architecturales
- Contraintes patrimoniales
  Coûts manifestement disproportionnés des actions par rapport aux avantages attendus en termes de consommations d'énergie finale.

Dans le cas où celles-ci sont avérées, elles devront être justifiées par un dossier technique. Le bâtiment concerné pourra donc faire l'objet d'une demande de modulation des objectifs.

Voici un bilan dressant par type de contrainte les difficultés éventuelles du site audité.

Contrainte décret tertiaire	
Contraintes techniques	
Façade incompatible avec ITE ?	Non
Façade perspirante / en pans de bois	Non
Impossibilité de placer un équipement sur façade (conduit fumée, groupe ext., …)	Oui
Plancher non isolable (tel voute en pierre/moellon, plancher métallique…)	Non
Retour d'isolant sur fenêtre complexe ?	Non
Pas de surface extérieure pour technologie potentiel/nécessaire	Oui
Contraintes architecturales	
Problème de surplomb de la parcelle voisine	Non
Façade ouvragée/complexe ?	Non
Homogénéité des menuiseries ?	Oui
Descente EP complexe à modifier	Non
Absence d'entrée d'air ?	Non
Contraintes patrimoniales[5]	
Bâtiments classés ?	Non
Bâtiment d'avant 1930 (bâtiment qualitatif) ou matériaux noble (pierre de taille/brique/ardoise/zinc)	Non
Présence de surélévation ou d'extension ?	Oui
Environnement du bâtiment à valeur patrimoniale importante ?	Non
Coûts disproportionnés	
Action de rénovations relatives à l'enveloppe : TRI[6] > 30ans ?	Oui
Travaux de renouvellement des équipements énergétiques : TRI > 15ans ?	Oui
Mise en place de système d'optimisation et d'exploitation des systèmes : TRI > 6ans ?	Non

5 L'analyse du périmètre classé a été réalisée depuis le site http://atlas.patrimoines.culture.fr

6 TRI : Temps de retour sur investissement

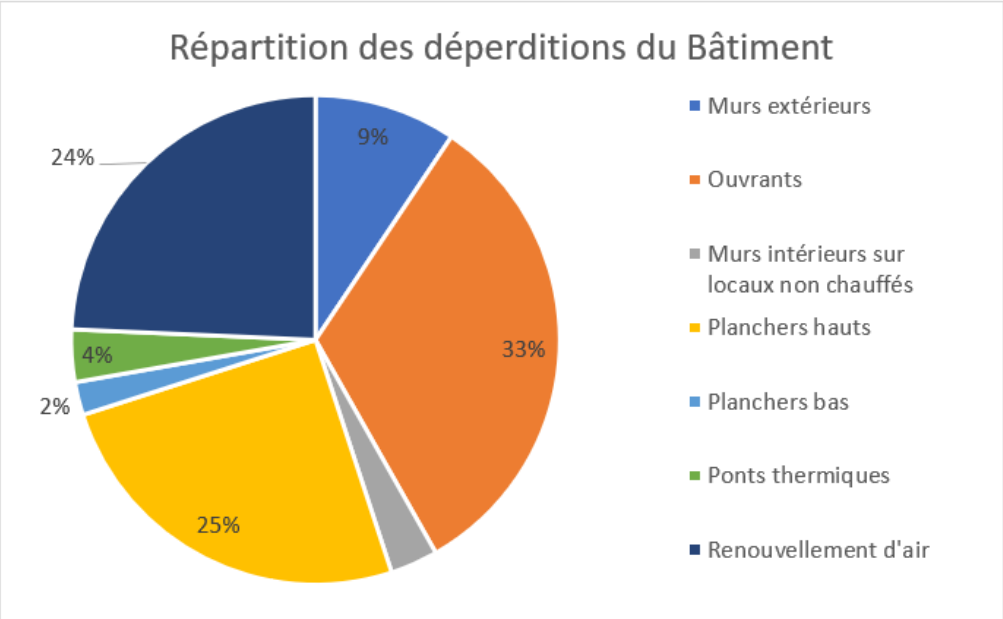
6 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

6.1 Analyse des déperditions thermiques du site

A partir des relevés effectués sur le bâti et sur les installations techniques, une étude des déperditions a été réalisée. Les résultats sont exposés ci-après.

Les déperditions ci-dessous sont données pour une température intérieure de 19°C et une température extérieure de -10°C.

Déperditions en kW												Pertes totales en kW
Murs extérieurs		Ouvrants		Planchers hauts		Planchers bas		Ponts thermiques		Renouvellement d'air		
127	9%	437	32%	43	3%	338	25%	29	2%	47	3%	328



Commentaire
Les déperditions sont pour près de la moitié issues des parois verticales (menuiseries et murs extérieurs) avec 42% des déperditions totales. Les façades sont faiblement isolées et les menuiseries sont vétustes et peu performantes. Les baies vitrées au rez-de-chaussée génèrent d'importantes déperditions. Une isolation par l'extérieur sera prévue en même temps que le remplacement des menuiseries en double vitrage. Les planchers hauts représentent le second poste de déperdition avec 25% des déperditions totales. Ces derniers sont faiblement isolés. D'après la MOA, une réfection des toitures est envisagée en été 2022. Les déperditions sont pour près d'un quart issues du renouvellement de l'air. Les systèmes sont moyennement performants et un remplacement des CTA sera envisagé. Les ponts thermiques, les murs intérieurs et les planchers bas représentent une faible part des déperditions.

6.2 Synthèse de l'enveloppe

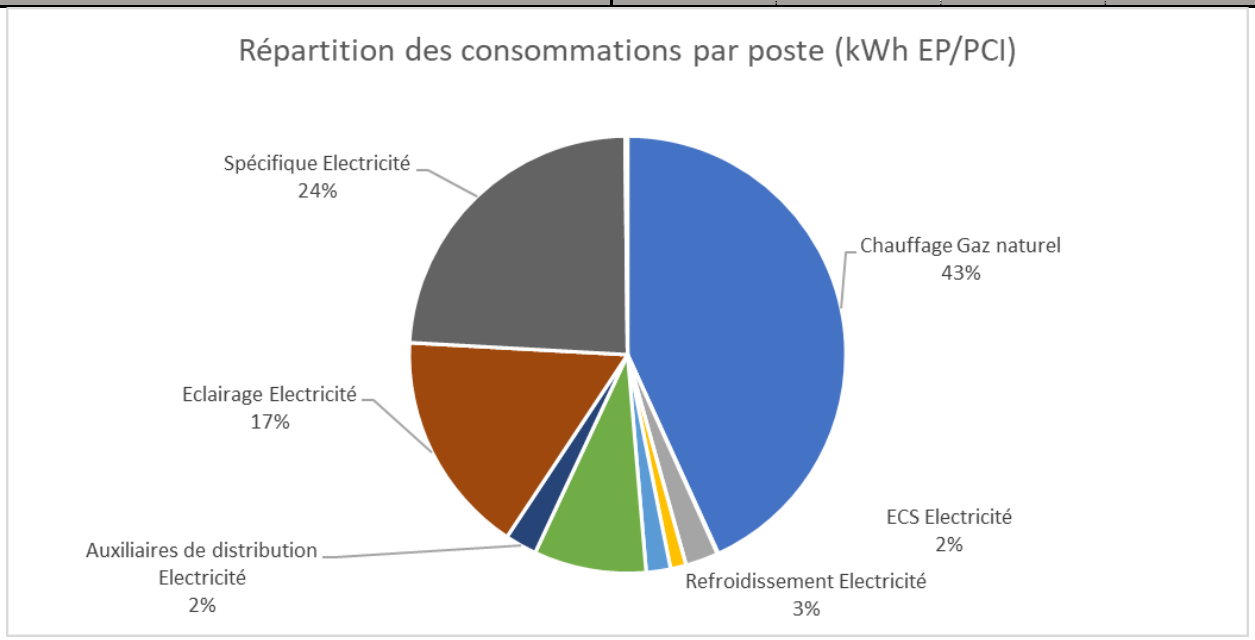
Sur la base des relevés effectués sur le bâti, une étude des déperditions a été réalisée à partir de Pléiades-Comfie, aboutissant aux résultats suivants :

Ubat (W/m².K)	1,39	Le bâtiment est faiblement isolé
Svitrage / Sfaçade	38%	Les façades sont grandement vitrées
Inertie	Moyenne	Inertie moyenne à cause de l'ossature en béton
Etanchéité à l'air	Faible	Etanchéité des ouvrants faible

6.3 Analyse des consommations simulées

Le récapitulatif des simulations est présenté dans le tableau suivant :

Répartition des consommations		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kg CO_2	€TTC
Usage	**Energie**				
Chauffage	Gaz naturel	2 317 807	*2 317 807*	*542 367*	*201 649*
Chauffage	Electricité	1 418	*3 658*	*255*	*184*
Refroidissement	Electricité	50 586	*130 511*	*2 023*	*6 576*
ECS	Gaz naturel	62 014	*62 014*	*14 511*	*5 395*
ECS	Electricité	37 497	*96 741*	*1 500*	*4 875*
Auxiliaires de ventilation	Electricité	173 143	*446 710*	*14 544*	*22 509*
Auxiliaires de distribution	Electricité	49 042	*126 529*	*4 120*	*6 376*
Eclairage	Electricité	344 401	*888 554*	*28 930*	*44 772*
Spécifique	Electricité	498 167	*1 285 271*	*41 846*	*64 762*
Spécifique	Gaz naturel	9 360	*9 360*	*2 190*	*814*
TOTAL		**3 543 435**	**5 367 156**	**652 286**	**357 912**



CPAM Lille-Douai	268 kWh$_{EP}$/m².an 33 kg$_{eqCO2}$/m².an	**211 à 350** **D**	**31 à 60** **D**

Commentaires
> La majorité des consommations est liée au chauffage du site. > La conversion en énergie primaire joue en défaveur des postes consommateurs d'électricité par rapport au poste consommateur de gaz naturel[7]. Cependant, l'énergie électrique est conventionnellement moins émettrice de CO_2 que le gaz naturel, ce qui est plus favorable à l'étiquette environnementale.

6.4 Comparaison des consommations réelles et simulées

Le tableau ci-dessous récapitule les écarts entre les consommations simulées et réelles sur la moyenne des consommations évoquées au paragraphe 3.4.

	Réelles	Théoriques (corrigées de la rigueur climatique)	Ecarts
Consommations - Gaz naturel (kWh EF/PCI)	2 430 015	2 390 973	**-2%**
Consommations - Electricité (kWh EF/PCI)	1 126 771	1 154 255	**+2%**
Consommations totales (kWh_{EF})	**3 556 786**	**3 545 228**	**+0%**

Les consommations réelles et simulées (chauffage) sont neutralisées aux DJU de la période de chauffe équivalente (DJU décennaux pour les consommations réelles, et DJU de la période de chauffe issus du fichier météo pour les consommations simulées).

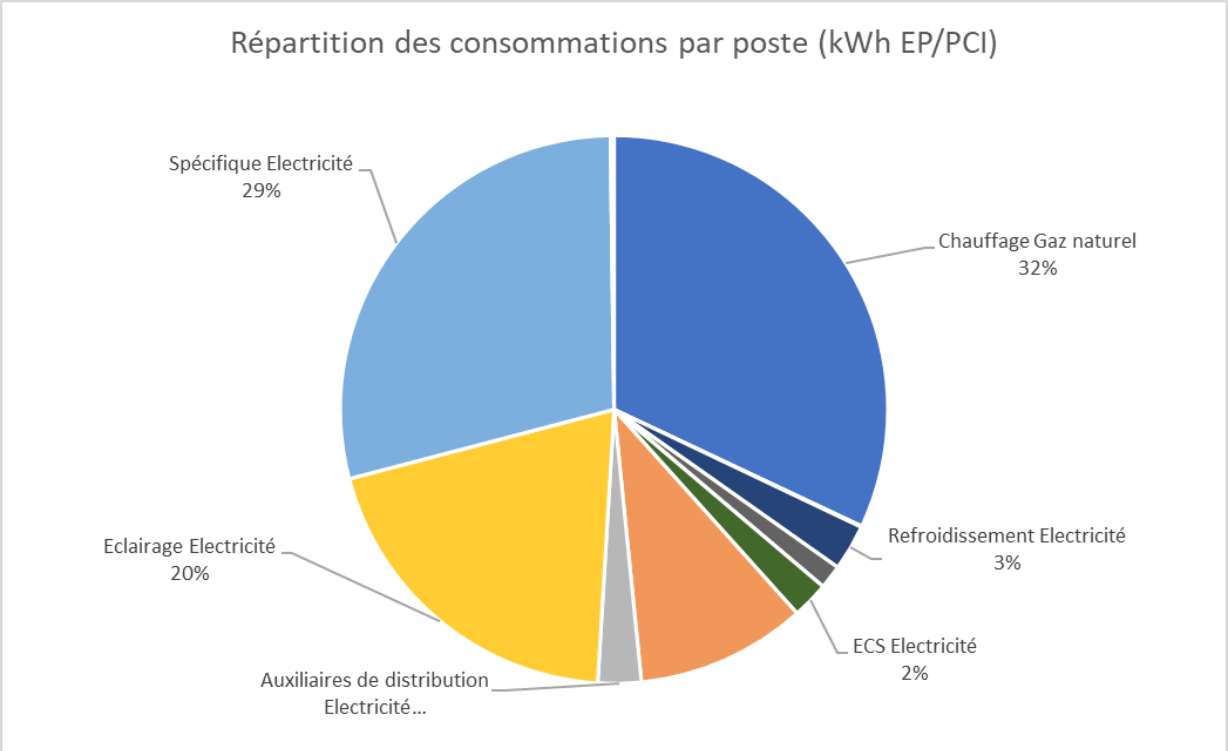
[7] La conversion en énergie primaire de l'électricité entraîne l'apparition d'un coefficient de 2,58 dû à la prise en compte des pertes et des rendements lors de la production et la distribution de l'électricité.

6.5 Analyse des consommations simulées après la réalisation des travaux

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats de la simulation après la réalisation des travaux suivants :
- Rénovation des toitures terrasses (été 2022),
- Optimisation de la régulation (réduction de la température de consignes et de réduit).

Répartition des consommations		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kg CO_2	€TTC
Usage	**Energie**				
Chauffage	Gaz naturel	1 425 251	*1 425 251*	*333 509*	*123 997*
Chauffage	Electricité	1 012	*2 611*	*182*	*132*
Refroidissement	Electricité	46 800	*120 745*	*1 872*	*6 084*
ECS	Gaz naturel	62 550	*62 550*	*14 637*	*5 442*
ECS	Electricité	37 462	*96 653*	*1 498*	*4 870*
Auxiliaires de ventilation	Electricité	173 569	*447 809*	*14 580*	*22 564*
Auxiliaires de distribution	Electricité	44 059	*113 672*	*3 701*	*5 728*
Eclairage	Electricité	344 811	*889 613*	*28 964*	*44 825*
Spécifique	Electricité	498 167	*1 285 271*	*41 846*	*64 762*
Spécifique	Gaz naturel	9 360	*9 360*	*2 190*	*814*

TOTAL	**2 643 042**	**4 453 534**	**442 979**	**279 218**

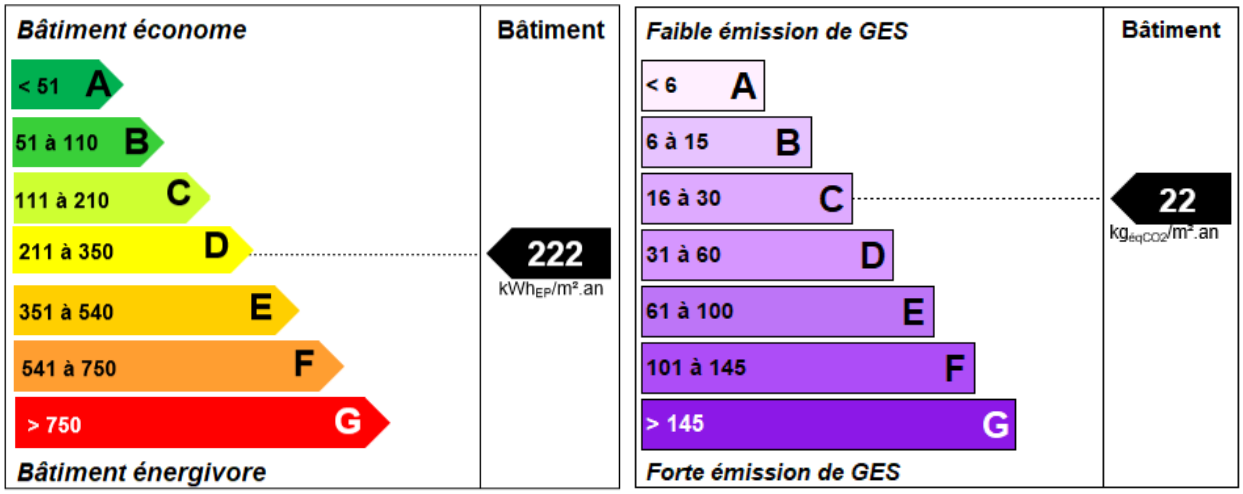


CPAM Lille-Douai	222 kWh$_{EP}$/m².an 22 kg$_{eqCO2}$/m².an	211 à 350 D	31 à 60 D

6.6 Présentation des résultats réglementaires (Méthode TH-C-E ex)

Le calcul réglementaire permet de déduire les étiquettes C_{EP}[8] ci-dessous :

Etat initial :



Commentaires
> Les étiquettes sont issues de la simulation réalisée sous la méthode réglementaire, méthode TH-C-E ex via le module RT-ex du logiciel Pléiades-Comfie.
> On observe un écart entre la simulation réelle et réglementaire car les méthodes de calcul sont différentes.

[8] Ces étiquettes présentent la consommation C_{EP}. **Ce ne sont pas des étiquettes DPE officielles**.

7 ENERGIES RENOUVELABLES

7.1 Installations d'énergies renouvelables existantes

Actuellement, le bâtiment ne dispose d'aucune installation d'énergie renouvelable.

7.2 Potentiels d'ENR

Le tableau suivant permet de déterminer la faisabilité des différentes énergies renouvelables sur le site.

Biomasse	
Capacité de livraison	Oui
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Foncier disponible pour un silo	Oui
Surface disponible	390 m²
Adéquation au besoin	Oui
Potentiel	Modéré
Commentaires	La mise en place d'un chaudière biomasse est difficilement envisageable dans la configuration actuelle des chaufferies. En revanche, il possible de délocaliser la production de chaleur au R-1 dans la sous-station. L'aire de livraison est adjacente à la sous-station, ce qui facilite la livraison de combustible.
Réseau de Chaleur Urbain	
Proximité d'un réseau existant	580 ml
Adéquation avec les équipements	Oui
Potentiel	Modéré
Commentaires	La ville de Lille dispose d'un réseau de chaleur conséquent. Le site est situé à 580 mètres du point de réseau le plus proche (rue de Wazemmes). Il serait pertinent d'envisager le raccordement du site au réseau de chaleur de la MEL. Ce raccordement permettra de réaliser des économies et de faciliter la maintenance des équipements.
Géothermie (PAC)	
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible	0 m²
Nature du sol	NC
Présence d'une nappe	Oui
Potentiel d'après géothermie.fr	Fort
Commentaires	Le site ne dispose pas de surface extérieure suffisante pour envisager la mise en place d'une production de chaleur géothermique sur sondes ou sur nappe.
Aérothermie (PAC)	
Surface disponible	> 1000 m²
Zone climatique favorable	Non
Technologie	Air-eau
Besoin rafraichissement	Oui
Potentiel	Modéré
Commentaires	Il sera envisagé de remplacer la production de chaleur actuelle par des pompes à chaleurs air/eau. Les PAC pourront être installées en toiture ou dans les locaux techniques actuels (chaufferie ou sous-station).
Solaire thermique	
Orientation toiture	Horizontale

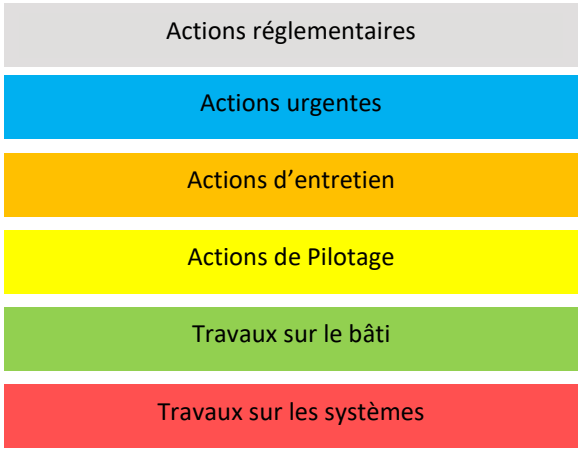
Présence de masque solaire	Nulle
Surface disponible	90 m²
Type de toiture	Toiture terrasse
Adéquation avec les besoins thermiques	Oui
Potentiel	Fort
Commentaires	Les besoins ECS du site sont forts avec la présence du restaurant inter-entreprise. Il est envisageable la mise en place d'une production d'ECS solaire. Les panneaux solaires peuvent être disposés sur la toiture de l'aire de livraison.
Solaire photovoltaïque	
Orientation toiture	Horizontale
Présence de masque solaire	Nulle
Surface disponible	0 m²
Type de toiture	Toiture terrasse
Potentiel	Modérée
Commentaires	La mise en place de panneaux photovoltaïques peut être intéressante sous réserve des contraintes liées au PLU de la commune. Il semble impossible de mettre en place des panneaux solaire sur les toitures des plots en raison de la complexité architecturale de la toiture. Dans l'optique d'améliorer le confort des usagers, il sera envisagé de mettre en place des brises soleil solaires sur la façade sud. Cette technologie permettra de limiter les apports solaires sur la façade sud tout bénéficiant d'une production d'énergie renouvelable.

8 GISEMENT DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

8.1 Introduction

Chaque intervention est présentée sous forme de fiche comprenant trois parties :

- Une partie « Problématiques traitées et points de vigilance ».
- Une partie « Mise en œuvre proposée ».
- Une partie « Remarque ».



Les « **Actions réglementaires** » visent la mise en conformité du bâtiment d'un point de vue réglementaire, par exemple la mise en place de garde-corps en toiture. Elles n'impactent pas les conclusions de l'étude sur ces aspects thermiques/énergétiques.

Les **« Actions urgentes** » concernent des interventions à réaliser à très court terme pour maintenir le bâti dans un contexte d'utilisation correct (par exemple le remplacement d'une chaudière ne fonctionnant plus), ou encore des préconisations à très faible temps de retour sur investissement (optimisation des équipements de régulation pour réduire la température de consigne, par exemple).

Les « **Actions d'entretien** » portent sur l'entretien des systèmes énergétiques et de équipements de ventilation : nettoyage des bouches de ventilation, remplacement des filtres, etc.

Les « **Actions de pilotage »** concernent les actions de gestion du bâtiment et des énergies : pose de sous-compteurs, installation de GTC, pose d'horloge pour la coupure centralisée des ordinateurs ou de l'éclairage, etc…

Les « **Travaux sur le bâti** » comprennent les interventions sur l'enveloppe du bâtiment (parois opaques et vitrées : isolation des murs ou de la toiture, remplacement des menuiseries, ...)

Les « **Travaux sur les systèmes** » point les préconisations relatives aux systèmes de chauffage, ventilation, éclairage, …

Dans la pratique, les actions réglementaires, urgentes d'entretien et de pilotage seront regroupées dans le scénario 1, qui comprend les actions à faible investissement.

Les scénarios 2 et 3 sont en général cumulatifs : ils comprennent des actions d'amélioration du bâtiment proprement dit, et permettent d'étaler les investissements dans le temps.

8.2 Synthèse des interventions simulées

	ACTIONS (TRAVAUX / INTERVENTIONS)	Type intervention	Economies annuelles (€ TTC)	Economies (kWh EF PCI)		Economie globale scénario (%)	Coût des travaux (€ HT)	VALORISATION CEE	Cout global scénario (€ HT)	TRA (annuel)
				KWh EF / PCI	Gain (%)					
SCENARIO 1 "travaux prévus"	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	Action de pilotage	-	-	-	3,7%	44 364 €	-	59 092 €	6
	Révision des paramètres de régulation du chauffage	Action de pilotage	7 569 €	83 474	3,2%		200 €	-		
	Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage	Travaux sur les systèmes	278 €	3 151	0,1%		6 000 €	4 472 €		
	Mise en place de circulateurs à débit variable	Travaux sur les systèmes	2 102 €	16 093	0,6%		8 528 €	86 €		
SCENARIO 2 "objectif 2030 (-40 %)"	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	Action de pilotage	-	-	-	9,9%	44 364 €	-	3 781 392 €	52
	Révision des paramètres de régulation du chauffage	Action de pilotage	7 569 €	83 474	3,2%		200 €	-		
	Réfection des façades	Travaux sur le bâti	28 803 €	332 605	12,6%		3 678 990 €	171 288 €		
	Mise en place d'une PAC air/eau pour la production ECS	Travaux sur les systèmes	5 344 €	66 817	2,5%		43 310 €	-		
	Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage	Travaux sur les systèmes	278 €	3 151	0,1%		6 000 €	4 472 €		
	Mise en place de circulateurs à débit variable	Travaux sur les systèmes	2 102 €	16 093	0,6%		8 528 €	86 €		
SCENARIO 3 "objectif 2040 (-50 %)"	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	Action de pilotage	-	-	-	48,3%	44 364 €	-	7 524 096 €	33
	Remplacement des ventilo-convecteurs	Action de pilotage	9 791 €	110 826	4,2%		41 500 €	-		
	Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique	Action de pilotage	6 021 €	34 468	1,3%		12 680 €	-		
	Révision des paramètres de régulation du chauffage	Action de pilotage	7 569 €	83 474	3,2%		200 €	-		
	Réfection des façades	Travaux sur le bâti	28 803 €	332 605	12,6%		3 678 990 €	171 288 €		
	Isolation thermique des murs sur locaux non chauffés	Travaux sur le bâti	1 219 €	13 448	0,5%		45 708 €	11 428 €		
	Remplacement des baies vitrées en simple vitrage	Travaux sur le bâti	30 399 €	349 384	13,2%		749 088 €	34 214 €		
	Isolation thermique des murs sur terre-plein	Travaux sur le bâti	248 €	2 847	0,1%		67 032 €	20 321 €		
	Remplacement des CTA double-flux	Travaux sur les systèmes	20 836 €	209 774	7,9%		1 344 230 €	81 298 €		
	Mise en place d'une PAC air/eau pour la production ECS	Travaux sur les systèmes	5 344 €	66 817	2,5%		43 310 €	-		
	Mise en place de radiateurs à basse température	Travaux sur les systèmes	222 €	2 515	0,1%		816 300 €	9 752 €		
	Amélioration de la performance du système d'éclairage	Travaux sur les systèmes	1 710 €	11 367	0,4%		191 740 €	-		
	Mise en place de brise soleil photovoltaïque	Travaux sur les systèmes	1 839 €	31 166	1,2%		174 000 €	-		
	Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage	Travaux sur les systèmes	278 €	3 151	0,1%		6 000 €	4 472 €		
	Mise en place de circulateurs à débit variable	Travaux sur les systèmes	2 102 €	16 093	0,6%		8 528 €	86 €		
	RCU Scénario 3	Travaux sur les systèmes	37 562 €	114 619	4,3%		300 426 €	86 053 €		

Intervention Hors Scénario	Mise en place d'une chaufferie biomasse	Travaux sur les systèmes	109 411 €	-4 870	-0,2%		1 034 899 €	55 680 €		8
	Raccordement de la chaufferie à un réseau de chaleur	Travaux sur les systèmes	5 698 €	114 619	4,3%		301 426 €	86 053 €		29
	Remplacement des chaudières gaz par une pompe à chaleur air/eau	Travaux sur les systèmes	36 723 €	796 244	30,1%		800 €	71 787 €		<1
	Mise en place d'une installation solaire thermique pour la production d'ECS	Travaux sur les systèmes	1 822 €	26 087	1,0%		62 400 €	-		22
	Mise en place d'une chaudière gaz à condensation	Travaux sur les systèmes	15 140 €	159 484	6,0%		84 221 €	61 357 €		5

9 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

9.1 Scénario 1 : Action à faible investissement

9.1.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût	
Action sur le pilotage	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	44 364	€HT
Action sur le pilotage	Révision des paramètres de régulation du chauffage	200	€HT
Travaux sur les systèmes	Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage	6 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de circulateurs à débit variable	8 528	€HT
Coût des travaux		**59 092**	**€HT**

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultats selon la méthode réelle			Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale	2 643 042 kWh	▶ 2 552 609 kWh	**3%**

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réelle				Ecart
Evolution de la classe énergie (kWh_{EP}/m^2_{SHON})	222	211 à 350 D	▶ 216 211 à 350 D	**3%**
Evolution de la classe climat ($kg\ CO_2/m^2_{SHON}$)	22	16 à 30 C	▶ 19 16 à 30 C	**4%**

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réglementaire - TH-C-E ex				
Evolution de la classe énergie (kWh_{EP}/m^2_{SHON})	**$CEP_{initial}$**	**CEP_{ref}**	**CEP_{projet}**	**Ecart par rapport au CEP_{ref}**
CPAM Lille-Douai	102	114	101	**11%**
	51 à 110 B	111 à 210 C	51 à 110 B	

9.1.2 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale				
Economie annuelle d'énergie primaire	**3%**	*soit*	*127 141*	*kWh EP/PCI*
Economie annuelle d'énergie finale	**4%**	*soit*	*97 390*	*kWh EF/PCI*
Emissions de CO_2 évitées	**4%**	*soit*	*20*	*Tonnes*
Performance économique				
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	**-9 283**	**€TTC**		
Impact sur la maintenance (P2)	0	€TTC		
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	0	€TTC		
CEE Mobilisables	569 800	kWh_{CUMAC}		
Valorisation CEE	4 558	€		
Temps de retour sur investissement actualisé	6	années		
Efficience				
Coût du kWh économisé	**0,5**	**€HT investi/kWhEP**		
Coût de la tonne de CO_2 évité	**2 967**	**€HT investi/tCO2**		
Dépenses annuelles				
Dépenses énergétiques	348 609	€TTC		
Dépenses de maintenance	10 530	€TTC		
Dépenses de renouvellement	24194	€TTC		

9.1.3 Application de la règlementation thermique

Les travaux doivent respecter la réglementation thermique des bâtiments existants (articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation).

Le coût d'investissement étant supérieur à 25% du coût conventionnel du bâtiment, les travaux devront respecter la réglementation thermique éléments par éléments.

9.1.4 Analyse en coût global

Performance environnementale		
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	3 814 221	kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	2 921 711	kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	597	Tonnes
Performance économique		
Dépenses énergétiques sur 30 ans	20 682 386	**€TTC**
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	446 256	€TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	1 025 337	€TTC
Coût global (avec investissements)	**22 213 069**	**€TTC**

9.2 Scénario 2 : -40% sur énergie finale

9.2.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût	
Action sur le pilotage	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	44 364	€HT
Action sur le pilotage	Révision des paramètres de régulation du chauffage	200	€HT
Travaux sur le bâti	Réfection des façades	3 678 990	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une PAC air/eau pour la production ECS	43 310	€HT
Travaux sur les systèmes	Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage	6 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de circulateurs à débit variable	8 528	€HT
Coût des travaux		**3 781 392**	**€HT**

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultats selon la méthode réelle				Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale	2 643 042 kWh	▶	2 382 401 kWh	**10%**

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réelle						Ecart
Evolution de la classe énergie (kWh_{EP}/m^2_{SHON})	222	211 à 350 D	▶	**207**	111 à 210 C	**7%**
Evolution de la classe climat ($kg\ CO_2/m^2_{SHON}$)	22	16 à 30 C	▶	**19**	16 à 30 C	**13%**

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réglementaire - TH-C-E ex				
Evolution de la classe énergie (kWh_{EP}/m^2_{SHON})	**$CEP_{initial}$**	**CEP_{ref}**	**CEP_{projet}**	**Ecart par rapport au CEP_{ref}**
CPAM Lille-Douai	102	114	95,8	**- 16%**
	51 à 110 B	111 à 210 C	51 à 110 B	

9.2.2 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale				
Economie annuelle d'énergie primaire	**7%**	*soit*	*305 190*	*kWh EP/PCI*
Economie annuelle d'énergie finale	**10%**	*soit*	*260 642*	*kWh EF/PCI*
Emissions de CO_2 évitées	**13%**	*soit*	*57*	*Tonnes*
Performance économique				
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	**-23 888**	**€TTC**		
Impact sur la maintenance (P2)	150	€TTC		
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	722	€TTC		
CEE Mobilisables	21 980 800	kWh_{CUMAC}		
CEE Mobilisables	175 846	€		
Temps de retour sur investissement actualisé	52	années		
Efficience				
Coût du kWh économisé	**12,4**	**€HT investi/kWhEP**		
Coût de la tonne de CO_2 évité	**66 650**	**€HT investi/tCO2**		
Dépenses annuelles				
Dépenses énergétiques	334 003	€TTC		
Dépenses de maintenance	10 680	€TTC		
Dépenses de renouvellement	24916	€TTC		

9.2.3 Application de la règlementation thermique

Les travaux doivent respecter la réglementation thermique des bâtiments existants (articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation).

Le coût d'investissement étant supérieur à 25% du coût conventionnel du bâtiment, les travaux devront respecter la réglementation thermique globale.

9.2.4 Analyse en coût global

Performance environnementale		
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	9 155 698	kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	7 819 249	kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	1 702	Tonnes
Performance économique		
Dépenses énergétiques sur 30 ans	19 815 860	**€TTC**
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	452 612	€TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	1 055 928	€TTC
Coût global (avec investissements)	**25 105 792**	**€TTC**

9.3 Scénario 3 : -50% sur énergie finale

9.3.1 Synthèse

Type d'action	Dénomination	Coût	
Action de pilotage	Mise en place d'un plan de comptage énergétique	44 364	€HT
Action de pilotage	Remplacement des ventilo-convecteurs	41 500	€HT
Action de pilotage	Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique	12 680	€HT
Action de pilotage	Révision des paramètres de régulation du chauffage	200	€HT
Travaux sur le bâti	Réfection des façades	3 678 990	€HT
Travaux sur le bâti	Isolation thermique des murs sur locaux non chauffés	45 708	€HT
Travaux sur le bâti	Remplacement des baies vitrées en simple vitrage	749 088	€HT
Travaux sur le bâti	Isolation thermique des murs sur terre-plein	67 032	€HT
Travaux sur les systèmes	Remplacement des CTA double-flux	1 344 230	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une PAC air/eau pour la production ECS	43 310	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de radiateurs à basse température	816 300	€HT
Travaux sur les systèmes	Amélioration de la performance du système d'éclairage	191 740	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de brise soleil photovoltaïque	174 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage	6 000	€HT
Travaux sur les systèmes	Mise en place de circulateurs à débit variable	8 528	€HT
Travaux sur les systèmes	Raccordement de la chaufferie à un réseau de chaleur-Scénario 3	300 426	€HT
Coût des travaux		**7 524 096**	**€HT**

Evolution des consommations d'énergie finale - Résultats selon la méthode réelle				Ecart
Evolution de la consommation en énergie finale	2 643 042 kWh	▶	1 367 470 kWh	**48%**

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réelle						Ecart
Evolution de la classe énergie (kWh_{EP}/m^2_{SHON})	222	211 à 350 D	▶	142	111 à 210 C	**36%**
Evolution de la classe climat ($kg\ CO_2/m^2_{SHON}$)	22	16 à 30 C	▶	6	6 à 15 B	**71%**

Evolution des consommations d'énergie primaire - Résultats selon la méthode réglementaire - TH-C-E ex				
Evolution de la classe énergie (kWh_{EP}/m^2_{SHON})	**$CEP_{initial}$**	**CEP_{ref}**	**CEP_{projet}**	**Ecart par rapport au CEP_{ref}**
CPAM Lille-Douai	102	111	43	**- 61%**
	51 à 110 B	111 à 210 C	51 à 110 B	

9.3.2 Données détaillées des performances du scénario

Performance environnementale				
Economie annuelle d'énergie primaire	**36%**	*soit*	*1 601 598*	*kWh EP/PCI*
Economie annuelle d'énergie finale	**48%**	*soit*	*1 275 572*	*kWh EF/PCI*
Emissions de CO_2 évitées	**71%**	*soit*	*317*	*Tonnes*
Performance économique				
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	**-132 725**	**€TTC**		
Impact sur la maintenance (P2)	20 160	€TTC		
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	-2 182	€TTC		
CEE Mobilisables	52 364 082	kWh_{CUMAC}		
CEE Mobilisables	418 913	€		
Temps de retour sur investissement actualisé	33	années		
Efficience				
Coût du kWh économisé	**4,7**	**€HT investi/kWhEP**		
Coût de la tonne de CO_2 évité	**23 772**	**€HT investi/tCO2**		
Dépenses annuelles				
Dépenses énergétiques	225 167	€TTC		
Dépenses de maintenance	30 690	€TTC		
Dépenses de renouvellement	22012	€TTC		

9.3.3 Application de la règlementation thermique

Les travaux doivent respecter la réglementation thermique des bâtiments existants (articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation).

Le coût d'investissement étant supérieur à 25% du coût conventionnel du bâtiment, les travaux devront respecter la réglementation thermique globale.

9.3.4 Analyse en coût global

Performance environnementale		
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	48 047 938	kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	38 267 154	kWh EF/PCI
Emissions de CO2 évitées sur 30 ans	9 495	Tonnes
Performance économique		
Dépenses énergétiques sur 30 ans	13 358 775	**€TTC**
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	1 300 631	€TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	932 872	€TTC
Coût global (avec investissements)	**23 116 374**	**€TTC**

9.4 Comparaison des scénarios par rapport aux objectifs du décret tertiaire

	Année de référence (2012)	Etat initial	2030		2040		2050	
Consommation d'énergie, (kWh/m²SP, Energie Finale)	210	138	Valeur relative :	126	Valeur relative :	105	Valeur relative :	84
			Valeur absolue :	94	Valeur absolue :		Valeur absolue :	
Evolution par rapport à l'année de référence		-34%	-40%		-50%		-60%	
Evolution par rapport à l'état initial			-9%		-24%		-39%	
Comparaison des scénarios aux exigences du décret tertiaire								
Etat initial			✘		✘		✘	
Scénario 1			✘		✘		✘	
Scenario 2			✓		✓		✘	
Scenario 3			✓		✓		✓	

10 Descriptif des interventions simulées

Mise en place d'un plan de comptage énergétique

Problématique traitée et points de vigilance

- Le plan de comptage énergétique actuel du site ne permet pas d'évaluer les consommations des différents départs.
- Au niveau du comptage de la chaleur, il n'y a pas de sous-compteur sur les départs de chauffage.
- Au niveau de l'électricité, il n'y a pas de sous-compteur propre aux différents usages.
- Cette intervention permet de réaliser une maîtrise complète des flux énergétiques du site.

Mise en œuvre proposée

- Mise en place des sous-compteurs électriques dans les armoires électriques afin réaliser de suivi des consommations par usages et par zones.
- Mise en place de compteurs thermiques avec un compteur par départ hydraulique.
- Le nombre de compteurs thermiques est estimé à 15.
- Mise en place de compteurs électriques avec un compteur par départ électrique afin d'obtenir les consommations par bâtiment, usage et par zone desservie, notamment, l'éclairage, le CVC et l'électricité spécifique.
- Le nombre de compteur électrique est estimé à 121.
- Le suivi des compteurs devra être réalisé mensuellement par un technicien.

Remarques

- Une éventuelle mise aux normes de l'armoire électrique

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Fourniture et pose des compteurs électriques et thermique
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Relevé des compteurs
  - Mise aux normes des armoires électriques

Réfection des façades

Problématiques traitées et points de vigilance :

- Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant.
- Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides.
- Les façades du bâtiment sont bien adaptées pour la mise en place d'une isolation par l'extérieur. Les travaux d'isolation seront l'occasion de réaliser l'entretien de la façade et de revoir son aspect architectural.
- **Suivant les DOE fournis par la MOA, il semble que le remplacement des menuiseries ne peut pas être réalisé sans déposer les plaques en emalit qui maintient l'isolation extérieur existante.**

Mise en œuvre proposée :

- Pose d'un échafaudage.
- Dépose des menuiseries, des plaques en emalit et de l'isolation existante.
- Préparation des surfaces (lavage et décontamination) des supports et réparation des dégradations.
- Mise en place d'une structure en bois par l'extérieur. Cette structure est composée de deux épaisseurs de bois entre lesquelles est contenu un isolant (paille, chanvre, etc.).
- **La simulation a été réalisée avec une épaisseur d'isolant de 160 mm pour un R de 5,00 m².K/W.**
- Mise en place d'ouvrants sur menuiseries bois/aluminium à rupture de pont thermique munis de double vitrage.
- Mise en place d'occultations de volets roulants en PVC
- **La simulation a été réalisée avec des menuiseries ayant une performance U=1,3 W/m².K**
- Traitement des poteaux porteurs en béton par retour de l'isolation des façades courantes. L'isolation sera plus fine (quelques centimètres d'épaisseur) en fonction de leur localisation.

Remarque :

- La mise en place de retours d'isolant sur les poteaux porteurs aura pour conséquence de diminuer la surface claire des menuiseries situées de part et d'autre des poteaux.
- Un contrôle de la longueur du débord de toit devra être réalisé.
- La mise en place de la façade bois couplée à un isolant « naturel » (paille, chanvre, etc.) permet de réduire l'impact environnemental du chantier en limitant son énergie grise. De plus, Cela permet d'intégrer un caractère bio-architectural au bâtiment et fait de lui une réalisation exemplaire.
- Afin de garantir une étanchéité maximale de l'enveloppe, une attention particulière est à porter à la pose des ouvrants. Un test d'étanchéité après travaux est vivement conseillé afin de vérifier la performance de la pose.
- Une reprise des revêtements intérieurs sera nécessaire.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Mise en place de l'échafaudage
  - Dépose des menuiseries, des allèges et de l'isolant existant.
  - Préparation des surfaces
  - Mise en place d'une isolation par l'extérieur sous bardage bois
  - Mise en place de menuiseries en aluminium/bois avec rupteur de pont thermique
  - Mise en place des volets roulants en PVC
  - Retour d'isolation au niveau des poteaux porteurs.
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Un éventuel surcoût lié à la présence d'amiante
  - Test d'étanchéité après travaux
  - Travaux de second-œuvre.

Isolation thermique des murs sur locaux non chauffés

Problématique traitée et points de vigilance

- Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant.
- Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides.

Mise en œuvre proposée

- Dépose du doublage existant.
- Dévoiement des réseaux électriques.
- Dépose des radiateurs existants
- L'isolation par l'intérieur des murs sur locaux non chauffés est réalisée par la mise en place de panneaux isolants sans pare-vapeur. Les panneaux sont disposés entre des tasseaux de bois et revêtus par des plaques de plâtre. **L'isolant possède un R= 3,75 m².K/W.**
- Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois).
- Reprise des revêtements intérieurs
- Pose des radiateurs.

Remarque

- L'isolation par l'intérieur est difficile à mettre en œuvre dans le cas où le site est occupé.
- La mise en place de l'isolation côté intérieur diminue la surface utile des pièces.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Préparation des surfaces (dépose des doublages, des radiateurs et dévoiement des réseaux électriques)
  - Pose d'une nouvelle isolation avec doublage et finition plaque de plâtre
  - Mise en place de plinthes
  - Reprise des revêtements intérieurs (plafonds et sols).
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Un éventuel surcout lié à la présence d'amiante

Isolation thermique des murs sur terre-plein

Problématique traitée et points de vigilance

- Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant.
- Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides.

Mise en œuvre proposée

- Dépose du doublage existant.
- Dépose des radiateurs existants.
- Dévoiement des réseaux électriques.
- L'isolation par l'intérieur des murs sur terre-plein est réalisée par la mise en place de panneaux isolants sans pare-vapeur. Les panneaux sont disposés entre des tasseaux de bois et revêtus par des plaques de plâtre. **L'isolant possède un R= 3,75 m².K/W.**
- Mise en place d'un frein-vapeur.
- Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois).
- Pose des radiateurs ;

Remarque

- L'isolation par l'intérieur est difficile à mettre en œuvre dans le cas où le site est occupé.
- La mise en place de l'isolation côté intérieur diminue la surface utile des pièces.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Préparation des surfaces (dépose des doublages, des radiateurs et dévoiement des réseaux électriques)
  - Pose d'une nouvelle isolation avec doublage et finition plaque de plâtre
  - Mise en place d'un frein-vapeur
  - Mise en place de plinthes
  - Reprise des revêtements intérieurs (plafonds et sols).
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Un éventuel surcout lié à la présence d'amiante

Remplacement des baies vitrées en simple vitrage

Problématique traitée et points de vigilance

- Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides.
- Amélioration de l'étanchéité à l'air.

Mise en œuvre proposée

- Cet intervention concerne les baies vitrées en simple vitrage au rez-de-chaussée.
- Le remplacement des menuiseries est réalisé en dépose totale, en changeant la menuiserie complète.
- Dépose des menuiseries existantes.
- Le remplacement des surfaces vitrées existantes est réalisé avec des menuiseries avec un **double-vitrage peu émissif avec remplissage argon**, respectant une **performance thermique de Uw = 1,30 W/m².K.**

Remarque

- Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie des baies afin de ne pas altérer le confort des occupants.
- Le remplacement des menuiseries rend indispensable de rénover le système de ventilation du bâtiment car les nouvelles fenêtres seront étanches à l'air. Si la ventilation ne peut pas être modifiée, il sera nécessaire de prévoir des entrées d'air intégrées aux menuiseries afin d'assurer un renouvellement d'air naturel.
- Une reprise des revêtements intérieurs sera nécessaire.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - La dépose des baies vitrées actuelles
  - La mise en place de menuiseries neuves
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - La protection et les moyens d'accès
  - Un éventuel surcoût lié à la présence d'amiante

Mise en place de chaudières gaz à condensation

Problématique traitée et points de vigilance

- La performance de la production de chaleur peut être améliorée par la mise en place de chaudières à condensation (récupération de chaleur sur les fumées de combustion).
- Amélioration du rendement de production de chauffage et diminution des consommations de chauffage.

Mise en œuvre proposée

- Vidange de l'installation et dépose des chaudières actuelles.
- Mise en place de chaudières gaz à condensation de puissance équivalente à l'existant.
- Les chaudières fonctionneront en cascade. Le rendement de production est attendu supérieur à 100%.
- Dans le cas où des travaux d'isolation sont entrepris, la puissance devra être revue à la baisse.
- Mise en place d'un conduit de fumée avec tubage double peau.
- Raccordement des chaudières à la distribution existante et remise en eau.

Remarques

- L'évacuation des condensats devra être correctement prévue.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - La vidange des installations
  - La dépose des chaudières actuelles et l'installation de chaudières à condensation
  - La mise en place d'un pot à boue
  - La mise en place d'un conduit de fumée
  - La remise en eau
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Une éventuelle remise en conformité de la chaufferie
  - Un surcout éventuel lié à la présence d'amiante

Reprise du calorifuge des réseaux de chauffage

Problématiques traitées et points de vigilance :

- Le calorifugeage des tuyauteries situées en sous-station est dégradé.
- Amélioration du rendement de l'installation de chauffage et diminution des consommations de chauffage

Mise en œuvre proposée :

- Dépose du calorifuge existant en sous-station.
- Mise en place de calorifuge autour des tuyauteries. La simulation est réalisée pour **10 cm d'isolant de classe 4.**
- Mise en place de coque isolantes autour des pompes de circulation en chaufferie ou sous-station.

Remarque :

- La pose du calorifuge devra être effectuée en assurant la continuité de l'isolant, par des découpes précises et des collages jointifs.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose du calorifuge existant
  - Calorifugeage des tuyauteries
  - Mise en place de coques isolantes autour des pompes de circulation en chaufferie et en sous-station

Mise en place de circulateurs à débit variable

Problématiques traitées et points de vigilance :

- Les circulateurs en sous-station sont à vitesse constante.
- Réduction des consommations électriques des auxiliaires de chauffage.

Mise en œuvre proposée :

- L'intervention concerne les pompes à débit constant (chauffage, ECS).
- Dépose des pompes actuelles.
- Mise en place de nouvelles pompes à vitesse variable.

Remarque :

- Cette intervention est l'occasion de contrôler les débits et les pertes de charge. Les nouvelles pompes devront être choisies avec des puissances adaptées (il faut éviter tout surdimensionnement en remplaçant systématiquement à l'identique).
- L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants impose que les pompes de circulation des installations de chauffage intégrées à la chaudière ou situées dans le local de la chaufferie, installées ou remplacées, soient munies de dispositif permettant leur arrêt.
- Il est primordial de revoir l'équilibrage de l'installation en parallèle de cette intervention (non chiffré).

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des pompes actuelles
  - Mise en place de pompes à débit variable
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Équilibrage du réseau

Mise en place de radiateurs à basse température

Problématique traitée et points de vigilance

- L'émission de chaleur est actuellement effectuée par un réseau de radiateurs à haute température.
- Un système d'émission à basse température limite la puissance thermique nécessaire pour le chauffage du bâtiment, ce qui génère des économies sur les consommations de chauffage.

Mise en œuvre proposée

- Dépose des radiateurs existants.
- Mise en place de radiateurs à eau de type basse température pour l'ensemble des bâtiments.
- Raccordement des radiateurs aux réseaux de distribution existant.

Remarques

- Un système d'émission à basse température n'est envisageable que dans le cas d'un bâtiment bien isolé.
- Une reprise des revêtements intérieurs pourra s'avérer nécessaire (surcoût non intégré).
- Les radiateurs devront être équipés de robinets thermostatiques.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des radiateurs existants
  - Mise en place de radiateurs basse température
  - Raccordement aux réseaux existants
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Reprise des revêtements intérieurs (sols, murs)
  - Mise en place de robinets thermostatiques

Révision des paramètres de régulation du chauffage

Problématiques traitées et points de vigilance :

- La régulation actuelle peut être améliorée.
- La température de réduit est actuellement de 18°C.
- Amélioration de la régulation de chauffage et diminution des consommations de chauffage.

Mise en œuvre proposée :

- Réglage des consignes de température en régime réduit à 16°C.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Réglage des paramètres de la régulation

Remplacement des ventilo-convecteurs

Problématique traitée et points de vigilance

- L'auditorium et les circulations du rez-de-chaussée sont actuellement chauffé par des ventilo-convecteurs.
- La température de consigne est élevée (24°C).

Mise en œuvre proposée

- Dépose des ventilo-convecteurs existants.
- Mise en place de ventilo-convecteurs plus performants
- Les ventilo-convecteurs auront le label énergétique EUROVENT de classe A.
- Les ventilo-convecteurs seront accompagnés de thermostats d'ambiance programmable permettant de réguler la température intérieure en fonction d'une consigne et en fonction d'une programmation horaire définie. La simulation a été réalisée avec une température de consigne de 19°C.
- Raccordement des ventilo-convecteurs au réseau de distribution.

Remarques

- D'après la MOA, la température de consigne n'est jamais atteinte dans les circulations, signe que les émetteurs sont sous-dimensionnés.
- Dans la mesure où le remplacement des baies vitrées n'est pas réalisé, il peut être pertinent de revoir la puissance de chauffage installée dans les circulations.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des ventilo-convecteurs existants
  - Mise en place des nouveaux ventilo-convecteurs.
  - Mise en place d'un thermostat d'ambiance par zone.

Remplacement des CTA double-flux

Problématiques traitées et points de vigilance :

- Le site est équipé des centrales de traitement d'air vétustes.
- Le rendement des échangeurs est faible.
- Le remplacement des CTA permettra de réaliser des économies de d'énergie.
- Amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Mise en œuvre proposée :

- Dépose des centrales de ventilation et des réseaux existants.
- Mise en place de CTA double flux avec échangeur thermique.
- Le rendement des échangeurs est **attendu supérieur à 80 %.**
- Création des réseaux aérauliques et raccordement aux CTA. Pour une ventilation double flux, deux réseaux sont nécessaires : un pour le soufflage et un pour l'extraction.
- Mise en place de pièges à son.
- Mise en place de bouches d'extraction et de reprise au niveau du plafond.
- La simulation est réalisée avec les débits de renouvellement d'air actuels des CTA.
- Mise en place de registres d'équilibrage par bureau pilotés par les équipements de régulation.
- Pose des éléments de pilotage et de contrôle (sondes CO2) dans les pièces.
- Mise en place d'une programmation horaire adaptée au fonctionnement du site et modulation des débits en fonction du taux d'occupation des locaux via les éléments de pilotage.
- Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air.

Remarque :

- La dépose et repose du faux-plafond existant facilitera la mise en œuvre des réseaux aérauliques (surcoût non intégré).
- Une étude peut être réalisée afin d'adapter les débits de renouvellement d'air en fonction de la réglementation sanitaire départementale.
- Le débit de renouvellement d'air à respecter est de **18 m3/h par occupant**.
- Les débits pourront être adaptés en cas de remplacement des menuiseries.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des CTA et des réseaux aérauliques existants
  - Mise en place des CTA
  - Création des nouveaux réseaux aérauliques
  - Mise en place de sondes C02 dans les locaux.
  - Mise en place d'une programmation horaire.
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Un éventuel surcout lié à la présence d'amiante

Mise en place d'une PAC air/eau pour la production ECS

Problématique traitée et points de vigilance

- La production ECS actuelle est standard.
- Diminution des consommations d'énergie primaire et de la facture énergétique.
- Production d'ECS décarbonée.

Mise en œuvre proposée

- Vidange et dépose de la production ECS existante.
- Mise en place d'une pompe à chaleur aire/eau haute température sur la toiture-terrasse de l'air de livraison.
- Mise en place de deux ballons de stockage d'une capacité équivalente à la capacité actuelle. Les ballons disposeront d'une résistance électrique permettant de réaliser l'appoint pour réchauffer l'eau à 60°C.
- Raccordement de la PAC aux réseaux hydraulique.
- Equilibrage, tests de fonctionnement.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose de la production ECS
  - Mise en place d'une PAC air/eau haute température
  - Mise en place de deux ballons de stockage.
  - Equilibrage et tests de fonctionnement

Mise en place d'une installation solaire thermique pour la production d'ECS

Problématique traitée et points de vigilance

- La production ECS actuelle est standard.
- Diminution des consommations d'énergie primaire et de la facture énergétique.
- Production d'ECS décarbonée.

Mise en œuvre proposée

- Dépose des ballons existants.
- Mise en place de panneaux solaires thermiques sur la toiture de l'aire de livraison**.** Les panneaux seront disposés sur châssis, avec une inclinaison de 45 °C et orientés vers le Sud.
- Création d'un réseau hydraulique entre les panneaux et la chaufferie.
- Mise en place d'un ballon tampon d'une capacité équivalente à la capacité actuelle. Le ballon disposera d'une résistance électrique permettant de réaliser l'appoint pour réchauffer l'eau à 60°C.
- Création d'un bouclage entre le ballon et les points de puisage pour la distribution de l'eau chaude.

Remarques

- Un surcoût de maintenance est à prévoir.
- Afin de lutter contre le risque de prolifération de la légionnelle, la température doit rester supérieure à 55 °C en tout point du réseau.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose de la production ECS existante
  - Mise en place d'un ensemble de panneaux solaires thermiques en toiture
  - Création d'un réseau hydraulique reliant les panneaux et la chaufferie
  - Mise en place d'un ballon tampon de supérieure à la capacité actuelle avec une résistance électrique d'appoint
  - Création d'un bouclage hydraulique
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Relevé des compteurs
  - Mise aux normes des armoires électriques

Amélioration de la performance du système d'éclairage

Problématique traitée et points de vigilance

- L'éclairage du bâtiment a été rénové en 2016.
- La gradation de l'éclairage doit être réalisée manuellement sur le logiciel d'exploitation.
- Réduction des puissances absorbées et des temps d'allumage, diminution des consommations de l'éclairage.

Mise en œuvre proposée

- Mise en place de sonde de luminosité permettant de gérer de manière autonome l'allumage des luminaires en fonction de la luminosité extérieure.

Remarques

- Une attention particulière doit être portée sur le placement des sondes.
- Les sondes de luminosité ne doivent pas impacter l'utilisation du logiciel d'exploitation. Si possible les sondes doivent être intégrées à l'ensemble du système existant.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Mise en place de gradateurs dans les bureaux

Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique

Problématique traitée et points de vigilance

- Actuellement, aucun système de coupure centrale ne permet un arrêt complet des équipements informatiques.
- Les équipements de bureautique restent fréquemment en fonctionnement permanent ou en veille.
- Diminution de la consommation d'électricité des équipements de bureautique.

Mise en œuvre proposée

- Les imprimantes, PC et photocopieurs sont concernés par ce type de dispositif.
- Deux solutions principales existent :
  - Utilisation des solutions disponibles sur le marché (horloges, applications réseau, etc.)
  - Développement d'une application interne
- Les coupures peuvent être effectuées via le réseau informatique.
- Un message préventif peut être envoyé aux utilisateurs pour les prévenir de la coupure à venir de leur poste informatique. Ils peuvent annuler cette coupure s'ils n'ont pas terminé leur travail.
- Installation de prises équipées d'horloge afin de couper l'alimentation en électricité des moniteurs des ordinateurs (les écrans ne peuvent pas être raccordés sur le réseau).
- Sensibilisation des utilisateurs pour faire éteindre les ordinateurs après l'utilisation.

Remarques

- La coupure des équipements informatiques permet également de réduire les apports internes de chaleur, ce qui limite les surchauffes estivales.
- L'intervention peut être réalisée en interne en relation avec les services informatiques.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Une éventuelle mise en conformité de l'armoire électrique

Mise en place d'une chaufferie biomasse

Problématique traitée et points de vigilance

- Les chaudières actuelles sont des chaudières énergivores et ont une empreinte carbone très élevée.
- La combustion du gaz est fortement émettrice en CO2. L'utilisation d'un combustible biomasse est un moyen de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre.
- L'augmentation annuelle du prix du bois est supposée moins importante que celle du gaz naturel. Le passage au bois pourrait créer des économies sur le long terme.
- Valorisation d'une énergie renouvelable.

Mise en œuvre proposée

- Vidange de l'installation et dépose des chaudières existantes.
- Délocalisation de la production de chaleur dans la sous-station au R-1. La surface de la sous-station est suffisante pour y installer les équipements de production de chaleur.
- Dépose des départs hydrauliques et des équipements dans les chaufferies existantes.
- Créations des nouveaux réseaux hydrauliques et raccordement aux réseaux internes (radiateurs, CTA, ECS).
- Installation deux chaudières bois dimensionnée aux deux tiers du besoin. La puissance de l'installation devra être vue à la baisse en cas de travaux d'isolation sur l'enveloppe. Le rendement de la chaudière bois est attendu à **95 %.**
- Le combustible envisagé dépend de la taille de l'installation projetée :
  - Taille modérée : **granulé de bois**
  - Taille importante : **plaquette forestière**
- Création d'un silo de stockage proche de la chaufferie.
- La livraison s'effectuera par un camion souffleur/ ou camion équipé d'une benne à retournement.
- Mise en place d'une vis sans fin pour le convoyage entre le silo et la chaufferie.
- Le convoyage du combustible entre le silo et la chaufferie s'effectuera par soufflage à air comprimé.
- Mise en place d'un pot à boue magnétique.
- Mise en place d'un conduit de fumée avec tubage double peau.
- Mise en place d'un filtre magnétique pour le traitement des fumées.
- Raccordement des chaudières à la distribution existante.

Remarques

- Une étude de faisabilité devra valider la possibilité de l'approvisionnement (manœuvre de retournement) et déterminer les caractéristiques du silo de stockage et du convoyage du combustible. Cette étude devra valider la possibilité d'installer la production de chaleur en sous-station ou/et proposer une solution permettant de conserver les réseaux existants.
- Un surcout de maintenance est à prévoir.
- L'évacuation des cendres issues de la combustion devra être correctement prévue.
- Le temps de retour présenté prend en compte un taux d'actualisation de 4% du prix de l'énergie pour le gaz naturel et de 2% bois.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des chaudières, des réseaux hydrauliques et des équipements divers existants.
  - Mise en place d'une chaudière biomasse
  - Création du silo de stockage
  - Création de réseaux hydrauliques et raccordement aux réseaux internes
  - Mise en place d'un conduit de fumées à tubage double peau
  - Mise en place d'un pot à boues magnétique
  - Raccordement à la distribution

- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - L'étude de faisabilité pour la livraison et l'implantation du silo.
  - Mise en conformité de la sous-station

Raccordement de la chaufferie à un réseau de chaleur

Problématique traitée et points de vigilance

- Un réseau de chaleur passe à proximité du site.
- Le développement des réseaux de chaleur urbain entraine la centralisation de la production de chaleur et l'utilisation de systèmes performant, entretenues et surveillés, mais aussi la mobilisation de gisements d'énergie renouvelables plus difficile à exploiter à l'échelle du site : géothermie, bois, incinération.

Mise en œuvre proposée

- Cette solution prend en compte le raccordement du site par le concessionnaire du réseau de chaleur.
- Vidange des réseaux.
- Délocalisation de la production de chaleur dans la sous-station au R-1. La surface de la sous-station est suffisante pour y installer les équipements de production de chaleur.
- Dépose des départs hydrauliques et des équipements dans les chaufferies existantes.
- Installation de l'échangeur en sous-station.
- Créations des nouveaux réseaux hydrauliques et raccordement aux réseaux internes (radiateurs, CTA, ECS).
- Le dimensionnement de la puissance à installer a été fait à partir du calcul des déperditions et de la réglementation chaufferie (arrêté du 23 juin 1978 et CCTG Marchés Publics Brochure 2015). Une surpuissance de relance de 15% a été appliquée.
- Raccordement de l'échangeur au réseau de distribution.
- Mise en place d'une armoire électrique permettant la régulation du primaire.

Remarques

- Dans la majorité des cas, le cout de raccordement est à la charge du concessionnaire, afin d'inciter les grands sites au raccordement.
- Les réels coûts de l'utilisateur seront la mise en conformité de la chaufferie, l'éventuelle création du réseau inter bâtiments et la mise en place d'un échangeur.
- La puissance de l'échangeur devra être revue à la baisse si la performance du bâti est améliorée.
- Un nouveau contrat d'exploitation est à prévoir, en réduisant fortement les coûts du contrat P2.
- Le réseau de chaleur le plus proche est le réseau de chaleur de la ville de Lille :
  - Taux CO2 : 118g/kwh
  - EnR : 57 %
  - Coût de l'énergie estimé dans le cadre de la simulation : : 5,6 c€/kWh$_{PCS}$
  - Coût de l'abonnement dans le cadre de la simulation : 56 590 €
  - Coût de l'énergie estimé dans le cadre du scénario 3 5,6 c€/kWh$_{PCS}$
  - Coût de l'abonnement dans le cadre du scénario 3 : 24 760 €
- **L'amélioration de la performance du bâti a été pris en compte dans la simulation des scénarios. Ainsi, la puissance installée et le prix de l'abonnement a été revu à la baisse suivant les interventions proposées.**

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Dépose des chaudières, des réseaux hydrauliques et des équipements divers existants.
  - Raccordement au réseau de chaleur, création du réseau primaire enterré
  - Mise en place d'un échangeur thermique
  - Création de réseaux hydrauliques et raccordement aux réseaux internes
  - Raccordement de l'échangeur à aux réseaux hydrauliques
  - Mise en place d'un régulateur
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :

- Mise en conformité du local chaufferie

Remplacement des chaudières gaz par une pompe à chaleur air/eau

Problématique traitée et points de vigilance

- Diminution des émissions de gaz à effet de serre
- Réduction des risques incendie : suppression du gaz naturel
- Diminution de la consommation d'énergie finale
- Cette solution ne peut intervenir qu'après l'isolation complète du bâtiment (parois et fenêtres) afin de minimiser les consommations

Mise en œuvre proposée

- Déterminer la puissance chaude nécessaire au bâtiment ainsi que les températures d'eau chaude nécessaire.
- Dépose des chaudières existantes et de leur réseau gaz
- Condamnation du conduit de fumées.
- Réutilisation éventuelle des massifs béton des chaudières ;
- Carottage du mur extérieur pour l'amenée et le rejet d'air.
- Branchement de la PAC sur la distribution hydraulique.
- Equilibrage, tests de bon fonctionnement.

Remarques

- Monitorer l'installation pour suivre la performance : le fonctionnement de la PAC devra être reporté sur une GTC capable de transmettre des alertes, prendre en compte les dimensions, le poids et le bruit des installations.
- L'entretien de la PAC est indispensable (échangeur externe, filtres internes…), ainsi que le contrôle d'étanchéité obligatoire pour les circuits dont la quantité est supérieure à 2 kg de fluide frigorigène (article R543-75 à R543-123 du code de l'Environnement).
- Selon la puissance de la PAC, une augmentation de l'abonnement électrique du collège est à envisager.
- La mise en place de pompes à chaleur air/eau est réalisable dans la configuration actuelle des chaufferies.

Mise en place de brise soleil photovoltaïque

Problématique traitée et points de vigilance

- L'ensemble ou une partie de la toiture présente un potentiel intéressant pour la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque.
- Valorisation d'une énergie renouvelable.
- Forte réduction des apports solaires
- Dispositifs fixes ne permettant pas d'adaptation des occupants
- Augmentation des consommations d'éclairage et de chauffage
- Investissement élevé

Mise en œuvre proposée

- Mise en place de panneaux photovoltaïques polycristallins sur les façades sud des plots 2 et 4, sur la façade est du plot 4 et sur la façade ouest du plot 1.
- La simulation a été réalisé avec 350 m² pour une puissance installée de 73 kWc.
- Ces panneaux photovoltaïques serviront également de brise-soleil.
- Mise en place d'un local ventilé permettant d'accueillir les onduleurs.
- Raccordement au réseau de distribution électrique.

Remarques

- La faisabilité de cette intervention pourrait être compromise si le bâtiment est classé ou situé à proximité d'un bâtiment classé.
- Il est envisageable de créer une installation en autoconsommation. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de raccorder l'installation au réseau de distribution électrique.
- Les prix de rachat sont fixés chaque trimestre par la CRE (Commission de Régulation de l'Energie), suivant l'arrêté du 4 mars 2011. Le coût de rachat du kWh est de 9,69 c€^{TTC} pour une puissance comprise entre 36 et 100 kWc.
- Une attention particulière devra être portée à l'espace entre les panneaux.
- Un surcout de maintenance est à prévoir.

Chiffrage

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
  - Fourniture et pose des panneaux photovoltaïques et d'un onduleur
  - Création d'un local dédié à l'accueil de l'onduleur
  - Raccordement au réseau de distribution
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
  - Sans objet

11 Contexte de la mission de l'étude du confort d'été

11.1 Déroulement de la mission

La mission consiste à identifier les causes de l'inconfort estival dans les bureaux, et de proposer des solutions techniques permettant d'améliorer ce confort thermique.

La visite des locaux et la collecte des documents ont suivi la réunion de lancement et la définition de la problématique.

La modélisation du bâtiment et la réalisation des simulations de l'état actuel et des interventions ont été réalisées par Simulation Thermique Dynamique.

11.2 Objectifs de la simulation thermique dynamique

De manière générale les objectifs de la simulation thermique dynamique peuvent être :

- d'analyser les températures du bâtiment et par zone,
- d'analyser le confort thermique des occupants,
- d'analyser le comportement thermique du bâtiment,
- d'analyser les besoins et consommations énergétiques,
- d'analyser la sensibilité et l'incertitude de paramètres d'influence,
- d'identifier les opportunités d'améliorations techniques.

Dans le cas des présentes STD Confort l'objectif se limitent à analyser le confort thermique des occupants au travers de l'analyse des températures estivales intérieures.

11.3 Outil de simulation

La simulation thermique dynamique est réalisée avec le logiciel Pleiades-Comfie. Le moteur de calcul est développé par le centre d'efficacité énergétique des systèmes de Mines ParisTech, et a été validé expérimentalement (plateforme INCAS, cellule PASSYS).

11.4 Hypothèses de calcul

Le calcul a été fait sur une année entière avec un pas de temps de simulation de 30 minutes.

Le modèle numérique réalisé pour cette mission considère les phénomènes thermiques et aérauliques.

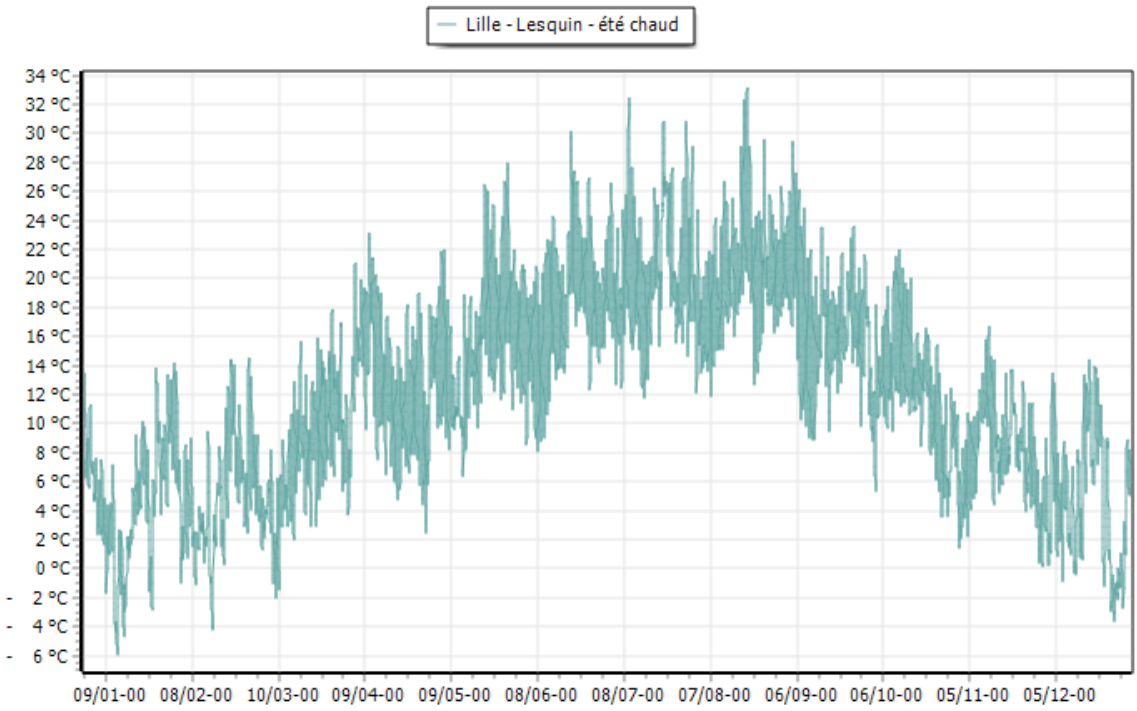
11.5 Données météorologiques

Les données climatiques exercent une influence déterminante sur les transferts thermiques et par conséquent sur le bilan énergétique du projet concerné. Les variables prises en compte dans notre méthode de calcul sont :

- Températures horaires
- Hauteur du soleil
- Azimut du soleil
- Rayonnement horaire global horizontal
- Rayonnement horaire diffus
- Humidité relative
- Vitesse du vent
- Direction du vent

Le fichier météo est issu du Pack Météonorm et est de type « A1B 2040 » qui correspond au climat le plus probable pour 2040 selon les projections du GIEC. La station météo de rattachement pour les calculs STD est celle de Lille-Lesquin. Les fichiers météo qui sont intégrés aux logiciels sont non modifiables.

Les études étant standardisées et répondant à notre certification nationale (OPQIBI), ce genre de modification pourrait rendre celle-ci caduque réglementairement parlant.

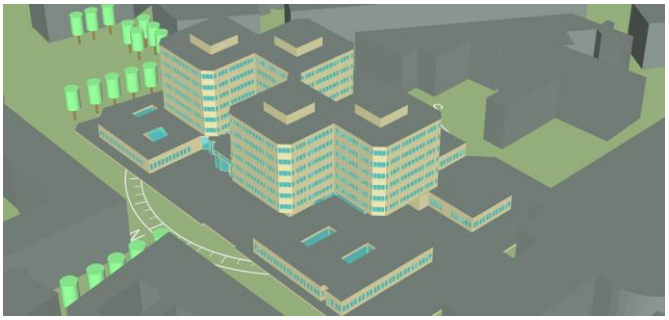


Courbe annuelle de température extérieure

12 Modélisation du bâtiment et usage

12.1 Représentation 3D

L'outil de simulation numérique Pléiades permet une représentation graphique du bâtiment d'étude. Celle-ci n'a pas de vocation architecturale ou esthétique.



Vue Pléiades Nord-Ouest



Vue Google Maps Sud-Ouest



Vue Pléiades Sud-Est



Vue Google Maps Sud-Est

Visualisation du modèle 3D et adéquations avec les vues satellites selon 2 orientations

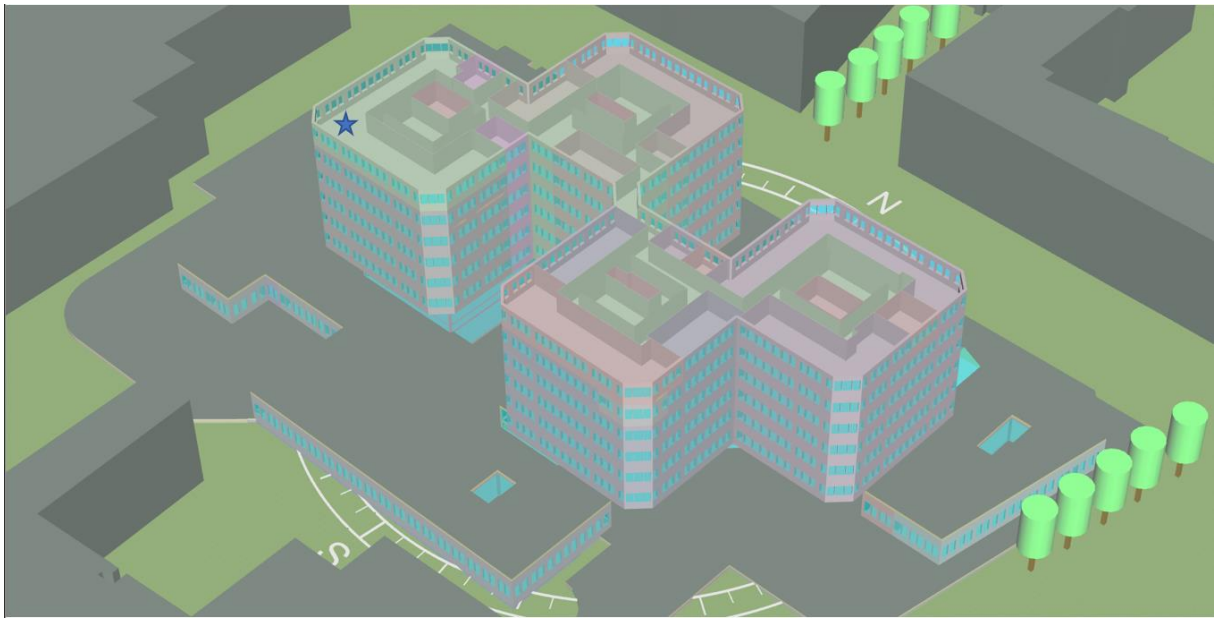
12.2 Zonage thermique

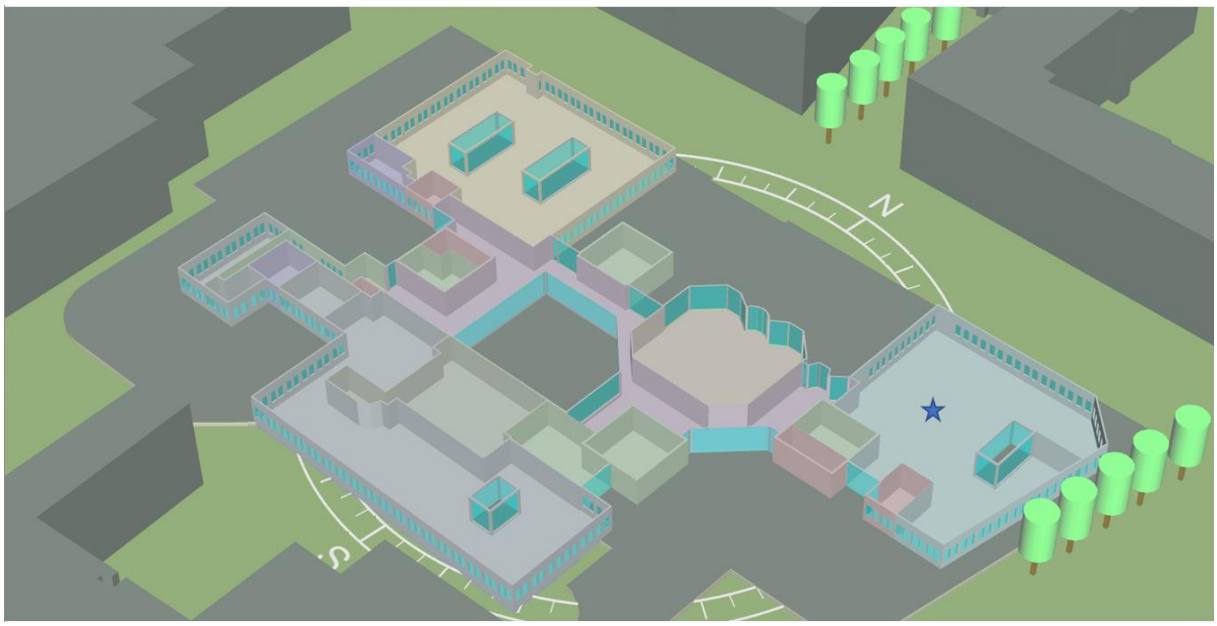
Dans le cadre de cette STD Confort, l'ensemble du bâtiment est modélisé, néanmoins seulement quelques pièces - à occupation continue - représentatives ou les plus défavorables en termes de confort estival sont étudiées en détails.

Pièces étudiées spécifiquement	Equivalence pour les pièces non étudiées
Plot 2 - R+5 - Bureaux	L'ensemble des bureaux Sud du plot 1
Plot 4 – R+6 – Open space	L'ensemble des open space du plot 4
RDC - Accueil	/

Les figures ci-dessous localisent les zones étudiées :







Zones thermiques du R+5, du R+6 et du RDC

12.3 Chauffage

L'étude de STD porte sur le confort hygrothermique d'été des usagers. Le système de chauffage est alors hors périmètre d'analyse.

12.4 Climatisation

Les salles du serveur informatique situées ponctuellement dans le bâtiment sont équipées de systèmes actifs de climatisation. De plus, l'espace de restauration, deux salles de réunions du R+6 ainsi que la salle du conseil sont également climatisés par des pompes à chaleur air/eau.

12.5 Renouvellement d'air mécanique

Le renouvellement d'air est variable selon les locaux. Le tableau suivant récapitule les différents systèmes de ventilation du bâtiment.

Zones	Système	Débit nominal (m^3/h)	Planning
Ensemble des bureaux du plot 1	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	9980 soufflés 8260 repris	7h – 20h
Ensemble des bureaux du plot 2	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	11000 soufflés 8525 repris	7h – 20h
Ensemble des bureaux du plot 3	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	9980 soufflés 8260 repris	7h – 20h
Ensemble des bureaux du plot 4	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	7975 soufflés 6840 repris	7h – 20h
Bureaux du RDC	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	8710 soufflés 7040 repris	7h – 20h
Espace de restauration	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	5500 soufflés 5500 repris	7h – 20h
Archives	CTA double flux ancienne avec récupération d'énergie	10095 soufflés 10095 repris	Permanent
Sanitaires	Bouches d'extraction	**30 + 15*N** (N = nbre de WC)	Permanent

12.6 Etanchéité à l'air

La perméabilité à l'air d'une construction caractérise la quantité d'air qui entre ou sort de manière parasite par les défauts d'étanchéité de son enveloppe. Elle se quantifie par la valeur du débit de fuite traversant l'enveloppe sous un écart de pression donné, en $m^3/(h.m^2)$ sous 4 Pa.

En l'absence de mesures précises, l'étanchéité à l'air pour l'état existant a été prise par défaut à 1,7 **$m^3/(h.m^2)$ sous 4 Pa.**

12.7 Occupation

Les apports liés aux occupants sont estimés à 80 W/occupant (chaleur sensible uniquement).

Le tableau suivant présente l'occupation dans les différentes zones étudiées.

Zones	Planning hebdomadaire	Planning annuel
Plot 2 – R+5 - Bureaux	Jour \ Heure: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 Lundi: 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 1 0 0 0 0 0 Mardi: 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 1 0 0 0 0 0 Mercredi: 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 1 0 0 0 0 0 Jeudi: 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 1 0 0 0 0 0 Vendredi: 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 1 0 0 0 0 0 Samedi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Dimanche: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Pas de fermeture annuelle
Plot 4 – R+6 – Open space	Jour \ Heure: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 Lundi: 0 0 0 0 0 0 0 0 10 25 25 25 10 10 25 25 25 25 10 0 0 0 0 0 Mardi: 0 0 0 0 0 0 0 0 10 25 25 25 10 10 25 25 25 25 10 0 0 0 0 0 Mercredi: 0 0 0 0 0 0 0 0 10 25 25 25 10 10 25 25 25 25 10 0 0 0 0 0 Jeudi: 0 0 0 0 0 0 0 0 10 25 25 25 10 10 25 25 25 25 10 0 0 0 0 0 Vendredi: 0 0 0 0 0 0 0 0 10 25 25 25 10 10 25 25 25 25 10 0 0 0 0 0 Samedi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Dimanche: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Pas de fermeture annuelle
RDC - Accueil	Jour \ Heure: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 Lundi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 85 85 85 0 0 85 85 85 85 0 0 0 0 0 0 Mardi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 85 85 85 0 0 85 85 85 85 0 0 0 0 0 0 Mercredi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 85 85 85 0 0 85 85 85 85 0 0 0 0 0 0 Jeudi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 85 85 85 0 0 85 85 85 85 0 0 0 0 0 0 Vendredi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 85 85 85 0 0 85 85 85 85 0 0 0 0 0 0 Samedi: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Dimanche: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Pas de fermeture annuelle

12.8 Eclairage artificiel

Les systèmes d'éclairage présents sur site sont performants et ne participent ainsi que faiblement à l'augmentation de température dans les pièces éclairées.

Zones	Eclairage	Planning
Plot 2 – R+5 - Bureaux	LED sur interrupteur **Soit environ 5 W/m²**	**500 Lux** en période d'occupation **0 Lux** sinon
Plot 4 – R+6 – Open space	LED sur interrupteur **Soit environ 5 W/m²**	**500 Lux** en période d'occupation **0 Lux** sinon
RDC - Accueil	LED sur interrupteur **Soit environ 5 W/m²**	**500 Lux** en période d'occupation **0 Lux** sinon

12.9 Equipements « spécifiques »

Les équipements dits « spécifiques » sont les appareils ne fonctionnant qu'à l'électricité. Ils comprennent les ordinateurs, écrans, frigidaires, micro-ondes et divers matériels branchés sur les prises de courant.

Zones	Equipements spécifiques	Planning
Plot 2 – R+5 - Bureaux	Un poste de travail par occupant	**10,8 W/m² en occupation** **5,4 W/m²** en **veille** **1,5 W/m²** en **inoccupation**
Plot 4 – R+6 – Open space	Un poste de travail par occupant	**16,5 W/m² en occupation** **10,8 W/m²** en **veille** **1,5 W/m²** en **inoccupation**
RDC - Accueil	Un poste de travail par occupant	**16,5 W/m² en occupation** **10,8 W/m²** en **veille** **1,5 W/m²** en **inoccupation**

12.10 Parois vitrées

Type	Composition	Performance
Menuiseries de l'ensemble des bureaux	Double vitrage 4/12/4	U_w = 3,4
		S_w = 0,48
		TL_w = 0,68
		Ratio d'ouverture = 20%
Menuiseries du hall	Simple vitrage 12mm	U_w = 5
		S_w = 0,77
		TL_w = 0,74
		Non ouvrable

12.11 Aération

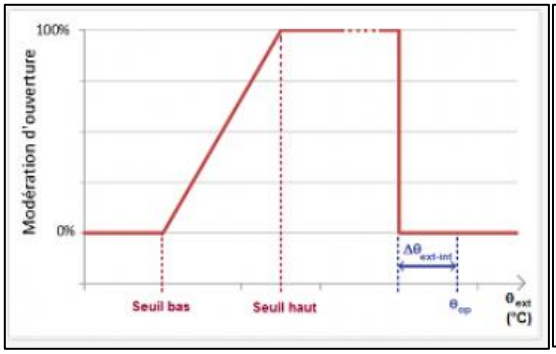
Les menuiseries de l'accueil semblent être tout le temps fermées, surement pour des raisons de bruit extérieur. Elles ont donc été considérées comme tel dans la modélisation.

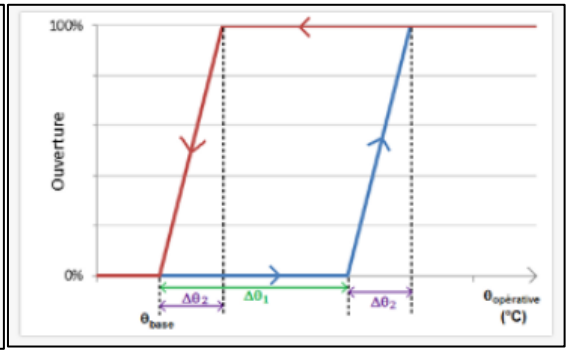
Les menuiseries des bureaux sont équipées d'ouvrants à la française. Lors de la visite, il a été constaté que certaines des menuiseries sont munies d'un dispositif limitant leur ouverture :



Les menuiseries sont considérées ouvrantes selon l'algorithme d'ouverture issu des règles Th-BCE (ouverture en occupation uniquement, dès que la température dépasse 25°C intérieur). Ainsi, les ouvertures de fenêtres sont dépendantes de la température extérieure et de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

	Saison de chauffage (hiv) ou Saison mixte	Mi-saison (mis)	Saison de refroidissement (été)
$\Delta\theta_{op_1_man}$	3°C	3°C	3°C
$\Delta\theta_{op_2_man}$	1°C	1°C	1°C
$\theta_{op_base_man}$	26°C	24°C	22°C
$d\theta_{ext_int_man}$	-6°C	-6°C	-6°C
$\theta_{ei_seuil_bas_man}$	12°C	10°C	8°C
$\theta_{ei_seuil_haut_man}$	18°C	18°C	16°C

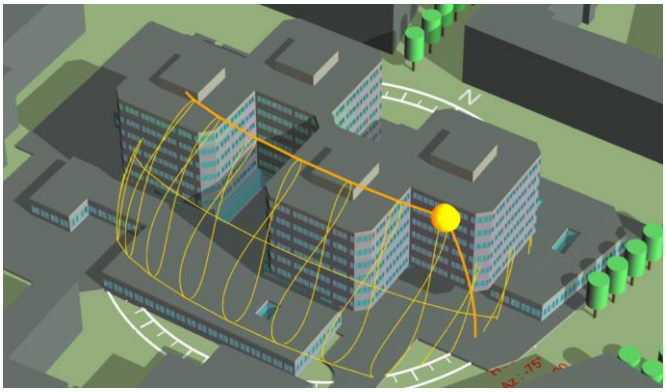




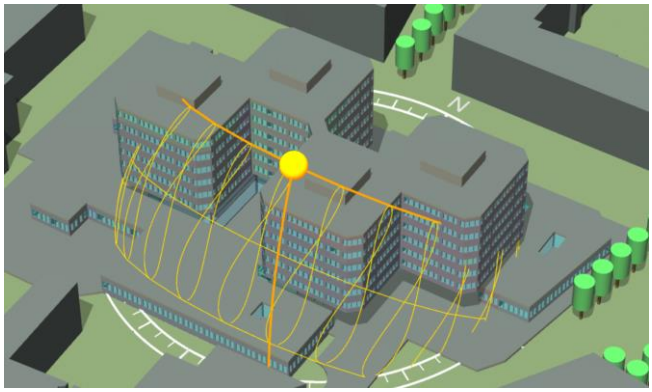
13 Simulations et Résultats

13.1 Analyse des ombres portées

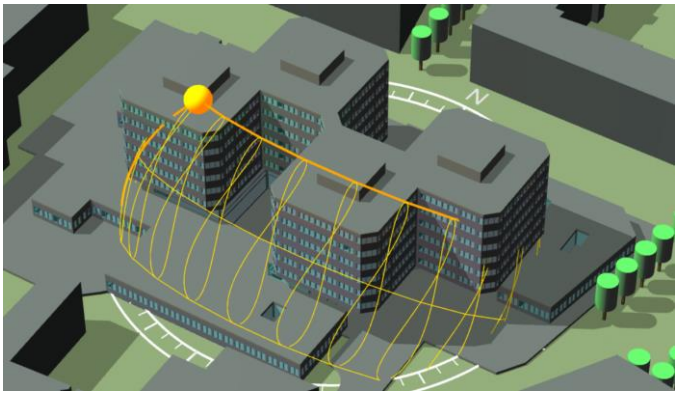
Les représentations 3D permettent d'apprécier l'évolution des ombres portées le 21 juin.



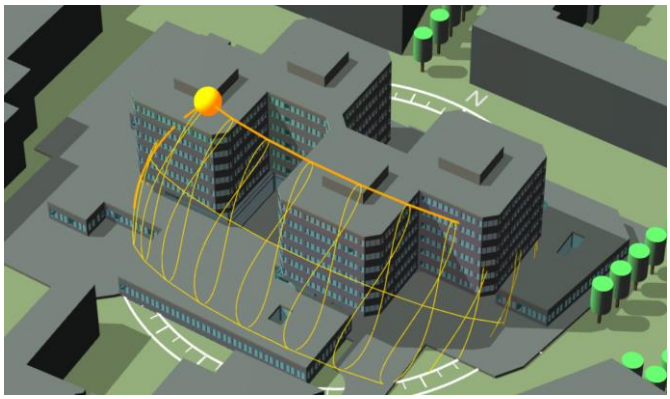
Représentation à 9h



Représentation à 12h



Représentation à 15h



Représentation à 18h

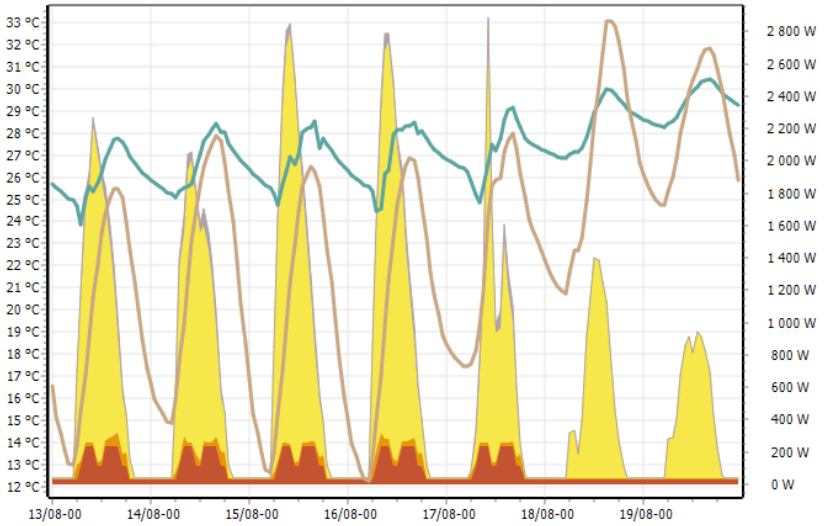
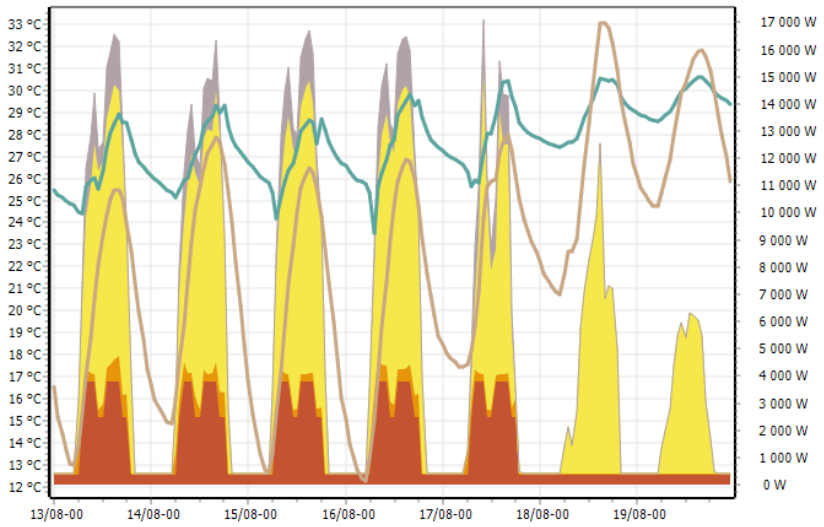
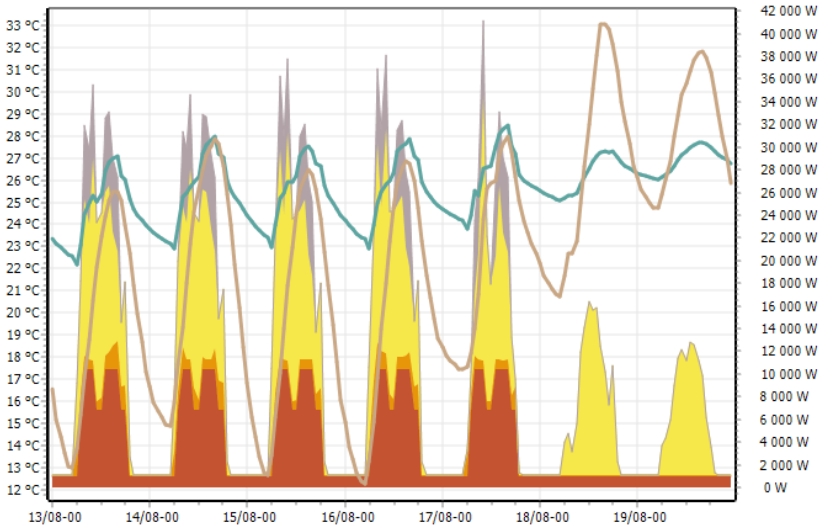
Analyse de l'héliodon et des ombres portées

Commentaires :
> Le site n'est pas impacté par les ombrages des bâtiments avoisinants.
> Les arbres avoisinants ont un léger impact sur l'accueil.
> Avec la forme particulière du bâtiment, les plots 2 et 4 projettent de l'ombre sur les plots 1 et 3.

13.2 Bilan estival des apports thermiques

Les apports thermiques d'un bâtiment peuvent être classés en 4 catégories : Solaires, Eclairage artificiel, Puissances dissipées et Occupation. Les graphiques ci-dessous présentent la répartition des apports de chaleur par catégorie et les températures extérieures et opératives, sur la semaine la plus chaude.



Zones	**Evolution des apports et des températures sur la semaine la plus chaude** (13 au 19 août)
Plot 2 – R+5 - Bureaux	
Plot 4 – R+6 – Open space	
RDC - Accueil	

Commentaires :
> Dans l'ensemble des locaux, la majorité des apports internes sont issus du rayonnement solaire : 78% pour le bureau Sud-Est du R+5 (plot 3), 59% pour l'open space du R+6 (plot 4) et 48% pour l'accueil du RDC. > La puissance dissipée par la bureautique représente également une source non négligeable d'apports interne. > L'éclairage artificielle étant déjà optimisé, il ne participe que très peu à l'élévation de température dans les locaux (entre 3 et 5%). > La chaleur dégagée par les occupants joue également un rôle dans les apports internes, notamment dans l'open space et l'accueil, où la densité d'occupation est plus élevée. Cependant, ces apports sont difficilement traitables.

13.3 Indicateurs du confort estival

L'analyse du confort estival se réalise selon deux indicateurs :

> Les heures d'inconfort où la température intérieure opérative dépasse les 28 °C en période d'occupation.
> La température maximale atteinte sur la simulation annuelle.

14 Interventions et scénario

14.1 Choix des interventions

L'ana

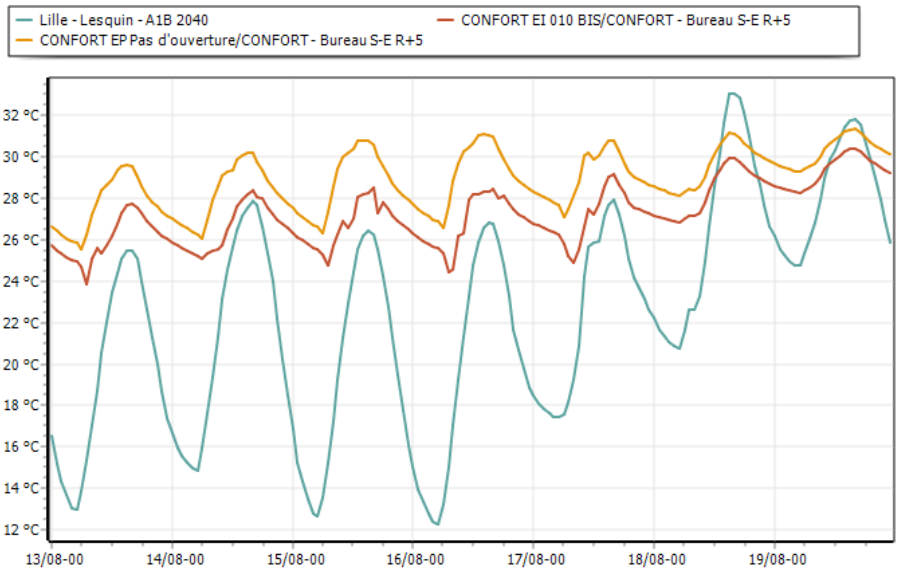
Afin de pallier cette problématique, nous proposons d'étudier plusieurs interventions :

- Variante1[1] : Simulation sans ouverture des menuiseries
- Intervention 1[2] : Mise en place de brises soleil orientables
- Intervention 2 : Sur-ventilation nocturne
- Intervention 3 : Mise en place de volets roulants
- Intervention 4 : Amélioration de l'aération naturelle
- Scénario [3] : Scénario 3 de l'audit énergétique + Intervention 2

14.2 Variante 1 : Simulation sans ouverture des menuiseries

Comme expliqué auparavant, les menuiseries des bureaux des plots ont été simulées en état initial avec une ouverture maximale de 20% selon le scénario du TH-BCE. Cette variante propose une simulation en supprimant cette ouverture afin de mettre en évidence l'impact de celle-ci qui, pour rappel, est directement dépendante du comportement des usagers.

- Evolution des températures intérieures :



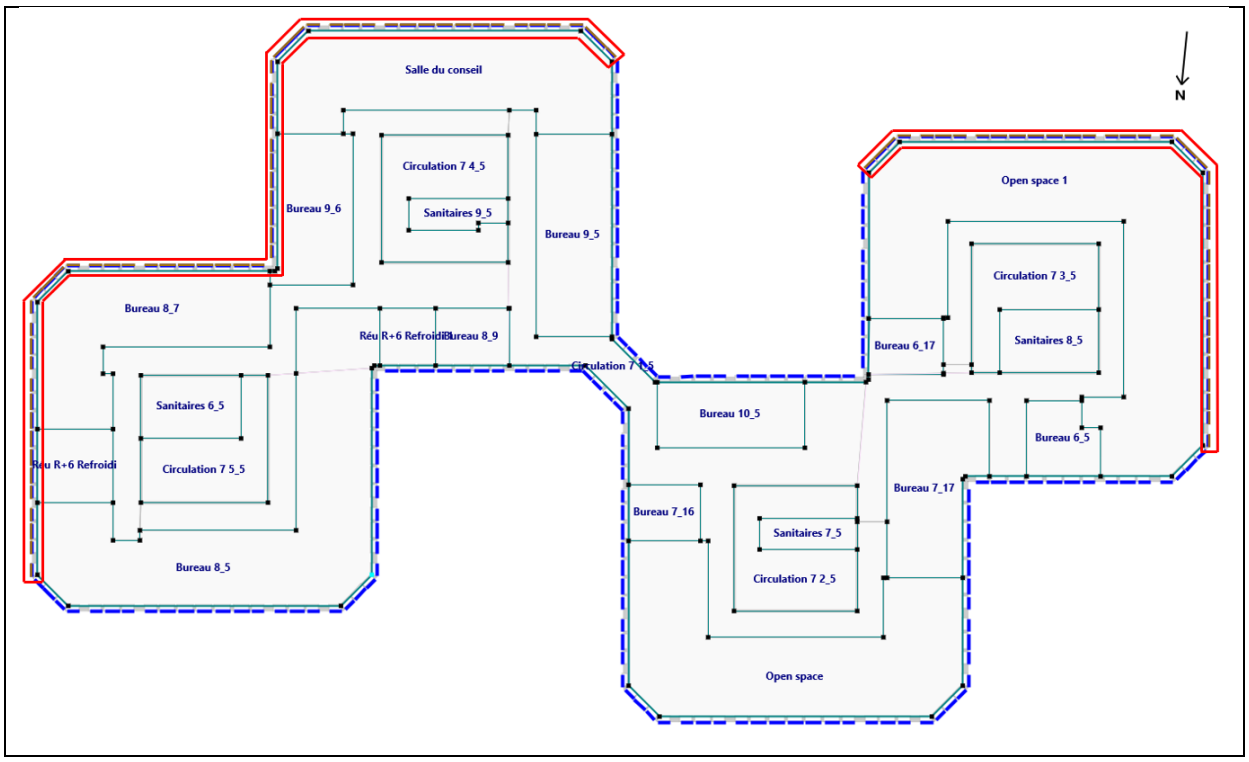
L'ouverture des menuiseries a donc un fort impact sur les températures intérieures : +2°C en moyenne sur la semaine la plus chaude. Il est donc important que les usagers aient une bonne gestion de celle-ci.

[1] Une variante correspond à une simulation non réaliste (i.e. suppression des apports) ou à une simulation testant la sensibilité d'un paramètre
[2] Une intervention correspond à une simulation où une unique modification de l'état initial est faite
[3] Un scénario correspond à une simulation mettant en œuvre plus d'une modification de l'état initial

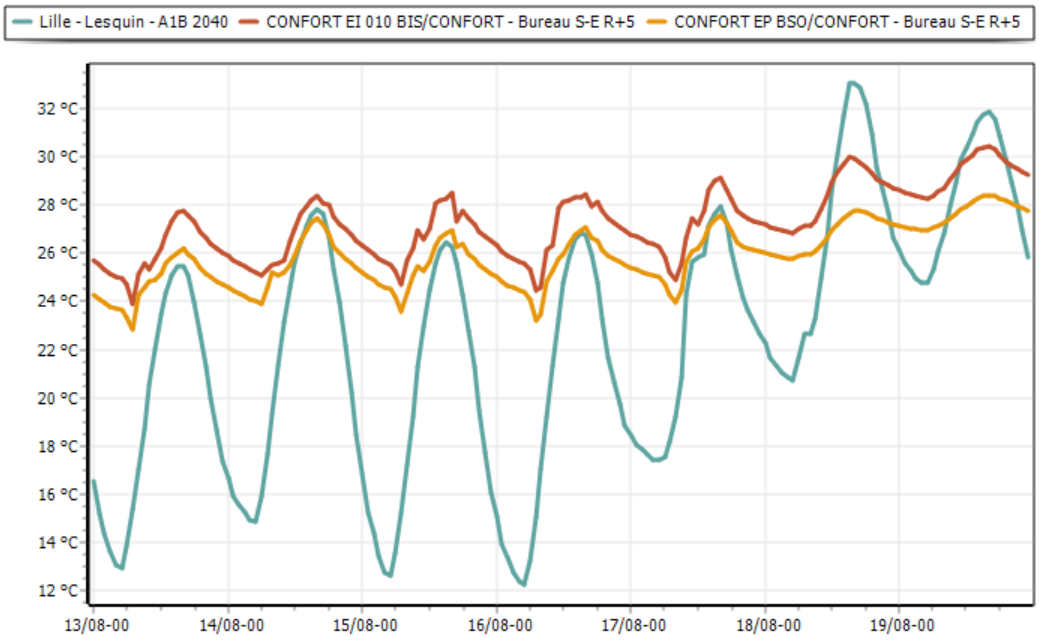
14.3 Intervention 1 : Mise en place de brises soleil

Les apports de chaleur par rayonnement solaire sont actuellement de plus de 75% dans certains des bureaux. La mise en place d'un brise soleil permet de réduire grandement les apports solaires.

<table>
<tr><td rowspan="2">Mise en place de brise-soleil</td><td><u>Estimation du coût</u></td></tr>
<tr><td>400 - 700 €HT/m², soit environ 500 000€HT</td></tr>
<tr><td colspan="2">Intervention intégrée dans le scénario Décret Tertiaire</td><td>NON</td></tr>
<tr><td><u>Avantages :</u></td><td colspan="2"><u>Inconvénients :</u></td></tr>
<tr><td>> Forte réduction des apports solaires
> Peu d'entretien nécessaire
> Efficace sur les orientations Sud, Est et Ouest</td><td colspan="2">> Modification de l'image architecturale du bâtiment
> Augmentation des consommations d'éclairage et de chauffage en hiver
> Investissement élevé</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>Performance :</u>
> L'orientation des brise-soleils est horizontale
> Les brise soleil fixes sont installés sur les menuiseries des bureaux des plots 1,2 et 4 orientés Est, Sud et Ouest. Une vue 2D d'un étage des plots est présentée par la suite.
> Les brise soleil auront les caractéristiques suivantes :
o Profondeur de lame : 0.15 m
o Espacement entre les lames : 0,2 m
o Distance au vitrage : 0,0 m
o Inclinaison des lames : 15°
</td></tr>
</table>



> Evolution des températures intérieures :



Evolution de la température extérieure et des températures opératives du bureau du R+5 (plot 2) en état initial et pour l'intervention 1

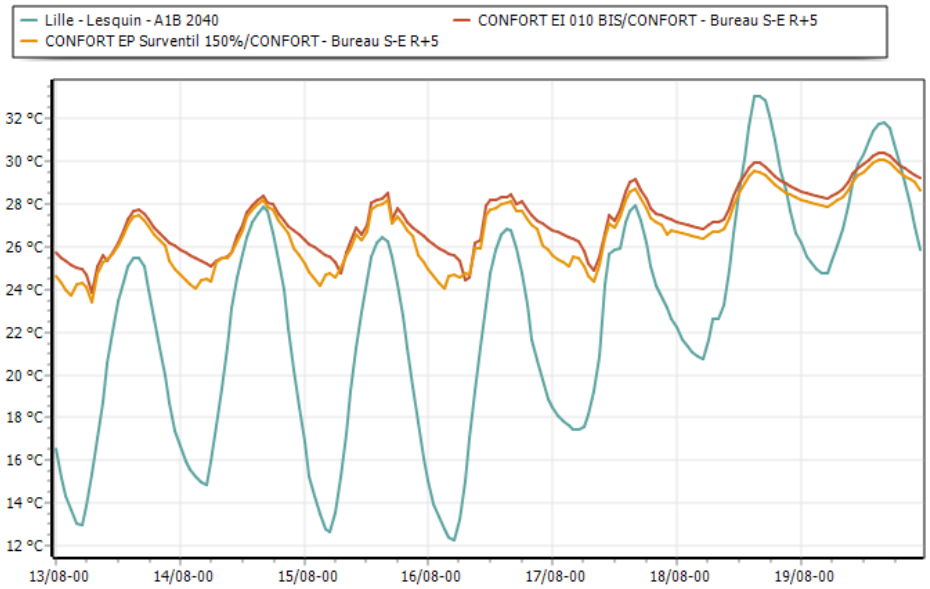
La mise en place de brise soleil sur les façades fortement ensoleillées (Sud, Est et Ouest) permet de réduire considérablement la quantité d'apports solaires pénétrants dans les locaux. Ainsi, un ralentissement de la montée en température est nettement observable (allant jusqu'à -2°C la semaine la plus chaude).

14.4 Intervention 2 : Sur-ventilation nocturne

<table>
<tr><td rowspan="2">Mise en place d'une sur-ventilation nocturne</td><td colspan="2"><u>Estimation du coût</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">Sans objet</td></tr>
<tr><td colspan="2">Intervention intégrée dans le scénario Décret Tertiaire</td><td>NON</td></tr>
<tr><td><u>Avantages :</u></td><td colspan="2"><u>Inconvénients :</u></td></tr>
<tr><td>> Solution exploitant le système de ventilation existant
> Permet un rafraichissement du bâtiment aux heures les plus fraîches de la journée.
> Solution modulable, pouvant être mise en place seulement sur les semaines les plus chaudes de l'année.
> Pas de contraintes liées aux intrusions</td><td colspan="2">> Consommation des auxiliaires de ventilation
> Nécessite une inertie au moins moyenne</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>Mise en œuvre :</u>
> Programmation de la ventilation mécanique déjà en place dans le bâtiment afin de dégager les calories du bâtiment en période nocturne

<u>Performance :</u>
> Débit de renouvellement d'air en sur ventilation nocturne : 150 % du débit actuellement mis en place en occupation.
> Période de sur-ventilation nocturne : 00h à 05h, de mi-mai à mi-septembre.</td></tr>
</table>

> Evolution des températures intérieures :



Evolution de la température extérieure et des températures opératives du bureau du R+5 (plot 2) en état initial et pour l'intervention 2

La modification de la régulation des CTA afin de permettre une sur-ventilation nocturne engendre un abaissement de température de l'ordre de 2°C supplémentaire pendant les heures la nuit. Cela permet par la suite une légère différence de température pendant la journée.

14.5 Intervention 3 : Mise en place de volets roulants extérieurs

Mise en place de volets roulants extérieurs	**Estimation du coût**
	120-200 €HT/m², soit environ 315 000€HT
Intervention intégrée dans le scénario Décret Tertiaire	OUI

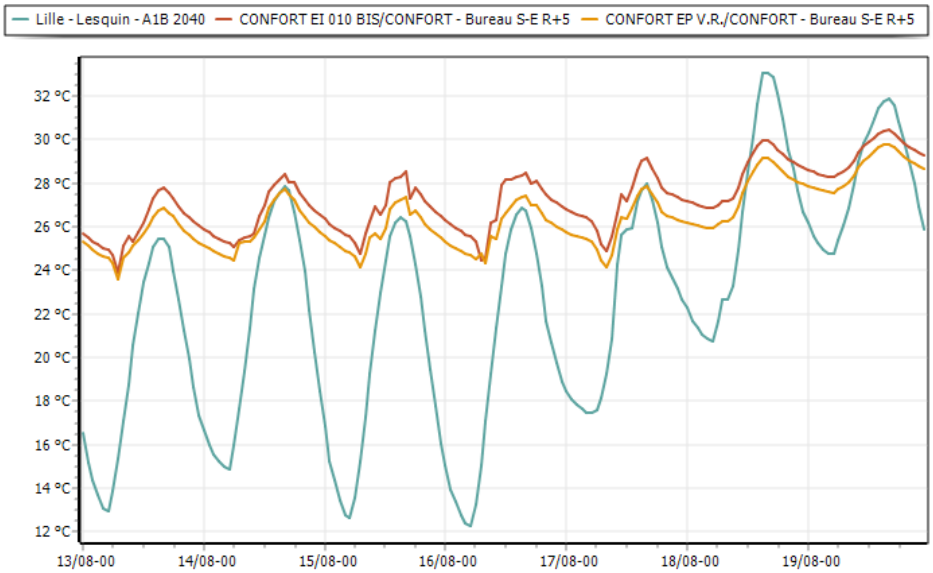
Avantages :	***Inconvénients :***
> Adaptabilité des occupants > Faible investissement > Gestion manuelle ou motorisée possible	> Modification de l'image architecturale du bâtiment > Pérennité limité

Performance :

> Le taux d'occultation des menuiseries, foisonnement compris, est estimé à 50%.
> Les volets roulants sont localisés dans l'ensemble des bureaux (RDC et plots).
> Les performances sont directement liées à la bonne gestion des occultations par les occupants. En été, il convient aux usagers d'abaisser les volets roulants dès lors que le rayonnement solaire pénètre dans les locaux.



> Evolution des températures intérieures :



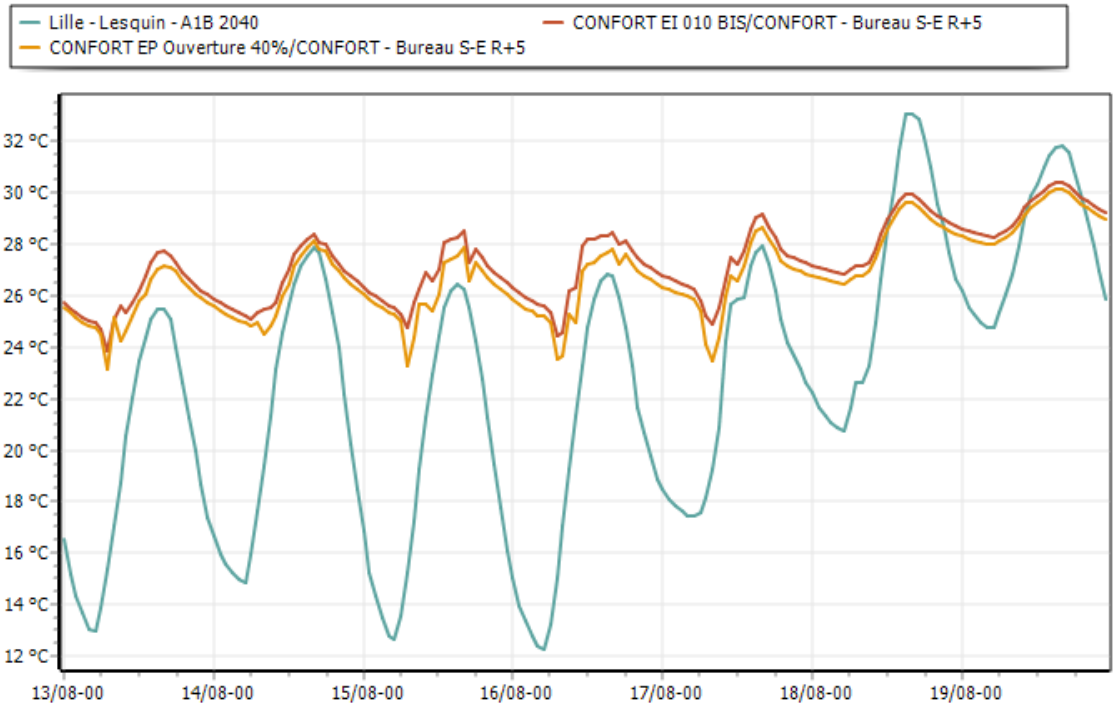
Evolution de la température extérieure et des températures opératives du bureau du R+5 (plot 2) en état initial et pour l'intervention 3

La mise en place de volets roulants dans les locaux occupations permets une réduction importante des apports solaires pénétrants au sein des locaux, et ainsi une baisse des températures intérieures. Il est toutefois rappelé que les performances de cette intervention dépendent de la bonne gestion des volets roulants par les occupants des bureaux. Ainsi, la réduction de température pourrait être plus importante si les usagers abaissent plus que 50% du temps les volets roulants. L'inverse est également vrai.

14.6 Intervention 4 : Amélioration de l'aération naturelle

Cette intervention consiste à améliorer le recours à la ventilation naturelle afin d'évacuer le surplus de chaleur pendant la journée. Il est donc préconisé le retrait du dispositif de limitation d'ouverture afin de permettre une plus grande ouverture. Ainsi, une simulation avec une possibilité d'ouverture de 40% a été réalisée.

> Evolution des températures intérieures :



Evolution de la température extérieure et des températures opératives du bureau du R+5 (plot 2) en état initial et pour l'intervention 4

L'impact de cette augmentation d'ouverture est assez important puisqu'une diminution de l'ordre de 0,5°C (et pouvant aller jusqu'à 1°C) est observée dans le bureau Sud du R+5. Au vu de la pertinence de ces résultats, nous préconisions cette intervention.

14.7 Scénario

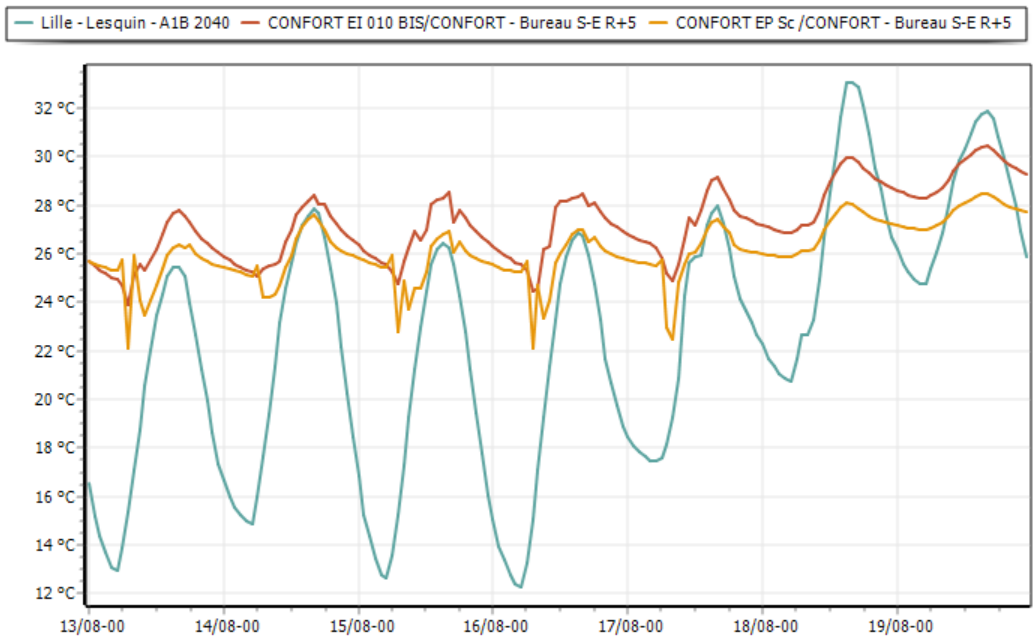
Le scénario reprend le scénario 3 de la partie audit énergétique en y ajoutant l'intervention 2 (sur ventilation nocturne) et l'intervention 4 (amélioration de l'aération naturelle) qui améliorent le confort d'été.

Sur-ventilation nocturne + Aération naturelle	**Estimation du coût**
	Sans objet

Avantages :	***Inconvénients :***
> Avantages des interventions suivantes : Sur ventilation nocturne et amélioration de l'aération naturelle.	> Inconvénients des interventions suivantes : Sur ventilation nocturne et amélioration de l'aération naturelle.

Mise en œuvre :

> Voir mises en œuvre 14.4 et 14.6
> Ce scénario présente l'avantage de ne pas avoir recours à un système de climatisation actif.



Evolution de la température extérieure et des températures opératives du bureau du R+5 en état initial et pour le scénario

Ce graphique démontre la réduction de l'inconfort estival dans les locaux avec ce scénario. Notamment, la température intérieure devient inférieure à la température extérieure à certains moments de la semaine la plus chaude, ce qui prouve une bonne efficacité du bâtiment en termes de confort estival.

14.8 Synthèse des simulations

Les tableaux ci-dessous présentent les gains sur le confort estival des interventions et scénarios des pièces étudiées selon les 2 indicateurs retenus :

		Sans ouverture de fenêtre	Brise soleil	Surventilation nocturne	Volets roulants	Aération naturelle	Sc 3 Audit + Inter 2 et 4
Nombre d'heures d'occupation au-dessus de 28 °C	Etat initial	Variante 1	Intervention 1	Intervention 2	Intervention 3	Intervention 4	Scénario
Plot 2 - R+5 - Bureaux	145	50	46	103	62	83	101
Plot 4 - R+6 - Open space	217	59	111	181	131	118	109
RDC - Accueil	86	52	77	61	56	55	60

Synthèse du nombre d'heures d'inconfort estivales

		Sans ouverture de fenêtre	Brise soleil	Surventilation nocturne	Volets roulants	Aération naturelle	Sc 3 Audit + Inter 2 et 4
Température maximale [°C]	Etat initial	Variante 1	Intervention 1	Intervention 2	Intervention 3	Intervention 4	Scénario 2
Plot 2 - R+5 - Bureaux	32,6	33,3	31,7	32,5	32,1	33,0	32,6
Plot 4 - R+6 - Open space	33,0	35,5	32,1	32,7	32,3	33,0	32,7
RDC - Accueil	30,9	31,0	30,8	30,7	30,6	31,0	32,8

Synthèse des températures maximales atteintes

15 Conclusions de l'étude de confort d'été

Le premier objectif de cette mission étant de trouver des solutions passives pour améliorer le confort thermique estival, nous avons dans un premier temps audité le bâtiment sur son enveloppe, sa gestion du renouvellement d'air, ses dispositifs d'occultation actuels et sur ses usages réels.

Une modélisation numérique sur la base des plans transmis par la maitrise d'ouvrage a donc été développée afin de réaliser une analyse préliminaire sur les différentes sollicitations solaires et sur la répartition des apports thermiques des différentes zones thermiques. Les deux indicateurs du confort retenus pour évaluer l'efficacité des gains ont ensuite été introduits, soient le taux d'inconfort (T>28°C) et la température maximale. Cette analyse a permis d'identifier que les apports solaires sont à combattre en priorité sur ce site.

Sur la base du modèle numérique de l'état initial qui représente au plus près la réalité, nous avons simulé variantes, interventions et scénarios afin de comprendre le comportement thermique du bâtiment, d'appréhender l'efficacité unitaire des actions et de projeter le confort après l'application d'un bouquet de travaux.

Le scénario reprend les interventions 2 et 4, et comprend donc la modification de la régulation des CTA pour permettre une sur-ventilation nocturne ainsi que l'amélioration de l'aération naturelle. Ce scénario reprend également l'ensemble des interventions préconisées dans le scénario 3 de l'audit énergétique. Il en résulte des résultats intéressants en abaissant le taux d'inconfort dans l'ensemble des locaux de 30% environ pour le bureau du R+5 ainsi que l'accueil, et jusqu'à 50% pour l'open space du R+6. La température maximale atteinte n'est cependant pas vraiment modifiée. Cette température intervient lors d'un pic très ponctuel de température extérieure au mois de juillet. Cependant, les températures moyennes annuelles sont grandement améliorées (environ -1°C sur l'ensemble des locaux). En conclusion, bien que la CPAM de Lille ne soit pas particulièrement sujette à un inconfort estival, le scénario 3 proposé en audit ainsi que l'ajout de 2 interventions permet tout de même d'améliorer le confort des occupants du site.

Bien que non présentées dans cette présente étude car difficilement ou non modélisables, d'autres solutions efficaces contre l'inconfort thermique estival existent :

- La solution de brasseurs d'air plafonnier ne réduit pas la température intérieure, mais permet de générer des vitesses d'air d'environ 1-2 m/s qui abaissent la température ressentie allant jusqu'à 4 °C sans générer d'inconfort autre que thermique.
- La végétalisation des abords du bâtiment (herbe, buisson, arbres, …) permet d'améliorer l'ambiance extérieur et de créer un îlot de fraicheur non négligeable par l'évapotranspiration des plantes.

L'installation de nouveaux systèmes de climatisation actifs ne nous semble donc pas justifiée au regard des gains relatifs présentés ici et du contexte climatique.

16 Annexes

16.1 Grandeurs utiles au diagnostic

16.1.1 Conversion des unités énergétiques

L'ensemble des unités énergétiques sont ramenées en kWh_{EF} dans l'étude afin de pouvoir les comparer :

Énergie	Unité d'origine	Facteur de conversion en kWh_{EF}
Bois, Biomasse	1 T	3 000 à 5 000 (selon type : granulé, pellet…)
Electricité	1 kWh	1
Gaz naturel	1 kWh_{PCS}	0,9
Gaz propane	1 kg	12,8
Fioul domestique	1 litre	9,97
Réseau de chaleur	1 kWh	1

16.1.2 Émissions de CO2

Les facteurs de conversion des émissions de gaz à effet de serre suivant l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 sont présentés dans le tableau suivant :

Énergie	Conversion [kg_{CO2}/kWh_{EF}]
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Gaz propane ou butane	0,274
Charbon	0,342
Électricité (*chauffage*)	0,180
Électricité (*ECS, refroidissement*)	0,040
Électricité (*valeur moyenne*) autres usages	0,084
Réseau de chaleur	Selon le réseau
Réseau de chaleur	0,342 si non référencé

En ce qui concerne les réseaux de chaleur, l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 donne les valeurs à prendre en compte.

16.1.3 Lexique de quelques abréviations

BBC	Bâtiments Basse Consommation
DF	Double Flux
DV	Double Vitrage
EF, EP	Energie Finale, Energie Primaire (kWh)
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EnR	Energies Renouvelables
DJU	Degrés Jours Unifiés
GTB/GTC	Gestion Technique de Bâtiment/ Gestion Technique Centralisée
K	Kelvin
LBC	Lampe Basse Consommation
PCI, PCS	Pouvoir Calorifique Inférieur, Pouvoir Calorifique Supérieur
PSE	Polystyrène expansé
R	Résistance thermique des matériaux (m².K/W)
RT	Réglementation Thermique
SF	Simple Flux
SV	Simple Vitrage
RDC	Rez-de-chaussée
U	Coefficient de transmission surfacique global de la paroi (W/m².K)
V3V	Vanne 3 Voies
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
CP	Chaufferie principale
SS	Sous-station

16.1.4 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire

L'énergie finale correspond à l'énergie payée au compteur d'énergie du site. L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire à la fourniture de cette énergie finale. Le facteur de conversion entre ces deux énergies représente les pertes lors du transport, l'énergie nécessaire à l'extraction, à la transformation de celle-ci, ou à la production (dans le cas de l'électricité par exemple).
Ces facteurs sont réglementés par type d'énergie.

En France, les facteurs de conversion utilisés dans la réglementation thermique dans l'existant sont les suivants :

Énergie	Conversion kWh_{EF} / kWh_{EP}[12]
Bois, biomasse	0,60
Gaz naturel	1,00
Gaz propane	1,00
Electricité	2,58
Fioul	1,00

[12] Ces coefficients ne sont pas valables pour les DPE, ni pour les bâtiments neufs. En effet, dans les deux cas précédents, le coefficient de conversion pour le bois est de 1,00.

16.1.5 Réglementation thermique

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage.

Elle repose sur les articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application.

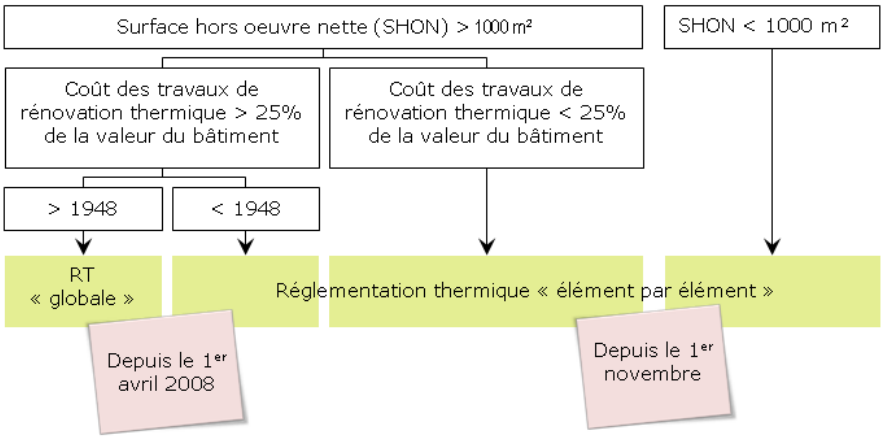
L'objectif général de cette réglementation est de fixer de prérequis et des garde-fous sur la performance énergétique d'un bâtiment lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend telle amélioration. L'objectif global étant d'apporter une amélioration significative de la performance des bâtiments.

Les mesures réglementaires sont différentes (et les contraintes associées également) selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- **RT globale :** Pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m², achevés après 1948, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové.
  Ces bâtiments doivent aussi faire l'objet d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire.
  Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008.

- **RT élément par élément :** Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1er novembre 2007.

Note : Le coût conventionnel des bâtiments autres que ceux usage principal d'habitation est de 1 405 €^{HT}/m$^2_{SHON}$ (valeur pour le 1er semestre 2020[13]).



[13] Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.9, mis à jour le 8 janvier 2020.