



Auvergne
Rhône-Alpes
Énergie Environnement

CAPI
Communauté
d'Agglomération
Porte de l'Isère

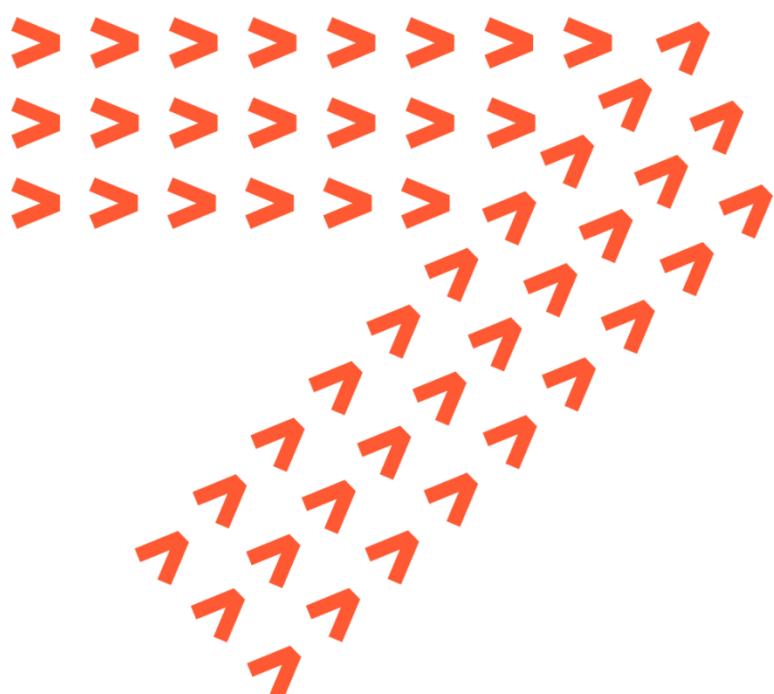
Laurent CHANUSSOT,
Jean LEROY
Sébastien DELMAS



Audit énergétique

Ecole de Montceau, cantine et salle
Annequin

27/09/2018



Le sens de la performance énergétique

OPOIBI
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
CERTIFICAT
N° 09 04 2061

www.h3c-energies.fr

H3C
ENERGIES

SIÈGE
35 chemin du Vieux Chêne
38240 MEYLAN
04 76 41 88 66

AGENCE ÎLE DE FRANCE
6 rue Abel
75012 PARIS
01 46 20 22 85

AUTRES AGENCES
LYON
FORT-DE-FRANCE

↗ AUDIT ENERGETIQUE

Ecole de Montceau, cantine et salle Annequin

Auteur(s) : J.REY	Vérificateur : F.Herin	Version : V4	Date : 27/09/2018
Auteur(s) : L.DELANDE	Vérificateur : F.Herin	Version : V4	Date : 27/09/2018

A – Introduction

Climat

Température de base -11 °C Zone G Altitude 200 à 400m

Station météo de référence Eclos-Badinières

Degrés Jours Unifiés (DJU) en base 18

2015	2016	2017	Moyenne
2681	2852	2799	2777

Informations générales sur le site

Nom : Ecole élémentaire et primaire, Cantine et Salle Annequin

Surface totale : 1880 m²

Nombre de bâtiments : 4

Bâtiment / Local	Année de construction	Niveaux	Surface (m ²)	Surface (m ²)
BA L1 – Ecole primaire	Années 70	RDC	379	1880
BA L2 – Ecole maternelle	XIXème siècle + extension 2001	RDC, R+1	666	
BA L3 – Cantine	2010	RDC, R+1	366	
BA L4 – Salle Annequin	1987	RDC	468	

Mode de chauffage Les écoles primaire et maternelle sont alimentées par la même chaufferie fioul. La salle Annequin dispose de sa propre chaufferie, au fioul également. La cantine utilise, elle, une chaudière bois granulés.

Type d'exploitation Maintenance externe contractée avec «Gillet »

Usages / Horaires

Les deux écoles ont des horaires classiques. La primaire accueille 120 enfants et la maternelle 50. La salle Annequin est souvent réservée (4 à 5 jours par semaine).

B – VISITE TECHNIQUE

Description du site

Le périmètre du site se compose de quatre bâtiments :

- Un bâtiment, datant de 2001, abrite l'école primaire au rez-de-chaussée.
- L'ancienne mairie, sur deux étages, a été transformée en école maternelle au niveau de son rez-de-chaussée, alors que son R+1 n'est utilisé que pour quelques activités. Une extension a été rajoutée en 2001, au RDC, pour accueillir une salle de motricité pour la maternelle.
- La cantine est constituée d'un bâtiment en pisé sur deux étages et d'une extension bois en rez-de-chaussée.
- La salle des fêtes Annequin, dont la pièce principale a une hauteur sous plafond de 4,7 m.



Nord

Description de l'enveloppe

Les parois opaques : Ecole primaire

	Nature	Commentaire
Murs	Béton (20 cm)	ITI 10 cm
Toiture	Toiture 2 pans	Laine de verre (20 cm)
Plancher	Dalle béton	Sur vide sanitaire

Les parois opaques : Ecole maternelle

	Nature	Commentaire
Murs	Pisé (50 cm)	ITI 10 cm
Murs	Béton (20 cm)	ITI 10 cm
Toiture	Toiture 2 pans	Laine de verre (20 cm)
Plancher	Dalle béton	Sur vide sanitaire et terre-plein

Les parois opaques : Cantine

	Nature	Commentaire
Murs	Pisé (60 cm)	ITI 10 cm
Murs	Bardage bois	ITI 30 cm
Toiture	Toiture 4 pans	-
Toiture	Toiture terrasse	végétalisée avec laine de verre à l'intérieur (7 cm)
Plancher	Dalle béton	Sur caves

Les parois opaques : Salle Annequin

	Nature	Commentaire
Murs	Béton (30 cm)	Non isolé
Toiture	Toiture 2 pans	laine de verre (20 cm) / Ouate (25 cm)
Plancher	Dalle béton	Sur terre plein

Remarque :

L'ancienne mairie est composée de 50 cm de pisé et de 10 cm d'isolant à l'intérieur. L'extension rajoutée en 2001 est, elle, constituée de 20 cm de béton et isolée par l'intérieure avec 10 cm d'isolant. L'ancienne mairie est sur vide sanitaire alors que l'extension est sur terre-plein. Le toit de ce bâtiment a été refait en 2017. Il est isolé avec 20 cm de laine de verre, comme la toiture de l'école primaire.

La cantine est, elle aussi, composée d'un ancien bâtiment en pisé (60cm+10cm d'isolant intérieur) et d'une extension en bardage bois, isolée par l'intérieure (30 cm). En sous-sol se trouvent des caves non utilisées. La toiture terrasse comporte une isolation intérieur de 7 cm de laine de verre.

La salle des fêtes Annequin a des murs en béton de 30 cm non isolés. La toiture au dessus du bar est isolée avec 20 cm de laine de verre, et le reste par 25 cm de ouate.

Il est également à noter qu'aucun bâtiment ne possède son DTA, alors que ce contrôle est obligatoire pour tout bâtiment construit avant le 1^{er} juillet 1997.



Ecole primaire



Ecole maternelle



Cantine



Salle annequin

Les parois claires : Ecoles et CS

Zone	Type	Commentaire	Etat
Ecole primaire	Double vitrage sur menuiserie PVC	Volets roulants extérieurs motorisés	Bon
Ecole maternelle	Double vitrage sur menuiserie PVC	Volets roulants extérieurs motorisés + stores en toiles intérieurs	Bon
Ancienne mairie	Simple vitrage sur menuiseries bois	Volets battants bois extérieurs	Vétuste
Cantine	Double vitrage sur menuiserie bois	Volets roulants extérieurs motorisés	Bon
Salle Annequin	Double vitrage sur menuiserie PVC	aucun	Bon

Remarque :

Toutes les menuiseries sont munies d'entrée d'air.

L'école primaire possède des menuiseries en PVC, double vitrage 6-12-6, avec volets motorisés. Le hall est très vitré, avec les portes vitrées en entrée et une grande verrière en hauteur.

Le rez-de-chaussée de l'ancienne mairie et l'extension qui accueillent l'école maternelle sont équipés des mêmes menuiseries. En revanche au R+1, on trouve des menuiseries très différentes et pour la plupart vétustes (jointure non assurée) : bois en simple vitrage, double vitrage 4-6-4 en PVC ou en bois ou même en aluminium. Le jonction entre l'ancienne mairie et l'extension est entièrement vitré.

La cantine est également équipée de double vitrage 6-12-6, mais sur des menuiseries bois. Lors de notre visite, nous avons remarqué le décollement de certains joints autour des menuiseries.

La salle Annequin possède des fenêtres en hauteur, de type PVC 6-12-6.



Menuiseries PVC double vitrage des écoles



Menuiserie bois simple vitrage de l'ancienne mairie



Menuiseries bois double vitrage de la cantine



Menuiseries PVC double vitrage salle Annequin



Verrière dans le hall de l'école primaire



Jonction entre ancienne mairie et extension



Joint se décollant - extention de la cantine

Production de chaleur : Ecole maternelle et primaire

La production de chaleur des deux écoles est assurée par une chaufferie fioul, située au sous-sol de l'école maternelle. Elle est munie de deux chaudières identiques décrites ci-dessous, chacune équipée d'un brûleur à une allure.

	Chaudière	Chaudière
Marque	WOLF	WOLF
Type	MK-150	MK-150
Puissance (en kW)	120-150	120-150
Energie	Fioul	Fioul
Année de mise en service	1995	1995

	Brûleur
Marque	WEISHAUPt
Type	WL30Z-C
Puissance (en kW)	72-330
Année de mise en service	2000

Ces deux chaudières fonctionnent en cascade, dans un circuit à débit constant. En revanche, elles sont irriguées en permanence, même lorsque la puissance nécessaire peut être fournie par un seul générateur.

Chaque chaudière est équipée d'une V2V motorisée et d'une pompe de charge (Grundfos UPS 40-30, 80-115 W).

La régulation des chaudières se fait par l'intermédiaire des aquastats.



Chaufferie



Aquastat

Distribution de chaleur : Ecole maternelle et primaire

La chaufferie dessert 5 circuits régulés par des V3V (Siemens SQK33) :

- Un circuit alimentant une sous-station pour l'école primaire, qui se situe dans le bureau de direction
- Un circuit alimentant les radiateurs du RDC de l'école maternelle
- Un circuit alimentant les radiateurs du 1^{er} étage de l'école maternelle
- Un circuit pour des planchers chauffants de l'extension de la maternelle (salle de mobilité)
- Un circuit alimentant une sous-station en Mairie

Circuits	Régulation	Pompe	Type pompe	Plage de puissance pompe (W)
Sous-station école primaire	-	GRUNDFOS	UPS 32-55 180	90-140
Ecole maternelle RDC	V3V mélangeuse	GRUNDFOS	UPS 32-55 180	90-140
Ecole maternelle 1 ^{er} étage	V3V mélangeuse	GRUNDFOS	UPS 25-80 180	140-245
Plancher chauffant	V3V mélangeuse	GRUNDFOS	UPS 25-80 180	140-245
Mairie	-	GRUNDFOS	CC1-180/35	35-65

Remarque :

Tous les circuits de distribution sont calorifugés en armaflex.

La chaufferie irrigue une sous-station au niveau de l'école primaire. Le circuit, réglé par une V3V, est composé d'une bouteille de découplage et dessert 21 départs, soit probablement un par radiateur.



Circuits de distribution



Sous-station

Production de chaleur : Cantine

Le chauffage de la cantine est assuré par une chaudière bois granulés. La chaufferie est située à l'extérieur du bâtiment.

Chaudière	
Marque	ÖkoFEN
Type	PellematicS25
Puissance (en kW)	25
Energie	Granulés de bois
Année de mise en service	2011

Remarque :

Le cahier de chaufferie est à jour mais aucun contrôle de combustion n'était présent.

L'alimentation de la chaudière en granulés se fait grâce à des pompes qui amènent le combustible depuis le local de stockage extérieur jusqu'à la chaufferie.



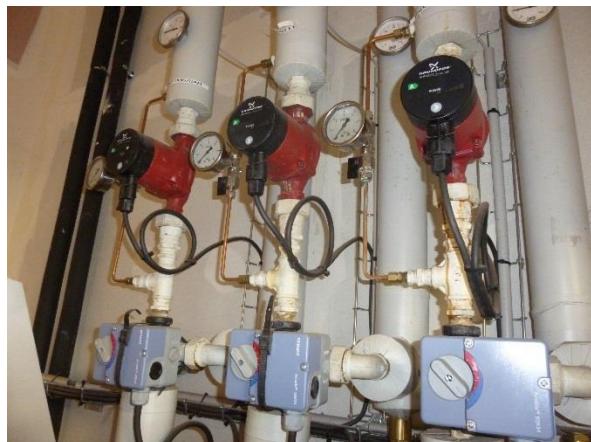
Chaudière bois

Distribution de chaleur : Cantine

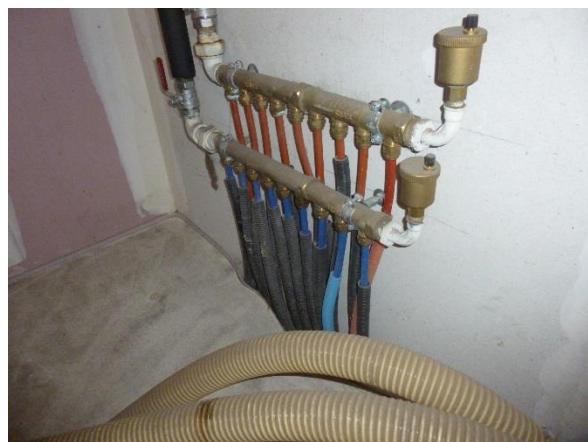
Elle dessert trois circuits de distribution régulés par des V3V (Siemens SQK34) :

- Un circuit pour les radiateurs de la cuisine
- Un circuit pour ceux de l'étage
- Un circuit pour la garderie

Circuits	Régulation	Pompe	Type pompe	Plage de puissance pompe (W)
Cuisine	V3V mélangeuse	GRUNDFOS	Alpha2 25-40 180	5-22
Etage	V3V mélangeuse	GRUNDFOS	Alpha2L 25-60 180	5-45
Garderie	V3V mélangeuse	GRUNDFOS	Alpha2L 25-40 180	5-22



Circuits de distribution



Départs radiateurs cuisine

Production de chaleur : Salle Annequin

La salle des fêtes est chauffée par un générateur d'air chaud fonctionnant au fioul.

Générateur d'air chaud	
Marque	EMAT
Type	S 75
Puissance (en kW)	87
Energie	Fioul
Année de mise en service	NC

Remarque :

Le calorifugeage autour des gaines est à refaire entièrement.



Calorifugeage autour des gaines de distribution

Régulation : Ecoles maternelle et primaire

Parmi les 5 circuits de distribution de la chaufferie fioul, trois disposent de leur propre régulateur Siemens : ceux de l'école maternelle (RDC et étage) et celui du plancher chauffant. Les radiateurs de l'école primaire sont également régulés par un régulateur Siemens en sous-station, de manière journalière par une horloge de programmation. Les différentes régulations sont détaillées ci-dessous :

	Ecole maternelle RDC	Ecole maternelle 1 ^{er} étage	Plancher chauffant	Ecole primaire
Température de consigne (°C)	20	20	21	20
Température de réduit (°C)	17	17	18	17
Température d'inoccupation (°C)	10	10	10	10
Loi d'eau	Text = -8 °C => Température de départ = 65 °C Text = +15 °C => Température de départ = 30 °C	Text = -8 °C => Température de départ = 65 °C Text = +15 °C => Température de départ = 30 °C	Text = -8 °C => Température de départ = 40 °C Text = +15 °C => Température de départ = 25 °C	Courbes de chauffe avec une pente à 3 : Text = -5 °C => Température de départ = 90 °C
Horaires de confort	6h30-18h toute la semaine sauf mercredi : 6h-12h30 Samedi et dimanche : 20-22h	Lundi et jeudi : 6h-18h30 Mardi et vendredi : 6h-18h Mercredi : 6h-12h30	Lundi : 6h-18h30 Mardi : 6h-18h Mercredi : 10h-14h et 18h-minuit Jeudi et vendredi : 6h-18h Samedi : 18h-minuit Dimanche : 9h-minuit	Lundi, mardi : 4h-18h Mercredi : 6h-14h Jeudi, vendredi : 6h-18h

Remarque :

La cantine est régulée suivant les horaires d'occupation.

La salle Annequin n'a pas de programmation et dispose d'un thermostat digital. Cette salle est très utilisée (4 à 5 jours par semaine).

La régulation des jours de week-ends pour l'école maternelle paraît étrange et pourrait certainement être amélioré au profit du mode réduit.



Emission de chaleur

L'émission de chaleur au sein des écoles et de la cantine est réalisée par des radiateurs, récents, en acier et munis de robinets thermostatiques, à l'exceptions de quelques radiateurs dans l'école maternelle.

Lieux	Emetteur	Matériaux	Energie
Ecole primaire	radiateur	acier	Fioul
Ecole maternelle	radiateur	acier	Fioul
Cantine	radiateur	acier	Bois

En ce qui concerne la salle Annequin, l'air chaud est émis depuis le réseau aéraulique par de simples grilles installées sur le réseau. La salle est desservie par 2 réseaux : un de soufflage, dont les bouches se situent en hauteur sur les murs et un de reprise, dont les bouches sont disposées en bas d'un des murs de la pièce.

Remarque :

Lors de notre visite, il a été constaté que certains robinets sont difficile d'accès dans les écoles : en hauteur sur des radiateurs de type panneau, ou alors cachés sous certains radiateurs.

Un radiateur en fonte est encore présent à l'étage de l'ancienne mairie.



Radiateur en acier de l'école maternelle

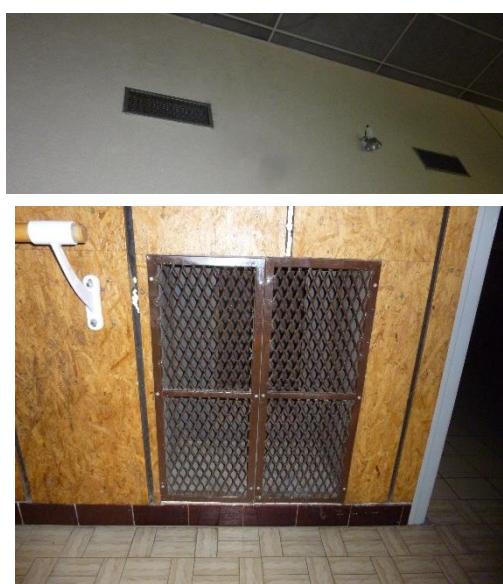


Radiateur de type panneau de l'école maternelle

Emission de chaleur



Robinet mal placé dans une classe de l'école primaire



Réseau aéraulique de la salle Annequin

Ventilation

La cantine est équipée d'une VMC simple flux pour ses sanitaires. Les salles de restauration sont, elles, équipées d'une VMC double flux, dont le caisson est situé dans les combles.

Les sanitaires de l'école maternelle ainsi que le dortoir possèdent également leur VMC.

La ventilation de la salle Annequin est réalisé par le système de chauffage.

Remarque :

Les salles de classes des deux écoles ne semblent pas disposer d'une ventilation suffisante. L'extraction semble en effet sous dimensionnée.



Bouche d'extraction d'air le dortoir en maternelle



Bouche de soufflage dans la cantine

Eau froide & ECS

La production d'ECS sur le site est assurée par des cumulus électriques.

L'école primaire possède quatre cumulus de 15 L, adaptés au besoins des sanitaires.

L'école maternelle possède deux cumulus de 15 L, un de 100 L, un de 150 L desservant l'étage inutilisé et un instantané. Il semble que cela soit surdimensionné par rapport aux besoins de l'école. Il faudra également veiller à arrêter le cumulus de 150 L à l'étage qui chauffait toujours lors de notre visite.

La cantine utilise un cumulus de 300 L.

La salle Annequin possède, elle, un cumulus de 200 L pour sa cuisine.

Eclairage

L'éclairage est essentiellement réalisé par des pavés de tubes fluorescents 4x18W de type T8 ferromagnétique : dans les classes de primaire et maternelle, dans les couloirs de la primaire et à l'étage de l'ancienne mairie. Il est à noter que certaines classes fonctionnent avec plusieurs rampes d'allumage. Les circulations de la maternelle sont équipées de fluocompactes (tout comme les dortoirs).

La cantine, plus récente, utilise un éclairage plus performant couplée à une gestion plus intelligente. Les salles de la cantine sont équipées de pavés de 3x14 W de type T5 à ballast électronique, commandés par interrupteur. Une salle est zonée en 2 rampes d'éclairage. Les sanitaires et les salles de stockage à l'étage sont équipés de détecteurs de présence. Pour la cuisine, ce sont des tubes fluorescents T5 de 49 W.

La salle des fêtes est équipée de pavés de 3x36 W de type T8 à ballasts ferromagnétiques.



Tubes fluorescents T8 dans les classes



Tubes fluorescents T5 dans la cantine

Autres usages spécifiques de l'électricité

Divers appareils participent aux consommations électriques du site. Quelques ordinateurs sont présents. La cuisine de la cantine est équipée d'un chauffe-plat et de deux chambres froides.

Maintenance

La maintenance des systèmes de production de chauffage est externalisée et assurée par Gillet. Le contrat de maintenance se termine en fin d'année.

C – ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

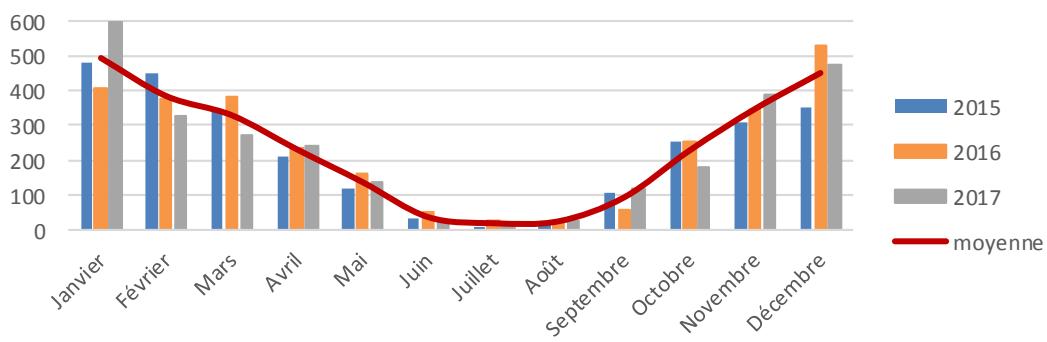
Données climatiques de référence

Les Degrés Jours Unifiés (DJU) représentent la rigueur climatique pour un site donné. Ils permettent d'estimer ou de corriger les besoins en chauffage d'un site. Ils sont calculés chaque jour en faisant la différence entre la température moyenne et la température de 18°C. Le cumul de ces DJU journaliers permet d'estimer la rigueur climatique d'un mois ou d'une année. Plus ils sont élevés, plus les besoins de chauffage seront importants.

Les données considérées proviennent de la station météo de Eclos-Badinières, station la plus proche du site. Les conditions climatiques de cette station sont donc très proches de celles appliquées au site étudié.

DJU Base 18 °C			
Station météo : Eclos-Badinières			
Mois	2015	2016	2017
Janvier	481	406	594
Février	449	377	327
Mars	338	381	269
Avril	211	238	244
Mai	116	160	136
Juin	32	52	27
Juillet	11	28	19
Août	21	29	25
Septembre	108	57	116
Octobre	251	253	181
Novembre	311	343	389
Décembre	352	528	472

DJU base 18 °C - Station Eclos-Badinières



Alimentation en électricité

Les factures d'électricité fournies ont permis de reconstituer les consommations des années 2015 à 2017, exceptés pour les écoles où Enedis a rencontré un problème de mise en service qui rend les consommations après 2016 disparates et peu fiables. Un seul compteur comptabilise les consommations de l'école primaire et de l'école maternelle. Les consommations de 2013 à 2015 ont donc été étudiées.

Le tableau suivant présente les consommations du site et les coûts associés :

Les écoles

Année	Consommations (MWh)	Coût (€ TTC)	Coût unitaire (€TTC/MWh)	Ratio de consommation (kWh/m2)
2013	22	3230	148	21
2014	18	2794	154	17
2015	19	3010	156	18

La cantine

Année	Consommations (MWh)	Coût (€ TTC)	Coût unitaire (€TTC/MWh)	Ratio de consommation (kWh/m2)
2015	15	2395	157	42
2016	17	2531	150	46
2017	15	2218	152	40

La salle Annequin

Année	Consommations (MWh)	Coût (€ TTC)	Coût unitaire (€TTC/MWh)	Ratio de consommation (kWh/m2)
2015	12	1980	161	26
2016	10	1616	156	22
2017	12	1870	160	25

Les consommations d'électricité des différents bâtiments du site sont assez stables.

Alimentation en combustible

Les écoles sont alimentées en fioul, ainsi que la salle des fêtes. La cantine est alimentée en granulés bois.

Les factures fournies ont permis de reconstituer les consommations des années 2015 à 2017. Les tableaux suivants présentent les consommations des sites.

Les écoles

Année	Consommations (MWh)	Coût (€ TTC)	Coût unitaire (€TTC/MWh)	Ratio de consommation (kWh EF /m ²)	Ratio DJU (Wh EF /m ² .DJU)
2015	136	8596	63	130	48
2016	117	6159	53	112	39
2017	118	7660	65	113	40

La cantine

Année	Consommations (MWh)	Coût (€ TTC)	Coût unitaire (€TTC/MWh)	Ratio de consommation (kWh EF /m ²)	Ratio DJU (Wh EF /m ² .DJU)
2015	27	1699	62	110	28
2016	32	1792	55	129	31
2017	34	1938	57	136	33

La salle Annequin

Année	Consommations (MWh)	Coût (€ TTC)	Coût unitaire (€TTC/MWh)	Ratio de consommation (kWh EF /m ²)	Ratio DJU (Wh EF /m ² .DJU)
2015	49	3404	65	112	42
2016	36	1913	54	76	27
2017	42	3055	69	94	34

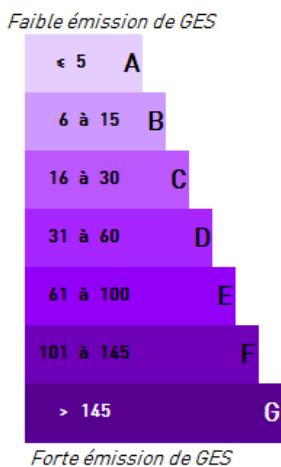
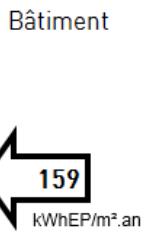
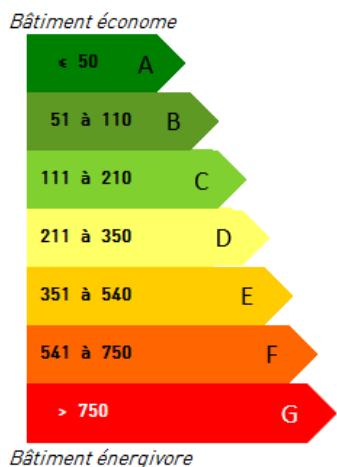
Le ratio DJU représente l'indice de consommation du bâtiment après correction par la rigueur hivernale des saisons de chauffe considérées. La consommation de gaz par DJU permet d'effectuer une comparaison de l'efficacité du système de chauffage du site : si ce facteur est constant, l'efficacité du système ne varie pas d'année en année. Dans le cas contraire, ce facteur peut témoigner d'une économie d'énergie suite à une amélioration des systèmes ou bien indiquer un dysfonctionnement durant la période de chauffe.

Entre 2015 et 2017, les consommations sont fluctuantes, notamment pour la salle Annequin. Le ratio de Wh/m².DJU a fortement diminué entre 2015 et 2016 (36 %), puis a augmenté entre 2016 et 2017 (26 %). Ces variations sont probablement dues à des différences de fréquentation de la salle.

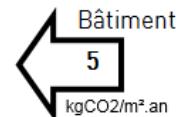
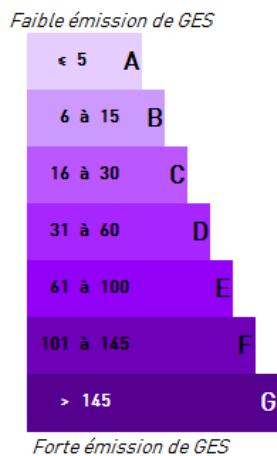
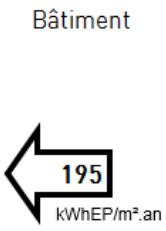
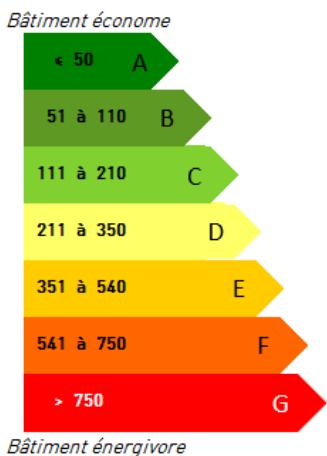
Etiquette énergétique

Ci-dessous une synthèse des consommations énergétiques et des émissions de GES des différents sites (basée sur la moyenne des consommations de 2015 à 2017). Ces étiquettes énergie sont données à titre indicatif :

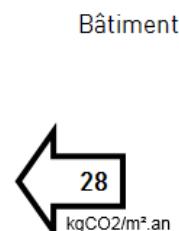
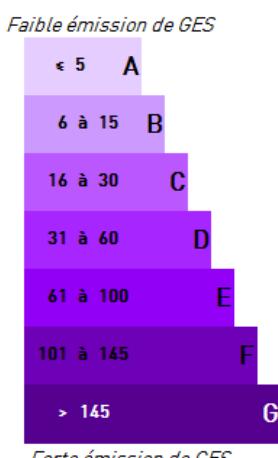
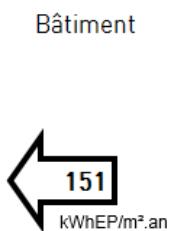
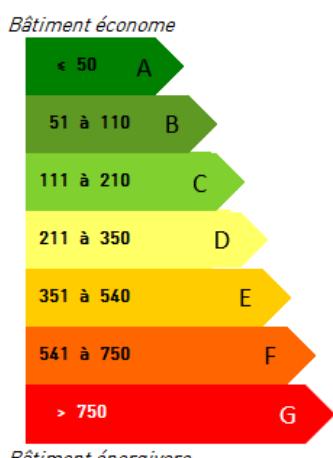
Les écoles



La cantine



Salle Annequin



L'observatoire de l'immobilier durable (OID) a publié dans son baromètre de 2014 la consommation moyenne des établissements scolaires, égale à 197 kWh_{EP}/m².an et l'indicateur de changement climatique, qui vaut 48,9 kg_{éqCO2}/m².an

Les différents sites ont des consommations moyennes autour de la moyenne nationale. On remarque la très faible émission de gaz à effet de serre pour la cantine, grâce à l'utilisation de granulés bois très peu émissifs, pour son chauffage.

D – Répartition des consommations par poste

L'objectif de la reconsolidation des consommations est l'identification des postes principaux de consommation. Cette identification permet dans un second temps, d'apprécier de manière qualitative et quantitative les gisements potentiels d'économie d'énergie.

D.1 – Reconsolidation des consommations de chauffage

Les déperditions statiques sont les pertes de chaleur par les parois d'un bâtiment, alors que les déperditions dynamiques sont dues au renouvellement d'air (obligatoire et fuites).

Elles sont directement liées à la composition de l'enveloppe, au type de ventilation et aux conditions climatiques extérieures.

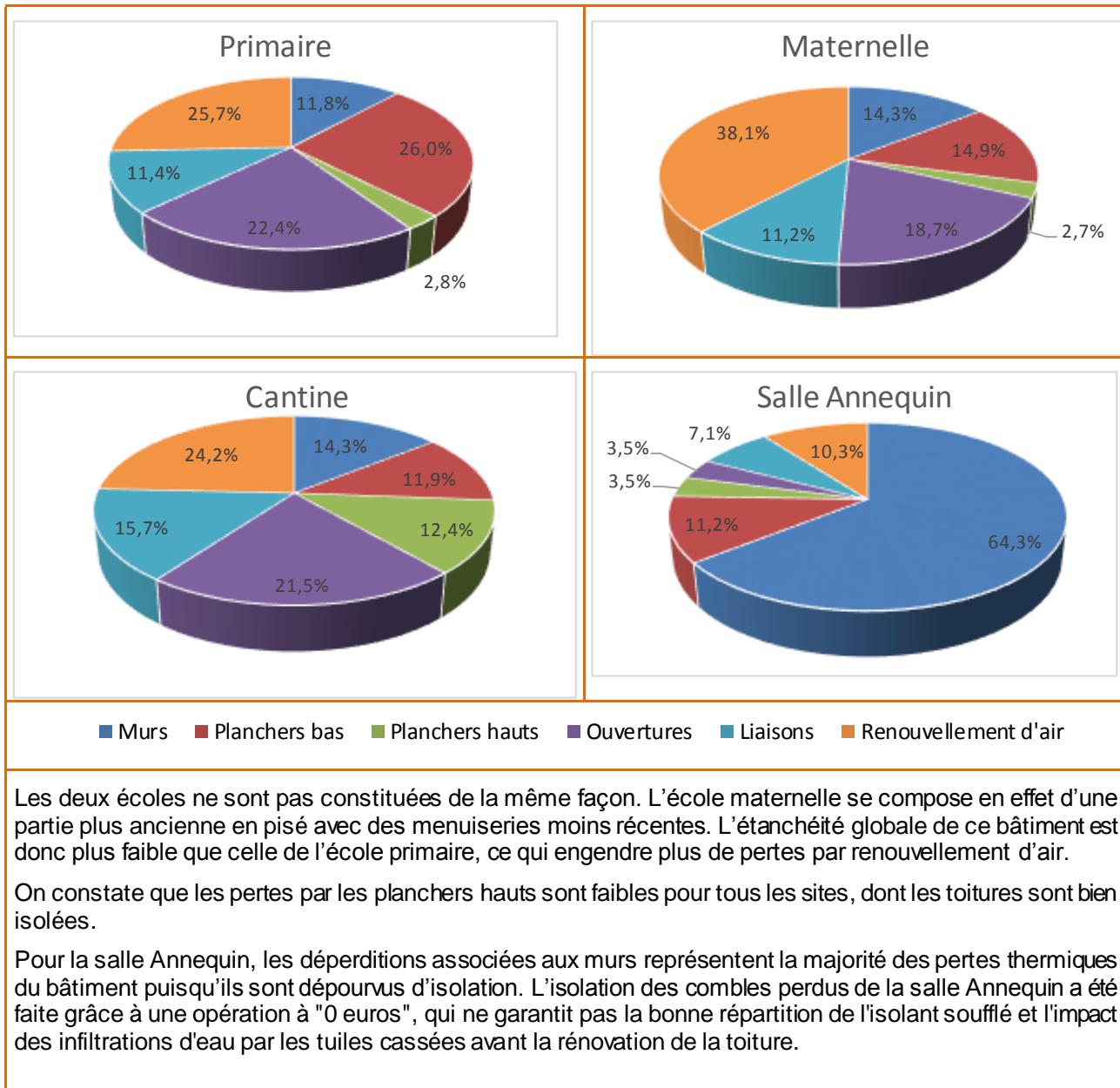
Remarque :

Le calcul des déperditions thermiques est réalisé grâce au logiciel U48Win utilisant la méthode de calcul Th C-Ex, dédiée aux bâtiments existants.

D.1.1 – Répartition des déperditions

	Déperditions (W/K)			
	Ecole primaire	Ecole maternelle	Cantine	Salle Annequin
Murs	132*	191*	80	715
Plancher bas	291*	199*	67	125
Plancher haut	31*	36*	69	39
Parois claires	251*	250*	120	39
Ponts thermiques	128*	149*	87	79
Renouvellement d'air	289*	507*	135	115
TOTAL	1123*	1331*	558	1111

**En l'absence de la répartition des consommations de chauffage entre les écoles, nous avons réparti la consommation en fonction des déperditions calculées pour chaque site.*



D.1.2 – Estimation des consommations de chauffage

	Ecole primaire	Ecole maternelle	Cantine	Salle Annequin
Consommation théorique de chauffage (kWh)	59 478	67 467	30 468	41 950
Consommation réelle de chaleur (kWh)	58 123*	65 543*	31 151	42 203
Ecart (%)	2,3	2,9	2,2	0,6

*En l'absence de la répartition des consommations de chauffage entre les écoles, nous avons réparti la consommation en fonction des déperditions calculées pour chaque site.

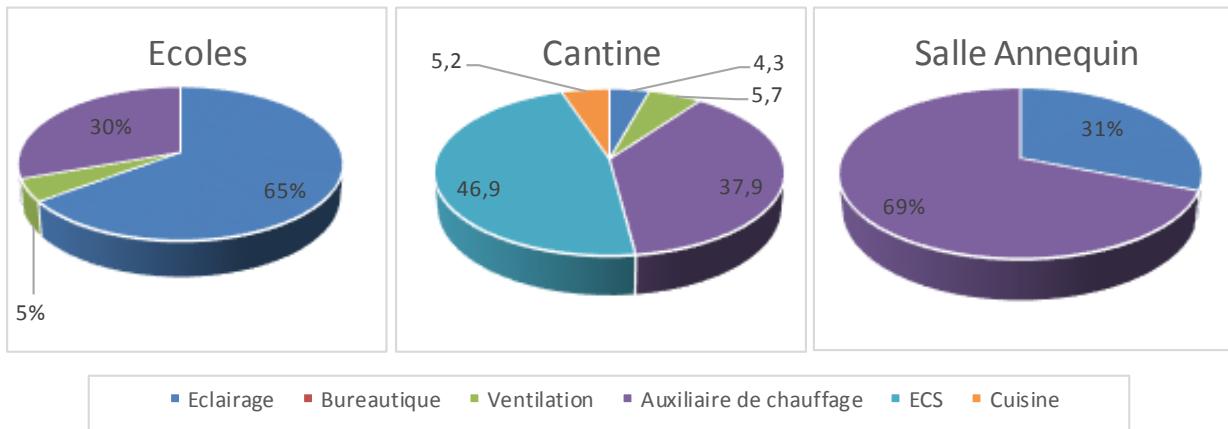
Les reconsolidations des consommations de fioul et de bois permettent d'approcher les consommations réelles du site avec un écart inférieur à 2,9 %, ce qui permet de valider notre modèle. Les consommations réelles sont la moyenne des consommations sur les trois dernières années.

Les consommations énergétiques sont estimées à partir des déperditions des bâtiments, des températures de consigne et des rendements liés à la génération, distribution et émission de chaleur. Notre méthode tient compte des apports solaires et internes.

D.2 – Reconsolidation des consommations d'électricité

D.2.2 – Répartitions des consommations par poste

	Consommation (MWh/an)		
	Ecoles	Cantine	Salle Annequin
Eclairage	12	1	3
Bureautique	0	0	0
Ventilation	1	1	0
Auxiliaire de chauffage	6	6	8
ECS	0	8	0
Cuisine	0	5,2	0
TOTAL	19	16	11



Les consommations électriques ont également pu être reconsolidées, avec un écart de 3,2 %, 2,5 et 3,7 % pour les écoles, la cantine et la salle Annequin, respectivement. Ces écarts sont faibles et permettent de valider notre modèle.

L'électricité est utilisée très différemment sur ces sites. Les écoles primaires et maternelles consomment la majorité pour leur éclairage et le reste pour les auxiliaires de chauffage (pompes, brûleurs etc.). La ventilation n'a qu'un faible impact dans la mesure où uniquement les sanitaires en sont équipés.

La cantine utilise majorité l'électricité pour sa production d'ECS. L'éclairage performant en T5 sur l'ensemble de ce bâtiment permet de réduire les consommations liées à ce poste.

La salle Annequin ne dispose que de très peu d'installations. Les consommations se divisent donc logiquement entre les auxiliaires de chauffage de la production fioul et l'éclairage (ce bâtiment est particulièrement sombre).

E – PRECONISATIONS

Description des préconisations

Thème	Intitulé	Description technique
Actions sur le bâtiment	Isolation des murs extérieurs de l'école primaire	Isoler les murs donnant sur l'extérieur par une isolant ayant une résistance thermique supérieure à 4 m ² .K/W. Cette isolation pourrait être réalisée par l'extérieur (ITE).
	Changement des menuiseries des écoles	Remplacement de toutes les menuiseries actuelles des écoles par des menuiseries en double vitrage 4/16/4 présentant un coefficient U de 1,3 W/m ² .K maximum
Actions sur les installations techniques	Rénovation de la chaufferie des écoles – Chaufferie bois	Mise en place d'une chaudière à granulés pour les deux écoles
	Réfection de la VMC des écoles	Réfection du système de ventilation des écoles
	Chaufferie bois – Salle des fêtes et cantine	Mise en place d'une chaudière bois pour la cantine et la salle des fêtes
	Mise en place d'une CTA dans la salle de fêtes	Remplacement du générateur d'air chaud de la salle des fêtes par une CTA
	Réfection de l'éclairage	Remplacement des luminaires de type T8 par des luminaires de type T5

Bâti	1 – Isolation des murs de l’école primaire			
	Les murs de l’école primaire sont isolés par l’intérieur. Afin d’augmenter les performances thermiques et ainsi diminuer les déperditions du bâtiment, nous conseillons de réaliser une isolation thermique par l’extérieur. Cette isolation se composera de 20 cm de polystyrène expansé. Nous considérons la mise en place de 385 m ² d’isolant.			
<i>Cette action permet d’appliquer les critères techniques de la fiche CEE BAT-EN-102 (R ≥ 3,7 m².K/W)</i>				
	Investissement	Economies		TRB
	55 000 € HT	11 MWh	800 € HT	➤ 69 ans
	2 – Changement des menuiseries			
	Les menuiseries actuelles sont majoritairement en double vitrage aluminium avec une lame d’air dont l’épaisseur varie entre 6 et 12 mm. Nous préconisons la mise en place d’ouvrants en double vitrage 4/16/4 en PVC à remplissage argon. Ces ouvrants devront présenter un coefficient de déperdition U de 1,3 W/m ² .K maximum et un facteur solaire Sw de 0,35. Nous considérons le remplacement de 56 fenêtres pour une surface de 200 m ² .			
	<i>Cette action permet d’appliquer les critères techniques de la fiche CEE BAT-EN-104 .</i>			
	Investissement	Economies		TRB
	102 000 € HT	15,5 MWh	1 100 € HT	➤ 92 ans
Systèmes	3 – Rénovation de la chaufferie de l’école – Chaufferie bois			
	La chaufferie actuelle des deux écoles fonctionnent au fioul domestique. Les systèmes de production de chaleur sont vétustes et une réflexion sur le remplacement des chaudières, combiné avec un changement d’énergie est en cours. Ainsi nous préconisons le passage au bois granulés, comme pour la chaudière de la cantine et l’installation d’une chaudière bois d’une puissance de 100 kW. Un silo textile sera installé dans un local à aménager dans les sous-sol à proximité de la chaudière. Le chiffrage de la préconisation prévoit la dépose des anciennes chaudières, la pose de la nouvelle chaudière, les coûts d’investissement de la chaudière, de son silo et de ses accessoires. Les équipements de distribution seront conservés.			
	Investissement	Economies		TRB
	40 000 € HT	25,5 MWh	5 000 € HT	10 ans
Systèmes	4 – Réfection de la VMC des écoles			
	Il a été constaté durant les visites que la ventilation des classes était sous dimensionnée. En effet, ces classes ne comportent qu’une bouche d’extraction dont le débit traité excède rarement 100 m ³ /h, ainsi, le renouvellement d’air réglementaire n’est pas assuré. Nous préconisons la réfection du système de ventilation en installant davantage de bouche d’extraction, et en installant un caisson d’extraction capable de traiter un volume de renouvellement d’air réglementaire estimé à 3 700 m ³ /h environ.			
<i>Cette action permet d’appliquer les critères techniques de la fiche CEE BAT-TH-125.</i>				
	Investissement	Economies		TRB
	28 000 € HT	-4 MWh	- 400 € HT	-

Systèmes	5 – Création d'une chaufferie bois propre à la cantine et la salle des fêtes et mis en place d'une CTA dans la salle des fêtes										
	<p>La salle des fêtes est actuellement chauffée au fioul par générateur d'air chaud. Quant à la cantine, elle est chauffée par l'intermédiaire d'une chaudière au bois granulés. Afin de changer définitivement d'énergie et de ne plus avoir recours à une énergie fossile polluante, nous préconisons la mise en place d'une chaudière au bois granulés qui fournirait la chaleur aux deux bâtiments, et donc la dépose de la chaudière bois actuelle de la cantine pour la transférer dans un autre bâtiment.</p> <p>Cette préconisation sera l'occasion de remplacer le générateur d'air chaud de la salle par une centrale de traitement d'air. Celle-ci assurera un débit d'environ 5 000 m³/h et sera de type double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait par échangeur à roue à haut rendement. La centrale comportera une batterie chaude alimentée par la chaufferie bois. Un réseau de gaine aéraulique devra être créé et des diffuseurs d'air seront mis en place.</p> <p>Un circuit hydraulique devra donc être créé pour relier la chaudière à la batterie de la future CTA.</p> <p>La nouvelle chaudière bois à installer sera d'une puissance d'environ 70 kW. L'actuel silo servira toujours de lieu de stockage : bien que dimensionné pour une chaudière de plus faible puissance, le maintien de ce silo engendrera un nombre de rotation de chargement plus important.</p> <p>Actuellement, pour assurer le chauffage de la cantine (31 188 kWh/an), deux rotations hivernales suffisent à alimenter le silo en granulés bois. Pour chauffer également la salle des fêtes (43 992 kWh/an) à partir de la même chaufferie, il faudra donc plus que doubler cet apport, dans l'hypothèse que le silo déjà en place soit conservé. Le nombre de rotation passera donc de 2 à 4 ou 5.</p> <p>Il sera toujours possible d'agrandir le silo actuel mais cette alternative n'a pas été retenue par nos soins.</p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Investissement</th><th colspan="2">Economies</th><th>TRB</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45 000 € HT</td><td>13 MWh</td><td>900 € HT</td><td>50 ans</td></tr> </tbody> </table>				Investissement	Economies		TRB	45 000 € HT	13 MWh	900 € HT	50 ans
Investissement	Economies		TRB								
45 000 € HT	13 MWh	900 € HT	50 ans								

Systèmes	6 – Rénovation de l'éclairage pour les deux écoles										
	<p>Les bâtiments sont éclairés via des tubes fluorescents de type T8. Il existe des systèmes d'éclairage plus performants, moins consommateurs et bénéficiant d'une durée de vie supérieure. Une campagne de relamping à réaliser sur la durée dès que les tubes tombent en panne permettrait de réduire jusqu'à 50% les consommations électriques liées à l'éclairage. Notre chiffrage a été calibré sur un volume de 130 blocs de tubes fluorescents de type T5.</p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Investissement</th><th colspan="2">Economies</th><th>TRB</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31 000 € HT</td><td>4 000 MWh</td><td>700 € HT</td><td>48 ans</td></tr> </tbody> </table>				Investissement	Economies		TRB	31 000 € HT	4 000 MWh	700 € HT	48 ans
Investissement	Economies		TRB								
31 000 € HT	4 000 MWh	700 € HT	48 ans								

F – SCENARIOS

SCENARIO 1

Scénario 1

Les consommations indiquées ci-après renvoient à celles des quatre bâtiments.

Situation actuelle

Consommations en EF _{PCS} :	256 MWh	171 kWh/m ² .an	Emissions de GES :	58 t.éq CO ₂	39 kgCO ₂ /m ² .an
Consommations en EP _{PCI} :	318 MWh	212 kWh/m ² .an			

Données

Surface	1 500 m ²	Coût énergie(s) de chauffage	60,0 €HT/MWh	Coût de l'électricité	120,0 €HT/MWh
---------	----------------------	------------------------------	--------------	-----------------------	---------------

Liste des actions concernées

N°	Intitulé	Coût travaux
2.1	Rénovation de la chaufferie des écoles - Chaufferie bois	40 000 €
	Total Investissement	40 000 €
	Ratio d'investissement (€/m² utile)	27 €/m²

Résultats

Economies d'énergie finale	26 MWh
Emissions de gaz à effet de serre évitées	35 t.éq CO ₂
Impact économique sur le coût du P1	-4 100 € TTC
Impact économique annuel total	-4 100 € TTC

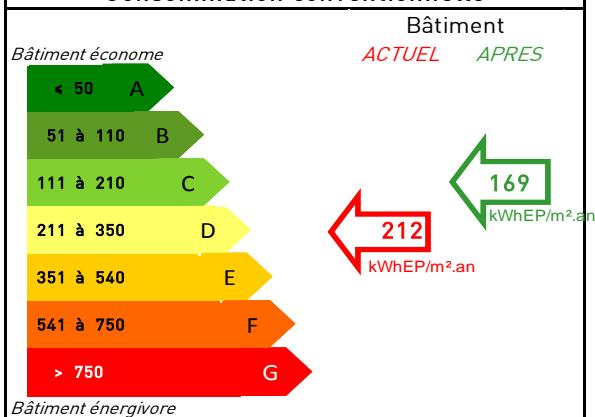
Le scénario permet une réduction de 20 % des consommations en énergie primaire

et de 60% des émissions de GES

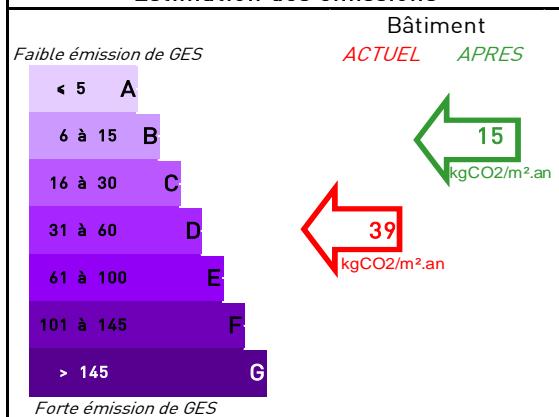
Situation après investissement

Consommations en EF _{PCS} :	230 MWh	153 kWh/m ² .an	Emissions de GES :	23 t.éq CO ₂	15 kgCO ₂ /m ² .an
Consommations en EP _{PCI} :	254 MWh	169 kWh/m ² .an			

Consommation conventionnelle



Estimation des émissions



Il a été choisi de ne pas préconiser la réfection de la VMC dans ce scénario, bien que l'installation actuelle ne permette pas de respecter la future réglementation. Même en choisissant ce scénario, il faut garder à l'esprit qu'une action sur la VMC dans quelques années sera probablement nécessaire.

SCENARIO 2

Scénario 2

Les consommations indiquées ci-après renvoient à celles des quatre bâtiments.

Situation actuelle

Consommations en EF _{PCS} :	256 MWh	171 kWh/m ² .an	Emissions de GES :	58 t.éq CO ₂	39 kgCO ₂ /m ² .an
Consommations en EP _{PCI} :	318 MWh	212 kWh/m ² .an			

Données

Surface	1 500 m ²	Coût énergie(s) de chauffage	75,0 €HT/MWh	Coût de l'électricité	150,0 €HT/MWh
---------	----------------------	------------------------------	--------------	-----------------------	---------------

Liste des actions concernées

N°	Intitulé	Coût travaux
1.2	Changement des menuiseries des écoles	102 000 €
2.2	Rénovation de la VMC des écoles	28 000 €
2.4	Rénovation de l'éclairage	31 000 €
2.1	Rénovation de la chaufferie des écoles - Chaufferie bois	40 000 €
2.3	Création d'une chaufferie bois propre à la cantine et la salle des fêtes et mis en place d'une CTA dans la salle des fêtes	45 000 €
Total Investissement		246 000 €
Ratio d'investissement (€/m² utile)		164 €/m²

Résultats

Economies d'énergie finale	60 MWh
Emissions de gaz à effet de serre évitées	52 t.éq CO ₂
Impact économique sur le coût du P1	-9 400 € TTC
Impact économique annuel total	-9 400 € TTC

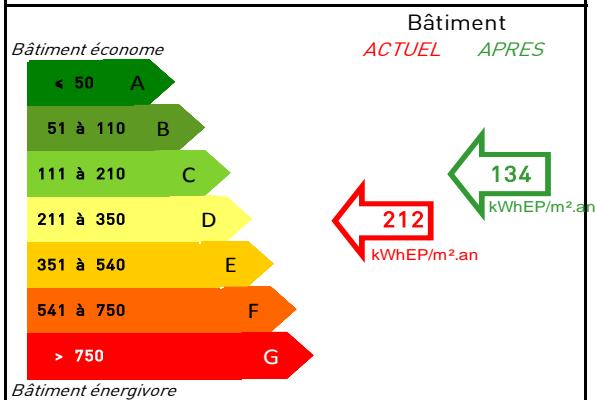
Le scénario permet une réduction de 37 % des consommations en énergie primaire

et de 90% des émissions de GES

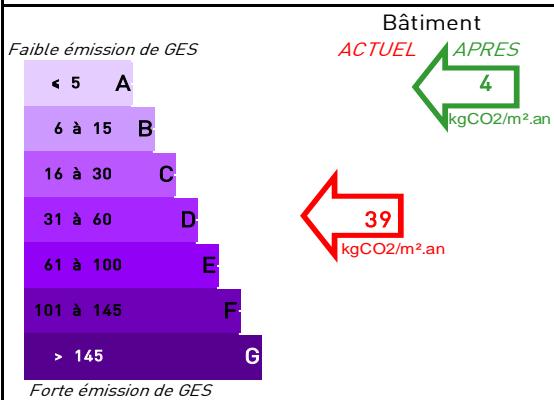
Situation après investissement

Consommations en EF _{PCS} :	196 MWh	131 kWh/m ² .an	Emissions de GES :	6 t.éq CO ₂	4 kgCO ₂ /m ² .an
Consommations en EP _{PCI} :	200 MWh	134 kWh/m ² .an			

Consommation conventionnelle



Estimation des émissions



SCENARIO 3

Scénario 3

Les consommations indiquées ci-après renvoient à celles des quatre bâtiments.

Situation actuelle

Consommations en EF _{PCS} :	256 MWh	171 kWh/m ² .an	Emissions de GES :	58 t.éq CO ₂	39 kgCO ₂ /m ² .an
Consommations en EP _{PCI} :	318 MWh	212 kWh/m ² .an			

Données

Surface	1 500 m ²	Coût énergie(s) de chauffage	75,0 €HT/MWh	Coût de l'électricité	150,0 €HT/MWh
---------	----------------------	------------------------------	--------------	-----------------------	---------------

Liste des actions concernées

N°	Intitulé	Coût travaux
1.1	Isolation des murs de l'école primaire	55 000 €
1.2	Changement des menuiseries des écoles	102 000 €
2.2	Rénovation de la VMC des écoles	28 000 €
2.4	Rénovation de l'éclairage	31 000 €
2.1	Rénovation de la chaufferie des écoles - Chaufferie bois	40 000 €
2.3	Création d'une chaufferie bois propre à la cantine et la salle des fêtes et mis en place d'une CTA dans la salle des fêtes	45 000 €
Total Investissement		301 000 €
Ratio d'investissement (€/m² utile)		201 €/m²

Résultats

Economies d'énergie finale	71 MWh
Emissions de gaz à effet de serre évitées	52 t.éq CO ₂
Impact économique sur le coût du P1	-10 100 € TTC
Impact économique annuel total	-10 100 € TTC

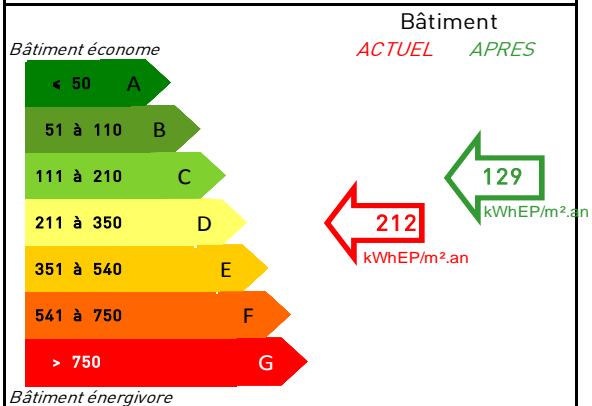
Le scénario permet une réduction de 39 % des consommations en énergie primaire

et de 91% des émissions de GES

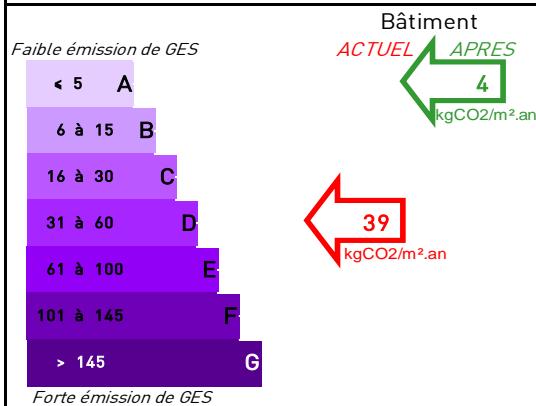
Situation après investissement

Consommations en EF _{PCS} :	185 MWh	123 kWh/m ² .an	Emissions de GES :	5 t.éq CO ₂	4 kgCO ₂ /m ² .an
Consommations en EP _{PCI} :	194 MWh	129 kWh/m ² .an			

Consommation conventionnelle



Estimation des émissions



G-Travaux induits

Les différentes actions préconisées induisent des travaux, listés ci-dessous :

- ITE : prévoir des travaux de ravalement de façades
- Changement des menuiseries des écoles : reprise du placo dans le cas d'une dépose totale, et/ou reprise ponctuelle de la peinture
- Rénovation chaufferie des écoles : désamiantage éventuel, notamment de la peinture des tuyauteries et des joints de bride des chaudières et brûleurs
- Réfection de la VMC des écoles : prévoir des traversées de dalles/murs porteurs (carottage) et de cloisons avec réfection du plâtre et de la peinture le cas échéant. Cela nécessitera égale la pose/repose du faux-plafond