



AUDIT ENERGETIQUE MAIRIE

Ville de Plouguerneau

ETUDE : AUDIT
PHASE : RAPPORT FINAL
INDICE : B
DATE : JUILLET 2019

Table des matières

I.	PRESENTATION GENERALE.....	3
II.	RELEVES.....	6
II.1	ENVELOPPE.....	7
II.1.1	Composition de parois.....	7
II.1.2	Etanchéité à l'air.....	8
	Liaisons périphériques (parois, plancher, plafond).....	9
	Menuiseries.....	9
	Appareillages électriques (prises, tableau, etc.).....	10
II.2	SYSTEMES.....	11
II.2.1	Chauffage.....	11
II.2.2	Eau chaude sanitaire.....	11
II.2.3	Ventilation.....	12
II.2.4	Eclairage.....	14
II.3	FONCTIONNEMENT / USAGE / SCENARIOS.....	16
II.3.1	Températures.....	16
II.3.2	Débits de ventilation.....	18
II.3.3	Occupation.....	18
II.3.4	Puissances dissipées.....	18
III.	ANALYSE DES FACTURES.....	19
III.1.1	Electricité.....	19
III.1.2	Récapitulatif.....	20
IV.	MODELE.....	21
IV.1	GENERALITES.....	21
IV.2	AJUSTEMENT DU MODELE.....	21
IV.3	CONSOMMATIONS ET VALIDATION DU MODELE.....	21
V.	TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS.....	22
V.1	BILAN DE DEPERDITIONS.....	22
V.2	VARIANTES D'OPTIMISATIONS.....	23
VI.	VARIANTES D'OPTIMISATIONS.....	24
VI.1	TRAVAIL SUR LES SYSTEMES.....	24

VI.1.1	Mise en place d'une ventilation réglementaire	24
VI.1.2	Optimisation de la régulation.....	24
VI.1.3	Eclairage LED.....	24
VI.2	TRAVAIL SUR L'ENVELOPPE	25
VI.2.1	Menuiseries.....	25
VI.2.2	Murs extérieurs	25
VI.2.3	Toiture	25
VII.	OPTIMISATIONS	26
VII.1	VARIANTES INDEPENDANTES	26
VII.2	SCENARIOS.....	27
VIII.	THCEX	28
VIII.1	VARIANTES INDEPENDANTES	28
VIII.1	SCENARIOS.....	29

I. PRESENTATION GENERALE

La mairie est située dans le bourg de Plouguerneau (Finistère) :

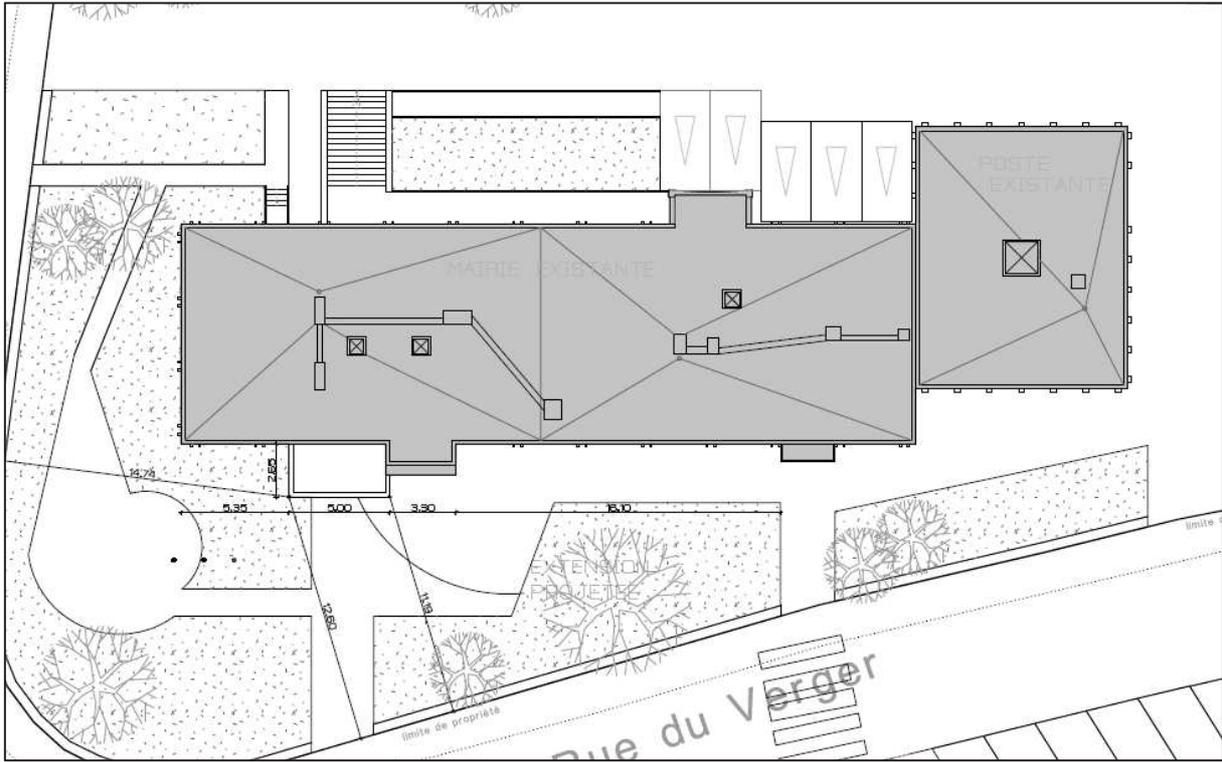


Le site est constitué d'un seul bâtiment hébergeant la Mairie et la Poste :

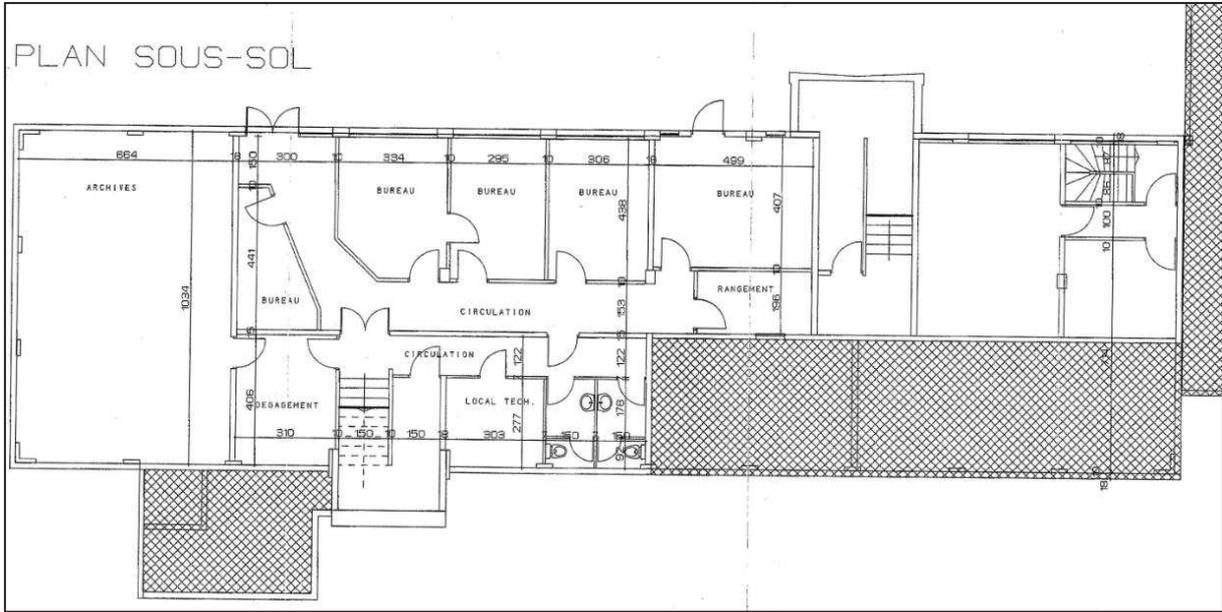
Bâtiment	Usage principal	Surfaces	Année	Typologie
Mairie + poste	Mairie + poste	~1070 m ²	Années 70 (création ascenseur en 2017)	R+2 Murs préfabriqués béton + Planchers hourdis béton



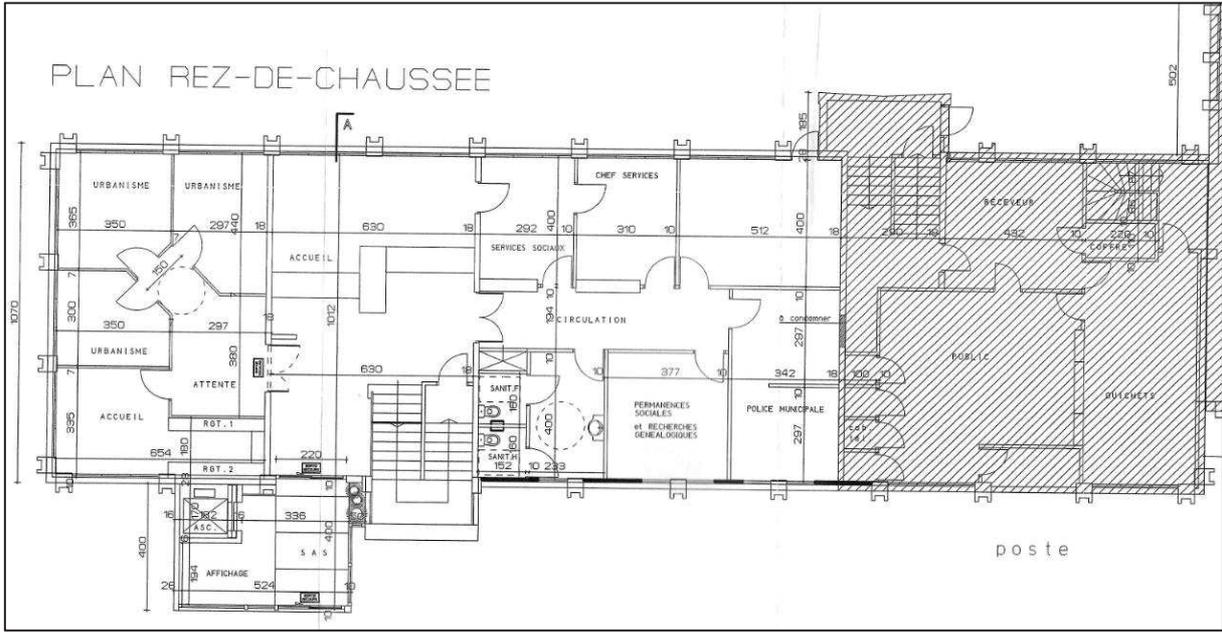
Plan masse :



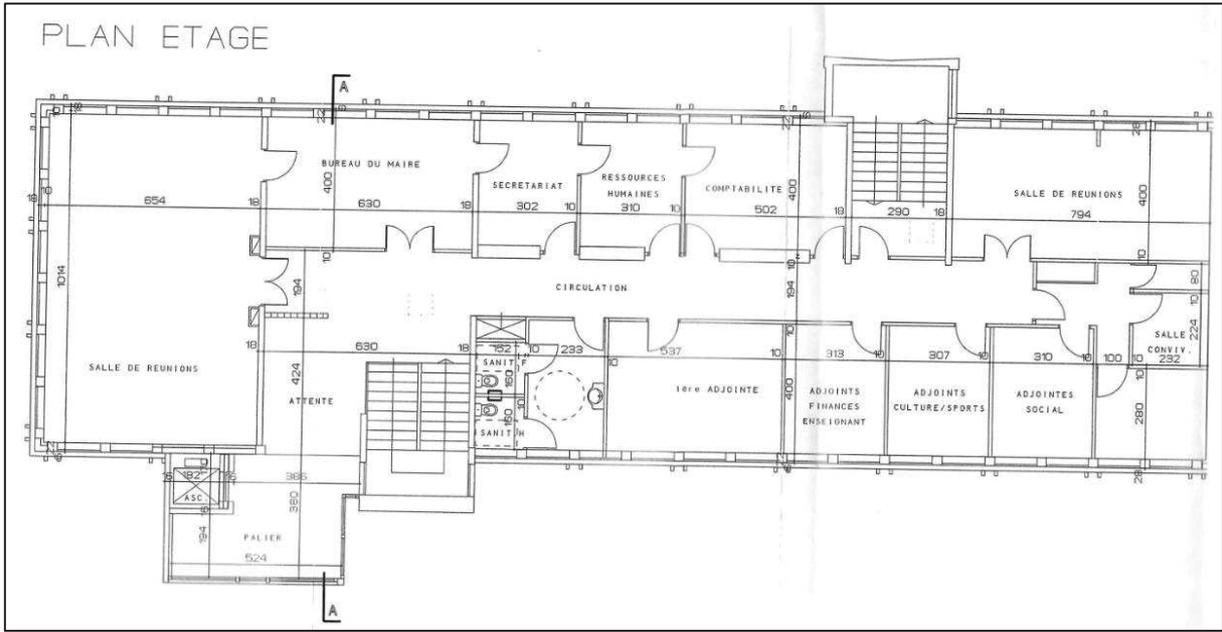
Plans du sous-sol :



Plan du RDC :



Plan du R+1 :



II. RELEVES

Les éléments constitutifs du bâtiment sont issus des observations réalisées sur place et de l'analyse des plans et documents techniques.

Lorsque la documentation est incomplète et que des sondages ou vérifications sont impossibles, il reste une incertitude sur les données.

Nous les estimons, par exemple en tenant compte du mode constructif et de la date de construction.

Enfin, certaines données sont prises comme variables d'ajustement pour le recollement du modèle.

Par ailleurs, les données propres à l'usage du bâtiment (occupation, équipements divers, consignes de température), sont issues des relevés et observations réalisés sur place et des éléments fournis par la Ville.

Le détail des relevés suivants permet d'une part de **constituer le modèle thermique**, d'autre part de **qualifier l'état du bâti et des installations (état, performance, ...)**.

II.1 Enveloppe

II.1.1 Composition de parois

Bâtiment	Zones concernées	Paroi	Nature	Isolation	Origine de la donnée et certitude	Valeur R ou Uw	Performance
Mairie	SOUS-SOL	Plancher bas	Dalle / TP	Non isolé	Estimation au vu de la date de construction	-	Faible
	L'ensemble	Mur extérieur	Maçonnerie + doublage brique plâtrière	10 cm de polystyrène	Relevé lors de la visite	R = 2.50	Moyenne
	Cage escalier	Mur extérieur	Mur NI	-	Relevé lors de la visite	-	Faible
	R+1	Toiture / plafond	Hourdis béton isolé par-dessus	10 cm d'isolant sur hourdis	Relevé lors de la visite	R = 2.50	Moyenne
	L'ensemble	Menuiseries	Alu double vitrage 4.4.4 ancien + volets roulants	-	Relevé lors de la visite	Uw = 4.0	Faible

Illustrations de points particuliers :

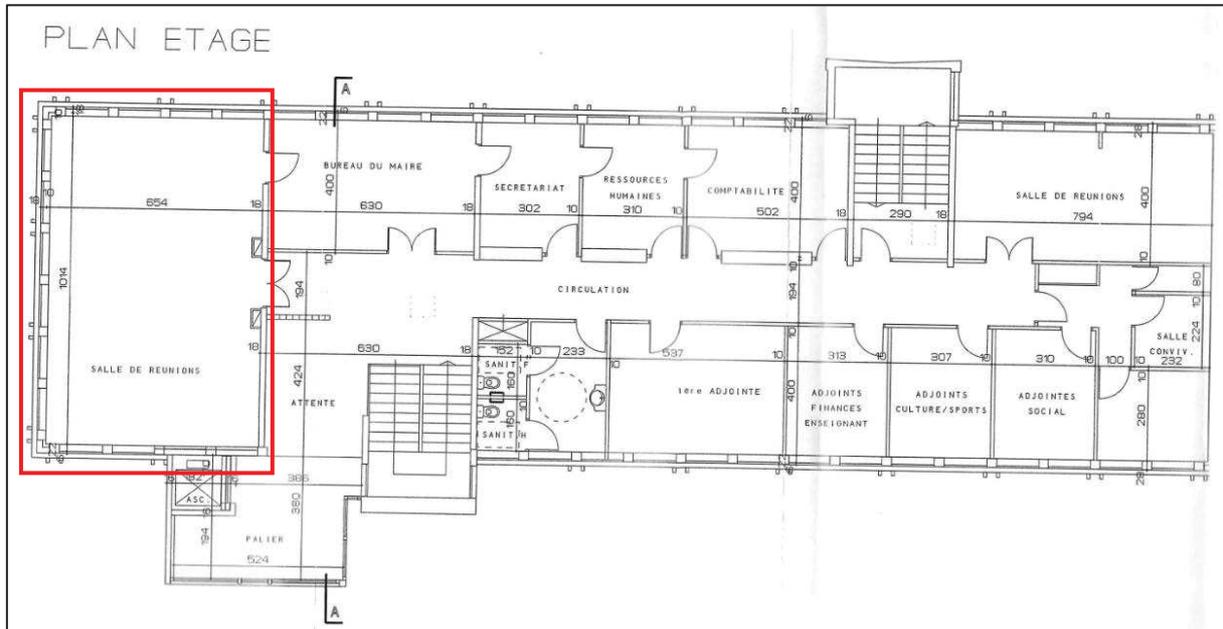
Mur de la cage d'escalier non isolé :



II.1.2 Etanchéité à l'air

II.1.2.1 Méthode

Les zones testées ont été choisies pour leur représentativité et la possibilité technique de réaliser les tests :



Les locaux sont mis en dépression par paliers à l'aide d'une porte soufflante, installée sur une porte du bâtiment.



A chaque palier de pression, le débit est mesuré, donnant après calculs la valeur quantifiant la perméabilité à l'air d'un bâtiment.

II.1.2.2 Résultat global

On caractérise la perméabilité à l'air par la valeur Q_4 , qui peut être comparée à la valeur par défaut pour ce type de bâtiment : $Q_4 = 1.7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

Zones	$Q_{4\text{Pa-Surf}}$ MESURE
Salle du conseil	$3.1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$

Il faut cependant nuancer ces résultats en fonction du repérage des fuites. En effet dans ce type de mesures, par zone, une partie des fuites mesurées se font vers les autres locaux du bâtiment et ne sont donc pas à prendre en compte.

Au regard du repérage des fuites (cf. § suivant), on peut ici considérer que la plupart des fuites se font vers l'extérieur. On retiendra 90% de la valeur mesurée soit :

Zones	$Q_{4Pa-Surf}$ MESURE	$Q_{4Pa-Surf}$ RETENU
Salle du conseil	$3.1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$	$2.8 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$

Le bâtiment est donc assez fuyant en regard des normes actuelles.

II.1.2.3 Repérage des fuites

Afin d'améliorer l'étanchéité à l'air du bâtiment, on doit connaître les principales causes du résultat mesuré, en faisant un repérage des fuites. On utilise pour cela un anémomètre à fil chaud, déplacé devant toutes les zones potentiellement fuyantes. Les principales infiltrations observées sont repérées ci-après.

En résumé, les principaux défauts d'étanchéité à l'air sont situés au niveau des menuiseries et des liaisons murs-plancher (interruption des doublages).

Liaisons périphériques (parois, plancher, plafond)



Type : B3-Liaison pied de mur / plancher (plinthes, ...)

Quantification : Forte

Passage sous les plinthes.

Menuiseries



Type : C2-Fenêtre et porte fenêtre: Jonction cadres Ouvrant/Dormant (absence ou défaut de compression des joints)

Quantification : Forte

Passage entre les ouvrants et le dormant par insuffisance de compression et défaut de fermeture.



Type : C8-Coffre de volet roulant: joues latérales, fixation sur cadre,...

Quantification : Forte

Coffre menuisier, laissions fuyantes.

Appareillages électriques (prises, tableau, etc.)



Type : F1-Autres équipements

Quantification : Forte

Passage important entre les luminaires et les dalles de faux plafond. passage entre les dalles de faux plafond.

II.2 Systèmes

Nota : plus de 50% des locaux (en surface) ont été visités et relevés dans le détail.

Les relevés détaillés donnés ci-après correspondent à ces locaux.

II.2.1 Chauffage

L'ensemble du bâtiment est chauffé par des radiateurs électriques relativement récents et dans un état correct, mais assez peu performants (régulation standard, chauffage convectif) excepté dans la salle de conseil où on relève des radiateurs plus récents et une programmation horaire de l'ensemble avec thermostat.

NOM	EMETTEURS	PUISSANCE CHAUFFAGE (W)	DATE	ETAT	PERF.	CONFORT
L'ensemble TOTAL	Radiateurs électriques	47750	?	😊	😞	😞
TOTAL VISITE		34000				
TOTAL EXTRAPOLE		13750				



II.2.2 Eau chaude sanitaire

On relève 1 ballon d'eau chaude sanitaire 15L/2000W en bon état, situé dans le local technique au sous-sol, et alimentant quelques appareils sanitaires.

L'utilisation d'eau chaude sanitaire reste marginale pour ce type de bâtiment, notamment en l'absence de douche.



II.2.3 Ventilation

Quelques bouches d'extraction sont présentes mais les caissons de ventilation semblent HS, ce qui est confirmé par la faiblesse des débits relevés. De plus aucune entrée d'air n'est présente. L'installation de ventilation est donc concrètement inopérante.



Tableau récapitulatif

NOM	RELEVE	DEBIT MESURE	DEBIT MINI REGL.	% DEBIT REGL	DATE	ETAT	PERFORMANCE	CONFORT
TOTAL		-	1820	12%	Construction ?	☹️	☹️	☹️
TOTAL VISITE	53%	179	1520					
TOTAL EXTRAPOLE		-	300					

Tableau des relevés

NOM	CAISSON	EA	EXTR	DEBIT MESURE	DEBIT MINI REGL.	% regl
PALIER	-	-	-	-	-	-
CIRCULATION 3	-	-	-	-	-	-
ADJOINTS FINANCES ENSEIGNANT	-	-	-	0	20	0%
1ERE ADJOINTE	-	-	-	0	20	0%
SANITAIRES 3	-	-	1 bouche Auto	14	75	19%
SALLE DE REUNIONS	-	-	1 bouche à NOYAU	65	600	11%
SALLE DE REUNION 1	-	-	-	0	200	0%
BUREAU 7	-	-	-	0	40	0%
COMPTABILITE	-	-	-	0	40	0%
CIRCULATION 1	-	-	-	-	-	-
SANITAIRES 1	-	-	-	0	60	0%
SANITAIRES	-	-	1 bouche Auto	10	60	17%
LOCAL TECH	-	-	1 bouche Auto	5	60	8%
RANGEMENT	-	-	1 bouche Auto m3/h	6	-	-
CIRCULATION	-	-	-	-	-	-
BUREAU	-	-	2 bouches Auto	0	20	0%
BUREAU 2	-	-	1 bouche Auto	6	20	30%
BUREAU 1	-	-	1 bouche Auto	6	20	30%
ACCUEIL 1	-	-	?	24	60	40%
SANITAIRES 2	-	-	1 bouche Auto	5	75	7%
ATTENTE	-	-	1 bouche Auto	12	30	40%
URBANISME 2	-	-	1 bouche Auto	16	20	80%
CIRCULATION 2	-	-	-	-	-	-
BUREAU 6	-	-	-	0	40	0%
CHEF SERVICES	-	-	-	0	20	0%
SERVICES SOCIAUX	-	-	-	0	20	0%
URBANISME	-	-	1 bouche Auto	10	20	50%
TOITURE	2 caissons	-	-	-	-	-

II.2.4 Eclairage

L'éclairage des locaux est majoritairement réalisé à base de lampes fluo (T8 ou compactes), avec certains modèles de luminaires particulièrement anciens et peu efficaces. Par ailleurs la puissance installée est importante par rapport aux standards actuels (même en fluo).

Tableau récapitulatif

NOM	RELEVE	Nombre de lampes	Puissance lampes	Type lampes	Type de luminaires	ETAT	PERFORMANCE	CONFORT
TOTAL		total installé visité (W)	10652	Majoritairement fluo (T8)	Variable Certains particulièrement anciens	☹️	☹️ Puissance installée élevée	☹️
TOTAL VISITE	53%	W/m ² visité	18.9					
TOTAL EXTRAPOLE		W/m ² retenu	18.9					

Tableau des relevés

NOM	Nombre de luminaires	Nombre de lampes	Puissance lampes	Type lampes	Type de luminaires
PALIER	2	2	22	Fluocompacte	DOWNLIGHT
CIRCULATION 3	8	13	50	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
ADJOINTS FINANCES ENSEIGNANT	2	2	58	Fluo	PLAFONNIERS DIFFUSEURS
1ERE ADJOINTE	2	2	58	Fluo	PLAFONNIERS DIFFUSEURS
SANITAIRES 3	5	1	30	Fluocompacte	HUBLLOT
SALLE DE REUNIONS	8	2	58	Fluo	PLAFONNIERS DIFFUSEURS
SALLE DE REUNION 1	6	4	18	LED	PLAFONNIERS VENDELLES
BUREAU 7	2	2	58	Fluo	PLAFONNIERS DIFFUSEURS
COMPTABILITE	4	2	58	Fluo	PLAFONNIERS DIFFUSEURS
CIRCULATION 1	7	1	10	Fluocompacte	DOWNLIGHT
SANITAIRES 1	2	1	30	Fluocompacte	HUBLLOT
SANITAIRES	1	1	30	Fluocompacte	HUBLLOT
LOCAL TECH	1	1	30	Fluocompacte	HUBLLOT
RANGEMENT	4	1	5	Fluocompacte	DOWNLIGHT
CIRCULATION	7	1	10	Fluocompacte	DOWNLIGHT
BUREAU	3	4	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
BUREAU 2	3	4	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
BUREAU 1	3	4	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
ACCUEIL 1	1	1	348	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES et DOWNLIGHT
SANITAIRES 2	4	1	10	Fluo	DIFFUSEURS
ATTENTE	5	1	10	Fluocompacte	DOWNLIGHT
URBANISME 2	3	4	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
CIRCULATION 2	2	2	58	Fluo	DIFFUSEURS
BUREAU 6	4	4	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
CHEF SERVICES	2	2	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES
SERVICES SOCIAUX	2	2	58	Fluo	PLAFONNIERS DIFFUSEURS
URBANISME	4	4	18	Fluo	PLAFONNIERS VENDELLES

II.3 Fonctionnement / Usage / Scénarios

II.3.1 Températures

Des relevés de températures ont été réalisés toutes les 10 minutes du 18.03.2019 au 01.04.2019.

II.3.1.1 Synthèse

Sur la mairie, les relevés suivants ont été effectués :

- La comptabilité
- L'adjoint des finances
- L'accueil
- Un bureau en sous-sol

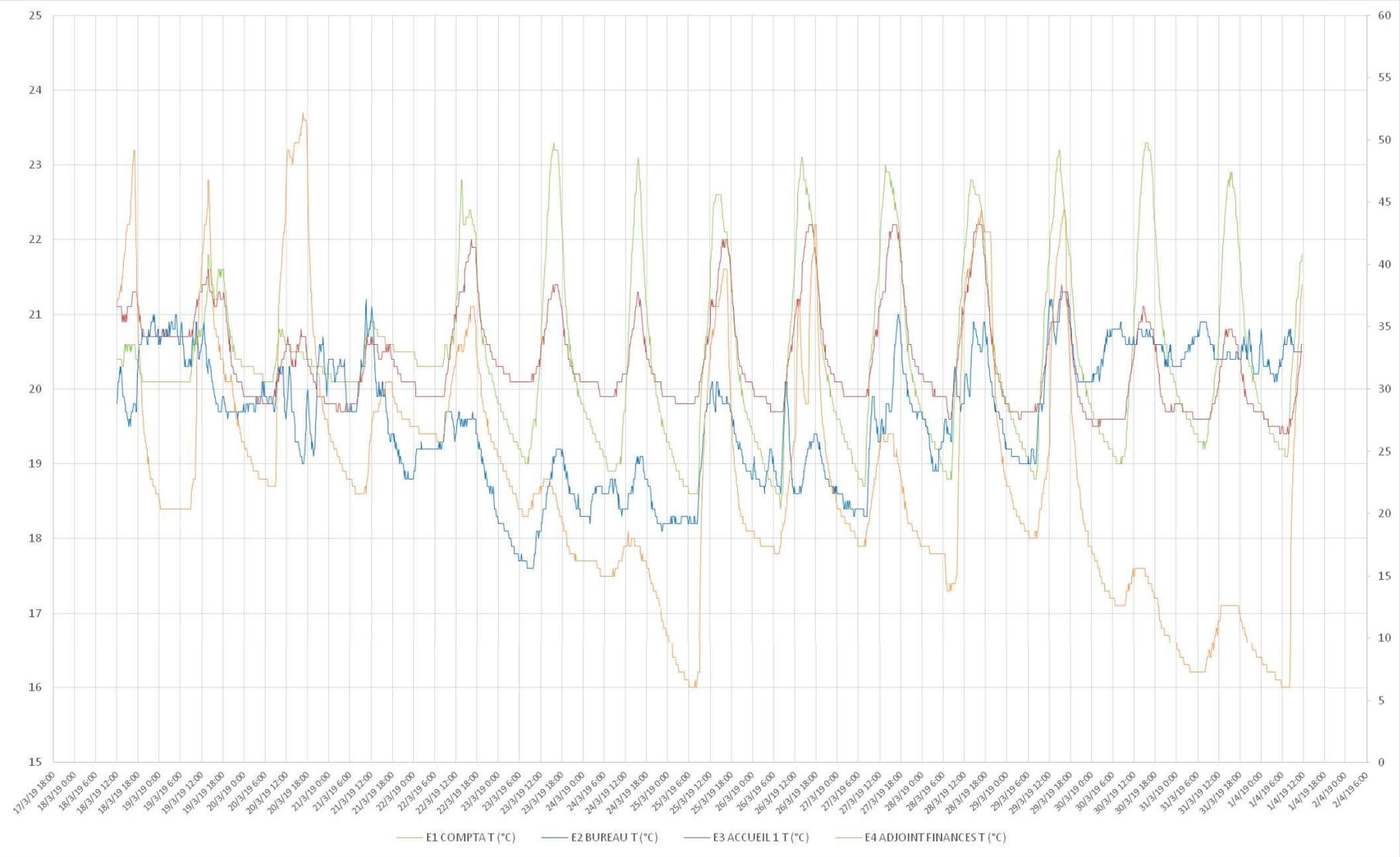
On y observe les points suivants :

Le réglage du chauffage est manuel selon les utilisateurs. Les consignes vont de 19°C à 20°C en occupation pour les bureaux en occupation. On y observe également des réduits durant la nuit à 18°C. Pour l'accueil en revanche la consigne de température est plutôt stable à 20°C jour et nuit.

On retiendra pour la modélisation :

- Pour les bureaux : Des températures de consigne de 20°C et 18°C correspondants respectivement au jour et à la nuit
- Pour l'accueil : Une consigne à 20°C constante

II.3.1.2 Graphique relevés Mairie



II.3.2 Débits de ventilation

Les installations de ventilation étant hors service, et en l'absence d'entrées d'air, aucun débit de ventilation n'est saisi dans le modèle.

Hormis l'ouverture des fenêtres, seules les infiltrations participent au renouvellement d'air et sont modélisées ($Q_{4Pa-Surf\ RETENU} = 2.8 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$).

II.3.3 Occupation

L'occupation des bureaux est d'une personne par bureau de 9h à 17h avec une dizaine de personnes qui restent à l'heure de midi.

Dans l'accueil, il y a deux personnes présentes de 9h à 17h dans la semaine (sauf heures de midi). Puis le samedi matin il y a une personne dans cette pièce.

La salle de réunion a été modélisée avec une occupation de 30 personnes une fois par semaine pendant deux heures.

Cinq semaines de vacances ont été réparties sur le cours de l'année.

II.3.4 Puissances dissipées

La puissance installée du matériel informatique nous donne 4W/m^2 constant lors des horaires de bureaux. Cette puissance descend à 0.8 W/m^2 hors des horaires de bureaux et est nulle de week-end et pendant les vacances.

L'éclairage des locaux est de 9.5 W/m^2 constant sur les horaires de bureaux.

III. ANALYSE DES FACTURES

III.1.1 Electricité

Le site est alimenté en **électricité** par :

- **1 compteur 42 kVA desservant la mairie** (PDL N° 30001460529959)
- **1 compteur 6 kVA desservant la poste** (PDL N° 14666714842295)

Remarque générale : la diversité des formats de factures entre les différents fournisseurs et leurs changements dans le temps ne facilitent pas leur analyse. De plus on s'étonne que les puissances atteintes n'apparaissent pas sur bon nombre des factures pour les contrats > 36 kVA.

III.1.1.1 Compteur la poste

Le fournisseur d'énergie est ENGIE.

La puissance souscrite est de 6 kVA.

Les consommations de ce compteur sont faibles au regard de l'autre compteur. Par exemple, entre septembre 2016 et février 2017, seulement 561 kWh ont été facturés, soit moins de 0.5% de la consommation totale du bâtiment.

De ce fait et comme par ailleurs nous n'avons pas le détail de toutes les consommations correspondantes (installations et usages spécifiques), **nous négligeons ce poste.**

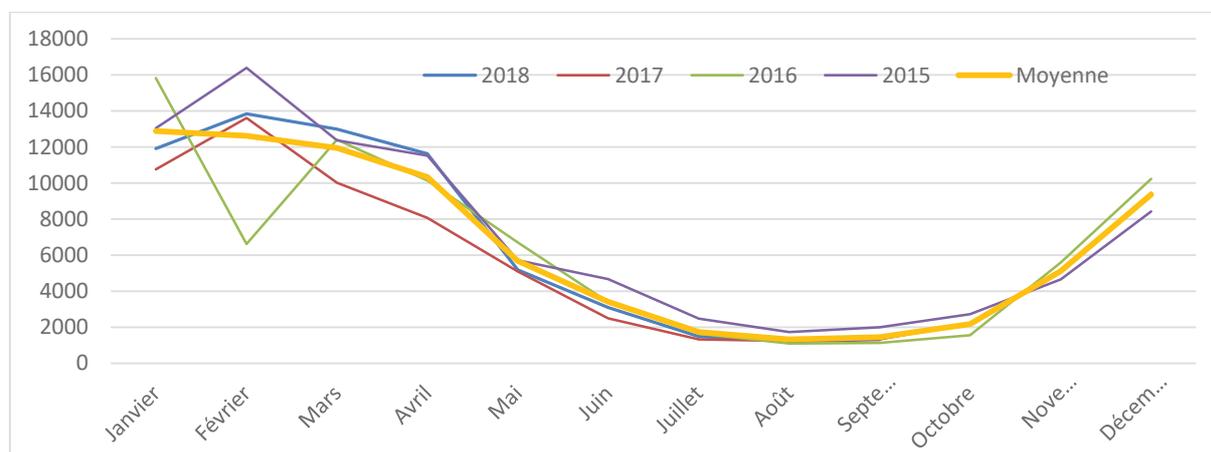
Notons cependant qu'il pourrait être intéressant de supprimer ce compteur et de plutôt refacturer les consommations à la poste, afin de réduire la part de l'abonnement.

III.1.1.2 Compteur mairie

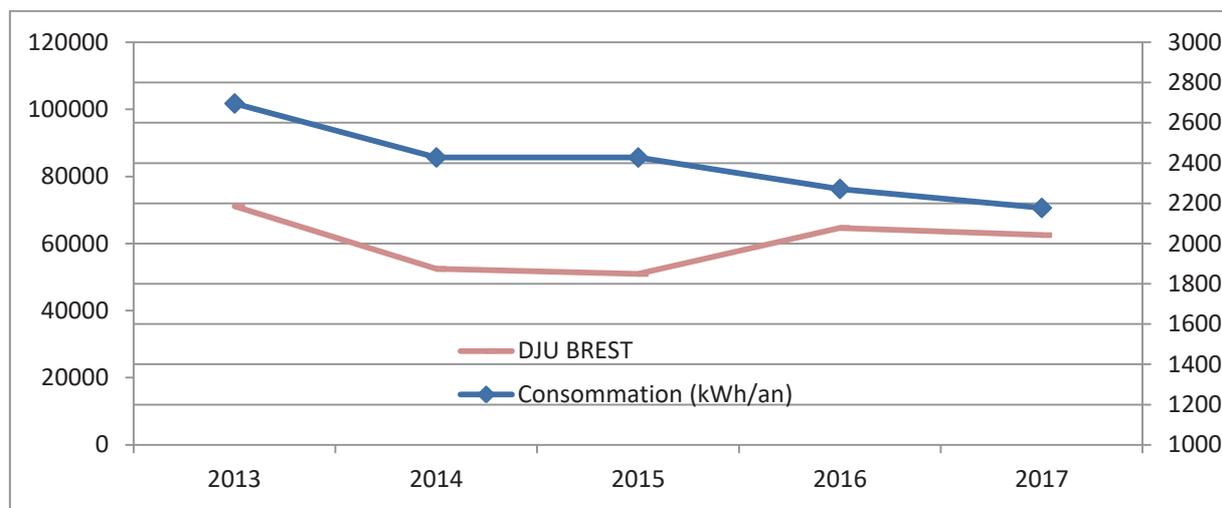
Le fournisseur d'énergie est ENERCOOP depuis 2016. Nota : le changement de fournisseur en 2016 fait apparaître des irrégularités non représentatives dans les consommations mensuelles fin 2015 et début 2016.

La puissance souscrite est de 42 kVA.

Le profil des consommations montre une forte saisonnalité, avec un importante part de chauffage en hiver, et un usage très limité en été.



Depuis 2013, les consommations sont en légère diminution, sans corrélation particulière avec les DJU :



En moyenne sur les trois dernières années, **la consommation d'électricité du site est de 77500 kWh/an**, valeur que nous retiendrons pour l'étude, pour un DJU moyen de 1990°C.J.

En 2017, le coût de l'énergie payé en moyenne sur ce site est de **16.4 c€/kWh HTVA**, valeur que nous retiendrons pour l'étude. Ce prix est relativement élevé pour de l'électricité.

III.1.2 Récapitulatif

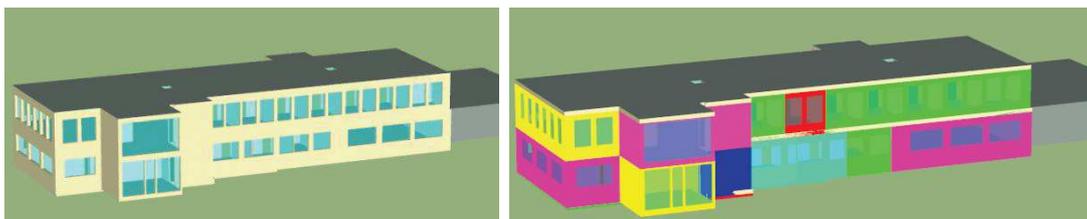
Energie	Consommation	Coût	Remarque
ELECTRICITE 6 kVA	< 1%	-	La poste Négligé.
ELECTRICITE 48 kVA	77500 kWh/an	15.2 c€/kWh	Mairie
TOTAL	77500 kWh/an	-	-

IV. MODELE

IV.1 Généralités

Le modèle informatique est réalisé sur un logiciel de simulation thermique dynamique : « Pléiades + Comfie ». Ce modèle est ajusté pour être le plus réaliste possible et donner des valeurs de consommations et de coûts cohérentes.

Les pièces sont regroupées par zones « thermiquement » proches pour l'étude.



Les compositions de parois et les scénarios – qui synthétisent l'usage du bâtiment – sont pris en compte selon les relevés décrits précédemment.

IV.2 Ajustement du modèle

Décrire les points ajustés + argumentaire

IV.3 Consommations et validation du modèle

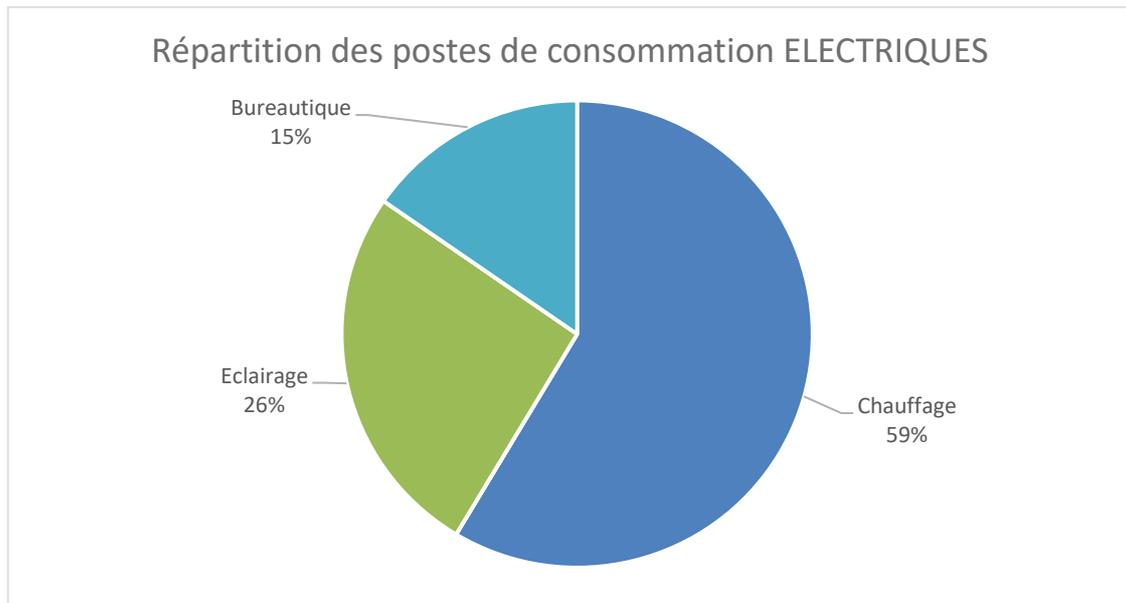
Le modèle ainsi élaboré donne des consommations de chauffage de 45 010 kWh/an.

En estimant les consommations des autres usages de l'énergie décrits ci-avant ces consommations permettent de recoller le modèle.

ENERGIE	POSTES	ESTIMATIONS BRUTES (kWh/an)	ESTIMATIONS CORRIGÉES / DJU (kWh/an)	PART globale	CONSOS. Factures (kWh/an)	ECART
ELECTRICITE	Chauffage	45 600	42 780	59%	77 500	6%
	Auxiliaires	négligeable	négligeable	0%		
	Eclairage	19 020	19 020	26%		
	ECS	négligeable	négligeable	0%		
	Bureautique	11 210	11 210	15%		
TOTAL		75 830	73 010	100%	77 500	6%

Les écarts entre estimations et consommations réelles d'après factures sont inférieurs à 10%. On considère donc que le modèle est juste et constitue une base fiable pour notre étude.

On note (voir graph suivant) l'importance des consommations de chauffage sur la facture totale : 58% !



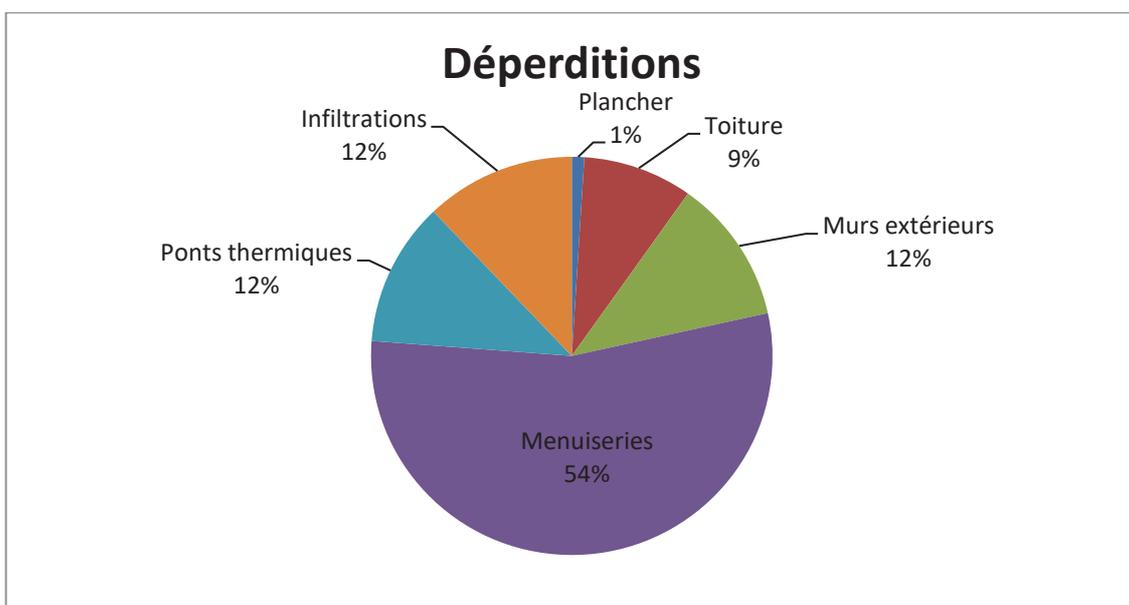
V. TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS

V.1 Bilan de déperditions

Hormis les pertes systèmes, les déperditions du bâtiment s'élèvent à environ 49 kW dans son état actuel.

La répartition des déperditions est donnée dans le graphique suivant.

On remarque en particulier la prédominance des menuiseries (54%). Les murs les ponts thermiques et les infiltrations représentent 12% chacun. Puis viennent les toitures (9%). Enfin les planchers représentent seulement 1% des déperditions.



Cette répartition est à nuancer cependant, notamment pour ce qui concerne les menuiseries : en effet elles engendrent également des apports solaires, positifs dans le bilan énergétique des bâtiments.

V.2 Variantes d'optimisations

En analysant les données des consommations ainsi que des déperditions du bâtiment, nous avons déterminé les variantes qui nous semblent avoir un intérêt énergétique, économique et (ou) d'hygiène et de confort :

- Mise en place d'une ventilation réglementaire (simple flux et double flux)
- Optimisation de la régulation des radiateurs électriques
- Remplacement de l'éclairage actuel par des ampoules LED
- Remplacement des menuiseries

VI. VARIANTES D'OPTIMISATIONS

VI.1 Travail sur les systèmes

VI.1.1 Mise en place d'une ventilation réglementaire

On modélise une variante de base intégrant **une ventilation mécanique** avec les débits réglementaires, uniquement lors des horaires d'ouverture, mais toute l'année.

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	Pertes ELEC (kWh)	Pertes CONSOS (%)
BASE	45 400		
Mise en place d'une ventilation simple-flux réglementaire	52 490	-7 090	-16%
Mise en place d'une ventilation double-flux réglementaire	48 780	-3 380	-7%

VI.1.2 Optimisation de la régulation

On a vu précédemment que les radiateurs électriques sont assez anciens et donc leur régulation est peu précise. On modélise une variante où les radiateurs sont remplacés et on saisit des températures de 20°C lors des heures de travail et 16°C sinon.

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	45 400		
Optimisation de la régulation	35 890	9 510	21%

VI.1.3 Eclairage LED

Dans cette variante, on remplace les luminaires existants par des luminaires LED

OPTIMISATIONS	Base Eclairage (kWh)	Gains Eclairage (kWh)	Gains CONSOS (%)
Eclairage LED	19 020	10 590	56%

VI.2 Travail sur l'enveloppe

VI.2.1 Menuiseries

On modélise le remplacement de l'ensemble des menuiseries anciennes avec pour hypothèse $U_w = 1.3 \text{ W/m}^2.K$.

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	45 400		
Remplacement des menuiseries	22 870	22 530	50%

VI.2.2 Murs extérieurs

On modélise le remplacement de l'ensemble des doublages déjà isolés ainsi que l'isolation des murs non isolés. Hypothèse : 140mm de TH32

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	45 400		
Isolation des murs	41 910	3 490	8%

VI.2.3 Toiture

On modélise la ré-isolation de la toiture avec 200mm de TMS.

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	45 400		
Isolation de la toiture	42 690	2 710	6%

VII. OPTIMISATIONS

VII.1 Variantes indépendantes

OPTIMISATIONS		CONSO chauffage ELEC (kWh)	CONSO chauffage TOTAL (kWh)	GAINS CONSO ELEC (kWh)	GAINS CONSO TOTAL (kWh)	Gains CONSOS (%)	Gains conso (€)	Investissement (€ HT)				TRI BRUT (ans)	TRI ACTUALISE (ans)	THCEX			OBJECTIFS			Etiquette Energétique	Etiquette Carbone (kgCO2/m²sh.an)	Gain CO2	CEE (kW/CMAC)	CEE (€)		
								U	Qté	PU	Total			CEP	CEP REF	CEP REF	BBC RENO TERTIAIRE	FACTEUR 4 (85.45)								
	BASE	45400	45400																							
1	VENTILATION SIMPLE-FLUX (1760 m3/h) (horaires de bureau lundi-vendredi + samedi matin)	52490	52490	-7090	-7090	-16%	- 1 170 €	Ens.	1	17 000 €	17 000 €	négatif	négatif	341.8			⊗	⊗	⊗	F	19.96					
2	VENTILATION DOUBLE-FLUX (1760 m3/h) (horaires de bureau lundi-vendredi + samedi matin)	48780	48780	-3380	-3380	-7%	- 560 €	Ens.	1	28 900 €	28 900 €	négatif	négatif	172.4	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	D	8.05	59.7%	233626	1635		
2b	= 2 (DF) - 1 (SF)	consos auxiliaires : SF : 617		3020	3020	8%	500 €				11 900 €	24	16	155.7	140.1	84.06	⊗	⊗	⊗	D	6.78	66.0%	/	/	/	/
3	MENUISERIES UW = 1.3	21270	21270	24130	24130	53%	3 960 €	m²	179	450 €	80 550 €	20	14	244.9	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	E	13.35	33.1%	300720	2105		
3b	MENUISERIES UW = 1.3 & INF-50%	16370	16370	29030	29030	64%	4 770 €	m²	179	450 €	80 550 €	17	12	244.9	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	E	13.35	33.1%				
4	RE-ISOLATION DE LA TOITURE (R=9.1) y compris réfection etancheité	42690	42690	2710	2710	6%	450 €	m²	390	120 €	46 800 €	>50	36	326.9	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	E	18.92	/	351000	2457		
4b	RE-ISOLATION DE LA TOITURE (R=9.1) sans réfection etancheité	42690	42690	2710	2710	6%	450 €	m²	390	50 €	19 500 €	43	23	326.9	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	E	18.92	5.2%	/	/		
5	RE-ISOLATION DES MURS (R=4.4)	41910	41910	3490	3490	8%	580 €	m²	360	74 €	26 640 €	46	24	300.7	142	85.2	⊗	⊗	⊗	E	17.07	14.5%	/	/		
6	ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (R=4)	38190	38190	7210	7210	16%	1 190 €	m²	383	120 €	45 960 €	39	22	278.8	139.4	83.64	⊗	⊗	⊗	E	15.52	22.2%	574500	4022		
7	ECLAIRAGE LED	45600	45600	10590	10590	56%	1 740 €	Nb	185	70 €	12 950 €	7	6	326.7	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	E	19.07	4.5%	224350	1570		
8	OPTIMISATION DU CHAUFFAGE (20/16°C) = remplacement par radiateurs perf + fils pilotes ou autre regul	35890	35890	9510	9510	21%	1 560 €	Nb	33	275 €	9 075 €	6	5	212.5	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	D	10.93	45.2%	31169	218		
9	MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES (6kWc)	45400	45400	5200	5200	11%	860 €	Nb	6 000	3 €	18 000 €	21	14	327.5	144.5	86.7	⊗	⊗	⊗	E	18.96	5.0%	/	/		

Les coûts de travaux calculés ici sont des coûts assez standardisés. Si certains coûts de travaux sont très proches de la réalité (menuiseries extérieures par exemple), certains travaux, plus difficiles à estimer (comme l'isolation par l'extérieur par exemple) peuvent être revus à la hausse dans une mission de maîtrise d'œuvre qui prendrait en compte tous les paramètres nécessaires à une estimation plus aboutie en fin d'APD (Avant-Projet Définitif). Par exemple, la présence d'amiante dans le bâtiment n'est pas prise en compte ici.

VII.2 Scenarios

OPTIMISATIONS		CONSO chauffage ELEC (kWh)	CONSO chauffage TOTAL (kWh)	GAINS CONSO ELEC (kWh)	GAINS CONSO TOTAL (kWh)	Gains CONSOS (%)	Gains conso (€)	Investissement (€ HT)				TRI BRUT (ans)	TRI ACTUALISE (ans)	THCEX			OBJECTIFS			Etiquette Energétique	Etiquette Carbone (kg CO2/m²5th.an)	Gain CO2	CEE (kWh/kWhAC)	CEE (€)	
								U	Qté	PU	Total			CEP	CEP REF		CEP REF	BBC RENO TERTIAIRE	FACTEUR 4 (85.45)						CEP REF
	BASE	45400	45400																						
SC 1	MENUISERIES UW = 1.3 + VENTILATION SIMPLE-FLUX + RE-ISOLATION DE LA TOITURE (R=9.1) y compris réfection etanchéité	25280	25280	20120	20120	44%	3 300 €	Ens.	1	-	144 350 €	44	23	121.2	144.5	86.7	✓	✗	✗	C	4.49	77.5%	885346	6197	
SC 2	SC1 + ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (R=4)	17920	17920	27480	27480	61%	4 510 €	Ens.	1	-	190 310 €	42	23	95.1	139.4	83.64	✓	✗	✗	C	2.63	86.8%	1459846	10219	
SC 3	SC1 + ECLAIRAGE LED	25280	25280	30710	30710	68%	5 040 €	Ens.	1	-	157 300 €	31	19	96	144.5	86.7	✓	✗	✗	C	5.39	73.0%	1109696	7768	
SC 4	SC1 + OPTIMISATION DU CHAUFFAGE (20/16°C)	20440	20440	24960	24960	55%	4 100 €	Ens.	1	-	153 425 €	37	21	94.5	144.5	86.7	✓	✗	✗	C	5.28	73.5%	916515	6416	
SC 5	SC1 + ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (R=4) + ECLAIRAGE LED + OPTIMISATION DU CHAUFFAGE (20/16°C)	13970	13970	31430	31430	69%	5 160 €	Ens.	1	-	212 335 €	41	22	63.3	139.4	83.64	✓	✓	✓	B	3.09	84.5%	1715365	12008	
SC BBC et F4	SC4 + MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES (6kWc)	20440	20440	30160	24960	55%	4 950 €	Ens.	1	-	171 425 €	35	20	80.2	144.5	86.7	✓	✓	✓	B	4.39	78.0%	916515	6416	

Les aides calculées ici sont les aides CEE (Certificat d'Economie d'Énergie). Il existe également d'autres aides mobilisables qui ne sont pas décrites.

VIII. THCEX

VIII.1 Variantes indépendantes

Le moteur de calcul réglementaire ne prend pas en compte les mêmes hypothèses que la Simulation Thermique Dynamique. C'est pourquoi il y a des différences et notamment ici on remarque que la mise en place d'une ventilation réglementaire diminue le CEP (Coefficient d'Energie Primaire) alors que les consommations augmentent en STD.

Cela est dû au fait que le bâtiment initial est considéré comme non ventilé au regard de l'état des systèmes sur le toit. Le calcul prend donc en compte une ventilation par "ouverture des fenêtres". Les débits par défaut pris en compte par cette hypothèse à parfois des débits nettement supérieurs aux débits réglementaires. Ce qui explique le gain au niveau du CEP pour certaines variantes.

OPTIMISATIONS		THCEX			OBJECTIFS		Étiquette Énergétique	Étiquette Carbone (kgCO ₂ /m ² St.h.an)	Gain CO ₂	CEE (kWhCUMAC)	CEE (€)
		CEP	CEP REF		CEP REF	BBC RENO TERTIAIRE					
	BASE	341.8			×	×	F	19.96			
1	VENTILATION SIMPLE-FLUX (1760 m3/h) (horaires de bureau lundi-vendredi + samedi matin)	172.4	144.5	86.7	×	×	D	8.05	59.7%	233626	1635
2	VENTILATION DOUBLE-FLUX (1760 m3/h) (horaires de bureau lundi-vendredi + samedi matin)	155.7	140.1	84.06	×	×	D	6.78	66.0%	/	/
2b	= 2 (DF) - 1 (SF)							/	/	/	/
3	MENUISERIES UW = 1.3	244.9	144.5	86.7	×	×	E	13.35	33.1%	300720	2105
3b	MENUISERIES UW = 1.3 & INF-50%	244.9	144.5	86.7	×	×	E	13.35	33.1%		
4	RE-ISOLATION DE LA TOITURE (R=9.1) y compris réfection étanchéité	326.9	144.5	86.7	×	×	E	18.92	/	351000	2457
4b	RE-ISOLATION DE LA TOITURE (R=9.1) sans réfection étanchéité	326.9	144.5	86.7	×	×	E	18.92	5.2%	/	/
5	RE-ISOLATION DES MURS (R=4.4)	300.7	142	85.2	×	×	E	17.07	14.5%	/	/
6	ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (R=4)	278.8	139.4	83.64	×	×	E	15.52	22.2%	574500	4022
7	ECLAIRAGE LED	326.7	144.5	86.7	×	×	E	19.07	4.5%	224350	1570
8	OPTIMISATION DU CHAUFFAGE (20/16°C) = remplacement par radiateurs perf + fils pilotes ou autre regul	212.5	144.5	86.7	×	×	D	10.93	45.2%	31169	218
9	MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES (6kWc)	327.5	144.5	86.7	×	×	E	18.96	5.0%	/	/

VIII.1 Scénarios

OPTIMISATIONS		THCEX			OBJECTIFS			Etiquette Energétique	Etiquette Carbone (kgCO2/m²\$th.an)	Gain CO2	CEE (kWhCUMAC)	CEE (€)
		CEP	CEP REF		CEP REF	BBC RENO TERTIAIRE	FACTEUR 4 (85.45)					
	BASE	341.8			✗	✗	✗	F	19.96			
SC 1	MENUISERIES UW = 1.3 + VENTILATION SIMPLE-FLUX + RE-ISOLATION DE LA TOITURE (R=9.1) y compris réfection etanchéité	121.2	144.5	86.7	✓	✗	✗	C	4.49	77.5%	885346	6197
SC 2	SC1 + ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (R=4)	95.1	139.4	83.64	✓	✗	✗	C	2.63	86.8%	1459846	10219
SC 3	SC1 + ECLAIRAGE LED	96	144.5	86.7	✓	✗	✗	C	5.39	73.0%	1109696	7768
SC 4	SC1 + OPTIMISATION DU CHAUFFAGE (20/16°C)	94.5	144.5	86.7	✓	✗	✗	C	5.28	73.5%	916515	6416
SC 5	SC1 + ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (R=4) + ECLAIRAGE LED + OPTIMISATION DU CHAUFFAGE (20/16°C)	63.3	139.4	83.64	✓	✓	✓	B	3.09	84.5%	1715365	12008
SC BBC et F4	SC4 + MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES (6kWc)	80.2	144.5	86.7	✓	✓	✓	B	4.39	78.0%	916515	6416

Le scénario 5, demandé par l'équipe municipale lors de la réunion de restitution, permet d'atteindre les objectifs « BBC RENO TERTIAIRE » et « FACTEUR 4 ». Dans ce cas, l'installation de panneaux solaires photovoltaïques n'est plus nécessaire pour atteindre ces objectifs, mais nous avons conservé ce scénario pour rappel. Il est clair que, dans le cadre d'une mission de maîtrise d'œuvre pour une rénovation globale du type de celle du scénario 5, il serait intéressant d'étudier à nouveau cette solution de production d'énergie renouvelable, dans l'objectif d'une autoconsommation. Cela permettrait d'avoir un bâtiment assez exemplaire qui se rapprocherait du BEPOS (Bâtiment à Energie **POS**itive).