



Sous-préfecture de Villefranche

Préfecture du Rhône

DIAGNOSTIC ENERGETIQUE

Commande n°1123 0473



Sous-préfecture de Villefranche
Préfecture du Rhône

DIAGNOSTIC ENERGETIQUE

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Mise à jour pour donner suite à la réunion de restitution du 27/03	LCE	GDS	04/2023
0	Document initial	LCE	GDS	03/2023
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

SOMMAIRE

OBJET DU DOCUMENT	7
A. PRESENTATION GENERALE.....	8
1. SITUATION DU BÂTIMENT	9
1.1. Localisation	9
1.2. Données météorologiques.....	9
1.3. Plans du bâtiment	9
1.4. Historique du bâtiment	11
1.5. Typologie des locaux	11
2. SITUATION RÉGLEMENTAIRE	12
2.1. Décret tertiaire.....	12
2.2. La réglementation thermique	13
B. AUDIT DES COMPOSANTS DU BATIMENT.....	14
3. ENVELOPPE DU BÂTIMENT	15
4. SYSTÈME DE CHAUFFAGE / ECS	17
5. SYSTÈME DE CLIMATISATION	18
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
9.4.	Analyse des consommations dans le cadre du décret tertiaire..	26
10.	BILAN THERMIQUE DU BÂTIMENT	28
10.1.	Hypothèses de simulation	28
10.1.1.	Logiciel utilisé.....	28
10.1.2.	Fichier météo	28
10.1.2.1.	Météo du scénario BASE	28
10.1.2.2.	Horizon et masque proches.....	29
10.1.2.3.	Géométrie du modèle.....	30
10.1.3.	Zoning de l'étude	30
10.1.4.	Hypothèses constructives	32
10.1.4.1.	Définition des parois.....	32
10.1.5.	Définition des ponts thermiques.....	32
10.1.6.	Définition des menuiseries	33
10.1.7.	Scenarios d'utilisation	33
10.1.7.1.	Consigne de température	33
10.1.7.2.	Occupation.....	33
10.1.7.3.	Eclairage.....	34
10.1.7.4.	Eau chaude sanitaire.....	35
10.1.7.5.	Aération naturelle	36
10.1.8.	Equipements	36
10.1.8.1.	Ventilation	36
10.1.8.2.	Production	37
10.1.8.3.	Emission.....	39
10.2.	Résultats des simulations	39
10.2.1.	Analyse des relevés et cohérence des hypothèses.....	39
10.2.1.1.	Période de référence STD.....	39
10.2.1.2.	Ajustement climatique	40
10.2.2.	Consommations évaluées par la STD.....	42
10.2.3.	Décomposition des consommations énergétiques	44

D. PROGRAMME D'AMELIORATION	45
11. DÉMARCHE ET ACTIONS PRÉCONISÉES DANS LE CADRE DU DECRET TERTIAIRE.....	46
11.1. Démarche générale	46
11.2. Actions de rénovation Envisagées	46
11.2.1. Amélioration des performances de l'enveloppe	47
11.2.1.1. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique par l'intérieur ..	47
11.2.1.2. Amélioration de l'isolation thermique – Isolation thermique par l'extérieur..	47
11.2.1.3. Amélioration de l'isolation du plancher haut	48
11.2.1.4. Changement des menuiseries	48
Réduction de la hauteur sous plafond	49
11.2.1.5.....	49
11.2.1.6. Remarques sur la rénovation de l'enveloppe	49
Amélioration de la performance énergétique des équipements.....	49
11.2.2. 49	
11.2.2.1. Optimisation du fonctionnement des émetteurs	50
11.2.2.2. Mise en place de circulateurs à débit variable	50
11.2.2.3. Calorifuge des réseaux.....	51
11.2.2.4. Rénovation des lampes fluorescentes par des LEDs	51
11.2.2.5. Mise en place d'une gestion de l'éclairage adaptée	51
11.2.2.6. Séparation des réseaux hydrauliques et régulation adaptée	52
11.2.2.7. Amélioration de l'équilibrage des réseaux.....	53
11.2.2.8. Remplacement du système de chauffage par une pompe à chaleur.....	53
11.2.2.9. Remplacement de la chaudière à gaz par une chaudière bois à granulés	54
11.2.3. Mise en place de panneaux photovoltaïques	54
11.2.4. Mise en place d'une GTC	54
11.2.5. Tableau récapitulatif – Actions de rénovations	55
12. ACTIONS DE RÉNOVATIONS HORS DES AMBITIONS DU DÉCRET TERTIAIRES	56
12.1.1. Amélioration de la qualité d'air	56
12.1.1.1. Mise en place d'une VMC simple flux	56
12.1.1.2. Installation d'une CTA double flux.....	57
12.1.2. Amélioration du confort d'été	58

12.1.2.1.	Mise en place de brise-soleils orientables.....	58
12.1.2.2.	Mise en place d'un rafraichissement adapté.....	58
13.	BOUQUETS TRAVAUX.....	59
13.1.	Bouquet travaux n°1.....	59
13.2.	Bouquet travaux n°2.....	60
13.3.	Bouquet travaux n°3.....	61
13.4.	Bouquet travaux n°4.....	62
13.5.	Bouquet travaux n°5.....	63
13.6.	Pré-Synthèse des bouquets travaux	64
	IMPACT CARBONE	65
14.	65	
15.	DESAMIANTAGE.....	66
15.1.	Generalites.....	66
15.1.1.	Objet du paragraphe	66
15.1.2.	Contexte reglementaire.....	66
15.2.	Descriptif technique	67
15.2.1.	Désamiantage	67
15.2.1.1.	Plaques de fibrociment	67
15.2.1.2.	Dalles de sols.....	67
15.2.1.3.	Curage rouge.....	67
15.3.	Evaluation des couts.....	67
15.3.1.	Désamiantage	67
15.3.2.	Cout Global	67
15.3.3.	Planning.....	68
E.	ANALYSE FINANCIERE DETAILLEE EN COUT GLOBAL DES SCENARIOS DE TRAVAUX	69
16.	HYPOTHÈSES COMMUNES.....	70
16.1.	Période d'étude.....	70
16.2.	Coûts des énergies	70
16.3.	Inflation	71
16.4.	Taux d'actualisation	71

17. MAINTENANCE ET GER	71
17.1. Démarche en cout global.....	71
17.2. Approche financière	71
17.2.1. Estimation initiale des coûts d’exploitation maintenance.....	72
17.2.2. Estimation des coûts de Gros Entretien Renouvellement des installations	72
18. SCÉNARIO BASE – SANS TRAVAUX DE PERFORMANCE	
ÉNERGÉTIQUE	73
19. COMPARAISON DES VARIANTES POUR LE CAHNGEMENT DE	
LA CHAUDIÈRE	73
20. BOUQUET TRAVAUX.....	74
21. RÉSULTATS.....	74
21.1. Temps de retour sur investissement.....	74
22. CONCLUSION	75

OBJET DU DOCUMENT

La Préfecture du Rhône a confié à Artelia une mission de Diagnostic énergétique du bâtiment de la Sous-préfecture à Villefranche.

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, le recensement des équipements techniques, 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

La sous-préfecture du Rhône se situe au 36 rue de la République, à Villefranche-sur-Saône (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

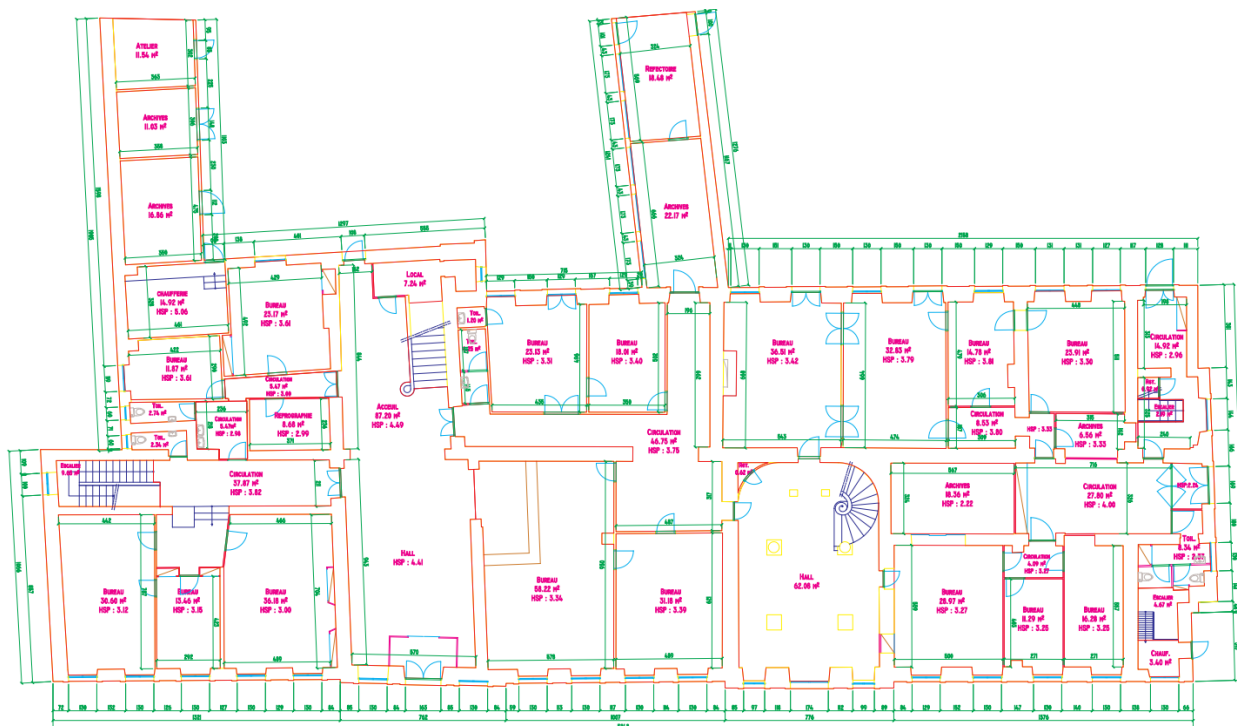


Figure 2 : Plans du RDC

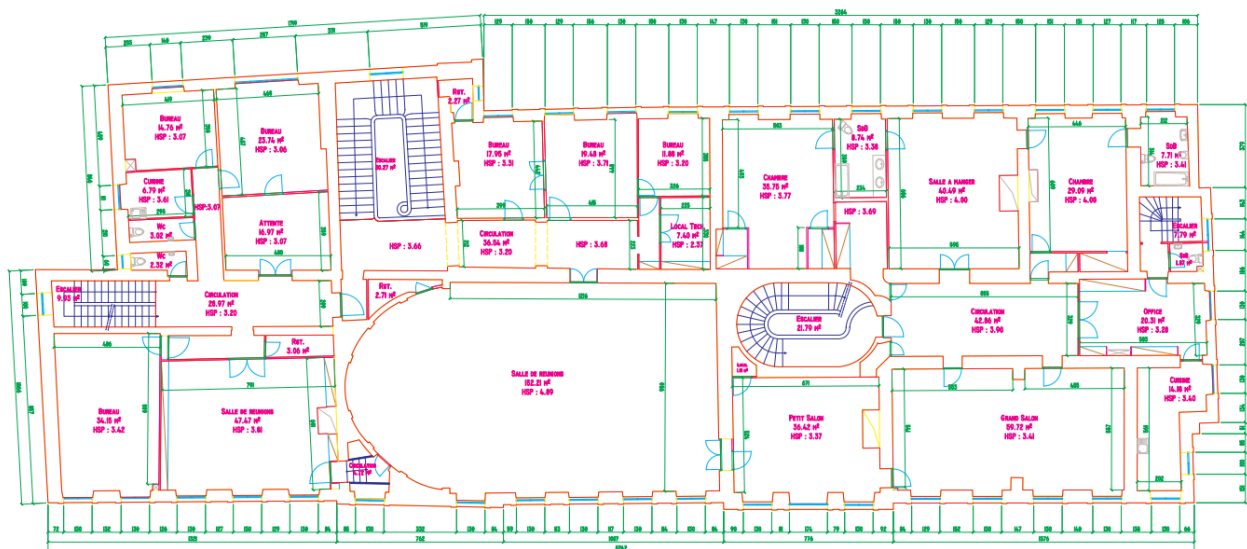


Figure 3 : Plans du R+1

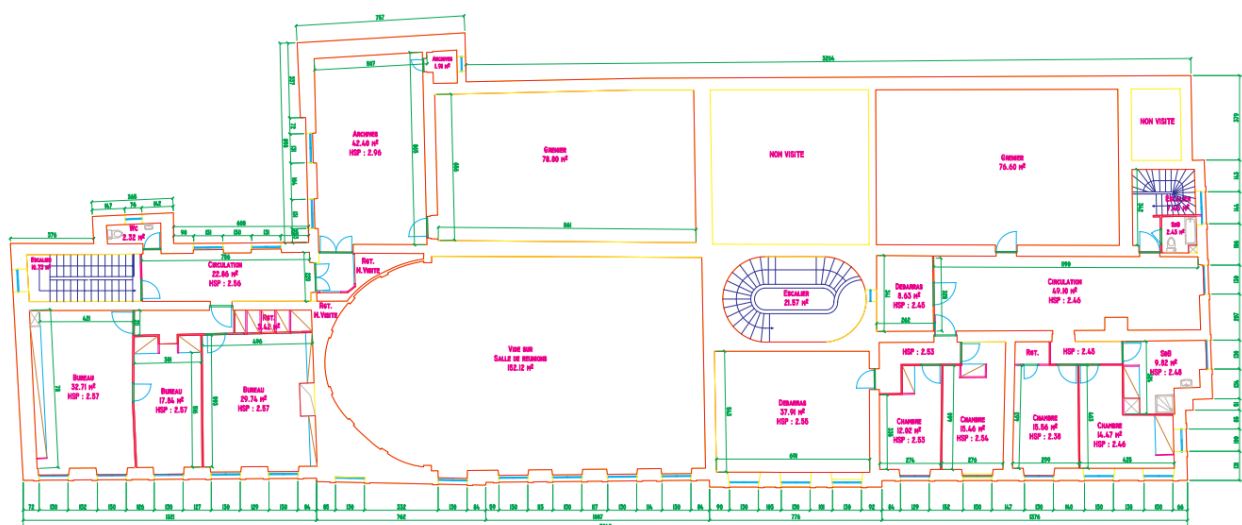


Figure 4 : Plans du R+2

1.4. HISTORIQUE DU BATIMENT

Le bâtiment a été construit à la fin du 18^e siècle.

En raison d'un changement de mainteneur, l'historique de rénovation n'a pas pu être établi.

1.5. TYPOLOGIE DES LOCAUX

Le bâtiment de la sous-préfecture est séparé en deux parties distinctes :

- Une partie de bureaux : bureaux, salle de réunion, et espace d'accueil
- Le logement du sous-préfet : **cette partie du bâtiment n'a pas été visitée par nos équipes.**

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.

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.

La plateforme numérique OPERAT, créée par l'ADEME, permettra aux assujettis (propriétaires et preneurs à bail concernés) de renseigner toutes les données relatives aux bâtiments, leurs consommations annuelles par type, leur année de référence, les indicateurs d'intensité d'usage, ainsi que la modulation sur le volume d'activité. Le calcul se fera automatiquement et les données seront conservées et publiées anonymement sur cette plateforme. La plateforme fournira une attestation annuelle permettant de situer l'actif par rapport :

- A d'autres actifs semblables en fonction d'un critère géographique et/ou la catégorie d'activité
- Aux objectifs de réduction de la consommation. L'écart enregistré entre la consommation réelle du bâtiment et les objectifs à atteindre sera gradué par les symboles suivants :



Il est à noter qu'en cas de :

- Non transmission des informations sur Operat ou de non-remise d'un programme d'actions ;
- De non-atteinte des objectifs fixés par le décret ;

Un dispositif de sanction reposant sur le principe du Name & Shame s'applique à l'assujetti, après mise en demeure. Il peut être complété, pour non-respect du programme d'actions, par une amende administrative (jusqu'à 7 500€ pour les personnes morales).

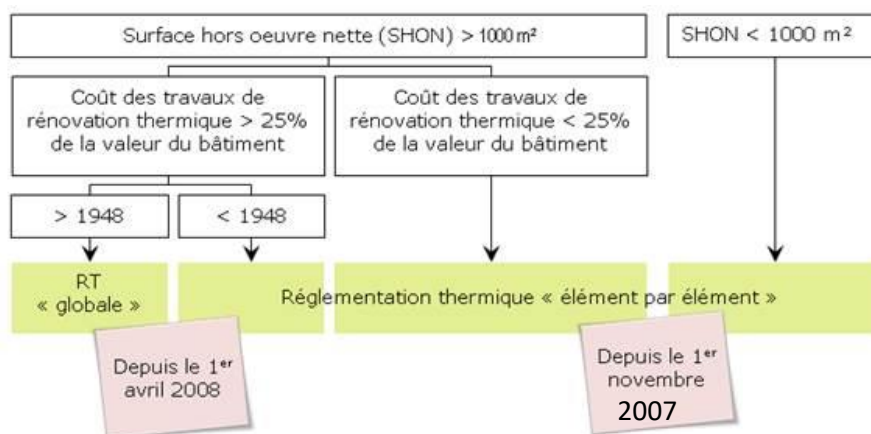
2.2. LA REGLEMENTATION THERMIQUE

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 1er 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 antérieure à 1948 et sa surface est supérieure 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

L'enveloppe du bâtiment est constituée d'une structure lourde (probablement en pisé) très peu isolée.

Composant / Élément / Équipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Mur extérieur	I		Mur extérieur épais (en pisé) Pas d'isolation des façades
Plancher bas	I		Le plancher bas donne sur une partie en vide sanitaire. Le plancher bas n'est pas isolé.
Plancher haut	M		Les combles du bâtiment sont isolés par 10 cm de laine de verre.

Composant / Élément / Équipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Menuiseries extérieures	M		Les menuiseries extérieures sont des menuiseries bois en double vitrage. Performances thermiques moyennes
Volets extérieurs bois	B		
Stores enrouleurs intérieurs	B		
Store vénitien intérieur	B		
Volets roulants extérieurs	B		

4. SYSTEME DE CHAUFFAGE / ECS

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

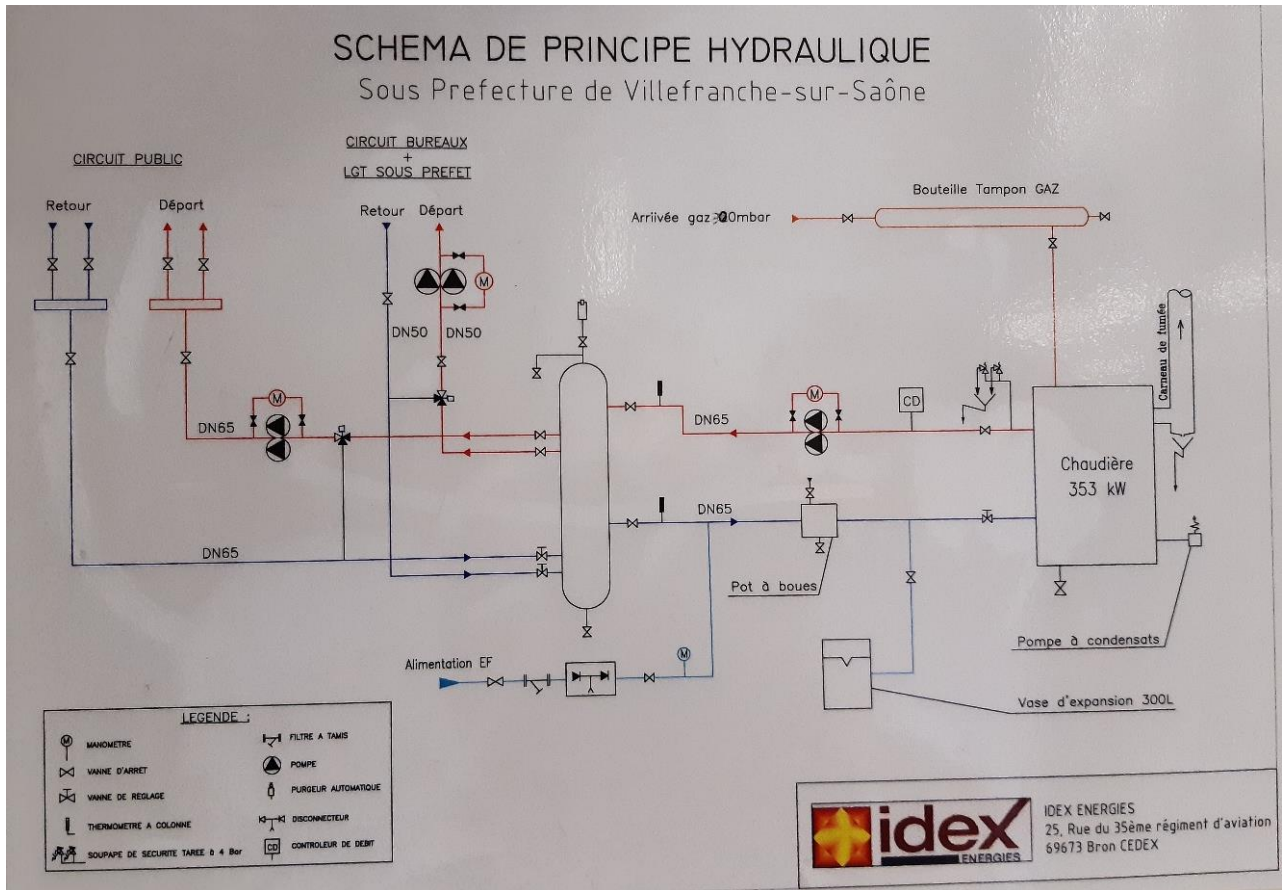


Figure 5 : Schéma de production

Les équipements sont situés dans un local technique au RDC accessible par l'extérieur.


La production de chauffage est assurée par une chaudière à gaz

Composant / Elément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désrdr
Chaudière gaz	B		De Dietrich C 310 Puissance : 353 kW Année de mise en service : 2008

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Ballon ECS sanitaires	B		Ballon ECS dans les sanitaires 4 ballons de 50 L 0,9 kW
Ballon ECS cuisine	B		Ballon ECS dans le réfectoire 15 L 2 kW

5. SYSTEME DE CLIMATISATION


Aucune production de froid n'est installée à l'échelle du bâtiment. Seul le local serveur est climatisé pour limiter la surchauffe des équipements.

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Pompe à chaleur du local informatique	B		MITSUBISHI ELECTRIC MUZ-SF35VE-E4 Puissance froid : 3.5 kW

6. EMETTEURS

Les différents locaux sont traités à l'aide de radiateurs à eau chaude dans la partie bureau de la sous-préfecture.



Le logement n'ayant pas pu être visité, il a été supposé que le même type d'émetteurs était utilisé.

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Radiateurs à eau chaude	B		

7. SYSTEME DE VENTILATION

Les bureaux, les salles de réunion et les circulations ne sont pas ventilés de façon mécanique.

Une extraction permet de ventiler les sanitaires et la cuisine.

Composant / Élément / Equipement	Etat	Photos	Observations / Constats / Désordres
Bouche d'extraction dans les sanitaires	B		
Bouche d'extraction dans le réfectoire			Gestion avec un interrupteur marche/arrêt

8. ECLAIRAGE

Composant / Elément / Equipement	Etat		Photos		Observations / Constats / Désordres
Luminaire encastré pour Lampes fluorescentes T8 Pavé 600x600	B				Puissance : 4 x18W Localisation : Bureau Commande par interrupteur
Luminaire encastré pour Lampes fluorescentes T5 Pavé 600x600	B				Puissance : 3 x14W Localisation : Circulation Commande par interrupteur
Applique Murale Ampoule Fluo	B				Puissance : 13W Localisation : Circulation, Toilette Commande par interrupteur
Spot Ampoule FLUO	B				Puissance : 2x13W Localisation : Circulation, Toilette Commande par interrupteur
Applique Murale LED 1200x40	B				Puissance : 20W Localisation : HALL Commande par interrupteur
Ampoules LED type flamme sur lustre	B				Puissance : 6W Localisation : HALL, Salle de réunion Commande par interrupteur
Lampes à Grille tube fluo T8	B				Puissance : 58W Localisation : Archives Commande par interrupteur
Applique Murale tube fluo T8	B				Puissance : 2x36W Localisation : Locaux Technique Commande par interrupteur



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 factures suivantes ont été fournies :

POINT SUR LES CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE ET DE GAZ

	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
2020 ELEC	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2020 GAZ	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2021 ELEC	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Consommations : OK Manque la facture	OK	Consommations : OK Manque la facture	OK
2021 GAZ	Consommations : OK Il manque des données sur la facture.											
2022 ELEC	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2022 GAZ	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Consommations : OK Manque la facture		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	18°C
Température de référence refroidissement	18°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.

DJC18													
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2022	481	303	260	195	54								
2021	444	262	289	218	128	11	14	20	30	159	333	400	2 308
2020	377	266	262	117	74	31	6	8	49	157	254	362	1 963
2019	446	309	240	182	120	30	4	13	42	95	285	327	2 093
2018	301	430	292	119	67	13	3	10	38	136	266	356	2 031
2017	532	271	211	189	95	13	7	12	75	132	329	410	2 276
2016	344	320	320	182	111	24	13	12	32	195	283	466	2 302
2015	420	393	276	161	74	13	5	9	69	192	253	290	2 155
2014	334	290	248	144	105	19	20	25	42	90	224	394	1 935
2013	453	453	328	204	158	47	4	16	46	97	338	413	2 557
2012	409	518	223	195	82	21	20	12	57	135	267	381	2 320
Moyen	437	339	268	109	55	37	26	20	41	141	253	361	2 087

DJF18													
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2022	0	0	3	10	89								
2021	0	2	5	8	20	132	124	109	94	9	0	0	503
2020	0	1	3	31	59	95	200	206	112	4	1	0	712
2019	0	1	3	12	19	147	225	158	82	22	0	0	669
2018	0	0	0	29	59	116	205	205	113	25	1	0	753
2017	0	0	5	9	62	165	181	192	39	27	0	0	680
2016	0	0	2	5	26	84	158	153	104	4	0	0	536
2015	0	0	0	17	44	127	246	180	40	3	4	0	661
2014	0	0	3	10	28	131	108	86	76	35	2	0	479
2013	0	0	0	13	8	76	187	132	60	27	1	0	504
2012	0	0	8	6	48	105	119	169	54	23	0	0	532
Moyen	0	0	2	29	81	86	78	159	86	18	1	0	540

9.2.2. Courbes d'évolution des consommations

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

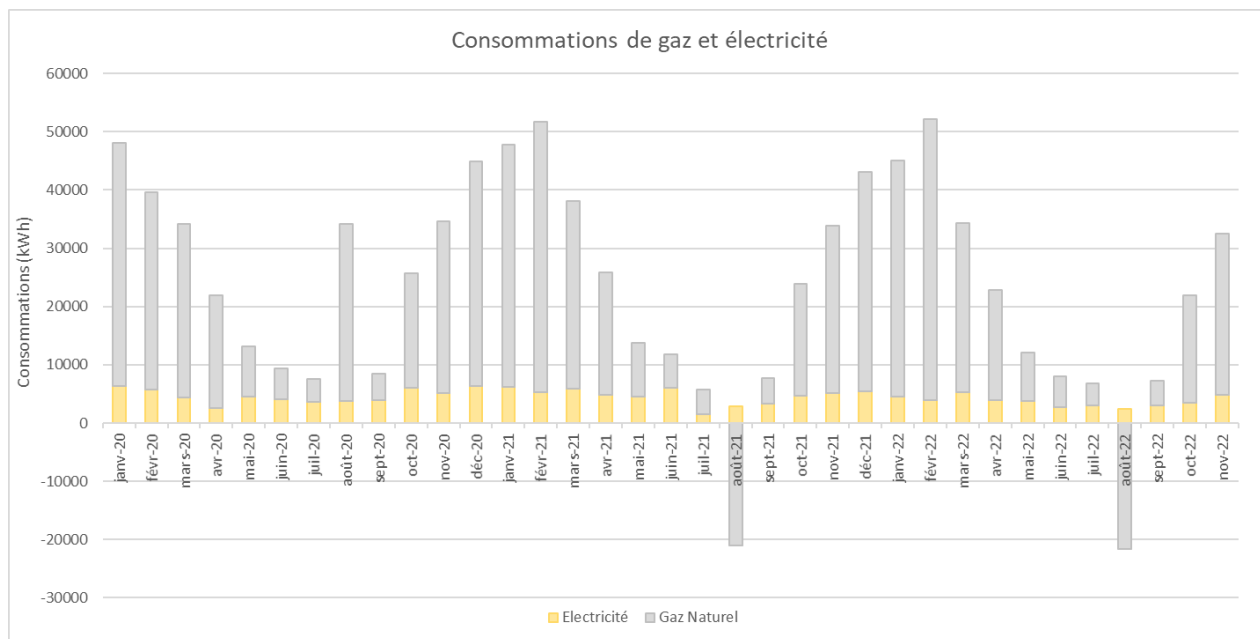


Figure 6 : Consommations énergétiques du bâtiment de 2020 à 2022

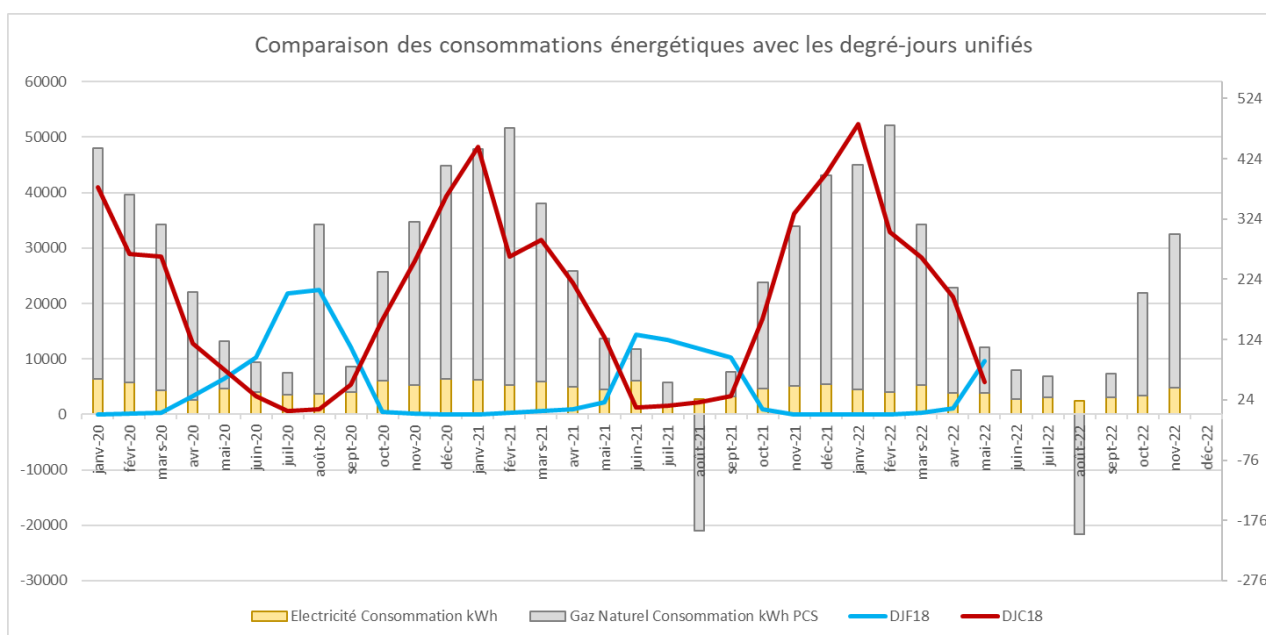


Figure 7 : Comparaison des courbes de consommations et des degré-jours

Les consommations en gaz et en électricité sont estimées mensuellement et une régularisation est ensuite mise en place en août. Cette méthode permet d'expliquer les consommations anormales en août. Il devient alors compliqué d'analyser les consommations mensuelles en fonction des DJU comme ces consommations ne sont pas des relevés en temps réel.

Compte tenu des conditions particulières de l'année 2020, seules les données sur 2021 et 2022 ne sont considérées comme représentative du bâtiment en fonctionnement normal.

L'année de référence STD est choisie de septembre 2020 à août 2021. Cette période permet de prendre en compte la régularisation des consommations d'août tout en évitant au maximum les périodes de confinement.

Les données relevées sur les années 2021 et 2022 sont les suivantes :

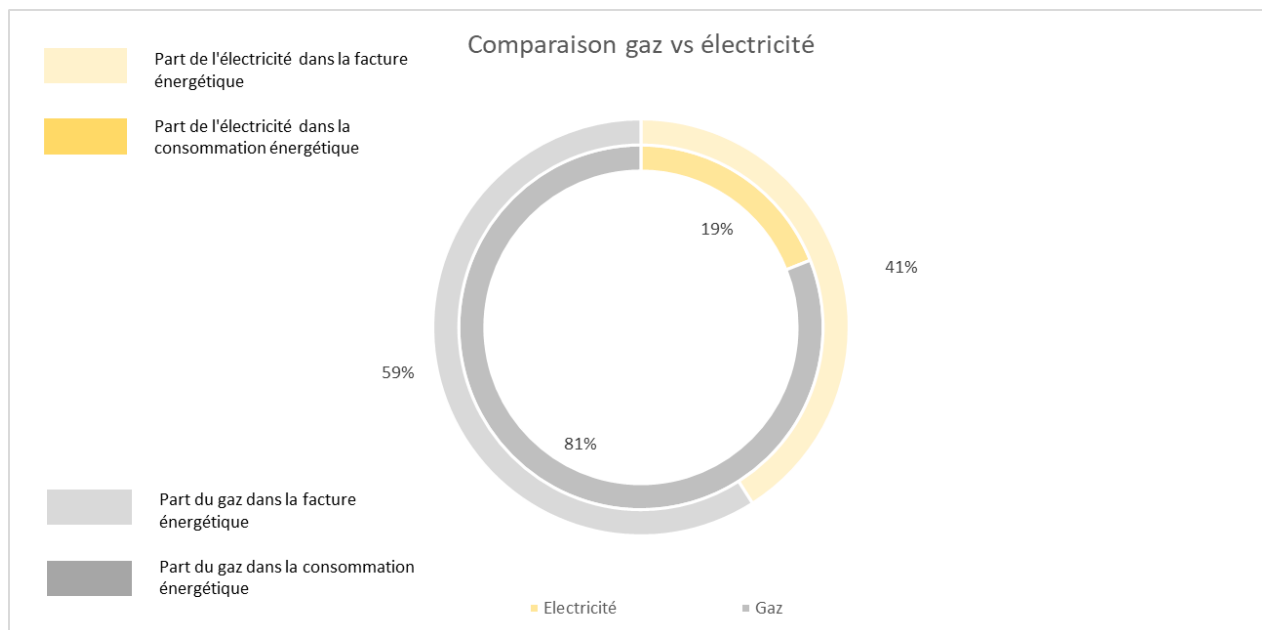


Figure 8 : Consommations et factures énergétiques des années 2021 et 2022

9.3. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

9.3.1. Focus sur le gaz

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

Le gaz représente plus de 80% des consommations d'énergie du bâtiment et 59% 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, les circulateurs (y compris chauffage et ECS), la ventilation, la bureautique et autres usages spécifiques.

L'électricité représente près de 20% des consommations d'énergie du bâtiment et 41% 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.

9.4. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DANS LE CADRE DU DECRET TERTIAIRE

Le décret tertiaire impose de choisir une année de référence entre 2010 et 2019.

Des relevés des consommations de gaz et d'électricité ont été fournis pour les années à partir de 2018. L'objectif est alors de choisir l'année la plus défavorable pour faciliter l'atteinte des objectifs de réduction de consommation.

Attention cependant, la consommation énergétique de référence doit être ajustée en fonction des variations climatiques selon la méthode suivante :

« 1° L'ajustement en fonction des variations climatiques de la part des consommations d'énergie liées au chauffage s'effectue selon la méthode suivante :

« Lorsque la consommation de chauffage est connue à partir de compteurs d'énergie ou de factures :

$$ACefChauf(n) = \frac{CefChauf(n)}{DJChauf(Tbase, n)} \times [DJChauf(Tbase, moyen) - DJChauf(Tbase, n)]$$

« sinon :

$$\begin{aligned} ACefChauf(n) &= [Valeur Chauf CVC \times \frac{Conso Totale (n)}{Cabs (n)}] \times SChauf(n) \\ &\times [DJChauf(Tbase, moyen) - DJChauf(Tbase, n)] \end{aligned}$$

« avec :

- « – Valeur Chauf CVC [kWh/m²/degé jour] : Valeur de la part chauffage CVC déclinée selon la zone géographique et à l'altitude d'implantation de l'entité fonctionnelle concernée, présentée en annexe III ;
- « – Conso Totale (n) [kWh/m²/an] : Ratio de la consommation énergétique totale pour l'année n de l'entité fonctionnelle assujettie ;
- « – Cabs (n) [kWh/m²/an] : Objectif de consommation énergétique exprimé en valeur absolue, le cas échéant modulé, pour l'année n de l'entité fonctionnelle assujettie ;
- « – ACefChauf (n) [kWh] : Ajustement due aux variations météorologiques de la quantité d'énergie finale nécessaire au chauffage pour l'année n. L'ajustement s'effectue sur la consommation contenant le poste chauffage. Il peut être positif ou négatif selon les conditions météorologiques ;
- « – CefChauf (n) [kWh] : consommation relevée d'énergie finale de chauffage de l'année n ;
- « – DJChauf (Tbase, moyen) [°C.jour] : nombre de degrés jour chauffage moyen statistique sur la période 2001-2020 de la station météo considérée selon la base de température de base déterminée par la catégorie d'activité ;
- « – DJChauf (Tbase, n) [°C.jour] : degrés jour chauffage de l'année n de la station météo considérée selon la base de température de base déterminée par la catégorie d'activité ;
- « – SChauf [m²] : surface chauffée. » ;

« 2° L'ajustement en fonction des variations climatiques de la part des consommations d'énergie liées au refroidissement s'effectue selon la méthode suivante :

« Lorsque la consommation liée au refroidissement est connue à partir de compteurs d'énergie :

$$AC etefRefruid(n) = \frac{CefRefruid(n)}{DJRefruid(Tbase, n)} \times [DJRefruid(Tbase, moyen) - DJRefruid(Tbase, n)]$$

« sinon :

« – pour les locaux d'activité toutes catégories confondues, à l'exception des activités de logistique de froid, de froid commercial, et de conservation de documents ou de collections :

$$\begin{aligned} ACefRefruid(n) &= [Valeur Refroid CVC \times \frac{Conso Totale (n)}{Cabs (n)}] \times SRefruid(n) \\ &\times [DJRefruid(Tbase, moyen) - DJRefruid(Tbase, n)] \end{aligned}$$

« – pour les activités de froid commercial :

$$\begin{aligned} ACefRefruid(n) &= [Valeur Refroid USE \times \frac{Conso Totale (n)}{Cabs (n)}] \times Srefroid(n) \\ &\times [DJRefruid(Tbase, moyen) - DJRefruid(Tbase, n)] \end{aligned}$$

« – pour les activités de logistique de froid :

$$\begin{aligned} ACefRefruid(n) &= [Valeur Refroid USE \times \frac{Conso Totale (n)}{Cabs (n)}] \times Srefroid(n) \times Hrefroid(n) \\ &\times [DJRefruid(Tbase, moyen) - DJRefruid(Tbase, n)] \end{aligned}$$

« – pour les activités de conservation de documents ou de collections avec contraintes hygrothermiques :

$$ACefRefroid(n) = [Valeur Refroid USE \times \frac{Conso Totale (n)}{Cabs (n)}] \times Srefroid(n) \\ \times [DJRefroid(Tbase, moyen) - DJRefroid(Tbase, n)]$$

« avec :

- « – Valeur Refroid CVC [kWh/m²/degé jour] : Valeur de la part refroidissement CVC déclinée selon la zone géographique et l'altitude d'implantation de l'entité fonctionnelle concernée pour les locaux d'activités hors logistique de froid, froid commercial et zone de conservation de documents ou de collections, présentée en annexe III ;
- « – Conso Totale (n) [kWh/m²/an] : Ratio de la consommation énergétique totale pour l'année n de l'entité fonctionnelle assujettie ;
- « – Cabs (n) [kWh/m²/an] : Objectif de consommation énergétique exprimé en valeur absolue, le cas échéant modulé, pour l'année n de l'entité fonctionnelle assujettie ;
- « – Valeur Refroid USE [kWh/m²/degé jour] : Valeur de la part refroidissement USE déclinée selon la zone géographique et l'altitude d'implantation de l'entité fonctionnelle concernée pour les activités de logistique de froid, de froid commercial ou de zone de conservation de documents ou de collections avec contraintes hygrothermiques, présentées en annexe III ;
- « – ACefRefroid (n) [kWh] : Ajustement due aux variations météorologiques de la quantité d'énergie finale nécessaire au refroidissement des ambiances et des process de production de froid décentralisée pour l'année n. L'ajustement s'effectue sur la consommation contenant le poste refroidissement. Il peut être positif ou négatif selon les conditions météorologiques ;
- « – CefRefroid (n) [kWh] : consommation relevée d'énergie finale de refroidissement de l'année n ;
- « – DJRefroid (Tbase, moyen) [°C.jour] : nombre de degrés jour refroidissement moyen statistique sur la période 2001-2020 de la station météo considérée selon la base de température de base déterminée et par la catégorie d'activité ;
- « – DJRefroid (Tbase, n) [°C.jour] : degrés jour refroidissement de l'année n de la station météo considérée selon la base de température de base déterminée par la catégorie d'activité ;
- « – SRefroid [m²] : surface refroidie. La hauteur est intégrée au niveau de la surface avec une valeur forfaitaire de 3,00 m, à l'exception de la logistique de froid ;
- « – HRefroid [m] : Hauteur refroidie pour la logistique de froid. »

Ces ajustements sont calculés automatiquement par la plateforme OPERAT.

Pour les ajustements, les hypothèses suivantes ont été prises (à partir des données du sondage) :

- CVC = 62 kWh/m²/an
- USE = 24 kWh/m²/an (avec T_occ = 75, Surf_poste = 49, Nb_h ouverts = 3380)
- ValeurChaufCVC = 0,039 kWh/m²/an/(°C.jour)
- ValeurRefroidCVC = 0,084 kWh/m²/an/(°C.jour)
- DJChaud(Tbase, moyen) = 2217 °C.jour (moyenne de 2009 à 2020)
- DJRefroid(Tbase, moyen) = 598 °C.jour (moyenne de 2009 à 2020)

En appliquant cet ajustement, l'année de janvier 2018 à décembre 2018 correspond à la consommation la plus importante. C'est donc l'année conseillée comme année de référence décret tertiaire.

Ainsi : **Consommation_référence_DT = 275 328 kWh**

Ainsi pour la suite de l'étude :

- **L'année de référence STD est choisie de septembre 2020 à aout 2021** : Cette année sera la base du modèle thermique (hypothèses d'occupation et d'utilisation des locaux). Le modèle thermique cherchera à se rapprocher des consommations de cette période.
- **L'année de référence Décret Tertiaire est choisie de janvier 2018 à décembre 2018** : Cette consommation sera la référence pour les calculs de réduction de consommation.

Attention, les années entre 2010 et 2017 n'ont pas pu être étudiées par manque de données.

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 5.23.1.0, 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.

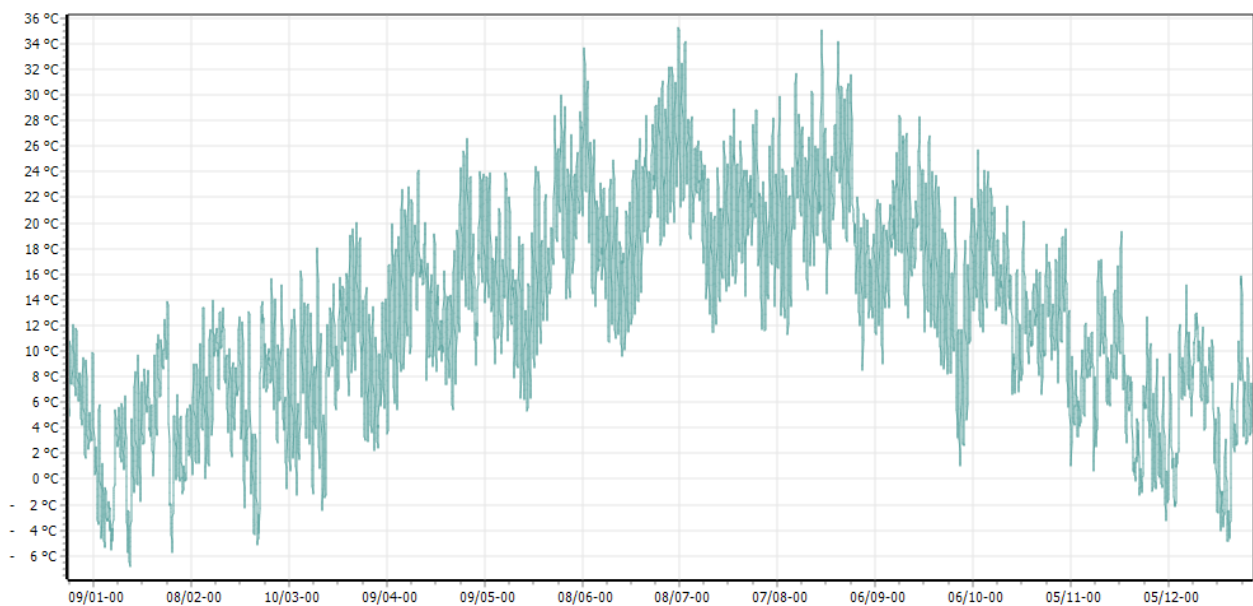


Figure 9 – Evolution annuelle des températures extérieures selon le scénario météorologique utilisé

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.

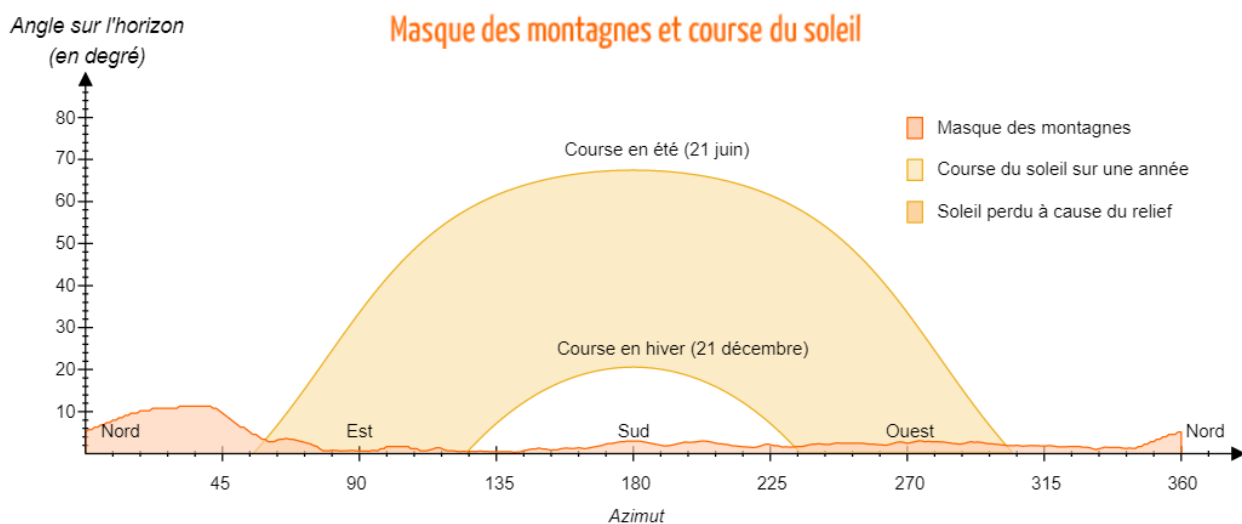


Figure 10 - Masques liés relief (source : Héliorama)

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.

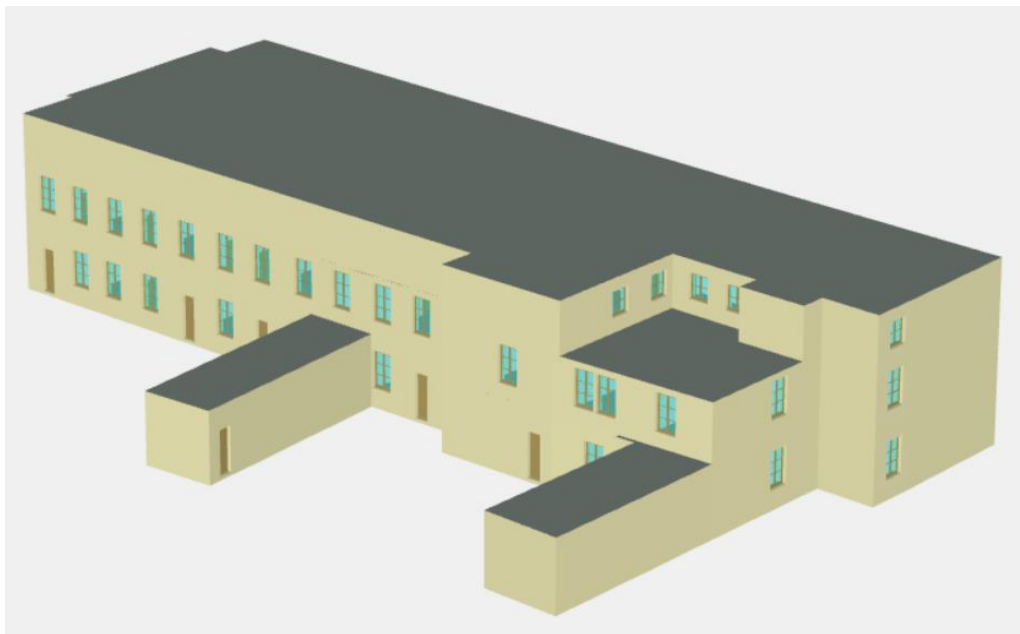


Figure 11 - Vue 3D de la maquette

10.1.3. Zoning de l'étude

Les locaux sont répartis dans plusieurs zones thermiques :

Chaudière
Espaces non utilisés
Salle de réunion
Bureau
Circulation
Sanitaires
Ascenseur
Hall + accueil
Archives + rangement
Cuisine
Reprographie
Local info
Archives hors env aérolique
Logement - Chambres
Logement - salon
Logement - Cuisine
Logement - Bureau
Logement - Sanitaires
Logement - Circulations

Figure 12 : Zones thermiques de l'étude

Le zoning de l'étude est présenté ci-dessous



Figure 13 - Zoning du RdC

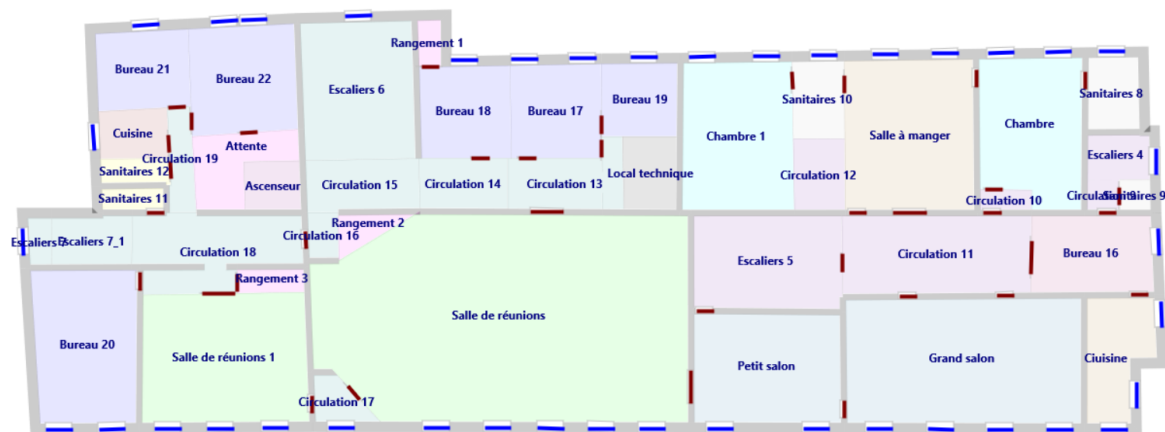


Figure 14 - Zoning du R+1

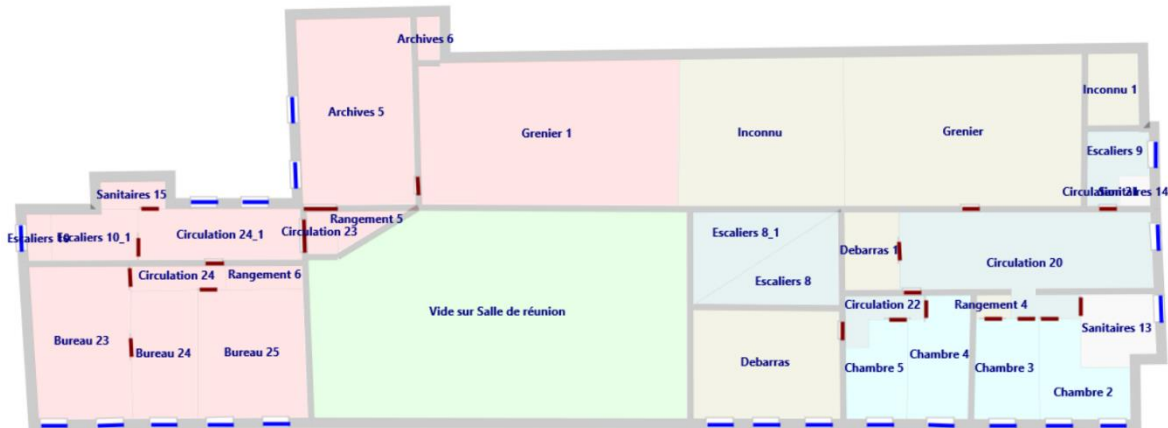


Figure 15 : Zoning du R+2

10.1.4. Hypothèses constructives

10.1.4.1. Définition des parois

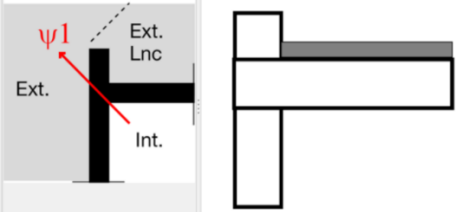
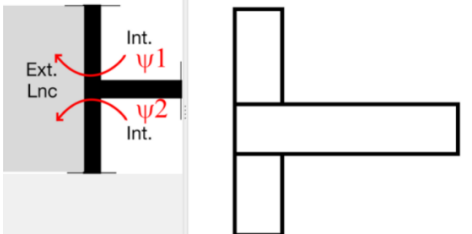
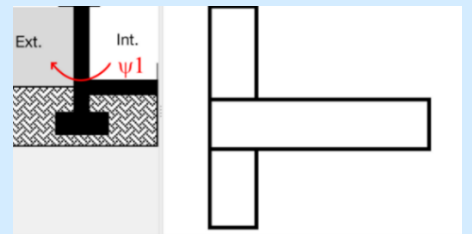
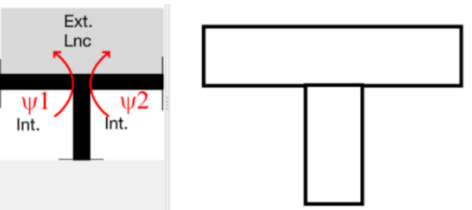
Les parois sont définies comme suit :

Dénomination	Composition	R [W/m².K]
Murs extérieurs	Mur épais en pisé	0,59
Plancher haut	Laine de verre 10 cm	2,37

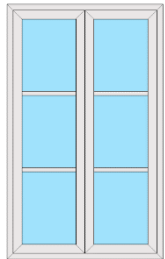
Le niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe est pris égal à $Q_{4Pa} = 1,7 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$.

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]
c.1 – Br Nisol – PI isol dessus		$\psi = 0,73$
b.1 – Br Nisol – BP		$\psi = 0,68$
a.1 – Br Nisol – D Nisol		$\psi = 0,28$
d.2 – Br Nisol - Br		$\psi = 0,59$

10.1.6. Définition des menuiseries

Dénomination	Performances globales	Représentation graphique	Source
Menuiseries bois	RCL = 60% Uw = 2,1 W/m².K Sw = 0,38 Tlw = 0,42		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, 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.

La chaudière est réglée sur une température de consigne de 19°C de 6h à 22h. Un mode réduit est mis en place la nuit. La température du mode réduit est estimée à 15°C.

10.1.7.2. Occupation

Dans les différents locaux, un scénario d'occupation est simulé (en nombre d'occupants / m²) :

- Bureaux :

	00:00 -> 07:00	07:00 -> 08:00	08:00 -> 09:00	09:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 14:00	14:00 -> 16:00	16:00 -> 17:00	17:00 -> 18:00	18:00 -> 19:00	19:00 -> 20:00	20:00 -> 00:00
Semaine	0	0,01	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,03	0,01	0,01	0
Week-end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Salles de réunion :

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

- Cuisine / réfectoire

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 00:00
Semaine	0	0,75	0
Week-end	0	0	0

- Accueil et hall

	00:00 -> 12:00	09:00 -> 12:00	12:00 -> 00:00
L, Ma, J, V	0	0,02	0
Me et Week-end	0	0	0

Ces données proviennent d'un sondage concernant l'utilisation des locaux dans lequel les occupants ont indiqué leurs heures d'arrivée et de départ habituelles ainsi que le temps de pause à midi.

Pour le logement, étant donné le peu d'informations sur l'occupation des locaux, un scénario type de maison individuelle a été utilisé dans les simulations.

- Logement

	00:00 -> 6:00	6:00 -> 10:00	10:00 -> 14:00	14:00 -> 18:00	18:00 -> 22:00	22:00 -> 00:00
L, Ma, J, V	0,016	0,02	0	0	0,02	0,016
Mercredi	0,016	0,02	0	0,02	0,02	0,016
Week-end	0,016	0,02	0,02	0,02	0,02	0,016

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 : 500 Lux pendant les horaires d'occupation
- > Hall / Circulation : 100 Lux
- > Sanitaires : 200 Lux
- > Logement : 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 :

Locaux	Puissance d'éclairage	Gestion
Bureau	9 W/m ²	Commande manuelle, pas de gradation avec la lumière du jour
Bureau médecin	16 W/m ²	Commande manuelle, pas de gradation avec la lumière du jour
Circulation	11 W/m ²	Commande manuelle, pas de gradation avec la lumière du jour
Hall	4 W/m ²	Commande manuelle, pas de gradation avec la lumière du jour
Salle de réunion	3 W/m ²	Commande manuelle, pas de gradation avec la lumière du jour
Sanitaires	11 W/m ²	Commande manuelle, pas de gradation avec la lumière du jour

10.1.7.3.3. Usages spécifiques

Les consommations spécifiques suivantes sont prises en compte :

> Bureaux (en W/m²)

	00:00 -> 07:00	07:00 -> 08:00	08:00 -> 09:00	09:00 -> 16:00	16:00 -> 17:00	17:00 -> 18:00	18:00 -> 19:00	19:00 -> 20:00	20:00 -> 00:00
Semaine	0,300	0,720	5,100	7,200	6,000	3,600	1,200	0,870	0,300
Week-end	0	0	0	0	0	0	0	0	0

> Salles de réunion (en W/m²)

	00:00 -> 10:00	10:00 -> 12:00	12:00 -> 00:00
Semaine	0	2,50	0
Week-end	0	0	0

> Cuisine (en W/m²)

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 00:00
Semaine	30	50,00	30
Week-end	30	30	30

> Accueil et hall (en W/m²)

	00:00 -> 9:00	9:00 -> 12:00	12:00 -> 00:00
L, Ma, J, V	0	3,00	0
Me et Week	0	0	0

> Reprographie (en W)

	00:00 -> 09:00	09:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 17:00	17:00 -> 00:00
Semaine	0	163	20	163	0
Week-end	0	0	0	0	0

> Logement : puissance électrique (en W/m²)

	00:00 -> 6:00	6:00 -> 10:00	10:00 -> 14:00	14:00 -> 18:00	18:00 -> 22:00	22:00 -> 00:00
L, Ma, J, V	1,14	5,70	1,14	1,14	5,70	1,14
Mercredi	1,14	5,70	1,14	5,70	5,70	1,14
Week-end	1,14	5,70	5,70	5,70	5,70	1,14

> Logement : puissance gaz (cuisine) (en W)

	00:00 -> 7:00	7:00 -> 8:00	8:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 20:00	20:00 -> 21:00	21:00 -> 00:00
L, Ma, J, V	0	80	0	0	0	400	0
Mercredi	0	80	0	400	0	400	0
Week-end	0	80	0	400	0	400	0

> Serveur informatique : 500 W en permanence

10.1.7.4. 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 -> 7:00	7:00 -> 20:00	20:00 -> 00:00
Semaine	0	18	0
Week-end	0	0	0

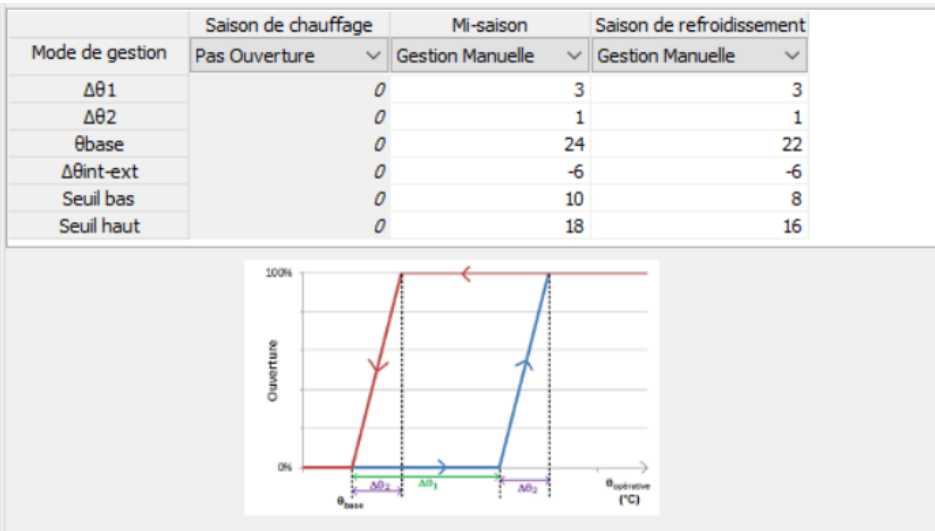
Pour la cuisine :

	00:00 -> 12:00	12:00 -> 13:00	13:00 -> 00:00
Semaine	0	45	0
Week-end	0	0	0

Pour le logement, un scénario classique a été utilisé.

10.1.7.5. 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)	
Sanitaires	15
Cuisine logement	90 m3/h de 12 h à 13h et de 20h à 21h 30 m3/h en mode réduit

10.1.8.1.2. Ventilations mécaniques

Les puissances suivantes sont prises en compte :


Puissance extraction [Wh/m3]	
VMC cuisine et sanitaires	0,3





10.1.8.2. Production




10.1.8.2.1. Chaleur et froid

La production calorifique est assurée par une chaudière gaz à condensation de 2008.

Le local serveur est traité par une pompe à chaleur pour la production de chauffage et de refroidissement.

Nom	Chaudière gaz		
Complément			
Origine			
Générateur	Chaudière gaz à condensation		
Mode	<input checked="" type="radio"/> Chauffage <input type="radio"/> ECS <input type="radio"/> Chauffage et ECS		
Puissance nominale	353 kW	<input type="checkbox"/> Cogénération	
 <input type="checkbox"/> Générateur existant			
Combustible gaz	<input checked="" type="radio"/> Gaz naturel <input type="radio"/> GPL (propane ou butane)		
Brûleur	<input type="radio"/> Atmosphérique <input checked="" type="radio"/> Avec ventilateur ou autre dispositif		
<input type="checkbox"/> Clapets sur conduit de fumées	<input type="checkbox"/> Tout par défaut		
Rendement PCI à puissance nominale	97.3 %	Valeur certifiée	
Rendement PCI à puissance intermédiaire	107.7 %	Valeur déclarée	
Puissance utile intermédiaire du générateur	110 kW	Valeur par défaut	
Pertes à l'arrêt mesurées ou par défaut	1230.995 W	Valeur par défaut	
Puissance électrique à charge nominale	10 W	Valeur mesurée	
Puissance électrique à charge nulle	8 W		
Température max. de fonctionnement	70.00 °C	Valeur par défaut	
Température min. de fonctionnement	30.00 °C	Valeur par défaut	

Alimentation	<input type="radio"/> Gaz <input checked="" type="radio"/> Electrique	Mode	Reversible (Ch. + Clim.)
Générateur	Machine reversible air extérieur / air recyclé		
 Utilisable en RT ex.	<input type="checkbox"/> Générateur existant		
<input type="checkbox"/> DRV			
 Chauffage  Refroidissement			
Description fonctionnement à pleine charge			
Valeurs			
<input checked="" type="radio"/> Certifiées <input type="radio"/> Justifiées <input type="radio"/> Déclarées <input type="radio"/> Par défaut			
Température amont	-7°C, 7°C		
Température aval	20°C		
			
Description de la charge partielle			
Valeurs			
<input checked="" type="radio"/> Déclarées <input type="radio"/> Par défaut			
Systèmes d'émission	Ventilo-convecteurs, plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible		
Fonctionnement du compresseur/brûleur			
<input checked="" type="radio"/> De façon continue <input type="radio"/> Cycle marche/arrêt			
Etat en mode continu			
<input type="radio"/> Certifié <input type="radio"/> Justifié <input checked="" type="radio"/> Par défaut			
Valeur de la part des auxiliaires			
<input checked="" type="radio"/> Certifiée <input type="radio"/> Justifiée <input type="radio"/> Par défaut			
Part des auxiliaires	0.001		
Source amont			
Puissances des ventilateurs 0 W			
Limites de fonctionnement			
Pas de limite des températures de sources			

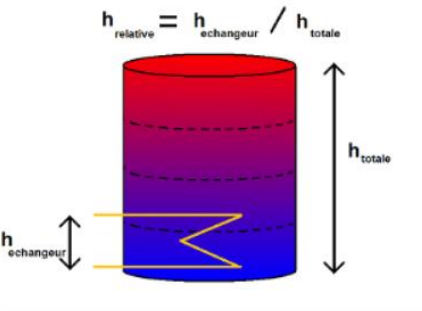
 Chauffage  Refroidissement			
Description fonctionnement à pleine charge			
Valeurs			
<input checked="" type="radio"/> Certifiées <input type="radio"/> Justifiées <input type="radio"/> Déclarées <input type="radio"/> Par défaut			
Température amont	35°C		
Température aval	27°C		
			
Description de la charge partielle			
Valeurs			
<input checked="" type="radio"/> Déclarées <input type="radio"/> Par défaut			
Systèmes d'émission	Systèmes à air		
Fonctionnement du compresseur/brûleur			
<input checked="" type="radio"/> De façon continue <input type="radio"/> Cycle marche/arrêt			
Etat en mode continu			
<input type="radio"/> Certifié <input type="radio"/> Justifié <input checked="" type="radio"/> Par défaut			
Valeur de la part des auxiliaires			
<input checked="" type="radio"/> Certifiée <input type="radio"/> Justifiée <input type="radio"/> Par défaut			
Part des auxiliaires	0.0009		
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 plusieurs ballons.

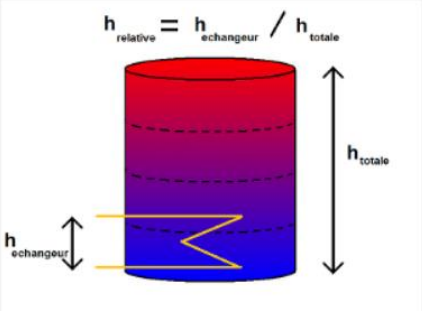
4 ballons assurent l'ECS des sanitaires des bureaux.

Volume (VTot)	<input type="text" value="50"/>	Température max (θmax)	<input type="text" value="55"/> °C
Hauteur relative	<input type="text" value="20"/>		
Pertes thermiques (UA)	Valeur par défaut	<input type="text" value="1.04"/> W/K	<input type="text" value="1.123"/> kWh/jr
Nature du ballon	Ballon ECS effet Joule vertical de volume inférieur à 75L		



Un ballon de 15 L assure les besoins du réfectoire.

Volume (VTot)	<input type="text" value="15"/>	Température max (θmax)	<input type="text" value="55"/> °C
Hauteur relative	<input type="text" value="20"/>		
Pertes thermiques (UA)	Valeur par défaut	<input type="text" value="0.541"/> W/K	<input type="text" value="0.585"/> kWh/jr
Nature du ballon	Ballon ECS effet Joule vertical de volume inférieur à 75L		



Dans le logement, un ballon de 200 L a été simulé.

10.1.8.3. Emission

Les locaux sont traités avec des radiateurs à eau chaude.

Nom	Radiateur à eau chaude		
Complément			
Origine			
Emetteur	<input checked="" type="checkbox"/> Chaud <input type="checkbox"/> Froid		
	Émetteur chaud		
	Radiateur à eau chaude		
	Émetteurs muraux rayonnants (panneaux rayonnants, radiateurs à eau chaude...)		
Variation temporelle	Valeur certifiée		1.2 °C
Variation spatiale	Classe B3		
Ventilateurs locaux			
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 STD est celle de septembre 2020 à aout 2021**. Cette période permet de prendre en compte la régularisation des consommations d'aout.

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

	Electricité [kWh]	Gaz [kWh]
<i>Septembre</i>	3982	4552
<i>Octobre</i>	6052	19684
<i>Novembre</i>	5206	29469
<i>Décembre</i>	6417	38484
<i>Janvier</i>	6254	41563,51
<i>Février</i>	5295	46376
<i>Mars</i>	5897	32130
<i>Avril</i>	4905	20914
<i>Mai</i>	4515	9196
<i>Juin</i>	5993	5751
<i>Juillet</i>	1474	4265
<i>Aout</i>	2819	-21017
Total	58 809	231 368

De façon plus détaillée :

	Electricité - Bureaux [kWh]	Electricité - Logement [kWh]	Gaz - Bureau + chauffage logement [kWh]	Gaz - Cuisine logement [kWh]
<i>Septembre</i>	2 977	1 005	4 543	9
<i>Octobre</i>	4 701	1 351	19 671	13
<i>Novembre</i>	4 052	1 154	29 455	14
<i>Décembre</i>	5 147	1 270	38 470	14
<i>Janvier</i>	5 326	928	41 563	1
<i>Février</i>	4 395	900	46 362	14
<i>Mars</i>	4 839	1 058	32 115	15
<i>Avril</i>	3 995	910	20 902	12
<i>Mai</i>	3 606	909	9 186	10
<i>Juin</i>	4 688	1 305	5 742	9
<i>Juillet</i>	822	652	4 255	10
<i>Aout</i>	1 836	983	- 21 108	91
Total	46 384	12 425	231 156	212

Pour pouvoir analyser les consommations mensuelles avec la simulation, une correction a été appliquée pour se rapprocher de relevés mensuels.

Pour cela il a été estimé que les consommations de gaz pour le chauffage étaient nulles du mois de mai à septembre. Les consommations de gaz sur cette période ont été « déplacées » sur les mois restants pour que la consommation totale soit toujours correcte. Les consommations corrigées sont les suivantes :

	Gaz - Bureau + chauffage logement [kWh] modifié	Gaz - Cuisine logement [kWh]
<i>Septembre</i>	-	9
<i>Octobre</i>	20 045	13
<i>Novembre</i>	29 829	14
<i>Décembre</i>	38 844	14
<i>Janvier</i>	41 937	1
<i>Février</i>	46 736	14
<i>Mars</i>	32 489	15
<i>Avril</i>	21 276	12
<i>Mai</i>	-	10
<i>Juin</i>	-	9
<i>Juillet</i>	-	10
<i>Aout</i>	-	91
Total	231 156	212

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 moins important sur la période estivale.

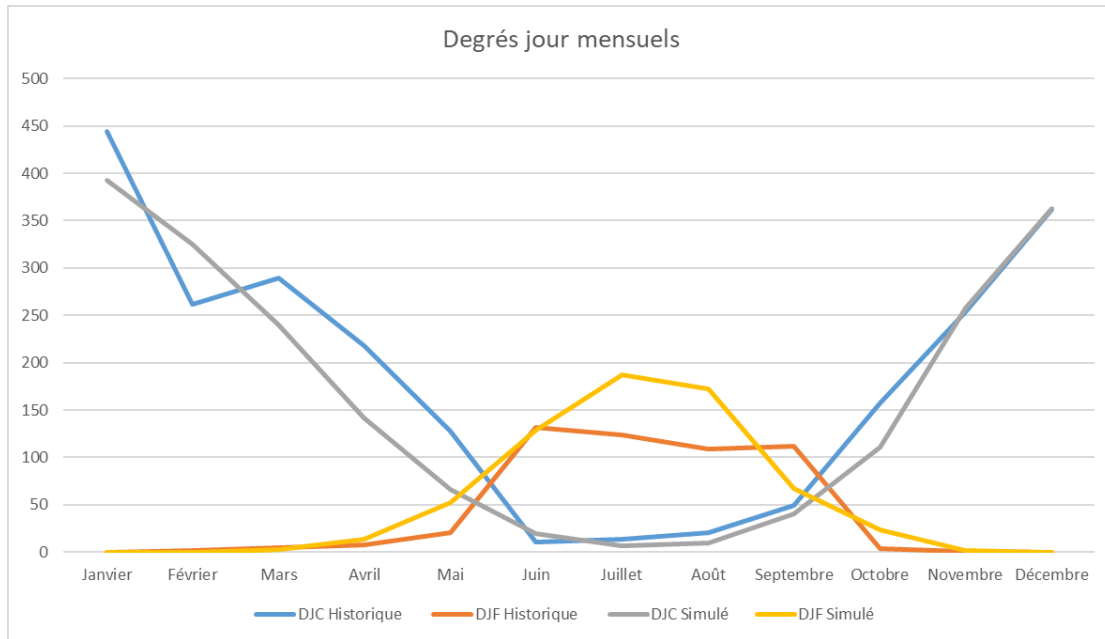


Figure 16 - Comparaison des DJC et DJF historiques (réels) et simulés (Météo Moyen)

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	2208	517
DJU simulé	1971	649
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	1,045 (rendement moyen de la simulation)	3,24
Coefficient d'ajustement	112%	25%

10.2.2. Consommations évaluées par la STD

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

Consommations [kWh]									
	Chauffage		Refroidissement	ECS	Auxiliaires de distribution	Eclairage	Equipements		Ventilation
Vecteur	Gaz	Elec	Elec	Elec	Elec	Elec	Elec	Gaz	Elec
Janvier	51 984	133	-	625	563	1 932	2 507	20	73
Février	40 370	114	-	551	461	1 686	2 245	18	66
Mars	28 862	107	-	567	390	1 856	2 481	20	73
Avril	11 599	76	-	507	204	1 774	2 395	20	71
Mai	-	-	-	476	-	1 932	2 507	20	36
Juin	-	-	69	375	-	1 774	2 395	20	50
Juillet	-	-	256	328	-	1 852	2 902	19	73
Août	-	-	229	339	-	1 894	2 237	12	73
Septembre	-	-	105	379	-	1 697	2 373	20	62
Octobre	6 211	33	-	475	92	1 932	2 507	20	48
Novembre	31 519	106	-	532	396	1 850	2 417	19	71
Décembre	46 666	124	-	582	520	1 677	2 213	15	71
Total	217 211	692	659	5 737	2 625	21 856	29 178	223	765

Le total des consommations s'élève donc à :

	Gaz	Electricité	Total
Consommations calculées brutes [kWh]	217 434	61 736	279 170
Consommations ajustées [kWh]	233 027	61 065	296 137
Consommations relevées [kWh]	231 368	58 809	290 177
Ecart relatif à la consommation relevée	+ 0,7 %	+ 3,8 %	+ 1,35 %

L'évolution annuelle des consommations simulées est la suivante :

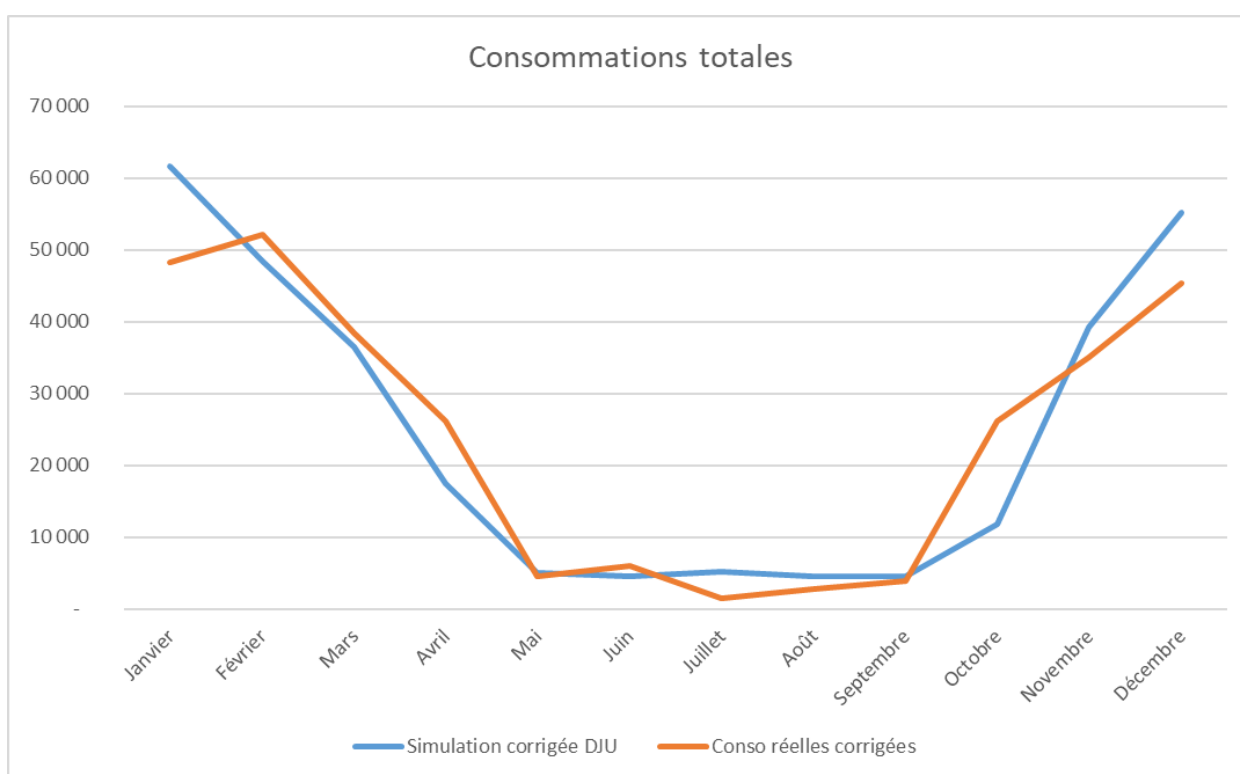


Figure 17 - Comparaison des consommations réelles et celles simulées sur une année

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.

10.2.3. 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.

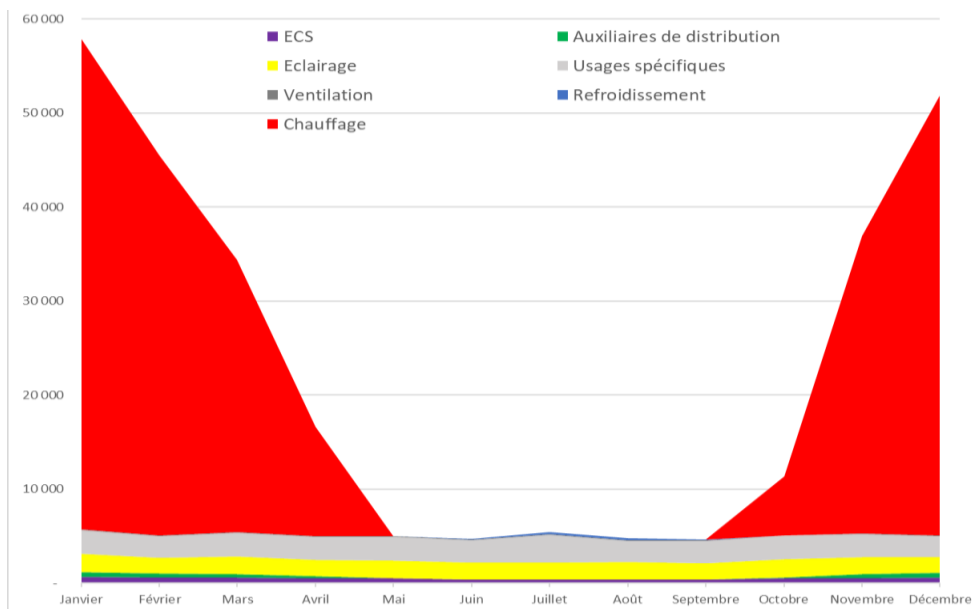


Figure 18 - Décomposition des consommations énergétiques mois par mois établies à partir du modèle numérique construit

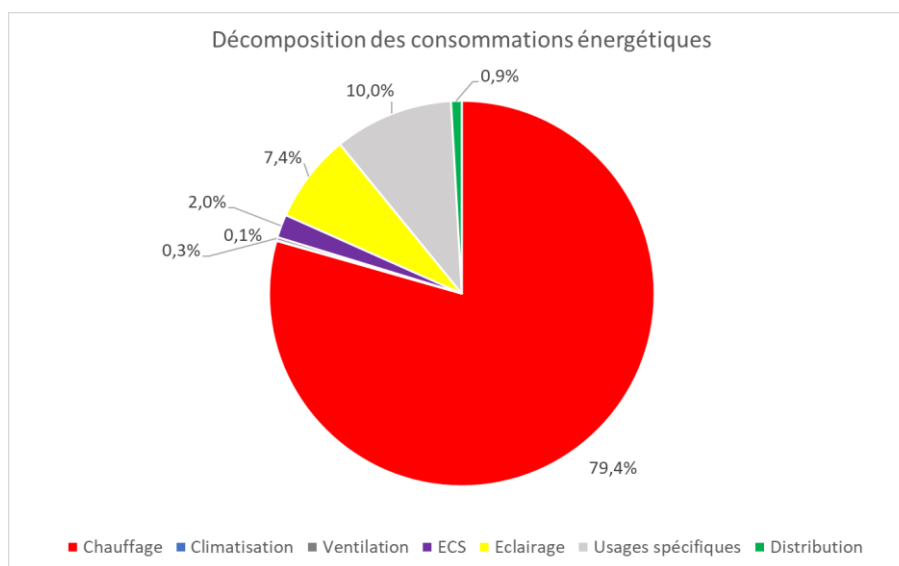


Figure 19 - Décomposition des consommations énergétiques établies à partir du modèle numérique construit

Cette décomposition confirme l'importance du chauffage dans les consommations énergétiques du bâtiment (80 % des consommations).

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

- > Les usages spécifiques : Les consommations des usages spécifiques correspondent à l'utilisation d'équipements informatiques (ordinateur, écran, serveur...) mais aussi des ventilateurs et des climatiseurs d'appoint en été.
- > L'éclairage : Les puissances d'éclairage dans les locaux sont importantes en raison des grands volumes et d'un nombre de menuiseries limités. De plus, la commande manuelle par interrupteurs ne permet pas une extinction automatique en cas d'absence.



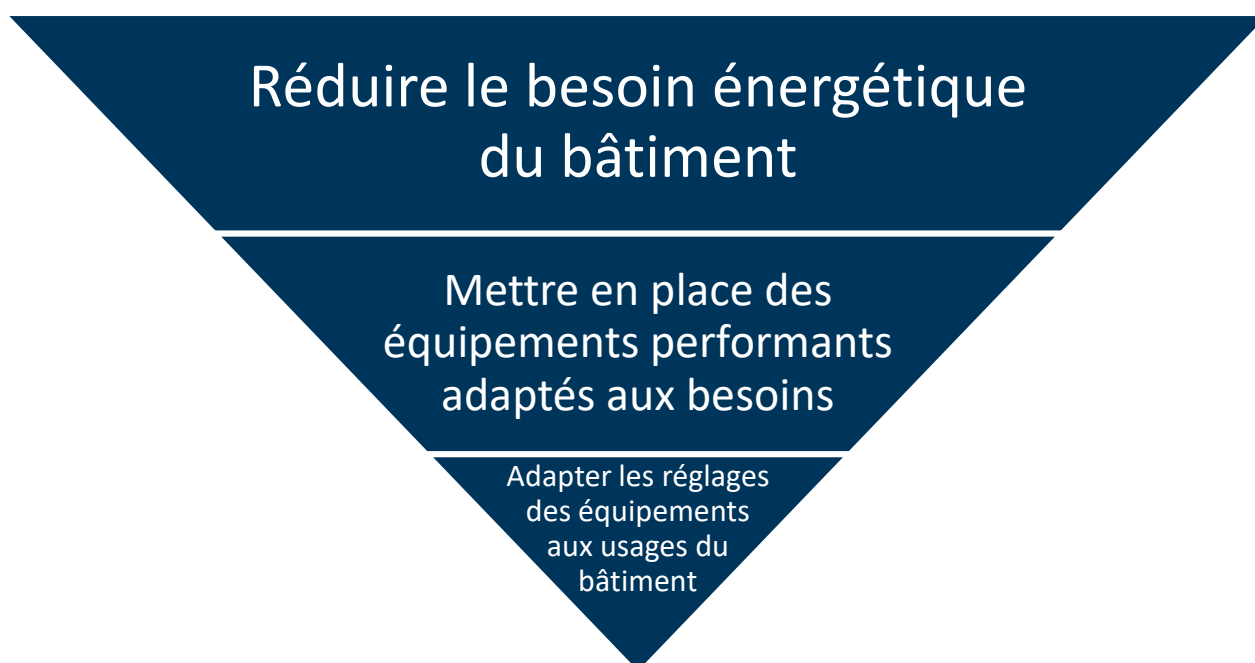
D. PROGRAMME D'AMELIORATION

11. DEMARCHE ET ACTIONS PRECONISEES DANS LE CADRE DU DECRET TERTIAIRE

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 80% de sa consommation totale.

La démarche proposée dans le cadre de notre étude consiste dans un premier temps à réduire le besoin énergétique du bâtiment. Cette étape constitue la première étape de la mise en place d'un processus de rénovation performante. Une fois les besoins énergétiques optimisés, il est nécessaire de mettre en place des équipements performants puis d'adapter les réglages des équipements aux usages du bâtiment.



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.

La situation de base correspond à la simulation présentée précédemment permettant de retrouver les consommations réelles du bâtiment.

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. Amélioration des performances de l'enveloppe

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

Pendant la visite réalisée sur site, il a été identifié que les murs extérieurs étaient en pisé.

Le pisé est un matériau compliqué à isoler en raison des problématiques d'humidité dans le mur. Il est important de réguler l'humidité d'un mur en terre crue : trop humide le mur se décompose, trop sec, le mur s'effrite.

Les matériaux isolants ainsi que la méthode d'isolation doivent donc être choisis avec précaution pour s'adapter à ces conditions particulières. Il est donc fortement conseillé de faire appel à un bureau d'étude spécialisé pour tout travaux concernant la façade du bâtiment.

11.2.1.1.1. Descriptif

Cette solution consiste à ajouter un complexe d'isolation intérieure, constitué de panneaux d'isolants (en laine minérale), 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.

11.2.1.1.2. 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.

11.2.1.1.3. Inconvénients

- > Réduction la surface de plancher du bâtiment
- > Ne permet pas une requalification des façades du bâtiment.
- > Nécessite la dépose et repose des radiateurs, des faux-plafonds et de l'ensemble des équipements présents sur la façade.
- > Suppose des travaux qui peuvent s'avérer difficiles à organiser en site occupé.

11.2.1.1.4. Gain énergétique

- > Pour une isolation intérieure de 10 cm, le gain énergétique est de – **17,4 %** par rapport à la référence STD.

11.2.1.1.5. Cout de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 125 000 €HT (en prenant en compte la dépose des éléments présents sur les façades).

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

Pour les mêmes raisons que pour l'isolation par l'intérieur, il est conseillé de faire appel à un bureau d'étude spécialisé pour l'isolation par l'extérieur des murs en pisé. Les matériaux isolants ainsi que la méthode d'isolation doivent donc être choisis avec précaution pour s'adapter à ces conditions particulières.

11.2.1.2.1. 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
- > Mise en place d'une vêtue

Comme un ravalement de façade est déjà prévu pour le site, l'objectif serait donc d'isoler les murs extérieurs en même temps pour réduire les couts.

11.2.1.2.2. Intérêt

- > L'isolation des façades permet une forte diminution du besoin de chauffage du bâtiment (notamment une suppression des ponts thermiques des planchers intermédiaires)

11.2.1.2.3. Inconvénients

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

11.2.1.2.4. Gain énergétique

- > Pour une isolation extérieure de 10 cm, le gain énergétique correspondant est de - **23,8 %**.

11.2.1.2.5. Cout de l'installation

Le cout de l'isolation extérieure est estimé à 57 000 € HT.

Nota : Compte tenu du fait qu'un ravalement de façade est déjà prévu sur le bâtiment, nous n'avons indiqué ici que le surcoût lié à la mise en œuvre d'une isolation supplémentaire pendant ces travaux. Ce cout comprend donc seulement le prix de l'isolant, sans prendre en compte les coûts liés à l'échafaudage et à l'enduit (déjà pris budgétisés par ailleurs dans le cadre du ravalement de façade).

11.2.1.3. Amélioration de l'isolation du plancher haut

Une variante concernant l'amélioration de l'isolation du plancher haut a été simulée. Actuellement, le plancher haut est isolé avec une laine de verre (légèrement tassée) d'épaisseur 10 cm.

Le gain énergétique correspondant à rajouter une épaisseur d'isolant de 5cm (ce qui ferait 15cm d'isolant au total) est évalué à - **1,5 %**.

Il est donc conseillé de prioriser les variantes concernant l'isolation des façades pour lesquelles le gain énergétique est largement supérieur.

11.2.1.4. Changement des menuiseries

11.2.1.4.1. Descriptif

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

11.2.1.4.2. Intérêt

- > La mise en œuvre de menuiseries avec un U_w inférieur à $1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ 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.

11.2.1.4.3. Inconvénients

- > Coût élevé

11.2.1.4.4. Gain énergétique

- > Le gain énergétique après changement des menuiseries est estimé à -**1,1 %** par rapport à la référence STD.

11.2.1.4.5. Cout de l'installation

Le coût d'installation correspondant est estimé à 161 500 €HT.

11.2.1.5. Réduction de la hauteur sous plafond

11.2.1.5.1. Descriptif

Le bâtiment possède aujourd'hui des hauteurs sous plafond très impressionnante entre 3 et 4 m pour la quasi-totalité des locaux. Cette hauteur sous plafond entraine un volume à chauffer très important et permet d'expliquer les consommations de chauffage importante.

Il serait alors intéressant de diminuer cette hauteur en ajoutant des faux plafonds pour limiter le volume à chauffer.

11.2.1.5.2. Avantage

- > Amélioration du confort
- > Diminution de la consommation de chauffage

11.2.1.5.3. Inconvénient

- > Modification esthétique du bâtiment
- > Investissement important

11.2.1.5.4. Gain énergétique

En limitant la hauteur sous plafond dans les bureaux à 2,7 m, le gain énergétique est de **-3,7 %** par rapport à la référence STD.

11.2.1.5.5. Cout de l'installation

Le cout de l'installation est estimé à 60 000€HT.

11.2.1.6. Remarques sur la rénovation de l'enveloppe

En combinant l'isolation par l'intérieur et le changement des menuiseries pour améliorer la performance de l'enveloppe, le gain énergétique est de 20%. Cette valeur très élevée s'explique par le fait que les murs actuels ne sont pas isolés et sont donc source de nombreuses déperditions.

Même si le coût de l'opération est très élevé, il sera nécessaire de réaliser les travaux associés à moyen terme. En effet, une enveloppe performante permet non seulement de limiter les déperditions et donc les consommations de chauffage, mais aussi de diminuer considérablement la puissance installée des installations énergétiques. Ces travaux doivent donc être faits avant la rénovation de la chaudière gaz actuelle.

11.2.2. Amélioration de la performance énergétique des équipements

La deuxième étape consiste en la mise en place d'équipements performants.

A court terme, il est proposé une campagne de remplacement des têtes thermostatiques sur les radiateurs ainsi que le remplacement des circulateurs par des circulateurs à débit variable. Concernant l'éclairage, il est également proposé de rénover les luminaires en les remplaçant par des LEDs et en mettant en place une gestion plus adaptée.

A moyen terme, il sera intéressant de travailler sur la régulation, l'équilibrage des réseaux et sur la séparation des réseaux hydrauliques.

A long terme, le remplacement de la chaudière sera nécessaire et donc un équipement performant sera proposé. En effet, la chaudière a été installée en 2008, elle a donc actuellement 15 ans. Or, la durée de vie classique d'une chaudière est environ entre 20 et 30 ans.

11.2.2.1. Optimisation du fonctionnement des émetteurs

Pour réduire la consommation énergétique globale du bâtiment, il est nécessaire d'améliorer le fonctionnement des radiateurs. Pour cela, 3 actions différentes ont été envisagées.

Généralisation la présence de robinets thermostatiques

Aujourd'hui, la plupart des radiateurs possèdent des têtes thermostatiques. Ces éléments permettent de régler et réguler plus facilement et plus précisément les radiateurs. L'objectif de cette rénovation à court terme serait donc de rajouter des têtes thermostatiques sur les radiateurs qui n'en sont pas équipés.

Les têtes thermostatiques permettent de régler la consigne de chauffage. Plus la tête thermostatique est performante, plus la variation temporelle de l'émetteur sera faible. La variation temporelle caractérise la précision de la régulation du radiateur. Plus elle est faible, plus la valeur de la température sera proche de la consigne. Une faible variation temporelle permet donc de diminuer les besoins en chauffage.

Il est difficile d'estimer à l'avance de façon précise les gains énergétiques qui pourront être réalisés sur le projet. Cependant, il est considéré dans la plupart des cas qu'une mauvaise régulation de chauffage d'1°C en trop correspond à une surconsommation de 7 ou 8%.

Le coût de l'opération est estimé à 1 800 €HT. Le temps de retour sur investissement est alors inférieur à 5 ans.

Réduction de la plage de fonctionnement des têtes thermostatiques

Il est également conseillé de réduire la plage de fonctionnement des têtes thermostatiques (de 0 à 4 au lieu de 0 à 6) pour éviter l'apparition de zones trop chaudes dans certaines parties du bâtiment.

Cette opération consiste en le placement d'une partie métallique qui vient bloquer le robinet thermostatique et qui évite donc les surconsommations ; elle est probablement comprise dans le contrat de maintenance.

Réalisation d'une purge des radiateurs

La purge des radiateurs est une opération de maintenance à faire régulièrement qui permet d'optimiser la performance des émetteurs.

Le coût d'une purge est environ de 1 200 €HT. Le temps de retour sur investissement est ainsi inférieur à 5 ans.

11.2.2.2. Mise en place de circulateurs à débit variable

11.2.2.2.1. Descriptif

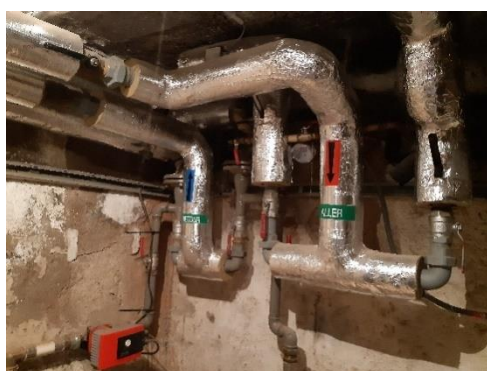
Cette variante consiste en le remplacement des circulateurs actuels pour mettre en place des circulateurs à débit variables. Les circulateurs actuels fonctionnent à 3 vitesses de débit et possèdent donc 3 points de fonctionnement. Un circulateur à débit variable permettrait d'optimiser le débit de façon plus précise. Cela permet alors une meilleure optimisation du débit en fonction des conditions extérieures et donc des besoins du bâtiment.

11.2.2.2.2. Gain énergétique

- > Le gain électrique associé au changement des circulateurs est estimé entre 30 et 40 % de la consommation du circulateur ce qui correspond à 0,7% par rapport à la situation de référence STD.
- > Ce gain ne prend pas en compte le gain énergétique correspond à la meilleure régulation de chauffage. Cette valeur est difficile à estimer.

11.2.2.2.3. Cout de l'installation

Le coût de cette proposition est estimé à 3 500 €HT.



11.2.2.3. Calorifuge des réseaux

Certaines parties du réseaux hydrauliques, en particulier le désemboueur magnétique et ses réseaux associés (dans l'ancienne chaufferie sous le bâtiment du logement du sous-préfet) ne sont pas assez calorifugées.

Le cout du calorifuge nécessaire supplémentaire est estimé à 1 000 € et le temps de retour sur investissement est généralement inférieur à 2 ans.

11.2.2.4. Rénovation des lampes fluorescentes par des LEDs

11.2.2.4.1. Descriptif

Les luminaires actuels sont des lampes fluorescentes. Il est proposé de changer ces luminaires par des LEDs.

11.2.2.4.2. Avantages

- > Meilleur rendement lumineux (faible puissance pour une forte luminosité)
- > Meilleure durée de vie

11.2.2.4.3. Gain énergétique

Le gain énergétique en utilisant des LEDs est estimé à 0,6 % par rapport à la simulation de référence STD.

11.2.2.4.4. Coût de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 11 600 €HT.

11.2.2.5. Mise en place d'une gestion de l'éclairage adaptée

11.2.2.5.1. Descriptif

Aujourd'hui, les luminaires sont gérés par des interrupteurs marche/arrêt et aucune gradation n'est possible avec la lumière du jour. Cette variante propose d'installer des détecteurs de présence dans les circulations et les sanitaires et une gradation manuelle dans les bureaux.

11.2.2.5.2. Avantages

- > Meilleur confort lumineux dans les bureaux
- > Optimisation de la consommation liée à l'éclairage
- > Extinction automatique de la lumière

11.2.2.5.3. Gain énergétique

Le gain énergétique est estimé à 1,3% par rapport à la situation de référence STD.

11.2.2.5.4. Coût de l'installation

Le cout est estimé à 7 700 €HT.

11.2.2.6. Séparation des réseaux hydrauliques et régulation adaptée

11.2.2.6.1. Descriptif

Cette proposition consiste en la séparation des réseaux de chauffage des bureaux et ceux des logements. Actuellement, le départ en chaufferie est le même pour le logement du sous-préfet et pour les bureaux. La régulation de chauffage, le fonctionnement horaire et la température de consigne sont donc les mêmes et ne peuvent pas être optimisés.

Ainsi, comme le logement a besoin de chauffage le week-end et le soir, les bureaux sont également chauffés à ces moments. Ce fonctionnement n'est pas optimisé et il est donc la source de consommations inutiles.

Pour séparer les réseaux hydrauliques, deux solutions sont possibles :

- Solution 1 : création d'un départ spécifique pour le logement du sous-préfet depuis le local chaufferie
- Solution 2 : Mise en place d'une chaudière murale à condensation spécifique au logement du sous-préfet

11.2.2.6.2. Avantages

- > Meilleure régulation des bureaux en fonction de l'occupation (fonctionnement seulement en mode réduit le weekend, mise en place du mode réduit les soirs...)
- > Indépendance des réseaux
- > Adaptation du chauffage à l'usage et optimisation possible

11.2.2.6.3. Inconvénients

- > Nécessaire de rénover les réseaux, travaux importants

11.2.2.6.4. Gain énergétique

La simulation a été réalisée avec un chauffage des bureaux en semaine de 6h à 20h (au lieu de 22h actuellement), un mode réduit le soir et le weekend et avec le logement chauffé de la même façon qu'aujourd'hui.

Le gain énergétique correspondant à la mise en place d'une régulation par zone est alors estimé à - 7 % par rapport à la référence STD.

11.2.2.6.5. Cout de l'installation

Le cout de la séparation des réseaux est de :

- Solution 1 : 13 100 €HT.
- Solution 2 : 20 600 €HT.

11.2.2.7. Amélioration de l'équilibrage des réseaux

11.2.2.7.1. Descriptif

L'équilibrage des réseaux consiste à régler ou re-régler les débits circulant dans les émetteurs d'une installation hydraulique afin d'homogénéiser les températures intérieures d'un bâtiment. Cela permet d'éviter que certaines zones soient surchauffées pendant que d'autres ne sont pas assez chauffées.

L'équilibrage des réseaux consiste en l'utilisation de vannes d'équilibrage dans le réseau.

11.2.2.7.2. Avantages

- > Eviter des surconsommations inutiles

11.2.2.7.3. Gain énergétique

L'équilibrage des réseaux permettrait d'économiser 10% de la consommation annuelle.

11.2.2.7.4. Cout de l'installation

Le cout de cette installation est estimé à 7 500 €HT :

- Réalisation d'un relevé détaillé du réseau radiateurs (2 500 €HT)
- Ajout des vannes d'équilibrages statiques sur les différentes antennes du réseau radiateurs (2500 €HT)
- Réalisation de l'équilibrage hydraulique de l'installation (2 500 €HT)

11.2.2.8. Remplacement du système de chauffage par une pompe à chaleur

11.2.2.8.1. Descriptif

Une pompe à chaleur permet de réduire la consommation énergétique du chauffage en récupérant l'énergie de la source exploitée (air, eau...). Le rendement (appelé COP) de la pompe à chaleur est souvent supérieur à 3 alors que pour une chaudière gaz à condensation, il est entre 0,97 et 1,05. Ainsi pour la même quantité d'énergie (pour le même chauffage), la consommation est réduite.

11.2.2.8.2. Avantages

- > Réduction de la consommation
- > Moins d'émissions de gaz à effet de serre

11.2.2.8.3. Inconvénient

- > Nécessaire de changer le système de distribution et les émetteurs : les radiateurs fonctionnent aujourd'hui à haute température alors qu'une pompe à chaleur fonctionne à basse température
- > Travaux importants

11.2.2.8.4. Gain énergétique

- > Le gain énergétique de l'installation d'une pompe à chaleur est estimé à - **57%** par rapport à la référence STD.

11.2.2.8.5. Cout de l'installation

Le coût de cette opération est de 182 500 €HT (en prenant en compte le cout de la PAC et de rénovation de la distribution et des émetteurs (radiateurs acier basse température) et l'alimentation électrique associée.

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

11.2.2.9.1. 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%.

11.2.2.9.2. Intérêt

- > Solution plus écologique qu'une version au gaz

11.2.2.9.3. Inconvénients

- > Coûts d'entretien et de maintenance plus élevés
- > Nécessaire de construire une dépendance pour le stockage des granulés.
- > Nécessite des études de faisabilité technique concernant le silo à granulés et le local technique.

11.2.2.9.4. Gain énergétique

Le changement de chaudière du gaz au bois n'apporte pas de gain énergétique notable. Elle permet de diminuer de façon considérable les émissions de gaz à effet de serre due à la production de chauffage.

11.2.2.9.5. Cout de l'installation

Le cout de cette variante est estimé à 116 000 € HT.

11.2.3. Mise en place de panneaux photovoltaïques

Pour diminuer la consommation du site, il est également possible d'installer des panneaux photovoltaïques en toiture.

Une simulation a été réalisée avec une installation de 50 m² de panneaux et donc une puissance installée d'environ 11,2 kWc. Cette installation permet une autoconsommation à 96%. Il n'est donc pas nécessaire de revendre l'énergie ; presque toute la production est prise en compte pour la réduction de consommation du décret tertiaire.

11.2.3.1.1. Gain énergétique

50 m² de panneaux permet un gain énergétique de 3,1% par rapport à la référence STD.

11.2.3.1.2. Cout de l'installation

Le cout de cette variante est estimé à 28 000 €HT.

11.2.4. Mise en place d'une GTC

Le décret BACS (Building Automation & Control Systems) impose la mise en place d'un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments d'ici le 1er janvier 2025. Cette obligation concerne tous les bâtiments tertiaires non résidentiels pour lesquels la puissance nominale des systèmes de chauffage et de climatisation est supérieure à 290 kW.

Les systèmes d'automatisation et de contrôles des bâtiments ont la capacité de :

- Suivre, enregistrer et analyser en continu par zone et à un pas de temps horaire les données de production et de consommation énergétique des systèmes techniques du bâtiment et ajuster les systèmes techniques en conséquence
- Situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à des valeurs de référence pour détecter les pertes d'efficacité des systèmes techniques et informer l'exploitant du bâtiment des possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique
- Être interopérable avec les différents systèmes techniques du bâtiment
- Permettre un arrêt manuel et la gestion autonome d'un ou plusieurs systèmes techniques du bâtiment

Actuellement, la puissance installée est supérieure à 290 kW donc le bâtiment de la sous-préfecture est soumis à ce décret.

La mise en place de compteurs pour le chauffage, le refroidissement, l'ECS et l'éclairage nécessite de regrouper les départs par poste dans chaque tableau divisionnaire.

Le coût global comprenant l'adaptation des tableaux divisionnaires, les sous-comptages électricité ainsi que les sous-comptages énergies est estimé à **70 000 €** pour le bâtiment de la sous-préfecture de Villefranche.

11.2.5. Tableau récapitulatif – Actions de rénovations

	Description de la variante		Gain énergétique	Coût d'installation k€HT
Décret tertiaire	Enveloppe performante	Isolation par l'intérieur de 10 cm	-17,4%	125 000 €
		Remplacement des menuiseries	-1,1%	161 500 €
		Diminution de la hauteur sous plafond	-3,7%	60 000 €
	Equipement énergétiques performants	Optimisation des emetteurs	-5,6%	3 000 €
		Mise en place de circulateurs à débit variable	-0,7%	3 500 €
		Calorifuge	-0,1%	1 000 €
		Séparation des réseaux hydrauliques et régulation adaptée	-7,0%	13 100 €
		Amélioration de l'équilibrage des réseaux	-4,0%	7 500 €
		Eclairage LED (à la place des lampes fluo)	-0,6%	11 600 €
		Gradation de la lumière dans les bureaux		
		Mise en place de détecteurs de présence dans les circulations et sanitaires	-1,3%	7 700 €
	Rénovation de la chaudière	Remplacement par une chaudière gaz (à l'identique)	0,0%	24 000 €
		Remplacement par une pompe à chaleur	-57,0%	182 500 €
		Remplacement pour une chaudière bois à granulés	0,0%	116 000 €
	Photovoltaïque	Production PV	-3,1%	28 000 €

12. ACTIONS DE RENOVATIONS HORS DES AMBITIONS DU DECRET TERTIAIRES

12.1.1. Amélioration de la qualité d'air

Actuellement, les menuiseries présentent des entrées d'air et certains sanitaires sont équipés d'extracteurs mécaniques. Cependant, les bureaux et les salles de réunion ne sont pas équipés d'extractions spécifiques et donc l'air vicié n'est pas évacué.

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.

Evidemment, la mise en place d'une ventilation induit une consommation supplémentaire et donc s'oppose aux objectifs du décret tertiaire.

12.1.1.1. Mise en place d'une VMC simple flux

12.1.1.1.1. Descriptif

La ventilation simple flux est la méthode la plus simple à installer et à réguler pour ajouter un débit d'air dans les locaux. Un extracteur est relié à des bouches d'extraction dans les bureaux, les salles de réunion, les sanitaires et les cuisines.

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 0,35 W/(m³/h).

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

12.1.1.1.2. 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 termes 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 ;

12.1.1.1.3. 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 ;

12.1.1.1.4. Consommation énergétique

- > Consommation par rapport à la situation de référence STD : + 2,3 %

12.1.1.1.5. Coût de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 33 000 € HT.

12.1.1.2. Installation d'une CTA double flux

12.1.1.2.1. Descriptif

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, les salles de réunion et les cuisines. Les diffuseurs de reprise seront installés dans les circulations, les sanitaires et les cuisines.

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

12.1.1.2.2. 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 ;

12.1.1.2.3. 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).
- > Nécessite un investissement pour la mise en place de faux-plafonds pour le placement des réseaux et des bouches de soufflage et d'extraction.

12.1.1.2.4. Consommation énergétique

- > Consommation par rapport à la situation de référence STD : **+ 3,4 %**

12.1.1.2.5. Cout de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 86 000 € HT.

12.1.2. Amélioration du confort d'été

Lors de la visite et dans le sondage rempli par les occupants, un problème de confort a été décrit. Les occupants se plaignent du confort d'été en particulier sur la façade ouest.

Les variantes suivantes permettent d'apporter une réponse à ce problème de confort mais ne répondent pas aux objectifs du décret tertiaire de réduction de consommation.

12.1.2.1. Mise en place de brise-soleils orientables

12.1.2.1.1. Descriptif

Cette solution consiste à mettre en place des brise-soleil orientables pour tous les bureaux soumis à un problème de confort d'été.

12.1.2.1.2. Avantage

- > Limiter la surchauffe l'été tout en permettant un confort visuel

12.1.2.1.3. Coût de l'installation

Le coût de l'installation est estimé à 86 000 € HT.

12.1.2.2. Mise en place d'un rafraîchissement adapté

12.1.2.2.1. Descriptif

L'idée d'un rafraîchissement adapté serait d'utiliser de la climatisation seulement dans les locaux à forte occupation ou avec un problème d'inconfort très important. Les autres locaux pourraient être équipés de brasseurs d'air.

Les brasseurs d'air permettent de générer un mouvement d'air. La vitesse de l'air permet de créer un phénomène de convection dans la pièce ce qui modifie notre perception du confort thermique. Les mouvements d'air créés par les brasseurs d'air permettent donc d'augmenter le confort thermique des utilisateurs et la température d'inconfort est donc plus élevée. La vitesse d'air au niveau des occupants peut aller jusqu'à 0,7 m/s, ce qui permet au corps humain de supporter des températures jusqu'à 2°C supérieures aux températures sans mouvement.

Au contraire des ventilateurs d'appoint, un brasseur d'air permet une meilleure homogénéisation de la température et peut brasser des volumes d'air plus importants.

12.1.2.2.2. Avantage

- > Favoriser le confort d'été en limitant la consommation énergétique supplémentaire associée

12.1.2.2.3. Inconvénient

- > Induit une consommation supplémentaire
- > Nécessite une étude supplémentaire sur le confort d'été pour adapter le mode de rafraîchissement aux besoins

12.1.2.2.4. Cout de l'installation

Le cout de l'installation dépend du nombre de locaux posant un problème par rapport au confort d'été.

Il est estimé que l'installation d'une climatisation dans 1 bureau revient à 3000 €HT.

L'installation d'un brasseur d'air dans une pièce revient à 200 €HT.

13. 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.

Tous les bouquets travaux prévoit le changement de la chaudière (pour des raisons de fin de vie) ainsi que la mise en place d'une ventilation pour des questions d'hygiène.

Les bouquets travaux n'inclut pas la mise en place de panneaux photovoltaïques car cette variante est indépendante des autres travaux proposés.

Aucun bouquet travaux n'inclut des rénovations pour le confort d'été qui vont à l'encontre des objectifs du décret tertiaire.

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

13.1. BOUQUET TRAVAUX N°1

Le premier bouquet travaux propose un scénario de changement de la chaudière par une chaudière gaz à condensation (lorsque la chaudière actuelle sera en fin de vie) et la réalisation de petites actions avec un retour sur investissement rapide.

Bouquet travaux n°1
Notice descriptive : Le premier bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none">> Optimisation des émetteurs de chauffage (généralisation des têtes thermostatiques et purge des radiateurs)> Mise en place de circulateurs à débit variable> Ajout de calorifuge> Mise en place d'un éclairage à base de LED> Mise en place de détecteurs de présence (circulations et sanitaires) et gradation manuelle de la lumière dans les bureaux> Changement de la chaudière par une chaudière gaz à condensation (lorsqu'elle sera en fin de vie)> Mise en place d'une ventilation hygiénique
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 10,2% par rapport à la situation de référence STD Economies d'énergie de 8,8% par rapport aux années de référence décret tertiaire
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 91 550 €HT .

13.2. BOUQUET TRAVAUX N°2

Le deuxième bouquet travaux inclut également les « petites » actions avec un retour rapide et le changement de la chaudière par une chaudière gaz à condensation. Il est proposé de rajouter la séparation entre le logement du Sous-préfet et les bureaux.

Bouquet travaux n°2
<p>Notice descriptive :</p> <p>Le deuxième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">> Optimisation des émetteurs de chauffage (généralisation des têtes thermostatiques et purge des radiateurs)> Mise en place de circulateurs à débit variable> Ajout de calorifuge> Mise en place d'un éclairage à base de LED> Mise en place de détecteurs de présence (circulations et sanitaires) et gradation manuelle de la lumière dans les bureaux> Séparation des réseaux hydrauliques entre les bureaux et le logement et mise en place d'une régulation adaptée> Changement de la chaudière par une chaudière gaz à condensation (lorsqu'elle sera en fin de vie)> Mise en place d'une ventilation hygiénique
<p>Impact sur les consommations</p> <p>Economies d'énergie de 12,2% par rapport à la situation de référence STD.</p> <p>Economies d'énergie de 10,8% par rapport aux années de référence décret tertiaire</p>
<p>Estimations,</p> <p>Ce bouquet travaux est estimé à 104 650 € HT.</p>

13.3. BOUQUET TRAVAUX N°3

Le troisième bouquet travaux ajoute la mise en place d'une isolation par l'intérieur et reprend les actions du 2^{ème} bouquet travaux (chaudière gaz, petites actions et séparation des réseaux).

Bouquet travaux n°3
<p>Notice descriptive :</p> <p>Le troisième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">> Optimisation des émetteurs de chauffage (généralisation des têtes thermostatiques et purge des radiateurs)> Mise en place de circulateurs à débit variable> Ajout de calorifuge> Mise en place d'un éclairage à base de LED> Mise en place de détecteurs de présence (circulations et sanitaires) et gradation manuelle de la lumière dans les bureaux> Séparation des réseaux hydrauliques entre les bureaux et le logement et mise en place d'une régulation adaptée> Mise en place d'une isolation par l'intérieur de 10 cm> Changement de la chaudière par une chaudière gaz à condensation (lorsqu'elle sera en fin de vie)> Mise en place d'une ventilation hygiénique
<p>Impact sur les consommations</p> <p>Economies d'énergie de 27,2% par rapport à la situation de référence STD</p> <p>Economies d'énergie de 25,7% par rapport aux années de référence décret tertiaire.</p>
<p>Estimations</p> <p>Ce bouquet travaux est estimé à 229 650 €HT.</p>

13.4. BOUQUET TRAVAUX N°4

Le quatrième bouquet travaux propose la mise en place d'une pompe à chaleur à la place de la chaudière gaz et reprend les autres actions de rénovation du troisième bouquet travaux.

Bouquet travaux n°4
Notice descriptive : Le troisième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none">> Optimisation des émetteurs de chauffage (généralisation des têtes thermostatiques et purge des radiateurs)> Mise en place de circulateurs à débit variable> Ajout de calorifuge> Mise en place d'un éclairage à base de LED> Mise en place de détecteurs de présence (circulations et sanitaires) et gradation manuelle de la lumière dans les bureaux> Séparation des réseaux hydrauliques entre les bureaux et le logement et mise en place d'une régulation adaptée> Mise en place d'une isolation par l'intérieur de 10 cm> Changement de la chaudière par une pompe à chaleur> Mise en place d'une ventilation hygiénique
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 62,9% par rapport à la situation de base Economies d'énergie de 59,2% par rapport aux années de référence
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 388 150 €HT .

Remarque : si les travaux concernant les émetteurs et la distribution sont réalisés sur les mêmes échéances que la pompe à chaleur, le coût de la PAC prend en compte les autres travaux. Le coût total du bouquet travaux est donc de 360 050 €.

Cependant, si la mise en place de la PAC n'intervient que dans 15 ans, les travaux sur les émetteurs permettent tout de même d'avoir des actions rapides immédiates avec un coût relativement faible.

13.5. BOUQUET TRAVAUX N°5

Le cinquième bouquet travaux ajoute aux actions du quatrième bouquet travaux le remplacement des menuiseries et la diminution de la hauteur sous plafond. Ces actions permettent un gain limité mais réduisent tout de même les besoins en chauffage en limitant les déperditions et volume d'air à chauffer.

Bouquet travaux n°5
Notice descriptive : Le troisième bouquet travaux proposé comprend les travaux suivants : <ul style="list-style-type: none">> Optimisation des émetteurs de chauffage (généralisation des têtes thermostatiques et purge des radiateurs)> Mise en place de circulateurs à débit variable> Ajout de calorifuge> Mise en place d'un éclairage à base de LED> Mise en place de détecteurs de présence (circulations et sanitaires) et gradation manuelle de la lumière dans les bureaux> Séparation des réseaux hydrauliques entre les bureaux et le logement et mise en place d'une régulation adaptée> Mise en place d'une isolation par l'intérieur de 10 cm> Remplacement des menuiseries> Diminution de la hauteur sous plafond> Changement de la chaudière par une pompe à chaleur
Impact sur les consommations Economies d'énergie de 63,5% par rapport à la situation de base Economies d'énergie de 59,7% par rapport aux années de référence
Estimations Ce bouquet travaux est estimé à 609 650 €HT.

Remarque : si les travaux concernant les émetteurs et la distribution sont réalisés sur les mêmes échéances que la pompe à chaleur, le coût de la PAC prend en compte les autres travaux. Le coût total du bouquet travaux est donc de 581 550 €.

13.6. 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	Bouquet travaux n°5
Ventilation	Mise en place d'une ventilation	X	X	X	X	X
Petites actions avec un retour rapide (CVC et éclairage)	- Emetteurs : rénovation des têtes thermostatiques	X	X	X	X	X
	- Réseaux : circulateurs à débit variable, calorifuge, équilibrage					
	- Eclairage LED					
	- Gestion intelligente de l'éclairage (détection de présence [circulations et sanitaires] et gradation manuelle [bureaux])					
Séparation des réseaux	Séparation des réseaux hydrauliques du logement et des bureaux		X	X	X	X
Enveloppe performante	Isolation par l'intérieur de 10 cm			X	X	X
	Remplacement des menuiseries					X
	Diminution de la hauteur sous plafond					X
Remplacement de la chaudière	Chaudière gaz à condensation	X	X	X		
	Pompe à chaleur				X	X
Economies d'énergie par rapport à la référence STD		-10,2%	-12,2%	-27,2%	-62,9%	-63,5%
Economies d'énergie par rapport à l'année de référence décret tertiaire		-8,8%	-10,8%	-25,7%	-59,2%	-59,7%
Coût d'investissement en base +/-20% [€HT]		91 550	104 650	229 650	388 150	609 650
Economies d'énergie par rapport à l'année de référence décret tertiaire sans la ventilation		-10,2%	-12,1%	-27,0%	-59,8%	-60,5%

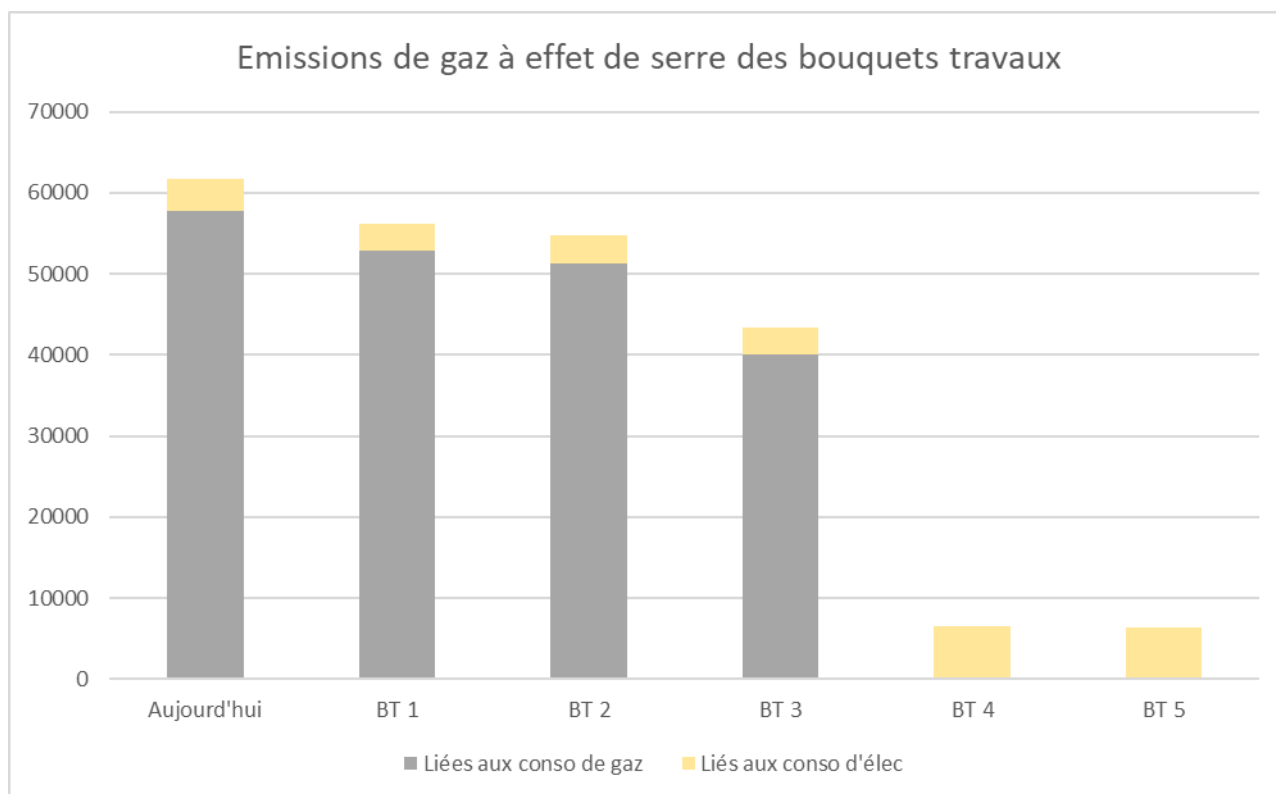
14. IMPACT CARBONE

L'annexe VII de l'arrêté du 10 avril 2020 donne les facteurs de conversion à prendre en compte dans le cadre du décret tertiaire pour évaluer l'impact carbone des consommations énergétiques des bâtiments avant et après travaux.

Pour le gaz naturel et l'électricité, les facteurs de conversion sont les suivants :

Vecteur énergétique	Facteur de conversion en kgCO ₂ /kWh
Electricité tous usages	0,064
Gaz naturel	0,272

Sur la base de ces facteurs de conversion, ainsi que des consommations estimées, l'impact en termes de gaz à effet de serre, des consommations du bâtiment est le suivant :



15. DESAMIANPAGE

15.1. GENERALITES

15.1.1. Objet du paragraphe

La présente note concerne le projet de diagnostic énergétique de la sous-préfecture de Villefranche. L'objectif de cette notice est d'établir un chiffrage et planning prévisionnel sur le désamiantage des matériaux et produits contenant de l'amiante identifiés dans le **DTA de QUALICONSULT n°1106905000280/ DEC7242 en date du 2 Décembre 2005**.

Les matériaux et produits contenant de l'amiante sont les suivants :

- Dalles de sols
- Plaques en fibrociment en toiture

Notre étude est basée sur les rapports suivants transmis dans le cadre du présent projet de diagnostic énergétique. Ils sont listés ci-dessous :

- **Rapport de repérage amiante avant travaux SIGMA Expertise n°1-2016-118-TRVX-JM en date du 21/10/2016,**
- **Rapport de repérage amiante avant travaux QUALICONSULT n°25369 établis le 8 Octobre 2012,**
- **DTA de QUALICONSULT n°1106905000280/ DEC7242 en date du 2 Décembre 2005**

Actuellement les documents mis à disposition sont des rapports de repérage avant travaux ne correspondant pas au programme proposé et un DTA. Les rapports transmis ne correspondent pas aux obligations réglementaires en vue de travaux de rénovation énergétique.

15.1.2. Contexte réglementaire

Le repérage des matériaux et produits pouvant contenir de l'amiante a été rendu obligatoire pour les bâtiments dont le permis de construire a été délivré avant le 1er juillet 1997, afin d'évaluer leur état de conservation et d'estimer si des fibres sont susceptibles ou non d'être libérées dans l'air ambiant.

Dans le cas du présent projet, le donneur d'ordre devra réaliser le repérage des matériaux et produits de la liste A et B contenant de l'amiante. Ce repérage consiste à rechercher, identifier et localiser les matériaux et produits contenant de l'amiante incorporés ou faisant indissociablement corps avec l'immeuble ou la partie d'immeuble concerné par le repérage.

Le repérage sera réalisé conformément à la norme **NFX 46-020** et effectué par un opérateur de repérage certifié « avec mention ».

15.2. DESCRIPTIF TECHNIQUE

15.2.1. Désamiantage

Le classement et le descriptif proposé ci-dessous provient du retour d'expérience d'ARTELIA à la suite de mesures réalisées en META sur des chantiers similaires.

Pour les matériaux identifiés sur site nous vous proposons les empoussièrtements attendus pour les MPCA observés :

Niveau 2 : >100 f/L et < 6000 f/L

- Dalles de sol,
- Plaques en fibrociment,

15.2.1.1. Plaques de fibrociment

La dépose des plaques de fibrociment se fera par découpe des crosses d'attache des plaques sur la charpente, les parois et en sous-face de la toiture. L'évacuation pourra être réalisée à la nacelle ou via un échafaudage en sous-face.

15.2.1.2. Dalles de sols

Le retrait des colles et dalles de sol se fera par ponçages/raclage avant mise en installation de stockage.

15.2.1.3. Curage rouge

Dans le cas où des éléments de constructions sont en contact avec des MPCA ou ne sont accessibles qu'après retrait de certains MPCA, le curage dit rouge sera réalisé en zone de traitement amiante

15.3. EVALUATION DES COUTS

15.3.1. Désamiantage

Notre analyse financière s'est basée sur les prix marchés pratiqués sur les divers chantiers de désamiantage récents. Les métrés ont été réalisées à partir des vues satellites, des rapports et des documents mis à notre disposition.

15.3.2. Cout Global

Le coût global (désamiantage) pour l'opération est de 25k€ HT

Celui-ci s'ajoute aux coûts liés à la reprise des faux plafonds dans le cadre du bouquet travaux n°5.

15.3.3. Planning

A la lecture des divers rapports, documents et l'analyse faite ci-dessus, nous estimons le planning suivant pour la réalisation des travaux de désamiantage.

Un délai global de réalisation de 2,5 semaines.



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, 4 et 5 en version Base présentée dans ce qui précède.

16. HYPOTHESES COMMUNES

16.1. PERIODE D'ETUDE

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

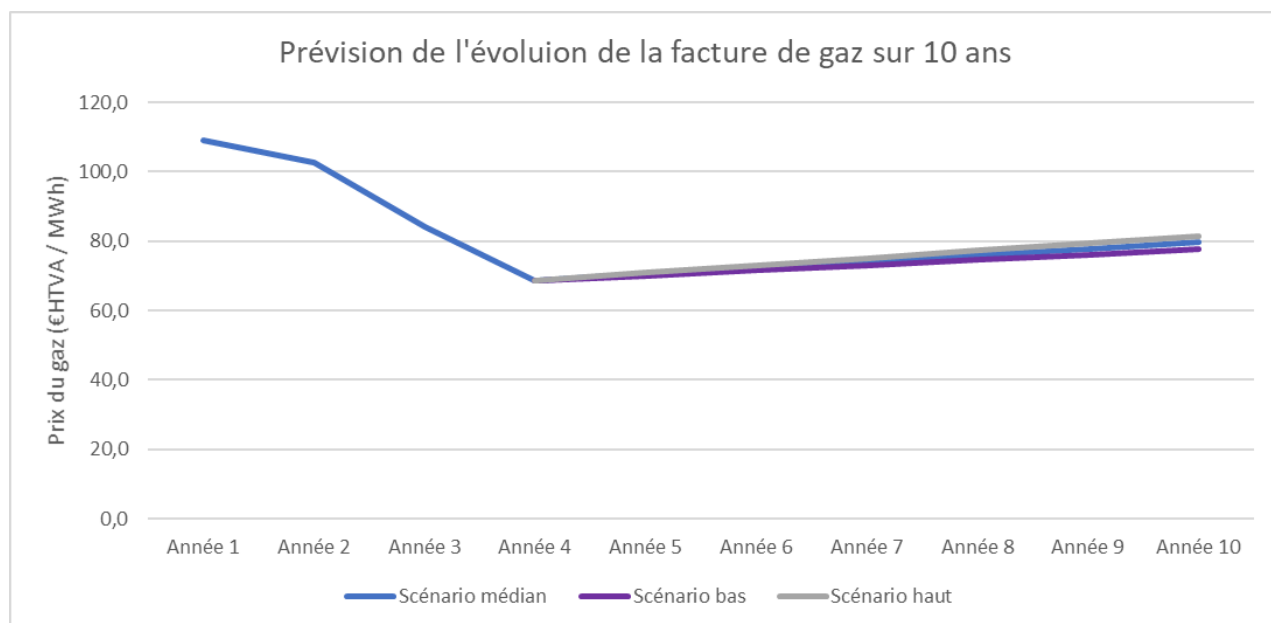
16.2. COUTS DES ENERGIES

Les coûts initiaux des énergies sont évalués sur la base des coûts indiqués dans les factures de 2020 à 2022.

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

- 2,5 % par an pour l'électricité ;
- 2,8 % par an pour le gaz ;
- 1,9 % 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 :



16.3. INFLATION

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

16.4. TAUX D'ACTUALISATION

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

17. 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.

17.1. 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.

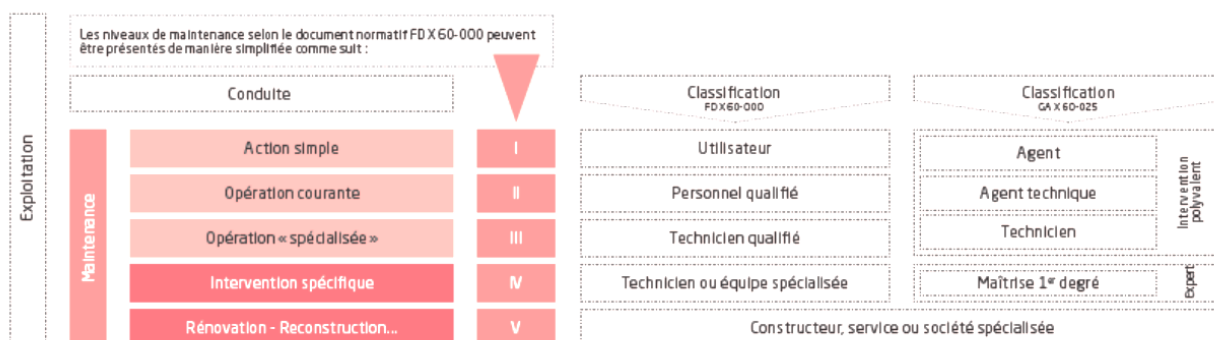
Ainsi, lors de la phase diagnostic, les dispositions constructives, les choix des modes de fonctionnements proposés ont été envisagés en tenant compte des modes de maintenance des différents produits.

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.

17.2. 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.



17.2.1. 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.

17.2.2. 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.

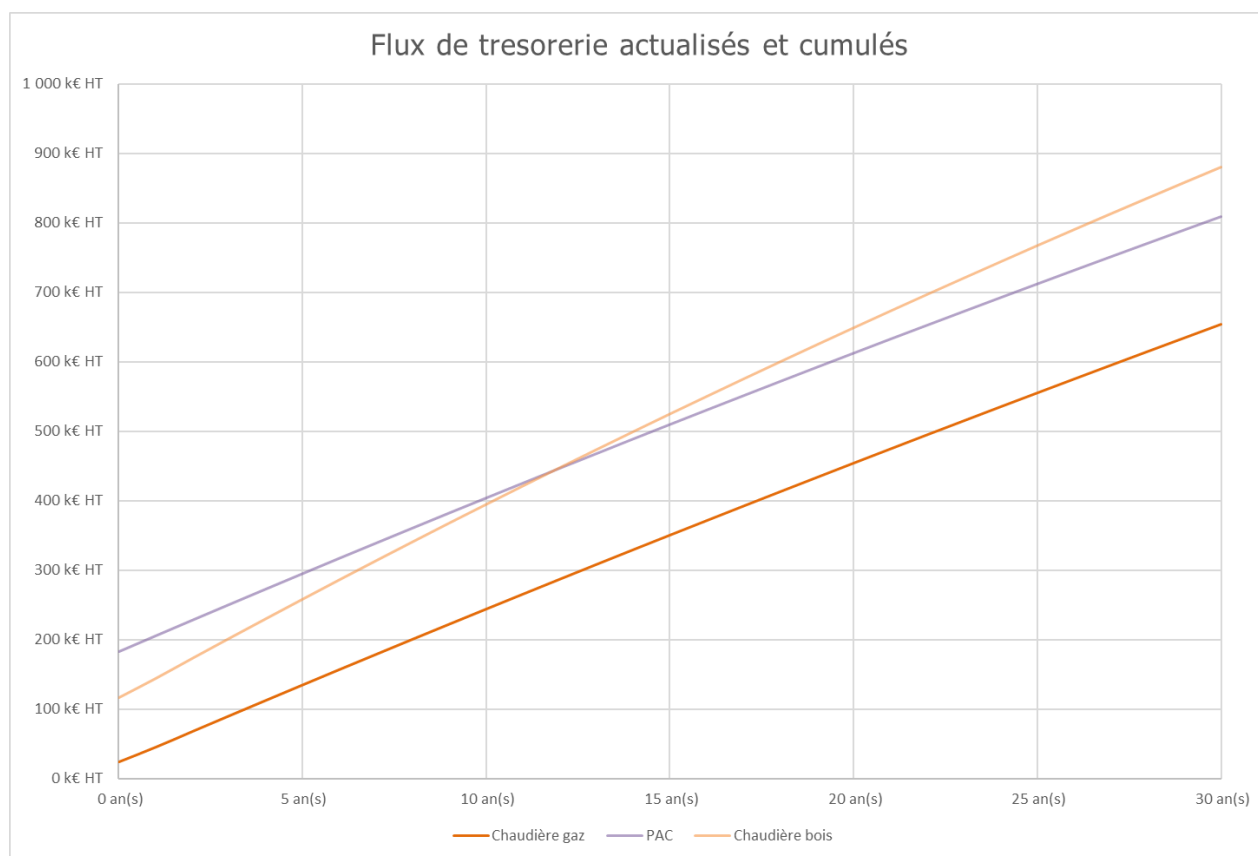
Les installations faisant l'objet d'un gros entretien pendant les 10 premières années sont principalement des équipements sensibles de courants forts et faibles (changement des batteries, régulation), ou des sous-systèmes d'équipements fortement sollicités comme la ventilation – plomberie.

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.

18. 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 remplacement de la chaudière (lorsque celle-ci arrivera en fin de vie).

19. COMPARAISON DES VARIANTES POUR LE CAHNGEMENT DE LA CHAUDIERE



Ce graphique permet de simuler le changement de la chaudière gaz.

Le coût d'installation élevé de la PAC s'explique par la nécessité de changer les radiateurs et la distribution. Cependant, les coûts annuels sont plus faibles par la suite. Toutefois, cela ne permet pas de compenser les couts d'installation.

La chaudière bois possède un coût d'installation plus faible. Mais elle ne permet pas d'économies d'énergie importante ce qui explique qu'au bout de 12 ans, la PAC devient plus intéressante.

20. BOUQUET TRAVAUX

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

	Consommations [k€/an]	Maintenance [k€HT/an]	Gros entretien / Renouvellement [k€HT/an]
Bouquet Travaux 1	17,9	2,02	1,62
Bouquet Travaux 2	17,6	2,02	1,67
Bouquet Travaux 3	15,6	2,02	1,67
Bouquet Travaux 4	17	3,08	2,37
Bouquet Travaux 5	16,8	3,08	2,47

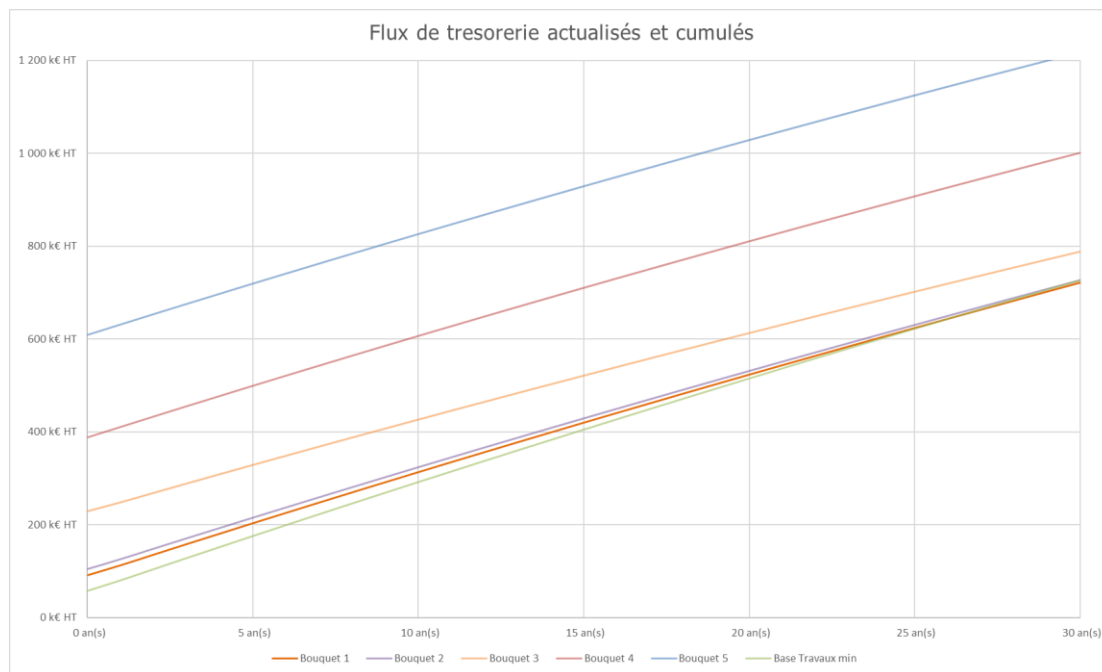
Nota : il a été considéré que la TVA était récupérable uniquement sur le coût des travaux et pas sur les consommations d'énergie.

21. RESULTATS

21.1. 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.

Le scénario appelé « Base Travaux min » ne prend en compte que le changement de la chaudière et la ventilation.



Ces courbes montrent que les économies financières attendues du fait des économies d'énergies réalisées sur le bâtiment à la suite des 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.

Seuls les bouquets travaux 1 et 2 compensent les coûts d'investissement sur 30 ans. Ces scénarios ne permettent cependant pas d'atteindre les économies d'énergie demandées par le décret tertiaire.

22. CONCLUSION

Sans la mise en place d'une pompe à chaleur, les économies d'énergies réalisées permettent difficilement d'atteindre les objectifs du décret tertiaire. Il est donc fortement conseillé de remplacer la chaudière gaz actuelle par une pompe à chaleur lorsqu'elle sera en fin de vie.

Cependant, il est nécessaire de considérer les travaux sur l'enveloppe, en particulier la mise en place d'une isolation par l'intérieur. L'impact de ces travaux est conséquent : les déperditions du bâtiment sont en effet fortement diminuées mais ces travaux permettent également de diminuer les besoins de chauffage et donc permettent la mise en place d'une plus petite pompe à chaleur.

La séparation des réseaux entre le logement et les bureaux est également fortement conseillée. Cela permet une réduction des besoins en adaptant simplement les consignes de chauffage aux besoins.

Finalement, le bouquet travaux qui permet d'atteindre les objectifs décret tertiaire tout en limitant les coûts d'investissement est donc le bouquet travaux 4.

Le photovoltaïque permet également de diminuer les consommations électriques et peut être intégrés dans tous les scénarios.