

**AUDIT ENERGETIQUE
AÉROPORT DE LIMOGES
BATIMENT DE BUREAUX**

**Avenue de l'Aéroport
87 100 LIMOGES**



Table des matières

1.	Objectifs de l'audit énergétique et résultats attendus.....	4
2.	Description de la prestation	5
3.	Contexte réglementaire	6
3.1.	Réglementation élément par élément	6
3.2.	Réglementation globale.....	7
3.3.	Dispositif Eco-énergie tertiaire	7
4.	Thermographie du bâtiment	9
4.1.	Principe de fonctionnement.....	9
4.2.	Matériel utilisé.....	9
4.3.	Conditions de mesures	10
4.4.	Présentation du bâtiment.....	10
4.5.	Thermogrammes et photographies.....	11
4.5.1	Thermogrammes extérieurs.....	11
4.5.2	Thermogrammes intérieurs	14
5.	Phase 1 : Etat des lieux.....	17
5.1.	Le climat.....	17
5.2.	La bâtiment.....	18
5.3.	Descriptif du bâti	19
6.	Phase 2 : Bilan énergétique et préconisations	21
6.1.	Analyse critique de la situation existante	21
6.1.1	Bâti.....	21
6.1.2	Chauffage	22
6.1.3	Eclairage des communs	22
6.2.	Les consommations annuelles réelles du bâtiment	22
6.2.1	L'électricité	23
6.2.2	Le gaz	24
6.3.	Etude thermique du bâtiment.....	26
6.3.1	Méthodologie de l'étude thermique.....	26
6.3.2	Bilan thermique.....	27
6.3.3	RT « élément par élément ».....	27
6.3.4	Besoins et consommations théoriques de chauffage	28
6.3.5	Calcul des consommations règlementaires	28
6.3.6	Comparaison des consommations	28

6.3.7	Etiquette énergétique du bâtiment	30
6.4.	Financements envisageables	31
6.4.1	Plan de relance	31
6.4.2	Les aides départementales.....	32
6.4.3	Fond Chaleur de l'ADEME	33
6.4.4	Les certificats d'économie d'énergie	34
6.5.	Programme d'améliorations – Préconisations	35
6.5.1	Isolation extérieure des murs non isolés	37
6.5.2	Isolation extérieure de la façade Sud (à refaire).....	39
6.5.3	Remplacement des menuiseries	40
6.5.4	Reprise d'étanchéité et isolation de la toiture terrasse (couleur claire)	42
6.5.5	Production de chaleur (« climatisation »)	44
6.5.6	Eclairage LED	46
7.	PHASE 3 : Programmes d'améliorations – Scénarios de travaux	48
7.1.	Scénario 1	49
7.1.1	Amélioration du Ubât.....	49
7.1.2	Programme de travaux et investissements.....	50
7.1.3	Etiquettes énergétiques du bâtiment	51
7.2.	Scénario 2	52
7.2.1	Amélioration du Ubât.....	52
7.2.2	Programme de travaux et investissements.....	53
7.2.3	Etiquettes énergétiques du bâtiment	54
7.3.	Scénario 3	55
7.3.1	Amélioration du Ubât.....	55
7.3.2	Programme de travaux et investissements.....	56
7.3.3	Etiquettes énergétiques du bâtiment	57
8.	PHASE 4 : Analyse économique et synthèse.....	58
9.	CONCLUSION	60
	ANNEXE : QUALIFICATIONS ET CERTIFICATS OPQIBI	60

	Affaire suivie par : T. DUFAU	AUDIT ENERGETIQUE AEROPORT DE LIMOGES BATIMENT DE BUREAUX
	Numéro dossier : AU20. 08/2021	

1. Objectifs de l'audit énergétique et résultats attendus




L'audit énergétique, objet du présent cahier des charges, doit permettre, à partir d'une analyse détaillée des données des bâtiments, de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économies d'énergie cohérents avec les objectifs du Grenelle de l'Environnement et dans le cadre des textes relatifs à la Transition Energétique et amener l'aéroport de Limoges à décider des investissements appropriés.

L'audit s'attache à l'existant mais peut conduire à recommander des études complémentaires pour une modification structurelle importante de l'enveloppe ou d'équipements (étude de faisabilité visant à introduire des énergies renouvelables par exemple).

L'audit doit permettre au maître d'ouvrage de décider, en connaissance de cause, chiffres en main, le programme des interventions que nécessitent ses bâtiments pour améliorer leur performance énergétique.

La prestation d'audit peut comprendre également un accompagnement permettant de préparer la mission de maîtrise d'œuvre et de valider la conformité des solutions et des équipements mis en œuvre.

L'audit énergétique est un préalable :




-  à un projet sommaire,
-  à une mission d'ingénierie,
-  nécessaire à la mise en place d'une comptabilité énergétique.

Il revient ensuite au maître d'ouvrage de choisir des intervenants compétents (soit directement l'entreprise dans les cas simples, soit un maître d'œuvre pour élaborer un projet), de faire réaliser les travaux, les réceptionner et enfin de gérer ses consommations énergétiques.

Notre audit énergétique sera réalisé conformément à l'ensemble des dispositions réglementaires (Décret n° 2013-1121 du 4 décembre 2013, Décret n° 2014-1393 du 24 novembre 2014 et Arrêté du 24 novembre 2014).

Cette obligation de performance énergétique initiée par la directive européenne 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique a été transposée en droit français par la Loi DDADUE datant du 16 juillet 2013.

Décrets & Arrêtés :

-  Décret N° 2013-1121 du 04 Décembre 2013 relatif aux seuils au-delà desquels une personne morale réalise un audit énergétique
-  Décret N° 2014-1393 du 24 Novembre 2014 relatif aux modalités d'application de l'audit énergétique
-  Arrêté du 24 Novembre 2014

	Affaire suivie par : T. DUFAU	AUDIT ENERGETIQUE AEROPORT DE LIMOGES BATIMENT DE BUREAUX
	Numéro dossier : AU20. 08/2021	

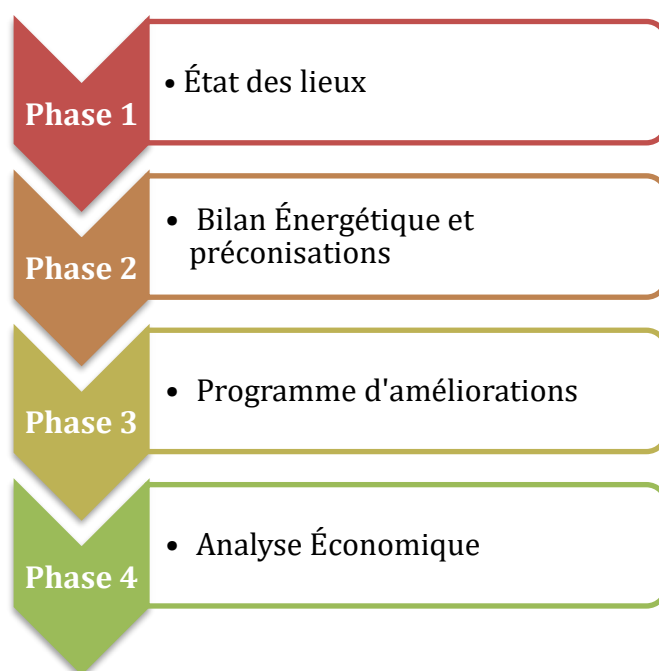
Normes :

-  NF EN 16247-1 : 2012 : Audits énergétiques
-  NF EN 16247-2 : 2014 : Bâtiments
-  NF EN 16247-3 : 2014 : Procédés
-  NF EN 16247-4 : 2014 : Transport

2. Description de la prestation

L'aéroport de Limoges souhaite rénover un bâtiment où sont situés les bureaux de l'administration. L'objectif de cette rénovation est la performance énergétique de ce bâtiment dans un souci d'économie d'énergie et d'émission de gaz à effet de serre.

Le déroulement du diagnostic énergétique est structuré en 4 phases reprenant le cahier des charges et les phases de l'audit énergétique réglementaire :



L'objectif du diagnostic énergétique est d'élaborer le bilan énergétique global des bâtiments, d'identifier les actions d'améliorations et de progrès techniques, de mesurer les potentiels d'économies d'énergies et de définir la liste des actions recommandées pour réaliser ces économies.

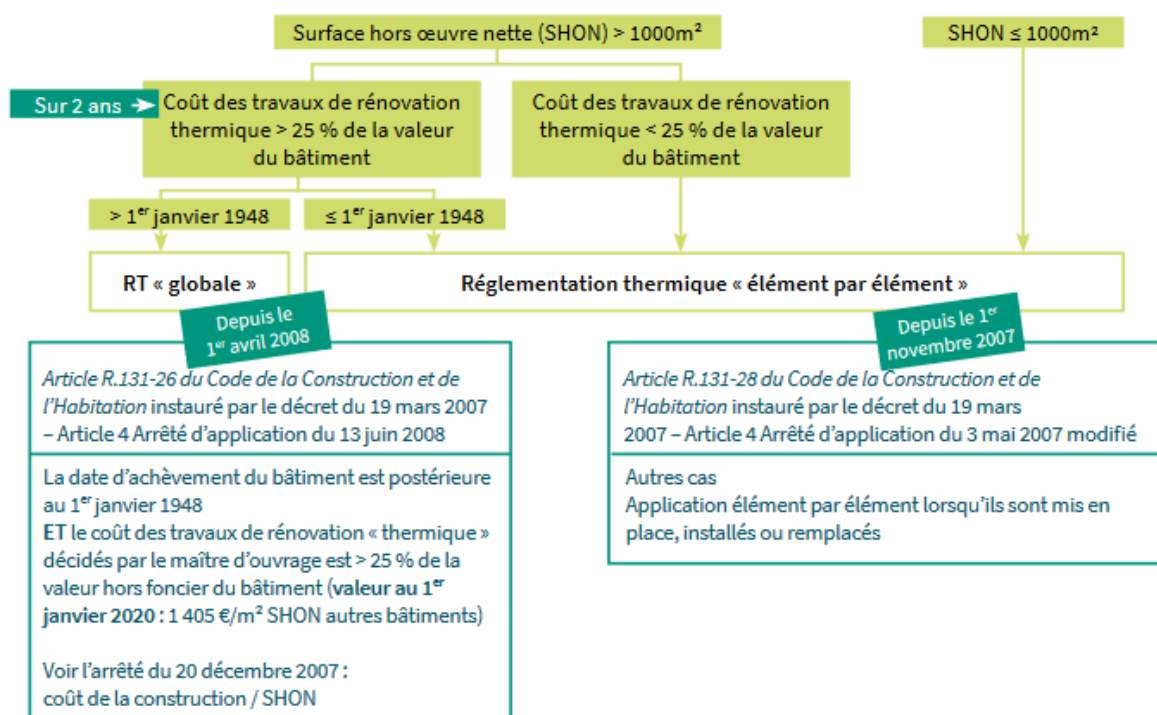
L'étude énergétique des bâtiments fournit également au maître d'ouvrage tous les éléments lui permettant de décider, en connaissance de cause et chiffres en main, du programme des interventions

que nécessitent ses bâtiments pour améliorer leurs performances énergétiques et réduire leur empreinte environnementale.

Cette mission a donc pour finalité de permettre à l'aéroport de Limoges de valoriser les sources d'économies d'énergies significatives sur son parc de bâtiments, tant au niveau du fonctionnement et de leur organisation, qu'au niveau environnemental, par la réduction des émissions de gaz à effet de serre du bâtiment. Le client a ainsi à sa disposition toutes les informations nécessaires afin de mettre en œuvre rapidement des actions de maîtrise des consommations d'énergie rentables économiquement et qui intègrent la dimension environnementale.

Le présent rapport a pour objet la présentation de l'audit énergétique des bâtiment de bureaux de l'aéroport de Limoges.

3. Contexte réglementaire



3.1. Réglementation élément par élément

Depuis le 1^{er} Novembre 2007, dès que des travaux sont réalisés pour le remplacement ou la mise en œuvre d'isolation ou de systèmes (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraîchissement, éclairage), ils doivent respecter des performances minimales.

	Affaire suivie par : T. DUFAU	AUDIT ENERGETIQUE AEROPORT DE LIMOGES BATIMENT DE BUREAUX
	Numéro dossier : AU20. 08/2021	



Par exemple, si les murs doivent être isolés, la résistance thermique de l'isolant doit avoir un $R \geq 2,9$ $W/m^2.K$ (10 cm de polystyrène ou de laine minérale, par exemple).

Attention, ces performances minimales ne représentent pas l'optimum des prestations pour des réhabilitations performantes, ce ne sont que des minima réglementaires à respecter.

3.2. Réglementation globale

Elle concerne des bâtiments de plus de 1 000 m^2 construits après 1948, à l'occasion de travaux de réhabilitation importants (coût des travaux thermiques > 25% de la valeur du bâtiment, fixée à 1405€ HT/ m^2 SHON pour les bâtiments à usage autre que d'habitation) et dont le permis de construire ou de travaux sera déposé après le 1er Avril 2008.


Les exigences suivantes devront être respectées en matière de performance énergétique et de confort d'été :

-  Cep projet (après rénovation) \leq Cep référence proche du niveau RT2005 ;
-  Tic projet \leq Tic référence pour les bâtiments de catégorie CE1.


3.3. Dispositif Eco-énergie tertiaire

À ces réglementations s'est récemment ajouté le Dispositif Eco-énergie tertiaire (entré en vigueur le 1er octobre 2019) qui impose à tout bâtiment tertiaire de plus de 1 000 m^2 des objectifs de réduction de la consommation d'énergie finale.


Ces objectifs sont exprimés :


-  Soit en valeur relative par rapport aux consommations de l'année de référence qui ne peut être antérieure à 2010 et postérieure à 2019 :




-  Soit en valeur absolue (Cabs) en fonction d'indicateurs d'intensité d'usages raisonnés et économes en énergie, qui est défini pour chaque catégorie d'activité dans un arrêté.

Le niveau cible de consommation d'énergie finale de Cabs est égal à la somme de deux composantes d'usages de l'énergie, Cabs = CVC + USE, avec :

-  CVC : une composante de consommation énergétique propre à l'ambiance thermique générale et à la ventilation des locaux, définie pour un rythme d'utilisation de référence et pour chaque catégorie d'activité en fonction de la zone climatique et de l'altitude ;

	Affaire suivie par : T. DUFAU	AUDIT ENERGETIQUE AEROPORT DE LIMOGES BATIMENT DE BUREAUX
	Numéro dossier : AU20. 08/2021	

 USE : une composante de la consommation énergétique propre aux usages spécifiques énergétiques et selon l'activité ainsi qu'aux autres usages immobiliers tels que la production d'eau chaude sanitaire et d'éclairage, définie pour une intensité d'usage étalon et pour chaque catégorie d'activité. La composante USE intègre, le cas échéant, l'influence des modalités d'occupation des locaux sur la composante CVC relative à l'ambiance thermique générale et à la ventilation des locaux.

Un arrêté d'application est paru au journal officiel le 17 janvier 2021. Cet arrêté fixe les valeurs absolues à atteindre pour l'année 2030. Les outils de modulation des valeurs absolues de 2030 n'étant pas encore opérationnels, les valeurs des années 2040 et 2050 ne sont pas connues à ce stade.

Nota : Arrêtés complémentaires « Valeurs absolues » : parution prévue début 2021 pour les valeurs absolues des usages restants (restauration par exemple).

Le Dispositif Eco-énergie tertiaire impose de prendre en compte une année entre 2010 et 2019 qui servira de référence pour calculer les gains énergétiques futurs, réalisés en 2030, 2040 et 2050.





Il est donc judicieux de choisir l'année où la consommation totale des bâtiments est la plus élevée (correction climatique réalisée), ou bien de positionner le curseur à l'année la plus ancienne afin de pouvoir valoriser les travaux d'amélioration énergétique déjà réalisés en ce laps de temps.

De plus, une plateforme informatique gérée par l'ADEME (OPERAT) permettra le recueil et le suivi de la réduction de la consommation d'énergie finale des bâtiments tertiaires. Les bâtiments soumis doivent être déclarés sur la plateforme OPERAT au plus tard le 30 septembre 2021. La valeur de la consommation de référence devra être renseignée au plus tard le 30 septembre 2022.

Étant donné la surface de l'ensemble des bâtiments sur cette unité foncière (moins de 1 000 m²), le bâtiment de bureaux ne rentre pas dans le périmètre du dispositif éco-énergie tertiaire.


Dans le cadre du diagnostic des bâtiments de bureaux, l'année de référence retenue est l'année 2020 qui présente un niveau de consommation supérieure aux autres années en notre possession.

Les actions destinées à atteindre ces objectifs portent notamment sur :

-  La performance énergétique des bâtiments ;
-  L'installation d'équipements performants et de dispositifs de contrôle et de gestion active de ces équipements ;
-  Les modalités d'exploitation des équipements ;
-  L'adaptation des locaux à un usage économe en énergie et le comportement des occupants.

Les exigences étant sur la base de kWh_{ef}, la simple substitution d'énergie sans limitation des consommations n'engendrera qu'un faible gain, simplement liée aux meilleures performances d'un générateur récent.

Nota : Le changement de type d'énergie utilisée ne doit entraîner aucune dégradation du niveau des émissions de gaz à effet de serre.

	Affaire suivie par : T. DUFAU	AUDIT ENERGETIQUE AEROPORT DE LIMOGES BATIMENT DE BUREAUX
	Numéro dossier : AU20. 08/2021	

Nota : Afin d'atteindre les objectifs du décret, la justification attendue pour chaque pallier sera la transmission de factures. Aussi le comportement des usagers, le bon paramétrage de la régulation, et l'entretien des équipements sont à assurer en parallèle des investissements.

4. Thermographie du bâtiment

Cette mission consiste à identifier et localiser les irrégularités et anomalies de l'isolation thermique du bâtiment. Cet examen s'inscrit en complément de l'audit énergétique complet du bâtiment.

L'analyse est réalisée conformément aux spécifications de la norme NF EN 13187 intitulée « Détection qualitative des irrégularités thermiques sur les enveloppes du bâtiment -Méthode infrarouge ».

4.1. Principe de fonctionnement

La caméra thermique capte les rayonnements électromagnétiques émis par une scène thermique. Le système radiométrique de la caméra convertit la puissance du rayonnement en signaux, ceux-ci sont ensuite transcrits en température par le calculateur et transformée en points lumineux de couleur. Ces couleurs ne sont que des conventions destinées à faciliter la lecture de l'image thermique. L'image ainsi obtenue s'appelle thermogramme.

La valeur d'émissivité retenue pour ces thermogrammes est de 1. Ici, ce sont les variations des déperditions radiatives qu'il nous intéresse de cartographier (les échelles de température sont donc en températures dites apparentes). Dans ce type d'intervention, les températures dites vraies sont identiques ou très proches des températures apparentes, ce qui dans le cas de cette mission est sans grande importance.

Le paramétrage de la caméra et la maîtrise des conditions de mesures nous permettent d'effectuer une analyse du thermogramme. Les cadrages thermiques des thermogrammes présentés dans la suite du présent rapport peuvent être différents pour montrer un phénomène particulier.

Les prises de vue sont réalisées depuis l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

4.2. Matériel utilisé

Caméra thermique « FLIR série PRO P640 », Résolution 640X480 pixels, Sensibilité 60mK, IFOV 0,65 mrad, Objectif 24° x18, Logiciel d'analyses et de traitements des images « ThermaCam Reporter Pro 9.2 », Micro-ordinateur.

4.3. Conditions de mesures

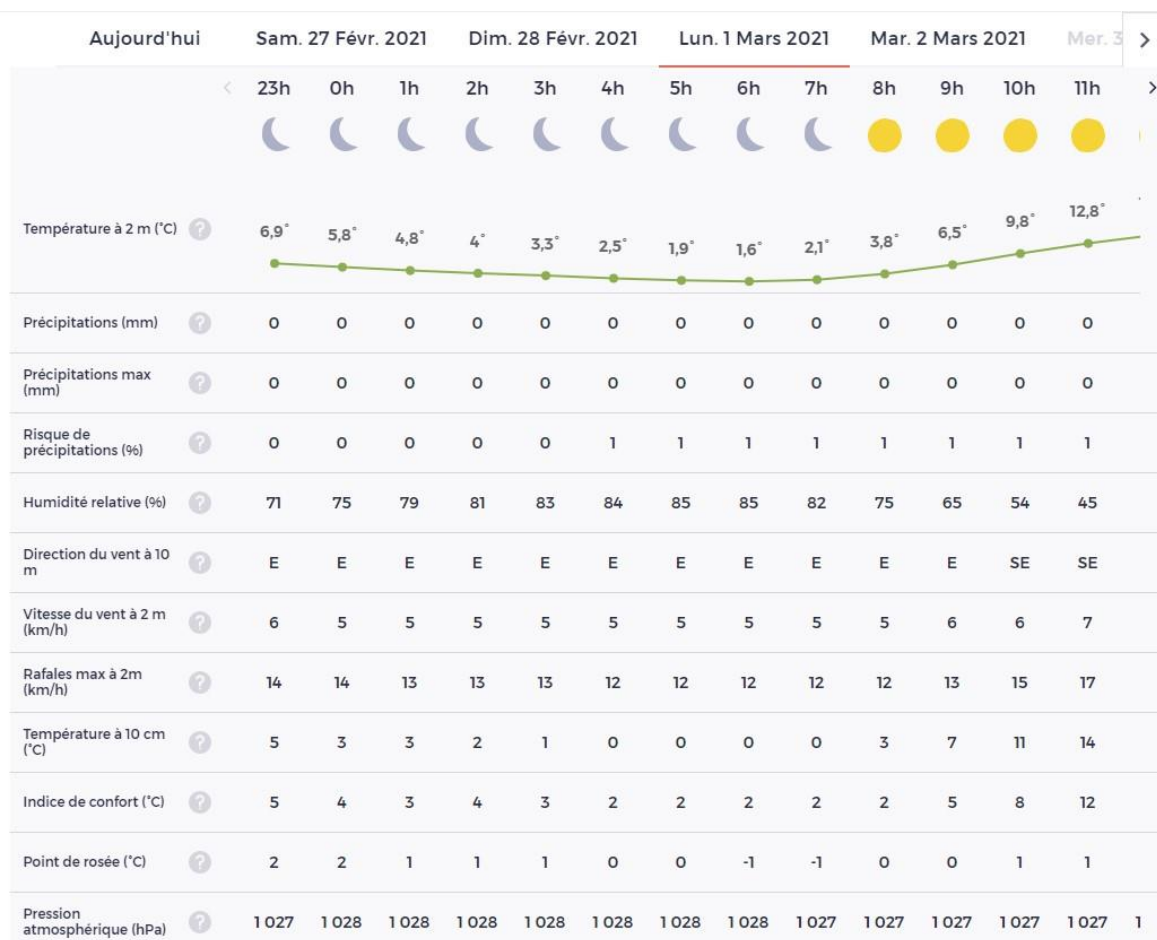
Les prises de vue ont été réalisées le 1er mars 2021 entre 7 h et 10 heures.

Comme le montre la figure ci-dessous des données météorologiques, les conditions extérieures étaient satisfaisantes, température d'environ 2 à 3 °C pour des prises de vues extérieures avant le lever du soleil.

À l'intérieur des bureaux la température était d'environ 19 à 20 °C avec une modulation spatiale satisfaisante.

L'écart de température Int/Ext était supérieur à 10 °C donc tout à fait propices pour des mesures pertinentes.

Données extraites d'un site météo :



4.4. Présentation du bâtiment

Il s'agit d'un bâtiment de bureaux composé d'un rez-de-chaussée et d'un étage, la description détaillée est à retrouver dans le rapport d'audit.

Vue aérienne du bâtiment :



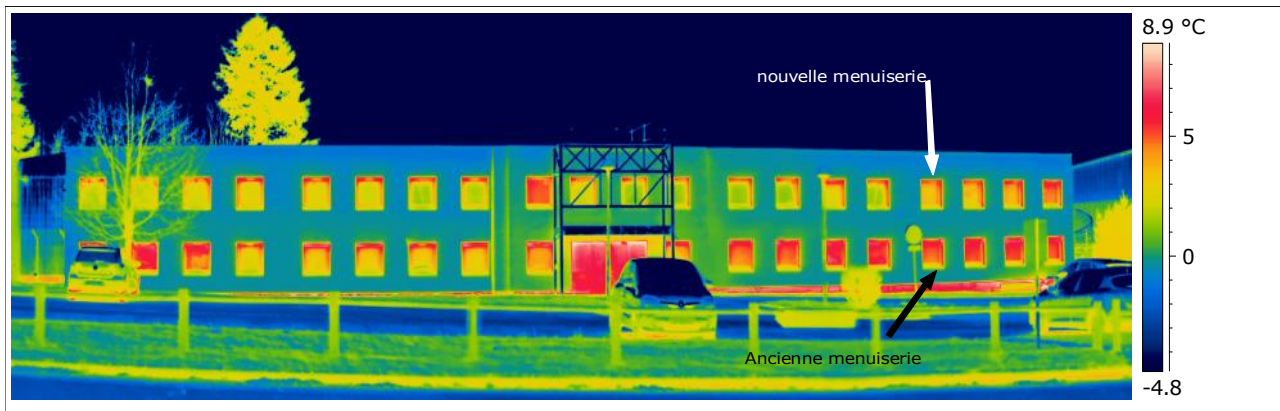
4.5. Thermogrammes et photographies

4.5.1 Thermogrammes extérieurs

Sur ce premier thermogramme panoramique de la façade sud, on observe une régularité de l'isolation thermique des parois.

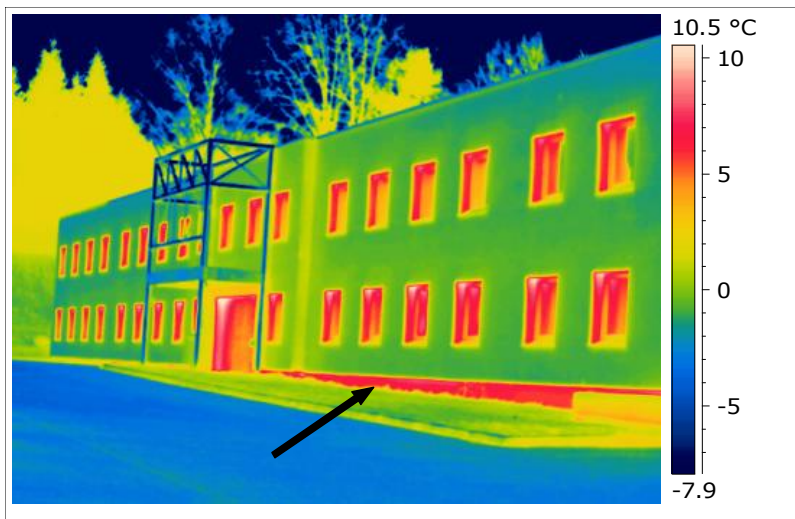
Les menuiseries extérieures sont en cours de remplacement. L'environnement radiatif étant relativement uniforme, il est pertinent dans ces conditions d'observer la différence de performance des vitrages, les anciens modèles apparaissent plus rouges (plus déperditifs).

Thermogramme panoramique façade sud :



Un examen plus rapproché révèle la présence d'une isolation thermique par l'extérieure, nous constatons la présence d'un pont thermique linéaire à l'extrémité de l'isolant, celui-ci ne descend pas au niveau du sol en pied de façade.

Détail du pont thermique en pied de façade :



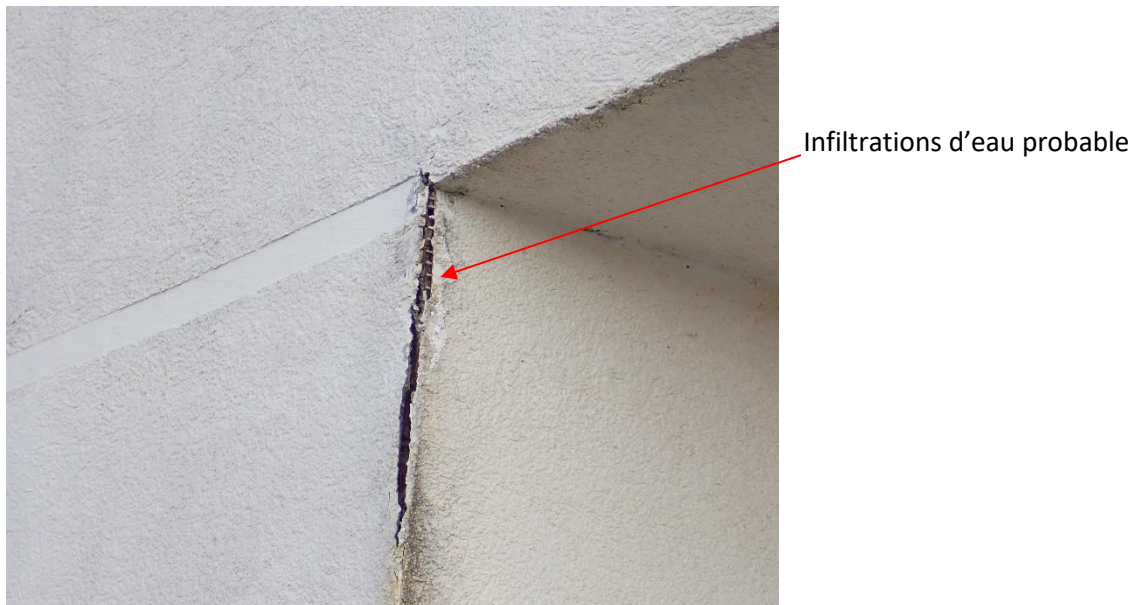
Pont thermique en pied de façade

Nous ne pouvons passer sous silence l'état de dégradation avancé de l'isolation thermique, particulièrement autour des fenêtres.



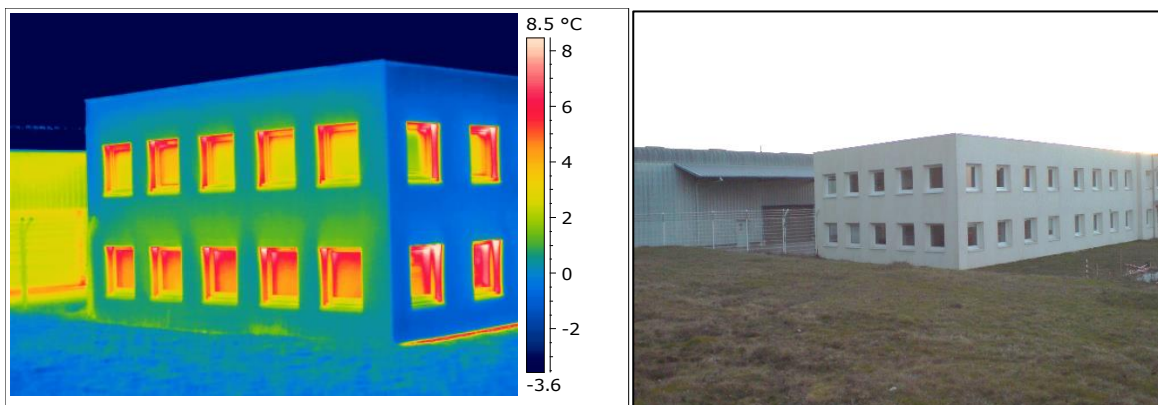
Dégradation du revêtement du complexe isolant au niveau des arrêtes.

Détail de l'état de l'isolation extérieure autour de certaines fenêtres de la façade sud



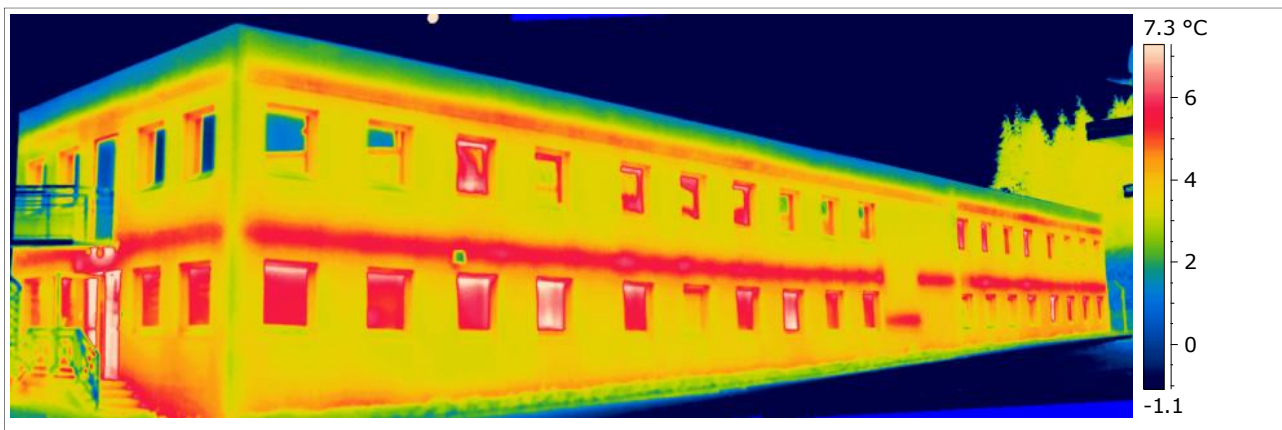
L'examen de la façade ouest ne révèle pas d'irrégularité thermique particulière, on constate la présence d'une isolation par l'extérieure comme sur la façade sud. Les zones plus rouges autour des fenêtres sont des phénomènes normaux. On observe une légère différence de température de surface ($<0.2^{\circ}\text{C}$) entre la façade sud et la façade ouest cet écart peut s'expliquer par une variation de l'environnement radiatif et/ou une différence de type de matériaux utilisés.

Façade Ouest :

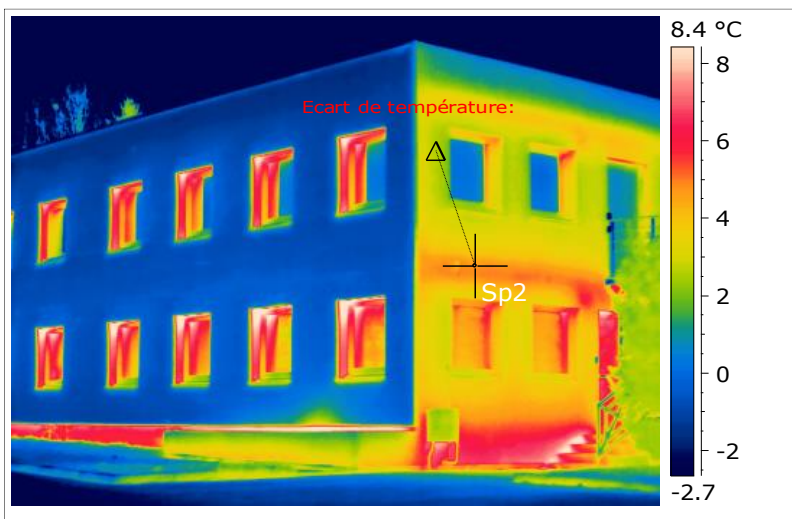


Le thermogramme panoramique de la façade nord montre la présence d'un pont thermique linéique au niveau de l'about de plancher. Dans ce type de construction, la présence d'une telle irrégularité est normale, seule l'isolation thermique extérieure comme celle en place sur la façade sud peut remédier à ce problème. On constate le même phénomène sur la façade Est.

Thermogramme panoramique de la façade nord :



Sur ce thermogramme réalisé sur l'angle des façades sud et est on peut observer la différence de performance thermique, ici l'écart de température apparente de surface est d'environ 5 °C pour des conditions similaires (Int et Ext).



4.5.2 Thermogrammes intérieurs

Après l'extérieur, nous avons réalisé des prises de vue en sondage à l'intérieur du bâtiment.

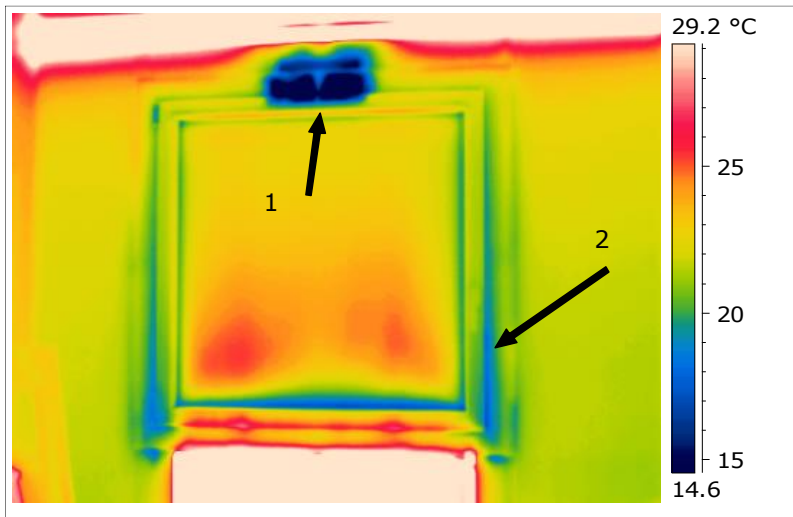
Les analyses menées sur les parties dépourvues de faux plafond du 1er étage ne révèlent pas d'irrégularité thermique particulière sur le plafond.

Les sondages effectués sur les parois intérieures ne révèlent pas d'anomalies, les ponts thermiques majeurs du bâtiment ont été identifiés depuis l'extérieur.

Nous avons poursuivi nos investigations sur les menuiseries. Nous avons observé essentiellement des défauts d'étanchéité à l'air.

Les thermogrammes présentés ci-après illustrent les anomalies rencontrées.

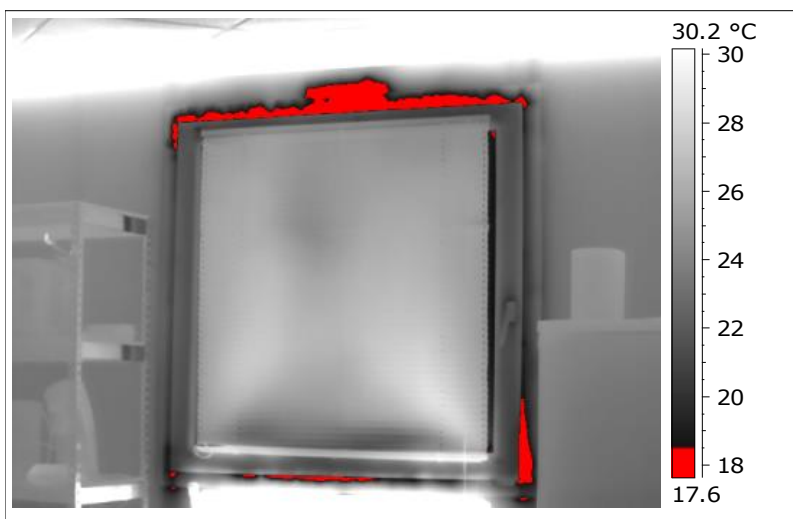
Thermogramme d'une menuiserie neuve :



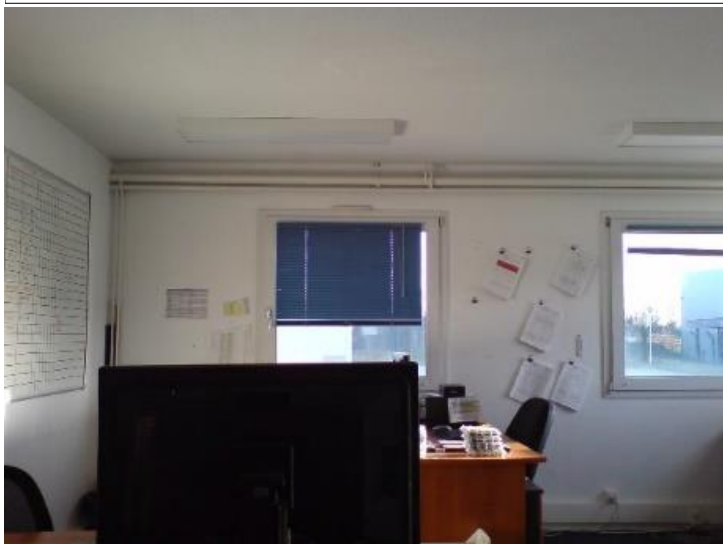
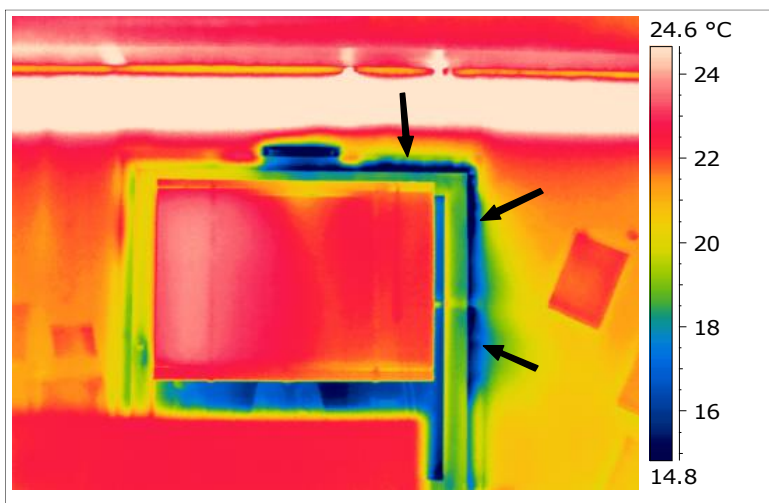
(1) Entrée d'air froid au niveau de la grille
(2) Léger défaut d'étanchéité entre le dormant et l'ouvrant

Ce thermogramme d'une menuiserie neuve est présenté dans une palette de couleur et traitement permettant de localiser, ici en rouge l'arrivée d'air froid. On constate comme sur plusieurs autres menuiseries des défauts d'étanchéité entre le dormant et l'ouvrant.

Thermogramme d'une menuiserie neuve, défaut d'étanchéité entre l'ouvrant et le dormant de la fenêtre :

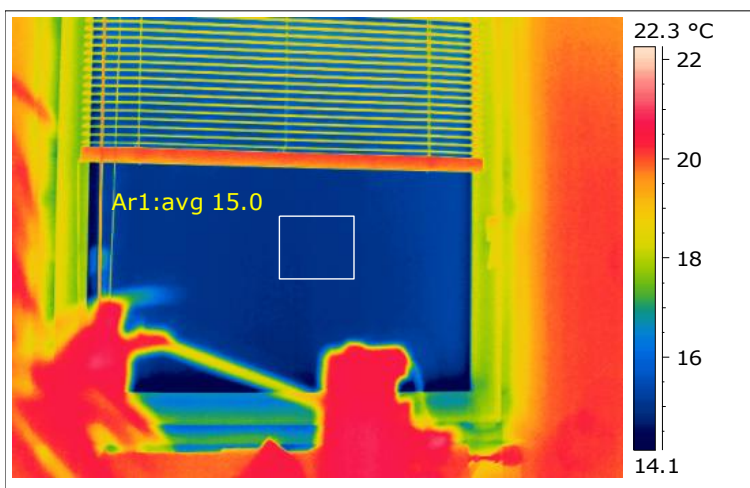


Thermogramme d'une menuiserie neuve :

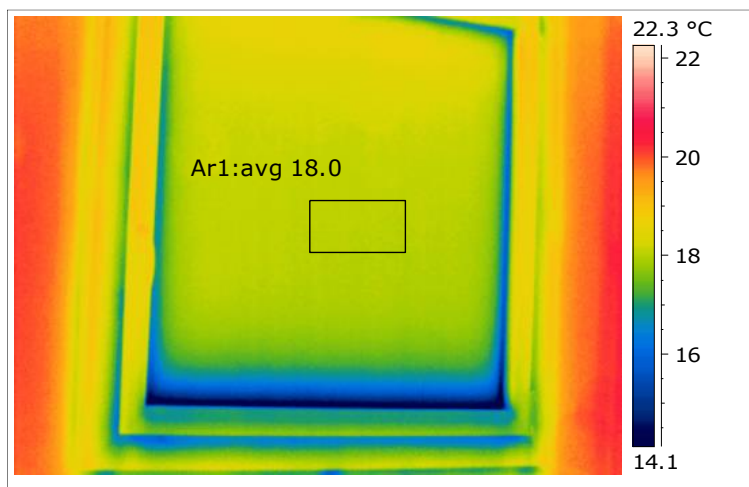


Les deux thermogrammes suivants ont été réalisés dans des conditions d'environnements identiques, il est donc intéressant de constater ici la différence de température de surface des vitrages entre une nouvelle et une ancienne menuiserie.

Thermogrammes menuiserie ancienne :



Thermogramme menuiserie neuve :



Les examens par thermographie sur ce bâtiment ne révèlent pas d'irrégularité thermique particulière sur les façades revêtues d'une isolation thermique extérieure. Sur les autres façades, on observe les traditionnels ponts thermiques linéiques typiques de ce type de construction.

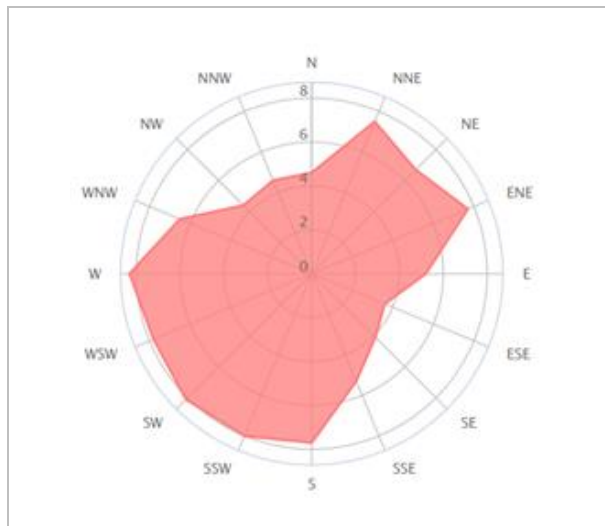
Les menuiseries extérieures étaient en cours de remplacement lors de notre examen, nous avons constaté plusieurs défauts d'étanchéité à l'air qui peuvent être résolus par le réglage des ouvrants. L'analyse par thermographie de la mise en œuvre entre le mur et les nouveaux cadres ne dévoile pas d'anomalie.

5. Phase 1 : Etat des lieux

5.1. Le climat

CONDITIONS CLIMATIQUES		
Localisation du bâtiment :		
Zone Climatique RT 2005 :	H1c	Massif Central, climat semi-montagnard
Température extérieure de base :	-8 °C	Au niveau de la mer.
Correction en fonction de l'altitude	-9°C	Altitude : 396 m
Température extérieure de base retenue	-9°C	Utilisée pour les calculs de déperdition
Station météo :	Bellegarde	Soit à 0 km du site et pour une altitude comp
Durée de la saison de chauffe :	232 j	Du 1er octobre au 20 mai
Degrés Jours Unifiés trentenaires (Base 18°C) :	2 390.5	Moyenne années 1981-2010 Source : Climatologie Limoges-Bellagarde - 1981-2010

DJU DE LA PÉRIODE D'ÉTUDE			
DJU Annuels	2018	2019	2020
Station météo Bellegarde	2 324	2 389	2 188




La direction des vents dominants le site est principalement :

- entre Ouest et Sud
- et sur la zone Nord-Est

Le bâtiment est relativement peu protégé dans ces directions.

5.2. La bâtiment




RÉSUMÉ - ÉTAT ACTUEL DU BÂTIMENT			
	NOM DU BÂTIMENT	Bureaux Aéroport de Bellegarde	
	Adresse	Avenue de l'aéroport, 87100 Limoges	
	Date de construction	1988	
	Activités	Bureaux	
	Surface / volume chauffé	928 m²	2320 m3
	Nombre de niveaux	2 niveaux	
	NIVEAU D'ISOLATION DU BÂTI		
Murs	MOYEN	Menuiseries	FAIBLE
Toiture	FAIBLE	Planchers bas	FAIBLE
Renouvellement d'air	Correct	Inertie thermique	Moyenne






Les murs extérieurs des façades Nord-Ouest et Sud-Ouest sont isolés par l'extérieur depuis 2004.

Des travaux sont déjà prévus pour la rénovation énergétique du bâtiment hébergeant les bureaux de l'aéroport de Limoges. Ils sont prévus pour 2021 et consistent en le remplacement des huisseries de l'ensemble du bâtiment.








En effet, il est prévu le remplacement de 51 fenêtres en double vitrage donc les caractéristiques sont les suivantes :

Pour les fenêtres en façade Sud :

-  Oscillo battant 1 vantail
-  PVC Blanc
-  Etanchéité thermique renforcée

-  Vitrage à contrôle solaire
-  6 mm Sunguard traitement
-  18 mm argon
-  4 mm vitrage clair
-  Total de 28 mm

Pour les fenêtres en façade Nord :

-  Oscillo battant 1 vantail
-  PVC Blanc
-  Etanchéité thermique renforcée
-  Vitrage isolant Climaguard
-  20 mm argon
-  2x 4 mm vitrage clair
-  Total de 28 mm

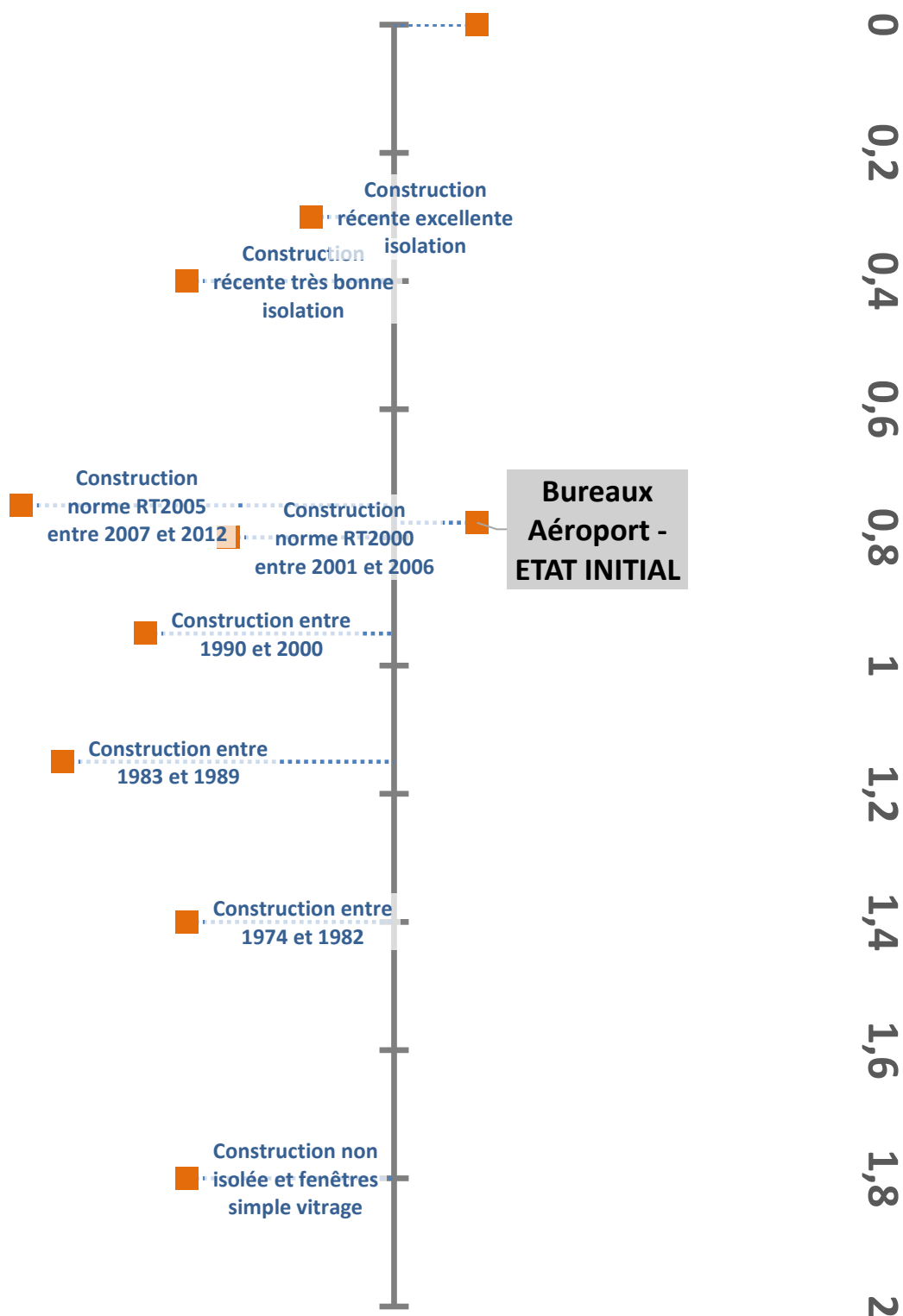
5.3. Descriptif du bâti

Parois	Performance	Description	Coefficient de Déperditions U
Murs extérieurs	MOYEN	Les murs Nord-Ouest et Sud-Ouest sont isolés par l'extérieur et faiblement par l'intérieur.	0.365 w/m ²
	MAUVAIS	Les murs Nord-Est et Sud-Est sont isolés faiblement par l'intérieur.	0.930 W/m ²
Plancher Haut	MAUVAIS	Le plafond en isolé en surface par 8 cm de polystyrène.	1.16 W/m ²
Planchers Bas	MAUVAIS	Le plancher bas n'est pas isolé	2.94 W/m ²
Vitrages - portes	MOYEN	Les fenêtres en PVC sont en double vitrage 12 mm	2.2 W/m ²
	MAUVAIS	Les portes sont en vitrage simple	3.5 W/m ²
Ponts thermiques	MAUVAIS	La plupart des ponts thermiques ne sont pas traités (notamment celui de l'acrotère).	0.70 W/m
Étanchéité à l'air	MAUVAIS		
Coefficient Ubat			0.809 W/m².K

Le coefficient Ubat caractérise le niveau d'isolation global du bâtiment rapporté à sa surface, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Plus cette valeur est élevée, plus les déperditions du bâti sont importantes.

Pour se rendre compte de la valeur présentée ici du Ubat, celui-ci est présenté selon les années et performances des différentes réglementations thermiques :

Niveau Ubât



6. Phase 2 : Bilan énergétique et préconisations

6.1. Analyse critique de la situation existante

6.1.1 Bâti

L'isolation extérieure déjà mise en place les façade Nord-Ouest et Sud-Ouest est « performante » mais présente est très dégradée au niveau des menuiseries.

	<p>Présence de fissures et d'humidité sur l'ensembles des arêtes et jointures de l'isolation par l'extérieur.</p> <p>Il est nécessaire de remédier à cette problématique pour éviter la propagation de la rouille, la pénétration de l'eau (et du gel) qui vont générer un effet de « cloque » entre l'isolant et le bardage et ainsi se détériorer et tomber.</p> <p>La performance thermique de l'ensemble est ainsi diminuée.</p>
	<p>Présence de fissures et d'humidité sur l'ensembles des arêtes et jointures de l'isolation par l'extérieur.</p> <p>Il est nécessaire de remédier à cette problématique pour éviter la propagation de la rouille, la pénétration de l'eau (et du gel) qui vont générer un effet de « cloque » entre l'isolant et le bardage et ainsi se détériorer et tomber.</p>

Les menuiseries sont en en cours de remplacement sur l'ensemble du bâtiment.

L'isolation des toitures terrasses serait à remplacer, ce qui permettrait par la même occasion de revoir entièrement l'étanchéité, d'avoir une couleur de toiture claire (moins d'apports thermiques) mais également de travailler sur les ponts thermiques (voir \$ sur la thermographie du bâtiment).

6.1.2 Chauffage

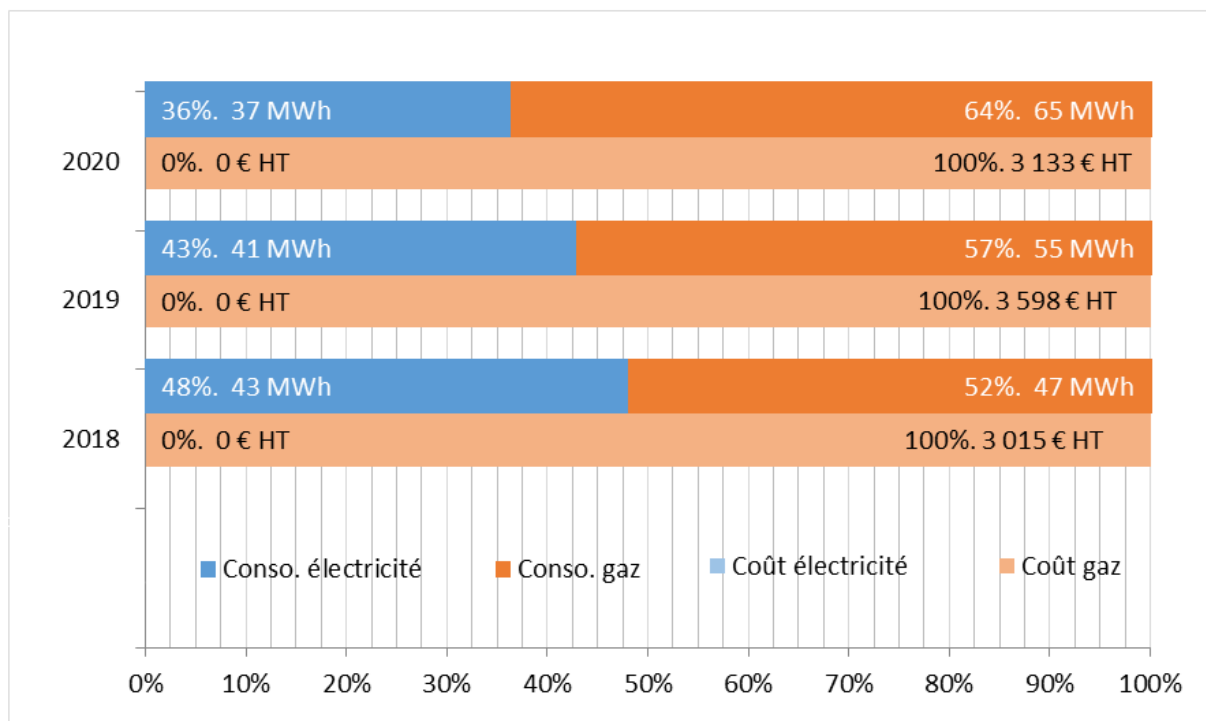
La chaudière gaz actuellement en place fonctionne et les éléments issus du ticket de combustion sont corrects.

6.1.3 Eclairage des communs

Depuis 2019, le remplacement de l'éclairage est réalisé sur l'ensemble du site en passant sur de l'éclairage LED.

6.2. Les consommations annuelles réelles du bâtiment

A partir des données de facturation fournis et des relevés du site, la répartition énergétique et financière a pu être établie :



La consommation électrique représente environ 42 % de la consommation totale du site sur les 3 dernières années, contre 58 % pour la consommation gaz.

Le coût du MWh électrique n'a pas pu être déterminé (pas de factures d'électricité). Pour la suite des calculs, un coût moyen classique a été retenu.

6.2.1 L'électricité

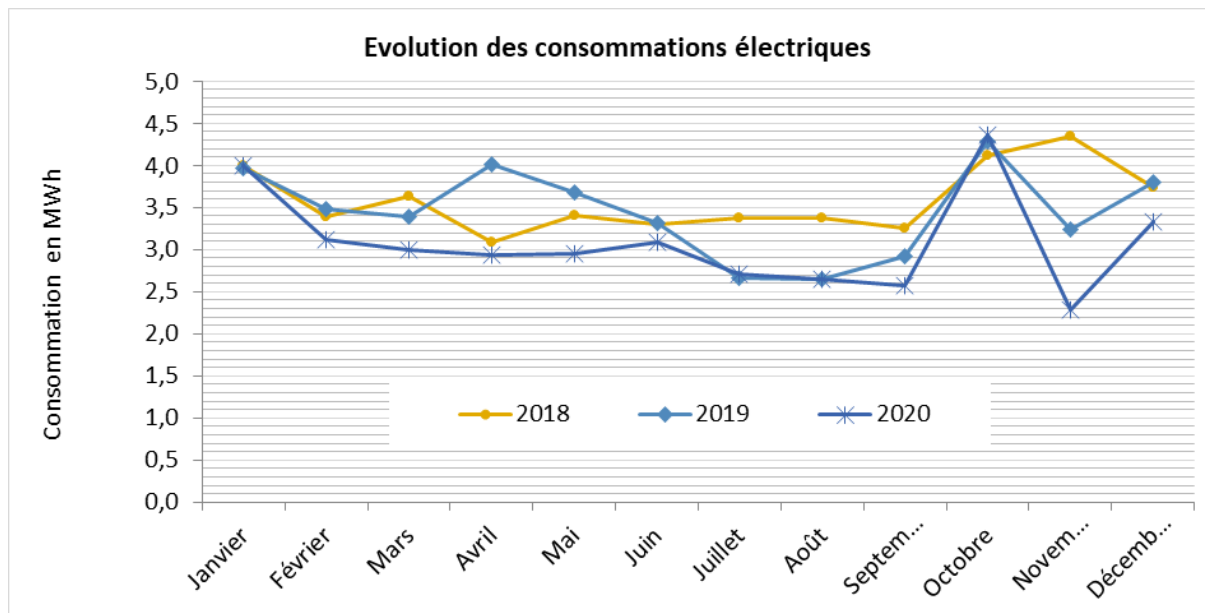
L'électricité est utilisée pour la quasi-totalité des usages du site : éclairage, ventilation, « bureautique »...

Pour les 3 dernières années les relevés et données fournis ont été synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Electricité	2018	2019	2020	Ecart sur 1an (%)	Ecart sur 2ans (%)
Fournisseur	EDF				
Conso. anuelle (MWh)	43	41	37	- 10,7 %	- 14,0 %

La consommation énergétique reste similaire sur les 3 dernières années. Légère baisse de la consommation en 2020 en lien avec la pandémie de la COVID 19.

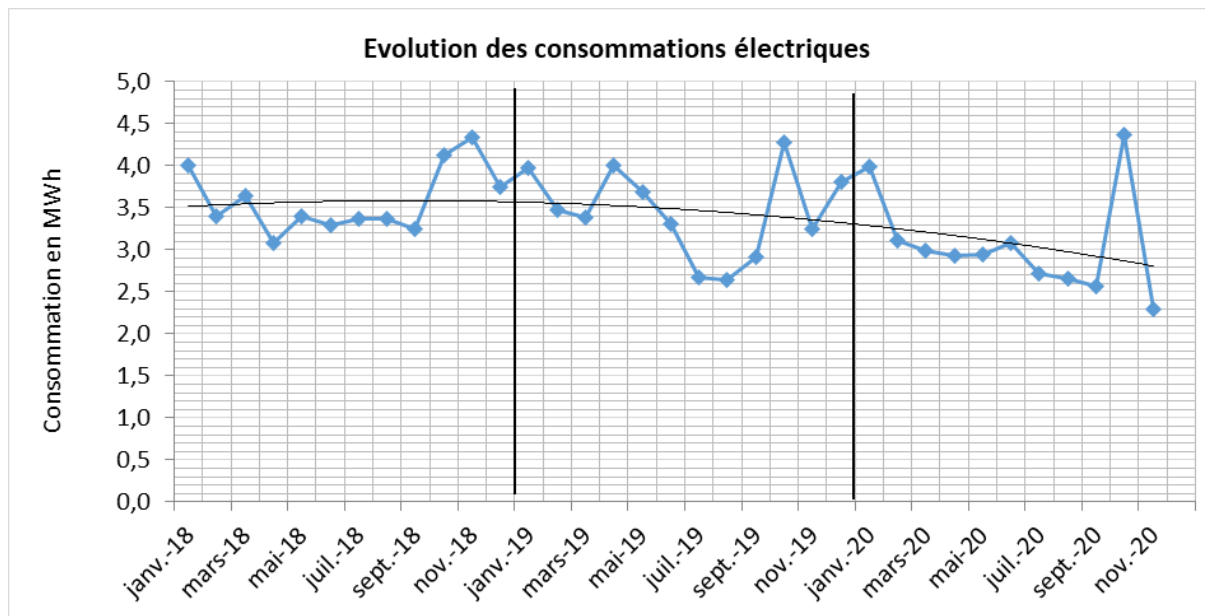
L'évolution des consommations électriques mensuelles sur les 3 dernières années est présentée sur les courbes ci-dessous :



Le profil des consommations est stable sur l'année et « identique » sur les années. Légère hausse en fin d'année sûrement liée à la mise en place de convecteur électrique pour le chauffage.

L'année 2020 n'est pas représentative d'une année dite « normale » (pandémie de la COVID 19).

Les différentes observations faites se retrouvent sur le graphe ci-dessous en montrant l'évolution des consommations électriques sur les 3 dernières années :



La courbe de profil permet de confirmer la forme descendante des consommations du site (année 2020 non représentative).

6.2.2 Le gaz

Le gaz est uniquement dédié à la production du chauffage de l'ensemble du site. Pour les 3 dernières années les relevés et données fournis ont été synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Gaz	2018	2019	2020	Ecart sur 1an (%)	Ecart sur 2ans (%)
Fournisseur	PICOTY GAZ				
Conso. annuelle (MWh)	47	55	65	+ 17,0 %	+ 38,7 %
Coût annuel (€ HT)	3 015	3 598	3 133	- 12,9 %	+ 3,9 %
Coût moyen annuel (€ HT/MWh)	64,54	64,99	48,36	- 25,6 %	- 25,1 %



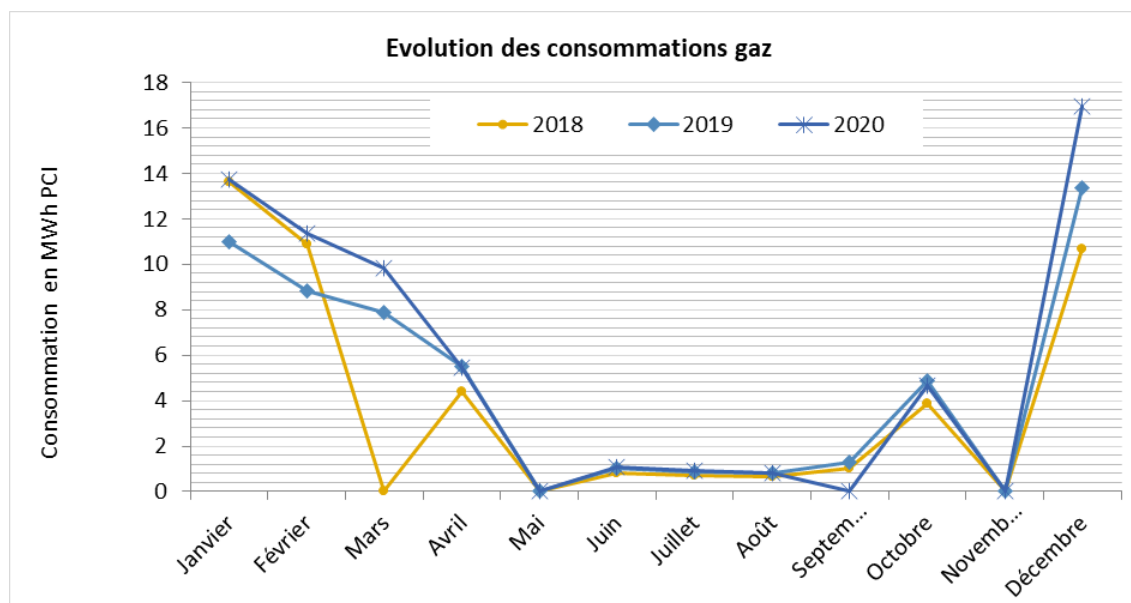
La consommation énergétique est en constante hausse sur les 3 dernières années (+40%). Contrairement à l'électricité, pas de baisse de la consommation en 2020 en lien avec la pandémie de la COVID 19.

De plus, en 2020, les DJU sont moins élevés que les années précédentes :

DJU DE LA PÉRIODE D'ÉTUDE			
DJU Annuels	2018	2019	2020
Station météo Bellegarde	2 324	2 389	2 188

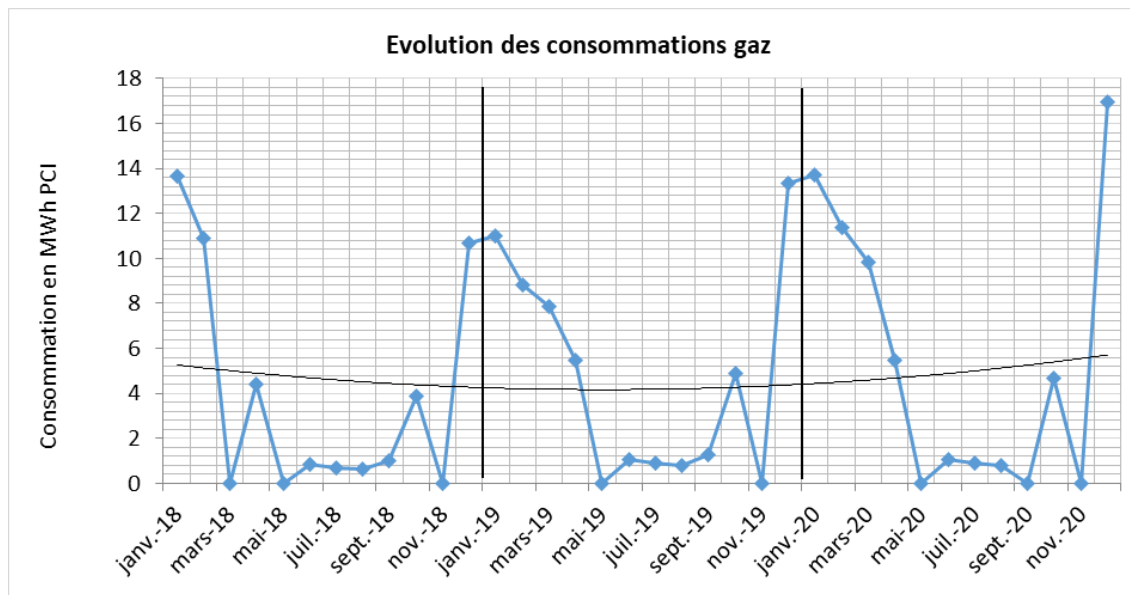
La consommation de chauffage aurait dû être moins élevée que les années précédentes. A suivre sur l'année 2021 pour en voir l'évolution.

L'évolution des consommations gaz mensuelles sur les 3 dernières années est présentée sur les courbes ci-dessous :



Le profil des consommations est stable « identique » sur les années. Hausse sur la période hivernale avec la mise en fonctionnement de la chaudière pour le chauffage.

Les différentes observations faites se retrouvent sur le graphe ci-dessous en montrant l'évolution des consommations électriques sur les 3 dernières années :





6.3. Etude thermique du bâtiment

6.3.1 Méthodologie de l'étude thermique

Objectif :

L'étude thermique permet de déterminer les déperditions théoriques du bâtiment observé. A partir de ces déperditions, les éléments suivants peuvent être définis :



-  Puissance théorique de chauffage permettant de compenser l'ensemble des déperditions.
-  Besoins et consommations théoriques destinés à la production de chauffage sur une année.




Outil :

Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel Perrenoud – BAO Evolution SED PROMODUL suivant la méthode Th-C-Ex.

Données nécessaires :




Les données nécessaires à l'étude thermique du bâtiment sont les suivantes :

-  Matériaux composant les murs extérieurs, les plafonds, les toitures et les planchers bas,
-  Matériaux composant les ouvertures,

-  Surfaces des parois,
-  Renouvellement d'air,
-  Orientation et localisation du bâtiment.

6.3.2 Bilan thermique

Le bilan thermique hiver estime les déperditions totales (pertes de chaleur) du bâtiment. Pour cela il tient compte de deux éléments :

-  Les pertes par les parois définies en fonction du coefficient de transmission thermique noté U ($\text{m}^2/\text{K}/\text{W}$), de la surface de la paroi (m) et de l'écart entre la température ambiante et la température minimale extérieure. Celles-ci sont majorées suivant l'orientation.
-  Les pertes par renouvellement d'air définies en fonction du débit d'air neuf (m^3/h) et de l'écart entre la température ambiante et la température minimale extérieure.
-  Déperditions totales des bâtiments (parois et renouvellement d'air) :

DÉPERDITIONS DU BÂTIMENT		
	Bureaux	
Parois déperditives	Quantité	Déperditions
Murs extérieurs	442 m^2	7 833 W
Plancher Haut	430 m^2	4435 W
Planchers Bas	430 m^2	8720 W
Vitrages - portes	153 m^2	10 446 W
Ponts thermiques	486 ml	6078 W
Ventilation	1 710 m^3/h	3910 W
TOTAL par bâtiment	1 455 m^2	41 422 W

Au total, les déperditions sont estimées à 41,2 kW environ.

6.3.3 RT « élément par élément »

L'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants liste l'ensemble des travaux visés et donne les exigences associées.

A compter du 1er janvier 2018, l'arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants s'applique.

En cas de demande de CEE les valeurs seront supérieures à la demande de l'arrêté du 22 mars 2017.

Nous prendrons les valeurs minimales dans les calculs suivants pour bénéficier des certificats d'économies d'énergie.

6.3.4 Besoins et consommations théoriques de chauffage

A partir des déperditions calculées précédemment, nous estimons les besoins et consommations théoriques destinés au chauffage du bâtiment. Dans le cadre de cette étude, nous considérons la totalité des locaux occupés.

Besoins

Afin de déterminer les consommations théoriques de chauffage, il nous faut, dans un premier temps, définir les besoins de chauffage du bâtiment. Pour cela, nous utilisons la formule suivante :

$$Bch = \frac{24 \cdot P \cdot DJU \cdot I}{\Delta T}$$

- Bch : Besoin de chauffage annuel en kWh
- P : Puissance en kW (déperditions)
- DJU : Degrés jour unifiés trentenaire (Base 18°C)
- ΔT : Différence entre la température ambiante et la température extérieure minimale de base
- I : Intermittence

Consommations

La consommation de chauffage se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Cch = \frac{Bch}{R_{global}}$$

- Cch : Consommation de chauffage en MWh/an
- Bch : Besoin de chauffage en kWh/an
- Rglobal* : Rendement global de l'installation

6.3.5 Calcul des consommations réglementaires

Le calcul des consommations réglementaires permet de situer la performance initiale du bâtiment selon la méthode TH-C-E ex. Il définit la consommation d'énergie primaire (noté Cep) du bâtiment.

Le Cep considère 5 usages : Chauffage, Climatisation, Production ECS, Auxiliaires (ventilation et production de chaleur/froid) et Eclairage.

Le calcul des consommations réglementaires permet d'obtenir les étiquettes énergie et Gaz à Effet de Serre (GES).

6.3.6 Comparaison des consommations

Pour pallier aux limites du calcul réglementaire, on évalue les consommations de chauffage des bâtiments par une méthode dite dynamique.

Cette méthode est en effet plus souple que la méthode réglementaire dans les choix des paramètres comme les consignes de température et d'occupation.

Le calcul théorique est réalisé sur le logiciel Perrenoud par le module BAO Évolution SED (Version V.2.0.37), selon une méthode comportementale mensuelle qui permet de s'approcher des consommations réelles du bâtiment :

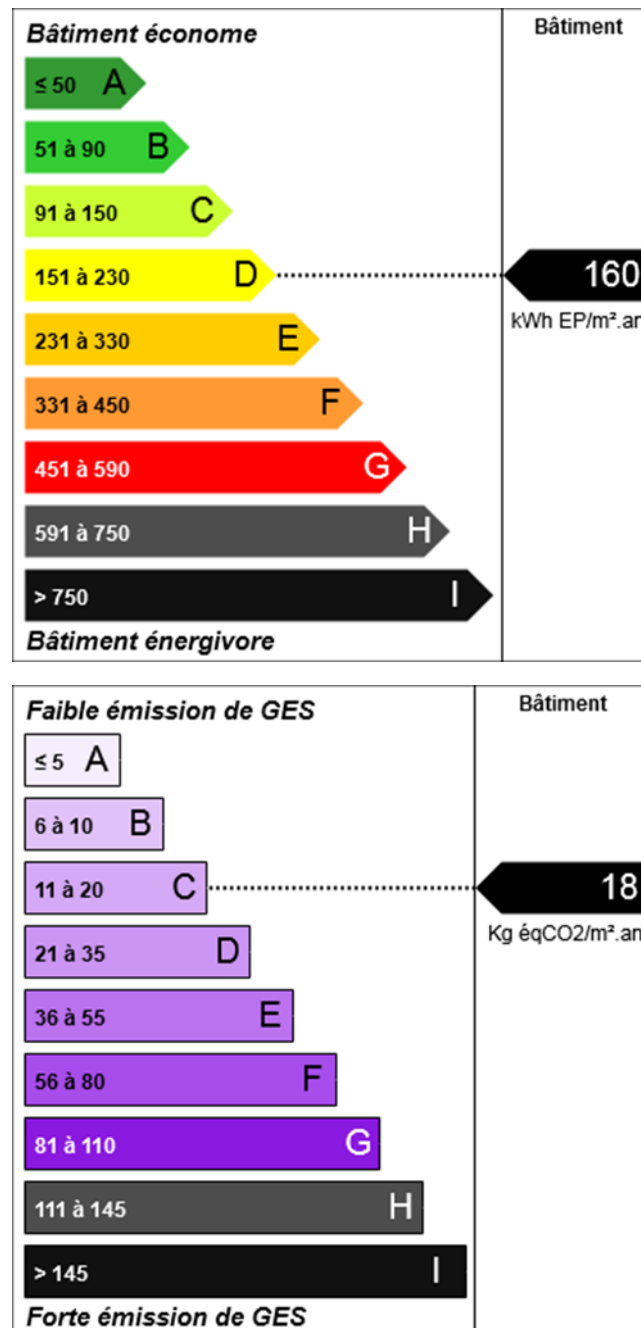
COMPARAISON CONSOMMATIONS FINALES PAR ÉNERGIE ET PAR USAGE			
	Factures	Calcul Théorique	
Usages de l'énergie	État initial	État initial	Unités
Coefficient Cep		159,64	kWh ep / m²SHON
Émissions de GES		17,96	kgeqCO2/m²SHON
Étiquette Energie		0,00	
Étiquette Environnement		0,00	
CHAUFFAGE		59 308	kWh ef/an
Gaz naturel		59 308	kWh ef/an
Electricité		0	kWh ef/an
ECS		2 302	kWh ef/an
Electricité		2 302	kWh ef/an
Gaz naturel		0	kWh ef/an
REFROIDISSEMENT		0	kWh ef/an
Electricité		0	kWh ef/an
ÉCLAIRAGE		13 900	kWh ef/an
Électrique		13 900	kWh ef/an
AUXILIAIRES		1 367	kWh ef/an
Ventilateurs (électriques)		684	kWh ef/an
Auxiliaires (électriques)		683	kWh ef/an
AUTRES USAGES		20 700	kWh ef/an
Bureautique et électroménager		20 700	kWh ef/an
Process (Cuisson)		0	kWh ef/an
Consommation de Gaz naturel	60 052	59 308	kWh ef/an
Ecart aux factures		-1%	
Consommation d'électricité	40 470	38 269	kWh ef/an
Ecart aux factures		-5%	

Le recollement du modèle théorique est validé. Un écart de $\pm 10\%$ est souhaitable.

6.3.7 Etiquette énergétique du bâtiment

Classement énergétique du bâtiment :

L'étiquette énergie tient compte de 5 usages (chauffage, climatisation, production ECS, éclairage et auxiliaires) et sont calculées à partir de la surface SHON.



La consommation en énergie primaire (Cep) du bâtiment est de 160 kWh ep / m² SHON pour les 5 usages principaux de l'énergie ainsi que pour les usages spécifiques, ce qui le classe dans la catégorie

énergétique D : le bâtiment est déjà faiblement isolé, mais ses performances énergétiques peuvent être améliorées.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) du bâtiment de bureaux sont de 18 kg équivalent CO₂ /m² SHON par an, ce qui le classe dans la catégorie environnementale C.

Cela représente environ 18 tonnes de CO₂ émises par an, soit la pollution émise par environ 10 voitures standard en une année (pour 12,5 kg/100km émis et une distance de 15 000 km parcourus par an).

BILAN ENVIRONNEMENTAL		
Émission de gaz à effet de serre		kgeqCO ₂ /m ² SHON
Émission de gaz à effet de serre par an	17.8	teqCO ₂ /an
Équivalence distance parcourue	142 250	km
Nombre de voitures circulant pendant un an	10	Nb

6.4. Financements envisageables

6.4.1 Plan de relance

Le plan de relance prévoit l'ouverture d'une nouvelle enveloppe de 950 Millions d'euros pour 2021 afin de financer les projets de rénovation énergétique des bâtiments des collectivités du bloc communal et des départements.

Cette enveloppe exceptionnelle a pour vocation de financer des travaux de rénovation énergétique des bâtiments publics. Il s'agit ici de l'ensemble des travaux réalisés sur des bâtiments départementaux, communaux ou intercommunaux visant à diminuer leur consommation énergétique. Elle ne recouvre pas en revanche la construction de bâtiments neufs, même si ceux-ci répondent à des normes énergétiques exigeantes. Ces dépenses permettent de réaliser des économies en fonctionnement en diminuant la facture énergétique des collectivités concernées. Elle permet de prendre en charge l'ingénierie (diagnostic, études préalables et suivi de chantier) qui est liée au programme de travaux mis en œuvre.

Elles peuvent porter à la fois sur des actions dites « à gain rapide » présentant un fort retour sur investissement (pilotage et régulation des systèmes de chauffage, modernisation des systèmes d'éclairage, ...), des travaux d'isolation du bâti ou de remplacement d'équipement ainsi que sur des opérations immobilières de réhabilitations lourdes combinant plusieurs de ces travaux et pouvant inclure d'autres volets tels que la mise aux normes de sécurité et d'accessibilité, le désamiantage, le ravalement ou l'étanchéité du bâti.

La priorité est donnée aux projets les plus performants, avec une cible recommandée d'au moins 30% de réduction de consommation d'énergie, qui peut être adaptée en fonction de chaque projet, notamment des caractéristiques techniques, architecturales et patrimoniales du bâtiment et de son environnement et de l'ampleur du programme de rénovation.

Seront également valorisés les projets qui permettent de remplacer une chaudière au fioul par d'autres modes de chauffage ainsi que, le cas échéant, l'installation d'énergies renouvelables ou le recours à des matériaux à faible empreinte écologique (bois, biosourcés ou issus du recyclage). Sauf si des contraintes techniques étaient dûment justifiées, il ne sera pas possible d'accorder l'aide à un bâtiment qui, malgré l'opération de rénovation, remplacerait un système de chauffage au fioul par du fioul.

Une attention toute particulière sera apportée aux bâtiments scolaires du bloc communal et des départements. Ils constituent une part importante des consommations d'énergie de ces collectivités. Ils sont également l'objet de conditions de confort de mi saison et d'été de plus en plus difficiles, qui peuvent nuire à l'apprentissage des élèves. À cet effet, les travaux permettant d'éviter l'installation de climatisation (isolation, pare-soleil, végétalisation...) pourront être soutenus.

Il sera également encouragé de recourir à la mise en place d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments rénovés et des systèmes de régulation et de pilotage comme des thermostats programmables par exemple. En effet, en particulier pour les établissements scolaires, les marges d'optimisation des consommations en fonction des usages et de l'occupation sont souvent importantes.

Le montant de la subvention du Plan de relance n'est pas défini formellement. Il ne sera donc pas étudié dans le cadre de cet audit.

6.4.2 Les aides départementales

Le département propose également des aides aux collectivités et entreprises.

Le détail de ces financements est disponible sur le site : [Conseil départemental de la Haute-Vienne: Aides aux collectivités et entreprises \(haute-vienne.fr\)](http://Conseil departemental de la Haute-Vienne: Aides aux collectivités et entreprises (haute-vienne.fr))

Nous pouvons les résumés via le tableau ci-dessous :

Travaux éligibles	Type de Commune	Dotation	Plafond	Applicabilité
Travaux d'économie d'énergie	toutes	10%	30 000 €	Menuiseries PVC
		25%		Produits certifiés environnementaux (isolants, bois,...)
Opération de requalification	Classe 1	25%	100 000 €	Totalité des travaux
	Classe 2	20%		
	Classe 3	15%		
Bois énergie	Classe 1	25%	170 000 €	Installation
	Classe 2	20%		
	Classe 3	15%		
Solaire thermique	Classe 1	25%	40 000 €	Installation
	Classe 2	20%		
	Classe 3	15%		
Solaire Photovoltaïque	toutes	10%	40 000 €	Total installation










6.4.3 Fond Chaleur de l'ADEME

Lancé en 2009, le « Fonds chaleur » a été mis en place pour soutenir le développement de la production de chaleur renouvelable issue de la biomasse, de la géothermie, du solaire thermique, du biogaz, des énergies de récupération ainsi que sa distribution grâce aux réseaux de chaleur liés. Ce dispositif s'est ensuite étendu à la production de froid à partir de sources renouvelables.

En remplaçant des installations existantes fonctionnant avec des combustibles fossiles, en favorisant la mise en œuvre de nouveaux équipements, en développant les réseaux de chaleur et de froid, qui valorisent de manière optimale les énergies renouvelables, le dispositif du Fonds Chaleur apporte sa contribution aux objectifs de la loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte.

Le Fonds Chaleur s'adresse aux collectivités et aux entreprises afin de leur permettre de réaliser leur transition énergétique par le recours massif à la chaleur et au froid renouvelables sur leurs territoires et dans leurs activités. Il concerne les secteurs des bâtiments publics, de l'habitat collectif, du tertiaire, de l'industrie et de l'agriculture afin de permettre à ces technologies d'être économiquement compétitives par rapport aux installations utilisant une énergie conventionnelle.

Sont éligibles au dispositif d'aide régional du Fond Chaleur :

-  Les installations de production de chaleur renouvelables et de récupération (ENRR) suivantes :
 -  La biomasse énergie ;
 -  Le biogaz (méthanisation) ;
 -  L'énergie solaire thermique ;
 -  La géothermie et l'énergie de l'eau de mer (valorisée directement ou par l'intermédiaire de pompes à chaleur) ;
 -  La chaleur de récupération (chaleur "fatale" issue des UIOM, de process industriels, ou des eaux usées) ;
 -  Les boucles d'eau tempérée géothermiques et les réseaux de chaleur permettant le transport de ces ENRR ;
 -  Les réseaux de chaleur permettant le transport et la distribution de cette chaleur ENRR.
 -  Les contrats de développement ENR territoriaux et patrimoniaux.

L'obtention des subventions du Fond Chaleur est soumise au respect de critères techniques propres à la technologie mise en œuvre et au projet envisagé. Pour une chaudière biomasse, son rendement doit être d'au moins 85%, et pour un réseau de chaleur la densité d'énergie du réseau doit être supérieure à 1.5 MWh/ml...

La faisabilité d'un tel projet, s'il est envisagé de façon sommaire dans cette étude, devra toujours être validée par une étude dédiée, qui conditionne également l'obtention des subventions.

Le montant des subventions est déterminé de manière forfaitaire pour les projets dont la quantité de chaleur renouvelable est comprise entre 1 200 MWh et 12 000 MWh par an.

Par exemple, le COT ENR du SEHV permet d'obtenir les aides forfaitaires ci-dessous pour une chaufferie biomasse en fonction de l'énergie utile en sortie de chaudière :

Gamme en MWh (sortie chaudière)		Aide collectif en €/MWh ENR sortie sur 20 ans
0	600	13
601	3 000	7
3 001	6 000	5,9
6 001	12 000	2,4

NOTA : les aides forfaitaires de l'ADEME ne sont pas cumulables avec certaines fiches CEE (ci-après).

6.4.4 Les certificats d'économie d'énergie

Les certificats d'économie d'énergie sont un dispositif national qui oblige les vendeurs d'énergie (vendeurs d'électricité, de gaz, de fioul, de carburants) à réaliser des économies d'énergie. Pour cela ces opérateurs dits « obligés » peuvent réaliser des opérations pour inciter leurs clients à faire des économies ou directement acheter des certificats obtenus par d'autres opérateurs dits « non obligés ».

Pour les maîtres d'ouvrage, il est ainsi possible lors de la réalisation de travaux d'amélioration énergétique (isolation, remplacement de chaudières, ...) de négocier (sur le marché pour les collectivités locales ou directement) avec un opérateur obligé la cession de certificats d'économie d'énergie.

De nombreuses actions d'améliorations favorisant les économies d'énergie peuvent être valorisées sous forme de « certificats d'économie d'énergie » (cf. fiches standardisées disponibles sur le site <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Certificats-d-economies-d-energie,188-.html>).

Pour chaque action, il est défini une quantité d'énergie qui sera économisée grâce à cette action et est exprimée en kWhcumac (kWh cumulés et actualisés sur la durée de vie conventionnelle de l'équipement).

Exemple : Pose de 100 m² d'isolation par l'intérieur dans une école située en zone climatique H1 : 366 000 kWh cumac soit 1464 €.

Le prix de vente des certificats d'économie d'énergie est soumis à des variations.

Le montant de la valorisation fixé dans cette étude est de 0,6 c€/kWhcumac.

Le dépôt de dossier des CEE doit être réalisé au plus tard un an après la réalisation des travaux. Le registre national des certificats d'économies d'énergie (accessible sur le site internet emmy.fr) est la

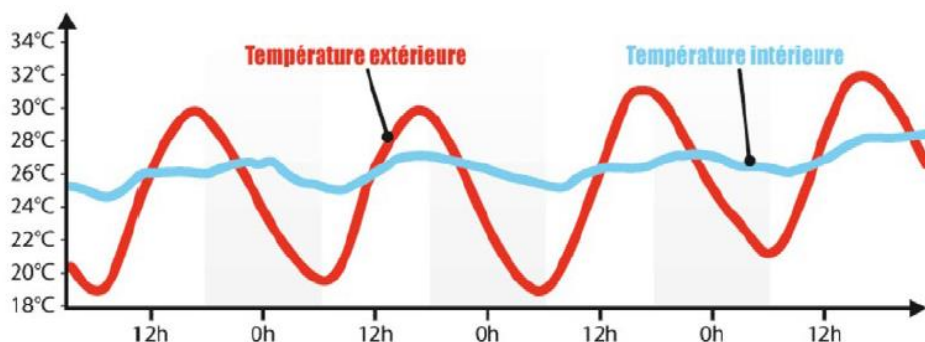
matérialisation des certificats d'économie d'énergie délivrés par le pôle national. Le site internet permet l'accès aux listes des acheteurs et des vendeurs de certificats.

6.5. Programme d'améliorations – Préconisations

Les préconisations proposées sur l'enveloppe présentent des variantes biosourcées qui sont définies ci-après.

On peut définir un matériau biosourcé ainsi : matériau totalement ou partiellement issu de la biomasse végétale ou animale. Il prend la forme d'isolant, de panneau de particules, de béton, de plastique ou de composite, sans que cette liste soit limitative. L'empreinte environnementale de tels matériaux est donc amorties en quelques années, contrairement aux matériaux issus du minéral.

Les matériaux biosourcés présentent de nombreux autres avantages. La composition des matériaux biosourcés apporte des qualités de déphasage et d'isolation thermique, très pertinentes pour améliorer le confort d'été. Ces isolants possèdent une bonne inertie thermique de transmission permettant d'emmagasiner l'énergie et de ralentir les transferts de chaleur, notamment dû au rayonnement solaire estival. Le déphasage thermique est intéressant pour réguler la température intérieure des bâtiments, en rejetant la nuit l'énergie emmagasinée durant la journée.



Source : tendance-travaux.fr

Parmi les matériaux biosourcés utilisés pour l'isolation thermique des bâtiments, on rencontre fréquemment les trois types suivants :

- Origine végétale : Bois, Liège expansé, Chanvre, Paille de blé, Paille de riz, Herbe, Mixte chanvre, coton, lin ;
- Issus du recyclage : Ouate de cellulose, Textile recyclé ;
- Origine animale : Mouton.

Dans le paragraphe de présentation des aides départementales, le dispositif nommé « Travaux d'économie d'énergie » apporte une aide financière pour certaines catégories de matériaux biosourcés. Il est notamment mentionné une aide forfaitaire de 25% pour les produits certifiés environnementaux.

Dans le cadre de l'étude des variantes biosourcées dans ce diagnostic, ces 25% de subvention seront appliqués directement sur la majoration du prix des matériaux biosourcés par rapport aux matériaux traditionnels.

Le diagnostic intègre donc pour chaque préconisation d'isolation de parois opaques, une variante biosourcée, prenant en compte :


- Mur : isolation par l'intérieur ou l'extérieur avec isolant de type laine de bois :
 - Surcoût considéré : 55% - 25% de subvention = 30% de surcoût ;
 - Déphasage thermique pour 20cm : 5,2 à 8,5h.
- Plancher bas : isolation en sous-chape avec un isolant de type liège expansé :
 - Surcoût considéré : 80% - 25% de subvention = 55% de surcoût ;
 - Déphasage thermique pour 20cm : 10,3 à 14,8h.
- Plancher haut : isolation par-dessus d'un plancher de combles perdus avec un isolant de type ouate de cellulose en vrac :
 - Surcoût considéré : 15% - 25% de subvention = aucun surcoût considéré ;
 - Déphasage thermique pour 20cm : 10h.

À l'instar de l'ensemble des dispositifs de subvention, la délivrance officielle des subventions est entendue sous réserve d'éligibilité du projet.

L'ensemble des préconisations sont reprises dans le tableau ci-dessous :


RÉCAPITULATIF DES PRÉCONISATIONS - TOTAL										
N°	Actions préconisées	Investissement	CEE + ADEME	Économies financières	Économies énergétiques		Économies environnementales		TRB	TRA
-	Unités	€TTC	€	€TTC/an	kWh ep/m².an	%	kg eq CO2/m².an	%	ans	ans
1	Isolation extérieure des murs non-isolés	45 839 €	3 900 €	549 €	9	6%	3	14%	77	47
2	Isolation extérieure de la façade SUD	42 179 €	3 760 €	45 €	1	0%	0	1%	852	-
3	Remplacement des menuiseries	43 695 €	3 004 €	509 €	9	5%	2	13%	80	80
4	Reprise d'étanchéité et isolation de la toiture terrasse (couleur claire)	57 445 €	4 633 €	504 €	9	5%	2	13%	105	58
5	Production de chaleur (climatisation)	34 815 €	242 €	2 714 €	24	15%	14	78%	13	12
6	Éclairage - Luminaires LED	13 717 €	651 €	1 043 €	18	11%	2	13%	13	12

6.5.1 Isolation extérieure des murs non isolés

PRÉCONISATION N°1	
BÂTI 2 - Isolation des murs par l'extérieur des murs NE et SE	
DESCRIPTION	
<p>Nature de la préconisation : Bâti - Isolation par l'extérieur des murs extérieurs NE et SE.</p> <p>Les murs extérieurs du bâtiment de bureaux sont partiellement isolés et sont responsables de 30% des déperditions du bâtiment. Les façades Nord-Est et Sud-Est ne sont pas isolées tandis que les façades Nord-ouest et Sud-Ouest présentent une isolation par l'extérieure vetuste.</p> <p>Les murs extérieurs NE et SE seront donc isolés par l'extérieur par la mise en oeuvre d'un isolant de R au moins égal à 3,7 m².K/W</p>	
MODALITÉS DE RÉALISATION	
<p>Principe de mise en œuvre : Il sera mis en place une isolation par l'extérieur avec un doublage isolant de résistance thermique au moins égal à 3,7 m².K/W, soit environ 15 cm d'isolant de type minéral.</p>	
<p>Points de vigilance : les murs anciens en pierre "respirent", c'est-à-dire qu'ils évacuent par porosité l'humidité des locaux vers l'extérieur. La mise en œuvre de l'isolation ne doit pas faire barrage au caractère respirant des murs, au risque d'entraîner l'apparition de condensation et de moisissures dans les parois. Les isolants synthétiques de type polystyrène sont donc à éviter.</p>	
<p>Avantage : L'isolation par l'extérieure peut être réalisée sans gêner l'occupation des bâtiments. L'ITE permet également de traiter efficacement les ponts thermiques du bâtiment et d'améliorer l'étanchéité à l'air du bâti. De plus, les possibilités de finitions sont variées et peuvent améliorer l'aspect esthétique du bâtiment.</p>	
<p>Inconvénients : Le coût de mise en œuvre d'une isolation par l'extérieur est supérieur à une isolation par l'intérieur. Elle nécessite également certains travaux, comme la dépose et la repose des gouttières et des systèmes d'éclairage extérieurs. Par ailleurs, si les débords de toit sont peu étendus, il faudra prévoir une avancée complémentaire de la toiture pour protéger l'isolation des intempéries. Enfin, l'augmentation de l'épaisseur des murs au niveau des fenêtres peut entraîner une baisse de luminosité dans les locaux.</p>	
<p>Variante biosourcée : Pour réduire l'impact environnemental des travaux, il est possible de remplacer l'isolant minéral par un isolant de type laine végétale ou laine de bois. En revanche, selon les matériaux utilisés, l'épaisseur d'isolant biosourcé à mettre en œuvre afin d'obtenir une résistance thermique équivalent, pourrait être supérieure.</p>	
<p>Remarque : Les coûts supplémentaires liés à la réfection des réseaux divers extérieurs, dont l'éclairage doivent être pris en compte et ne sont pas chiffrés ici. La faisabilité technique du mode préconisé de pose de l'isolant doit être validée par une étude spécifique. Le niveau de finition esthétique (enduit, bardage,...) reste au choix du Maître d'Ouvrage et n'est pas chiffré ici. Enfin, les défauts structurels éventuels doivent être corrigés avant tout travaux d'isolation.</p>	


INVESTISSEMENT ET CEE			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	m ²
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m ² .K/W.	39 499,25 €	226
Aléas et imprévus	10%	3 949,93 €	
TOTAL €HT		43 449,18 €	€HT
Investissement Brut €TTC	TVA 5,5%	45 838,88 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-102 : Isolation des murs	6,0 €	3 900,27 €	650 045
TOTAL CEE		3 900,27 €	650 045
Investissement Net		41 938,61 €	€TTC
Majoration Isolant biosourcé		11 849,78 €	€TTC
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWhcf	50 185 kWhcf	9 123 kWhcf
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	2 975,45 €TTC	540,90 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWhcf	38 217 kWhcf	52 kWhcf
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 732,55 €TTC	7,80 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWhcf	88 402 kWhcf	9 175 kWhcf
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	8 708,00 €TTC	548,70 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	15 276 kg eq CO2	2 505 kg eq CO2
Temps de retour brut		77	ans
Temps de retour brut - Majoration Isolant Biosourcé		22	ans
Temps de retour actualisé		47	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

6.5.2 Isolation extérieure de la façade Sud (à refaire)

PRÉCONISATION N°2	
BÂTI 2 - Isolation des murs par l'extérieur des murs NO et SO	
DESCRIPTION	
<p>Nature de la préconisation : Bâti - Isolation par l'extérieur des murs extérieurs.</p> <p>Les murs extérieurs NE et SE seront donc isolés par l'extérieur par la mise en oeuvre d'un isolant de R au moins égal à 3,7 m².K/W</p>	
	
MODALITÉS DE RÉALISATION	
Identique préconisation précédente	

INVESTISSEMENT ET CEE			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	m²
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	38 076,50 €	218
Aléas et imprévus	5%	1 903,83 €	
TOTAL €HT		39 980,33 €	€HT
Investissement Brut €TTC - TOTAL	TVA 5,5%	42 179,24 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-102 : Isolation des murs	6,0 €	3 759,78 €	626 630
TOTAL CEE		3 759,78 €	626 630
Investissement Net - TOTAL		38 419,46 €	€TTC
Majoration Isolant biosourcé		11 422,95 €	€TTC
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE - TOTAL			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWh _{ef}	58 557 kWh _{ef}	751 kWh_{ef}
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	3 471,82 €TTC	44,53 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWh _{ef}	38 265 kWh _{ef}	4 kWh_{ef}
Coût annuel de Electricité	5 740,35 €TTC	5 739,75 €TTC	0,60 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWh_{ef}	96 822 kWh_{ef}	755 kWh_{ef}
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	9 211,57 €TTC	45,13 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO ₂	17 573 kg eq CO ₂	209 kg eq CO₂
Temps de retour brut		852	ans
Temps de retour brut - Majoration Isolant Biosourcé		253	ans
Temps de retour actualisé		0	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

6.5.3 Remplacement des menuiseries

PRÉCONISATION N°3	
BÂTI 3 - Remplacement des menuiseries	
DESCRIPTION	
<p>Nature de la préconisation : Bâti - Remplacement des fenêtres et portes vitrées.</p> <p>Les menuiseries sont en double vitrage PVC avec un coefficient de déperdition U_w de 2,2 W/m².K, et les portes sont en simple vitrage alu peu performants et pour un U_w de 3,5 W/m².K. Les menuiseries représentent à elles seules 25% des déperditions pour le bâtiment de bureaux.</p> <p>Les fenêtres seront donc remplacées par des menuiseries double vitrage de coefficient de transmission thermique U_w d'au moins 1,3 W/m².K. Les portes sont remplacées par un vitrage isolant 2 faces feuilletées argon.</p>	
MODALITÉS DE RÉALISATION	
<p>Principe de mise en œuvre : Les fenêtres actuelles en double vitrage peu performant seront déposées et remplacées selon la situation par des fenêtres à la française, à battant ou des baies fixes en PVC double vitrage 4/20/4 ou 6/18/4 avec lame d'air argon, pour un coefficient de transmission thermique U_w d'au plus 1,3 W/m².K et un coefficient de transmission lumineuse Sw d'au moins 0,3.</p>	
<p>Remarque : Il est conseillé de choisir des produits qui présentent une bonne étanchéité ouvrant/dormant (classement A*E*V). Lors de la pose, une attention particulière doit être apportée à l'étanchéité, la mise en œuvre de calfeutrement continu par mastic ou mousses doit être demandée. L'utilisation de volets permet également de limiter les apports solaires en été et les déperditions en hiver.</p>	
<p>Points de vigilance : Lors du remplacement de menuiseries présentant des défauts d'étanchéité importants, des déséquilibres liés à un manque de renouvellement d'air sont susceptibles d'apparaître. Pour s'en prémunir, il peut être envisagé de mettre en place une ventilation mécanique contrôlée (VMC). Prévoir des entrées d'air sur les menuiseries dans le cas de ventilation simple flux.</p>	
<p>Avantage : Le remplacement des menuiseries assure une meilleure performance thermique du vitrage et améliore le confort thermique intérieur avec la réduction de la sensation de « paroi froide ». En parallèle du remplacement des ouvrants, il est conseillé de prévoir la mise en place de volets pour limiter les pertes de chaleur la nuit et contrôler les apports solaires.</p>	
<p>Remarque : Les coûts supplémentaires liés à l'installation des éventuelles grilles d'entrée d'air et la finition, doivent être pris en compte et ne sont pas chiffrés ici.</p>	

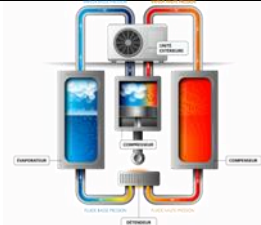
INVESTISSEMENT ET CEE			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	m ²
Remplacement des menuiseries - DV PVC	Double vitrage PVC 4/16/4 argon - Uw 1,3 W/m ² .K	39 444,60 €	152
Aléas et imprévus	5%	1 972,23 €	
TOTAL €HT		41 416,83 €	€HT
Investissement Brut €TTC - TOTAL	TVA 5,5%	43 694,76 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-104 : fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant	6,0 €	3 003,86 €	500 643
TOTAL CEE		3 003,86 €	500 643
Investissement Net - TOTAL		40 690,90 €	€TTC
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE - TOTAL			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWhcf	50 842 kWhcf	8 466 kWhcf
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	3 014,40 €TTC	501,95 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWhcf	38 220 kWhcf	49 kWhcf
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 733,00 €TTC	7,35 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWhcf	89 062 kWhcf	8 515 kWhcf
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	8 747,40 €TTC	509,30 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	15 464 kg eq CO2	2 317 kg eq CO2
Temps de retour brut		80	ans
Temps de retour actualisé		80	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

6.5.4 Reprise d'étanchéité et isolation de la toiture terrasse (couleur claire)

PRÉCONISATION N°4
BÂTI 4 - Isolation du plancher haut + acrotère
DESCRIPTION
<p>Nature de la préconisation : Bâti - Isolation du toit terrasse</p> <p>Le plancher haut du bâtiment de bureau est un toit-terrasse assez peu isolé. Etant donné que les travaux d'étanchéité sont à refaire et que l'isolant (polystyrène) est en surface, il semble judicieux de remplacer ce dernier. Le plancher haut est responsable d'au moins 11% des déperditions du bâtiment.</p> <p>Par ailleurs, l'acrotère n'est actuellement pas isolé. Cela génère donc un pont thermique important qu'il est facile de traiter en prolongeant tout simplement l'isolation de surface du plancher haut jusqu'à la partie haute de l'acrotère.</p> <p>On propose de mettre 30cm de polystyrène pour une résistance thermique de 7.9 m².K/W.</p>
MODALITÉS DE RÉALISATION
<p>Principe de mise en œuvre : Il sera mis en place une isolation une fois retiré les couches d'étanchéité et l'ancien isolant. La résistance thermique de l'isolant sera au moins égal à 7.9 m².K/W, soit environ 30 cm d'isolant en polystyrène expansé. La mise en œuvre est réalisée par un professionnel labélisé RGE.</p>
<p>Avantage : Le polystyrène est résistant à l'humidité et possède un coefficient lambda de conductivité thermique bas.</p>
<p>Inconvénients :</p>
<p>Variante biosourcée : Pour réduire l'impact environnemental des travaux, il est possible de remplacer le polystyrène par un isolant de type laine de bois compacte. En revanche, selon les matériaux utilisés, l'épaisseur d'isolant biosourcé à mettre en œuvre afin d'obtenir une résistance thermique équivalente, pourrait être supérieure.</p>
<p>Remarque : L'investissement propre à la réfection de l'étanchéité n'est pas pris en compte.</p>

INVESTISSEMENT ET CEE			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	m ²
Isolation de la toiture terrasse	Panneaux / rouleaux de Laine minérale, Kraft pare-vapeur - R = 7,5 m ² .K/W.	49 500,00 €	495
Aléas et imprévus	10%	4 950,00 €	
TOTAL €HT		54 450,00 €	€HT
Investissement Brut €TTC	TVA 5,5%	57 444,75 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-101 : Isolation de combles ou de toitures	6,0 €	4 633,20 €	772 200
TOTAL CEE		4 633,20 €	772 200
Investissement Net		52 811,55 €	€TTC
Majoration Isolant biosourcé		14 850,00 €	€TTC
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWhcf	50 924 kWhcf	8 384 kWhcf
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	3 019,26 €TTC	497,08 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWhcf	38 221 kWhcf	48 kWhcf
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 733,15 €TTC	7,20 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWhcf	89 145 kWhcf	8 432 kWhcf
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	8 752,41 €TTC	504,28 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	15 484 kg eq CO2	2 297 kg eq CO2
Temps de retour brut		105	ans
Temps de retour brut - Majoration Isolant Biosourcé		30	ans
Temps de retour actualisé		58	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

6.5.5 Production de chaleur (« climatisation »)

PRÉCONISATION N°5	
PROD 1 - Production de chaleur - Pompe à chaleur Air/Air	
DESCRIPTION	
<p>Nature de la préconisation : Production de chaleur haute performance</p> <p>La chaudière gaz actuelle est ancienne et a un rendement de production moyen estimé à 91%. Suite aux travaux d'isolation réalisés sur les murs extérieurs elle est surdimensionnée.</p> <p>Son remplacement par une pompe à chaleur permettrait de réduire les consommations d'énergie, puisqu'une pompe à chaleur produit plus d'énergie thermique qu'elle ne consomme d'électricité. Cependant, la pompe à chaleur de notre étude fonctionne en mode réversible et fait donc climatisation l'été. La consommation énergétique annuelle sera donc potentiellement plus élevée qu'avec le fonctionnement actuel au gaz.</p> <p>En parallèle les actions suivantes de modernisation de l'installation de chauffage seront réalisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplacement de l'automate de régulation climatique ; • Mise en place d'une régulation en cascade entre la pompe à chaleur et la chaudière gaz pour un fonctionnement en appoint de la chaudière les jours exceptionnellement froid en hiver. 	
MODALITÉS DE RÉALISATION	
<p>Principe de mise en œuvre : La chaudière gaz sera conservée ainsi que les réseaux hydrauliques et radiateurs. Il sera mis en place en parallèle une pompe à chaleur air/air, ainsi qu'un réseau de gaine et de bouche de soufflage en faux plafond sur les 2 étages.</p> <p>Actions de modernisation de l'installation de chauffage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fourniture et pose d'un automate de régulation climatique avec programmation d'une température de confort / réduit et horloge, compris sonde de départ, une sonde extérieure, un régulateur de température, une sonde d'ambiance programmable, vanne 3 voies et raccords électriques ; • Fourniture et pose de robinets thermostatiques sur les radiateurs des façades ensoleillées ; 	
<p>Inconvénient : L'efficacité énergétique se dégrade lorsque l'écart de température entre l'extérieure et l'intérieure augmente, une solution d'appoint peut donc être nécessaire par grand froid. Les gaz employés dans les PAC possèdent un fort pouvoir de réchauffement atmosphérique et dégradent la couche d'ozone, des précautions sont donc exigées quant à l'utilisation de ces appareils. L'unité extérieure est munie d'un ventilateur dont le niveau sonore est de 50 dB en moyenne, son implantation doit donc être étudiée de sorte à limiter la gêne sonore pour le voisinage. Une pompe à chaleur fonctionne grâce à l'électricité, ce n'est donc pas considéré comme une énergie renouvelable en soi.</p>	
<p>Couplage à une énergie renouvelable : Pour améliorer le bilan carbone d'une installation de pompe à chaleur, il est possible de mettre en œuvre une installation solaire photovoltaïque. Cette solution d'énergie renouvelable nécessite des études de faisabilité spécifiques afin d'une part d'obtenir les subventions associées et d'autre part de garantir un bon fonctionnement de l'installation et une réelle économie d'énergie sur le long terme.</p>	
<p>Remarque : Si cette action est associée à une amélioration conséquente de l'enveloppe, la puissance de la pompe à chaleur pourra être abaissée.</p>	

Maintenance particulière : L'entretien annuel des pompes à chaleur par un professionnel est obligatoire et comprend un contrôle des fluides frigorigènes.

INVESTISSEMENTS			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	-
Pompe à chaleur Air/eau	Compris sondes, module 2 circuits de chauffage + ECS	30 000,00 €	1 Ens
Aléas et imprévus	10%	3 000,00 €	1 Ens
TOTAL €HT		33 000,00 €	€HT
Investissement Brut €TTC	TVA 5,5%	34 815,00 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-TH-113 : Pompe à chaleur type air/eau ou eau/eau	6,0 €	0,00 €	0
BAT-TH-108 : Système de régulation par programmation d'intermittence		241,76 €	40 293
BAT-TH-146 : Isolation d'un réseau hydraulique de chauffage ou d'ECS		0,00 €	0
TOTAL CEE		241,76 €	40 293
Investissement Net		34 573,24 €	€TTC
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWh _{ef}	13 664 kWh _{ef}	45 644 kWh_{ef}
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	810,13 €TTC	2 706,21 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWh _{ef}	38 215 kWh _{ef}	54 kWh_{ef}
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 732,25 €TTC	8,10 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWh_{ef}	51 879 kWh_{ef}	45 698 kWh_{ef}
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	6 542,38 €TTC	2 714,31 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO ₂	3 990 kg eq CO ₂	13 791 kg eq CO₂
Temps de retour brut		13	ans
Temps de retour actualisé		12	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

6.5.6 Eclairage LED

L'ensemble du bâtiment est maintenant équipé par de l'éclairage LED.

PRÉCONISATION N°6
ECL 1 - Éclairage - Luminaires LED
DESCRIPTION
<p>Nature de la préconisation : Remplacement des luminaires</p> <p>Les consommations d'éclairage des bâtiments représentent 3% des consommations d'énergie pour l'école et 1% pour la cantine. Les luminaires en place sont pour la plupart peu performants et assez énergivores. Pour réduire les consommations et les factures d'électricité, nous proposons de remplacer les équipements existants par des luminaires de type LED. Les classes et la cantine seront équipées de systèmes de gradation de la luminosité, afin de faire varier automatiquement l'éclairage artificiel en fonction des apports lumineux extérieurs. Pour les locaux à occupation temporaire (circulations, sanitaires), il sera également mise en place un système de détection de présence.</p>
MODALITÉS DE RÉALISATION
<p>Principe de mise en œuvre : Les luminaires actuels seront déposés. Il sera mis en place en remplacement des modules LED de puissance équivalente et de type Réglette, Dalle ou Spot selon les situations. Leur durée de vie calculée à 25°C sera d'au moins 50 000h, pour un flux lumineux sortant du luminaire d'au moins 300 lm. Les luminaires seront pré-équipés pour la régulation automatique par gradation de puissance en fonction de l'éclairage naturel du local. La mise en place est réalisée par un professionnel.</p>
<p>Avantage : La durée de vie des luminaires de type LED dépasse celle des autres technologies présentes sur le marché. Leur consommation d'énergie est de plus très faible par rapport au niveau d'éclairement. Les luminaires LED atteignent leur intensité maximale dès l'allumage et ils n'émettent pas de chaleur pendant leur utilisation.</p>
<p>Inconvénient : Le coût à l'achat est supérieur aux autres types de luminaires. Le bilan environnemental des luminaires LED reste à améliorer, car les matériaux utilisés pour leur fabrication contiennent des métaux rares dont l'exploitation est gourmande en énergie.</p>
<p>Remarque : La reprise des boîtiers contenant les luminaires et les éventuels travaux de reprise électrique doivent être pris en compte et ne sont pas chiffrés ici. Une étude précise d'éclairement et de dimensionnement des luminaires doit être réalisée afin de garantir le bon éclairage des locaux et la maîtrise des consommations. Cette étude est de plus nécessaire pour l'attribution des CEE.</p>

INVESTISSEMENTS			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	-
Zone 1 - Remplacement des luminaires par des équipements LED	Durée de vie >= 50 000 h	11 820,00 €	3 100,0 W
Aléas et imprévus	10%	1 182,00 €	
TOTAL €HT		13 002,00 €	€HT
Investissement Brut €TTC - TOTAL	TVA 5,5%	13 717,11 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EQ-127 : Luminaire d'éclairage à module LED	6,0 €	651,00 €	108 500
TOTAL CEE		651,00 €	108 500
Investissement Net - TOTAL		13 066,11 €	€TTC
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE - TOTAL			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWhcf	67 504 kWhcf	-8 196 kWhcf
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	4 002,28 €TTC	-485,94 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWhcf	28 077 kWhcf	10 192 kWhcf
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	4 211,55 €TTC	1 528,80 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWhcf	95 581 kWhcf	1 996 kWhcf
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	8 213,83 €TTC	1 042,86 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	19 622 kg eq CO2	-1 841 kg eq CO2
Temps de retour brut		13	ans
Temps de retour actualisé		12	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

	Affaire suivie par : T. DUFAU	AUDIT ENERGETIQUE AEROPORT DE LIMOGES BATIMENT DE BUREAUX
	Numéro dossier : AU20. 08/2021	

7. PHASE 3 : Programmes d'améliorations – Scénarios de travaux

Les murs extérieurs de les façades Nord-Ouest et Sud-Ouest sont isolés par l'extérieur depuis 2004.

Des travaux sont déjà prévus pour la rénovation énergétique du bâtiment hébergeant les bureaux de l'aéroport de Limoges. Ils sont prévus pour 2021 et consistent en le remplacement des huisseries de l'ensemble du bâtiment.

L'ensemble du bâtiment de bureaux est maintenant équipé d'éclairage type LED.

Dans le cadre de l'étude, 3 scénarios de travaux sont proposés :

Scénario 1

- Mise en place de l'isolation extérieure sur l'ensemble du bâtiment
- Remplacement des menuiseries extérieures

Scénario 2

- Mise en place de l'isolation extérieure sur l'ensemble du bâtiment
- Remplacement des menuiseries extérieures
- Reprise étanchéité et isolation de la toiture terrasse (couleur claire)

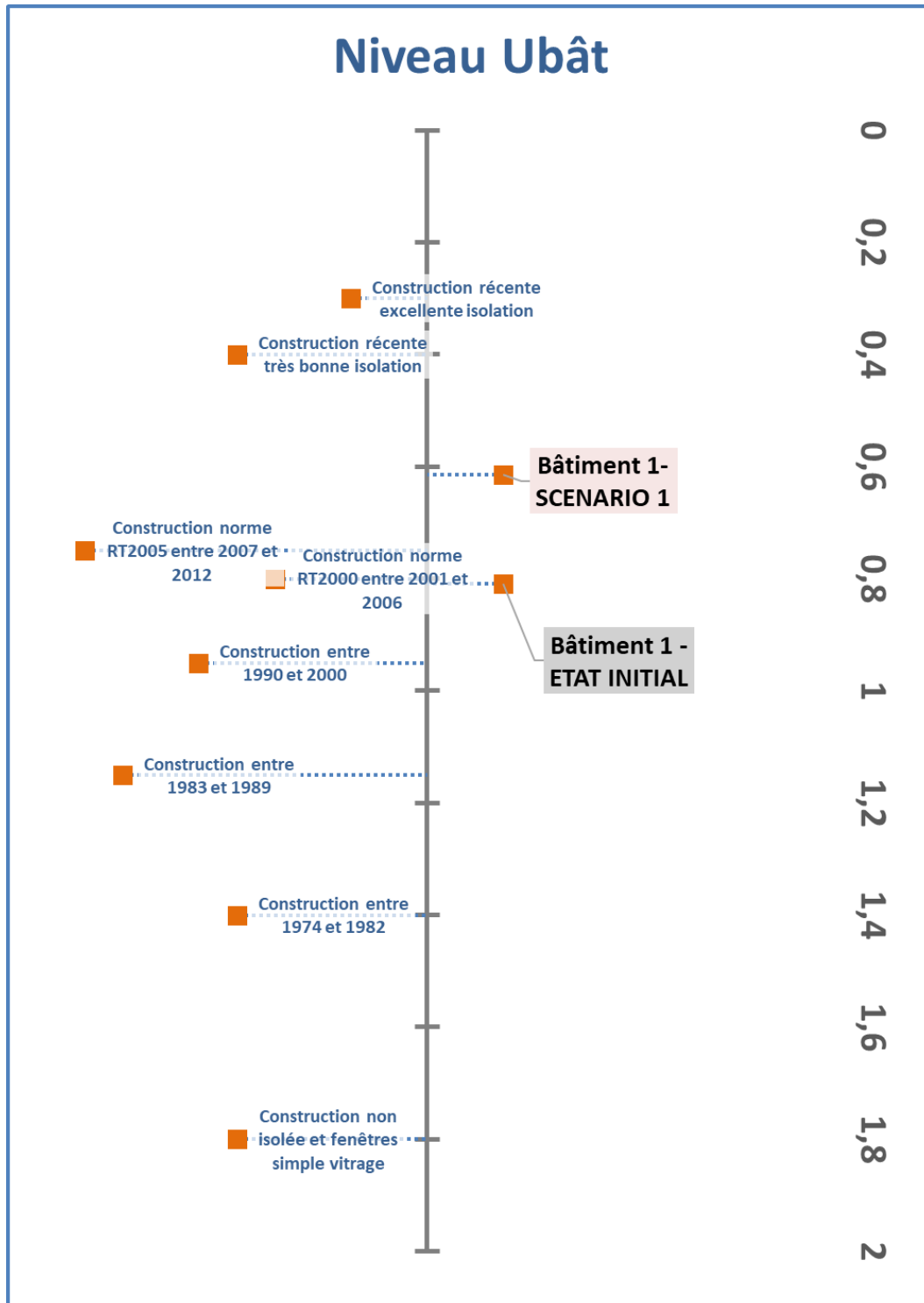
Scénario 3

- Mise en place de l'isolation extérieure sur l'ensemble du bâtiment
- Remplacement des menuiseries extérieures
- Reprise étanchéité et isolation de la toiture terrasse (couleur claire)
- Prise en compte du changement de l'éclairage de type LED
- Mise en place d'une pompe à chaleur (chauffage / rafraîchissement)

7.1. Scénario 1

7.1.1 Amélioration du Ubât

Le coefficient Ubat caractérise le niveau d'isolation global du bâtiment rapporté à sa surface, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Plus cette valeur est élevée, plus les déperditions du bâti sont importantes. Pour se rendre compte de la valeur présentée ici du Ubat, celui-ci est présenté selon les années et performances des différentes réglementations thermiques :



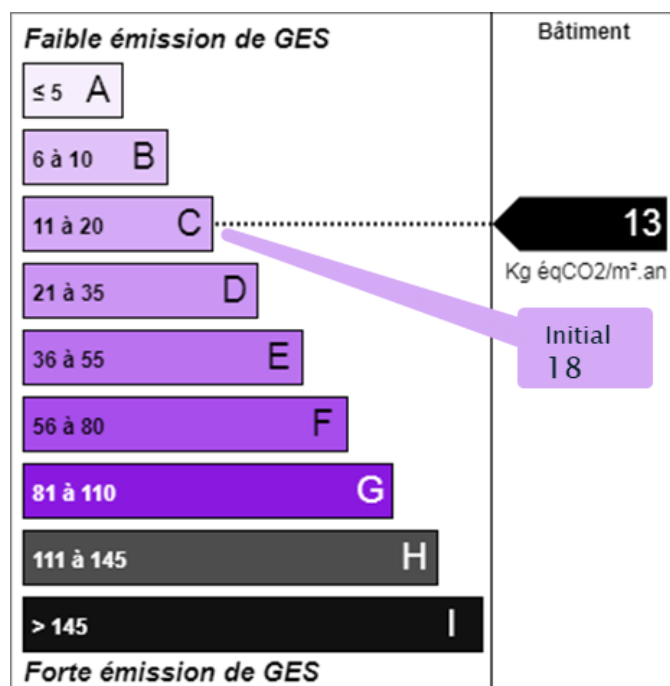
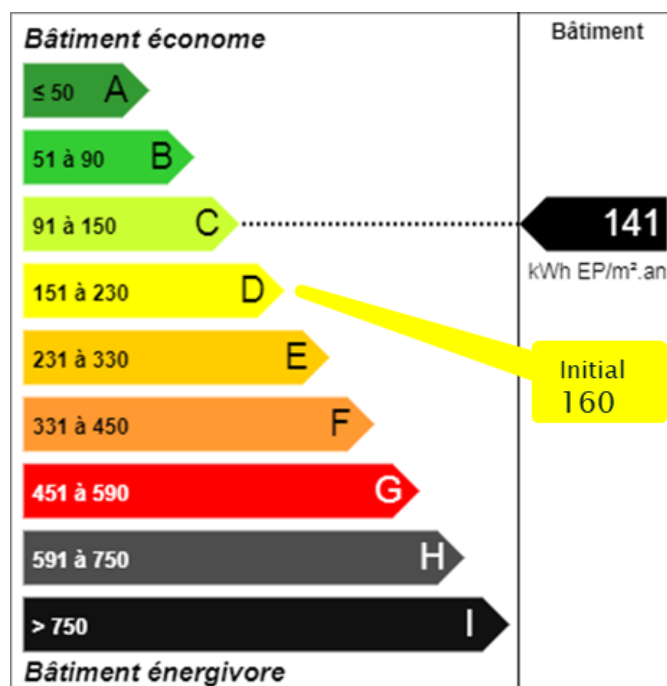
7.1.2 Programme de travaux et investissements

INVESTISSEMENTS			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	-
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	39 499,25 €	225,7 m²
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	38 076,50 €	217,6 m²
Remplacement des menuiseries - DV PVC	Double vitrage PVC 4/16/4 argon - Uw 1,3 W/m².K	39 444,60 €	151,7 m²
Aléas et imprévus	5%	5 851,02 €	
TOTAL €HT		122 871,37 €	€HT
Investissement Brut €TTC - TOTAL	TVA 5,5%	129 629,29 €	€TTC
SUBVENTIONS ET CEE			
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-102 : Isolation des murs	6,0 €	3 900,27 €	650 045
BAT-EN-102 : Isolation des murs		3 759,78 €	626 630
BAT-EN-104 : fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant		3 003,86 €	500 643
TOTAL CEE + ADEME		10 663,91 €	1 777 318
Investissement Net CEE + ADEME - TOTAL		118 965,38 €	€TTC
Investissement Net CEE + Subventions - TOTAL		118 965,38 €	€TTC
Majoration Isolant biosourcé		23 272,73 €	
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE - TOTAL			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Ubat du bâtiment	0,809 W/m².K	0,615 W/m².K	-24%
Coefficient Cep	160 kWh/m²	141 kWh/m²	-12%
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWh	41 109 kWh	18 199 kWh
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	2 437,34 €TTC	1 079,01 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWh	38 162 kWh	107 kWh
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 724,30 €TTC	16,05 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWh	79 271 kWh	18 306 kWh
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	8 161,64 €TTC	1 095,06 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	12 791 kg eq CO2	4 990 kg eq CO2
Classe environnementale	0 kg eq CO2		
Temps de retour brut		109	ans
Temps de retour actualisé		59	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%
Temps de retour brut avec Subventions		109	ans
Temps de retour actualisé avec Subventions		59	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%
Temps de retour brut avec Subventions + Variante Biosourcée		130	ans
Temps de retour actualisé avec Subventions + Variante Biosourcée		0	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

7.1.3 Etiquettes énergétiques du bâtiment

Classement énergétique du bâtiment :

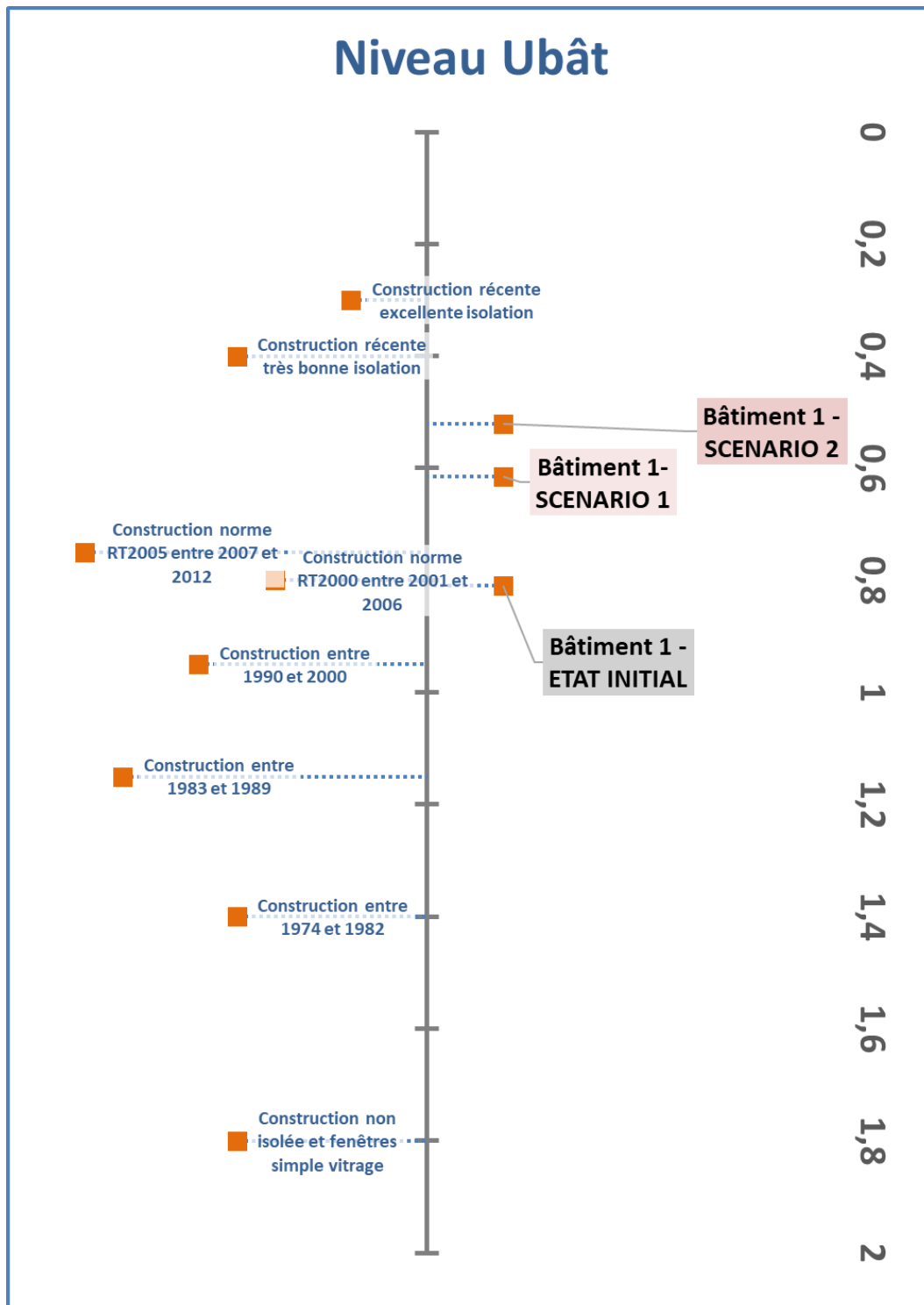
L'étiquette énergie tient compte de 5 usages (chauffage, climatisation, production ECS, éclairage et auxiliaires) et sont calculées à partir de la surface SHON.



7.2. Scénario 2

7.2.1 Amélioration du Ubât

Le coefficient U_{bat} caractérise le niveau d'isolation global du bâtiment rapporté à sa surface, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Plus cette valeur est élevée, plus les déperditions du bâti sont importantes. Pour se rendre compte de la valeur présentée ici du U_{bat} , celui-ci est présenté selon les années et performances des différentes réglementations thermiques :



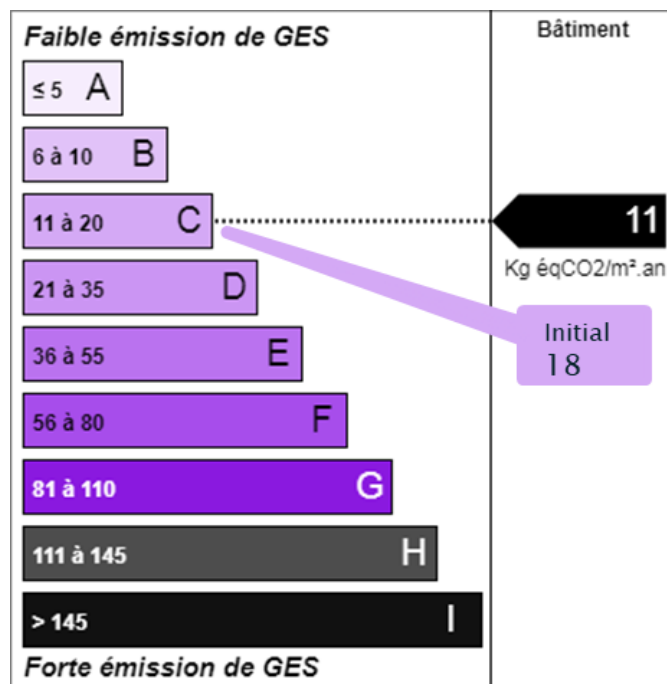
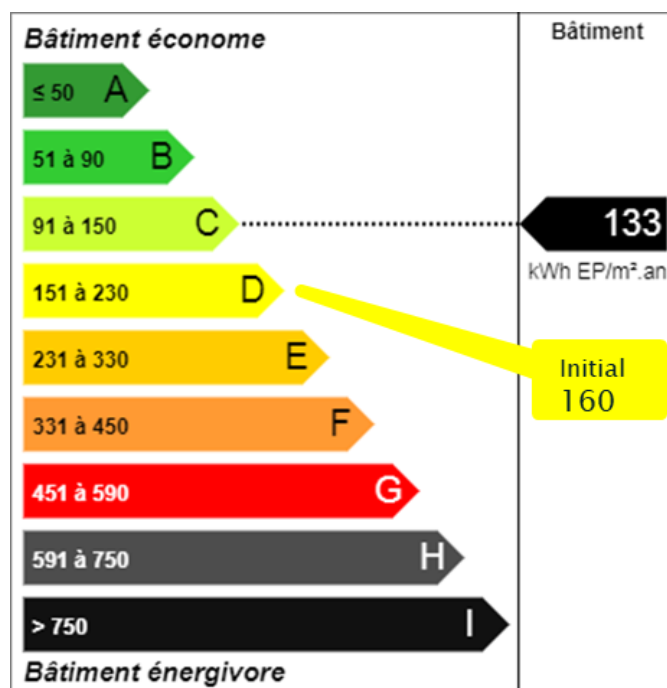
7.2.2 Programme de travaux et investissements

INVESTISSEMENTS			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux	Quantité
-	-	€HT	-
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	39 499,25 €	225,7 m²
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	38 076,50 €	217,6 m²
Remplacement des menuiseries - DV PVC	Double vitrage PVC 4/16/4 argon - Uw 1,3 W/m².K	39 444,60 €	151,7 m²
Isolation de la toiture terrasse	Panneaux / rouleaux de Laine minérale, Kraft pare-vapeur - R = 7,5 m².K/W.	49 500,00 €	495,0 m²
Aléas et imprévus	5%	8 326,02 €	
TOTAL €HT		174 846,37 €	€HT
Investissement Brut €TTC - TOTAL	TVA 5,5%	184 462,92 €	€TTC
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-102 : Isolation des murs	6,0 €	3 900,27 €	650 045
BAT-EN-102 : Isolation des murs		3 759,78 €	626 630
BAT-EN-104 : fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant		3 003,86 €	500 643
Terrasse		3 003,86 €	500 643
TOTAL CEE + ADEME		13 667,77 €	2 277 961
Investissement Net CEE + ADEME - TOTAL		170 795,15 €	€TTC
Investissement Net CEE + Subventions - TOTAL		170 795,15 €	€TTC
Majoration Isolant biosourcé		38 122,73 €	
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE - TOTAL			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Ubat du bâtiment	0,809 W/m².K	0,520 W/m².K	-36%
Coefficient Cep	160 kWh/m²	133 kWh/m²	-17%
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWh	32 996 kWh	26 312 kWh
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	1 956,32 €TTC	1 560,03 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWh	38 109 kWh	160 kWh
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 716,35 €TTC	24,00 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWh	71 105 kWh	26 472 kWh
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	7 672,67 €TTC	1 584,03 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	10 563 kg eq CO2	7 218 kg eq CO2
Classe environnementale	0 kg eq CO2		
Temps de retour brut		108	ans
Temps de retour actualisé		0	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%
Temps de retour brut avec Subventions		108	ans
Temps de retour actualisé avec Subventions		59	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%
Temps de retour brut avec Subventions + Variante Biosourcée		132	ans
Temps de retour actualisé avec Subventions + Variante Biosourcée		0	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

7.2.3 Etiquettes énergétiques du bâtiment

Classement énergétique du bâtiment :

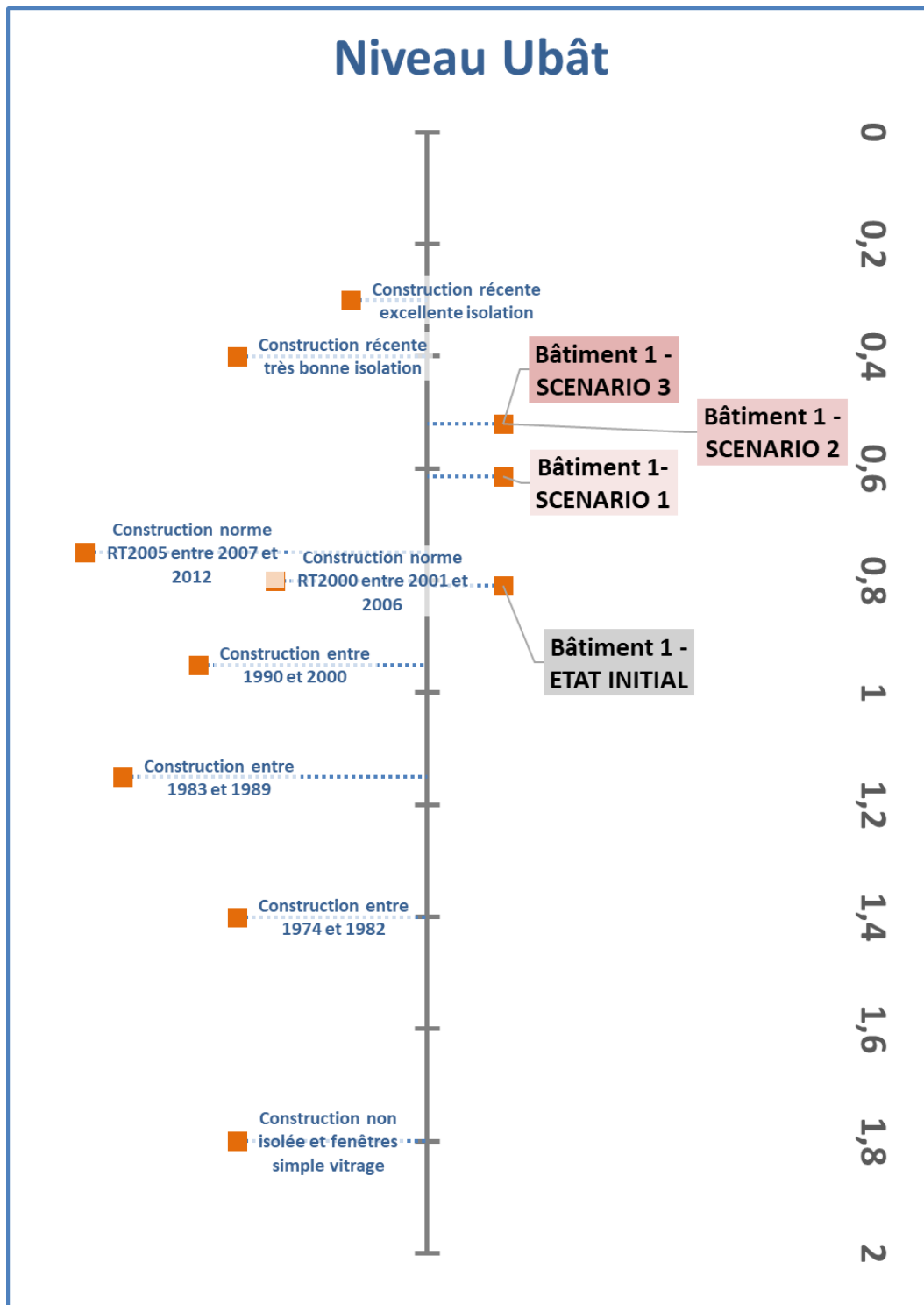
L'étiquette énergie tient compte de 5 usages (chauffage, climatisation, production ECS, éclairage et auxiliaires) et sont calculées à partir de la surface SHON.



7.3. Scénario 3

7.3.1 Amélioration du Ubât

Le coefficient Ubat caractérise le niveau d'isolation global du bâtiment rapporté à sa surface, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Plus cette valeur est élevée, plus les déperditions du bâti sont importantes. Pour se rendre compte de la valeur présentée ici du Ubat, celui-ci est présenté selon les années et performances des différentes réglementations thermiques :



7.3.2 Programme de travaux et investissements

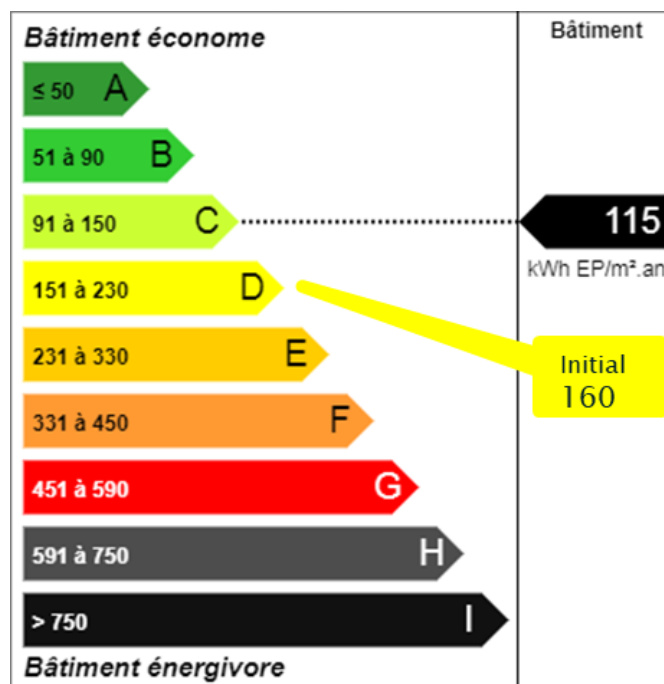
INVESTISSEMENTS			
Travaux d'économie d'énergie	Détail	Coût des travaux €HT	Quantité
-	-	€HT	-
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	39 499,25 €	225,7 m²
Isolation des murs par l'extérieur - Pose calée-chevillée	Laine minérale, mortier-colle, chevilles, sous-enduit armé, finition - R = 3,7 m².K/W.	38 076,50 €	217,6 m²
Remplacement des menuiseries - DV PVC	Double vitrage PVC 4/16/4 argon - Uw 1,3 W/m².K	39 444,60 €	151,7 m²
Isolation de la toiture terrasse	Panneaux / rouleaux de Laine minérale, Kraft pare-vapeur - R = 7,5 m².K/W.	49 500,00 €	495,0 m²
Remplacement de l'ensemble des luminaires par des équipements LED	Durée de vie >= 50 000 h	11 820,00 €	3 100,0 W
Pompe à chaleur Air/eau	Compris sondes, module 2 circuits de chauffage + ECS	34 573,00 €	1 ens.
Aléas et imprévus	5%	10 645,67 €	
TOTAL €HT		223 559,02 €	€HT
Investissement Brut €TTC - TOTAL	TVA 5,5%	235 854,76 €	€TTC
SUBVENTIONS ET CEE			
CD87 - DSIL - DETR - Travaux éligibles	Taux de subvention	Montant des travaux éligibles	Montant estimé de la subvention
	%	€	€
Construction, extension, rénovation ou grosses réparations et mise en accessibilité de bâtiments	0%	223 559,02 €	0,00 €
Fond Chaleur ADEME	Aide forfaitaire	Subvention 20 ans	Quantité
-	€/quantité	€HT	-
Chaufferie Bois	13,0 €/MWh ENR	0,00 €	
Réseau de chaleur	382,0 €/ml	0,00 €	
TOTAL Fond Chaleur ADEME	0%	0,00 €	0%
CEE mobilisables	Prix du kWh cumac	CEE	CEE
-	€/MWh Cumac	€HT	kWh CUMAC
BAT-EN-102 : Isolation des murs	6,0 €	3 900,27 €	650 045
BAT-EN-102 : Isolation des murs		3 759,78 €	626 630
BAT-EN-104 : fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant		3 003,86 €	500 643
Terrasse		3 003,86 €	500 643
Eclairage LED		651,00 €	108 500
TOTAL CEE + ADEME		14 318,77 €	2 386 461
Investissement Net CEE + ADEME - TOTAL		221 536,00 €	€TTC
Investissement Net CEE + Subventions - TOTAL		221 536,00 €	€TTC
Majoration Isolant biosourcé		38 122,73 €	

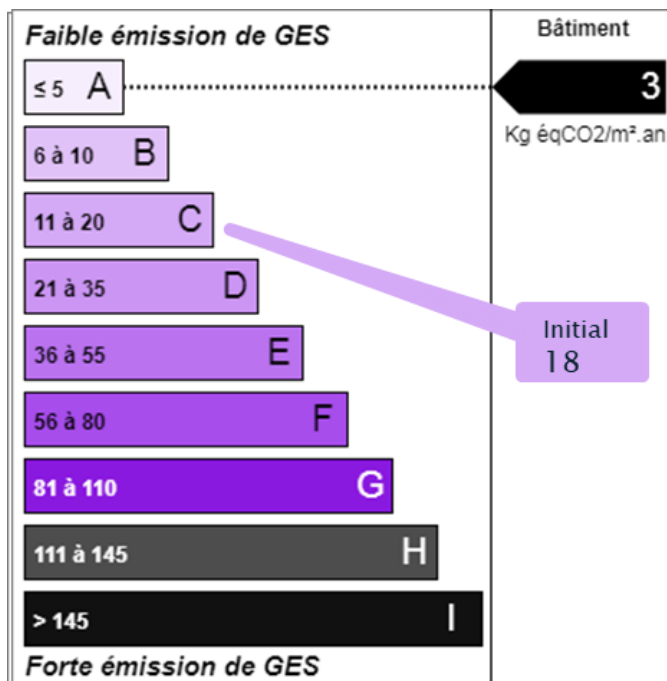
SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTALE ANNUELLE - TOTAL			
Travaux d'économie d'énergie	Avant travaux	Après travaux	Économies réalisables
Ubat du bâtiment	0,809 W/m².K	0,520 W/m².K	-36%
Coefficient Cep	160 kWhép/m²	115 kWhép/m²	-28%
Consommations de Gaz naturel estimées	59 308 kWhép	0 kWhép	0 kWhép
Coût annuel du Gaz naturel	3 516,35 €TTC	0,00 €TTC	0,00 €TTC
Consommations de Electricité estimées	38 269 kWhép	35 581 kWhép	2 688 kWhép
Coût annuel du Electricité	5 740,35 €TTC	5 337,15 €TTC	403,20 €TTC
Consommation d'énergie TOTALE	97 577 kWhép	35 581 kWhép	61 996 kWhép
Coût d'énergie TOTAL	9 256,70 €TTC	5 337,15 €TTC	3 919,55 €TTC
Émissions de GES	17 781 kg eq CO2	2 713 kg eq CO2	15 068 kg eq CO2
Classe environnementale	0 kg eq CO2		
Temps de retour brut		57	ans
Temps de retour actualisé		0	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%
Temps de retour brut avec Subventions		57	ans
Temps de retour actualisé avec Subventions		39	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%
Temps de retour brut avec Subventions + Variante Biosourcée		67	ans
Temps de retour actualisé avec Subventions + Variante Biosourcée		43	ans
Le temps de retour actualisé intègre l'inflation des énergies		Hypothèse	2%

7.3.3 Etiquettes énergétiques du bâtiment

Classement énergétique du bâtiment :

L'étiquette énergie tient compte de 5 usages (chauffage, climatisation, production ECS, éclairage et auxiliaires) et sont calculées à partir de la surface SHON.





8. PHASE 4 : Analyse économique et synthèse

Les investissements, subventions, calculs d'économies sont repris dans les synthèses suivantes :

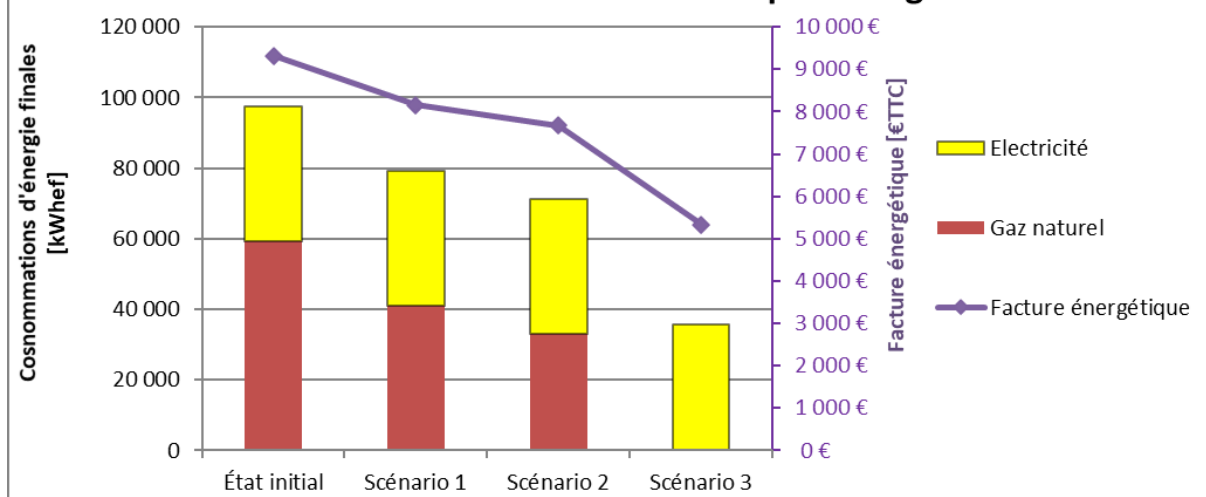
RÉCAPITULATIF DES SCÉNARIOS - TOTAL										
N°	Scénarios	Investissement	Subventions	Économies financières	Économies énergétiques		Économies environnementales		TRB	TRA
-	Unités	€ TTC	€	€/TTC/an	kWh ep/m².an	%	kg eq CO2/m².an	%	ans	ans
0	Etat initial			9 319 €	160		18			
1	SCÉNARIO N°1 - Isolation extérieure / Remplacement des menuiseries ext.	129 629 €	10 664 €	1 095 €	19	12%	5	28%	109	59
	avec 0% de subventions								109	59
	avec Subventions + Variante Biosourcée	23 273 €	0 €						21	-59
2	SCÉNARIO N°2 - Isolation extérieure / Remplacement des menuiseries ext. / Isolation toiture terrasse	184 463 €	13 668 €	1 584 €	27	17%	7	41%	108	0
	avec 0% de subventions								108	59
	avec Subventions + Variante Biosourcée	38 123 €	0 €						24	-59
3	SCÉNARIO N°3 - Isolation extérieure / Remplacement des menuiseries ext. / Isolation toiture terrasse / Eclairage LED / Chauffage Climatisation : PAC	235 855 €	14 319 €	3 920 €	44	28%	15	85%	57	0
	avec 0% de subventions								57	39
	avec Subventions + Variante Biosourcée	38 123 €	0 €						10	4

COMPARAISON DES DÉPERDITIONS - TOTAL

Zones	État initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Ubat bâtiment	0,809 W/m².K	0,615 W/m².K	0,521 W/m².K	0,521 W/m².K
Enveloppe	35 910 W	27 280 W	23 100 W	23 100 W
Murs extérieurs	7 833 W	2 911 W	2 911 W	2 911 W
Plancher Haut	4 435 W	4 435 W	1 622 W	1 622 W
Planchers Bas	8 720 W	8 720 W	8 720 W	8 720 W
Vitrages - portes	8 843 W	5 135 W	5 135 W	5 135 W
Ponts thermiques	6 078 W	6 078 W	4 712 W	4 712 W
Ventilation	5 430 W	5 001 W	5 001 W	5 001 W
TOTAL	41 339 W	32 281 W	28 101 W	28 101 W
Puissance Totale à installer	45,5 kW	35,5 kW	30,9 kW	30,9 kW

COMPARATIF DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE - TOTAL

Énergie	Unités	État initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Gaz naturel	kWhcf	59 308	41 109	32 996	0
Electricité	kWhcf	38 269	38 162	38 109	35 581
TOTAL	kWhcf	97 577	79 271	71 105	35 581
Facture énergétique	€ TTC	9 319 €	8 162 €	7 673 €	5 337 €

Consommations finales des scénarios par énergie


9. CONCLUSION

Les scénarios 1 et 2 sont étroitement liés. Ils permettront d'améliorer fortement l'isolation globale du bâtiment, de le rendre plus étanche et ainsi générer moins d'inconfort dans les bureaux. L'isolation par l'extérieur de l'ensemble du bâtiment permettra également de travailler sur les différents ponts thermiques vus lors de la thermographie.

Le scénario 3 permettra lui d'abaisser la facture énergétique des consommations liées au chauffage du bâtiment en passant sur un système de pompe à chaleur. Il permettra également l'avantage de pouvoir faire du rafraîchissement en été en utilisant les radiateurs comme source froide.

Les temps de retour sur chaque préconisation sont très élevés. Cela s'explique par l'isolation déjà en place aujourd'hui sur une partie du bâtiment. Il faut ainsi inclure la dépose de celles déjà en place, ce qui augmente l'investissement. Le delta entre la résistance thermique des matériaux existants et ceux préconisés se voit ainsi réduit par rapport à un bâtiment non isolé.

L'état de vétusté de l'isolation par l'extérieure est une priorité sur les travaux à réaliser.

ANNEXE : QUALIFICATIONS ET CERTIFICATS OPQIBI



L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
Efficacité énergétique ENR

N° dossier : **3444 II**
liste : **071**

Annexe au certificat n° : 17 02 3373

Délivrée le : **01/02/2021**
Validité : **01/02/2022**

**Liste des qualifications OPQIBI
avec mention « RGE » détenues par :**

JLM INGENIERIE
11 rue Dion Bouton
87280 LIMOGES

Qualification(s) RGE

► **Qualification(s) attribuée(s) sur la base du référentiel de l'OPQIBI**

- 1911** Audit énergétique "maisons individuelles"
- 1905** Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives)
- 2008** Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion



L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
104, rue Réaumur
75002 PARIS
Tél. : 01 55 34 96 30
Email : opqibi@opqibi.com
Site web : www.opqibi.com

N° dossier : 3444 II
liste : 071

Certificat de Qualification Probatoire N° 17 02 3373

Délivré le : 01/02/2021 (valable un an)

Nom ou dénomination : JLM INGENIERIE
Adresse : 11 rue Dion Bouton

Code postal, ville : 87280 LIMOGES
Téléphone : 0555020174
Télécopie :

E-mail : jluc.marty@jlm-ingenierie.fr
Site internet : www.jlm-ingenierie.fr
N° siren : 801049610
N° siret : 801049610 00026
Code NAF : 7490B
Assurance(s) : SMABTP

Forme juridique : SARL à associé unique
Registre du commerce : 801049610 LIMOGES
Capital social en € : 38 000
Apparement : NEANT

Chiffre d'affaires Total H.T. pour 2019 en K€ : 323
Chiffre d'affaires Ingénierie H.T. pour 2019 en K€ : 323
Effectifs permanents déclarés pour 2019 : 5
Personne(s) ayant le pouvoir d'engager la structure :
Monsieur MARTY Jean-Luc

Fonction :
Gérant

Qualification(s) Probatoire(s) attribuée(s) sur la base du référentiel de l'OPQIBI
valable(s) jusqu'au : 01/02/2022

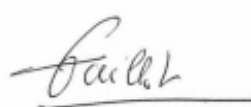
Performance énergétique
1717 Audit énergétique dans l'industrie

Signature du Responsable

Cachet de l'OPQIBI

Le Président de l'OPQIBI

OPQIBI
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
104 rue Réaumur
75002 PARIS
☎ 01 55 34 96 30 • 📠 01 42 36 51 90



François Guillot

