



# Audit énergétique

## Rapport d'étude



Maître d'ouvrage : **MAIRIE DE LA TURBIE**

Objet de l'étude : **Audit énergétique**

## Suivi des versions

Version	Rédacteurs	Vérificateur	Date	Suivi
1.0	Brahim ZAIR	Frédéric FONTAINE	02/02/2023	Création

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Etat des lieux</b>	<b>6</b>
2.1	Réunion préliminaire	6
2.2	Réunion de démarrage	6
2.3	Données générales	6
2.4	Situation de l'opération	7
2.4.1	Description générale	7
2.4.2	Conditions géographiques	8
2.5	Enveloppe des bâtiments	9
2.5.1	Descriptifs des parois opaques	9
2.5.1	Descriptif des menuiseries	10
2.6	Calcul des déperditions	12
2.7	Systèmes énergétiques	13
2.7.1	Ventilation	13
2.7.2	Chauffage et climatisation	14
2.7.3	Bilan chauffage et climatisation	16
2.7.4	Eau chaude sanitaire	16
2.7.5	Eclairage	17
2.8	Bilan thermique	17
2.8.1	Hypothèses et Scénario	17
2.8.2	Consommation théorique de chauffage, climatisation et éclairage	18
2.9	Analyse des factures d'énergie	19
2.9.1	Analyse des factures d'électricité	19
2.9.2	Etiquettes énergie	20
2.9.3	Analyse des écarts entre les consommations théoriques et réelles	21
<b>3</b>	<b>Améliorations</b>	<b>22</b>
3.1	Aides financières	22
3.1.2	Les certificats d'économie d'énergie	22
3.2	Hypothèses de calcul	22
3.3	Préconisations portant sur l'enveloppe	23
3.3.1	Isolation du faux plafond.	23
3.3.2	Isolation des murs extérieurs	24
3.3.1	Mise en place de menuiseries double-vitrage équipées de protection solaire	25
3.4	Préconisations techniques sur les équipements	26
3.4.1	Mise en place d'une installation photovoltaïque	26
3.5	Améliorations de l'exploitation	28
3.5.1	Désembouage du réseau	28
3.6	Synthèse	30

<b>4</b>	<b>Scenarios combinés</b>	<b>31</b>
4.1	Définition des scénarios	31
4.2	Analyse thermique	31
4.3	Résultats	32
<b>Conclusion</b>		<b>33</b>
<b>Glossaire</b>		<b>34</b>

## 1 Introduction

La **mairie de la Turbie** souhaite réaliser des travaux de rénovation énergétique sur son hôtel de ville et au préalable demande un audit énergétique permettant de cibler et hiérarchiser les travaux pertinents au regard des gains énergétiques et financiers déterminés.



*Photographie générale du site (source : Google earth)*

Cet audit a été réalisé conformément aux normes :

- NF EN 16247-1 portant sur les exigences générales de l'audit énergétique
- NF EN16247-2 portant sur les exigences concernant les bâtiments

Sur la base d'une étude détaillée des données du site, l'audit énergétique a pour but de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économie d'énergie afin de permettre au maître d'ouvrage de décider des investissements appropriés.

L'étude est réalisée avec un outil de calcul comportemental et conventionnel Th-CE-ex (BAO Evolution) complétée par des notes de calcul issus de l'exploitation des références suivantes :

- « Méthode 3-CI » pour des rendements de distribution/régulation/émission de chauffage
- Méthode COSTIC pour les besoins ECS par ratio
- INES Solaire ([http://ines.solaire.free.fr/gisesol\\_1.php#](http://ines.solaire.free.fr/gisesol_1.php#)) pour l'ensoleillement
- Logiciel PHPP 2007 (logiciel de conception des constructions passives) pour les apports internes
- Logiciel en ligne CALSOL pour les études solaires thermique et photovoltaïque
- Sites [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be) pour certaines mesures ainsi que pour les préconisations

La méthodologie est conforme à la norme NF 16 247 dans le présent rapport de synthèse est la suivante :

- Phase 1 – Etat des lieux de l'existant
- Phase 2 – Préconisations
- Phase 3 – Proposition de scénarios de travaux

## 2 Etat des lieux

### 2.1 Réunion préliminaire

Un point technique préliminaire a eu lieu par échange par mail et téléphone lors de l'appel d'offres. Les principaux objectifs du client sont l'obtention d'une amélioration générale de la performance énergétique du bâtiment et une diminution des charges.

L'audit énergétique permettra d'établir des préconisations en tenant compte des paramètres suivants :

- Faisabilité
- Coûts
- Gains énergétiques
- Délai de mise en œuvre
- Autres impacts (confort, intégration architecturale...)

### 2.2 Réunion de démarrage

Une réunion de démarrage s'est déroulée sur place le jour de la visite. Cette réunion a permis de faire un point sur les données disponibles requises par Atiane energy, de lister les travaux effectués et ceux envisagés, de donner des précisions sur le fonctionnement global énergétique du site.

### 2.3 Données générales

**Maître d'ouvrage :** Mairie de la Turbie

**Interlocuteur(s) :** Mr PETIOT Arnaud

**Adresse :** 1 Avenue de la victoire

**Code Postal :** 06 320

**Ville :** La Turbie

#### Documents transmis

Les documents exploitables ayant servi à la présente étude, transmis par le maître d'ouvrage, sont les suivants :

- Plans des bâtiments sous format JPEG
- Facture électricité sur l'année (2019, 2020, 2021)

#### Visite

La visite a été effectuée le 02 février 2023.

L'équipe Atiane energy était composée de :

- Brahim Zair, ingénieur thermicien.

Représentant Mairie de la Turbie

- Mr PETIOT Arnaud

La visite nous a permis de voir l'ensemble du bâtiment, les équipements techniques de chauffage, climatisation et système de ventilation.

## 2.4 Situation de l'opération

### 2.4.1 Description générale

Sur la base des tantièmes et des métrés relevés sur site voici les hypothèses pris en compte pour les calculs énergétiques :

	Unité	Pour l'ensemble
Surface utile	m <sup>2</sup>	470

*Mairie de la Turbie / Surface utile*

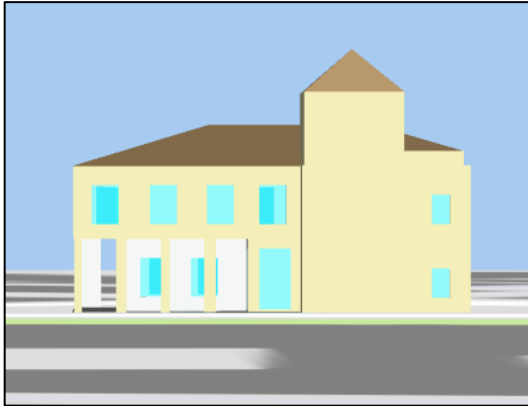
#### 2.4.2 Conditions géographiques

##### Situation :

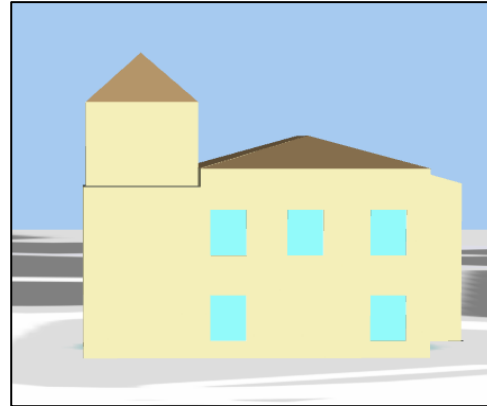
Altitude : 477 m

Latitude : 43°74'52" N

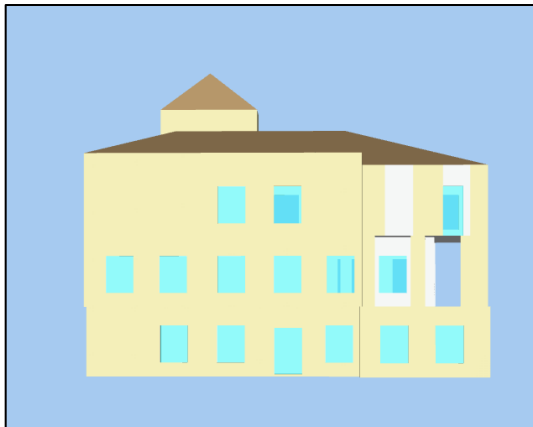
Longitude : 7°40'01" E



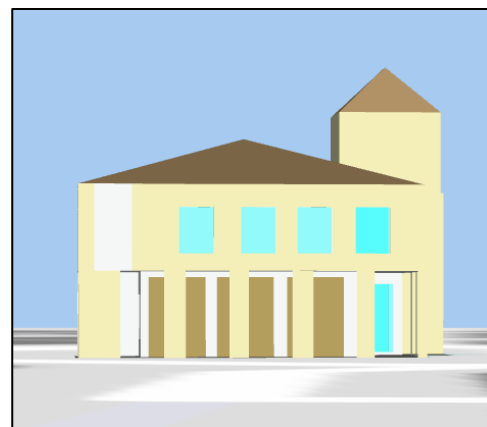
*Mairie de la Turbie/ Vue Nord*



*Mairie de la Turbie/ Vue Ouest*

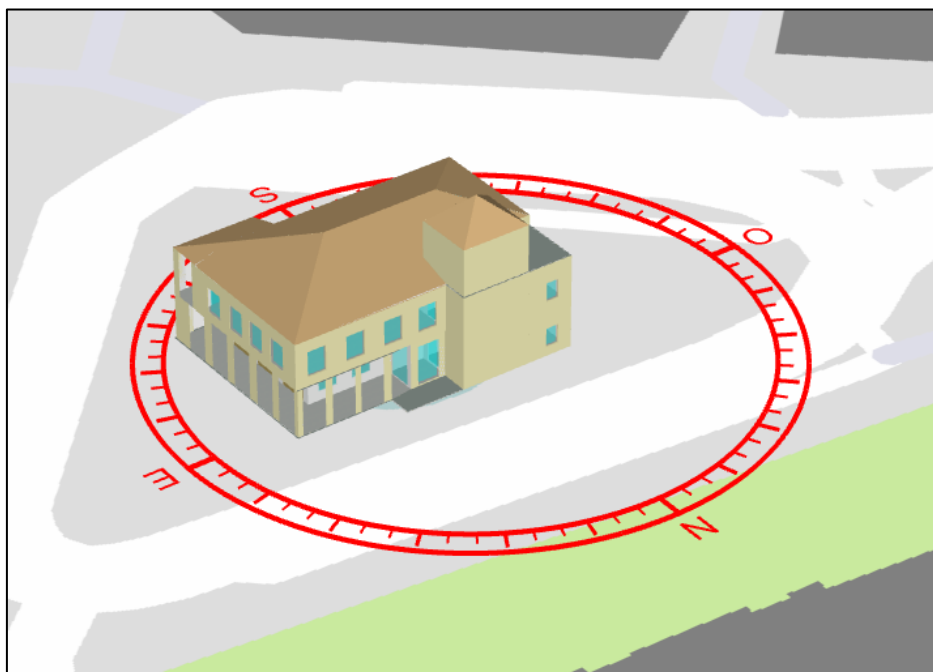


*Mairie de la Turbie/ Vue Sud*



*Mairie de la Turbie/ Vue Est*





Mairie de la turbie/ Vue 3D

### Données météorologiques :

Station météorologique de référence : Nice

Température extérieure de base : -4°C (Norme NF P 52-612/CN)

Zone thermique : H3

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Moyenne
DJU base	1349	1120	1090	1100	1106	1385	1175	1189	1135	1172	1182

Données météorologiques/ Degrés Jours Unifiés (base 18°C) sur la période septembre-avril  
(Source [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr) – station météorologique de Nice)

## 2.5 Enveloppe des bâtiments

Nous avons évalué les éléments du bâti sur la base des informations recueillies lors de nos visites et des plans qui nous ont été transmis.

### 2.5.1 Descriptifs des parois opaques

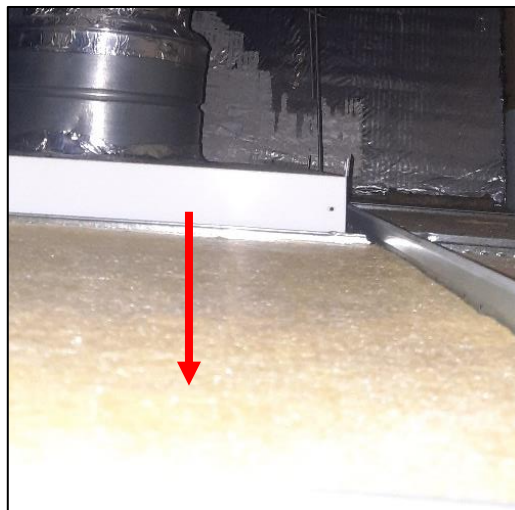
Mur extérieur courant				
Composition	Epaisseur cm	R m².K/W	Rt m².K/W	Performance thermique
Enduit intérieur	0,2	0,02	0,28	Mauvaise
Parpaing ou Briques creuses	20	0,14		
Enduit extérieur	0,5	0,02		

Planchers hauts (combles perdus)				
Composition	Epaisseur cm	R m².K/W	Rt m².K/W	Performance thermique
Béton lourd	20	0,11	1,14	Moyenne
Laine de verre	2	0,8		
Placoplatre BA13	1,3	0,23		

Planchers Bas				
Composition	Epaisseur cm	R m².K/W	Rt m².K/W	Performance thermique
Béton lourd	20	0,11	0,11	Mauvaise



*Mairie la turbie/ Mur extérieur*



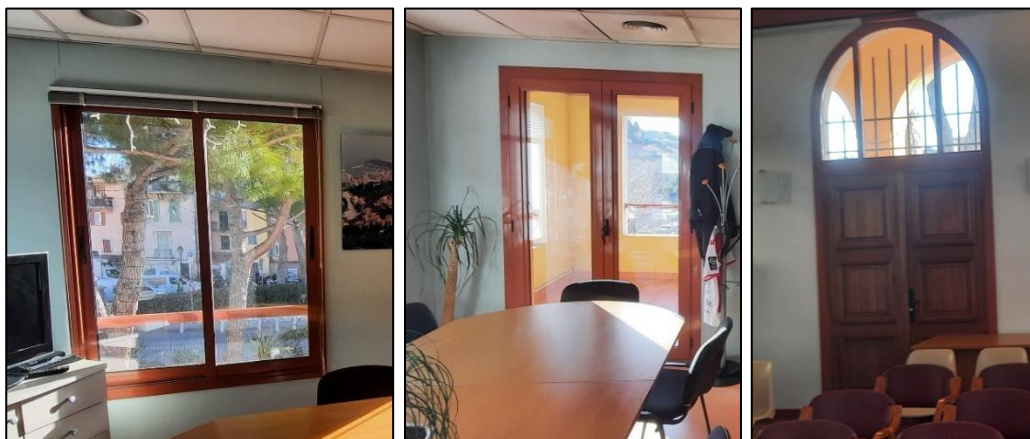
*Mairie la turbie/ Isolation faux plafond  
avec laine de verre*

### 2.5.1 Descriptif des menuiseries

Porte fenêtres/ fenêtres					
Menuiseries	Type de vitrage / Epaisseur	Etanchéité	Uw W/m².K	Sw	Performance thermique
Aluminium	DV 4/12/4	Moyenne	2.42	0.50	Moyenne

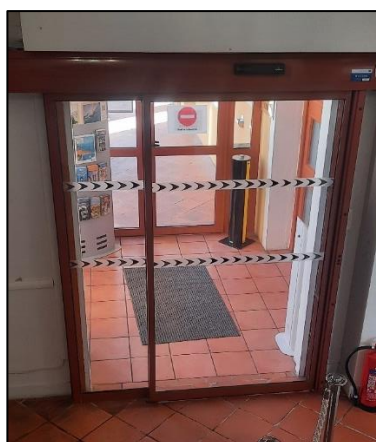
Porte d'entrée					
Menuiseries	Type de vitrage / Epaisseur	Etanchéité	Uw W/m².K	Sw	Performance thermique
Métal	SV	Moyenne	4.72	0.59	Mauvaise

Porte salle de conseil					
Menuiseries	Type de vitrage / Epaisseur	Etanchéité	Uw W/m².K	Sw	Performance thermique
Bois	SV	Moyenne	4.72	0.59	Mauvaise



*Intérieur Bureaux/ fenêtre et porte fenêtre*

L'entrée dans la mairie se fait par un sas d'accueil non chauffé.



*Mairie la turbie/ SAS d'entrée*

## 2.6 Calcul des déperditions

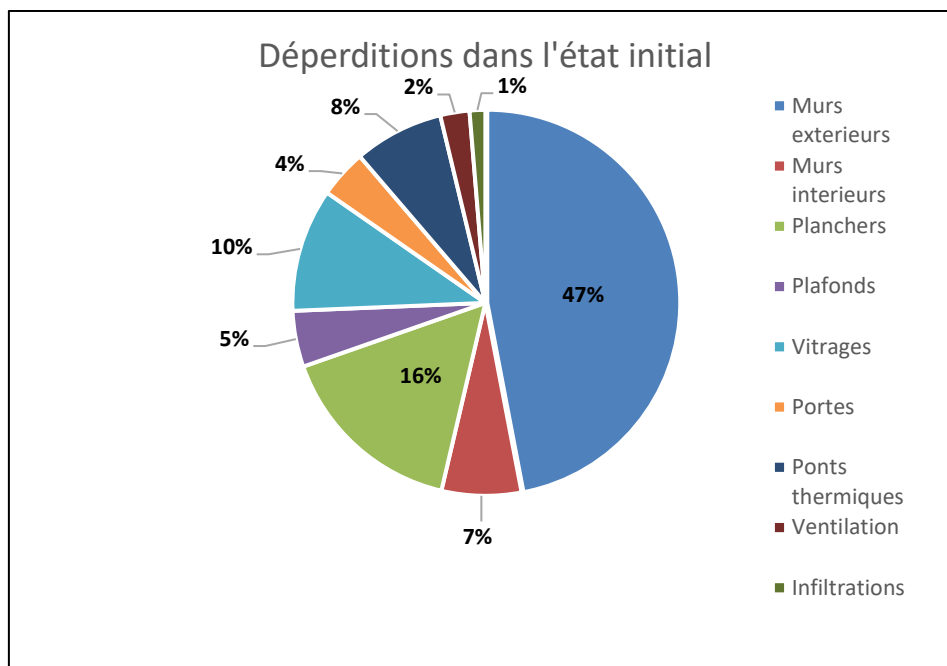
Les ratios classiques pour les Ubat sont les suivants :

- *Bâtiment ancien non isolé* :  $1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- *Bâtiment ancien murs isolés* :  $1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- *Bâtiment construit après 1990* :  $0,95 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- *RT 2000* :  $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- *RT 2005* :  $0,75 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- *RT 2005 BBC/RT 2012* :  $0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

### Coefficient de déperdition Ubat : $2,39 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Avec un coefficient de déperdition Ubat de  $2,39 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  on atteint un coefficient de déperdition plutôt en-deça de la moyenne des bâtiments anciens.

L'ensemble des déperditions peuvent être décomposées de la façon suivante :



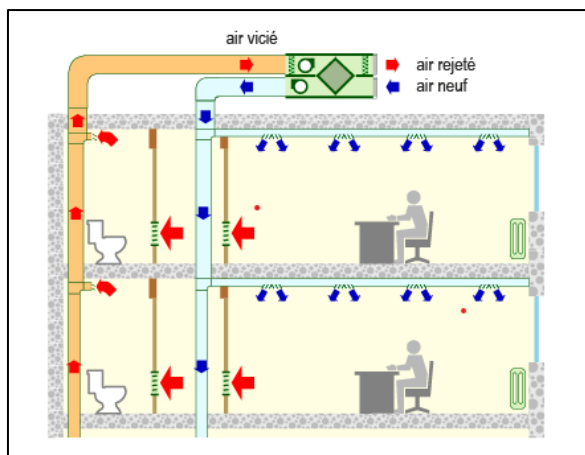
## 2.7 Systèmes énergétiques

### 2.7.1 Ventilation

Le renouvellement d'air est assuré par un système de ventilation mécanique double flux.

La CTA positionnée dans les combles n'était pas accessible le jour de la visite.

Avec ce système de ventilation on a la garantie que les bureaux sont alimentés en air neuf et que l'air vicié est directement évacué vers l'extérieur.



*Bureaux/ bouches soufflage*



*Bureaux/ Bouches d'extraction*

Le tableau ci-dessous représente les débits réglementaires selon le code du travail :

DÉSIGNATION DES LOCAUX	DÉBIT MINIMAL d'air neuf par occupant (en m3/h)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

## 2.7.2 Chauffage et climatisation

### ✓ Production

Le chauffage et la climatisation de la mairie sont assurés par une pompe à chaleur réversible air/eau centralisée installée au RDC dans le local technique dédié. Cependant dans les sanitaires le chauffage est assuré par des convecteurs électriques.

#### PAC Centralisée

La pompe à chaleur est une monobloc de marque CARRIER mise en service en 2019 modèle 30RQSY050B00031. Sa puissance électrique absorbée est de 28 kW pour une puissance frigorifique et calorifique de 77 kW.



*Mairie de la turbie/Pompe à chaleur*



*Mairie de la turbie/Fiche technique*

#### Convecteur électrique

Le chauffage dans les sanitaires est assuré par des convecteurs électriques.



*Sanitaires/ Convecteur électrique*



### ✓ Distribution

La distribution est assurée par un réseau bitube. Le réseau de distribution est relativement bien calorifugé. L'eau des réseaux circule à l'aide d'une pompe de charge intégrée.



*PAC/ réseau de distribution*

Un vase d'expansion est installé dans le but d'absorber la dilation du volume d'eau du réseau, afin de maintenir une pression constante dans le réseau.



*PAC/ Vase d'expansion*

### ✓ Emission

L'émission se fait par des ventilo-convecteurs équipés de régulateurs.



*Mairie de la turbie / Bouche de soufflage ventilo-convecteur (à gauche) régulateur (à droite)*

### 2.7.3 Bilan chauffage et climatisation

Les +	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le chauffage et la climatisation des bureaux sont assurés par la PAC réversible, permettant de réduire les consommations énergétiques</li> </ul>
Les -	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'installation n'est pas équipée d'un dispositif de filtration des boues</li> <li>Mise en place schéma de principe</li> </ul>

### 2.7.4 Eau chaude sanitaire

#### ✓ Production

L'eau chaude sanitaire est produite par un chauffe-eau électrique



*Mairie de la Turbie / Chauffe-eau électrique*

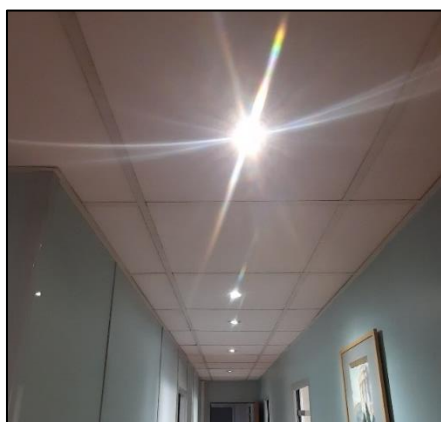


**Le positionnement horizontal de chauffe-eau et moins favorable qu'un vertical car le volume stratifié en haut plus important à maintenir donc plus consommateur.**



### 2.7.5 Eclairage

L'éclairage des bureaux est généralement réalisé à l'aide des dalles LED, et des lampes LED dans les couloirs, cependant L'éclairage de la cage d'escalier et SAS d'entrée est favorisé par l'éclairage naturel provenant des menuiseries.



*Mairie de la turbie / Lampes LED*



*Mairie de la turbie / Plafonniers*

## 2.8 Bilan thermique

L'étude est réalisée avec le logiciel de calcul réglementaire **BAO Evolution SED (Méthode comportementale)**. La **méthode comportementale** permettant un rapprochement avec les consommations réelles du bâtiment.

### 2.8.1 Hypothèses et Scénario

#### 2.8.1.1 Scénario de chauffage et refroidissement

Zones	Températures de consigne chauffage (°C)	Températures de consigne refroidissement (°C)
Bureaux et salles	21	25
Hall d'accueil	21	25
Police municipale	21	25

*Mairie de la Turbie/Descriptif des consignes de température par saison*

#### 2.8.1.2 Scénarios de ventilation

Zones	Débits d'extraction
Bureaux et salles	0,8 Vol/h
Hall d'accueil	0,8 Vol/h
Police municipale	0,8 Vol/h

*Mairie de la Turbie/Scénarios des débits de ventilation*

### 2.8.1.3 Scénarios d'occupation

Zone	Occupation
Mairie de la Turbie	09h à 18h
Police municipale	07h à 20h

*Mairie de la Turbie / Scénarios d'occupations*

### 2.8.1.4 Scénarios d'éclairage

Les scénarios permettent de tenir compte des apports internes apportés par l'éclairage.

Zones	Puissance installée (W/m2)	Durée de fonctionnement (h)
Bureaux	12	7
Salles de réunion	14	2
Hall d'accueil	14	7
Police municipale	12	18
Circulation et couloirs	14	7

*Mairie de la Turbie / Scénario d'éclairage*

## 2.8.2 Consommation théorique de chauffage, climatisation et éclairage

Le calcul théorique tient compte des températures assignées ainsi que des apports gratuits internes et solaires.

Le rendement des PAC est illustré dans le tableau ci-dessous :

	Détermination du rendement global de l'installation	
Système	Chauffage PAC	Climatisation PAC
Rendement global	230%	180%

*Mairie de la Turbie / Rendement global de l'installation*

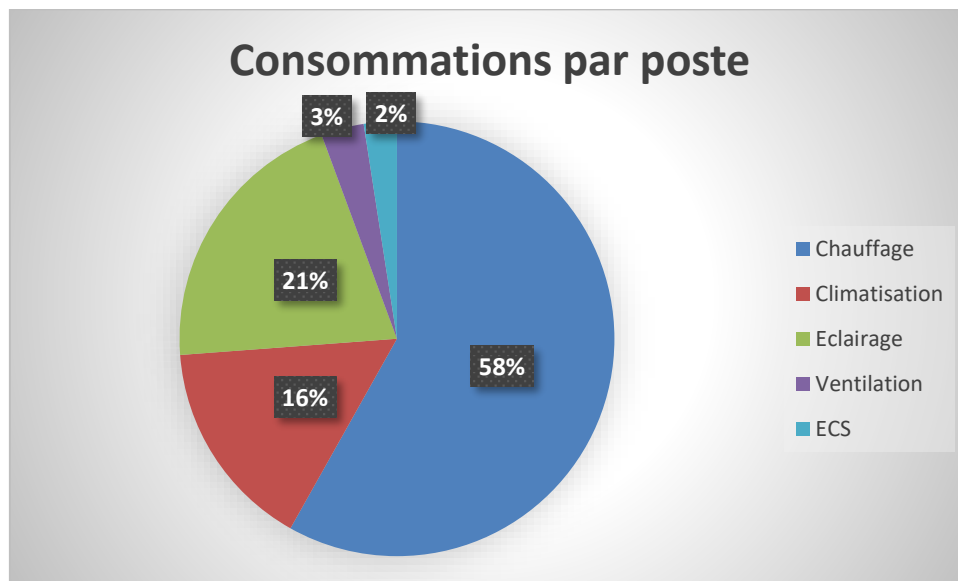
### 2.8.2.1 Bilan des consommations annuelles de chauffage, climatisation et éclairage

Sur la base des calculs précédents et au regard des besoins, on obtient :

Usage	Consommations électriques kWhcf/an
	Bureaux
Chauffage	23 726
Climatisation	6 390
Eclairage	8 386
Ventilation	1 300
ECS	1 000
<b>TOTAL</b>	<b>40 802</b>

*Mairie de la Turbie / Consommations annuelles théoriques*

Le graphe ci-dessous représente la part de consommation pour chaque poste :



## 2.9 Analyse des factures d'énergie

### 2.9.1 Analyse des factures d'électricité

**Fournisseur :** EDF

**Puissances souscrites :** La mairie de la Turbie a un compteur principal de puissance souscrite 36 kVA option HC.

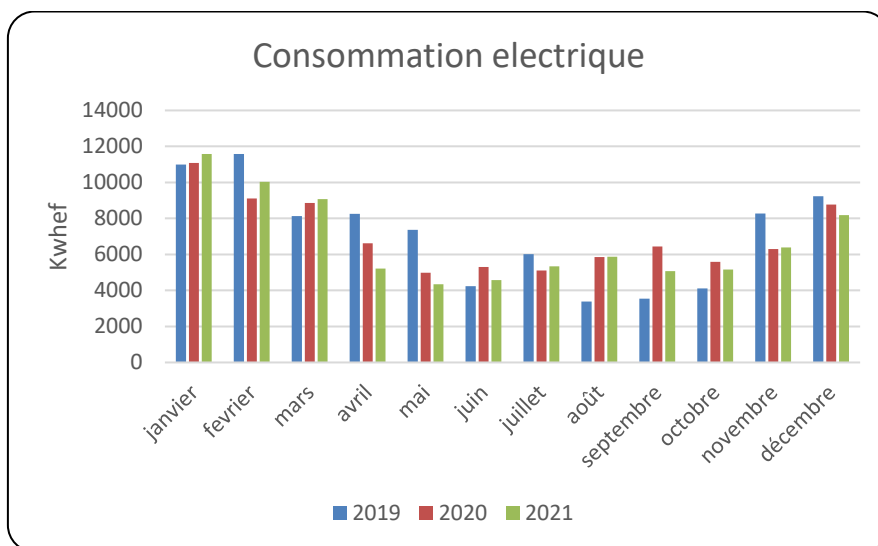
Les consommations considérées sont les suivantes :

Année	Electricité kWhcf
2019	74 663
2020	84 003
2021	76 067

*Mairie de la turbie / Analyse des factures d'électricité*

\*Manque de factures sur l'année 2022

L'évolution de la consommation électrique sur les trois dernières années est présentée sur le graphe ci-dessous :

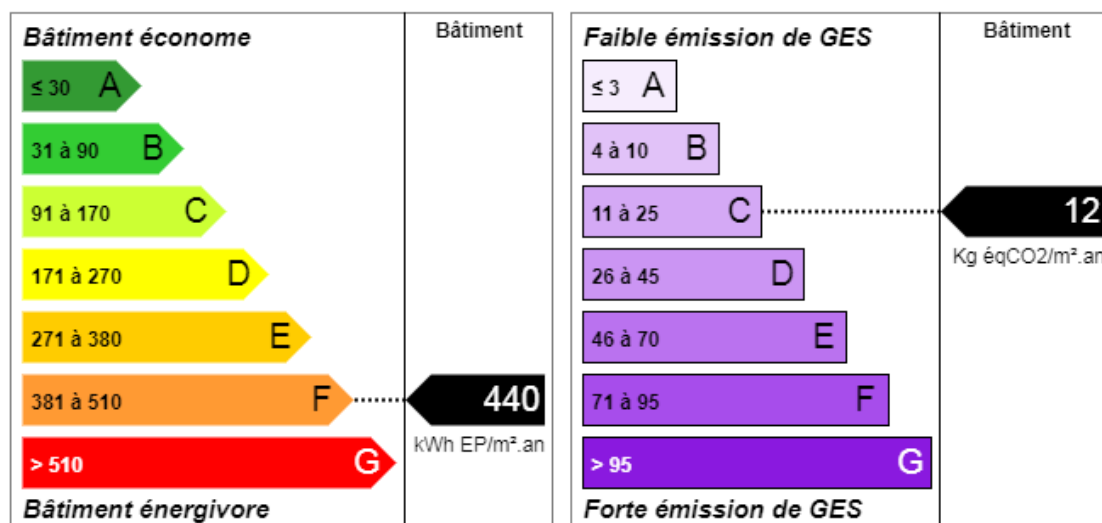


Le prix unitaire d'électricité retenu pour la suite de l'étude est le suivant :

	Tarif d'énergie ( €HT / kWh )
Heure creuse	0,1209
Heure pleine	0,1559

### 2.9.2 Etiquettes énergie

Etiquette énergie	Etiquette Climat
kWh ep/m².an	kgCO2/m2.an
440	12
F	C



Ces étiquettes énergétiques ont été établies sur la moyenne des factures énergétiques des trois années (2019,2020,2021).

Les consommations sont données en énergie primaire par unité de surface thermique estimée à 448 m².

### 2.9.3 Analyse des écarts entre les consommations théoriques et réelles

#### 2.9.3.1 Consommation électrique

	Consommation calculée (MWhEF/an)	Consommation moyenne relevée (MWhEF/an)	Ecart
Chauffage	23,70	27,60	-14%
Climatisation	6,39	6,54	-2,4%
Eclairage	8,30	8,50	-2,4%
ECS	1,09	1,10	-2,4%
Ventilation	1,13	1,16	-2,4%

*Mairie de la Turbie/ Ecart par rapport à la consommation théorique d'électricité*

L'écart est faible pour les trois consommations par rapport à la consommation théorique ce qui valide nos calculs.

La consommation des auxiliaires et autres usages (Bureautiques, borne de recharge voiture électrique.....) a été estimée à 35 (MWhEF/an) selon les factures.

## 3 Améliorations

### 3.1 Aides financières

Les deux principaux mécanismes d'aides pour les collectivités sont :

- Les aides institutionnelles (Etat/Région/Ademe)
- Les certificats d'économie d'énergie

Les deux dispositifs ne peuvent toutefois se cumuler. Il est donc important de connaître les niveaux d'aide de l'un et de l'autre afin de faire le bon choix.

#### 3.1.2 Les certificats d'économie d'énergie

Les certificats d'économie d'énergie sont des aides provenant des fournisseurs d'énergie selon un dispositif encadré par l'Etat.

Les obligés (distributeurs d'énergie : EDF, GDF, grande distribution vendant du carburant) doivent en effet pouvoir présenter des CEE sous réserve de pénalités et doivent pour cela les acheter à des clients procédant à des travaux de rénovation énergétique.

Certains travaux ont fait l'objet de fiches d'opération standardisées. Les économies d'énergie sont calculées en kWh cumac (cumac pour cumulé et actualisé) correspondant aux économies d'énergie cumulées sur la durée conventionnelle définie pour chaque opération standardisée.

Le prix du kWh cumac varie.

Les CEE sont cumulables avec le PTZ.

Il existe aussi des CEE bonifiés dans le cadre d'opérations coup de pouce.

### 3.2 Hypothèses de calcul

Le chiffrage des investissements a été réalisé à partir de nos bases de données internes ou à défaut à partir de la base de données de prix en ligne BATITEL.

Les dépenses énergétiques sont calculées sur la base du prix moyen réel de l'énergie payé par le maître d'ouvrage sur les 3 dernières années :

- Electricité :

	Tarif d'énergie ( €HT / kWhcf )
Heure creuse	0,1209
Heure pleine	0,1559

La rentabilité des opérations d'amélioration est évaluée par le TRA (temps de retour actualisé) sur une base des hypothèses suivantes :

- Taux d'inflation : 1%

Taux annuel d'augmentation modéré des prix de l'énergie hors inflation

- Electricité : 5%

Les éventuelles subventions ont été intégrées afin de calculer les temps de retour subventions déduites.

Les aides éventuelles prises en compte sont les suivantes :

- Les certificats d'économie d'énergie calculés sur la base des opérations standardisées définies pour le secteur du bâtiment tertiaire avec l'hypothèse d'un coût de vente des CEE de 7.9 €/MWh cumac (valeur moyenne pondérée depuis début 2022 – source : [www.emmy.fr](http://www.emmy.fr))
- Les éventuelles aides de l'ADEME dans le cadre du fonds chaleur pouvant subventionner les projets pour la production thermique à partir de ressources renouvelables
- Les tarifs d'achat dans le cadre de production et revente d'électricité

### 3.3 Préconisations portant sur l'enveloppe

#### 3.3.1 Isolation du faux plafond.

##### Description

L'isolation du faux plafond étant d'épaisseur faible, il serait intéressant de renforcer l'isolation existante. Intégrer une isolation bio-sourcée (liège, bois, ouate de cellulose, tous à faible diffusivité thermique) permet d'assurer un déphasage thermique bien supérieur à celui des isolants traditionnels en laine minérale, favorable notamment pour diminuer les besoins de climatisation (car la chaleur de la journée arrive à l'intérieur lorsque la fraîcheur de la soirée permet de tempérer l'espace intérieur).

##### Aide possible :

Certificat d'économie d'énergie

- N° fiche CEE : BAT-EN-107
- Eligibilité :  $R \geq 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (soit environ 24 cm de ouate de cellulose ou laine de verre projetée)
- Montant kWhcumac :  $1400 * 0,6 * \text{Surface à isoler} = 1400 * 0,6 * 174 = 146.1 \text{ MWhcumac}$  ; soit environ 1 158 €

##### Précautions :

- Quel que soit le système d'isolation retenu, utiliser des procédés faisant l'objet d'avis techniques.

## Chiffrage :

Coût= 35 € HT/m<sup>2</sup> pour une isolation avec laine de verre sur une surface brut de 174 m<sup>2</sup>.

Isolation toiture		Consommation	Gain
<b>Situation initiale</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	
<b>Isolation toiture</b>			<b>4,0%</b>
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	22,5	1,2
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	0,0
Equivalent carbone	T CO2/an	5,1	0,2
CEE	MWh cumac		146
Investissement	€ HT/m <sup>2</sup>	35	
Surface	m <sup>2</sup>	174	
Investissement total HT	€ HT	6 090	
Aide CEE	€ T	1 158	
<b>Investissement subventions déduites</b>	<b>€ HT</b>	<b>4 930</b>	
Economie d'énergie la première année	€ HT	250	
Temps de retour actualisé	Années	19	

## Gains :

Les économies dégagées avec cette solution sont faibles. Le gisement de consommation d'énergie résiduel est moindre du fait de la présence d'une isolation actuelle.

Cette solution apporte néanmoins une amélioration du confort pour les occupants des bureaux.

### 3.3.2 Isolation des murs extérieurs

#### Description

Il s'agit de l'isolation des murs extérieurs par l'intérieur.

#### Aides

Afin de bénéficier des aides financières du type crédit d'impôts et CEE, les murs seront isolés avec un isolant présentant une résistance thermique à minima de 3,7 m<sup>2</sup>.K/W.

- N° fiche CEE : BAT-EN-102
- Montant kWhcumac = 1600 \* 0.6 \* Surface d'isolant (438 m<sup>2</sup>) = 420.4 MWh cumac, soit environ 3 330€

#### Précautions

- Quel que soit le système d'isolation retenu, utiliser des procédés faisant l'objet d'avis techniques.
- Le chiffrage prend en compte le coût de l'isolation seulement sans toutes les reprises.

## Chiffrage



Nous avons évalué ci-dessous l'isolation par l'extérieur des murs dans leurs totalité, avec un isolant de  $R = 3.7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  sur une base de **70 € HT/m²**.

Isolation des murs extérieurs par l'extérieur (ITI)		Consommation	Gain
<b>Situation initiale</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	
<b>Isolation des murs extérieurs par l'extérieur (ITI)</b>			<b>42,9%</b>
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	11,1	12,6
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,1	0,3
Equivalent carbone	T CO2/an	4,2	1,1
CEE	MWh cumac		420
Investissement	€ HT/m²	70	
Surface	m²	438	
Investissement total HT	€ HT	30 700	
Aide CEE	€	3 330	
<b>Investissement subventions déduites</b>	<b>€ HT</b>	<b>27 330</b>	
Economie d'énergie la première année	€ HT	<b>2 438</b>	
Temps de retour actualisé	Années	<b>11</b>	

#### Gains :

Cette solution présente un réel intérêt, les économies d'énergie attendues sur le chauffage et la climatisation sont très importantes. En associant ces travaux à d'autres travaux sur l'enveloppe et en particulier le remplacement des menuiseries d'origine, les économies d'énergie seront encore plus conséquentes.

#### 3.3.1 Mise en place de menuiseries double-vitrage équipées de protection solaire

##### Description

Le remplacement des fenêtres a été étudié.

Les fenêtres mises en place sont en PVC double vitrage 4/16/4 faible émissivité avec les caractéristiques suivantes :  $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  et  $S_w = 0,35$

##### Aide possible :

Certificat d'économie d'énergie

- BAT-EN-104
- Montant kWhcumac :  $1900 \cdot \text{Facteur correctif (0.6)} \cdot \text{Surface totale des fenêtres (58m}^2\text{)} = 66.1 \text{ MWhcumac}$ , soit environ 524€

##### Précautions :

- S'assurer de la bonne pose des menuiseries.

## Chiffrage

Nous avons évalué ci-dessous le remplacement de toutes les menuiseries par des fenêtres double vitrage. L'investissement est calculé sur la base de 400€/m<sup>2</sup> de vitrage changé.

Remplacement des fenetres		Consommation	Gain
<b>Situation initiale</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	
<b>Remplacement des fenetres</b>			<b>8,6%</b>
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	21,3	2,4
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,2	0,2
Equivalent carbone	T CO2/an	5,0	0,3
CEE	MWh cumac		66
Investissement	€ HT/m <sup>2</sup>	400	
Surface	m <sup>2</sup>	58	
Investissement total HT	€ HT	23 200	
Aide CEE	€	524	
<b>Investissement subventions déduites</b>	<b>€ HT</b>	<b>22 680</b>	
Economie d'énergie la première année	€ HT	473	
Temps de retour actualisé	Années	28	

## Gains

Les économies d'énergie liées au remplacement des menuiseries sont relativement faibles au regard de l'importance des coûts d'investissement. Ces travaux apportent néanmoins une réelle amélioration du confort des occupants. Le gain est estimé aux alentours de 9% sur le chauffage et la climatisation.

## 3.4 Préconisations techniques sur les équipements

### 3.4.1 Mise en place d'une installation photovoltaïque

#### Description

Une installation photovoltaïque a pour objectif la production d'électricité par transformation de la lumière en courant électrique. Il existe plusieurs solutions : une installation en autoconsommation (avec ou sans revente du surplus) ou en revente totale.

Une installation photovoltaïque en autoconsommation serait plus pertinente au regard du profil de consommations du site et notamment des consommations de base journalières (

Il a été envisagé une installation de 50 m<sup>2</sup> de capteurs, soit 6 kWc sur le pan sud et 4 kWc sur le pan nord.



*Surfaces dédiées à la mise en place des panneaux photovoltaïques*

**Précautions :**

- Réaliser une étude de faisabilité complète avec relevés de masques proches.
- Assurer une bonne intégration architecturale (éviter un effet mosaïque pour l'installation)

**Aides**

- Prime à l'investissement dans le cadre d'un projet en autoconsommation (18 c€/WC pour une installation inférieure ou égale à 36kWc)

Nota : Il pourrait être plus judicieux dans le cadre d'un projet en autoconsommation de positionner des panneaux sur les pans est et ouest afin de profiter d'un ensoleillement plus continu le long de la journée mais le pan à l'est est masqué par un pin et la pan à l'ouest est trop petit pour accueillir une installation.

En considérant un taux d'autoconsommation de 100%

Installation photovoltaïque 10kWc		Consommation	Gain
<b>Situation initiale</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	
<b>Installation photovoltaïque 10kWc</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	0,0
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	0,0
Production électricité	MW.h/an	10,0	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	0,0
CEE	MWh cumac		
Investissement total	€ HT	20 000	
Prime investissement	€	1 800	
<b>Investissement subventions déduites</b>	<b>€ HT</b>	<b>18 200</b>	
Economie d'énergie la première année	€ HT	<b>1 559</b>	
Temps de retour actualisé	ans	<b>12</b>	

#### Avantage :

- Assure une production d'électricité in situ
- Réduire vos factures d'électricité
- Réduire votre dépendance au réseau public

### 3.5 Améliorations de l'exploitation

#### 3.5.1 Désembouage du réseau

Le désembouage consiste à éliminer toutes les « boues », impuretés présentes dans l'eau (ou le liquide caloporteur).

##### • Causes

Les circuits d'eau (ou de liquide caloporteur) des installations de chauffages s'encrassent facilement pour plusieurs raisons. Les matériaux employés pour faire circuler l'eau ou le liquide caloporteur peuvent être l'acier, la fonte, l'aluminium, les tubes synthétiques et le cuivre pour les tuyaux. L'oxygène contenu dans l'eau s'attaque à ces matériaux par un processus chimique nommé oxydoréduction. Les parties bactériennes et les microorganismes présents dans l'eau (ou le liquide caloporteur) sont aussi en grande partie responsable de ce phénomène. En effet, sur des anciennes installations de chaufferie et de réseau de chauffage, l'eau n'est, en principe, que très rarement renouvelée et facilite donc la prolifération des bactéries et microorganismes.

##### • Nécessité

La nécessité de désembouer un réseau de chauffage est, en grande partie, dans le but d'améliorer le rendement de distribution et donc faire des économies d'énergie. Si aucun traitement préventif n'a été appliqué au préalable et si aucun filtre à boues (ou pote à boue) n'est installé sur le réseau, le désembouage doit être fait régulièrement (tous les 7 à 10 ans). Les boues vont se déposer en partie basse de l'installation,

donc généralement au niveau de la chaudière, et en partie basse des radiateurs. Elles peuvent obstruer la tuyauterie et créer des zones froides. L'équilibre hydraulique est donc perturbé réduisant ainsi la puissance thermique du réseau.

- *Techniques de désembouage*

Le désembouage d'une installation de chauffage s'effectue selon trois grandes méthodes :

- La méthode chimique à l'aide de produits spécifiques injectés dans l'eau du circuit,
- La méthode mécanique qui consiste à nettoyer et détacher les boues en injectant de l'air à haute pression dans l'eau,
- Et la méthode écologique qui consiste à installer un appareil spécifique en permanence sur le circuit.

Cette préconisation consiste alors à installer un filtre à boues magnétiques sur le réseau après avoir pris soin d'effectuer un désembouage complet.



*Exemple de filtre à boue magnétique*

**Un désembouage permet une économie d'énergie jusqu'à 10 % sur la consommation chauffage et climatisation**

### 3.6 Synthèse

	Electricité
Conso initiale théorique usages analysés (MWh EF/an)	75,35
Conso selon moyenne factures (MWh EF/an)	81,63

Avec une consommation de 440 kWhep/m2.an (classe F étiquette DPE) et une émission de 12 kgCO2/m2.an (classe C étiquette DPE), **la mairie de la Turbie** est extrêmement consommatrice d'Énergie.

Le tableau ci-dessous ne tient pas compte des évolutions tarifaires des coûts des énergies.

Type d'intervention	Description	Investissement subventions déduites €HT	Economie d'énergie €HT/an	Gain énergétique MWHEF/an	Temps de retour actualisé ans	Gain (Chauffage Climatisation) (%)	Gain Total (%)
Bati	Isolation de la toiture	4 930	250	1,2	19	4	1,5
Bati	Isolation par l'intérieur	27 330	2 440	12,6	11	42,9	17,4
Bati	Changement menuiseries	22 680	473	2,4	28	8,6	3,3
Bati	Installation photovoltaïque (Autoconsommation)	18 200	1 559	10,0	12	-	-

## 4 Scenarios combinés

### 4.1 Définition des scénarios

Sur la base des préconisations, nous avons élaboré de 3 scénarios combinés de travaux afin d'atteindre les objectifs suivants :

- Scénario 1 : Travaux combinés pour atteindre la meilleure performance sans l'installation photo voltaïque
- Scénario 2 : Travaux combinés pour atteindre le maximum de gain possible avec la mise en place d'une installation photo voltaïque pour l'autoconsommation.

Afin d'atteindre ces niveaux de performances, nous avons sélectionné les combinaisons de préconisations suivantes :

Préconisations	TRA (ans)	Scénario 1	Scénario 2
Isolation de la toiture	23	x	x
Isolation par l'intérieur	13	x	x
Changement menuiseries	>30	x	x
Installation photovoltaïque (Autoconsommation)	12		x

### 4.2 Analyse thermique

Les scénarios précédemment définis sont comparés à l'état initial qui servira de référence.

Scenario 01		Consommation	Gain
<b>Situation initiale</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	
<b>Scenario 01</b>			<b>55,1%</b>
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	7,5	16,2
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,0	
Equivalent carbone	T CO2/an	3,9	1,4
CEE	MWh cumac		
Investissement total	€ HT	60 000	
Aide CEE	€ TTC	5 011	
<b>Investissement subventions déduites</b>	<b>€ TTC</b>	<b>55 000</b>	
Economie d'énergie la première année	€ TTC	3 130	
Temps de retour actualisé	Années	15	

Scenario 02		Consommation	Gain
<b>Situation initiale</b>			
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	23,7	
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,4	
Equivalent carbone	T CO2/an	5,3	
<b>Scenario 02</b>			<b>55,1%</b>
Consommation électricité pour le chauffage	MW.h/an	7,5	16,2
Consommation électricité pour la climatisation	MW.h/an	6,0	
Production électricité	MW.h/an	10	0,0
Equivalent carbone	T CO2/an	3,9	1,4
CEE	MWh cumac		
Investissement total	€ HT	80 000	
Aide CEE	€	5 011	
Prime investissement	€	1 800	
<b>Investissement subventions déduites</b>	<b>€ HT</b>	<b>73 189</b>	
Economie d'énergie la première année	€ HT	4 689	
Temps de retour actualisé	Années	15	

### 4.3 Résultats

	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2
<b>Consommation totale (MWh EF/an)</b>	<b>76,35</b>	<b>59,53</b>	<b>52,27</b>
<b>Investissements (€ HT)</b>		<b>60 000</b>	<b>80 000</b>
<b>Gain énergétique (Chauffage-Climatisation) (%)</b>		<b>55,1</b>	<b>55,1</b>
<b>Gain énergétique (Sur la consommation totale) (%)</b>		<b>22,02</b>	<b>31,54</b>
<b>Classe énergétique</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>E</b>
<b>Classe climatique</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Economies annuelle</b>		<b>3 130</b>	<b>4 689</b>
<b>TRA</b>		<b>15</b>	<b>15</b>



## Conclusion

La **mairie de la Turbie**, construit avant 1958 dispose d'une surface d'environ 470m<sup>2</sup>.

Le chauffage et la climatisation sont assurés par une pompe à chaleur.

La ventilation double flux assurée le bon renouvellement d'air dans les bureaux.

La consommation annuelle d'énergie pour le chauffage et climatisation est de 440 kWh/m<sup>2</sup> SU.

Il existe plusieurs scénarios de travaux.

Deux scénarios ont été étudiés :

- Scénario 1 (Isolation des murs extérieurs par l'intérieur + Isolation des combles + Remplacement des menuiseries) permettant 55 % d'économie d'énergie pour le chauffage et la climatisation, ce scénario a pour un investissement de 55 k€HT subventions déduites (60 k€HT hors subventions) amorti en 15 ans. Ce scénario permettrait d'effectuer des économies importantes avec un investissement réduit.
  
- Scénario 2 (Scénario 1 +mise en place d'une installation photovoltaïque). Pour un investissement de 73,6 k€ subventions déduites (80k€ hors subventions) ce programme est amorti en 15 ans.

## Glossaire

### **Puissance :**

Une puissance s'exprime en kilowatts (kW).

### **Energie :**

Les consommations d'énergie s'expriment en kilowattheures (kWh). L'énergie est la somme des puissances engagées sur une durée. La durée dans le cadre d'un audit est souvent l'année.

### **Degré-jours unifiés :**

Les DJU sont utilisés pour qualifier la rigueur d'un climat. Ils sont exprimés sous une base de référence. Ainsi les DJU base 18 représentent l'écart entre une température intérieure de 18° et la température extérieure moyenne de la journée. Ils sont calculés par Météo-France au niveau des stations météorologiques. Par exemple si la température extérieure moyenne est de 5°C, les DJU(18) sont  $18-5=13^{\circ}\text{C}$ . En général on calcule les DJU sur une année afin de pouvoir comparer les années les unes avec les autres.

Les DJU trentenaires sont les DJU moyens annuels des 30 dernières années.

Ainsi pour pouvoir comparer les consommations de chauffage d'une année sur l'autre, ces consommations sont corrigées des DJU.

### **Energie primaire :**

Il s'agit de l'énergie utilisée en tenant compte des pertes liées à la production d'énergie.

Ce coefficient est fixé à 1 pour les combustibles fossiles et de 2,58 pour l'électricité afin de prendre en compte les pertes de production, transformation et distribution de l'électricité. Ainsi une consommation facturée de 1 kWh d'électricité correspond à une consommation en énergie primaire de 2,58 kWh.

Les consommations énergétiques des DPE sont exprimées en kWhEP.

### **Coefficient de transmission thermique (noté U en $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )**

Le coefficient de déperditions thermiques d'une paroi ou d'un matériau représente sa capacité à transmettre la chaleur d'un bâtiment ou un local vers l'extérieur. Plus U est grand, plus la paroi est déperditive.

Le coefficient de transmission surfacique d'une paroi définit la déperdition de chaleur par  $\text{m}^2$  de paroi et pour 1°C d'écart de température. Le coefficient de transmission thermique U correspond à l'inverse de la résistance thermique.

### **Conductivité thermique**

La conductivité thermique (notée  $\lambda$ ) d'un matériau caractérise la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Plus le  $\lambda$  est petit et plus le matériau est isolant.

### **Coefficients Uw, Sw d'une fenêtre**

Uw est le coefficient thermique global de la fenêtre (avec w pour « window »). Il est exprimé en  $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ .

Sw est la capacité de votre fenêtre à transmettre la chaleur d'origine solaire à l'intérieur de votre local.

### **Énergie finale (EF)**

On utilise le terme d'énergie finale pour parler de l'ensemble des énergies se situant en fin de chaîne de transformation de l'énergie. L'énergie utilisée concrètement par l'utilisateur final est le produit d'une chaîne de transformation d'énergie primaire. Par exemple, l'électricité, est produite à partir de chaleur issue de différents types de « combustibles » (charbon, gaz nature, pétrole, uranium enrichi). Dans ce cas, l'électricité est la source d'énergie finale pour l'utilisateur final, et le charbon, le pétrole ou le gaz naturel sont l'énergie primaire.

### **Énergie primaire (EP)**

L'énergie « primaire » correspond à des produits énergétiques « bruts » dans l'état (ou proche de l'état) dans lequel ils sont fournis par la nature : charbon, pétrole, gaz naturel, bois,...

Il s'agit de l'énergie utilisée en tenant compte des pertes liées à la production d'énergie.

Ce coefficient est fixé à 1 pour les combustibles fossiles et de 2,58 pour l'électricité afin de prendre en compte les pertes de production, transformation et distribution de l'électricité. Ainsi une consommation facturée de 1 kWh d'électricité correspond à une consommation en énergie primaire de 2,58 kWh.

Les consommations énergétiques des DPE sont exprimées en kWhEP.

### **ECS**

Eau Chaude Sanitaire

### **Équilibrage**

Il permet d'avoir la température demandée dans toutes les pièces du logement.

### **Gaz à Effet de Serre (GES)**

Les Gaz à Effet de Serre (GES) sont des gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations au sein de l'atmosphère terrestre, phénomène appelé effet de serre. Plus d'une quarantaine de ont été recensés parmi lesquels figurent le Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), principalement issu de la combustion des énergies fossiles (pétrole, charbon) et de la biomasse.

### **Inertie thermique**

Capacité d'un matériau à emmagasiner et à restituer la chaleur. Un bâtiment possédant une bonne inertie thermique se caractérise par des parois lourdes et épaisses qui accumulent la chaleur du jour pour la restituer la nuit. On obtient alors un meilleur confort d'été, ainsi que la valorisation des apports solaires en hiver.

### **ITE ou ITI**

Isolation Thermique par l'Extérieur ou Isolation Thermique par l'Intérieur (souvent utilisés pour les murs extérieurs).

### **Loi d'eau**

Il s'agit d'un système de régulation pour les installations de chauffage. Ce dispositif se base sur une corrélation entre la température de l'eau de départ du circuit de chauffage et la température extérieure.

### **Ponts thermiques**

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une variation de résistance thermique. Il s'agit d'un point de la construction où la barrière isolante est rompue ou abaissée. Un pont thermique est donc créé si :

- il y a changement de la géométrie de l'enveloppe,
- il y a changement de matériaux et ou de résistance thermique

**Temps de retour brut**

Le temps de retour brut correspond au rapport entre l'investissement réalisé et les gains financiers réalisables sur les charges (ce ratio est figé à la date d'aujourd'hui et n'intègre aucune variation du coût des énergies,...)

**Vase d'expansion**

Il a pour but d'absorber la dilatation de l'eau.

**Surface utile (SU)**

La surface utile (SU) concerne les bâtiments ou partie de bâtiment destinés à un autre usage que l'habitation.