



AUDIT ENERGETIQUE ECOLE DU PETIT PRINCE

Ville de Plouguerneau

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

Table des matières

I.	PRESENTATION GENERALE.....	3
II.	RELEVES.....	7
II.1	ENVELOPPE.....	8
II.1.1	Composition de parois.....	8
II.1.2	Etanchéité à l'air.....	11
	Infiltration en partie courante.....	13
	Liaisons périphériques (parois, plancher, plafond).....	13
	Menuiseries.....	14
	Appareillages électriques (prises, tableau, etc.).....	14
	Infiltration en partie courante.....	15
	Menuiseries.....	15
	Liaisons périphériques (parois, plancher, plafond).....	16
	Eléments traversant les parois et/ou les sols.....	16
II.2	SYSTEMES.....	17
II.2.1	Chauffage.....	17
II.2.2	Eau chaude sanitaire.....	23
II.2.3	Ventilation.....	24
II.2.4	Eclairage.....	29
II.3	FONCTIONNEMENT / USAGE / SCENARIOS.....	32
II.3.1	Températures.....	32
II.3.2	Débits de ventilation.....	37
II.3.3	Occupation.....	37
II.3.4	Puissances dissipées.....	37
II.3.5	Eau chaude sanitaire.....	37
II.3.6	Restauration.....	37
III.	ANALYSE DES FACTURES.....	38
III.1.1	Electricité.....	38
III.1.2	Gaz propane.....	40
III.1.3	Récapitulatif.....	41
IV.	MODELE.....	42
IV.1	GENERALITES.....	42
IV.2	CONSOMMATIONS ET VALIDATION DU MODELE.....	42
V.	TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS.....	44

V.1	BILAN DE DEPERDITIONS	44
V.2	VARIANTES D'OPTIMISATIONS	45
I.	VARIANTES D'OPTIMISATIONS	46
I.1	TRAVAIL SUR LES SYSTEMES	46
I.1.1	Mise en place d'une ventilation dans la partie maternelle	46
I.1.2	Mise en place d'une ventilation dans la partie primaire	46
I.1.3	Régulation de la CTA du restaurant	47
I.1.4	Optimisation de la régulation du chauffage	47
I.1.5	Eclairage LED	47
I.1.6	Remplacement de la chaudière (maternelle)	48
I.1.7	Mise en place d'une chaufferie bois	48
I.2	TRAVAIL SUR L'ENVELOPPE	49
I.2.1	Menuiseries maternelle.....	49
I.2.2	Menuiseries primaire	49
I.2.3	Ré-isolation des murs extérieurs de la partie maternelle.....	49
II.	OPTIMISATIONS	0
II.1	VARIANTES INDEPENDANTES	0
II.2	SCENARIOS.....	1
III.	THCEX	2
III.1	VARIANTES INDEPENDANTES	2
III.2	SCENARIOS.....	3

XVII. PRESENTATION GENERALE

L'école du petit prince est située dans le bourg de Plouguerneau (Finistère) :



Le site est constitué de plusieurs bâtiments :

Bâtiment	Usage principal	Surfaces	Année	Typologie	Photo
Maternelle	Classes	635	1996	RDC. Maçonnerie courante + toitures légères.	1
Primaire	Classes	810	2002	RDC. Maçonnerie courante + toitures légères ou lourdes.	3
Restauration	Restauration	404	2016	RDC + mezzanine. Partie maçonnerie d'origine en rénovation partielle + extension ossature bois.	2

Photo 1 : maternelle



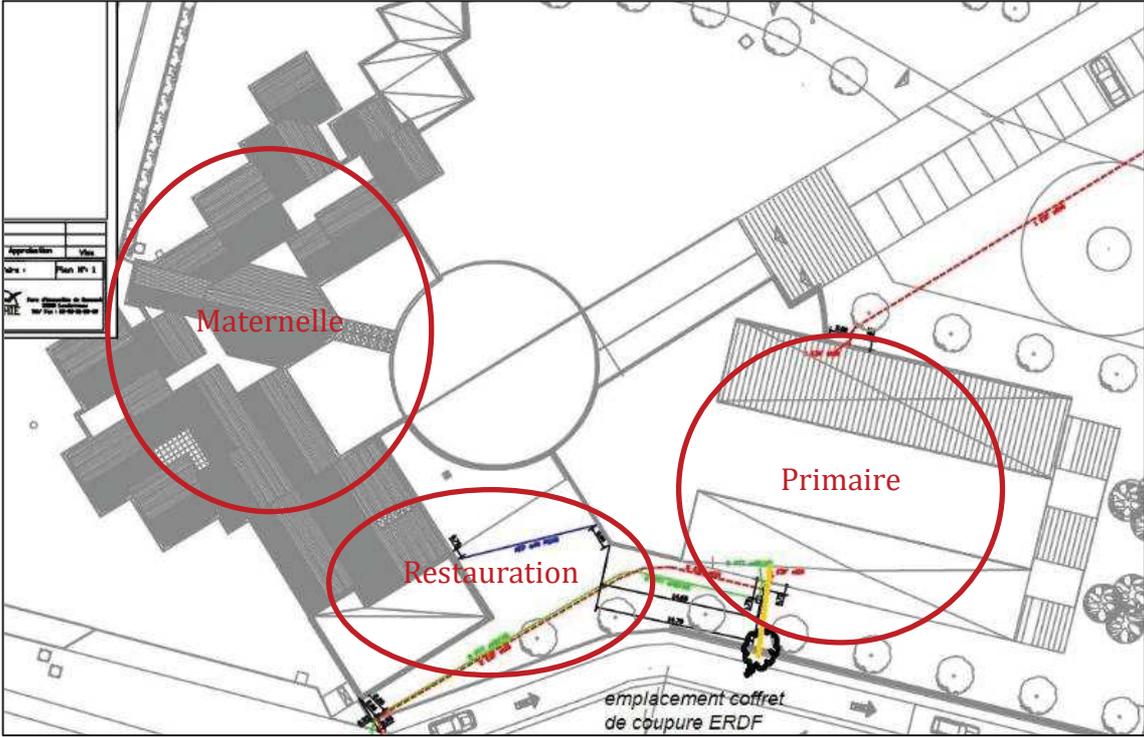
Photo 2 : restauration



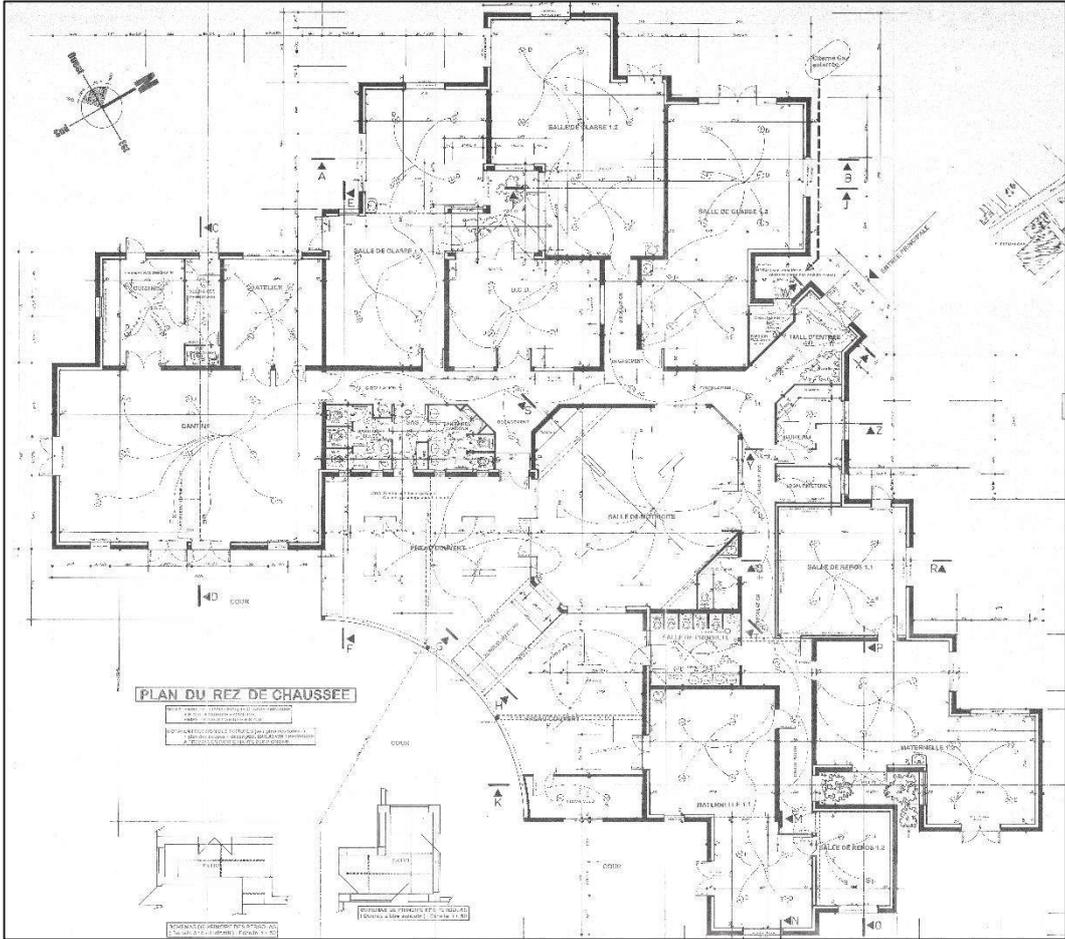
Photo 3 : primaire



Plan masse



Plans : maternelle.



XVIII. 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, ...)**.

XVIII.1 Enveloppe

XVIII.1.1 Composition de parois

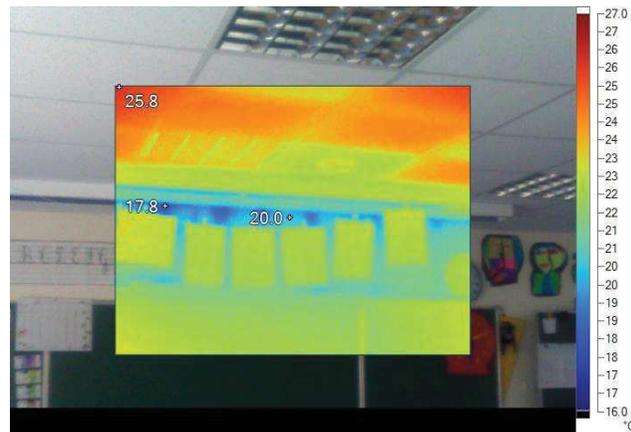
Bâtiment	Zones concernées	Paroi	Nature	Isolation	Origine de la donnée et certitude	Valeur R ou Uw	Performance	modification pour la calge du modèle
Maternelle	L'ensemble	Plancher bas	Maçonnerie	NI	Estimation au vu de la date de construction	-	Faible	-
Restauration	L'ensemble de l'extension	Plancher bas	Maçonnerie	8 cm de TMS ancien (lambda = 0.024)	DOE	R = 3.33	Correcte	-
Primaire	L'ensemble	Plancher bas	Maçonnerie	Isolant 6 cm sous dalle	Estimation au vu de la date de construction	R = 1.5	Correcte	Isolant 6 cm sous dalle
Maternelle	L'ensemble	Mur extérieur	Maçonnerie	8 cm de polystyrène ancien (lambda = 0.040) + 5cm de brique	Relevé lors de la visite	R = 2.0	Moyenne	-
Restauration	L'ensemble de l'extension	Mur extérieur	Ossature bois	14.5 + 0.60 LV	Relevé lors de la visite	R = 5.125	Bonne	-
Primaire	L'ensemble	Mur extérieur	Maçonnerie	entre 12 et 14 cm de TH40	Relevé lors de la visite	R = 3.0	Correcte	12 cm de TH40
Primaire	L'ensemble	SHED	Isolant + platre	5 cm de TH40	Relevé lors de la visite	R = 1.25	Moyenne	-
Maternelle	L'ensemble	Toiture / plafond	Rampants et combles	20 cm de laine de verre	Relevé lors de la visite	R = 5.0	Correcte	-
Restauration	Restaurant partie rénovée	Toiture / plafond	Rampants	20 cm de LV TH40 ou faux plafond isolé de 5 cm + isolant sur dalle ép 10cm	Relevé lors de la visite	R = 5.0 ou R = 3.75	Moyenne	-
Restauration	Restaurant (extension)	Toiture / plafond	Toiture plate	24 cm LV + dalle + 10 cm LV	Relevé lors de la visite	R = 8.5	Bonne	-
Restauration	Bureau + degt	Toiture / plafond	Toiture plate et rampants	24 cm d'isolant	Relevé lors de la visite	R = 6	Correcte	-
Primaire	Zones toitures inclinées (~ classes)	Toiture / plafond	Toiture inclinée	faux plafond isolé de 5 cm + 24 cm d'isolant	Relevé lors de la visite	R = 7.25	Bonne	-
Primaire	Zones toiture plate (~ circulation)	Toiture / plafond	Toiture plate	faux plafond isolé de 5 cm + isolant sur dalle ép 10cm	Relevé lors de la visite	R = 3.75	Moyenne	-
Primaire	L'ensemble	Menuiseries	alu	4.4.4	Relevé lors de la visite	Uw = 3.8	Faible	25% d'occlusion toute l'année
Maternelle	L'ensemble	Menuiseries	alu	4.4.4	Relevé lors de la visite	Uw = 3.8	Faible	-
Restauration	L'ensemble de l'extension	Menuiseries	alu	4.16.4	Relevé lors de la visite	Uw = 1.6	Bonne	-

Illustrations.

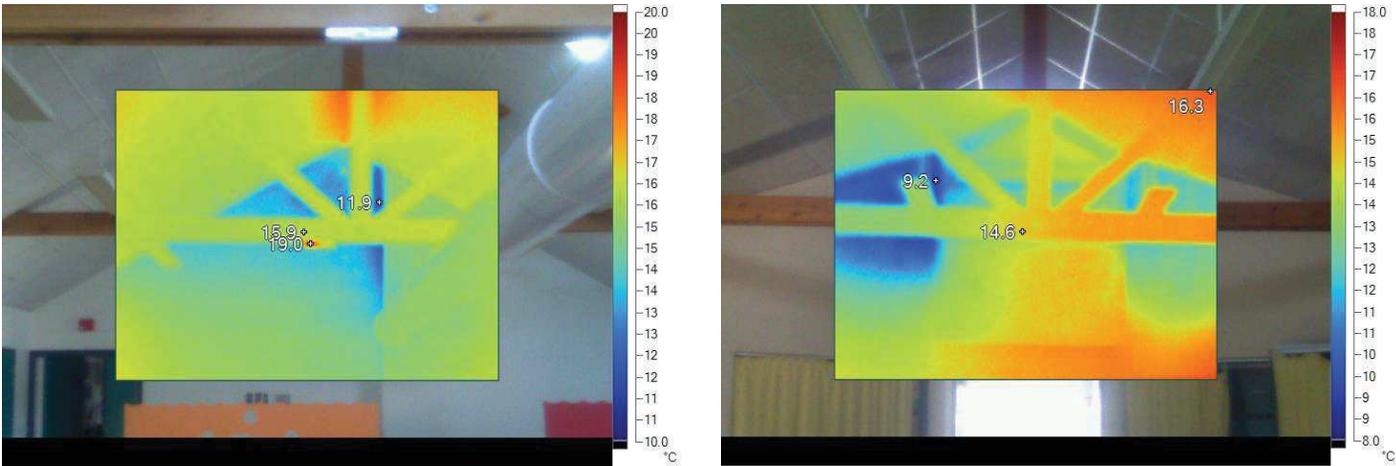
Isolants divers :



Ponts thermiques de refends dans la partie maternelle :



Pignon faiblement isolé ou isolant dégradé dans la cantine (partie ancienne) et dans la maternelle.



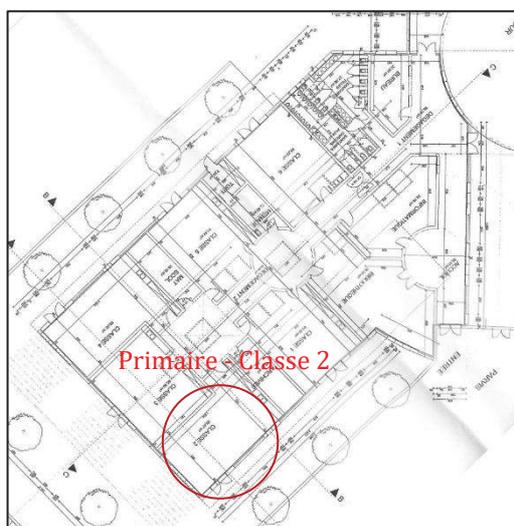
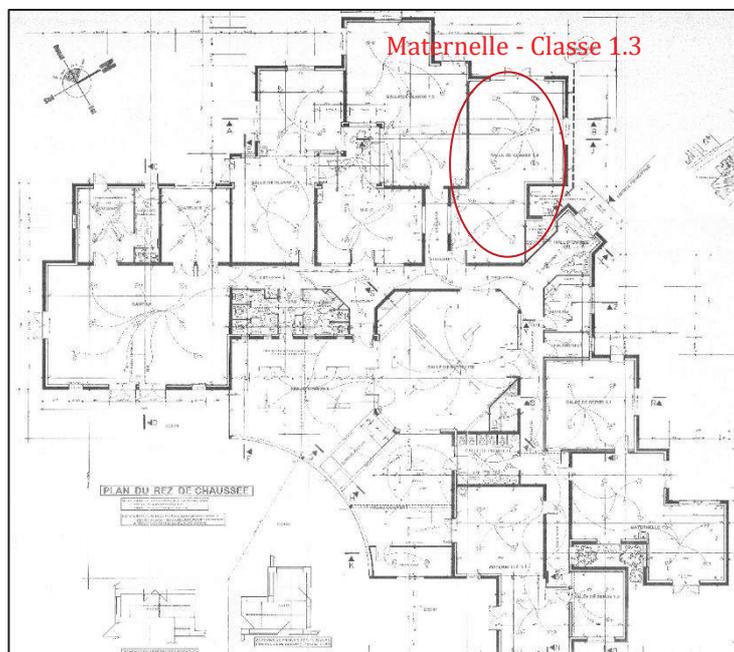
Tassement d'isolants en murs dans la partie maternelle.



XVIII.1.2 Etanchéité à l'air

XVIII.1.2.1 Méthode

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



Il n'a pas été possible de réaliser un test sur la partie restauration étant donné la difficulté d'obstruer les systèmes de ventilation (CTA). La valeur retenue pour cette zone est la valeur par défaut pour ce type de bâtiment.

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.

XVIII.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
Classe 2 Primaire	$5.4 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$
Classe 1.3 Maternelle	$5.0 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$

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), et des modes constructifs, on peut considérer :

- Pour le primaire : la plupart des fuites se font vers l'extérieur. On retiendra 90% de la valeur mesurée.
- Pour la maternelle : une certaine partie des fuites se fait vers les autres locaux, notamment via les parois et liaisons internes. Afin d'obtenir un modèle cohérent par rapport aux factures, une valeur $Q_4 = 2.5$ soit 50% de la mesure a été retenue.

Zones	$Q_{4\text{Pa-Surf}}$ MESURE	$Q_{4\text{Pa-Surf}}$ RETENU
Classe 2 Primaire	$5.4 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$	$5.0 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$
Classe 1.3 Maternelle	$5.0 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$	$2.5 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$
Restauration	Par défaut	$1.7 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$

Les bâtiments sont donc assez fuyants en regard des normes actuelles.

XVIII.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.

a. Primaire

En résumé, les principaux défauts d'étanchéité à l'air sont situés au niveau des menuiseries et des plafonds.

Infiltration en partie courante



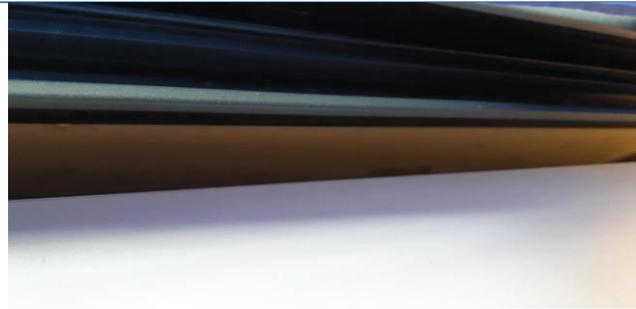
Type : A1-Autre infiltration en partie courante

Quantification : -

Dalles ouvertes, présence d'air importante en plénum de faux plafond.

Passage par les traversées de câbles électriques.

Passage important par les luminaires.



Type : A1-Autre infiltration en partie courante

Quantification : Forte

Passage important sur le côté des éléments de cuisine, proche de la menuiserie, flux venant de l'arrière de la cuisine.

Liaisons périphériques (parois, plancher, plafond)



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

Quantification : Moyenne

Passage sous les plinthes

Menuiseries



Type : C1-Autre défaut de menuiserie

Quantification : Moyenne

Passage par le creux du rail de guidage des coulissants.

Compression des ouvrants insuffisante.

Absence de joints entre les menuiseries et le doublage, présence d'air dans les doublages, passage entre les profils et le placo

Appareillages électriques (prises, tableau, etc.)



Type : F1-Autres équipements

Quantification : Moyenne

Passage dans les boîtiers électriques

b. Maternelle

En résumé, les principaux défauts d'étanchéité à l'air sont situés au niveau des menuiseries et des plafonds.

Infiltration en partie courante



Type : A1-Autre infiltration en partie courante

Quantification : Forte

Présence d'air dans le plénum, flux entre les panneaux du faux plafond, flux important par les luminaires

Menuiseries



Type : C1-Autre défaut de menuiserie

Quantification : Forte

Trou d'évacuation des eaux de condensas, absence de cache tempêtes.

Passage entre les ouvrants et le dormant des menuiseries

Liaison entre le doublage et les menuiseries, absence de joints.



Liaisons périphériques (parois, plancher, plafond)



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

Quantification : Moyenne

Flux en liaison sol paroi, au endroit avec absence de plinthes.

Éléments traversant les parois et/ou les sols



Type : D3-Traversée de plancher et de murs et/ou cloisons (tout type de plomberie, conduits et gaines électriques...)

Quantification : Forte

Traversée d'EU non étanche, flux important

XVIII.2 Systèmes

Nota : part des locaux (en surface) visités et relevés dans le détail :

- Maternelle : env. 40%
- Restauration : env. 100%
- Primaire : env. 70%.

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

XVIII.2.1 Chauffage

XVIII.2.1.1 Maternelle

Le chauffage est réalisé par une chaudière gaz alimentant des radiateurs. Le départ est régulé par vanne trois voie fonction de la température extérieure. L'état et la performance sont jugés moyens étant donné l'âge des installations. Le confort est jugé moyen étant donné les variations de température ambiante.

NOM	EMETTEURS	GENERATEUR et ACCESSOIRES	DATE	Commentaire	ETAT	PERF.	CONFORT
Sanitaires filles	RAD EC panneau RTH (réglage 2 à 3)	Chaudière gaz BUDERUS G 224-64 64 kW année 1996. 1 Départ mélangé par V3V fonction T ext. Nourrice principale 6 départs vers nourrices secondaires.	1996	Distribution vers radiateurs pas isolée (juste sous fourreau).	☹️	☹️	☹️
Sas							
Sanitaires garçons							
Circulation	5 RAD EC panneau type 22 60x60 RTH						
Salle de classe 1.1	RAD EC panneau RTH (réglage 4) 2 type 22 h60x70 1 type 22 h60x90 1 type 22 h30x150						
B.C.D	RAD EC panneau RTH 1 type 22 h60x65 1 type 22 h60x85						
Salle de motricité	RAD EC panneau RTH 3 type 22 h65x70 1 type 22 h60x85						
Chaufferie	-						

Salle de propreté	RAD EC panneau RTH récent 1 type 21 h90x70					
-------------------	---	--	--	--	--	--



XVIII.2.1.2 Restauration

La partie ancienne rénovée est chauffée par des radiateurs eau chaude pris sur la chaudière de la partie maternelle.

La partie extension est chauffée par des radiateurs ou dalles de plafond chauffant électriques, avec régulation intégrée ou déportée par pièce.

Les installations sont neuves et semblent fonctionnelles dans l'ensemble, mais la performance est jugée moyenne étant donnés les défauts de régulation (pas d'abaissement notamment).

NOM	EMETTEURS	GENERATEUR et ACCESSOIRES	DATE	Commentaire	ETAT	PERFORMANCE	CONFORT	
Bureau	1 RAD ELEC thermor 1250 W	ELEC	2017		😊	😐	😊	
Dgt 1	1 RAD EC type 32 h70x50 RTH	CH GAZ MATERNELLE						
Dgt	1 RAD ELEC thermor 1000 W	ELEC						
Sanitaires H	6 Dalles de plafond ELEC 75 W Thermostats d'ambiance dans chaque pièce	ELEC						
Sanitaires F		ELEC						
Sanitaires F 1		ELEC						
Vestiaires		ELEC						
Buanderie		ELEC						
Salle des professeurs	2 RAD ELEC thermor 1000 W Réglages 4 CONF & 6 ECO	ELEC						
Cantine	3 RAD EC type 32 70x70 RTH	CH GAZ MATERNELLE		Ancien				Nature, état et réglage des robinets thermostatiques variables
Cantine 1	3 RAD EC type 32 90x120 RTH	CH GAZ MATERNELLE						
Cantine 2	4 RAD EC type 22 70x95 RTH	CH GAZ MATERNELLE						
Cuisine	7 dalles de palfond ELEC 75 W 1 thermostat	ELEC	2017					
Office	4 dalles de palfond ELEC 75 W	ELEC						

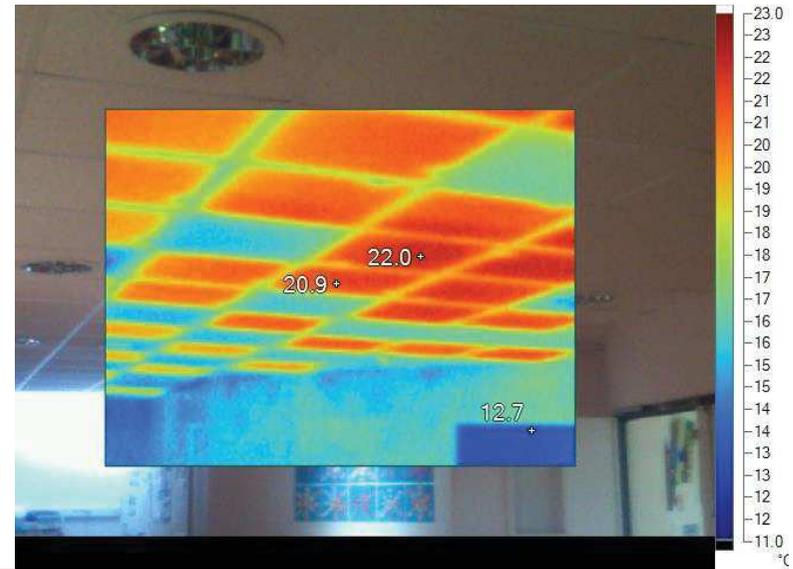
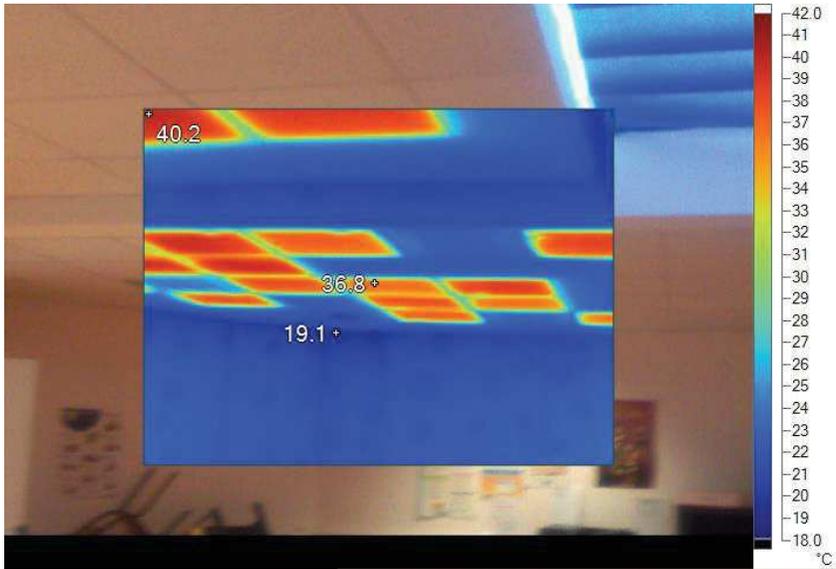


XVIII.2.1.3 Primaire

Le chauffage est assuré principalement par des plafonds chauffants électriques (type dalle 600x600), et accessoirement quelques radiateurs électriques.

Le système de plafonds chauffant, rayonnant, est à priori assez confortable et efficace. Cependant la régulation n'est plus gérable (accès minitel ne fonctionne plus), et ne semble pas efficiente (cf. relevés de températures), la performance et le confort en sont affectés.

NOM	EMETTEURS	GENERATEUR et ACCESSOIRES	DATE	ETAT	PERFORMANCE	CONFORT
Informatique	Plafond chauffant ELEC 75 W ENV 50% du plafond	Thermostat d'ambiance par pièce avec réglage +/- consigne + GTB minitel. Réglage des thermostats d'ambiance variable.	2002	☹️	☹️	☹️
Bibliothèque	Plafond chauffant ELEC 75 W ENV 70% du plafond					
Classe 1	Plafond chauffant ELEC 75 W ENV 70% du plafond					
Degagement 2	2 CONVECTEURS ELEC 2000W	-		☹️	☹️	☹️
Bureau 1	Convecteur électrique	-		-	-	-
Sanitaires garçons	Non chauffé	-		-	-	-
Sanitaires filles		-		-	-	-
Degagement 1	Non chauffé	-		-	-	-



XVIII.2.2 Eau chaude sanitaire

On décompte de nombreux ballons d'eau chaude électriques :

- 2 ballons de 65L / 2250 W dans l'extension de la restauration
- 1 ballon de 300L / 3000W dans la partie office
- 6 ballons de 15L / 1600 W dans les classes de primaire
- 1 ballon de 50L / 1200 W dans le local ménage de la primaire

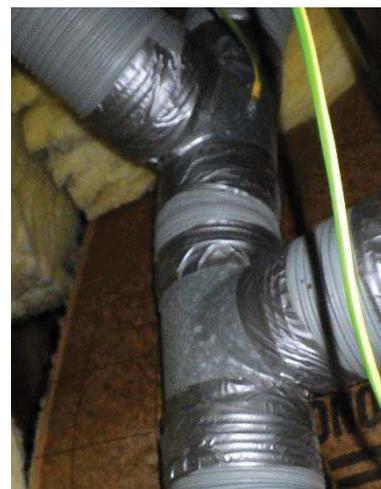


XVIII.2.3 Ventilation

XVIII.2.3.1 Maternelle

La ventilation de cette partie est restreinte aux sanitaires, avec des installations en mauvais état et des débits insuffisants.

NOM	CAISSON	EA ou SOUFL.	EXTR	DEBIT MINI REGL.	DEBIT MESURE	% regl	DATE	ETAT commentaire	ETAT	PERF.	CONFORT
Sanitaires filles	Pas identifié	Aucune entrée d'air	6 bouches auto 30 m3/h	165	60	36%	construction	Bouches anciennes et encrassées	☹️	☹️	-
Sas											
Sanitaires garçons											
Circulation	Pas de ventilation mécanique			-	-	0%		Pas de ventilation mécanique ☹️			
Salle de classe 1.1				375							
B.C.D				375							
Salle de motricité				375							
Chaufferie				-							
Salle de propreté	caisson en faux plafond	Aucune entrée d'air	2 bouches auto 30 m3/h	120	55	46%	Rénovation récente	Réseaux en mauvais état	☹️	☹️	-



XVIII.2.3.2 Restauration

Cette partie, rénovée, est équipée d'un système de ventilation double-flux à récupération de chaleur haut rendement et disposant des technologies les plus récentes (régulation, etc).

On notera comme seul défaut le débit global paramétré à 2000 m³/h sur la CTA, alors qu'environ 4000 seraient nécessaires et étaient prévus, d'où le critère de confort jugé moyen.

NOM	CAISSON	EA ou SOUFL.	EXTR	DEBIT MINI REGL.	DEBIT MESURE	% regl	DATE	ETAT	PERF.	CONFORT
Bureau	CTA double-flux haut rendement Débit constant de 2000 m ³ /h	1 bouche réglable boréa	-	25	16	50%	Réno 2017			
Dgt 1		0	0	-	-					
Dgt		0	0	-	-					
Sanitaires H		0	5 Bouches auto 45 m ³ /h	150	181					
Sanitaires F		0								
Sanitaires F 1		0								
Vestiaires		0								
Buanderie		0	1 bouche auto 30 m ³ /h	30	55					
Salle des professeurs		Gaines percées	Bouche auto	220	-					
Mezzanine			Bouche à noyau	0	<100					
Cantine		Gaines percées	Grille 1000x1000	550	mesure impossible					
Cantine 1		Gaines percées		1100						
Cantine 2		Gaines percées		2200						
Cuisine		-	Bouche auto	-	130					
Office	-	Bouche auto	-	115						



STATUT

Air soufflé	2000	m ³ /h
Air soufflé paramétré	2000	m ³ /h
Air extrait	1990	m ³ /h
Air extrait paramétré	2000	m ³ /h

NIVEAU FONCTIONNEMENT

Vitesse réduite air soufflé	2000	m ³ /h
Vitesse réduite air extrait	2000	m ³ /h

XVIII.2.3.3 Primaire

Les installations de ventilation en primaire sont constituées de plusieurs caissons d'extraction, de bouches d'extraction, et d'entrées ou grilles d'air neuf. On constate clairement (relevés de débits) que le système desservant les classes sur une des façades est hors service. Par ailleurs les réseaux sont assez encrassés. La nature même du système (simple-flux non régulée) ainsi que l'état général en font une installation moyenne en termes de performance et de confort.

NOM	CAISSON	EA ou SOUFL.	EXTR	DEBIT MINI REGL.	DEBIT MESURE	% regl	DATE	ETAT commentaire	ETAT	PERF	CONFORT
Dégagement 1	-	2 EA auto 30 m3/h	-	-	-	-	2002	-	-	-	-
Informatique	Caisson d'extraction 1 en combles	2 grilles de transfert sur circulation	2 bouches à noyau	375	12	3%		Encrassé + caisson hors service			
Bibliothèque		3 EA auto 30 m3/h	2 bouches à noyau	375	24	6%					
Classe 1		3 EA auto 30 m3/h +2 VB Ø125	3 bouches à noyau	375	6	2%					
Classe 2		6 EA auto 30 m3/h	2 bouches à noyau	375	4	1%					
Classe 3		50% caisson 1 50% caisson 2	2 EA auto 30 m3/h +2 VB Ø125	2 bouches auto 30 m3/h	375	50					
Classe 6	Caisson d'extraction 2 en combles	3 EA auto 30 m3/h +2 VB Ø125	2 bouches à noyau	375	118	31%		Encrassé mais caisson en service			
Bureau 1	-	1EA auto 30	-	25	-	-		-	-	-	-
Sanitaires garçons	Caisson d'extraction 3 en toiture terrasse	-	13 bouches auto	375	313	83%		Encrassé. Réseau et caisson en toiture état correct			
Sanitaires filles											



XVIII.2.4 Eclairage

XVIII.2.4.1 Maternelle

Les luminaires sont anciens et équipés de lampes fluo de performance moyenne.

La puissance installée reste cependant limitée : env. 7W/m². L'éclairage n'est peut-être pas optimum.

NOM	Nombre de luminaires	Nombre de lampes	Puissance lampes	Type lampes	Type de luminaires	COMMENTAIRE	ETAT	PERF	CONFORT
Sanitaires filles	10	1	20	fluocompactes	Hublots	Luminaires anciens			
Sas									
Sanitaires garçons									
Circulation	16	4	18	Tuble fluo TLD	600X600 ventelle	Luminaires anciens			
Salle de classe 1.1	8	4	18	Tuble fluo TLD	600X600 ventelle	Luminaires anciens			
B.C.D	4	4	18	Tuble fluo TLD	600X600 ventelle	Luminaires anciens			
Salle de motricité	8	2	58	Tube fluo TLD	tube fluo ventelle	Luminaires anciens			
Salle de propreté	4	1	20	fluocompacte	fluocompacte	Luminaires anciens			

XVIII.2.4.2 Restauration

Les luminaires de l'extension et d'une partie des locaux rénovés sont neufs et en technologie led, équipés de détection de présence. Il reste quelques luminaires à tubes fluo.

La puissance installée est bonne, de l'ordre de 6 W/m².

NOM	Nombre de luminaires	Nombre de lampes	Puissance lampes	Type lampes	Type de luminaires	COMMENTAIRE	ETAT	PERF	CONFORT
Bureau	2	1	40	LED	600X600 LED / variation	Réno 2017			
Dgt 1	2	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Dgt	4	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Sanitaires H	3	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Sanitaires F	1	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Sanitaires F 1	2	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Vestiaires	3	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Buanderie	2	1	10	LED	SPOT LED / détection				
Salle des professeurs	Luminaires LED sur détection								
Mezzanine	Luminaires LED sur détection								
Cantine	17 luminaires LED sur détection + 8 luminaires fluo 4x18 W 600x600								
Cantine 1									
Cantine 2	8	2	58	Tube fluo TLD	tube fluo ventelle	Luminaires anciens			
Cuisine	7	1	40	LED	600X600 LED / inter	Réno 2017			
Office	4	1	40	LED	600X600 LED / inter				

XVIII.2.4.3 Primaire

Les luminaires sont de qualité correcte mais équipés de lampes fluo de performance moyenne.

La puissance est normale pour ce type d'installations : env. 9W/m².

NOM	Nombre de luminaires	Nombre de lampes	Puissance lampes	Type lampes	Type de luminaires	COMMENTAIRE	ETAT	PERF	CONFORT
Degagement 1	11	2	18	Fluocompacte	Downlight	2002	😊	😐	😊
Informatique	7	4	18	Tube fluo TLD	600X600 ventelle				
Bibliothèque	11	3	18	Fluocompacte	Downlight ventelle				
Classe 1	12	4	18	Tube fluo TLD	600x600 à ventelles				
Classe 2	12	4	18	Tube fluo TLD	600x600 à ventelles				
Classe 3	12	4	18	Tube fluo TLD	600x600 à ventelles				
Degagement 2	11	2	18	Fluocompacte	Downlight				
Bureau 1	3	4	18	Tube fluo TLD	600X600 ventelle				
Sanitaires garçons	10	2	18	Divers fluo					
Sanitaires filles									

XVIII.3 Fonctionnement / Usage / Scénarios

XVIII.3.1 Températures

Des relevés de températures ont été réalisés toutes les 10 minutes du 29.03.2019 au 12.04.2019. Cette période comprend une période de vacances scolaires (du 6 au 12).

XVIII.3.1.1 Synthèse zone primaire

Sur le primaire, les relevés suivants ont été effectués :

- Classe 2
- Classe 6

Le fonctionnement de la régulation est relativement difficile à percevoir sur les relevés dans l'ensemble, avec des comportements parfois inexplicables de la température, ce qui semble signifier que cette régulation n'est pas parfaitement fonctionnelle.

De plus l'accès à la GTB gérant le chauffage n'est plus possible – nous n'avons donc pas le détail de la programmation.

Par ailleurs l'utilisateur détient une possibilité d'ajustement de la consigne avec une amplitude limitée.

On y observe cependant les points suivants :

- Classe 2 :

Arrêt complet du chauffage le week-end.

Fonctionnement en semaine à 20°C de 8h à 18h, 18°C sinon, compris vacances

- Classe 6 :

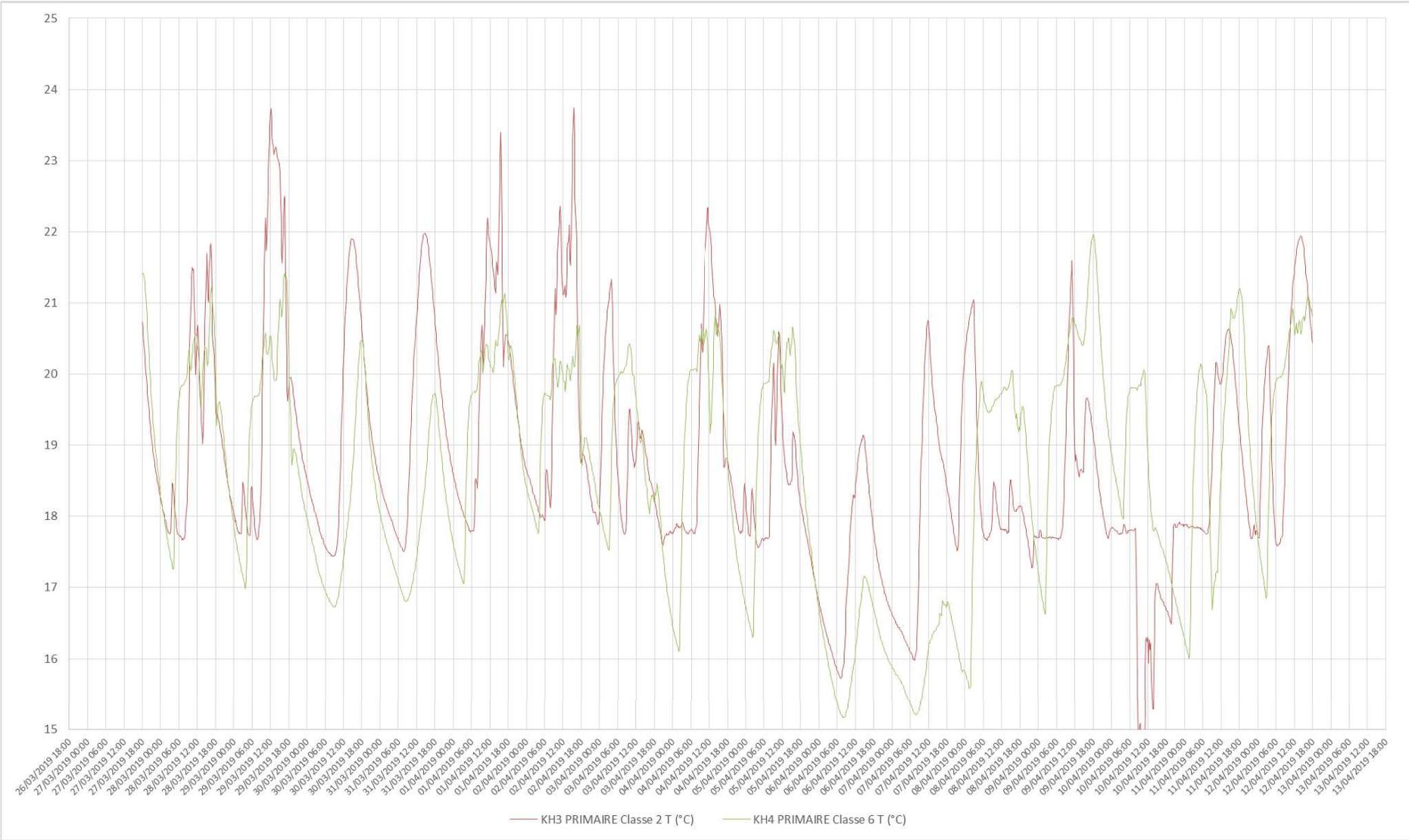
Arrêt complet du chauffage le week-end.

Fonctionnement en semaine à 20°C de 3h à 18h, 16°C sinon, compris vacances

On retiendra pour la modélisation :

- Horaires de confort variable, de 3 à 8h et jusqu'à 18h en semaine compris vacances
- Température de confort observée de l'ordre de 20°C
- Température de réduit observée de l'ordre de 17°C en moyenne
- Régulation inefficace

XVIII.3.1.2 Graphique relevés zone primaire



XVIII.3.1.3 Synthèse zone maternelle + restauration chauffés au gaz

Sur cette zone, les relevés suivants ont été effectués :

- La salle de restauration « cantine 2 » (radiateurs eau chaude + double-flux)
- La pièce « maternelle 1.2 » (radiateurs eau chaude)
- La classe maternelle 1.2 (radiateurs eau chaude)
- Les départs et retours du circuit de chauffage au départ de la chaudière gaz

On y observe les points suivants :

Etonnamment, on observe que le chauffage a fonctionné a plus haut régime (24°C) durant la semaine de vacances que durant la semaine de classe (<22°C). Peut-être une ancienne programmation ne correspondant plus aux vacances actuelles ?

Le chauffage reste actif le weekend.

Le départ chauffage fait l'objet d'un réduit de température de départ de 21h à 5h, 5 jours sur 7. Le réduit se fait de 18h à 5h, 2 jours sur 7, mais ces jours ne correspondant pas aux week-ends...

En journée, lorsque le chauffage fonctionne, on observe de vagues paliers de température autour de 19°C, pouvant s'apparenter à la régulation des robinets thermostatiques, mais comme ils sont tous réglés différemment, le résultat n'est pas constant.

Le réduit de température ambiante est visible avec un palier autour de 16/17°C, là encore variable puisqu'il n'y a pas de contrôle d'ambiance pour gérer ce réduit.

On retiendra pour la modélisation :

- Chauffage permanent avec réduit
- Régulation inefficace
- Consigne de température variable mais température résultante de l'ordre de 19°C et réduit à 16°C

XVIII.3.1.4 Synthèse zone restauration chauffée à l'électricité

Sur cette zone, les relevés suivants ont été effectués :

- La salle de restauration des professeurs (chauffage électrique + double-flux)

On y observe les points suivants :

On note une étonnante variation rapide des températures ambiantes, oscillant à $\pm 1^{\circ}\text{C}$ autour de la courbe lissée... Peut-être l'influence du réfrigérateur sur le côté duquel nous avons posé le capteur...

Si on se concentre sur la courbe lissée – hormis ces variations donc – on note que la température ambiante semble la plupart du temps régulée à environ 19°C permanent, ce qui peut correspondre aux réglages constatés lors de notre visite sur place : 6 Eco pour un des radiateurs, 4 Confort pour l'autre, qui peuvent donner environ 19°C pour un local de grande hauteur (stratification de l'air).

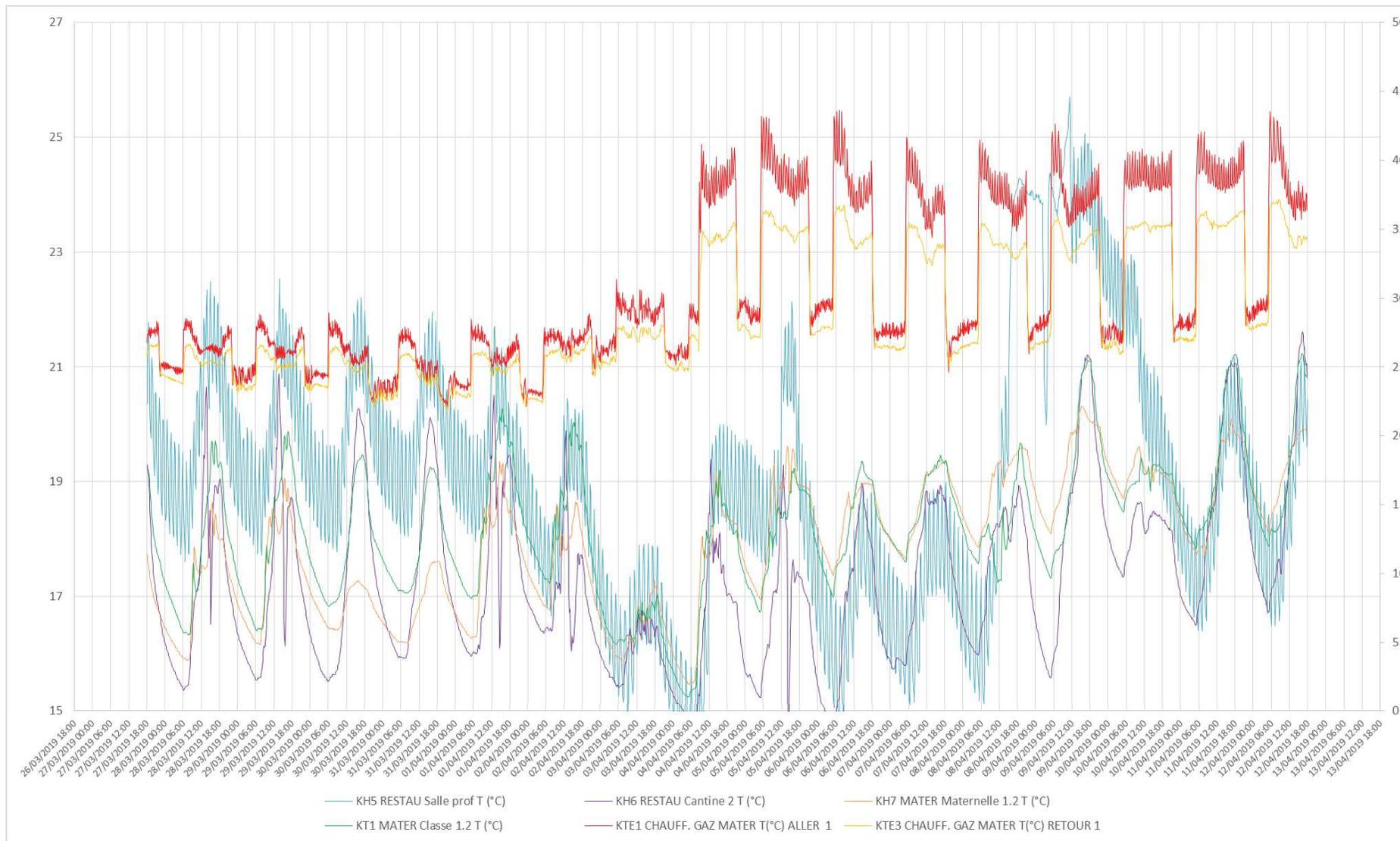
Les températures supérieures en journée sont visiblement liées aux apports solaires.

Il semble par ailleurs que des modifications manuelles ont lieu, donnant des températures variables, de moins de 15°C à plus de 24°C sur la période de mesure...

On retiendra pour la modélisation :

- Chauffage permanent, sans réduit.
- Consigne de température variable mais généralement de l'ordre de 19°C

XVIII.3.1.5 Graphique relevés zone maternelle + restauration



XVIII.3.2 Débits de ventilation

Pour la partie primaire, nous avons saisi les débits d'air extrait mesurés ainsi que les entrées d'air relevés lors de la visite.

Ces débits d'extraction et les infiltrations sont compilés par l'algorithme de Pleiades pour calculer un débit de renouvellement d'air heure par heure.

Pour la partie restaurant, nous avons saisi les débits relevés sur le panneau de contrôle et sur les plans DOE.

Pour la partie maternelle, en l'absence d'installations de ventilation et 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 ($Q_{4Pa-Surf\ RETENU} = 2.5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$).

XVIII.3.3 Occupation

Nous avons modélisé les classes en saisissant une occupation de trente élèves de 9h à 12h et de 13h à 16h quatre jours par semaine.

Pour le restaurant, nous sommes partis sur une occupation complète des places (152 chaises) durant l'heure de midi.

XVIII.3.4 Puissances dissipées

La puissance installée du matériel de la classe informatique nous donne 13 W/m^2 une après midi par semaine. Cette puissance descend à 0 W/m^2 autrement.

L'éclairage des locaux est de 4.3 W/m^2 constant pour la partie primaire et de 3.65 W/m^2 pour la partie maternelle.

XVIII.3.5 Eau chaude sanitaire

Tous les ballons représentent une consommation d'entretien significative au regard de leur usage et de leur utilité supposés.

- 2 ballons de 65L / 2250 W dans l'extension de la restauration
- 1 ballon de 300L / 3000W dans la partie office
- 6 ballons de 15L / 1600 W dans les classes de primaire
- 1 ballon de 50L / 1200 W dans le local ménage de la primaire

En supposant un besoin en eau chaude d'un litre par jour et par ballon, on obtient une consommation (y compris pertes de stockage) de moins de 300 kWh/an.

XVIII.3.6 Restauration

Le nombre de repas par an est de 26 505. Ces repas sont amenés en liaison chaude, la consommation d'énergie de l'école est donc assez faible sur ce poste.

XIX. ANALYSE DES FACTURES

XIX.1.1 Electricité

Le site est alimenté en **électricité par 2 compteurs** :

- **1 contrat 54 kVA, alimentant l'extension (partie primaire)** (PDL 30001460715811)
- **1 contrat 30 kVA, alimentant la partie maternelle** (PDL 14611143218349)

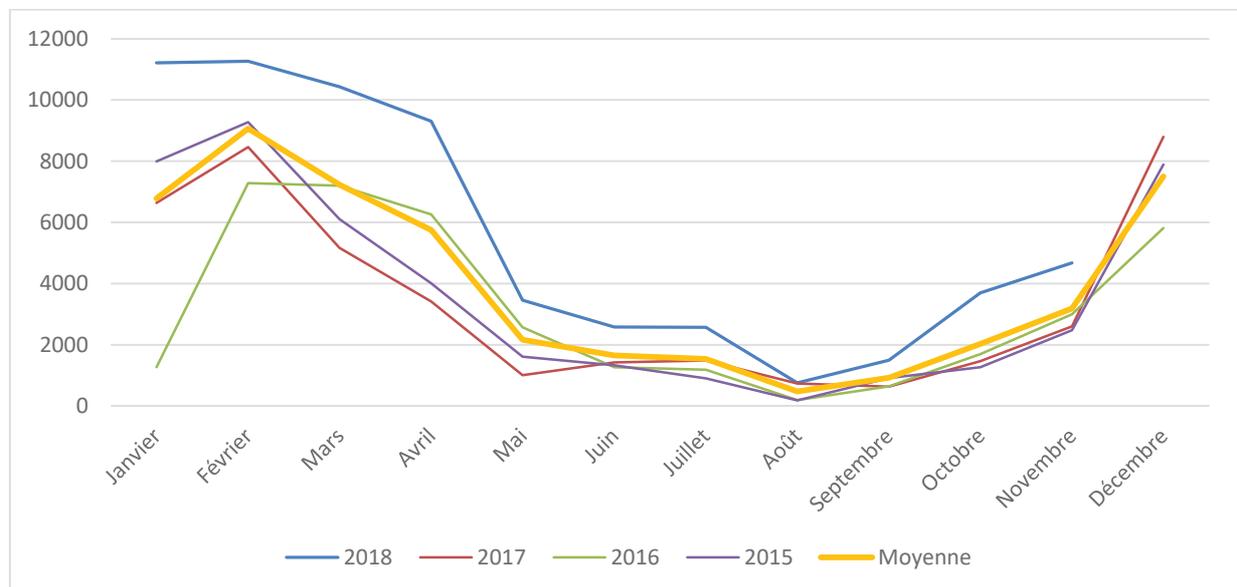
Remarque générale : la diversité des formats de factures entre les différents fournisseurs et leurs changements dans le temps ne facilitent pas leur analyse. De plus on s'étonne que les puissances atteintes n'apparaissent pas sur bon nombre des factures pour les contrats > 36 kVA.

XIX.1.1.1 Compteur 54 kVA (extension primaire)

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 54 kVA. Sur les factures fournies, la puissance atteint 52 kVA.

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



On note par ailleurs que les consommations sur 2018 sont nettement supérieures aux précédentes années : 61400 kWh de janvier à novembre en 2018 contre 34000 en moyenne de 2015 à 2017, soit + 86% !

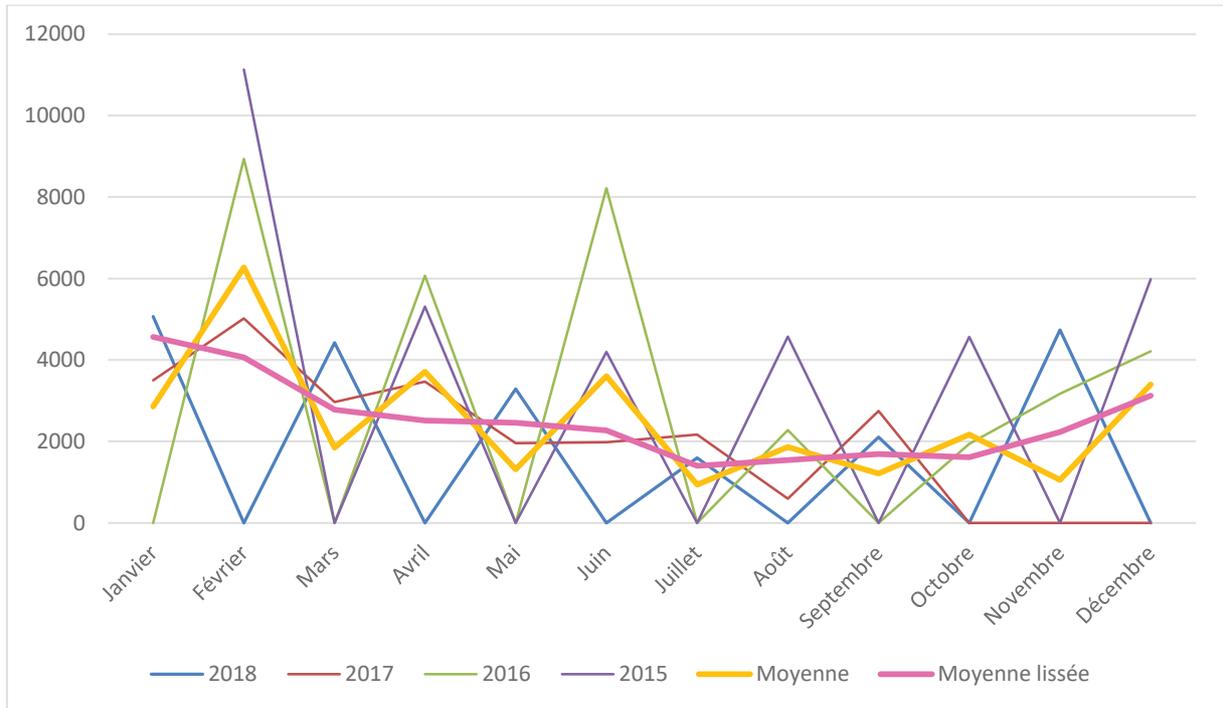
Ceci semble correspondre à la rénovation / extension de la partie restauration... Ceci signifie notamment que le restaurant aurait été branché sur ce compteur.

XIX.1.1.2 Compteur 30 kVA (maternelle)

Le fournisseur d'énergie est ENGIE

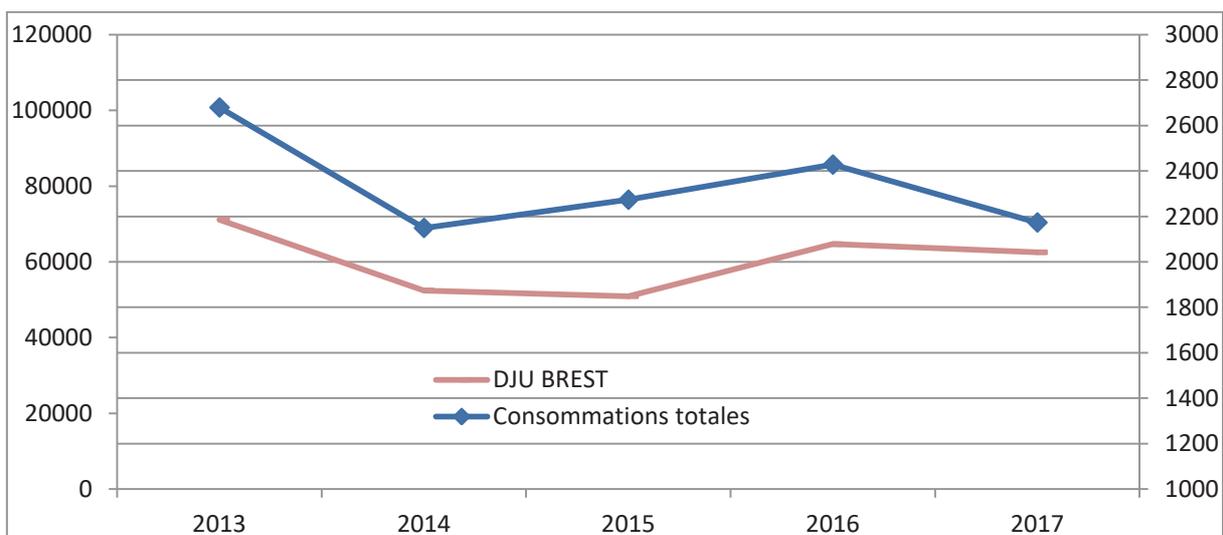
La puissance souscrite est de 30 kVA.

Sur la base des factures à notre disposition, le profil des consommations montre une saisonnalité faible, logique pour un bâtiment non chauffé à l'électricité, avec une consommation mensuelle un peu plus que doublée entre les mois extrêmes.



XIX.1.1.3 Global

Depuis 2013, les consommations sont relativement stables, avec une assez bonne corrélation aux DJU :



Les consommations moyennes de 2015 à 2017 sont de 77500 kWh/an dont :

- Contrat 54 kVA : 56.7% soit 43900 kWh/an
- Contrat 30 kVA : 43.3% soit 33600 kWh/an

En 2018, on observe les consommations suivantes :

- Contrat 54 kVA : 61400 kWh sur 11 mois soit par extrapolation 70200 kWh/an
- Contrat 30 kVA : 21200 kWh/an (baisse)

Soit un total en 2018 de 91400 kWh/an.

La baisse des consommations sur le contrat 30 kVA serait liée au raccordement de la restauration sur le compteur 54 kVA.

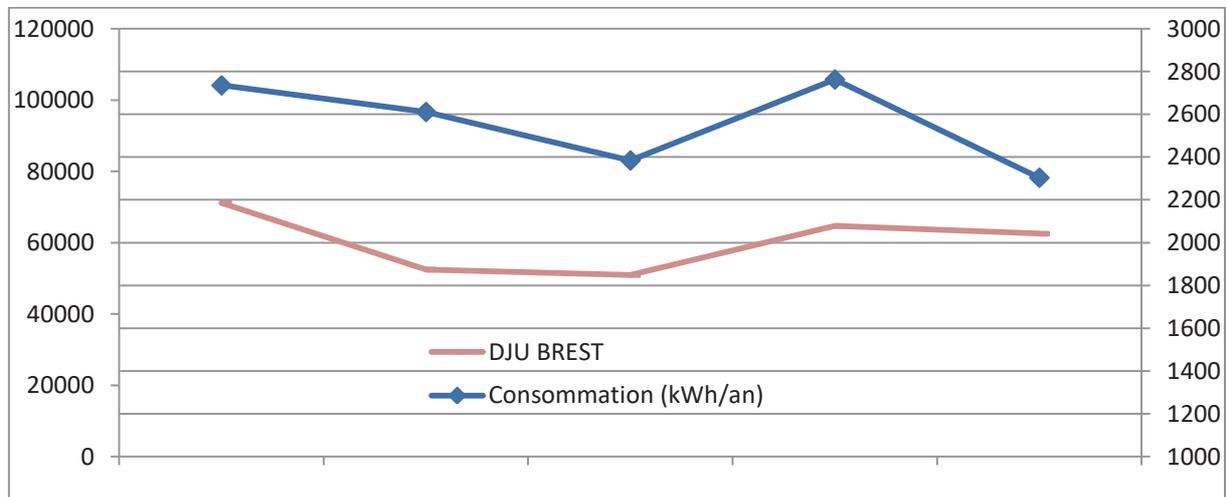
Pour l'étude on propose de retenir la valeur 2018, en tenant compte de l'extension, soit 91400 kWh/an, pour un DJU de 1990°C.J.

En 2017, le coût de l'énergie payé en moyenne sur ce site est de **15.8 c€/kWh HTVA**, valeur que nous retiendrons pour l'étude. Ce prix est relativement élevé pour de l'électricité.

XIX.1.2 Gaz propane

Le site est alimenté en **gaz par 1 cuve propane**.

Depuis 2013, les consommations sont relativement stables, avec une assez bonne corrélation aux DJU :



On constate une baisse assez sensible en 2017, sans doute liée à la fermeture provisoire de la partie restauration durant sa rénovation.

De ce fait on propose de retenir la période 2014 - 2016 soit 95200 kWh/an, valeur que nous retiendrons pour l'étude, pour un DJU moyen de 1934°C.J.

En 2017, le coût de l'énergie payé en moyenne sur ce site est de **7.4 c€/kWh HTVA**, valeur que nous retiendrons pour l'étude. Ce prix est relativement faible pour du gaz propane.

XIX.1.3 Récapitulatif

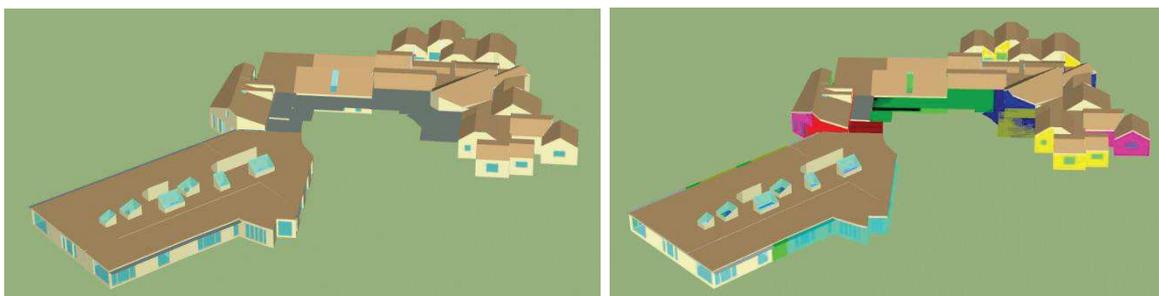
Energie	Consommation	Coût	Remarque
ELECTRICITE 30 kVA	91400 kWh/an	15.8 c€/kWh	Maternelle
ELECTRICITE 54 kVA			Primaire + restaurant
GAZ PROPANE	95200 kWh/an	7.4 c€/kWh	Chauffage maternelle + restaurant
TOTAL	186600 kWh/an	-	-

XX. MODELE

XX.1 Généralités

Le modèle informatique est réalisé sur un logiciel de simulation thermique dynamique : « Pléiades 4 ». 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.

XX.2 Consommations et validation du modèle

Le modèle ainsi élaboré donne des consommations de chauffage électrique de 80 450 kWh/an et des consommations de chauffage au gaz de 95 690 kWh/an.

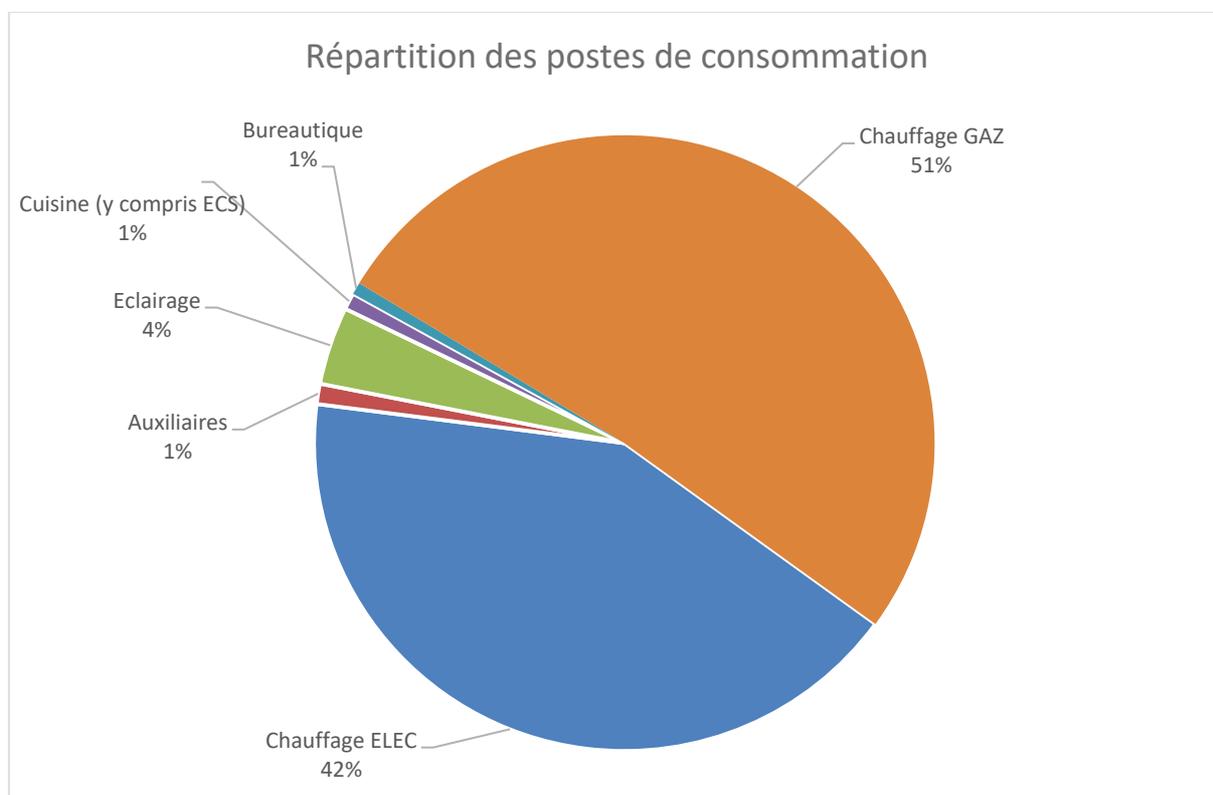
En estimant les consommations des autres usages de l'énergie décrits ci-avant ces consommations permettent de recoller le modèle.

ENERGIE	POSTES	ESTIMATIONS BRUTES (kWh/an)	ESTIMATIONS CORRIGÉES / DJU (kWh/an)	PART partielle	PART globale	CONSOS. Factures (kWh/an)	ECART
ELECTRICITE	Chauffage ELEC	78 440	80 450	86%	43%	91 400	-2%
	Auxiliaires	1 850	1 850	2%	1%		
	Eclairage	8 020	8 020	9%	4%		
	Cuisine (y compris ECS)	1 650	1 650	2%	1%		
	Bureautique	1 200	1 200	1%	1%		
TOTAL		91 160	93 170	100%	49%		
GAZ	Chauffage GAZ	96 000	95 690	100%	51%	95 200	-1%
TOTAL		96 000	95 690	100%	51%		

TOTAL GAZ + ELECTRICITE			188 860	-		186 600	-1.2%
--------------------------------	--	--	----------------	---	--	----------------	--------------

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 : 93% !



Répartition du chauffage par bâtiment :

BATIMENT	Conso CH (kWh)	% site	Surface (m ²)	Conso CH (kWh/m ²)
MATERNELLE	76029	43.6%	660.2	115
RESTAURANT	23870	13.7%	414.5	58
PRIMAIRE	74386	42.7%	850.3	87

On remarque que la partie restaurant consomme nettement moins que les autres zones du bâtiment.

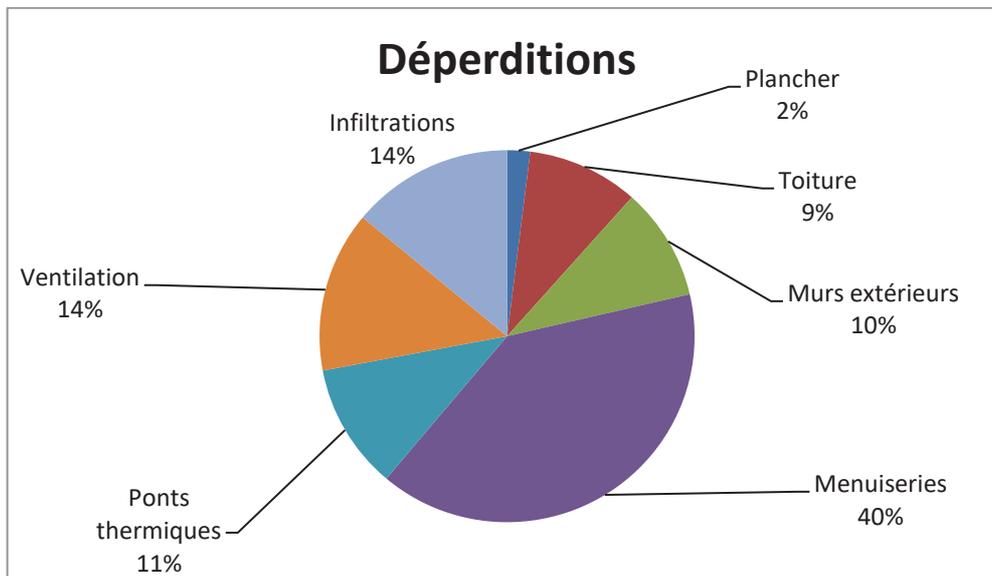
XXI. TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS

XXI.1 Bilan de déperditions

Hormis les pertes systèmes, les déperditions du bâtiment s'élèvent à environ 117 kW dans son état actuel.

La répartition des déperditions est donnée dans le graphique suivant.

On remarque en particulier la prédominance des menuiseries (40%). Suivent les infiltrations ainsi que la ventilation (14% chacun), les ponts thermiques (11%) puis les murs (10%) et les toitures à (9%) chacun. Enfin viennent les déperditions des plancher (2%).



Cette répartition est à nuancer cependant :

- pour ce qui concerne les menuiseries : en effet elles engendrent également des apports solaires, positifs dans le bilan énergétique des bâtiments.
- pour ce qui concerne la ventilation et les infiltrations : en effet ces deux postes ne se cumulent pas purement et simplement dans le fonctionnement réel du bâtiment.

XXI.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 pour chaque partie du site :

Maternelle :

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

Restaurant :

- Optimisation des débits de ventilation de la CTA

Primaire :

- Régulation des plafonds chauffants électriques
- Remplacement des menuiseries
- Mise en place d'une ventilation réglementaire (simple flux et double flux)
- Remplacement de l'éclairage actuel par des ampoules LED

XXII. VARIANTES D'OPTIMISATIONS

XXII.1 Travail sur les systèmes

XXII.1.1 Mise en place d'une ventilation dans la partie maternelle

On modélise une variante de base intégrant **une ventilation mécanique** avec les débits réglementaires, uniquement le jour, mais toute l'année.

Les débits à mettre en œuvre sont estimés dans le tableau suivant :

Zones	Débit réglementaire d'air neuf (m3/h)
Classes	375 par pièce
Sanitaires et autres	445
Total	3820

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Pertes GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Mise en place d'une ventilation simple-flux réglementaire	78 440	108 560	187 000	0	-12 560	-7%
Mise en place d'une ventilation double-flux réglementaire	78 440	97 220	175 660	0	-1 220	-1%

XXII.1.2 Mise en place d'une ventilation dans la partie primaire

On modélise une variante de base intégrant **une ventilation mécanique** avec les débits réglementaires, uniquement le jour, mais toute l'année.

Les débits à mettre en œuvre sont estimés dans le tableau suivant :

Zones	Débit réglementaire d'air neuf (m3/h)
Classes	375 par pièce
Sanitaires et autres	675
Total	3675

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Pertes/Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Mise en place d'une ventilation simple-flux réglementaire	87 590	96 000	183 590	-9 150	0	-5%
Mise en place d'une ventilation double-flux réglementaire	76 590	96 000	172 590	1 850	0	1%

XXII.1.3 Régulation de la CTA du restaurant

Les débits de la CTA n'étant pas bien réglés par rapport aux besoins, on modélise un scénario où il y a 4000 m³/h lors des repas, 800 m³/h le reste de la journée et un arrêt la nuit, le week-end ainsi que pendant les vacances d'été

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Régulation de la CTA du restaurant	78 180	91 540	169 720	260	4 460	3%

XXII.1.4 Optimisation de la régulation du chauffage

Pour la partie maternelle, on a vu précédemment que la régulation des émetteurs n'est pas très performante. On modélise une variante où la régulation est améliorée et on saisit des températures de 20°C lors des heures de cours et 16°C sinon.

Pour la partie primaire, la régulation des plafonds chauffant n'est plus gérable. On modélise une variante où la régulation est remplacée et on saisit des températures de 20°C lors des heures de cours et 16°C sinon.

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Optimisation de la régulation (maternelle)	78 440	81 090	159 530	0	14 910	9%
Optimisation de la régulation (primaire)	59 860	96 000	155 860	18 580	0	11%

XXII.1.5 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	8 020	1 430	18%

XXII.1.6 Remplacement de la chaudière (maternelle)

Remplacement de la chaudière gaz datant de 1996. Cela permet d'avoir des caractéristiques plus performantes.

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Remplacement de la chaudière	78 410	74 680	153 090	30	21 320	12%

XXII.1.7 Mise en place d'une chaufferie bois

La chaufferie servirait également pour plusieurs des bâtiments alentours (ex : salle de sport, EHPAD).

Ne servant pas que pour l'école, le coût global de l'installation n'est pas pris en compte dans nos calculs. Seuls les points suivants ont été chiffrés :

- le raccordement et participation réseau de chaleur 120 kW
- local technique sous station à créer
- Panoplie 3 circuits
- Radiateurs et réseaux pour primaire
- Raccordement maternelle

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO BOIS (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Pertes BOIS (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	0	174 440				
Chaufferie bois	260	0	158 500	158 760	78 180	96 000	-158 500	9%

XXII.2 Travail sur l'enveloppe

XXII.2.1 Menuiseries maternelle

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

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Remplacement des menuiseries	78 440	80 960	159 400	0	15 040	9%

XXII.2.2 Menuiseries primaire

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

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Remplacement des menuiseries	66 000	96 000	162 000	12 440	0	7%

XXII.2.3 Ré-isolation des murs extérieurs de la partie maternelle

On modélise le remplacement de l'ensemble des doublages déjà isolés de la partie maternelle. Hypothèse : 140mm de TH32

OPTIMISATIONS	CONSO ELEC (kWh)	CONSO GAZ (kWh)	CONSO TOTAL (kWh)	Gains ELEC (kWh)	Gains GAZ (kWh)	Gains CONSOS (%)
BASE	78 440	96 000	174 440			
Ré-isolation des murs (maternelle)	77 400	91 990	169 390	1 040	4 010	3%

XXIII.2 Scenarios

OPTIMISATIONS		CONSO chauffage ELEC (kWh)	CONSO chauffage GAZ (kWh)	CONSO chauffage BOIS (kWh)	CONSO chauffage TOTAL (kWh)	GAINS CONSO ELEC (kWh)	GAINS CONSO GAZ (kWh)	GAINS CONSO BOIS (kWh)	GAINS CONSO TOTAL (kWh)	Gains CONSOS (%)	Gains conso (€)	Investissement (€ HT)				TRI BRUT (ans)	TRI ACTUALISE (ans)	Etiquette Carbone (kgCO2/m².Sth.an)	Gain CO2	CEE (kWtCUMAC)	CEE (€)		
												U	Qté	PU	Total								
	BASE	78440	96000	0	174440																		
SC 1	VENTILATION SIMPLE-FLUX (MATERNELLE + PRIMAIRE) + REGULATION DE LA CTA (RESTAURANT) + MENUISERIES UW = 1.3 (MATERNELLE + PRIMAIRE)	67060	83680	0	150740	11380	12320	0	23700	14%	2 710 €	ens	1	-	210 375 €	>50	32	22.21	27.1%	1384200	9689		
SC 2	SC1 + REGULATION DU CHAUFFAGE (MATERNELLE + PRIMAIRE)	49000	68490	0	117490	29440	27510	0	56950	33%	6 690 €	ens	1	-	224 175 €	34	20	21.95	27.9%	1459120	10214		
SC 3	SC1 + REMPLACEMENT DE LA CHAUDIERE (MATERNELLE)	67060	63790	0	130850	11380	32210	0	43590	25%	4 180 €	ens	1	-	220 375 €	>50	26	19.80	35.0%	1679040	11753		
SC 4	SC1 + REGULATION DU CHAUFFAGE (MATERNELLE + PRIMAIRE) + REMPLACEMENT DE LA CHAUDIERE (MATERNELLE)	48970	50690	0	99660	29470	45310	0	74780	43%	8 000 €	ens	1	-	234 175 €	29	18	19.65	35.5%	1753960	12278		
SC 5	SC1 + CHAUDIERE BOIS (PARTOUT)	0	0	132190	132190	78440	96000	-132190	42250	24%	10 630 €	ens	1	-	318 375 €	30	18	1.19	96.1%	2069850	14489		
BBC	SC5 + INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE (18 kWc)	0	0	132190	132190	95099	96000	-132190	58909	34%	13 260 €	ens	1	-	363 375 €	27	17	-0.26	100.9%	2069850	14489		
F4	SC5 + INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE (33 kWc)	0	0	132190	132190	108977	96000	-132190	72787	42%	15 450 €	ens	1	-	400 875 €	26	17	-1.48	104.9%	2069850	14489		

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.

XXIV. THCEX

XXIV.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			Etiquette Energétique	Etiquette Carbone (lgCO2/m²Shan)	Gain CO2	CEE (kWh/CUMAC)	CEE (€)	
		CEP	CEP REF	CEP REF	BBC RENO	FACTEUR 4 (49)						
	BASE	192.2			✗	✗	✗	D	30.45			
1	VENTILATION SIMPLE-FLUX (MATERNELLE)	201.1	156.1	93.7	✗	✗	✗	D	29.11	4.4%	427200	2990
2	VENTILATION DOUBLE-FLUX (MATERNELLE)	184.4	156.1	93.7	✗	✗	✗	D	26.13	14.2%	/	/
	2b = 2 (DF) - 1 (SF)	16.7			✗	✗	✗		/	/	/	/
3	VENTILATION SIMPLE-FLUX (PRIMAIRE)	184.9	151.4	90.8	✗	✗	✗	D	29.25	3.9%	345600	2419
4	VENTILATION DOUBLE-FLUX (PRIMAIRE)	168.2	151.4	90.8	✗	✗	✗	D	27.62	9.3%	/	/
	4b = 2 (DF) - 1 (SF)	16.7			✗	✗	✗		/	/	/	/
5	REGULATION DE LA CTA (RESTAURANT)	192.2	148.0	88.8	✗	✗	✗	D	30.45	0.0%	0	0
6	MENUISERIES UW = 1.3 (MATERNELLE)	185.2	148.0	88.8	✗	✗	✗	D	29.51	3.1%	351000	2457
6b	MENUISERIES UW = 1.3 & INF-50% (MATERNELLE)	185.2	148.0	88.8	✗	✗	✗	D	29.51	3.1%	/	/
7	MENUISERIES UW = 1.3 (PRIMAIRE)	178.7	148.0	88.8	✗	✗	✗	D	28.42	6.7%	260400	1823
7b	MENUISERIES UW = 1.3 & INF-30% (PRIMAIRE)	178.7	148.0	88.8	✗	✗	✗	D	28.42	6.7%	/	/
8	ISOLATION DES MURS (MATERNELLE)	195.4	155.8	93.5	✗	✗	✗	D	28.68	5.8%	/	/
8b	ISOLATION DES MURS (MATERNELLE) & INF - 30%	195.4	155.8	93.5	✗	✗	✗	D	28.68	5.8%	/	/
9	REGULATION DU CHAUFFAGE (MATERNELLE) thermostats d'ambiance par zone + tetes motorisées nourrices	184.4	156.1	93.7	✗	✗	✗	D	25.64	15.8%	45280	317
10	REGULATION DU CHAUFFAGE (PRIMAIRE)	184.5	156.1	93.7	✗	✗	✗	D	28.31	7.0%	29640	207
11	ECLAIRAGE LED	190.8	148	88.8	✗	✗	✗	D	23.00	24.5%	/	/
12	REMPLACEMENT DE LA CHAUDIERE (MATERNELLE)	187.8	156	93.6	✗	✗	✗	D	26.36	13.4%	294840	2064
13	RESAU DE CHALEUR (CHAUDIERE BOIS)	91.0	109.9	65.9	✓	✗	✗	B	1.29	95.8%	685650	4800
14	INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE (18 kWc)	171.3	109.9	65.9	✗	✗	✗	D	29.00	4.8%	0	0
15	INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE (33 kWc)	153.9	109.9	65.9	✗	✗	✗	D	27.78	8.8%	0	0

XXIV.2 Scénarios

OPTIMISATIONS		THCEX		OBJECTIFS			Etiquette Énergétique	Etiquette Carbone (kgCO2/m²Sth.an)	Gain CO2	CEE (kWhCUMAC)	CEE (€)	
		CEP	CEP REF		CEP REF	BBC RENO						FACTEUR 4 (49)
	BASE	192.2			✗	✗	✗	D	30.45			
SC 1	VENTILATION SIMPLE-FLUX (MATERNELLE + PRIMAIRE) + REGULATION DE LA CTA (RESTAURANT) + MENUISERIES UW = 1.3 (MATERNELLE + PRIMAIRE)	152.1	156.1	93.7	✓	✗	✗	D	22.21	27.1%	1384200	9689
SC 2	SC1 + REGULATION DU CHAUFFAGE (MATERNELLE + PRIMAIRE)	150.6	156.1	93.7	✓	✗	✗	C	21.95	27.9%	1459120	10214
SC 3	SC1 + REMPLACEMENT DE LA CHAUDIERE (MATERNELLE)	143.4	155.9	93.5	✓	✗	✗	C	19.80	35.0%	1679040	11753
SC 4	SC1 + REGULATION DU CHAUFFAGE (MATERNELLE + PRIMAIRE) + REMPLACEMENT DE LA CHAUDIERE (MATERNELLE)	142.4	156	93.6	✓	✗	✗	C	19.65	35.5%	1753960	12278
SC 5	SC1 + CHAUDIERE BOIS (PARTOUT)	83.7	109.9	65.9	✓	✗	✗	B	1.19	96.1%	2069850	14489
BBC	SC5 + INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE (18 kWc)	62.8	109.9	65.9	✓	✓	✗	B	-0.26	100.9%	2069850	14489
F4	SC5 + INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE (33 kWc)	45.4	109.9	65.9	✓	✓	✓	A	-1.48	104.9%	2069850	14489

Le scénario 4, demandé par l'équipe municipale lors de la réunion de restitution, ne permet d'atteindre les objectifs « BBC RENO TERTIAIRE » et « FACTEUR 4 ». Dans ce cas, l'installation de panneaux solaires photovoltaïques reste nécessaire pour atteindre ces objectifs, et nous avons conservé ces scénarii pour rappel.

Le temps de retour sur investissement du scénario 4 est proche de celui du scénario 5 (voir tableau page 51), mais l'impact environnemental du scénario 5 est nettement plus intéressant.