



Centre d'examen des permis de conduire à St-Priest

Direction départementale du Rhône

DIAGNOSTIC ENERGETIQUE

Commande n°1123 0466



Centre d'examen des permis de conduire à St-Priest

Direction départementale du Rhône

DDT 69 – Lyon

DIAGNOSTIC ENERGETIQUE

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
0	Document initial	LCE	GDS	14/12/2022
Agence de Limonest 135 allée des Noisetiers – Bâtiment A, 69760 Limonest – TEL : 04 37 49 19 20				

ARTELIA Bâtiments Régions & Equipements – 135 allée des Noisetiers, 69760 Limonest

Siège Social : 16 rue Simone Veil, 93400 Saint-Ouen-sur-Seine

DIAGNOSTIC ENERGETIQUE

CENTRE D'EXAMEN DES PERMIS DE CONDUIRE A ST-PIEST

SOMMAIRE

OBJET DU DOCUMENT	6
A. PRESENTATION GENERALE.....	7
1. SITUATION DU BÂTIMENT	8
1.1. Localisation	8
1.2. Données météorologiques.....	8
1.3. Plans du bâtiment	8
1.4. Historique du bâtiment	10
1.5. Typologie des locaux	10
2. SITUATION RÉGLEMENTAIRE	11
2.1. Décret tertiaire.....	11
2.2. La réglementation thermique	11
B. AUDIT DES COMPOSANTS DU BATIMENT.....	13
3. ENVELOPPE DU BÂTIMENT	14
SYSTÈME DE CHAUFFAGE / ECS	16
4. 16	
5. SYSTÈME DE CLIMATISATION	17
6. EMETTEURS	18
7. SYSTÈME DE VENTILATION	19
8. ECLAIRAGE	19
C. CONSOMATION D'ENERGIE DU BATIMENT ET SUGGESTIONS D'ACTIONS D'ECONOMIE	21
9. ANALYSE DES CONSOMMATIONS EXISTANTES.....	22
9.1. Données transmises	22
9.2. Evolution des consommations	22
9.2.1. Degré-jour-unifiés	22

9.2.2. Courbes d'évolution des consommations.....	23
9.3. Analyse des consommations	25
9.3.1. Focus sur le gaz	25
9.3.2. Focus sur l'électricité	25
9.3.3. Premières conclusions au regard des factures	25
10. BILAN THERMIQUE DU BÂTIMENT	27
10.1. Hypothèses de simulation	27
10.1.1. Logiciel utilisé.....	27
10.1.2. Fichier météo	27
10.1.2.1. Météo du scénario BASE	27
10.1.2.2. Horizon et masque proches.....	28
10.1.2.3. Géométrie du modèle.....	29
10.1.3. Zoning de l'étude :.....	29
10.1.4. Hypothèses constructives	30
10.1.4.1. Définition des parois.....	30
10.1.5. Définition des ponts thermiques.....	31
10.1.6. Définition des menuiseries	32
10.1.7. Scenarios d'utilisation	32
10.1.7.1. Consigne de température	32
10.1.7.2. Occupation.....	33
10.1.7.3. Eclairage	33
10.1.7.4. Occultations	34
10.1.7.5. Usages spécifiques.....	35
10.1.7.6. Eau chaude sanitaire.....	36
10.1.7.7. Aération naturelle	36
10.1.8. Equipements	36
10.1.8.1. Ventilation	37
10.1.8.2. Production	37
10.1.8.3. Emission.....	39
10.2. Résultats des simulations	40
10.2.1. Analyse des relevés et cohérence des hypothèses.....	40
10.2.1.1. Période de référence STD.....	40
10.2.1.2. Ajustement climatique	41
10.2.1.3. Consommations totales	44

10.2.2. Décomposition des consommations énergétiques	45
D. PROGRAMME D'AMELIORATION	47
11. DÉMARCHE ET ACTIONS PRÉCONISÉES	48
11.1. Démarche générale	48
11.2. Actions de rénovation Envisagées	48
11.2.1. Mise en place d'une ventilation mécanique dans les bureaux	49
11.2.1.1. Mise en place d'une VMC simple flux	49
11.2.1.2. Installation d'une CTA double flux.....	50
11.2.2. Amélioration des performances de l'enveloppe	51
11.2.2.1. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique par l'intérieur ..	51
11.2.2.2. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique par l'extérieur..	51
11.2.2.3. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique des locaux non chauffés	52
11.2.2.4. Changement des menuiseries	52
11.2.2.5. Traitement d'urgence d'étanchéité à l'air.....	53
11.2.3. Amélioration de la performance énergétique des équipements	54
11.2.3.1. Récupération d'énergie sur les CTA actuelles.....	54
11.2.3.2. Remplacement de la chaudière gaz par une chaudière gaz à condensation....	54
11.2.3.3. Installation d'une pompe à chaleur pour assurer le chauffage.....	55
11.2.3.4. Système mixte pompe à chaleur / chaudière à gaz.....	55
11.2.3.5. Changement du système de chauffage dans les salles d'examen	56
11.2.3.6. Remplacement de la chaudière à gaz par une chaudière bois à granulés	56
11.2.4. Tableau récapitulatif – Actions de rénovations	57
12. BOUQUETS TRAVAUX	58
12.1. Bouquet travaux n°1.....	58
12.2. Bouquet travaux n°2.....	59
12.3. Bouquet travaux n°3.....	59
12.4. Bouquet travaux n°4.....	60
12.5. Pré-Synthèse des bouquets travaux	61
E. ANALYSE FINANCIERE DETAILLEE EN COUT GLOBAL DES SCENARIOS DE TRAVAUX	62

13. HYPOTHÈSES COMMUNES.....	63
13.1. Période d'étude.....	63
13.2. Coûts des énergies	63
13.3. Inflation	63
13.4. Taux d'actualisation	64
14. MAINTENANCE ET GER	64
14.1. Démarche en cout global.....	64
14.2. Approche financière	64
14.2.1. Estimation initiale des coûts d'exploitation maintenance.....	65
14.2.2. Estimation des coûts de Gros Entretien Renouvellement des installations	65
15. SCÉNARIO BASE – SANS TRAVAUX DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE	66
16. BOUQUET TRAVAUX.....	66
17. RÉSULTATS.....	66
17.1. Temps de retour sur investissement.....	66
18. CONCLUSION	67

OBJET DU DOCUMENT

La DDT du Rhône a confié à Artelia une mission de Diagnostic énergétique du Centre d'Examen des permis de conduire, situé au 29 chemin de la Pierre Blanche.

L'objet de ce document est d'apporter une réponse aux enjeux de réduction des consommations d'énergie du bâtiment. Celui-ci se divise en plusieurs parties.

Dans un premier temps, il caractérise l'état existant du bâtiment : sa situation réglementaire, son enveloppe, ses systèmes. Cet état des lieux se base sur les plans, les Dossiers des Ouvrages Exécutés, les précédents audits techniques et les observations réalisées lors des visites de site, et une simulation énergétique.

Dans un second temps des pistes d'amélioration de la performance du bâtiment sont proposées dans le but de réduire les consommations du bâtiment.



A. PRESENTATION GENERALE

1. SITUATION DU BATIMENT

1.1. LOCALISATION

Le Centre d'examen se situe au 29 chemin de la Pierre Blanche, à Saint-Priest (69).

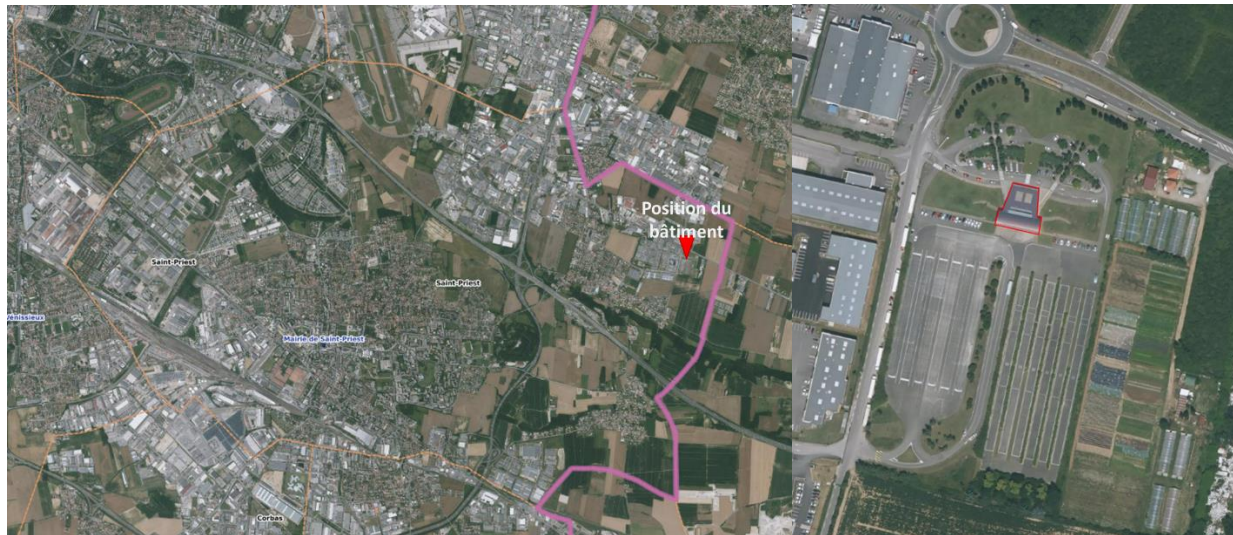


Figure 1 - Localisation du bâtiment

1.2. DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données climatiques de la station météorologique la plus représentative du site sont les suivantes :

- Station météorologique de référence : Lyon - Bron
- Altitude : 220m ;
- Zone Climatique : H1c ;
- Température de base Hiver : -10°C ;
- Température de base Eté : 32°C ;
- Hygrométrie Eté : 50%.

1.3. PLANS DU BATIMENT

Le bâtiment dispose d'une structure en béton armé. Ses façades sont en béton habillé d'un bardage métallique.

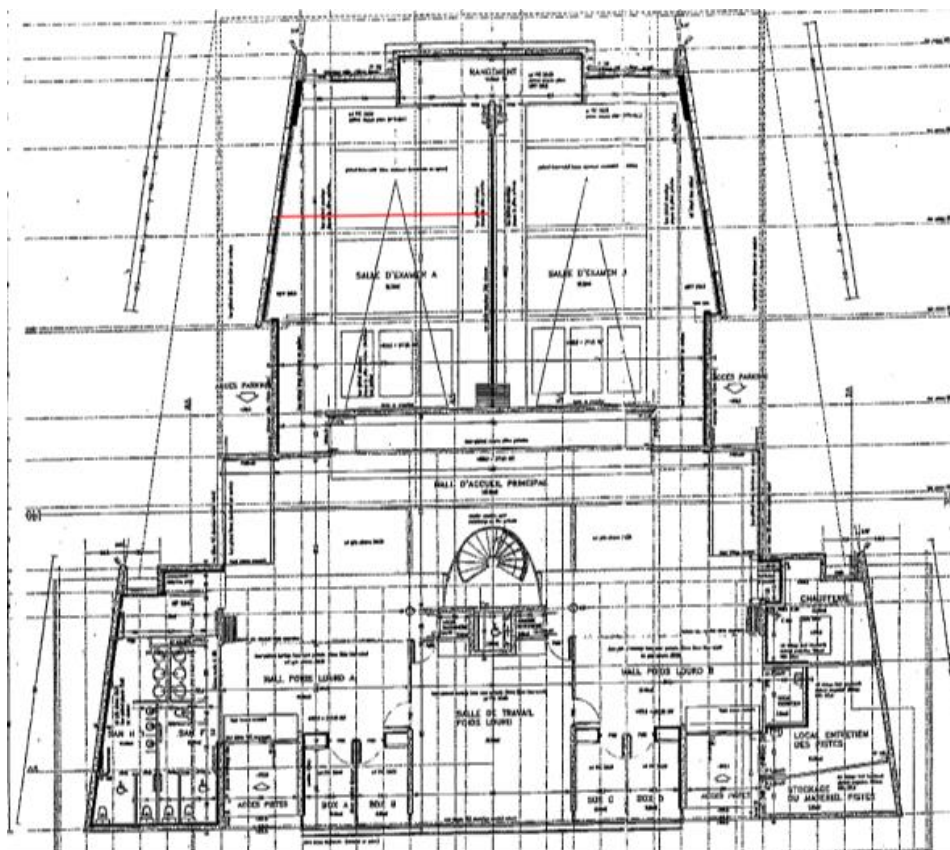


Figure 2 : Plan du RDC

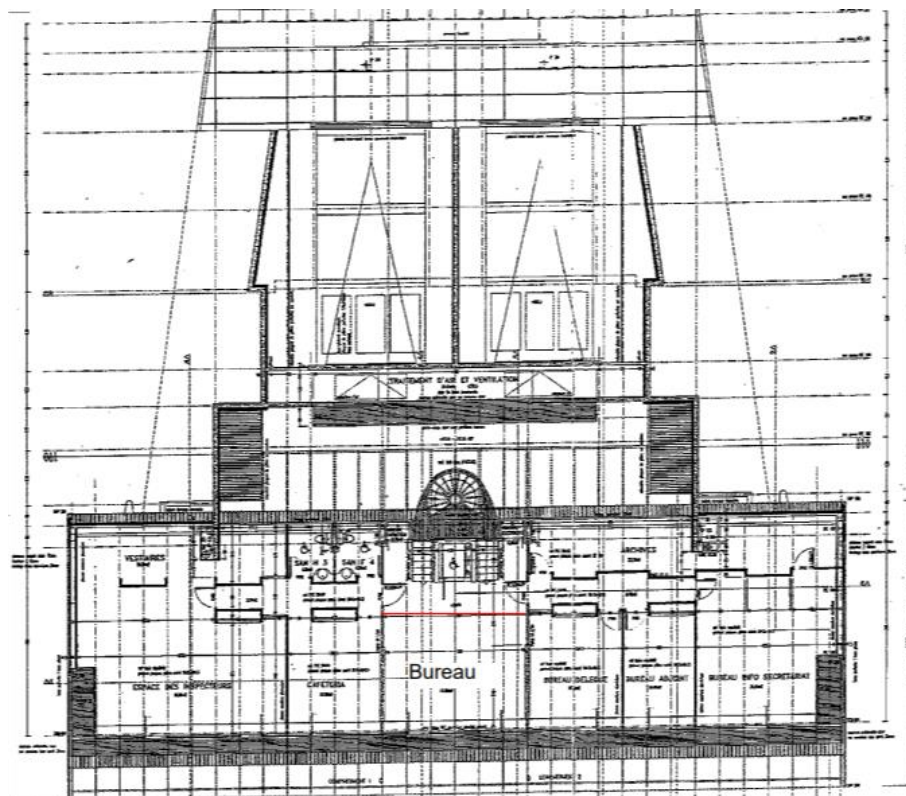


Figure 3 : Plan du R+1

1.4. HISTORIQUE DU BATIMENT

Le Centre d'Examens a été construit en 1996. Les principaux travaux réalisés sur le bâtiment depuis sa construction sont :

- La mise en place d'une pompe à chaleur en 2015
- Le réaménagement des locaux en 2019

1.5. TYPOLOGIE DES LOCAUX

Le bâtiment est un ERP de type W et de 5^e catégorie. Il dispose de bureaux et de salles d'examen.

Ses surfaces sont :

- Au RdC, 580m² environ comprenant :
 - o Un hall d'accueil
 - o Des sanitaires
 - o Des salles d'examen
 - o Des locaux de stockage et locaux techniques
- Au R+1, 220m² environ comprenant :
 - o Des bureaux
 - o Des sanitaires
 - o Des locaux archives
 - o Un coin détente pour le personnel

Sa SHON est de 800m².

Sa surface chauffée est estimée à 767m².

2. SITUATION REGLEMENTAIRE

2.1. DECRET TERTIAIRE

Le décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire, dit Décret Tertiaire, impose une réduction progressive de la consommation énergétique des bâtiments à usage tertiaire de plus de 1000m². **Le Centre d'Examen n'est donc pas concerné par ce décret. Toutefois, la volonté de la DDT est de viser des objectifs de réduction des consommations basés sur celui-ci.**

Trois échéances temporelles sont données par le décret, avec des objectifs de réduction de consommation d'énergie associés.



Ce décret, entré en vigueur le 1^{er} octobre 2019, est précisé par l'arrêté du 10 avril 2020 décrivant le cadre méthodologique.

Les objectifs d'économies d'énergie s'expriment soit en valeur relative par rapport à une année de référence, comme schématisé plus haut, soit en valeur absolue par catégorie d'activité.

Des compléments d'informations, en particulier sur les objectifs de consommation en valeur absolues à atteindre pour certaines catégories de bâtiments (notamment les bâtiments de bureau), sont ajoutés par des arrêtés modificatifs.

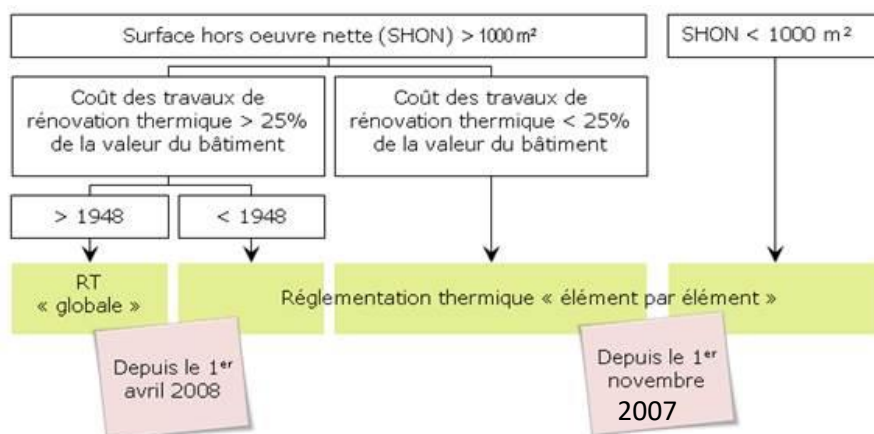
2.2. LA REGLEMENTATION THERMIQUE

La Réglementation Thermique pour l'existant est définie par le décret n°2007-363 du 19 mars 2007. Elle impose une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment lorsqu'il fait l'objet de travaux susceptibles d'apporter de tels changements.

La réglementation thermique des bâtiments existant comprend deux grandes mesures réglementaires, en fonction de l'importance des travaux à entreprendre :

- L'arrêté du 3 mai 2007, modifié par l'arrêté du 22 mars 2017, définit les exigences pour tous les autres bâtiments, résidentiels ou tertiaires. **Il faut alors appliquer la RT élément par élément.** Elle définit une performance minimale à respecter à l'occasion des travaux de rénovation prévus. Par exemple lorsqu'un maître d'ouvrage décide de remplacer des fenêtres, il est tenu d'installer au moins des fenêtres double vitrage à isolation renforcée.
- L'arrêté du 13 juin 2008 définit les exigences pour les bâtiments, résidentiels ou tertiaires, construits après le 1^{er} janvier 1948 et dont la SHON totale dépasse 1000m², qui subissent des travaux de rénovation thermique d'un coût supérieur à 25% de la valeur du bâtiment hors foncier, soit les grosses rénovations. **Il faut alors appliquer la RT globale.** Elle impose un objectif de performance globale après travaux et oblige les maîtres d'ouvrage à effectuer une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie, avant de soumettre une demande de permis de construire.

Le schéma de présentation du dispositif général de la réglementation thermique des bâtiments existants est le suivant :



La date de construction du bâtiment est postérieure à 1948 et sa surface est inférieure à 1 000m².






Les travaux de rénovations qui s’engageront sur le bâtiment devront donc relever de la RT éléments par éléments.

B. AUDIT DES COMPOSANTS DU BATIMENT



Glossaire							
Définition de la notion d'Etat :	B	Bon état / Correct en référence à l'année de construction Fonctions normalement	M	Etat Moyen / Etat d'usage Quelques défauts mais fonctions globalement remplies	I	Insuffisant / Mauvais état Ecart avec la réglementation Fonctions non remplies	NP Non prononcé

Cet audit considère surtout les caractéristiques thermiques et énergétiques du bâtiment et des équipements.

3. ENVELOPPE DU BATIMENT

Composant / Elément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Murs extérieurs	M		Murs extérieurs en béton de 18 cm, isolés par l'intérieur avec 10 cm de laine minérale Performances thermiques moyennes
Plancher bas du RdC	B		Dalle béton de 15 cm avec une isolation périphérique de 3,5 cm
Toiture	B		Couverture bac acier, isolée sur faux plafonds par 20 cm de laine minérale
Menuiseries RDC salles d'examen	M	 	Performances thermiques moyennes Mauvaise étanchéité à l'air (ci-contre jour au niveau d'une porte vitrée au RDC)
Mur rideau façade Sud	M		Performances thermiques moyennes Inconfort ressenti par les occupants en été

Composant / Élément / Équipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Verrière toiture Hall	M		Performances thermiques moyennes
Verrière toiture salles d'examens	M	 	Performances thermiques moyennes Verrière en polycarbonate Jour au niveau de la verrière : mauvaise étanchéité à l'air
Protections solaires – Bureaux RDC	I		Stores toiles gris extérieurs, hors service lors de la visite

Composant / Elément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Protections solaires – Bureaux R+1	B		Stores toiles gris intérieurs
Casquette métallique	B		

4. SYSTEME DE CHAUFFAGE / ECS

La production de chauffage du bâtiment est assurée par une installation au gaz.

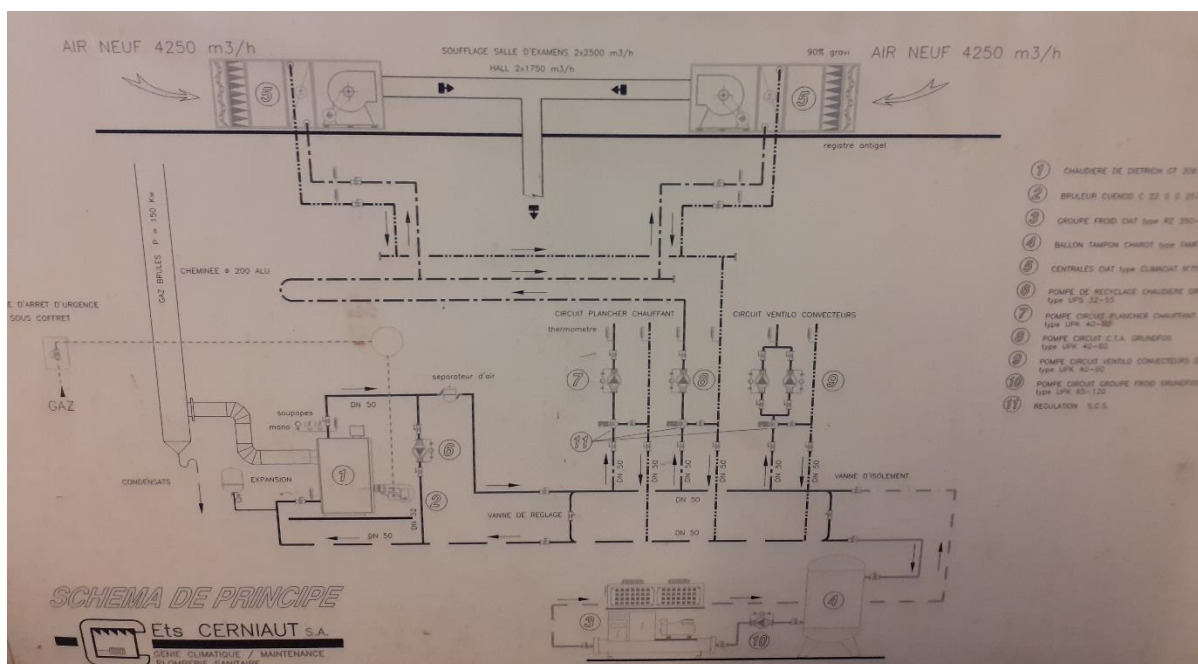




Figure 4 : Schéma de production

Les équipements sont situés dans un local technique (chaufferie) au RDC avec un accès par l'extérieur.


La production de chauffage est assurée par une chaudière à gaz basse température. Cette production alimente trois circuits avec circulateurs et vannes 3 voies.

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Chaudière à gaz basse température DE DIETRICH GT306 150 kW Année : 1996	M		
Ballon électrique	B		Ballon 50 L de 1200 W pour les sanitaires et la cafétéria à l'étage

5. SYSTEME DE CLIMATISATION

La production de froid est assurée par un groupe d'eau glacée installé en 2015.

L'installation alimente les ventilo-convecteurs et les CTA via le même réseau de la production de chaud.

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Groupe froid Année : 2015	B		Groupe froid à condensation Carrier Puissance frigorifique de 94,6 kW COP refroidissement de 2,69




6. EMETTEURS

Les bureaux, la salle de travail et les halls secondaires (« Hall PL ») sont traités par des ventilo-convecteurs.

Le hall principal est équipé d'un plancher chauffant ainsi que d'un soufflage d'air neuf des centrales de traitement d'air.

Les salles d'examen sont uniquement traitées par air neuf.



Les sanitaires sont équipés de radiateurs électriques.

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Vannes 3 voies	B		Vannes 3 voies en chaufferie Départ vers les circuits plancher chauffant, ventilo-convecteurs et CTA
Ventilo-convecteurs	B		Ventilo-convecteurs CIAT Major CV 2 tubes Commande individuelle marche arrêt
Convecteurs électriques	B		Convecteurs électriques dans les sanitaires


7. SYSTEME DE VENTILATION





La ventilation est assurée par deux centrale de traitement d'air (CTA) équipés de batteries.

Il est important de noter que les caissons de soufflage et d'extraction sont séparés. Il n'y a donc aucune récupération de calories entre l'air soufflé et l'air extrait.

Composant / Elément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Diffuseur mural – Hall et salles d'examens	B		
CTA	B		2 CTA CIAT Débit de 4250 m3/h pour chaque CTA

8. ECLAIRAGE

Composant / Elément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Tubes fluorescents	B		Tubes fluorescents dans les salles d'examen 2x54 W

Composant / Elément / Equipement	Etat		Photos		Observations / Constats / Désordres
Applique murale	B				Dans le hall et la salle de travail 32 W
Sanitaires	B				18W
Lampes fluocompactes	B				Dans les bureaux du R+1 2 x 26W
Petits éclairages plafonds	B				Dans le hall, la salle de travail, les salles d'examen et les box au RDC 10 W



C. CONSOMMATION D'ENERGIE DU BATIMENT ET SUGGESTIONS D'ACTIONS D'ECONOMIE

9. ANALYSE DES CONSOMMATIONS EXISTANTES

9.1. DONNEES TRANSMISES

Pour mener à bien l'étude, les données fournies par la DDT sont les suivantes :

POINT SUR LES CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE ET DE GAZ

	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
2022 ELEC	Données sur les consommations électriques fournies, il manque la facture					OK	OK	Il manque la facture	OK	NON	NON	NON
2022 GAZ	Données sur les consommations de gaz fournies, il manque la facture							NON	NON	NON	NON	NON
2021 ELEC	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2021 GAZ	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2020 ELEC	Données sur les consommations électriques fournies, il manque la facture											OK
2020 GAZ	NON	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

9.2. EVOLUTION DES CONSOMMATIONS

9.2.1. Degré-jour-unifiés

Pour cette étude, la station météorologique de référence sera donc la station LYON – BRON : il s'agit de la station météorologique la plus adaptée au site, ainsi que la référence pour les calculs thermiques réglementaires pour les bâtiments neufs construits dans le Rhône. L'étude des DJU sur cette station permet de rendre compte de la rigueur climatique de chaque mois. Elle permettra de vérifier la cohérence entre les consommations de chauffage et de froid du bâtiment et les conditions climatiques extérieures.

Le décret tertiaire utilise comme base de calcul des DJU les valeurs suivantes :

Bureaux – Services publics (toutes sous-catégories confondues)	
Température de référence chauffage	16°C
Température de référence refroidissement	24°C

Il est fait le choix de reprendre ces températures de référence dans le calcul des DJU. Ceux sont obtenus grâce à l'outil de calcul mis à disposition par CEGIBAT (source : <https://cegibat.grdf.fr/simulateur/calcul-dju>). La méthode de calcul est présentée sur leur site et permet d'obtenir les DJU sur une température de base ajustable au besoin, sur une période donnée entre 2012 et 2021.

DJC16													
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2021	382	209	231	166	83	3	4	7	13	110	273	338	1 819
2020	315	211	204	79	44	13	2	3	31	104	198	300	1 503
2019	384	255	183	133	77	14	1	4	21	54	226	267	1 618
2018	240	374	231	77	39	4	0	4	20	93	209	294	1 585
2017	470	216	156	139	61	5	1	4	43	90	271	348	1 804
2016	282	262	260	130	71	8	6	4	15	141	224	404	1 806
2015	358	337	216	116	42	4	2	3	40	138	200	228	1 683
2014	272	234	192	97	66	7	6	10	22	56	168	332	1 461
2013	392	397	266	154	106	24	1	5	22	59	280	351	2 056
2012	347	460	171	142	49	8	8	4	30	97	207	319	1 841
Moyen	344	296	211	123	64	9	3	5	26	94	226	318	1718

DJF24													
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2021	0	0	0	0	1	33	26	25	16	0	0	0	102
2020	0	0	0	1	7	21	71	77	32	0	0	0	210
2019	0	0	0	0	1	53	85	49	16	1	0	0	205
2018	0	0	0	4	7	22	70	73	31	1	0	0	208
2017	0	0	0	0	13	53	58	70	4	1	0	0	200
2016	0	0	0	0	3	16	45	46	25	0	0	0	134
2015	0	0	0	1	4	31	99	60	3	0	0	0	197
2014	0	0	0	0	1	34	26	11	11	1	0	0	85
2013	0	0	0	1	0	16	58	32	10	1	0	0	118
2012	0	0	0	1	7	23	26	53	7	0	0	0	117
Moyen	0	0	0	1	4	30	56	50	16	1	0	0	158

9.2.2. Courbes d'évolution des consommations

La décomposition des consommations du bâtiment sur les dernières années est la suivante :

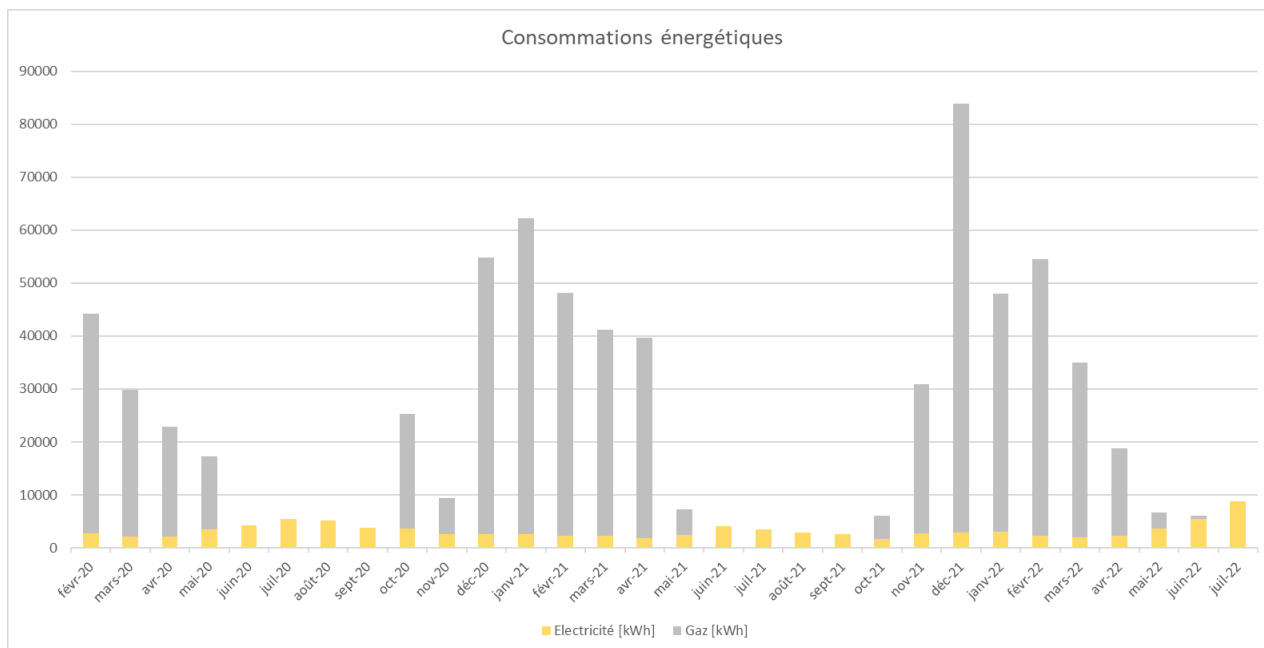


Figure 5 : Consommations énergétiques du bâtiment de février 2020 à juillet 2022

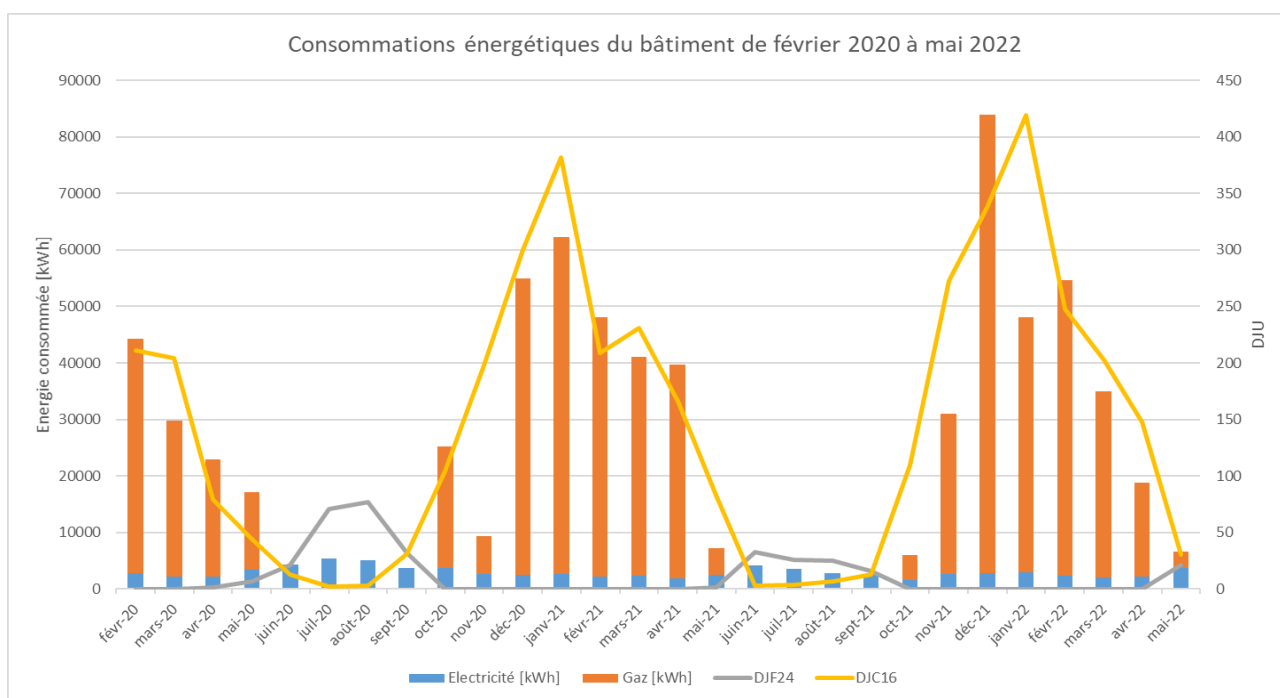


Figure 6 : Comparaison des courbes de consommations et des degrés-jours

Les courbes de consommations sont globalement en corrélation avec les degrés-jours. A noter cependant que les consommations en été 2020 et en novembre 2020 sont bien moins importantes que les degrés-jours. Ces différences peuvent s'expliquer par la situation sanitaire particulière et donc une utilisation modifiée des locaux. Le mois de décembre 2021 montre une consommation importante et supérieure à ce qui était attendu par les degrés-jours. Le plancher chauffant a en effet été mis en route avec un mauvais réglage à cette période ce qui explique la consommation inhabituelle.

Compte tenu des dispositions particulières pendant l'année 2020 (confinement), l'année 2021 est considérée comme la dernière année représentative en termes de consommations du bâtiment.

Les données relevées sur l'année 2021 sont les suivantes :

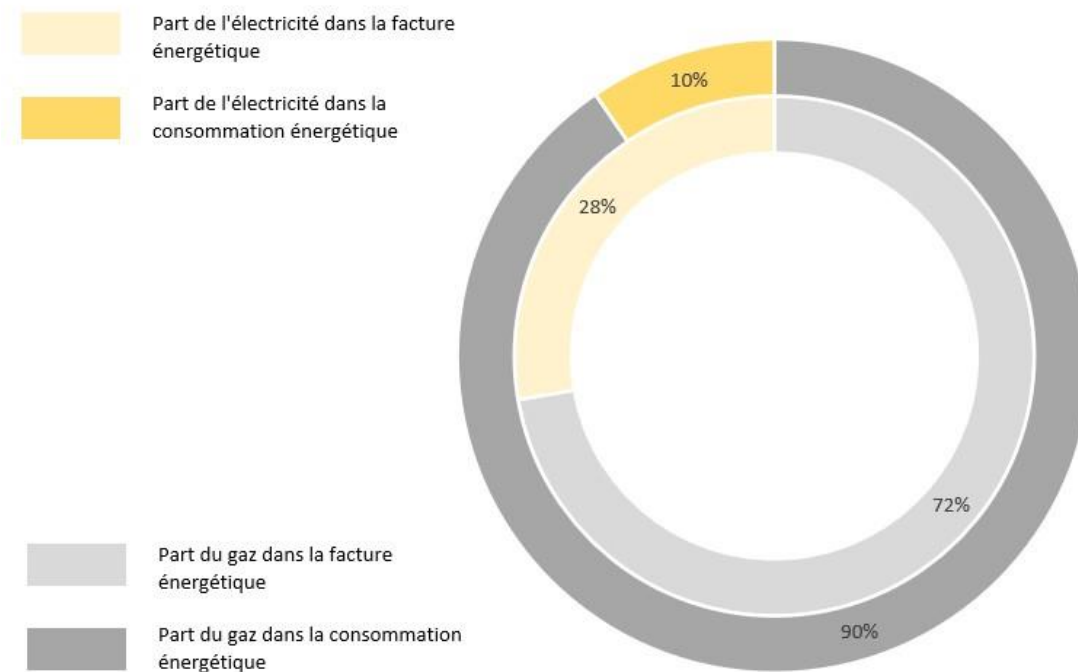


Figure 7 : Consommations et factures énergétiques de l'année 2021

9.3. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

9.3.1. Focus sur le gaz

Les consommations de gaz proviennent intégralement de la chaudière gaz utilisée pour le chauffage.

Le gaz représente, en 2021, près de 90% des consommations d'énergie du bâtiment et 72% de sa facture énergétique. Il s'agit d'un levier important dans la réduction des consommations du bâtiment et de ses émissions de gaz à effet de serre.

9.3.2. Focus sur l'électricité

Les consommations d'électricité sont attribuées à tous les autres postes consommateurs du bâtiment. En particulier l'éclairage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement, les circulateurs (y compris chauffage et ECS), la ventilation, la bureautique et autres usages spécifiques.

L'électricité représente, en 2021, 10% des consommations d'énergie du bâtiment et 28% de sa facture énergétique.

9.3.3. Premières conclusions au regard des factures

Compte tenu de la part du gaz dans la consommation énergétique, il semble intéressant d'étudier, dans un premier temps, l'impact de solutions permettant de réduire la consommation du chauffage, afin d'atteindre le premier palier de réduction des consommations de 40% par rapport à une année de référence.

Les actions permettant de réduire la consommation électrique pourront être mises en place dans un second temps. Compte tenu du coût de l'électricité, plus élevé que celui du gaz, la rentabilité financière de ces opérations pourra être plus facile à obtenir, même sur celles ayant un impact énergétique plus limité.

10. BILAN THERMIQUE DU BATIMENT

Le bilan thermique du bâtiment est réalisé grâce à une simulation thermique dynamique du bâtiment (STD). Ce paragraphe a pour objet de détailler les hypothèses et résultats de la **STD**

L'objectif de cette STD est, d'une part de proposer une décomposition probable des consommations du bâtiment sur la base d'hypothèses de fonctionnement réalistes, et d'évaluer l'efficacité de mesures d'amélioration de la performance énergétique du bâtiment.

Dans un premier temps un modèle thermique du bâtiment existant a été réalisé afin de valider les scénarios de fonctionnement implémentés dans la saisie.

Dans un second temps, les différentes variantes envisagées ont été simulées sur la base de la maquette thermique existante afin de déterminer les économies d'énergies pouvant être attendues par chaque variante.

10.1. HYPOTHESES DE SIMULATION

10.1.1. Logiciel utilisé

Les calculs sont menés sur le logiciel Pléiades, version 5.22.11.2, développé par IZUBA Energies. Ce logiciel dispose de nombreuses applications et permet, grâce à ses divers modules :

- Les calculs de Simulation Thermique Dynamique
- Les calculs réglementaires RT2012 et RTExistant
- Calculs de Facteur de Lumière du Jour et Autonomie Lumineuse
- Analyse en cycle de vie
- Etc...



10.1.2. Fichier météo

10.1.2.1. Météo du scénario BASE

Le fichier météorologique de base utilisé provient de la base de données Météonorm V2, qui met à disposition des scénarios météo à divers emplacements géographiques. Le projet étant situé à Lyon, le scénario météorologique « Lyon – Bron - Moyen » a été utilisé.

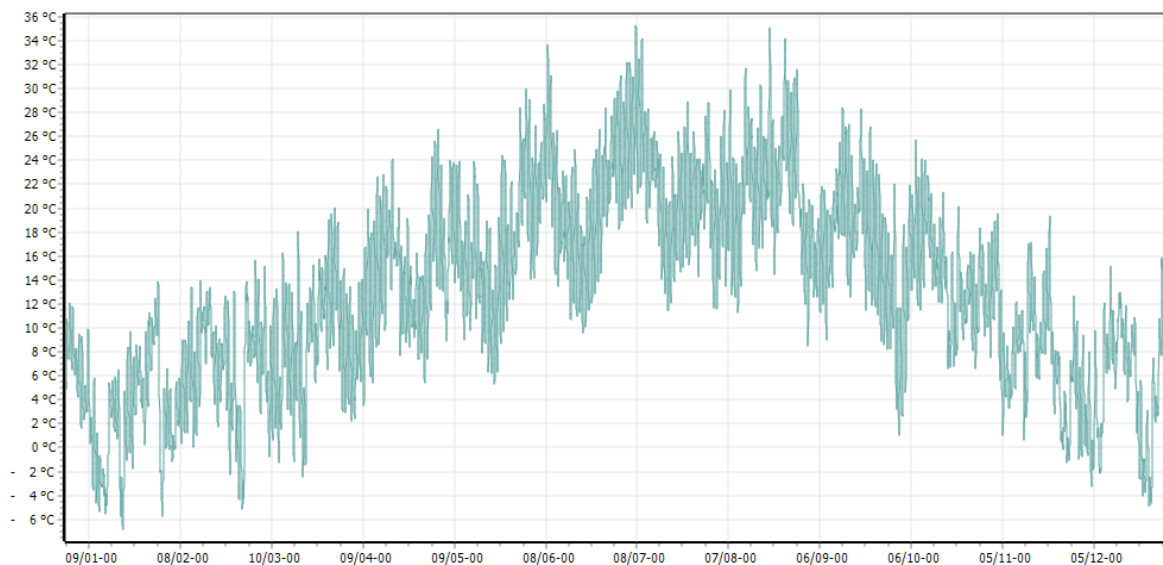


Figure 8 – Evolution annuelle des températures extérieures selon le scénario météorologique utilisé

10.1.2.2. Horizon et masque proches

Les ombres portées des bâtiments sur eux même sont prises en compte.

Les masques dus au relief dus au relief sont également intégrés au modèle.

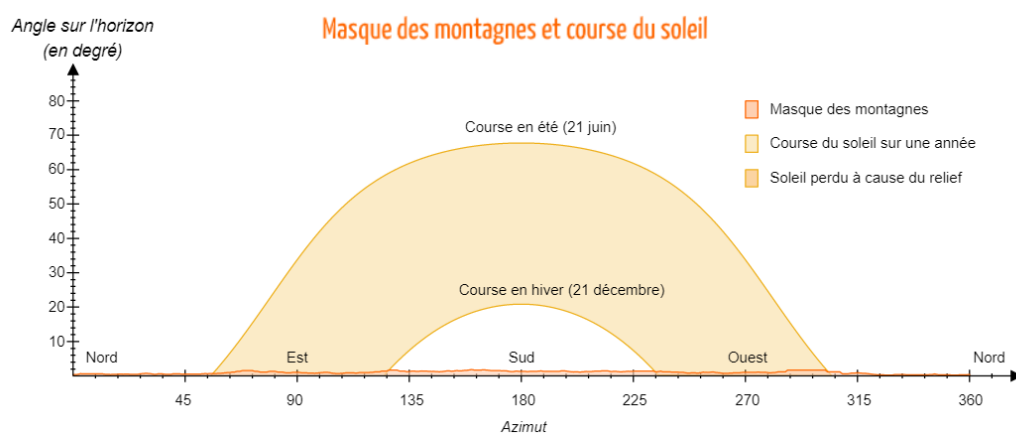


Figure 9 - Masques liés relief (source : Héliorama)

10.1.2.3. Géométrie du modèle

La première étape d'une Simulation Thermique Dynamique est la construction du modèle géométrique 3D du projet. Elle est réalisée sur la base des plans transmis et des observations réalisées lors de la visite sur place. Des zones sont définies en fonction de l'usage de l'espace ainsi que de son traitement.

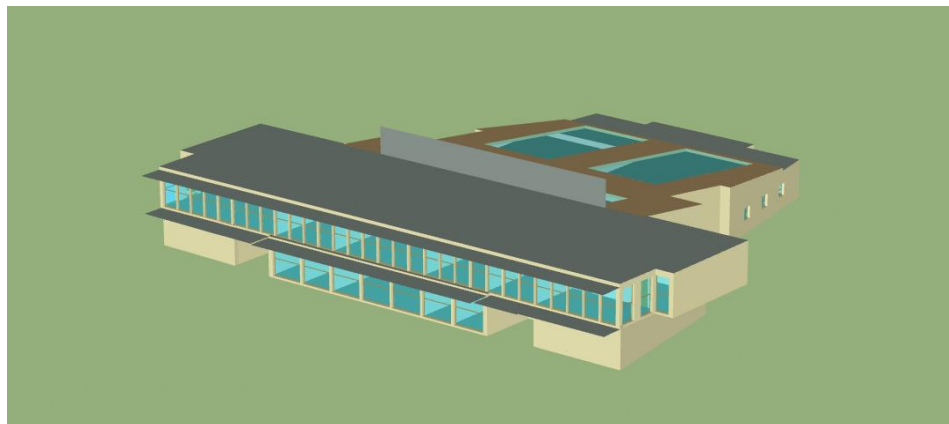


Figure 10 - Vue 3D de la maquette

10.1.3. Zoning de l'étude :

Le zoning de l'étude est présenté ci-dessous

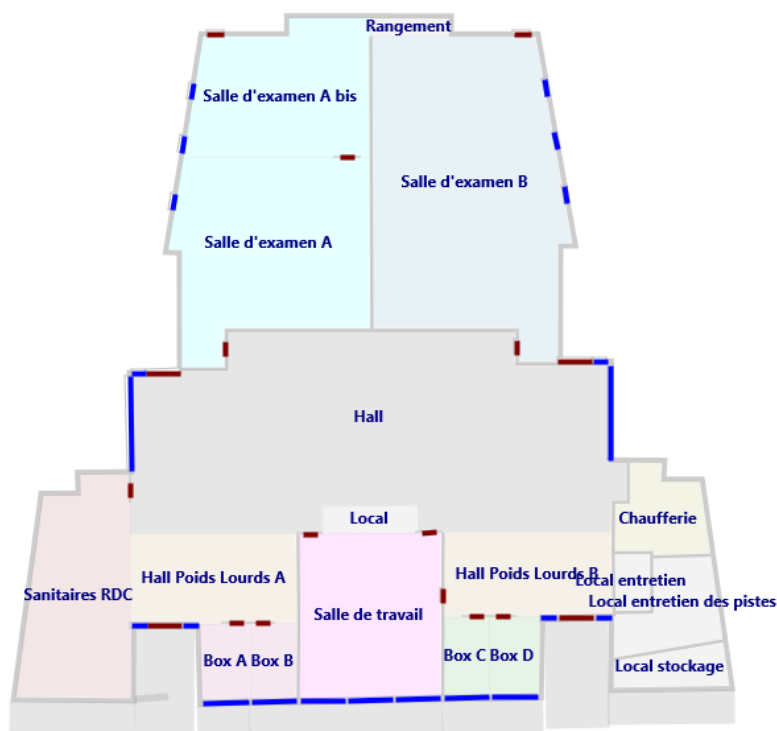


Figure 11 - Zoning du RdC

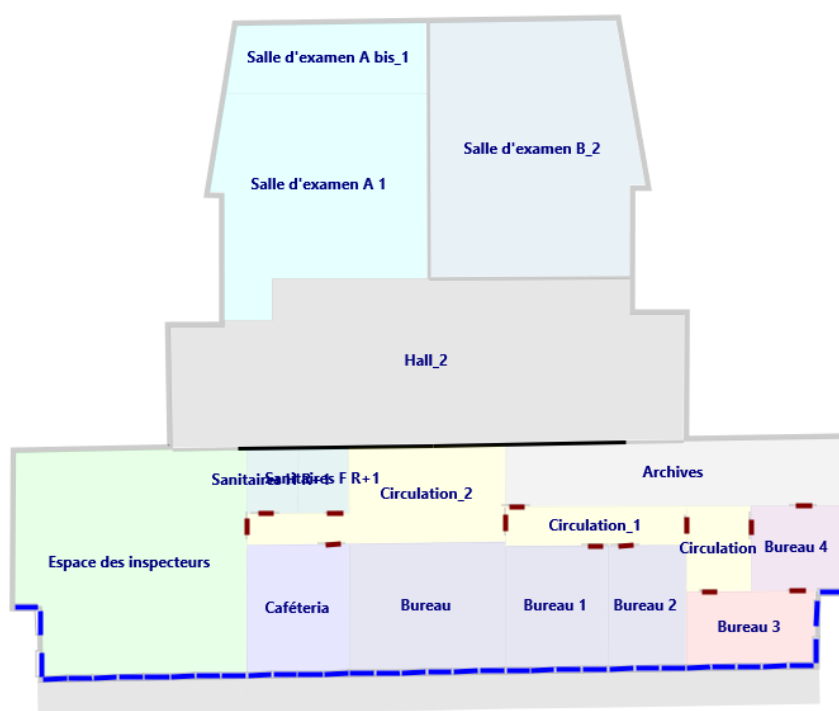


Figure 12 - Zoning du R+1

10.1.4. Hypothèses constructives

10.1.4.1. Définition des parois

Les parois sont définies comme suit :

Dénomination	Composition	Risolant [W/m².K]	Source
Murs extérieurs	Mur béton de 18 cm + isolation laine de roche de 10 cm	2,56	Audit patrimoine immobilier (octobre 2010)
Plancher bas	Dalle béton de 15 cm		Audit patrimoine immobilier (octobre 2010)
Toiture	Couverture bac acier + isolation laine de roche de 20 cm + faux plafond	4,88	Audit patrimoine immobilier (octobre 2010)

Le niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe est pris égale à $Q_{4Pa} = 3,5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$. Cette valeur est largement supérieure à une exigence portant sur un bâtiment tertiaire neuf. En effet lors de la visite, de nombreux défauts ont été remarqué sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe ce qui explique cette hypothèse. Pour valider cette dernière, un test d'étanchéité à l'air pourrait être réalisé.

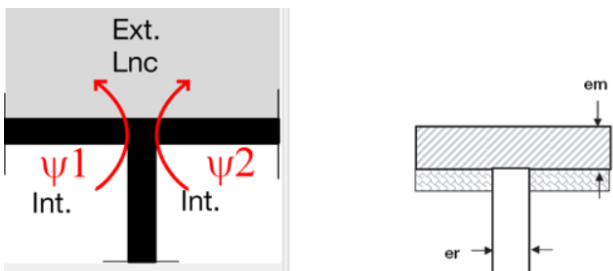


Figure 13 : Jour au niveau de l'enveloppe du bâtiment

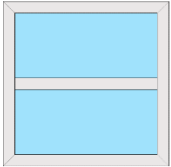
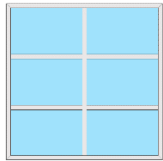

10.1.5. Définition des ponts thermiques

Les ponts thermiques sont sélectionnés selon le catalogue de ponts thermique applicable aux bâtiments existants mis à disposition par le CSTB.

Dénomination	Représentation	Coefficient de transmission [W/ml.K]
ITI 1.1.02-Mur béton ou maç. courante		$\Psi = 0,36$
ITI 2.1.01-Pl. béton ou dalle alvéolaire avec surdallage		$\Psi = 0,83$
OB.7.23. Ti2v1pli3bdpme4-Mur ext. lourd (isolant intérieur)		$\Psi = 1$

ITI 4.3.03-Refend béton		$\Psi = 0.43$
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	---------------

10.1.6. Définition des menuiseries

Dénomination	Performances globales	Représentation graphique	Source
Menuiseries aluminium anciennes	RCL = 68% $U_w = 3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ $S_w = 0,45$ $Tlw = 0,48$		Estimation
Mur rideaux RDC	RCL = 82% $U_w = 2.4 \text{ W/m}^2.\text{K}$ $S_w = 0,51$ $Tlw = 0,57$		Estimation
Mur rideaux R+1	RCL = 85% $U_w = 2.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ $S_w = 0,53$ $Tlw = 0,59$		Estimation

10.1.7. Scenarios d'utilisation

10.1.7.1. Consigne de température

Etant donné le peu de données concernant le fonctionnement des équipements avant septembre 2022, les températures de consignes ont été estimées à partir des observations in situ et d'hypothèses. Les consignes ont ensuite été ajustées pour permettre à la simulation d'approcher les consommations réelles.

Les consignes de températures sont définies comme suit :

- Chauffage : La température de chauffage des ventilo-convecteurs a été estimée à 22°C. Dans la simulation, les ventilo-convecteurs fonctionnent en mode réduit la nuit et le week-end (20°C). Le plancher chauffant est réglé pour une consigne de 20°C. Les radiateurs des sanitaires sont réglés à 19°C.

- Rafraichissement : Les ventilo-convecteurs sont simulés avec une température de consigne à 26°C (et 30°C en mode réduit).

10.1.7.2. Occupation

Conformément aux données transmises le 11 novembre par Madame Fayolle et aux observations in situ, il est considéré que les locaux sont occupés de la manière suivante :

- Bureaux : densité d'occupation maximale de 0.04 occupants/m². Les scénarios ci-dessous présentent le % d'occupation par rapport à ce maximum.

	00:00 -> 07:00	07:00 -> 08:00	08:00 -> 12:00	12:00 -> 14:00	14:00 -> 17:00	17:00->18:00	18:00 -> 00:00
Semaine	0%	75%	100%	0%	100%	75%	0%
Week-end	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

- Box C et D : 1 personne de 14h à 16h

	00:00 -> 14:00	14:00 -> 16:00	16:00 -> 00:00
Semaine	0	1	0
Week-end	0	0	0

- Salle de travail : 1 personne de 14h à 15h

	00:00 -> 14:00	14:00 -> 15:00	15:00 -> 00:00
Semaine	0	1	0
Week-end	0	0	0

- Espace des inspecteurs : 6 personnes de 14h à 16h

	00:00 -> 14:00	14:00 -> 16:00	16:00 -> 00:00
Semaine	0	6	0
Week-end	0	0	0

- Salle d'examen B : 10 personnes de 9h à 12h

	00:00 -> 09:00	09:00 -> 12:00	12:00 -> 00:00
Semaine	0	10	0
Week-end	0	0	0

- Cafétéria : 4 personnes de 12h à 13h

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 00:00
Semaine	0	4	0
Week-end	0	0	0

- Hall RDC : 6 personnes de 12h à 14h

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 14:00	14:00 -> 00:00
Semaine	0	6	0
Week-end	0	0	0

10.1.7.3. Eclairage

Pléiades calcule les consommations d'éclairage sur la base des données sur les équipements d'éclairage et du besoin en éclairage. Lorsque la lumière naturelle permet d'atteindre le besoin d'éclairage dans un local, le logiciel n'utilise pas l'éclairage artificiel. Les équipements d'éclairage artificiel sont utilisés lors que la lumière naturelle seule ne suffit plus.

Les comportements d'usage de l'éclairage sont également ajustés selon la qualité de l'équipement en place (mode de gestion et de gradation).

10.1.7.3.1. Scénarios d'éclairage

Les scénarios de besoin en éclairage sont les suivants :

- Bureaux / Salles de réunion / Box : 300 Lux pendant les horaires d'occupation
- Hall / Circulation : 100 Lux
- Sanitaires : 200 Lux

10.1.7.3.2. Equipements d'éclairage artificiel

Les puissances des éclairages artificiels sont estimées sur la base de photographies permettant d'évaluer les types d'éclairage en place et leurs densités.

Les équipements observés sont les suivants :

Local	Equipement
Hall	Spots plafonds 10 W (26 unités) Applique murale 1x32 W (4 unités)
Box RDC et salle de travail	Spots plafonds 10 W (16 unités) Applique murale 1x32 W (2 unités)
Salles d'examen RDC	Spots plafonds 10 W (7 unités) Tubes fluorescents 2x54 W (14 unités)
Bureaux R+1	Luminaires plafonniers 2x26 W (45 unités)
Sanitaires R+1	Luminaire 18W (2 unités)

Les données entrées dans le logiciel de simulation sont les suivantes :

Locaux	Puissance d'éclairage	Gestion
Hall	1,5 W/m ²	Interrupteur marche / arrêt
Box RDC et salle de travail	4,6 W/m ²	Interrupteur marche / arrêt
Salles d'examen RDC	4,2 W/m ²	Interrupteur marche / arrêt
Bureaux R+1	7 W/m ²	Interrupteur marche / arrêt
Sanitaires	2 W/m ²	Interrupteur marche / arrêt

10.1.7.4. Occultations

Des protections différentes sont utilisées en fonction des menuiseries :

- Les murs rideaux du RDC (Box et salle de travail) sont équipés de stores toiles gris extérieurs. Ces stores sont cassés donc ne peuvent plus être utilisés.
- Les murs rideaux à l'étage et les fenêtres du RDC sont équipés de stores toiles gris intérieurs.
- La verrière du hall est protégée par une protection solaire fixe extérieure.

- Les verrières des salles d'examens sont équipées de stores intérieurs à lames orientables. Ces stores sont toujours fermés car cassés.

10.1.7.4.1. Caractéristiques des stores

Les caractéristiques d'un store toile intérieur moyennement transparent de teinte pastel sont les suivantes :

10.1.7.4.2. Scénarios d'occultation

Le scénario d'occultation implémenté pour les murs rideaux à l'étage est le suivant (100% représente une protection solaire entièrement baissée) :

	00:00 -> 07:00	07:00 -> 12:00	12:00 -> 14:00	14:00 -> 18:00	18:00 -> 00:00
Semaine été	100%	0%	50%	100%	100%
Semaine hiver	100%	0%	0%	0%	100%
Week-end	100%	100%	100%	100%	100%

Les stores intérieurs dans les salles d'examen sont considérés comme toujours fermés car ils sont cassés actuellement.

10.1.7.5. Usages spécifiques

Les consommations spécifiques suivantes sont prises en compte :

- > Ordinateurs : 1 ordinateur par personne
 - > 150 W en fonctionnement, 60 W en mode veille (pendant la pause midi)
- > Cafétéria :
 - > Micro-onde 1000 W en fonctionnement
 - > Lave-vaisselle : 1500 W en fonctionnement
 - > Machine à café : 1000 W en fonctionnement

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 14:00	14:00 -> 00:00
Semaine	0 W	166 W	1125 W	0
Week-end	0	0	0	0

- > Réfrigérateur : 200 W en permanence
- > Imprimante
 - > 800 W en fonctionnement, 10 W en mode veille

	00:00 -> 08:00	08:00 -> 12:00	12:00 -> 14:00	14:00 -> 18:00	18:00 -> 00:00
Semaine	0 W	89 W	10 W	89 W	0 W
Week-end	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W

- > Distributeurs de snack et café : 2 unités dans le hall
 - > 200 W en fonctionnement
- > Serveur informatique
 - > 150 W en permanence

10.1.7.6. Eau chaude sanitaire

Le besoin en eau chaude sanitaire est évalué sur la base de ratios donnés dans la méthode Th-bce 2012. Pour un bâtiment de bureaux, le besoin hebdomadaire d'eau mitigée à 40°C est de 1.25L/m². Sur cette base, des scénarios d'usage de l'eau chaude sanitaire sont déterminés pour les salles détente et les sanitaires (en L d'eau mitigée à 40°C) :

Pour les sanitaires :

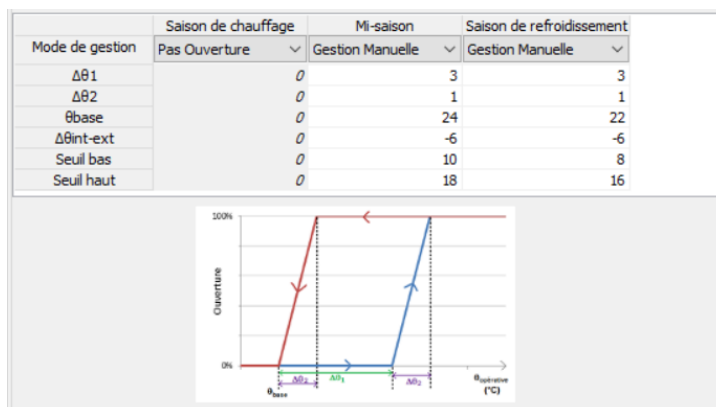
	00:00 -> 07:00	07:00 -> 19:00	19:00 -> 00:00
Semaine	0 L	5 L	0 L
Week-end	0 L	0 L	0 L

Pour la cafétéria :

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 00:00
Semaine	0 L	15	0 L
Week-end	0 L	0 L	0 L

10.1.7.7. Aération naturelle

L'ouverture des fenêtres est simulée de la façon suivante :



10.1.8. Equipements

Ce chapitre détaille les hypothèses réalisées pour la saisie des équipements du bâtiment.

10.1.8.1. Ventilation

10.1.8.1.1. Débits locaux

Débit saisi (m3/h)	
Salle d'examen A	1250 + 1250
Salle d'examen B	1250 + 1250
Hall	1750 + 1750
Sanitaires RDC	230
Sanitaires R+1	2 x 30
Total	2 x 4250 + 290

10.1.8.1.2. Ventilations mécaniques

Les puissances suivantes sont prises en compte :

	Débits [m3/h]	Puissance extraction [Wh/m3]	Puissance soufflage [Wh/m3]
CTA 01 et 02	4250	0,25	0,35
VMC sanitaires	290	0,25	



10.1.8.2. Production



10.1.8.2.1. Chaleur et froid

La production calorifique est assurée par une chaudière gaz basse température.

La production de froid est assurée par un groupe froid.

Les caractéristiques des équipements sont saisies par défaut, estimé par le moteur RT existant à partir de l'âge des équipements.

Nom	Chaudière gaz basse température		
Complément			
Origine			
Générateur	Chaudière gaz basse température		
Mode	<input checked="" type="radio"/> Chauffage <input type="radio"/> ECS <input type="radio"/> Chauffage et ECS		
Puissance nominale	150	kW	<input type="checkbox"/> Cogénération
 <input checked="" type="checkbox"/> Générateur existant	Année	1996	
Combustible gaz	<input checked="" type="radio"/> Gaz naturel <input type="radio"/> GPL (propane ou butane)		
Brûleur	<input checked="" type="radio"/> Atmosphérique <input type="radio"/> Avec ventilateur ou autre dispositif		
<input type="checkbox"/> Clapets sur conduit de fumées			
	<input checked="" type="checkbox"/> Tout par défaut		
Rendement PCI à puissance nominale	90.76	%	Valeur par défaut
Rendement PCI à puissance intermédiaire	90.76	%	Valeur par défaut
Puissance utile intermédiaire du générateur	45	kW	Valeur par défaut
Pertes à l'arrêt mesurées ou par défaut	1500.000	W	Valeur par défaut
Puissance électrique à charge nominale	6	W	Valeur par défaut
Puissance électrique à charge nulle	6	W	
Température max. de fonctionnement	70.00	°C	Valeur par défaut
Température min. de fonctionnement	40.00	°C	Valeur par défaut
 Puissance veilleuse	120	W	

Nom	Groupe froid		
Complément			
Origine			
Alimentation	<input type="radio"/> Gaz <input checked="" type="radio"/> Electrique	Mode	Refroidissement
Générateur	Refroidisseurs air / eau		
 Utilisable en RT ex.	<input type="checkbox"/> Générateur existant		
Refroidissement			
Description fonctionnement à pleine charge			
Valeurs			
<input type="radio"/> Certifiées <input type="radio"/> Justifiées <input checked="" type="radio"/> Déclarées <input type="radio"/> Par défaut			
Conditions de fonctionnement			
Amont 35°C / Aval régime 7-12°C			
Puissance absorbée		35.16	kW
Performance (COP, EER ou GUE)		2.69	
 Description de la charge partielle			
Valeurs			
<input type="radio"/> Déclarées <input checked="" type="radio"/> Par défaut			
Systèmes d'émission			
Ventilo-convecteurs, plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible			
Fonctionnement du compresseur / brûleur			
<input type="radio"/> De façon continue <input checked="" type="radio"/> Cycle marche/arrêt			
Valeur de la part des auxiliaires			
<input type="radio"/> Certifiée <input type="radio"/> Justifiée <input checked="" type="radio"/> Par défaut			
Source amont			
Puissances des ventilateurs		0	W
Limites de fonctionnement			
Pas de limite des températures de sources			

10.1.8.2.2. ECS

L'eau chaude sanitaire est fournie par un ballon de 50 L. La valeur de pertes journalière utilisée est issue de l'audit réalisé en 2010. Les autres caractéristiques sont saisies par défaut.

Nom: Ballon ECS

Complément:

Origine:

Volume (VTot): 50 l Température max (θmax): 65 °C

Hauteur relative: 25 %

Pertes thermiques (UA): Valeur justifiée 0.444 W/K
0.48 kWh/jr

10.1.8.3. Emission

Trois types d'émetteurs sont utilisés dans le centre d'examen :

- > Des radiateurs électriques dans les sanitaires

Nom: Convecteurs électriques

Complément:

Origine:

Emetteur: ☒ Chaud ☐ Froid

Émetteur chaud

Convecteur électriques

Soufflage air chaud (convecteurs, ventilo-convecteur, aérothermes...)

Variation temporelle: Valeur par défaut avec arrêt 1.8 °C

Variation spatiale: Classe B2

Ventilateurs locaux: Pas de ventilateur

- > Des ventilo-convecteurs dans les bureaux, la salle de travail et les halls secondaires (appelés « Hall PL »)

Nom: Ventilo-convecteurs

Complément:

Origine:

Emetteur: ☒ Chaud ☒ Froid

Émetteur chaud Émetteur froid

Convecteur électriques

Soufflage air chaud (convecteurs, ventilo-convecteur, aérothermes...)

Variation temporelle: Valeur par défaut avec arrêt 1.8 °C

Variation spatiale: Classe B2

Ventilateurs locaux: Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte

Type de régulation de la batterie froide: Autre cas (température de batterie constante)

Vitesse des ventilateurs de l'émetteur:

Vitesse	Puissance	Période
Grande vitesse	5 W	Période de relance
Moyenne vitesse	8 W	Période d'occupation après dépassement du seuil
Petite vitesse	11 W	Période d'occupation

Emetteur: ☒ Chaud ☒ Froid

Émetteur chaud Émetteur froid

Soufflage d'air froid (ventilo-convecteurs...)

Soufflage d'air froid (ventilo-convecteurs...)

Variation temporelle: Valeur par défaut avec arrêt -1.8 °C

Variation spatiale: Classe B

Ventilateurs locaux: Régulation automatique permettant un arrêt total des ventilateurs lorsque la température de consigne est atteinte

Type de régulation de la batterie froide: Autre cas (température de batterie constante)

Vitesse des ventilateurs de l'émetteur:

Vitesse	Puissance	Période
Grande vitesse	5 W	Période de relance
Moyenne vitesse	8 W	Période d'occupation après dépassement du seuil
Petite vitesse	11 W	Période d'occupation

- > Un plancher chauffant dans le hall

Nom	Plancher chauffant	
Complément		
Origine		
Emetteur	<input checked="" type="checkbox"/> Chaud <input type="checkbox"/> Froid	
	<input checked="" type="checkbox"/> Émetteur chaud	
Convecteur électriques	<input type="checkbox"/> Convecteur électriques	
Planchers chauffants, tubes rayonnants gaz basse température, panneau radiant lumineux gaz.	<input checked="" type="checkbox"/> Planchers chauffants, tubes rayonnants gaz basse température, panneau radiant lumineux gaz.	
Variation temporelle	Valeur par défaut avec arrêt	1.8 °C
Variation spatiale	Classe A	
Ventilateurs locaux	<input type="checkbox"/> Ventilateurs locaux	
Pas de ventilateur	<input checked="" type="checkbox"/> Pas de ventilateur	

10.2. RESULTATS DES SIMULATIONS

10.2.1. Analyse des relevés et cohérence des hypothèses

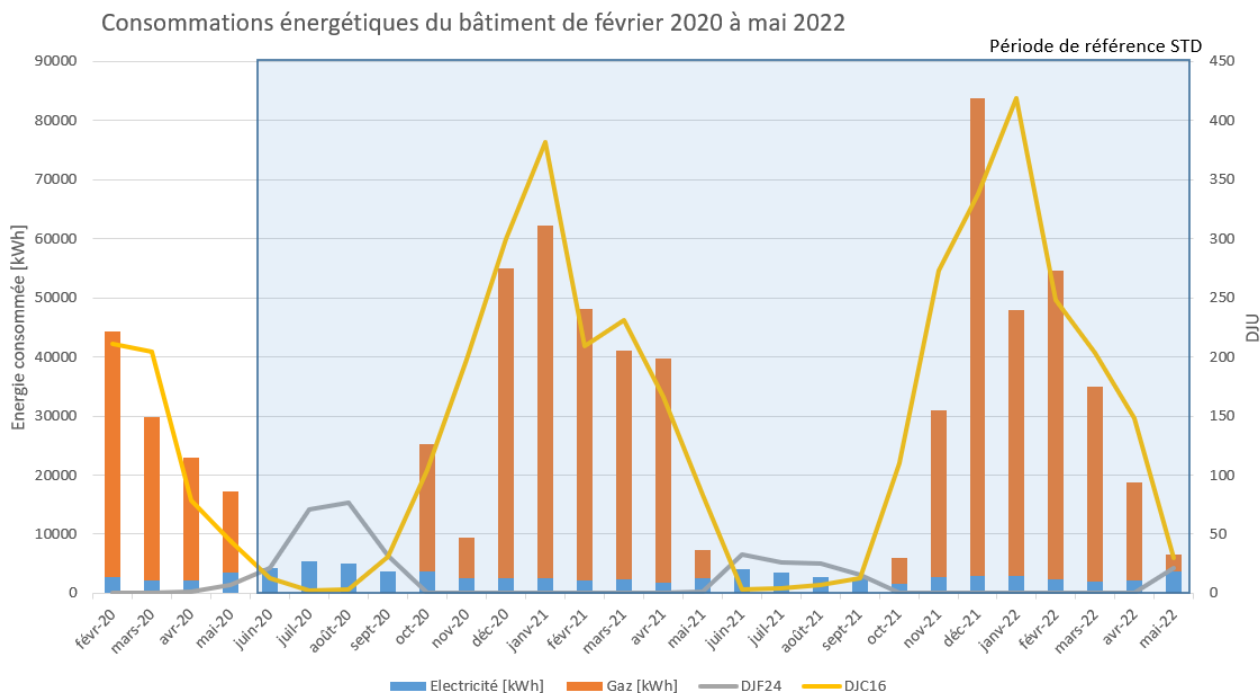
10.2.1.1. Période de référence STD

Afin de vérifier la pertinence des hypothèses retenues, les consommations renvoyées par la STD une fois le calcul terminé sont comparées aux consommations relevées sur le bâtiment. Compte tenu des relevés transmis, la période définie comme référence pour cette approche est celle des 24 mois allant de 06/2020 à 05/2022. Le mois de novembre 2022 a été exclu en raison des valeurs absurdes dues à la période de confinement sur cette période.

Les relevés correspondent donc à une moyenne entre les deux années considérées.

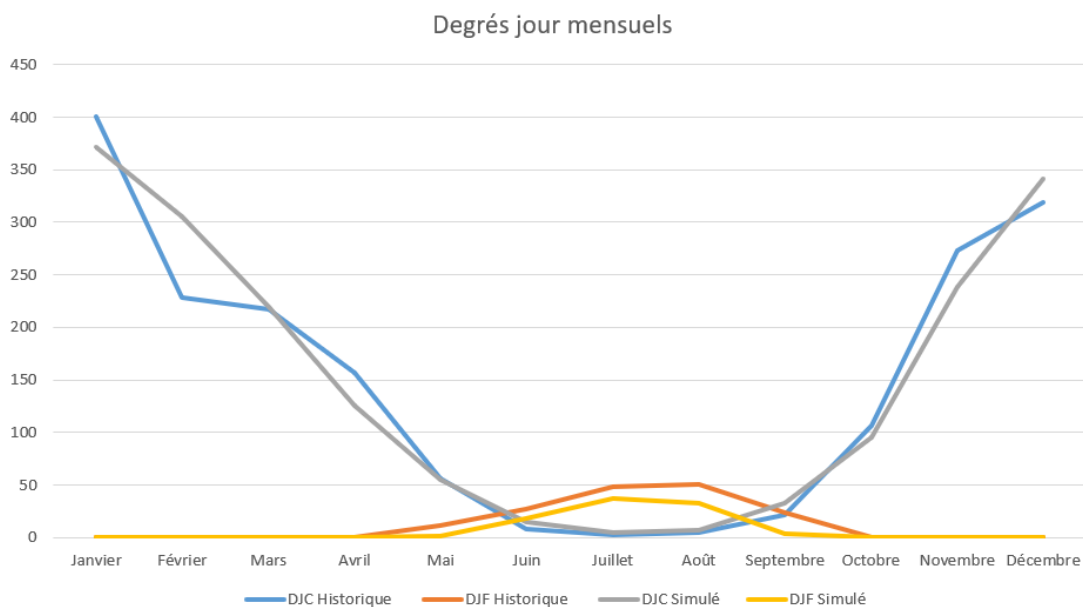
Les relevés sur la période de référence STD sont les suivants :

	Electricité [kWh]	Gaz [kWh]
<i>Janvier</i>	2794,5	52 335
<i>Février</i>	2281	49 079
<i>Mars</i>	2187,5	35 885
<i>Avril</i>	2036,5	27 179
<i>Mai</i>	3065	3 859
<i>Juin</i>	4 212	0
<i>Juillet</i>	4494,5	0
<i>Aout</i>	3966	0
<i>Septembre</i>	3203,5	0
<i>Octobre</i>	2666	12 973
<i>Novembre</i>	2662	28 300
<i>Décembre</i>	2695	66 682
Total	36 264	276 291



10.2.1.2. Ajustement climatique

Les conditions climatiques de l'année de référence STD et du fichier météorologique utilisé ne sont pas exactement les mêmes, bien que proches. On note en particulier un besoin de froid plus important sur la période estivale.



Afin de prendre en compte ces variations climatiques, des facteurs correctifs ont été introduits sur les consommations de chauffage et de refroidissement.

La détermination de ces facteurs correctifs est réalisée selon la méthode suivante :

Le but de ce qui suit est d'obtenir une formule simple d'ajustement des consommations de chauffage et de froid selon les variations météorologiques, du type

$$\text{Consommation}_{\text{ajustée}} = \text{Consommation}_{\text{simulé}} \times \text{Coefficient d'ajustement}$$

La variation de DJU chaud ou froid influe sur le besoin en chauffage ou en climatisation (c'est-à-dire sur la quantité d'énergie thermique nécessaire en sortie d'émetteur dans les locaux tempérés). Le facteur correctif météorologique est donc à prendre en compte sur le besoin

$$\text{Consommation}_{\text{ajustée}} = (B_{\text{simulé}} \times F_{\text{conversion}}) \times \text{DJU}_{\text{réel}} / \text{DJU}_{\text{simulé}}$$

Où B est le besoin en chaleur ou refroidissement, DJU est le degré-jour chaud ou froid approprié et $F_{\text{conversion}}$ un facteur de conversion du besoin en consommation.

En première approche le besoin est relié à la consommation par les rendements de production et les pertes de distribution :

$$C \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{production}} = B$$

Où C est la consommation et η le rendement.

La formule d'ajustement devient donc :

$$\text{Consommation}_{\text{ajustée}} = \text{Consommation}_{\text{simulée}} \times (\text{DJU}_{\text{réel}} / \text{DJU}_{\text{simulé}}) / (\eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{production}})$$

Sur la base des données ci-dessous il devient possible d'évaluer ce coefficient d'ajustement :

Poste énergétique	Chauffage	Refroidissement
DJU réel	1661	161,5
DJU simulé	1811	93,9
Rendement de distribution	Il est considéré que les pertes thermiques de distribution se font principalement dans l'ambiance thermique des locaux et participent donc indirectement à l'atteinte de la consigne. On a donc $\eta = 1$.	
Rendement de production	0,9	2,69
Coefficient d'ajustement	121,15%	21,61%

10.2.1.2.1. Consommations évaluées par la STD

Les consommations (non ajustées) évaluées par la STD sont les suivantes :

Consommations [kWh]								
	Chauffage	Chauffage	Refroidissement	ECS	Auxiliaires de distribution	Eclairage	Equipements	Ventilation
Vecteur	Gaz	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité
Janvier	47 775	254	-	81	619	665	513	1 548
Février	39 439	221	-	71	530	578	454	1 350
Mars	29 593	168	-	76	472	636	500	1 479
Avril	17 181	68	-	67	320	607	481	1 399
Mai	7 172	16	-	65	148	665	513	1 486
Juin	25	1	311	51	54	607	481	1 325
Juillet	-	-	2 125	46	251	636	500	1 408
Août	-	-	1 736	46	217	665	513	1 467
Septembre	-	-	221	47	21	579	468	1 262
Octobre	12 097	51	-	61	200	665	513	1 492
Novembre	33 122	181	-	69	468	636	493	1 472
Décembre	41 829	219	-	70	566	579	468	1 359
Total	228 234	1 180	4 393	749	3 866	7 518	5 889	17 048

10.2.1.3. Consommations totales

Le total des consommations s'élève donc à :

	Gaz	Electricité	Total
Consommations calculées brutes [kWh]	228 234	40 651	268 885
Consommations ajustées [kWh]	276 495	37 457	313 952
Consommations relevées [kWh]	276 291	36 264	312 555
Ecart relatif à la consommation relevée	+ 0,1 %	+ 3,3 %	-0,45%

L'évolution annuelle des consommations simulées est la suivante :

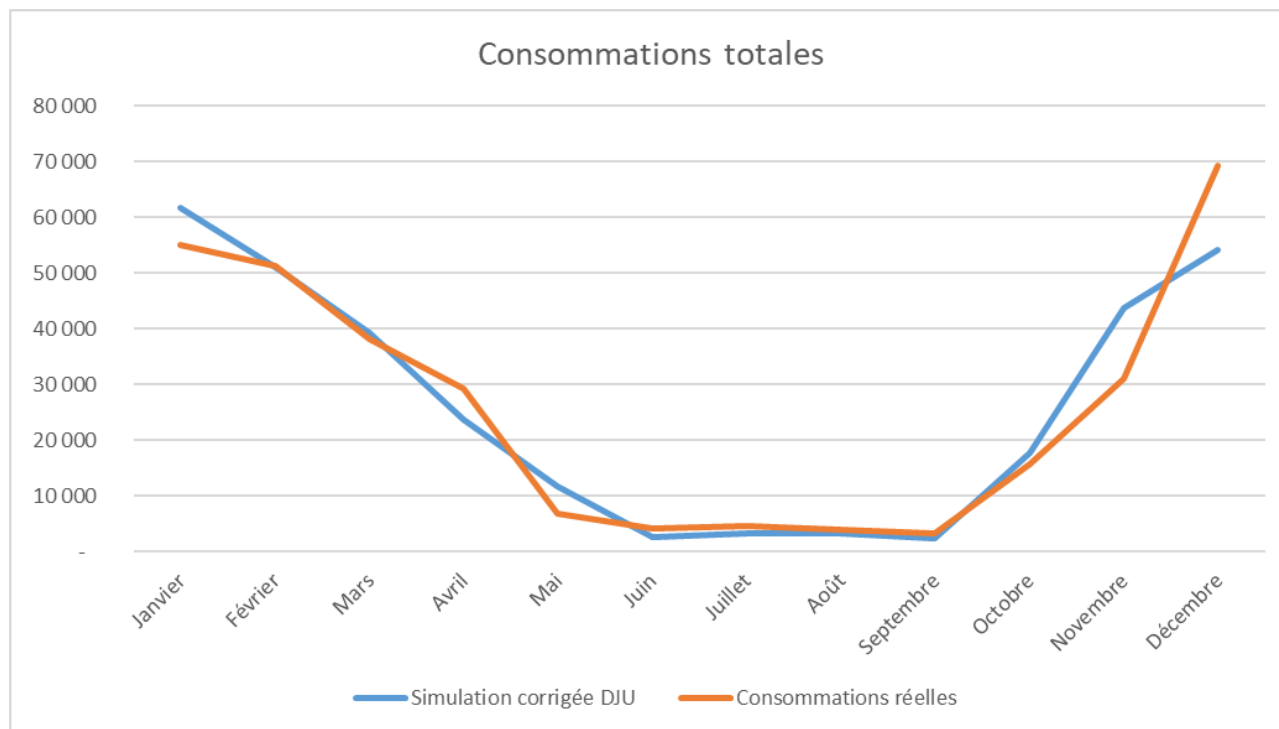


Figure 16 - Comparaison des consommations réelles et celles simulées sur une année

D'après les résultats obtenus en global et l'évolution annuelle des consommations d'énergie, il est considéré que le modèle présenté est valide (écart inférieur à 5%). Celui-ci sera utilisé pour évaluer l'impact des actions à réaliser en faveur de la performance énergétique.

10.2.2. Décomposition des consommations énergétiques

Sur la base des simulations réalisées, il est possible d'obtenir la décomposition suivante des postes de consommation énergétique du bâtiment.

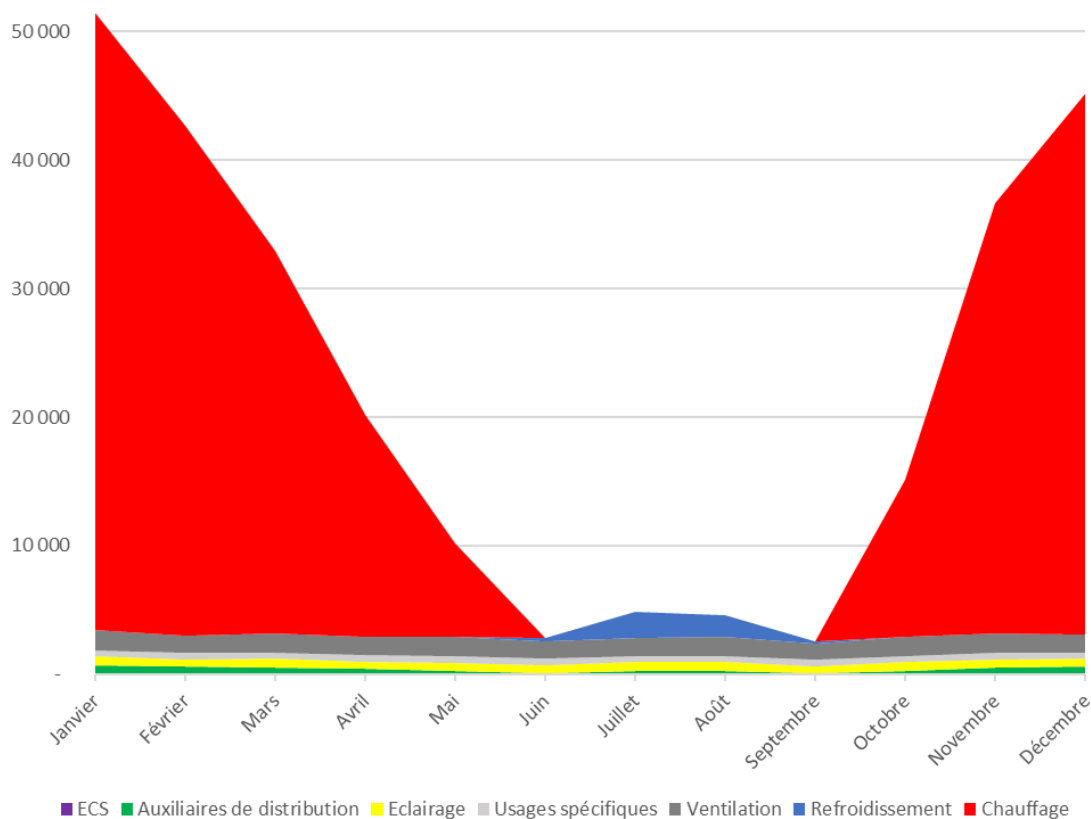


Figure 17 - Décomposition des consommations énergétiques mois par mois établies à partir du modèle numérique construit

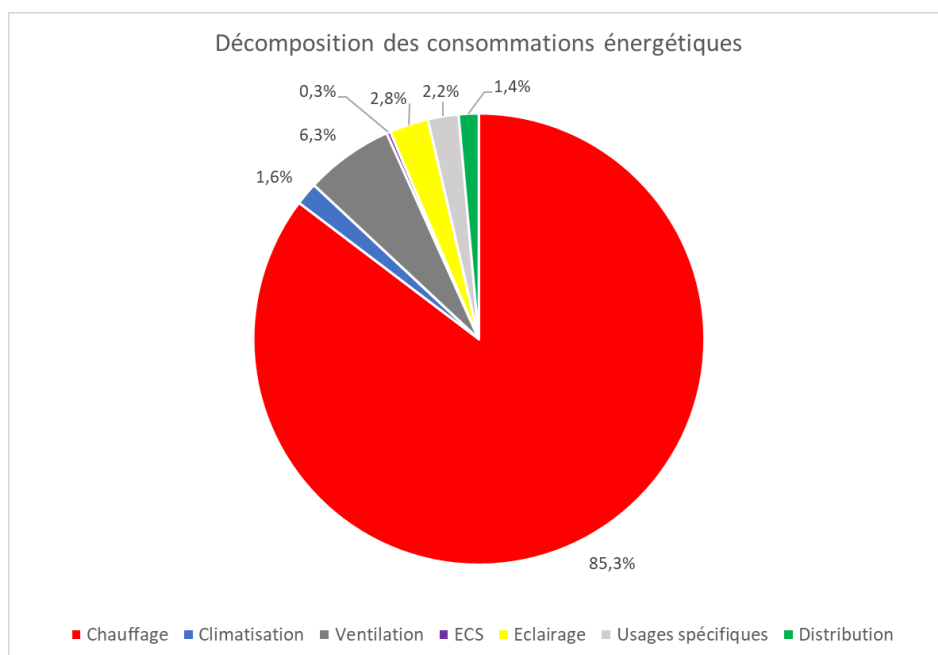


Figure 18 - Décomposition des consommations énergétiques établies à partir du modèle numérique construit

Cette décomposition confirme l'importance du chauffage dans les consommations énergétiques du bâtiment.

Les autres postes les plus consommateurs d'énergie semblent être :

- > La ventilation : Une partie du chauffage et du refroidissement est assurée par la ventilation à l'aide des CTA, en particulier dans le hall et les salles d'examen.
- > La climatisation : compte tenu du dérèglement climatique et des scénarios prédictifs d'évolution du climat diffusés par le GIEC, il est probable que les consommations de climatisation augmentent avec les années.



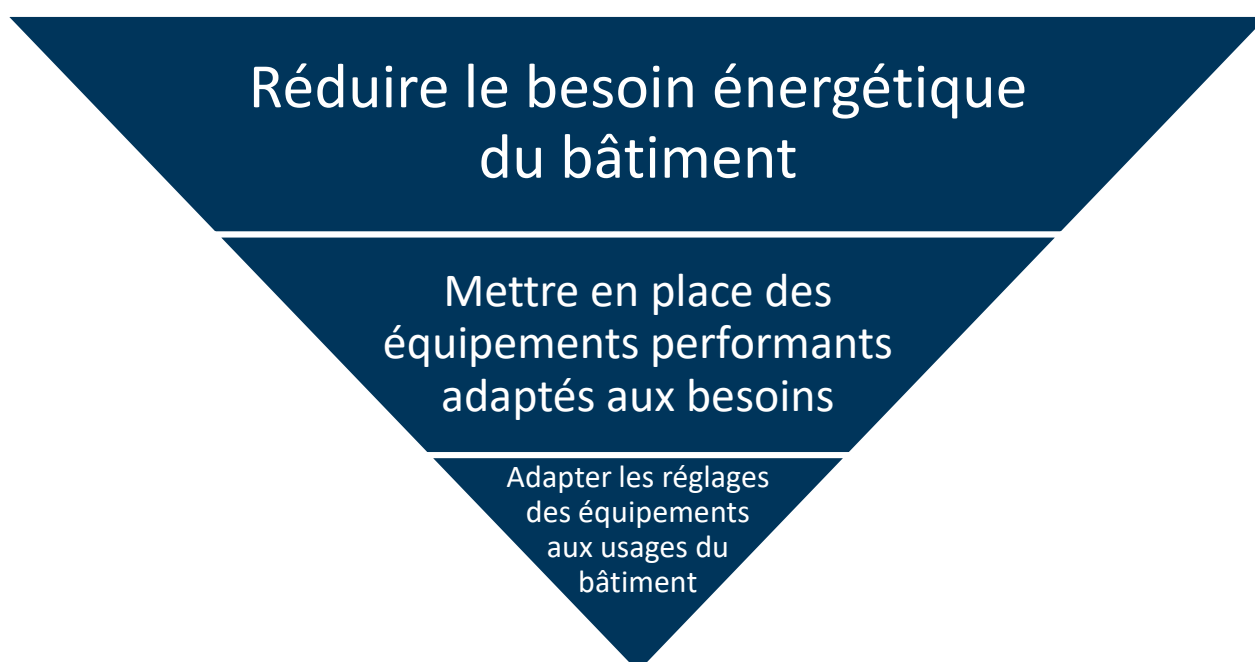
D. PROGRAMME D'AMELIORATION

11. DEMARCHE ET ACTIONS PRECONISEES

11.1. DEMARCHE GENERALE

Compte tenu de la décomposition par postes des consommations énergétiques sur le bâtiment et de l'étude des factures transmises, la principale piste d'économies d'énergie semble être la consommation de chauffage du bâtiment qui représente à elle seule près de 90% de sa consommation totale.

La démarche proposée dans le cadre de notre étude consiste donc, dans un premier temps à rénover le système de ventilation afin de permettre la desserte d'une quantité d'air neuf suffisante vis-à-vis de la réglementation. Dans un deuxième temps nous nous sommes attachés à réduire le besoin énergétique. Cette étape constitue la première étape de la mise en place d'un processus de rénovation performante.



11.2. ACTIONS DE RENOVATION ENVISAGEES

Le présent chapitre décrit les différentes actions de rénovation énergétique envisagées dans les propositions de bouquets travaux qui suivront.

Remarque : la simulation décrite précédemment permet de se rapprocher de la situation énergétique du bâtiment pendant les années de référence de juin 2020 à mai 2022. Depuis, des modifications ont été apportées aux bâtiments : réparation des stores des bureaux du RDC et mise en place d'une régulation sur les ventilo-convecteurs (éteints de 19h à 7h). En prenant en compte ces éléments, le bilan énergétique est le suivant :

	Gaz	Electricité	Total
Consommations simulées avec modifications [kWh]	203 154	38 752	241 906
Ecart relatif à la consommation de référence	- 11 %	- 4,67 %	- 10 %

Ces consommations seront considérées comme les consommations de base pour évaluer le potentiel énergétique des variantes suivantes.

Dans un premier temps, les résultats pour chaque variante seront calculés à partir de la situation de base.

Dans un deuxième temps, des bouquets travaux seront proposés avec plusieurs variantes. Les résultats concernant le gain énergétique ainsi que le coût seront alors cumulés.

L'incertitude de l'ensemble des estimations budgétaires pour cette phase diagnostic est évaluée à 20%.

11.2.1. Mise en place d'une ventilation mécanique dans les bureaux

Actuellement, les bureaux au RDC et à l'étage ne sont pas ventilés par les CTA.

Dans les bâtiments tertiaires, il est aujourd'hui réglementaire d'installer une ventilation afin de garantir des exigences en matière de confort, de qualité de l'air intérieur et d'hygiène.

Pour cela, il est conseillé de mettre en place une ventilation mécanique afin de garantir un débit d'air neuf de 25 m³/h par personne. Les centrales de traitement d'air actuelles ne sont pas dimensionnées pour supporter la ventilation des bureaux. De plus, ces CTA sont équipés de batteries afin de traiter les locaux desservis en air neuf ce qui n'est pas nécessaire dans les bureaux (déjà équipés de ventilo-convecteurs pour le chauffage et la climatisation).

Evidemment, la mise en place d'une ventilation induit une consommation supplémentaire.

11.2.1.1. Mise en place d'une VMC simple flux

11.2.1.1.1. Descriptif

La ventilation simple flux est la méthode la plus simple à installer et à réguler pour ajouter un débit d'air dans les bureaux. Un extracteur, installé en toiture, est relié à des bouches d'extraction dans les bureaux et la cafétéria).

Cet équipement permet uniquement de ventiler les bureaux et peut donc être régulé en fonction de l'occupation (à l'aide d'une sonde CO₂ ou d'un détecteur de présence).

La consommation d'un ventilateur simple flux est environ 0,3 W/(m³/h).

La mise en place des réseaux de ventilation nécessite le démontage ainsi que le remontage et l'adaptation du faux-plafond.

11.2.1.1.2. Intérêt

- > Permet de respecter les débits réglementaires de ventilation à moindre coût ;
- > Une VMC simple flux est plus légère qu'une CTA double flux et consomme moins d'énergie ;
- > L'encombrement en terme de réseau est moins important en simple flux qu'en double flux ;
- > Les coûts de maintenance sont moindres pour une ventilation simple flux qu'en double flux ;

11.2.1.1.3. Inconvénients

- > Ne permet pas de récupération d'énergie sur l'air extrait et donc une réduction des consommations énergétiques du bâtiment ;
- > Ne permet pas de filtrer l'air entrant ;
- > Ne permet pas de tempérer l'air entrant ;

- > Nécessite la mise en œuvre d'entrées d'air en façade

11.2.1.1.4. Consommation énergétique

- > Consommation par rapport à la situation de base : +0,4 %

11.2.1.1.5. Cout de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 13 500 € HT.

11.2.1.2. Installation d'une CTA double flux

11.2.1.2.1. Descriptif

Cette solution consiste à installer une ventilation double flux.

Une ventilation double flux est composée de :

- Ventilateur à basse consommation,
- Échangeur rotatif haute efficacité (jusqu'à 85 %) permettant de récupérer l'énergie de l'air extrait pour préchauffer ou pré-rafraîchir l'air neuf,
- Filtration de l'air neuf pour une qualité d'air intérieur améliorée.

Depuis chaque centrale, un réseau de soufflage et un réseau de reprise seront mis en œuvre pour traiter les locaux. La mise en place des réseaux de ventilation nécessite le démontage ainsi que le remontage et l'adaptation du faux-plafond.

Des diffuseurs de soufflage seront installés dans les bureaux et la cafétéria. Les diffuseurs de reprise seront installés dans les circulations et la cafétéria.

Le débit dans l'espace des inspecteurs sera modulé par détecteur de présence afin de limiter les consommations. La ventilation sera à l'arrêt si la salle est inoccupée.

11.2.1.2.2. Intérêts

- Diminution conséquente des déperditions en hiver et des apports de chaleur en été grâce à la récupération d'énergie sur air extrait.
- La fonction thermodynamique de la CTA permet :
 - De préchauffer l'air en consommant moins d'énergie qu'avec une batterie électrique ;
 - De préchauffer ou de pré refroidir l'air sans avoir recours à un raccordement sur les chaudières et les groupes froids existants.
- Garantit une meilleure qualité de l'air grâce à une filtration de l'air entrant et sortant dans les locaux ;
- Permet d'éviter la mise en œuvre d'entrées d'air en façade.

11.2.1.2.3. Inconvénients

- > Les consommations électriques d'une CTA double flux sont plus importantes que celles d'un extracteur simple flux (malgré un bilan énergétique global positif lié à la récupération d'énergie sur l'air extrait) ;
- > L'équipement est plus lourd et demandera la validation par une étude structure de la bonne tenue en toiture ;

- > L'encombrement au niveau de la distribution aéraulique sera plus important qu'en simple flux ;
- > Les opérations de maintenance sur un tel équipement sont plus importantes et plus régulières qu'en simple flux (le nettoyage des préfiltres en est un exemple).

11.2.1.2.4. Gain énergétique

- > Consommation par rapport à la situation de base : + 0,8 %

11.2.1.2.5. Cout de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 30 000 € HT.

11.2.2. Amélioration des performances de l'enveloppe

11.2.2.1. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique par l'intérieur

11.2.2.1.1. Descriptif

Cette solution consiste à ajouter un complexe d'isolation intérieure, constitué de panneaux d'isolants intérieurs (en laine minérale), de plaques de finitions intérieures en plaques de plâtre, sur ossature, avec remise en peinture de ces parements. Il n'est pas prévu de requalifier les façades du bâtiment dans le cadre d'une mise en place d'isolation thermique par l'intérieur.

11.2.2.1.2. Intérêt

- > L'isolation des façades permet une forte diminution du besoin de chauffage du bâtiment.
- > L'isolation par l'intérieur peut être facilement remplacé ou repris lors du changement d'aménagement d'une pièce par exemple.

11.2.2.1.3. Inconvénients

- > Réduction la surface de plancher du bâtiment
- > Ne permet pas une requalification des façades du bâtiment.
- > Nécessite la dépose et repose des ventilo-convecteurs des faux-plafonds au droit des façades, ensemble des équipements présents sur la façade.
- > Apporte une amélioration du niveau d'isolation thermique du bâtiment, mais ne résout pas la problématique des ponts thermiques, en particulier au niveau des planchers intermédiaires et des jonctions façades / cloisons.
- > Suppose des travaux qui peuvent s'avérer difficiles à organiser en site occupé.

11.2.2.1.4. Gain énergétique

- > Pour une isolation intérieure de 10 cm, le gain énergétique correspondant est de – 1,42 %.

11.2.2.1.5. Cout de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 22 600 € HT.

11.2.2.2. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique par l'extérieur

11.2.2.2.1. Descriptif

Cette solution prévoit une isolation thermique par l'extérieure et prévoit des travaux plus conséquents :

- > Dépose de l'ensemble des éléments présents en façades
- > Mise en place de panneaux d'isolation en laine de roche
- > Mise en place d'une vêtue

11.2.2.2.2. Intérêt

- > L'isolation des façades permet une forte diminution du besoin de chauffage du bâtiment (notamment une suppression des ponts thermiques des planchers intermédiaires) ;
- > L'isolation par l'extérieur permettra de rénover les façades du bâtiment.

11.2.2.2.3. Inconvénients

- > Les travaux sont plus conséquents que pour une isolation par l'intérieur.

11.2.2.2.4. Gain énergétique

- > Pour une isolation extérieure de 12 cm, le gain énergétique correspondant est de – 2,4 %.

11.2.2.2.5. Cout de l'installation

Le cout de l'installation est estimé à 70 00 € HT.

11.2.2.3. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique des locaux non chauffés

11.2.2.3.1. Descriptif

Cette solution consiste à ajouter un complexe d'isolation, constitué de panneaux d'isolants intérieurs (en laine minérale), de plaques de finitions intérieures en plaques de plâtre, sur ossature, avec remise en peinture de ces parements sur les cloisons des locaux techniques (locaux entretien et chaufferie). Ces locaux sont non chauffés et donc source de déperditions.

11.2.2.3.2. Intérêt

- > L'isolation des cloisons permet une diminution du besoin de chauffage du bâtiment.

11.2.2.3.3. Inconvénients

- > Réduction la surface de plancher du bâtiment
- > Suppose des travaux qui peuvent s'avérer difficiles à organiser en site occupé.

11.2.2.3.4. Gain énergétique

- > Pour une isolation des locaux non chauffés de 8 cm, le gain énergétique est de – 0,21%.

11.2.2.3.5. Cout de l'installation

Le cout de l'installation est estimé à 2 000 €.

11.2.2.4. Changement des menuiseries

11.2.2.4.1. Descriptif

Les menuiseries actuelles sont remplacées par des ensembles vitrés filants avec doubles vitrages plus performants thermiquement.

Deux variantes sont proposées :

- > Le changement de toutes les menuiseries
- > Le changement des murs rideaux RDC et R+1
- > Le changement des verrières dans les salles d'examen

11.2.2.4.2. Intérêt

- > La mise en œuvre de menuiseries avec un U_w inférieur à $1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ permettra de réduire considérablement les déperditions en hiver.
- > Le changement des menuiseries permettra de traiter l'étanchéité à l'air du bâtiment au niveau des jonctions Murs/Menuiseries et ainsi d'améliorer le confort d'hiver des occupants.

11.2.2.4.3. Inconvénients

- > En cas de changement d'une partie des murs rideaux, le bâtiment comportera plusieurs types de fenêtres ce qui complexifie les données.

11.2.2.4.4. Gain énergétique

- > Changement des verrières dans les salles d'examen : - 3,6 %
- > Changement des murs rideaux RDC et R+1 : - 3 %
- > Changement des autres menuiseries (fenêtres et entrée) : - 2 %

11.2.2.4.5. Cout de l'installation

Les coûts d'installation correspondants sont estimés à :

- > 75 000 € HT pour le changement des verrières (dépose de l'existant, fourniture et pose)
- > 130 000 € HT pour le changement des murs rideaux (dépose de l'existant, fourniture et pose)
- > 35 000 € HT pour le changement des autres menuiseries (fenêtres et entrée)

11.2.2.5. Traitement d'urgence d'étanchéité à l'air

11.2.2.5.1. Descriptif

Lors de la visite, des jours au niveau de l'enveloppe ont été détectés. Ces jours se situent principalement au niveau de la verrière en polycarbonate et au niveau des portes vitrées. La solution la plus simple et la plus efficace pour traiter ces jours correspond au remplacement des menuiseries correspondantes. Cela permettra de garantir une étanchéité à l'air bien meilleur en reprenant les jonctions Verrière/Toiture ou Portes/Murs. Cependant, si cette variante n'est pas souhaitée, il est conseillé de traiter « en urgence » ces défauts sources de nombreuses déperditions principalement au niveau de la verrière. Pour cela, la solution serait de remplir la partie manquante avec du polycarbonate en fonction des possibilités de pose et dépose.

11.2.2.5.2. Intérêt

- Réduction des déperditions dans les salles concernées
- Amélioration considérable du confort des occupants

11.2.2.5.3. Inconvénients

- Travail de réparation compliqué à mettre en œuvre

11.2.2.5.4. Gain énergétique

- Pour la solution qui consiste à « combler les jours », le gain énergétique est estimé à – 1,6 % par rapport à la situation de base.

11.2.2.5.5. Cout de l'installation

Le coût du traitement « d'urgence » sans changement complet des menuiseries et verrière concernés est estimé à 700 € HT.

11.2.3. Amélioration de la performance énergétique des équipements

11.2.3.1. Récupération d'énergie sur les CTA actuelles

11.2.3.1.1. Descriptif

Actuellement, chaque CTA est constitué de deux parties distinctes permettant d'une part le soufflage et d'autre part la reprise. Aucune énergie n'est récupérée sur l'air repris, l'air soufflé est donc initialement à la température extérieure avant d'être réchauffé par la batterie chaude en hiver (ou refroidi en été).

L'objectif avec un récupérateur d'énergie par batterie à eau glycolée serait donc de récupérer la chaleur emmagasinée dans l'air repris pour réchauffer l'air provenant de l'extérieur avant que ce dernier soit finalement réchauffé par la batterie chaude. Les rendements avec ce type de récupérateur sont de l'ordre de 40% à 50%.

11.2.3.1.2. Intérêt

- > Réduire considérablement la consommation d'énergie des CTA grâce à la récupération d'énergie sur l'air extrait

11.2.3.1.3. Inconvénients

- > Induit une consommation d'eau supplémentaire pour permettre les échanges de chaleur
- > Nécessaire d'installer des réseaux entre la CTA et l'extracteur

11.2.3.1.4. Gain énergétique

- > Le gain énergétique avec cette variante est de – 11 % par rapport à la situation de base.

11.2.3.1.5. Cout de l'installation

Le coût d'installation est estimé à 29 000 € HT.

11.2.3.2. Remplacement de la chaudière gaz par une chaudière gaz à condensation

11.2.3.2.1. Descriptif

Une chaudière gaz à condensation permet d'atteindre un rendement bien supérieur à celui d'une chaudière à gaz basse température. Pour cela, la chaleur des fumées de combustion est récupérée pour préchauffer le fluide caloporteur. Pour la même quantité de chaleur produite, la consommation de gaz est donc plus faible.

Attention cependant, la température de retour du circuit de chauffage doit être à basse température pour permettre la condensation. Les circuits plancher chauffant et ventilo-convecteurs sont adaptés à cette condition, cependant le circuit des batteries des CTA est à haute température ; le phénomène de condensation sera donc réduit.

Pour favoriser le phénomène de condensation et donc un meilleur rendement de l'installation, deux variantes peuvent être utilisées :

- > Mise en place d'une loi d'eau sur les batteries : la température de circuit des batteries des CTA est réglée en fonction de la température extérieure. Lorsque les besoins le permettent (cas de froid modéré), la température du circuit est abaissée pour garantir la condensation.
- > Installation de deux circuits sur la chaudière : un circuit haute température (batteries des CTA) et un circuit basse température (plancher chauffant et ventilo-convecteurs). Le circuit basse température utilise alors la condensation de la chaudière en permanence. Sur le circuit haute température, une loi d'eau sera mise en place pour favoriser la condensation si les conditions extérieures le permettent.

11.2.3.2.2. Intérêt

- > Remplacer la chaudière actuelle en fin de vie par un équipement énergétiquement plus performant
- > Réduire la consommation de gaz avec un meilleur rendement en récupérant l'énergie des fumées

11.2.3.2.3. Inconvénients

- > Nécessaire de modifier le réseau de distribution actuel
- > Consommation en gaz toujours conséquente

11.2.3.2.4. Gain énergétique

- > Mise en place d'une loi d'eau sur les batteries : gain énergétique de - 11,6 % par rapport à la situation de base
- > Installation de deux circuits BT et HT : gain énergétique de -13,8 % par rapport à la situation de base

11.2.3.2.5. Cout de l'installation

Le coût d'installation de cette variante est estimé à 49 500 € HT.

11.2.3.3. Installation d'une pompe à chaleur pour assurer le chauffage

11.2.3.3.1. Descriptif

Une pompe à chaleur permet de réduire la consommation énergétique du chauffage en récupérant l'énergie de la source exploitée (air, eau...).

Une pompe par chaleur ne pourrait pas directement être utilisée dans le bâtiment en raison des régimes de températures. En effet, les batteries des CTA fonctionnent actuellement à haute température contrairement à une pompe à chaleur. Il faudrait alors changer les batteries des CTA et donc les CTA pour d'adapter à ce régime de température.

11.2.3.4. Système mixte pompe à chaleur / chaudière à gaz

11.2.3.4.1. Descriptif

Une autre solution, plus adaptée, serait de mettre en place une pompe à chaleur pour assurer le chauffage des équipements fonctionnant à basse température (les ventilo-convecteurs et le plancher chauffant) et une chaudière à gaz de taille réduite qui assurerait seulement le chauffage du régime haute température donc les batteries des CTA.

11.2.3.4.2. Intérêt

- > Utiliser le potentiel de la pompe à chaleur sans avoir à changer les batteries des CTA qui fonctionnent encore

11.2.3.4.3. Inconvénients

- > Cout d'installation plus important
- > Coûts d'entretien/maintenance plus élevés également
- > Nécessaire de dissocier les deux types de circuits donc de modifier le réseau actuel

11.2.3.4.4. Gain énergétique

- > Le gain énergétique de cette solution est de -31,6 % par rapport à la situation de base.

11.2.3.4.5. Cout de l'installation

Le coût d'installation de ce système est estimé à 146 500 € HT.

11.2.3.5. Changement du système de chauffage dans les salles d'examen

11.2.3.5.1. Descriptif

Les salles d'examen au RDC sont traitées en air neuf. Ainsi même si ces salles sont vides, l'air sera renouvelé pour assurer le chauffage et le refroidissement.

Une optimisation serait alors d'installer un système de chauffage différent (par ventilo-convecteurs par exemple) pour assurer le chauffage ou le refroidissement lorsque ces salles sont inoccupées (ce qui est fréquent). L'air neuf serait alors seulement mis en fonctionnement en cas d'occupation de la pièce.

11.2.3.5.2. Intérêt

- > Limiter la consommation d'énergie due à la ventilation de pièces inoccupées

11.2.3.5.3. Inconvénients

- > Nécessaire de mettre en place un nouveau réseau pour ces émetteurs qu'il faut relier aux systèmes de production.

11.2.3.5.4. Gain énergétique

- > Le gain énergétique de cette solution est de -17,3 % par rapport à la situation de base.

11.2.3.5.5. Cout de l'installation

Le cout de cette solution est estimé à 79 500 € HT.

11.2.3.6. Remplacement de la chaudière à gaz par une chaudière bois à granulés

11.2.3.6.1. Descriptif

La chaudière gaz actuelle pourrait également être remplacé par une chaudière bois à granulés. Cette solution est plus écologique qu'une chaudière à gaz et peut atteindre des rendements entre 90% et 95%.

11.2.3.6.2. Intérêt

- > Solution plus écologique qu'une version au gaz

11.2.3.6.3. Inconvénients

- > Coûts d'entretien et de maintenance plus élevés
- > Nécessaire de construire une dépendance pour le stockage des granulés.

11.2.3.6.4. Gain énergétique

- > Gain de - 10,1 % par rapport à la simulation de base

11.2.3.6.5. Cout de l'installation

Le cout de cette variante est estimé à 180 000 € HT.

11.2.4. Tableau récapitulatif – Actions de rénovations

Description de la variante		Gain énergétique	Coût
Ventilation	VMC simple flux dans les bureaux	0,4%	13 500 €
	CTA double flux	0,8%	30 000 €
Enveloppe performante	Isolation par l'intérieur de 10 cm	-1,4%	22 600 €
	Isolation par l'extérieur de 12 cm	-2,4%	70 000 €
	Isolation des locaux non chauffés - 8 cm	-0,2%	2 000 €
	Changement des verrières (salles d'examen)	-3,6%	75 000 €
	Changement des murs rideaux	-3,0%	130 000 €
	Changement des autres menuiseries	-2,0%	35 000 €
	Traitement d'urgence pour l'étanchéité à l'air	-1,6%	700 €
Equipements énergétiques performants	Récupérateur d'énergie sur les CTA actuelles	-11,0%	29 000 €
	Mise en place de ventilo-convecteurs dans les salles d'examens	-17,3%	79 500 €
	Chaudière à condensation à gaz	-11,6%	49 500 €
	Système mixte PAC / Chaudière gaz à condensation	-31,6%	146 500 €
	Chaudière bois à granulés	-10,1%	180 000 €

12. BOUQUETS TRAVAUX

Les bouquets travaux proposés comprennent des combinaisons des actions de rénovations figurant ci-dessus. Les différentes combinaisons possibles de ces bouquets travaux ont été étudiées.

Pour estimer les économies d'énergies pouvant être attendues des travaux proposés, chaque bouquet travaux a, entre autres, été saisi en Simulation Thermique Dynamique sur la base du modèle initial présenté dans ce qui précède auquel a été rajouté les modifications déjà réalisées (réparation des stores des bureaux du RDC et réglages des ventilo-convecteurs pour un fonctionnement entre 7h et 19h).

Seuls les bouquets travaux donnant les meilleurs résultats présentés dans ce qui suit.

L'incertitude de l'ensemble des estimations budgétaires pour cette phase diagnostic est évaluée à 20%.

Tous les bouquets travaux prévoit l'ajout d'une ventilation dans les bureaux (pour des raisons d'hygiène) et le changement de la chaudière (pour des raisons de fin de vie).

12.1. BOUQUET TRAVAUX N°1

Bouquet travaux n°1
Notice descriptive : Le premier bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none">> Remplacement des verrières (11.2.2.4.)> Traitement d'urgence d'étanchéité à l'air (11.2.2.5.)> Récupérateur d'énergie par batterie à eau glycolée (11.2.3.1.)> Ventilation simple flux dans les bureaux (11.2.1.1.)> Installation d'une chaudière gaz à condensation avec deux entrées (basse température et haute température) (11.2.3.2.)> Changement du système de chauffage dans les salles d'examen (11.2.3.5.)
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 39,7 % par rapport à la situation de base Economies d'énergie de 45,75 % par rapport aux années de référence (06/2020-05/2022)
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 310 000 € HT.

Le premier bouquet travaux propose des améliorations pour atteindre l'objectif de 40 % du décret tertiaire. Pour cela, une production de chaud avec une chaudière gaz à condensation est proposée afin de limiter les coûts d'installation. Un récupérateur d'énergie est installé sur les CTA et le système de chauffage est modifié dans les salles d'examens. Ces deux derniers travaux permettent une réduction de consommation considérable.

12.2. BOUQUET TRAVAUX N°2

Bouquet travaux n°2
Notice descriptive : Le deuxième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none">> Remplacement des murs rideaux (11.2.2.4.)> Traitement d'urgence d'étanchéité à l'air (11.2.2.5.)> Récupérateur d'énergie par batterie à eau glycolée (11.2.3.1.)> Ventilation double flux dans les bureaux (11.2.1.2.)> Installation d'une chaudière gaz à condensation avec deux entrées (basse température et haute température) (11.2.3.2.)
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 23,5 % par rapport à la situation de base Economies d'énergie de 31,2 % par rapport aux années de référence (06/2020-05/2022)
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 240 000 € HT.

Le deuxième bouquet travaux cherche à réduire le cout d'installation tout en proposant un gain énergétique de 23%.

12.3. BOUQUET TRAVAUX N°3

Bouquet travaux n°3
Notice descriptive : Le troisième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none">> Remplacement des verrières (11.2.2.4.)> Traitement d'urgence d'étanchéité à l'air (11.2.2.5.)> Ventilation simple flux dans les bureaux (11.2.1.1.)> Changement du système de chauffage dans les salles d'examen (11.2.3.5.)> Isolation par l'intérieur (11.2.2.1.)> Installation d'un système mixte PAC / chaudière gaz à condensation (11.2.3.4.)
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 59 % par rapport à la situation de base

Economies d'énergie de 63,1 % par rapport aux années de référence (06/2020-05/2022)
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 400 500 € HT.

Le troisième bouquet travaux propose la mise en place d'un système mixte PAC / Chaudière gaz à condensation qui permet un gain énergétique très important de 59%. Cependant, les couts d'installation sont élevés.

12.4. BOUQUET TRAVAUX N°4

Bouquet travaux n°4
Notice descriptive : Le quatrième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none"> > Remplacement des verrières, des menuiseries et des murs rideaux (11.2.2.4.) > Ventilation double flux dans les bureaux (11.2.1.2.) > Isolation par l'extérieur (11.2.2.2.) > Installation d'une chaudière bois à granulés (11.2.3.6.)
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 17 % par rapport à la situation de base Economies d'énergie de 25,3 % par rapport aux années de référence (06/2020-05/2022)
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 583 000 € HT.

Le dernier bouquet travaux propose d'installer une chaudière bois à granulés et d'améliorer considérablement la performance de l'enveloppe. La chaudière bois à granulés est une option pour réduire le poids carbone de la production de chaud. Cependant, le gain énergétique est bien plus faible que pour les autres variantes.

12.5. PRE-SYNTHESE DES BOUQUETS TRAVAUX

Le tableau qui suit présente une présynthèse des bouquets travaux proposés (coûts hors désamiantage).

	Bouquet travaux n°1	Bouquet travaux n°2	Bouquet travaux n°3	Bouquet travaux n°4
Ventilation	Simple flux	Double flux	Simple flux	Double flux
Echangeur sur les CTA	X	X		X
Changement des émetteurs dans les salles d'examen	X		X	X
Amélioration de l'isolation			Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur
Remplacement des murs rideaux		X		X
Remplacement des verrières	X		X	X
Remplacement du reste des menuiseries				X
Traitement d'urgence d'étanchéité à l'air	X	X	X	(Déjà pris en compte avec le remplacement de toutes les menuiseries)
Remplacement de la chaudière actuelle	Chaudière gaz à condensation	Chaudière gaz à condensation	Système mixte PAC + Gaz à condensation	Chaudière bois à granulés
Economies d'énergie par rapport à la situation de base	- 39,7%	- 23,5%	- 59%	- 17%
Coût d'investissement en base +/-20% [€HT]	310 000	240 000	400 500	583 000



E. ANALYSE FINANCIERE DETAILLÉE EN COUT GLOBAL DES SCENARIOS DE TRAVAUX

Le présent chapitre présente les hypothèses et résultats de l'étude en coût global des bouquets travaux 1, 2, 3 et 4 en version Base présentée dans ce qui précède.

13. HYPOTHESES COMMUNES

13.1. PERIODE D'ETUDE

Compte tenu de la nature des travaux envisagés, l'étude est réalisée sur une période d'utilisation de 30 ans.

13.2. COUTS DES ENERGIES

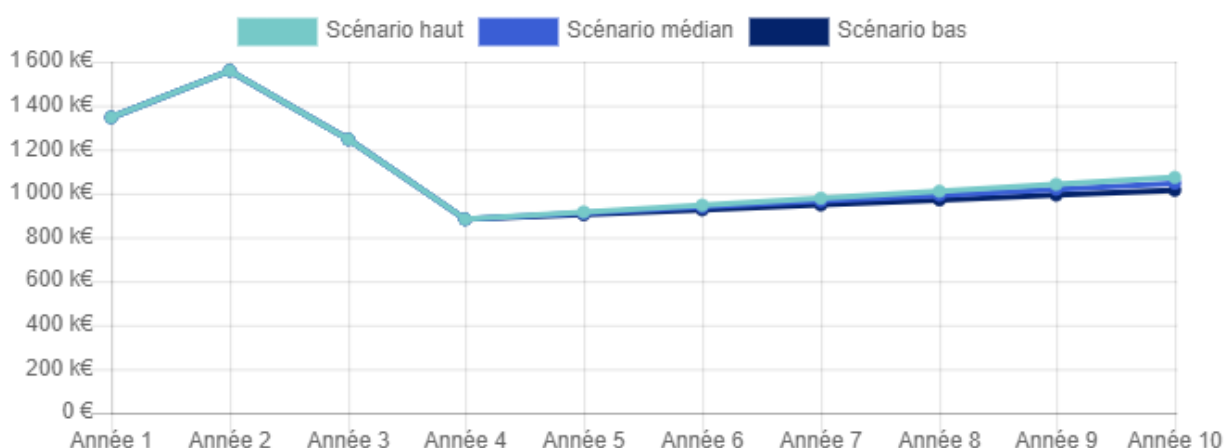
Les coûts initiaux des énergies sont évalués sur la base des coûts indiqués dans les factures de 2020 et 2021.

Il est considéré que les prix des énergies subissent une augmentation annuelle de :

- 2,7 % par an pour l'électricité ;
- 2 % par an pour le gaz ;
- 1,5 % par an pour le bois.

Il est à noter que la présente étude ne prend pas en compte les évolutions du cours de l'énergie constatée sur les derniers mois. En effet, l'étude proposée se veut être une approche à long terme de l'impact financier des propositions d'améliorations qui précèdent. Or, malgré les fortes évolutions actuelles, les prévisions actuelles nous permettent d'attendre que l'évolution des prix d'achat de l'énergie se stabilisent sur un horizon de quelques années (source : Enerprix). Voir exemple ci-dessous :

PRÉVISION DE L'ÉVOLUTION DE LA FACTURE DE GAZ SUR 10 ANS



13.3. INFLATION

Un taux d'inflation de 1,6% est pris en compte pour cette étude.

13.4. TAUX D'ACTUALISATION

Cette étude prend en compte un taux d'actualisation de 3,0%.

14. MAINTENANCE ET GER

Les enjeux de la prise en compte de l'Exploitation et de la Maintenance dans les opérations d'investissements concernent les aspects économiques et techniques mais aussi les considérations humaines (confort, le service rendu à l'utilisateur, les conditions de travail pour le personnel d'entretien et de maintenance).

Les termes « Exploitation - Maintenance » recouvrent l'ensemble des actions permettant aux bâtiments d'assurer les services pour lesquels ils ont été construits.

Sur la base des enjeux évoqués ci-dessus, un chiffrage estimatif des coûts d'exploitation maintenance sera détaillé dans le présent chapitre et ceux pour chaque bouquet travaux proposé.

14.1. DEMARCHE EN COUT GLOBAL

ARTELIA, conscient de l'influence majeure des concepts initiaux sur les coûts d'Exploitation Maintenance futurs et sur la fonctionnalité de l'ouvrage, a décidé de mettre en œuvre une approche de type "coût global" pour cette opération.

La démarche d'analyse en coût global permet de s'assurer que les ouvrages réalisés offriront le meilleur compromis entre les coûts d'investissement et les coûts différés d'Exploitation-Maintenance.

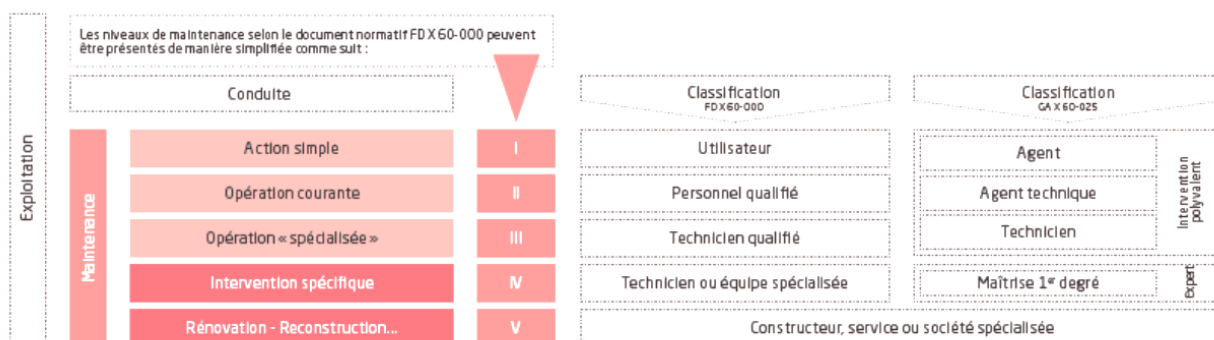
Ainsi, lors de la phase diagnostic, les dispositions constructives, les choix des modes de fonctionnements proposés ont été envisagés en tenant compte des modes de maintenance des différents produits.

Les choix techniques effectués s'efforceront de répondre à l'ensemble des besoins fonctionnels et techniques, et seront également respectueux des futurs coûts d'exploitation et de maintenance.

14.2. APPROCHE FINANCIERE

En complément des choix techniques qui s'avèrent stratégiques dans la pérennisation de l'installation et de ses équipements, une approche financière doit être associée à cette réflexion afin d'apporter une cohérence à l'approche en coût global.

Le schéma ci-dessous présente de manière simplifiée la décomposition des niveaux de maintenance permettant d'organiser la mise en exploitation.



14.2.1. Estimation initiale des coûts d'exploitation maintenance

La maintenance courante estimée dans la suite du présent document correspond aux opérations de maintenance préventive et corrective de niveau 1 à 5 au sens de la norme FDX 60-000.

Niveau 1 : Actions simples qui peuvent être effectuées par l'utilisateur / agent, à l'aide d'instructions simples et sans outillage autre que celui intégré au bien.

Niveau 2 : Opérations courantes effectuées par un personnel qualifié / agent technique, avec des procédures détaillées et un outillage léger.

Niveau 3 : Opérations de technicité générale effectuée par un technicien qualifié, avec des procédures complexes et un outillage portatif complexe.

14.2.2. Estimation des coûts de Gros Entretien Renouvellement des installations

Cette dépense correspond au provisionnement de grosses dépenses de réparation des installations techniques et du bâti, il est également appelé Gros Entretien Renouvellement (G.E.R.). Au fur et à mesure du vieillissement du bâtiment, ces dépenses seront de plus en plus importantes. Au sens de la norme FDX 60-000, le GER correspond aux niveaux de maintenance 4 et 5.

Niveau 4 : Opérations techniques de spécialité effectuées, par un technicien ou une équipe spécialisée, maîtrisant une technique ou technologie particulière, avec des instructions générales ou particulières de maintenance et un outillage portatif spécialisé.

Niveau 5 : Rénovation, reconstruction, remplacement d'une installation, d'un équipement, d'une pièce de structure ou de fonctionnement, selon un processus proche de sa fabrication ou de son assemblage initial

Le gros entretien, de périodicité pluriannuelle, comprend le remplacement de sous-ensembles ou composants à l'issue de leur durée de vie, ainsi que leur traitement.

Les installations faisant l'objet d'un gros entretien pendant les 10 premières années sont principalement des équipements sensibles de courants forts et faibles (changement des batteries, régulation), ou des sous-systèmes d'équipements fortement sollicités comme la ventilation – plomberie.

Le renouvellement des matériels dynamiques (moteurs, pompes, régulations...) n'intervient théoriquement qu'au cours de la fin de la deuxième décennie, celui de certains matériels dynamiques lourds (CTA ...), ainsi que des matériels tels que les cellules de protection des transformateurs, au cours de la troisième décennie.

15. SCENARIO BASE – SANS TRAVAUX DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

L'étude en coût global des bouquets travaux présentés est réalisée par rapport à un scénario de base, qui correspond à une situation dans laquelle aucuns travaux de performance énergétique n'est réalisé. Néanmoins, ce scénario prend en compte des travaux de mise en place d'une ventilation simple flux dans les bureaux ainsi que le remplacement de la chaudière, la chaudière à gaz actuelle arrivant en fin de vie.

16. BOUQUET TRAVAUX

Les coûts énergétiques, d'entretien et de maintenance des différents bouquets travaux présentés sont les suivants :

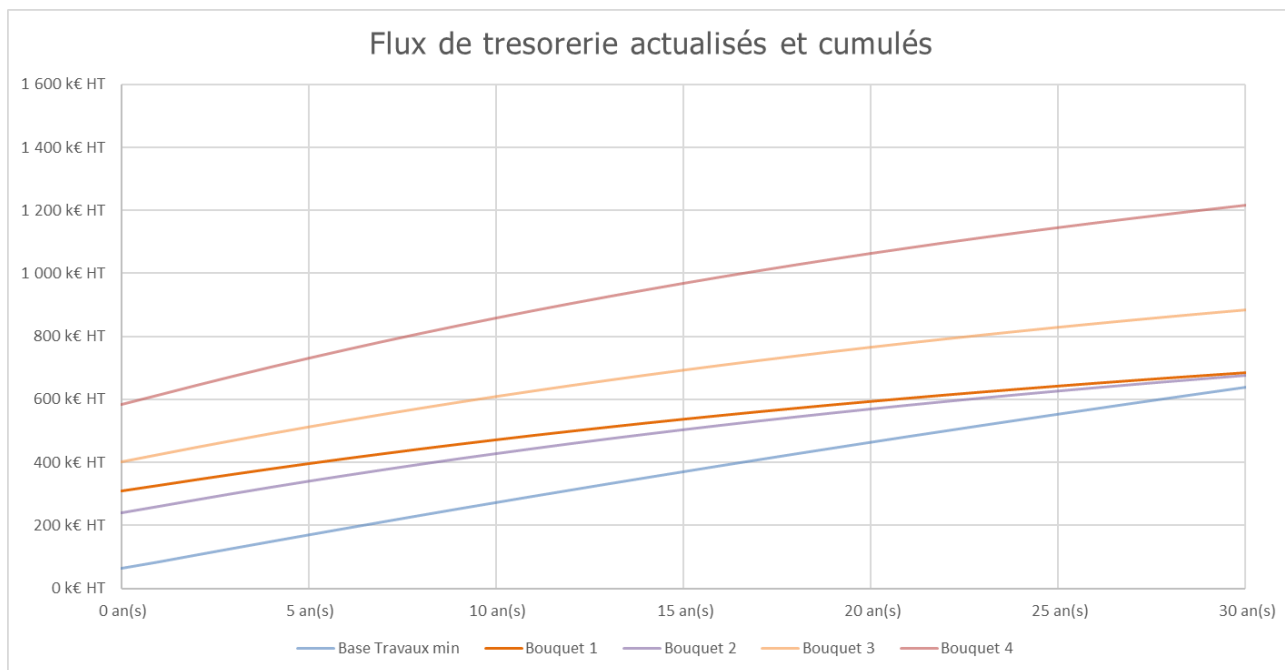
	Consommations [k€TTC/an]	Maintenance [k€HT/an]	Gros entretien / Renouvellement [k€HT/an]
Base Travaux minimum	16	1	3,6
Bouquet Travaux 1	10	1,8	5,8
Bouquet Travaux 2	13	1,8	5,6
Bouquet Travaux 3	11	2,7	9,4
Bouquet Travaux 4	18	1,9	11,2

Nota : il a été considéré que la TVA était récupérable uniquement sur le coût des travaux et pas sur les consommations d'énergie.

17. RESULTATS

17.1. TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Les courbes ci-dessous présentent les cumuls des dépenses en termes de consommations, et de maintenance du bâtiment sur 30 ans.



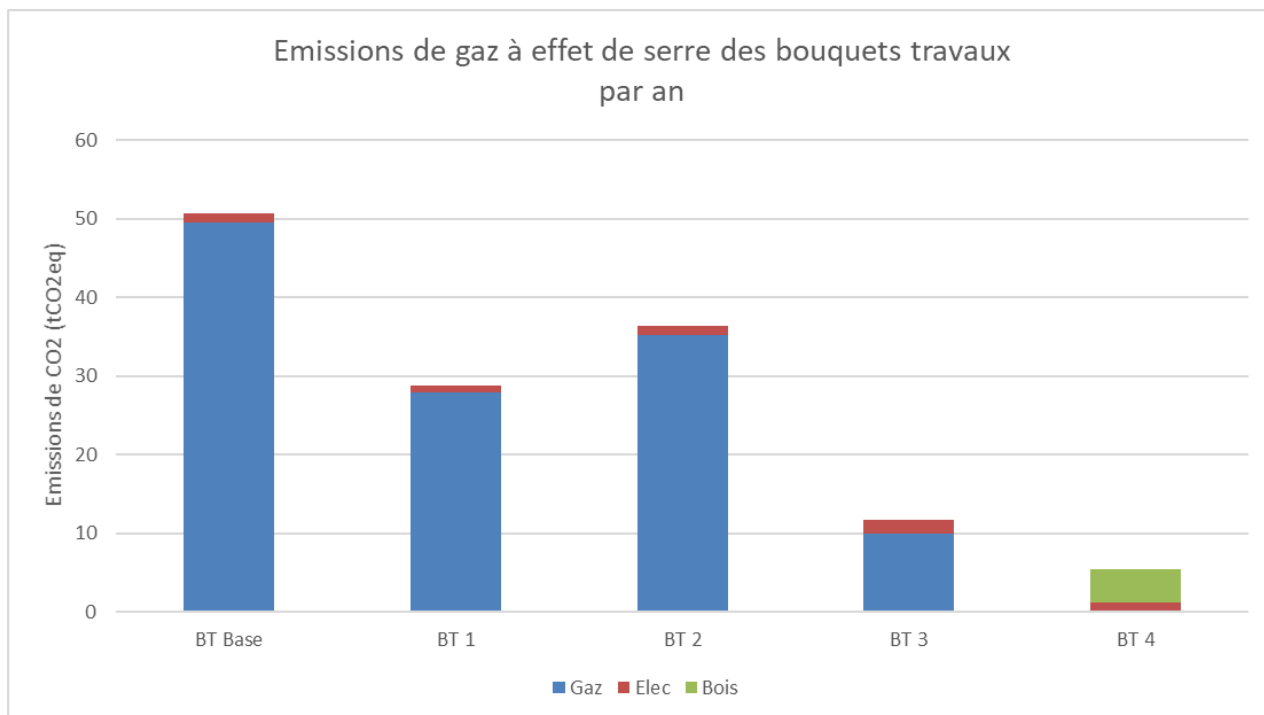
Ces courbes montrent que les économies financières attendues du fait des économies d'énergies réalisées sur le bâtiment suite aux travaux ne sont pas suffisantes pour compenser les coûts d'investissements initiaux. Cette tendance provient principalement du très faible coût du gaz, qui atténue l'impact de la diminution des consommations.

18. CONCLUSION

Il est important de rappeler la nécessité de mettre en place une ventilation dans les bureaux pour des questions d'hygiène. L'étanchéité à l'air doit également être traitée au niveau des verrières et des menuiseries. La chaudière à gaz actuelle est en fin de vie et il est fortement recommandé de la remplacer.

Il est important d'améliorer également les performances de l'enveloppe. Ces variantes (en particulier le changement des menuiseries) permettent de réduire les consommations avec un bâtiment moins déperditif mais également d'améliorer le confort des occupants, notamment lorsqu'on s'intéresse aux murs rideaux.

Pour la production de chaleur, au vu des conclusions de l'étude en coût global des bouquets travaux proposés, il paraît judicieux financièrement de mettre en place une chaudière gaz à condensation pour limiter les coûts associés à la production de chaleur et augmenter le rendement de la production. Le système mixte PAC / Gaz et la chaudière à bois sont des options intéressantes sur le plan environnemental. Le graphique ci-dessous compare l'impact environnemental des variantes pour une seule année.



Malgré le surcoût associé à l'utilisation d'un système mixte PAC / Chaudière à gaz, nous recommandons la mise en place de ce système qui permet non seulement une réduction très importante de consommations mais également une forte décarbonation du fonctionnement du bâtiment.