

Optimisation énergétique du Domaine des Hocquettes Suresnes

Rapport final d'étude énergétique

BATIMENT C

Affaire n°1IF92510074

Mai 2011



TABLE DES MATIÈRES

1	ETAT DES LIEUX DE L'EXISTANT	1
1.1	DESCRIPTION DU BATIMENT :	1
1.1.1	Description :	1
1.1.2	Caractéristiques des parois :	2
1.1.3	Nombre d'appartements et surfaces :	4
1.2	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS CLIMATIQUES :	4
1.2.1	Description des installations de chauffage et d'eau chaude sanitaire :	4
1.2.2	Description des installations de ventilation :	8
2	BILAN ENERGETIQUE DU BATIMENT	9
2.1	CALCUL DU COEFFICIENT DE DEPERDITION THERMIQUE DU BATIMENT	9
2.2	DETERMINATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES REELLES	11
2.2.1	Données pour la totalité du domaine	11
2.2.2	Consommation en gaz liée au poste « chauffage »:	14
2.2.3	Consommation en gaz liée au poste « E.C.S. » :	15
2.2.4	Répartition des consommations gaz réelles :	16
2.2.5	Estimation de la consommation électrique liée au poste « Éclairage » :	16
2.2.6	Estimation de la consommation électrique liée au poste « Divers électriques » :	17
2.2.7	Estimation de la consommation électrique liée au poste « Aérothermes » :	18
2.2.8	Répartition des estimations de consommations électriques :	19
2.3	DETERMINATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES THEORIQUES :	19
2.3.1	Démarche	19
2.3.2	Consommations théoriques du bâtiment C :	20
3	PRECONISATIONS	23
3.1	MISE EN PLACE DES RECOMMANDATIONS :	23
3.2	IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS SUR LE BÂTI :	24
3.2.1	Démarche	24
3.2.2	Consommations théoriques après réhabilitation du bâti.....	25
3.2.3	Chiffrage des recommandations « bâti » :	26
3.2.4	Étude technico économique « bâti » :	27
3.3	IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS C.V.C. :	28
3.3.1	Chiffrage des recommandations « C.V.C. » :	28
3.3.2	Étude technico économique « C.V.C. » :	29
3.4	IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS GLOBALES :	30
4	GLOSSAIRE	31

1.1 DESCRIPTION DU BATIMENT :

Le bâtiment « C » a pour principales caractéristiques :

- Année de construction : 1955.
- Surface totale (SHON) : 3089m² dont 716 m² au sol,
- Nombre de niveaux : R+3 avec un niveau de sous sol (caves), rez-de-jardin et un niveau de combles non chauffés.
- Nombre de logements : 36.
- Chauffage par aérothermes alimentés en eau chaude par la chaufferie.



Figure 1 : Le domaine des Hocquettes et le bâtiment « C »

1.1.1 Description :

Le bâtiment se situe dans le domaine des Hocquettes, résidence de copropriété ceinturée par le Boulevard du Marechal Delattre de Tassigny, le chemin des Hocquettes et la rue du docteur Emile Roux à Suresnes (92150).

Construit au milieu des années 1950, ce bâtiment est reconnaissable par sa forme rectangulaire en redan. L'édifice est constitué d'une toiture à deux pans en charpente bois et possède des combles aménagés en box de rangements. Il possède d'autre part un sous-sol aménagé en caves et un rez-de-jardin à l'Est.

1.1.2 Caractéristiques des parois :

Parois	Descriptif
Murs extérieurs	Murs en béton d'une épaisseur de 30 cm avec doublage (vide d'air) non isolés (sauf aux pignons), plaque de plâtre BA13 et enduit extérieur (Épaisseur totale du mur = 32 cm). Présence de balcons et loggias.
Menuiseries	Menuiseries Bois simple vitrage et menuiseries PVC double vitrage 4/12/4 selon propriétaires.
Plancher	Plancher hourdis (17cm) et béton de compression (13cm) non isolé.
Toiture	Combles aménagés en box sans isolation.

Tableau 1 : Caractéristiques des parois



Figure 2 : Caractéristiques des différentes parois

Ce bâtiment a la particularité de posséder un rez-de-jardin tourné essentiellement vers le parc intérieur avec une « baie » en simple vitrage.

Les façades Sud et Est ci-dessus admettent de nombreux loggias et balcons tandis que la façade nord n'en admet aucun (Cf. figure 1).



Figure 3 : Caractéristiques des pignons

Les deux pignons ont été isolés récemment par l'extérieur par l'ajout de deux panneaux de polyuréthane entrecroisés de 3cm chacun portant l'épaisseur de l'isolant à 6cm sur ces deux parties du bâtiment.



Figure 4 : Caractéristiques de la toiture

La toiture n'est pas isolée et possède des fenêtres en simple vitrage bois permettant l'entrée de l'air. De plus, le plancher est en bois ancien. On considère que ce grenier est à la température extérieure.

1.1.3 Nombre d'appartements et surfaces :

Types d'appartements	Nombre	SHON (m ²)/appt
T3	28	70
T5	4	94
T5 bis	3	135
T6 bis	1	135
Total	36	2876

Tableau 2 : Nombre d'appartements et leurs surfaces

Nota : La Surface Hors Œuvre Nette (S.H.O.N.) totale est inférieure à la S.H.O.N. précédemment citée car elle est exprimée par appartement et non pour un niveau total (retrait des murs entre les appartements). Le nombre d'occupants par appartement est une estimation réalisée au prorata du nombre de copropriétaires total et des surfaces par bâtiment.

1.2 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS CLIMATIQUES :

1.2.1 Description des installations de chauffage et d'eau chaude sanitaire :

✓ Description :

Le bâtiment C est alimenté en chauffage par la chaufferie en sous-sol (proximité bâtiment D).

La chaufferie:

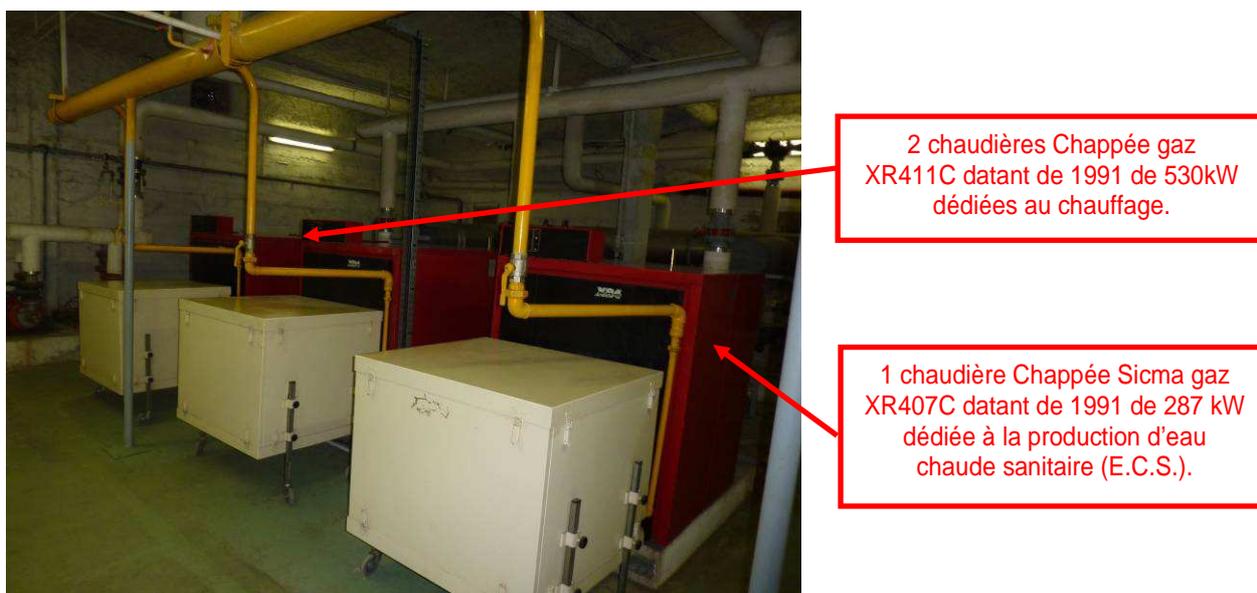


Figure 5 : Description des chaudières

La production d'eau chaude sanitaire:

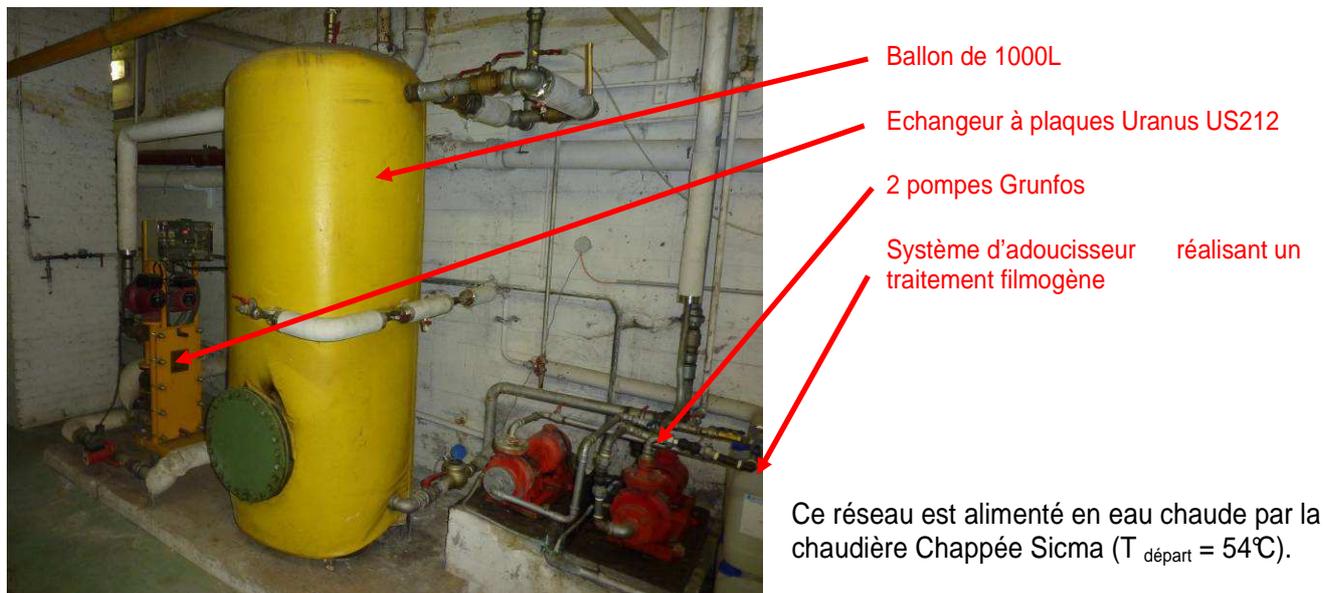


Figure 6 : Description du système d'alimentation en E.C.S.

Etat actuel de la chaufferie :



Figure 7 : Etat de la chaufferie

Notons, à la vue de ces photographies, que l'état global des circuits est relativement vétuste comme l'atteste la dégradation du calorifugeage, l'encrassement de l'échangeur à plaque et les traces de rouille et de fuites sur les pompes.

Cela affecte fortement les pertes de charge des réseaux et le rendement de l'échangeur.

- ✓ L'émission de chauffage dans les logements :

Aérothermes CIAT (d'origine) installés dans une gaine technique à l'entrée du logement. Ils alimentent un réseau aéraulique en faux plafond pour émettre de l'air chaud dans les pièces principales par l'intermédiaire de grilles de ventilations en partie haute. Il y a une reprise d'air en pied de gaine technique.



Figure 8 : Aérotherme dans le placard d'entrée et grilles de soufflage et de reprise

Le réseau d'eau chaude qui alimente ces aérothermes possède des vannes TA équilibrant les besoins dans le bâtiment en fonction de la distance à la source de production.

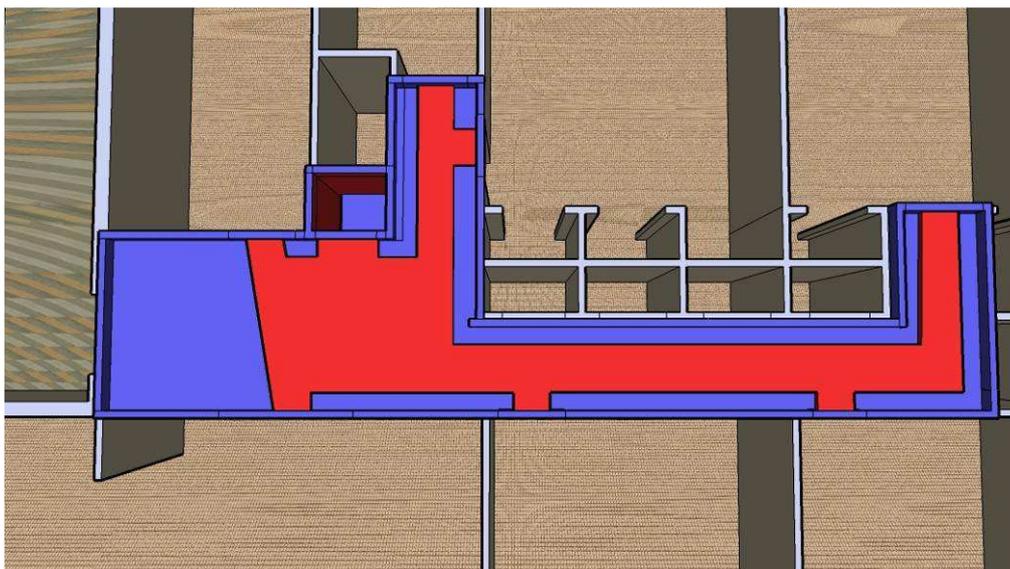


Figure 9 : Exemple de réseau aéraulique en faux plafond

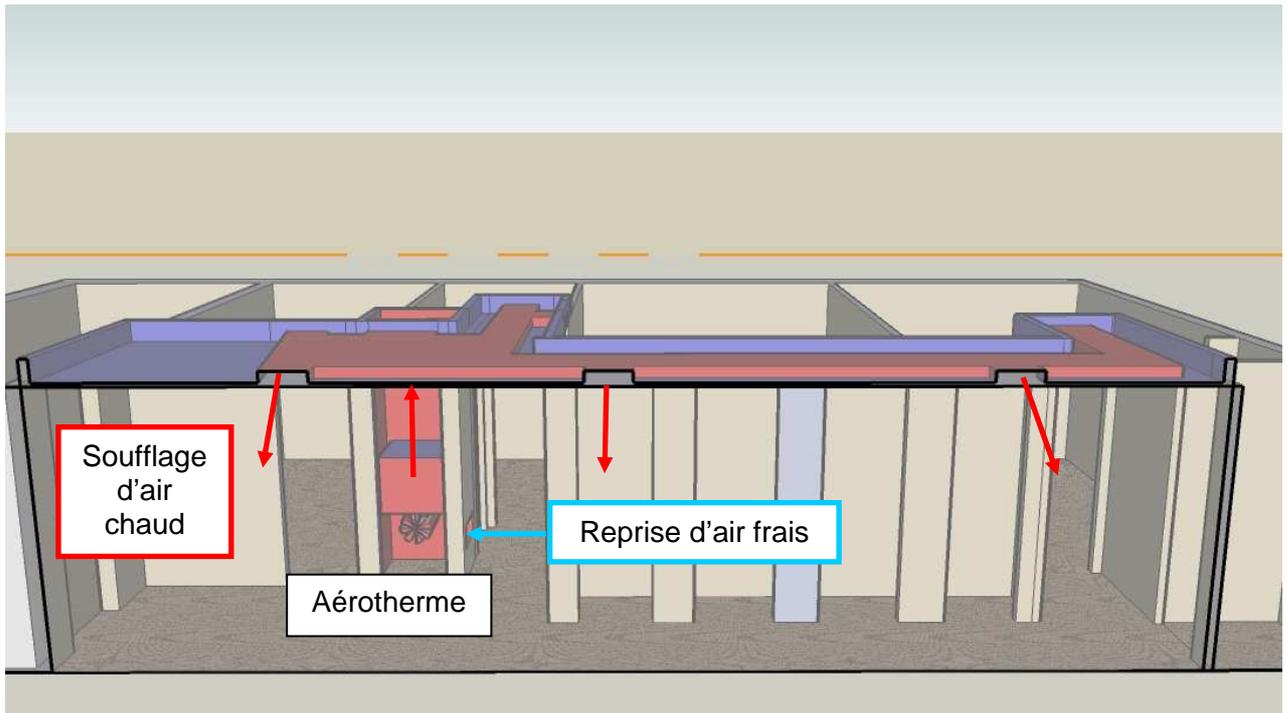


Figure 10 : Coupe et description du réseau aéraulique

L'air est repris en partie basse du placard, passe dans la batterie d'eau chaude grâce au ventilateur de l'aérotherme et est soufflé dans les pièces principales par l'intermédiaire du réseau aéraulique en faux plafond.

- ✓ Gestion du chauffage dans les logements :



Figure 11 : Thermostat

La température de consigne des logements est gérée par un thermostat manuel.

1.2.2 Description des installations de ventilation :

Le bâtiment ne dispose pas de VMC. Cependant, il existe une ventilation naturelle fonctionnant par balayage des logements.

Entrée d'air neuf en partie haute des menuiseries, dévoiement sous les portes et extraction dans les locaux techniques par des grilles en partie haute assurant un tirage naturel de l'air vicié.

2.1 CALCUL DU COEFFICIENT DE DEPERDITION THERMIQUE DU BATIMENT

Les coefficients de déperdition thermique des différents éléments surfaciques sont présentés dans le tableau suivant :

Parois		
Type	Surface	U (en m ² de paroi)
Murs extérieurs	1 193 m ²	0,43 W/m ² .°C
Murs extérieurs	160 m ²	0,20 W/m ² .°C
Plancher haut	716 m ²	2,20 W/m ² .°C
Plancher bas	225 m ²	1,27 W/m ² .°C
Plancher bas	491 m ²	1,27 W/m ² .°C
Vitrages	250 m ²	2,79 W/m ² .°C
Murs extérieurs	727 m ²	2,85 W/m ² .°C
Vitrages	294 m ²	5,41 W/m ² .°C
Ponts thermiques		552 W/K

Tableau 3 : Caractéristiques des parois considérées

Pour le poste infiltration/ventilation, nous avons considéré un ratio de 1,7 m³/h/m² façade ce qui caractérise la porosité du bâtiment.

Ces éléments conduisent aux pertes thermiques suivantes, illustrées sur la figure ci-dessous.

Pertes thermiques		
Parois opaques	33 kW	17%
Toiture	41 kW	22%
Plancher bas	13 kW	7%
Vitrages	59 kW	31%
Ponts thermiques	14 kW	8%
Infiltration / ventilation	29 kW	15%
Total	189 kW	100%

Tableau 4 : Déperditions du bâtiment

Répartition des pertes de chaleur

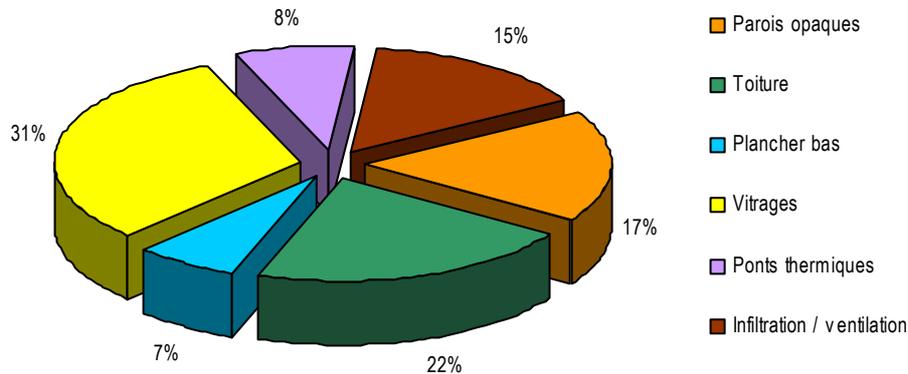


Figure 12 : Répartition des déperditions thermiques

Les principaux postes déperditifs sont :

- Les vitrages avec 59 kW soit 31% des pertes.
- La toiture avec 41 kW soit 22% des pertes.
- Les parois opaques avec 33 kW soit 17% des pertes.

Avec ces éléments, le coefficient de déperdition thermique du bâtiment ($U_{bât}$) est de **2.00 W/m²surface déperditive.K**.

Pour indication, le coefficient de déperditions de référence de la RT2005, $U_{bât\ ref}$, a été évalué. Il s'élève à **0,611 W/m².K**.

	U garde fous (W/m ² .K)	Valeur référence	Surface (m ²) / Linéique (ml)	$\sum a_i A_i / \sum a_i L_i$
Murs en contact avec l'extérieur	0,45	0,4	1 193 m ²	477,312
Mur en contact avec un LnC	0,47	0,47	250 m ²	117,5
Planchers hauts en béton ou maçonnerie	0,34	0,27	225 m ²	60,75
Planchers bas sur local non chauffé	0,4	0,36	1 218 m ²	438,3216
Fenêtre et portes fenêtres donnant sur l'extérieur	2,6	2,1	160 m ²	336
Linéique Plancher bas / murs	1,2	0,40	154,00	61,6
Plancher intermédiaire ss combles / murs	1,2	0,6	462	277,2
Linéique Toitures terrasse / murs	1,2	0,6	154,00	92,4
			$\sum a_i A_i + \sum a_i L_i$	1861,0836
			Total surface (m ²)	3 046 m ²
			$U_{bât\ ref}$	0,611 W/m² SHON.°C
			$U_{bât}$	2,001 W/m² SHON.°C

Tableau 5 : Conformité du bâtiment à la réglementation thermique 2005

Cet écart conséquent témoigne des travaux de réhabilitation du bâti à réaliser pour atteindre un confort thermique plus conventionnel.

Les propositions de rénovation sont regroupées dans le tableau suivant. Il s'agit de pistes ciblées suivi d'un ratio de gain énergétique, qui au stade actuel de l'étude, n'est qu'indicatif et non contractuel.

Bâtiment	Améliorations envisageables sur le bâti
Bâtiment C	Isolation des combles par de la laine de verre déroulée (ép. 200 mm) Changement des menuiseries Bois simple vitrage par PVC double vitrage Isolation des parois opaques par l'extérieure (ép. 60mm polyuréthane + 20mm d'enduit)

Tableau 6 : Améliorations envisageables sur le bâti

Nota : Ces interventions sur le bâti vont par conséquent réduire les déperditions liées aux infiltrations et à la ventilation. Le bâtiment sera donc plus étanche.

2.2 DETERMINATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES REELLES

2.2.1 Données pour la totalité du domaine

Les données énergétiques et techniques transmises par les représentants du syndicat de copropriété du Domaine des Hocquettes sont les suivantes :

- la facture de gaz relative aux consommations des chaudières.
- la facture relative à l'abonnement.
- la facture relative au contrat P3.

Ces factures sont exprimées sur une durée de 9 ans allant de 2002 à 2010.

Equivalence	Année du paiement								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Abonnement	23 536 €	10 440 €	10 963 €	10 738 €	11 116 €	3 771 €	14 131 €	14 756 €	12 628 €
Consommation	50 732 €	50 959 €	54 015 €	55 229 €	70 720 €	58 888 €	75 337 €	82 328 €	71 033 €
Inflation	0%	6%	2%	28%	-16%	28%	9%	-14%	0%
Contrat P3	2 273 €	1 146 €	0 €	1 706 €	1 259 €	0 €	0 €	0 €	381 €
Total	76 542 €	62 545 €	64 978 €	67 672 €	83 095 €	72 660 €	89 468 €	97 084 €	84 495 €

Tableau 7 : Factures de gaz du domaine des Hocquettes

Nous nous intéressons aux consommations annuelles de gaz car les données concernant l'abonnement et le contrat P3 varient peu (hormis pour l'année 2002).

Nous avons comparé l'évolution des D.J.U. annuels (degrés jours unifiés caractérisant la rigueur climatique) avec les consommations annuelles de gaz et les consommations énergétiques en MWh (avec inflation) de 2002 à 2009. Plus le D.J.U. annuel est élevé, plus l'hiver est rigoureux.

Années	Consommation de gaz (€)	DJU	MWh/an PCS avec inflation	Prix MWh (€)
2002	50 732 €	2011	1371	37 €
2003	50 959 €	2223	1378	37 €
2004	54 015 €	2280	1396	39 €
2005	55 229 €	2234	1390	40 €
2006	70 720 €	2196	1414	50 €
2007	58 888 €	1993	1065	55 €
2008	75 337 €	2296	1335	56 €
2009	82 328 €	2227	1696	49 €

Tableau 8 : Synthèse des données sur les factures de gaz

Nota : Il s'agit de la consommation en MWh/an P.C.S. : le pouvoir calorifique supérieur à volume constant d'un combustible représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de masse du combustible.

- Approche financière :

Evolution des consommations de gaz (€) par rapportaux DJU

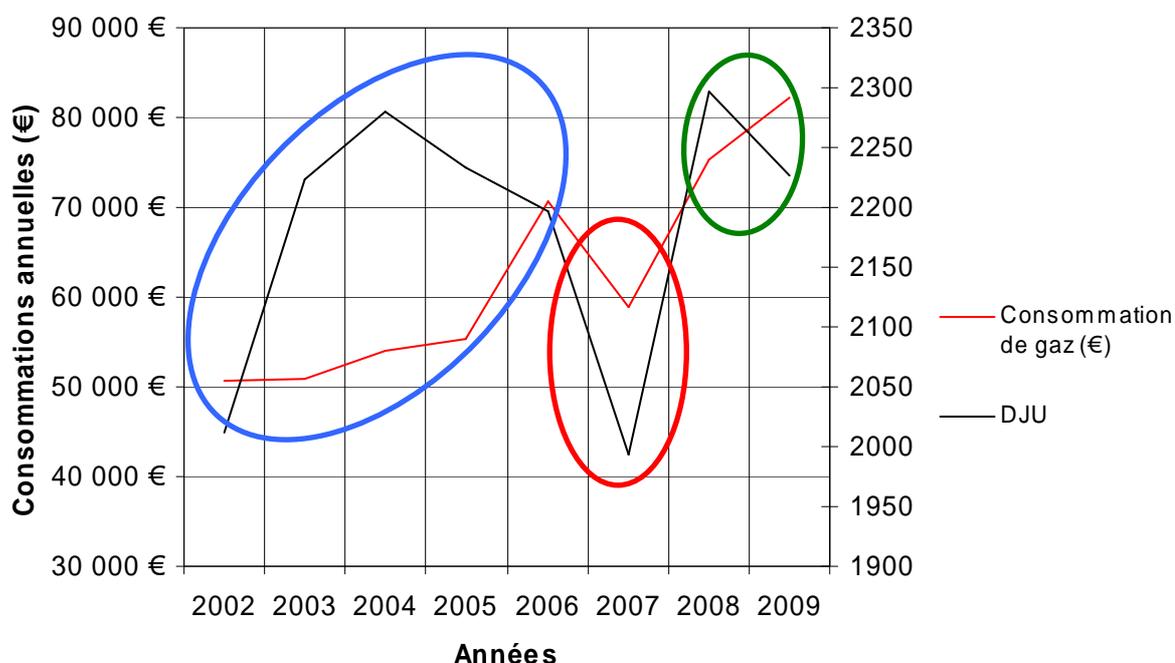


Figure 13 : Évolution des consommations de gaz (€) par rapport aux D.J.U.

- Approche énergétique :

Evolution des consommations de gaz (MWh/an) par rapport aux DJU

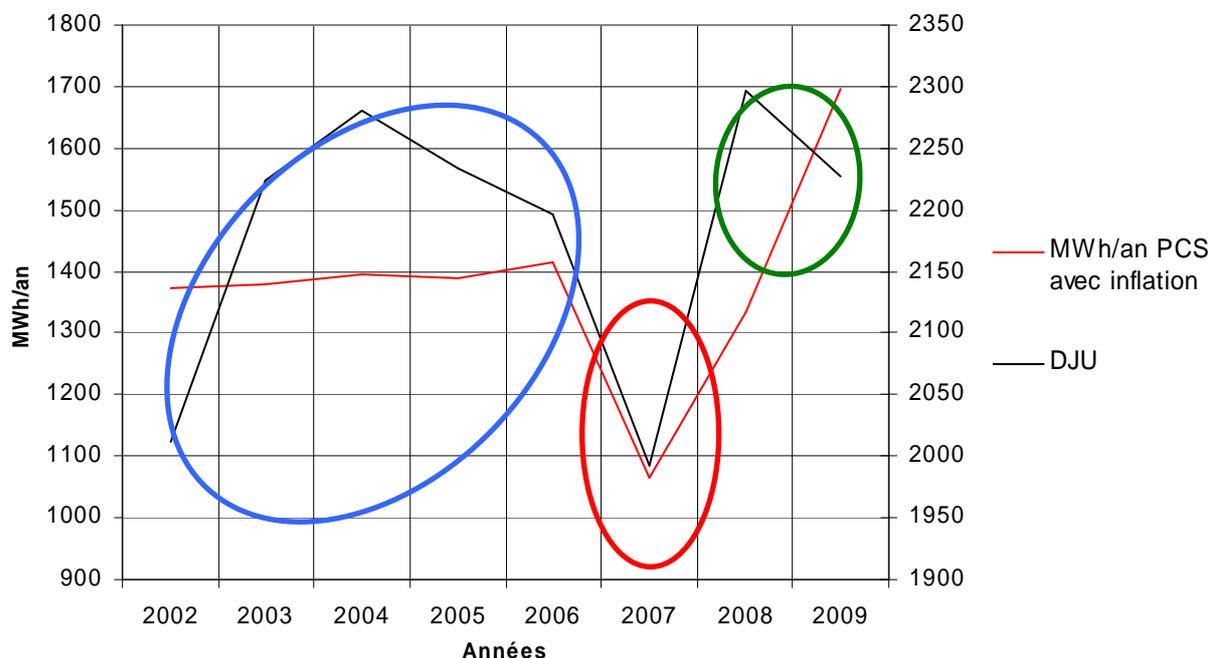


Figure 14 : Évolution des consommations de gaz (MWh/an) par rapport au D.J.U.

✓ Interprétation :

2002 à 2006 : les courbes de consommations de gaz ne suivent pas la même tendance que celle des D.J.U. annuels, ceci peut s'expliquer par une sous consommation de gaz.

2006 à 2008 : les courbes de consommations de gaz diminuent en 2007 et repartent à la hausse en 2008 tout comme celle des D.J.U.

2008 à 2009 : les courbes des consommations de gaz continuent d'augmenter tandis que la courbe des D.J.U. repart à la baisse, ceci peut s'expliquer par une surconsommation de gaz.

✓ Causes possibles :

On déduit que le système de chauffage n'est pas adapté. Il répond à la fois trop et insuffisamment aux besoins du domaine.

Ceci peut provenir d'un mauvais équilibrage des circuits d'eau chaude du à la vétusté constatée de ceux-ci.

Les vannes TA n'interviennent plus de manière optimale ce qui influence les autres organes montés sur le circuit: vannes de régulation, émetteurs de chauffage, unités terminales.

Hormis l'usure avancée des panoplies en chaufferie, nous avons constaté de nombreux défauts de calorifugeage des circuits en partie haute des caves.



Figure 15 : Calorifugeage dégradé sur les circuits dans les caves

2.2.2 Consommation en gaz liée au poste « chauffage » :

Pour la consommation réelle en gaz pour le chauffage, nous avons tout d'abord établi la moyenne de consommation en MWh de 2002 à 2009 :

Années	MWh/an PCS avec inflation
2002	1371
2003	1378
2004	1396
2005	1390
2006	1414
2007	1065
2008	1335
2009	1696
Moyenne	1381

Tableau 9 : Consommation en MWh/an gaz

Nota : Nous n'avons pas pris en compte l'année 2010 car nous n'avons pas le D.J.U. de cette année. Cela ne change rien à cette moyenne car en 2010, la résidence a consommé 1464 MWh gaz ce qui ramène la moyenne annuelle à 1390 MWh.

Années	MWh/an	Surface C (m ²)
		3089
2002	1371	344
2003	1378	346
2004	1396	351
2005	1390	349
2006	1414	355
2007	1065	267
2008	1335	335
2009	1696	426
Moyennes réelles totale (MWh/an)		381

Tableau 10 : Consommation de gaz moyenne pour le chauffage et l'E.C.S.

Le bâtiment C consomme en moyenne **381 MWh/an** de gaz naturel par an pour le chauffage et l'E.C.S. Cette valeur a été obtenue par décomposition de la facture moyenne annuelle et de surface. Ainsi nous obtenons une consommation réelle en soustrayant de l'E.C.S. réelle (paragraphe 2.2.3 ci-dessous) :

Part des consommations gaz	C
Part de l'E.C.S. réelle (MWh/an)	63
Part de chauffage réelle (MWh/an)	318
Total (MWh/an)	381

Tableau 11 : Consommation de gaz moyenne pour le chauffage et l'E.C.S.

Pour ce bâtiment, la consommation de gaz liée au chauffage est donc de **318 MWh/an environ**.

2.2.3 Consommation en gaz liée au poste « E.C.S. » :

Pour extraire cette consommation énergétique, un calcul spécifique a été réalisé par l'intermédiaire d'hypothèses :

Consommation d'E.C.S Bâtiment C														
Types d'appartements	Nombre	Consommation (l/jr)												
T3	28	2625	2520	2310	2205	2100	1680	1050	1260	1890	2205	2415	2940	
T5	4	625	600	550	525	500	400	250	300	450	525	575	700	
T5 bis	3	469	450	413	394	375	300	188	225	338	394	431	525	
T6 bis	1	188	180	165	158	150	120	75	90	135	158	173	210	
Total	36	3906	3750	3438	3281	3125	2500	1563	1875	2813	3281	3594	4375	Conso. Bât (l/jr) 3125

Tableau 12 : Caractéristiques mensuelles par type de logement pour la production d'ECS

La consommation moyenne s'élève à **3125 litres / jour** pour la totalité du bâtiment soit environ **41 litres / jour/occupant**.

Bâtiment C	
Nombre d'occupants	77
Consommation par occupant (l/jour)	41
q "ECS" kWh/m3	110
Nombre de jours de fonctionnement	183
Consommation (MWh/an)	62,9

Tableau 13 : Consommation en gaz liée au poste « ECS »

La consommation en gaz pour la production d'eau chaude sanitaire s'élève à environ **63 MWh/an**.

2.2.4 Répartition des consommations gaz réelles :

Le tableau suivant indique la part de chacune des consommations par postes énergétiques gaz :

Bâtiment C		
Postes	Consommation totale gaz (MWh/an)	Part des différents postes
Chauffage	318	83%
ECS	63	17%
Consommation réelle totale Gaz	381	100%

Tableau 14 : Répartition des consommations par poste gaz

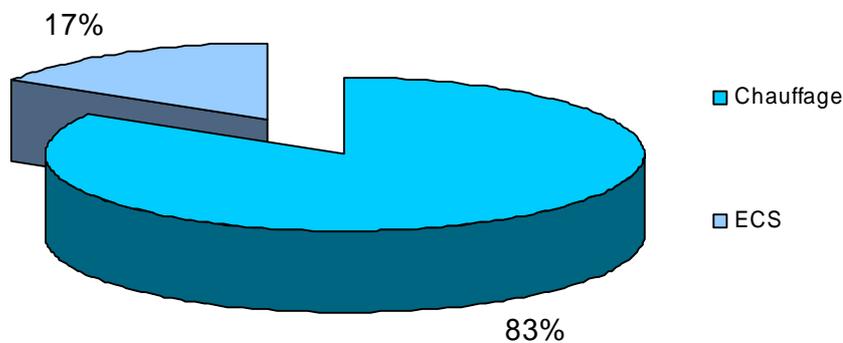


Figure 16 : Part des consommations gaz

2.2.5 Estimation de la consommation électrique liée au poste « Éclairage » :

Par l'intermédiaire des données transmises par le syndicat de copropriété et suite à nos visites sur site, nous avons pu estimer les consommations électriques pour l'éclairage intérieur avec les caractéristiques suivantes :

Pièces	Nombre d'ampoules	Puissance installée (W)
Cuisine	2	150
Séjour	3	225
WC	1	75
SdB	2	150
Chambres	2	150

Tableau 15 : Caractéristiques des installations électriques

Nous avons pris une puissance moyenne de 75W par ampoule et un temps moyen annuel d'utilisation de 639 h cumulées.

Bâtiment C			
Types d'appartements	Nombre	Puissance installée (kW)	
T3	28	25,2	
T5	4	4,8	
T5 bis	3	3,6	
T6 bis	1	1,35	MWh/an
Total	36	35	22

Tableau 16 : Consommation électrique liées au poste « éclairage »

La consommation électrique de l'éclairage intérieur s'élève à environ **22 MWh/an**. Cela représente environ 12 W/m².

Nota : Il s'agit d'estimations, celles-ci peuvent être contrecarrées. Elles sont réalisées pour l'estimation des consommations en énergie primaire.

2.2.6 Estimation de la consommation électrique liée au poste « Divers électriques » :

Les tableaux suivant regroupent les équipements électriques divers recensés et la puissance absorbée de ces derniers, suite à l'expertise sur site.

Caractéristiques		
Eléments	Puissance absorbée(kW)	Temps d'utilisation moyen annuel (h)
TV/hifi	0,07	1278
PC	0,09	357
Réfrigérateur	0,15	2920
Machine à laver	0,15	104
Lave vaisselle	0,15	365
Four	0,15	260
total	0,76	

Tableau 17 : Caractéristiques des équipements installés

Bâtiment C			
Types d'appartements	Nombre	Puissance installée (kWh/an)	
T3	28	18730	
T5	4	3034	
T5 bis	3	2275	
T6 bis	1	848	MWh/an
Total	36	24887	25

Tableau 18 : Consommation du bâtiment pour le poste « divers électriques »

La consommation électrique dédiée au poste « Divers électriques » s'élève à environ **25 MWh/an**.

2.2.7 Estimation de la consommation électrique liée au poste « Aérothermes » :

Les aérothermes représentent une consommation électrique non négligeable pour chaque appartement.

Caractéristiques des aérothermes	
Type appartement	Pabs Aérotherme (kW)
T1	0,12
T2	0,12
T3	0,22
T4	0,22
T5	0,32
T6	0,32

Tableau 19 : Caractéristiques des puissances absorbées par type de logement

Bâtiment C			
Types d'appartements	Nombre	Pabs / nbre d'appartement (kW)	
T3	28	6,16	
T5	4	1,28	
T5 bis	3	0,96	
T6 bis	1	0,32	MWh/an
Total	36	8,72	31

Tableau 20 : Consommation du bâtiment pour le poste « aérothermes »

La consommation électrique dédiée au poste « aérothermes » s'élève à environ **31 MWh/an** avec une durée de fonctionnement estimée à 15h/jour de chauffe (235 jours par an).

2.2.8 Répartition des estimations de consommations électriques :

Le tableau suivant indique la part de chacune des consommations par postes énergétiques électrique :

Bâtiment C		
Postes	Consommation totale élec (MWh/an)	Part des différents postes
Eclairage intérieur	22	29%
Divers électriques (PC/TV/Four/Réfrigérateur/...)	25	32%
Aérothermes en placards	31	39%
Consommation totale électricité	78	100%

Tableau 21 : Répartition des consommations par postes électriques

La consommation totale électrique est estimée à **78 MWh/an**.

La répartition des consommations électriques pour le bâtiment C ci-dessous permet de tirer des conclusions sur les postes énergivores :

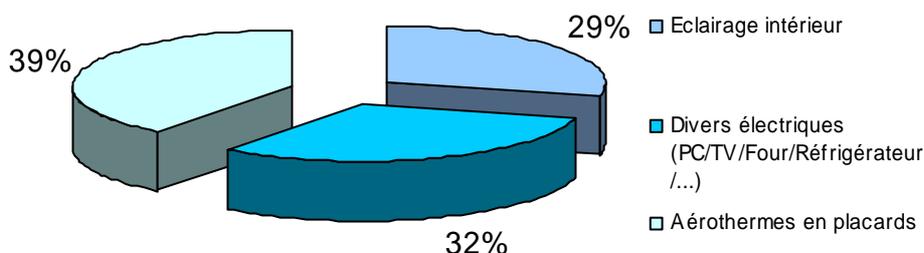


Figure 17 : Part des consommations électriques sur le bâtiment C

Les postes électriques énergivores principaux sont les aérothermes (39%) et les divers électriques (32%).

Il est pourtant possible de réaliser des économies d'électricité sur le poste « éclairage intérieur » en changeant les ampoules des différentes lampes.

Nota : Il s'agit d'estimations de consommations. En effet, nous n'avons aucune donnée sur les factures des copropriétaires. Il aurait d'ailleurs été très fastidieux de les récupérer.

2.3 DETERMINATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES THEORIQUES :

2.3.1 Démarche

Pour déterminer les consommations théoriques, nous utilisons un logiciel développé en interne.

Ce module permet de retranscrire en version dynamique le comportement du bâtiment « niveau par niveau, 24h/24 et ce, 365 jours par an.

Basé sur les résultats des bilans thermiques, divers scénarii sont tour à tour renseignés (Occupation, Température de consigne Hiver et Eté, Ventilation, éclairage Dispositif électrique) de manière à calquer parfaitement le comportement énergétique réel.

La station météorologique dynamique de Paris sert également de base aux calculs des consommations.

Ainsi, le logiciel prend en compte les **données d'entrée** suivantes :

- ✓ Base météo dynamique,
- ✓ Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment (coefficient de déperdition thermique du bâtiment déterminé précédemment),
- ✓ Hypothèses de fonctionnement du bâtiment (précisées dans les paragraphes suivants).

Le résultat de la simulation donne les **consommations théoriques** :

- ✓ Consommation d'énergie utile pour le chauffage,
- ✓ Consommation d'énergie utile pour l'eau chaude sanitaire.

Cette démarche permet d'évaluer les consommations énergétiques du bâtiment A-B. Il permet par l'intermédiaire des monotones de caractériser le comportement thermique et énergétique de ce dernier.

Elle permettra par la suite d'impacter énergétiquement les préconisations en termes d'isolations ou d'équipements CVC en modélisant le bâtiment à la suite de ces modifications.

2.3.2 Consommations théoriques du bâtiment C :

	Chauffage Batiment C	ECS Batiment C
Janvier	60,4 MWh	7,6 MWh
Février	49,2 MWh	6,8 MWh
Mars	36,8 MWh	6,9 MWh
Avril	25,4 MWh	6,1 MWh
Mai	8,7 MWh	5,7 MWh
Juin	0,0 MWh	4,9 MWh
Juillet	0,0 MWh	4,3 MWh
Août	0,0 MWh	4,3 MWh
Septembre	0,0 MWh	4,9 MWh
Octobre	20,2 MWh	5,8 MWh
Novembre	44,2 MWh	6,6 MWh
Décembre	57,3 MWh	7,3 MWh
Total	302,1 MWh	71,2 MWh
P Utile	166,5 kW	27,5 kW

Tableau 22 : Répartition des consommations gaz annuelles

La monotone de chauffage sur le bâtiment C permet de caractériser le comportement thermiques du bâtiment suivant la puissance appelée par rapport à la température extérieure et le nombre d'heures de fonctionnement.

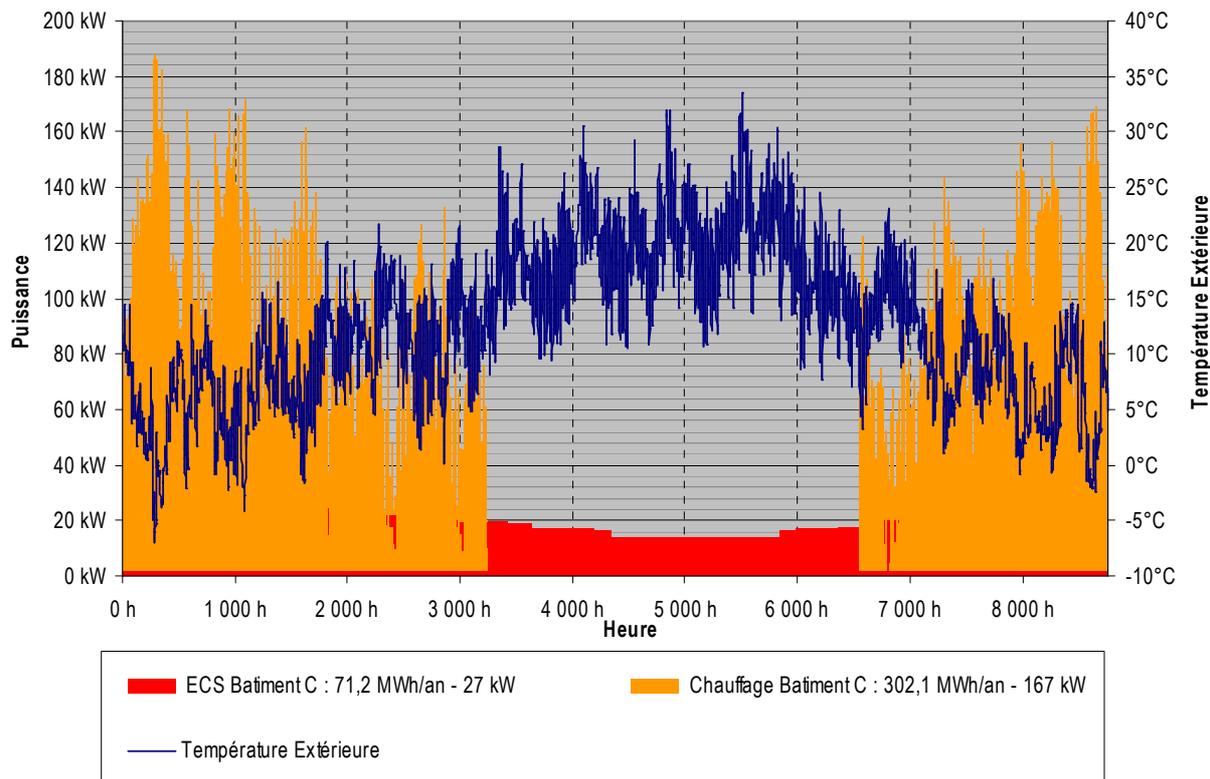


Figure 18 : Monotone des consommations de chauffage et d'E.C.S.

Le graphique ci-dessous représente les consommations théoriques en chauffage et d'E.C.S. sur la totalité de l'année.

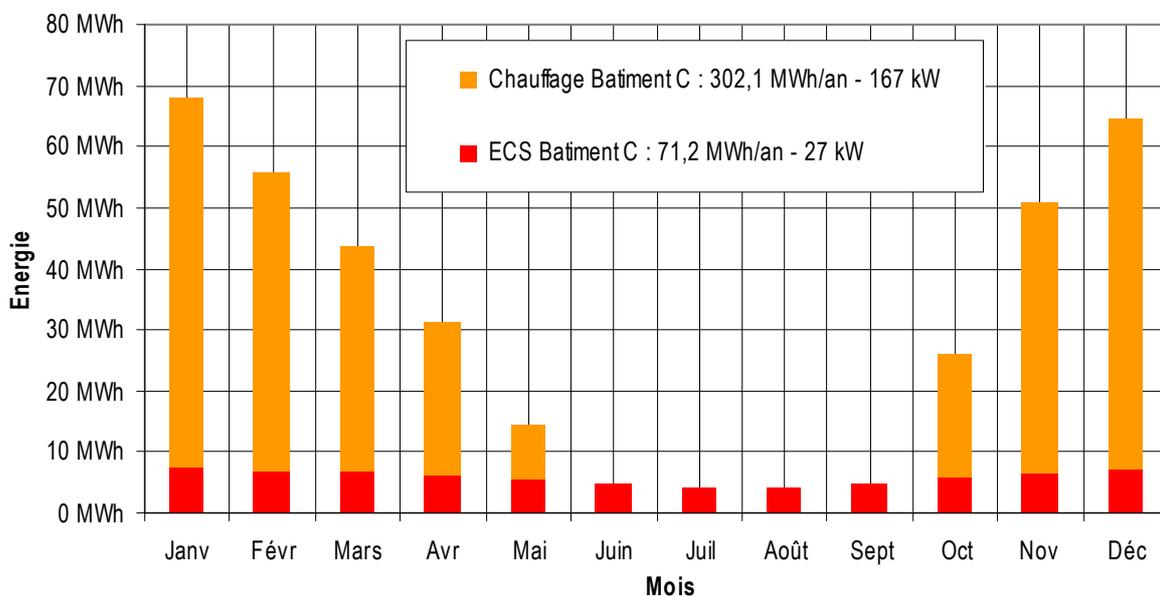


Figure 19 : Répartition mensuelle des consommations théoriques de chauffage et d'E.C.S.

Années	MWh/an	Surface C (m ²)
		3089
2002	1371	344
2003	1378	346
2004	1396	351
2005	1390	349
2006	1414	355
2007	1065	267
2008	1335	335
2009	1696	426
Moyennes réelles totale (MWh/an)		381
Valeurs monotones chauffage TH (MWh/an)		302
Valeurs monotones ECS TH (MWh/an)		71
Valeurs monotones totale TH (MWh/an)		373
Différence (%)		2%

Tableau 23 : Pourcentage de différence entre les consommations réelles et théoriques

Nous obtenons une différence totale de **2%** entre les consommations réelles et les consommations théorique calculées ci-dessus.

Les consommations théoriques de chauffage et d'E.C.S. s'élèvent à **373 MWh/an**, elles s'avèrent légèrement inférieures à celles estimées lors du calage des consommations réelles ce qui traduit un léger problème de régulation ou un léger défaut de l'extrapolation en fonction des surfaces des MWh/an.

Nota : La confrontation des valeurs théoriques issues de la simulation thermodynamique permet de valider le modèle théorique. Cette simulation nous permettra de mesurer l'impact des recommandations que nous simulons.

La réalisation de cet état des lieux général sur le bâtiment C a permis d'appréhender le comportement thermique de ce dernier.

Cette phase intermédiaire est essentielle pour la compréhension de la qualité énergétique du bâtiment ainsi que pour déterminer les préconisations à formuler puis à quantifier dans l'optique de la performance énergétique.

3.1 MISE EN PLACE DES RECOMMANDATIONS :

Des recommandations en termes d'isolation et de changement de menuiseries ont été formulées dans ce rapport (à titre indicatif). Des optimisations de production et de distribution de l'énergie sont aussi avancées ci-dessous :

Bâtiment	Améliorations envisageables sur le bâti	Améliorations envisageables sur les équipements climatiques
Bâtiment C	<p>Changement des menuiseries simple vitrage par DV PVC 4/16/4 peu émissif lame argon</p> <p>Isolation des combles avec de l'isolant déroulé ou agrafé.</p>	<p>Dépose des anciennes chaudières et pose d'une chaudière gaz à condensation et d'une chaudière gaz atmosphérique neuve.</p>
	<p><u>Etude anticipée :</u> Nous avons exclu l'isolation par l'extérieure car il y a 1193 m² de paroi à isoler. Cela représente un surcoût de 268425 € HT pour ce bâtiment, ce qui n'est pas intéressant. Cette isolation ne représente que 4% du gain global (si elle était retenue).</p>	<p>Dépose des anciens aérothermes et pose d'aérothermes récents</p>

Tableau 24 : Pistes d'améliorations de performance énergétique du bâtiment

Le but est de distinguer une variation (Delta) entre les données issues du bâtiment avant réhabilitation et celles issues après réhabilitation.

Ainsi nous pourrions exprimer le gain de consommation possible (en pourcentage et en euros) à l'issue des réhabilitations proposée ci-dessus concernant le bâti et lot C.V.C.

3.2 IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS SUR LE BATI :

3.2.1 Démarche

Nous avons dans un premier temps déterminé les consommations énergétiques théoriques du bâtiment C par l'intermédiaire des monotones. Nous avons ensuite émis des préconisations sur le bâti et sur les équipements liés au chauffage.

Le but est donc de déterminer le gain de consommation possible à l'issue des diverses réhabilitations. Pour cela, nous avons modifié les données dans notre outil de calcul : ajout ou augmentation d'un isolant pour certaines surfaces peu ou pas isolées.

Pour caractériser ces modifications, on a recalculé le $U_{bât}$ et le $U_{bât\ ref}$. puis retracé les monotones de consommation.

Un pourcentage entre les consommations initiales et les consommations après réhabilitation a été établi pour mettre en évidence le gain d'énergie.

Pertes thermiques				
	V1 (kW)	V2 (kW)	Gain en pourcentage / poste	Gain du poste / gain total
Parois opaques	33	33	0%	0%
Toiture	41	3	92%	20%
Plancher bas	13	13	0%	0%
Vitrages	59	39	34%	11%
Ponts thermiques	14	14	0%	0%
Infiltration / ventilation	29	29	0%	0%
Total	189	132	30%	30%
Ubât (W/m² SHON.C)	2,001	1,284		

Tableau 25 : Évolution des pertes thermiques après rénovation

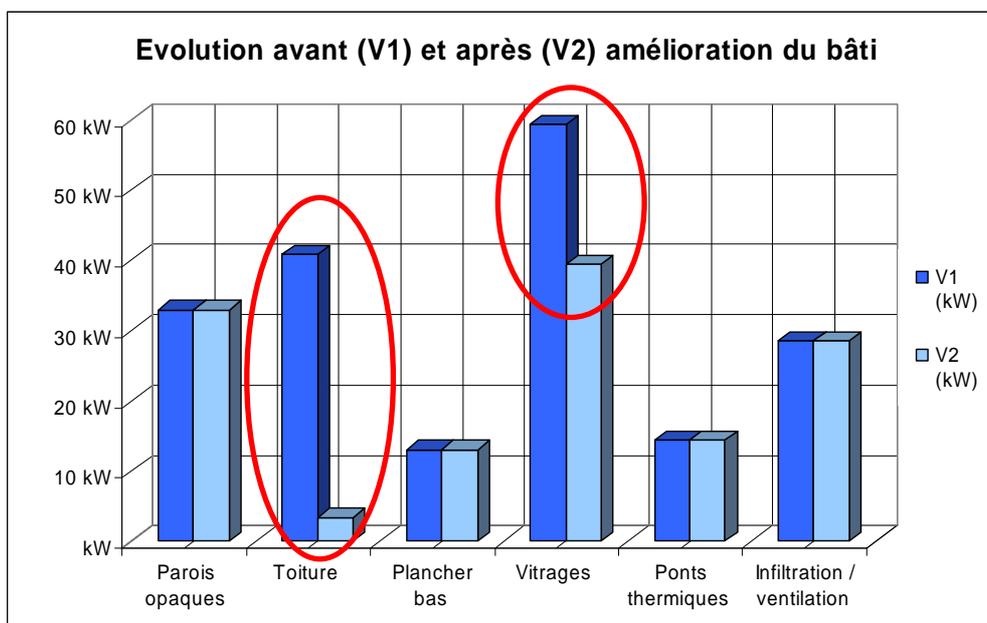


Figure 20 : Évolution des pertes thermiques après rénovation

Les gains sur le bâti sont estimés à **30%** grâce notamment à l'isolation de la toiture (20% de gain sur la totalité des pertes thermiques).

3.2.2 Consommations théoriques après réhabilitation du bâti

	Chauffage Batiment C	ECS Batiment C
Janvier	39,5 MWh	7,6 MWh
Février	31,6 MWh	6,8 MWh
Mars	22,3 MWh	6,9 MWh
Avril	14,7 MWh	6,1 MWh
Mai	4,7 MWh	5,7 MWh
Juin	0,0 MWh	4,9 MWh
Juillet	0,0 MWh	4,3 MWh
Août	0,0 MWh	4,3 MWh
Septembre	0,0 MWh	4,9 MWh
Octobre	11,7 MWh	5,8 MWh
Novembre	28,1 MWh	6,6 MWh
Décembre	37,4 MWh	7,3 MWh
Total	190,1 MWh	71,2 MWh
P Utile	117,5 kW	27,5 kW

Tableau 26 : Répartition des consommations gaz annuelles après réhabilitation

Nouvelle monotone réalisée après réhabilitation du bâti :

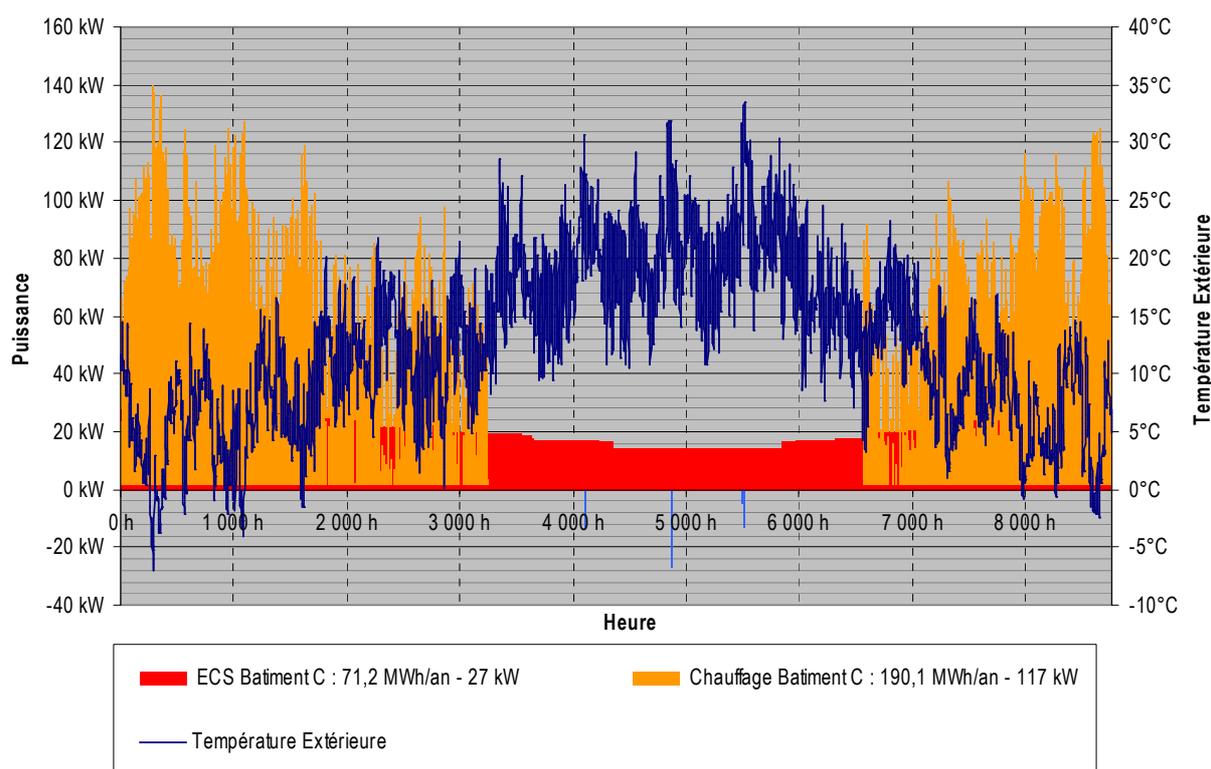


Figure 21 : Monotone des consommations de chauffage

Nota : La consommation d'E.C.S. reste la même après réhabilitation vue que la consommation moyenne et le nombre d'occupants ne changent pas.

Le graphique ci-dessous représente les consommations théoriques en chauffage sur la totalité de l'année et après réhabilitation du bâti.

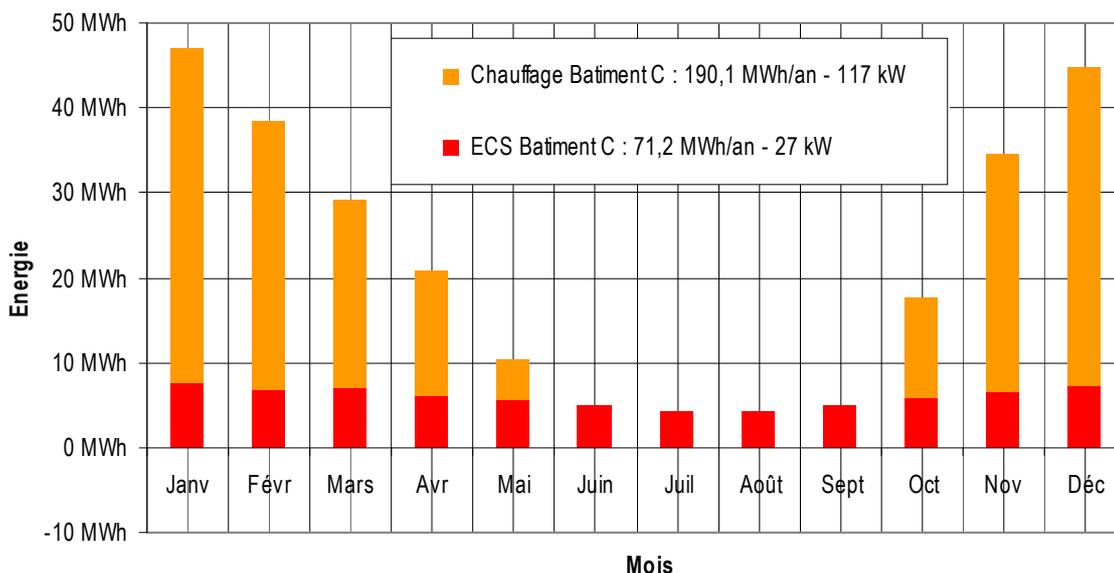


Figure 22 : Répartition mensuelle des consommations théoriques de chauffage après réhabilitation du bâti

Les consommations théoriques de chauffage s'élèvent à **190.1 MWh/an**, ce qui témoigne d'un gain de consommation :

Bâtiment	Bâtiment C
Avant préconisation sur le bâti pour le chauffage (MWh/an gaz)	302
Après préconisation sur le bâti pour le chauffage (MWh/an gaz)	190
Pourcentage de gain	37%

Tableau 27 : Evolution des consommations de chauffage avant/après préconisations sur le bâti

Le gain pour le chauffage s'élève dans une première approche à **37%** par rapport aux consommations initiales de chauffage.

3.2.3 Chiffrage des recommandations « bâti » :

Le tableau ci-dessous regroupe les chiffrages des recommandations présentées plus haut. Ces valeurs sont issues de chiffrages par des entreprises.

Les valeurs ci-dessous sont donc conformes aux prix du marché.

Type	Désignation	Nombre	Surface (m ²)	PU (€ HT)	Coût solution (€ HT)
Bâti	A	-	294	343 €	100 842 €
	B	-	716	22 €	15 752 €

Sous total BATI (€ HT) 116 594 €

Tableau 28 : Chiffrage des recommandations « bâti »

Le chiffrage pour le bâti est estimé à **116594 € HT** pour le bâtiment C.

3.2.4 Étude technico économique « bâti » :

Le tableau ci-dessous permet d'estimer la rentabilité des réhabilitations projetées, en prenant en compte les impacts énergétique et financier de ces dernières et en l'indexant sur le tarif du fioul dans les années à venir :

	Étude technico économique bâti Bâtiment C
Consommations monotones avant préconisations (MWh/an)	302
Consommations monotones après préconisations (MWh/an)	190
Gain énergétique (MWh/an)	112
Montant des travaux de réhabilitation (euros HT)	116 594 €
Gain financier (euros HT/an) à l'année zéro 2011	5 040 €
Prise en compte de l'inflation annuelle du gaz (%)	5%
Temps de retour sur investissement (années)	16
€ investis / m ² SHON	38 €
€ gagnés / m ² SHON.an (année 0)	1,63 €

Tableau 29 : Impact financier de l'opération de rénovation du bâti

Le temps de retour sur investissement de cette opération **16 ans**.

Nota : Le temps de retour est calculé à l'année 0 (2010) avec un prix de **45€ /MWh gaz** (Il s'agit du prix moyen de ces 9 dernières années). Il est possible de se placer dans un cas plus favorable en prenant en compte le prix de 2010 à **49€ /MWh gaz**

Le temps de retour est calculé avec un taux d'inflation de 5% pour le gaz et ne concerne que les consommations. Il ne tient pas compte des dépenses liées à l'abonnement et à l'entretien (impossible de prévoir à moyen terme l'évolution de ces variables dans le temps).

Il s'agit d'un temps de retour satisfaisant en termes de rénovation du bâti pour une intervention sur le bâtiment relativement simple.

Dans un second temps, nous allons prendre en considération les différentes préconisations concernant les installations CVC.

3.3 IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS C.V.C. :

3.3.1 Chiffrage des recommandations « C.V.C. » :

Pour le chiffrage et l'étude technico économique, nous avons mis en place 4 recommandations sous le nom de « solutions C.V.C. ». **Ces recommandations concernent la totalité du domaine des Hocquettes :**

- ✓ **Solution 1 :** Dépose des chaudières et des anciens aérothermes. Mise en place de deux chaudières gaz naturel (423kW) et une chaudière à condensation (443kW), modification du circuit de départ en chaufferie et installation de 165 nouveaux aérothermes.

Type	Désignation	Nombre	Surface (m ²)	PU (€ HT)	Coût solution (€ HT)	
CVC 1	A	Nouvelles chaudières: type Optimagaz: 2 x 423 kW + type Condensagaz: 1 x 443 kW	-	-	70 000 €	70 000 €
	B	Nouveaux aérothermes type Aldes TVEC Silence	165	-	2 500 €	412 500 €
	C	Modification des circuits de départ en chaufferie	-	-	30 000 €	30 000 €

Sous total CVC 1 (€ HT), 512 500 €

Tableau 30 : Chiffrage des recommandations C.V.C. solution 1

Cette recommandation C.V.C. solution 1 revient à **512500€ HT**.

- ✓ **Solution 2 :** Dépose des chaudières et conservation des anciens aérothermes. Mise en place de deux chaudières gaz naturel (423kW) et une chaudière à condensation (443kW) et modification du circuit de départ en chaufferie.

Type	Désignation	Nombre	Surface (m ²)	PU (€ HT)	Coût solution (€ HT)	
CVC 2	A	Nouvelles chaudières: type Optimagaz: 2 x 423 kW + type Condensagaz: 1 x 443 kW			70 000 €	70 000 €
	B	Modification des circuits de départ en chaufferie			30 000 €	30 000 €

Sous total CVC 2 (€ HT), 100 000 €

Tableau 31 : Chiffrage des recommandations C.V.C. solution 2

Cette recommandation C.V.C. solution 2 revient à **100000€ HT**.

- ✓ **Solution 3 :** Passer en tout électrique.

Type	Désignation	Nombre	Surface (m ²)	PU (€ HT)	Coût solution (€ HT)	
CVC 3	A	Convecteurs, raccordement tableau et divers	864	-	110 €	95 040 €

Sous total CVC 3 (€ HT), 95 040 €

Tableau 32 : Chiffrage des recommandations C.V.C. solution 3

Cette recommandation C.V.C. solution 3 revient à **95040€ HT**.

- ✓ **Solution 4** : Dépose des chaudières. Mise en place de deux chaudières gaz naturel (423kW) et une chaudière à condensation (443kW), modification du circuit de départ en chaufferie et création de circuits pour radiateurs basse température.

Type	Désignation	Nombre	Surface (m²)	PU (€ HT)	Coût solution (€ HT)	
CVC 4	A	Nouvelles chaudières: type Optimagaz: 2 x 423 kW + type Condensagaz: 1 x 443 kW		-	70 000 €	70 000 €
	B	Modification des circuits de départ en chaufferie		-	30 000 €	30 000 €
	C	Radiateurs basse température		864	1 060 €	920 840 €

Sous total CVC 4 (€ HT) 1 020 840 €

Tableau 33 : Chiffrage des recommandations C.V.C. solution 4

Cette recommandation C.V.C. solution 4 revient à **1020840€ HT**.

3.3.2 Étude technico économique « C.V.C. » :

L'étude technico économique des 4 recommandations « C.V.C. » concerne la totalité du domaine des Hocquettes. Il faut savoir que nous avons appliqué un taux d'inflation annuel de **5% pour le prix du MWh P.C.S. gaz** et un taux d'inflation annuel de **3% pour le prix du MWh électrique** :

- ✓ **Récapitulatif de l'étude technico économique C.V.C. :**

	Etude technico économique C.V.C.			
	S1	S2	S3	S4
Gain (MWh/an)	218	166	385	346
Gain année 0 (€)	9 815 €	7 485 €	5 459 €	15 584 €
Investissement (€)	512 500 €	100 000 €	95 040 €	1 020 840 €
Temps de retour (années)	27	11	5	30
€ investis /m² SHON	42 €	8 €	8 €	83 €
€ gagnés/ m² SHON.an (années 0)	0,80 €	0,61 €	0,44 €	1,27 €

Tableau 38 : Récapitulatif étude technico économique

Analyse :

La solution 3 se distingue avec un temps de retour de 5 ans car le tout électrique sous entend un gain énergétique considérable pour un investissement assez faible.

De plus, le gain annuel est plus élevé car des convecteurs électriques ont un rendement de 100%. Cependant, le gain réalisé à l'année 0 est faible car le coût de l'électricité reste supérieur à celui du gaz.

La solution 2 se démarque aussi par un temps de retour de 11 ans. Ceci s'explique par un faible investissement initial et un coût du gaz plus faible que celui de l'électricité.

Nota : Les temps de retour ci-dessus sont calculés avec des taux d'inflation de 5% pour le gaz et 3% pour l'électricité. Ils ne concernent que les consommations.

Ils ne tiennent pas compte des dépenses liées à l'abonnement et à l'entretien (impossible de prévoir à moyen terme l'évolution de ces variables dans le temps).

3.4 IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS GLOBALES :

Dans cette partie de l'étude, nous avons compilé les préconisations liées au bâti et les préconisations liées au C.V.C. :

Etude technico économique globale				
	S1	S2	S3	S4
Gain (MWh/an)	564	531	677	692
Gain année 0 (€)	25 398 €	23 889 €	25 872 €	31 158 €
Investissement (€)	931 084 €	518 584 €	513 624 €	1 439 424 €
Temps de retour (années)	22	16	10	25
€ investis /m² SHON	76 €	42 €	42 €	117 €
€ gagnés/ m² SHON.an (années 0)	2,06 €	1,94 €	2,10 €	2,53 €

Tableau 39 : Bilan des préconisations Bâti et C.V.C.

Les solutions 2 et 3 semblent être très intéressantes car elles ont des temps de retour sur investissement assez faible du à leur faible investissement.

Cependant, il faut nuancer une donnée non négligeable. La solution 3 passe exclusivement en tout électrique tandis que la solution 2 reste au gaz. En restant au gaz, la résidence devra prendre en compte les frais liés à l'entretien des installations et à l'abonnement du contrat souscrit (données que nous n'avons pas prise en compte dans ces temps de retour sur investissement rappelons-le).

✓ **Année « 0 » :**

Il s'agit de l'année à laquelle nous nous trouvons lors de l'étude. Lors de l'expression d'un temps de retour sur investissement, à l'année 0, il s'agit d'un temps de retour brut (sans tenir compte de l'inflation).

✓ **C.V.C. :**

Chauffage, climatisation et ventilation. Nous utilisons ce terme pour caractériser les tous les domaines n'étend par liés à l'enveloppe des bâtiments.

✓ **D.J.U. :**

Pour un lieu donné, le Degré Jour est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli (ici 18°C). Il sert en général à évaluer les dépenses en énergie pour le chauffage ou la climatisation.

✓ **E.C.S. :**

Eau chaude sanitaire.

✓ **E.F. (énergie finale) :**

L'énergie finale désigne l'énergie qui est achetée par les ménages et par les entreprises, après transformation, transport et pertes.

✓ **E.P. (énergie primaire) :**

L'énergie primaire est l'énergie disponible dans l'environnement et directement exploitable sans transformation. Étant donné les pertes d'énergie à chaque étape de transformation, stockage et transport, la quantité d'énergie primaire est toujours supérieure à l'énergie finale disponible.

✓ **S.H.O.N. :**

La S.H.O.N. d'une construction est égale à la S.H.O.B. (surface de plancher hors œuvre brute d'une construction est égale à la somme des surfaces de plancher de chaque niveau de la construction) après déduction des surfaces de :

- Plancher hors œuvre des combles et des sous-sols non aménageables pour l'habitation ou pour des activités à caractère professionnel, artisanal, industriel ou commercial.
- Plancher hors œuvre des toitures-terrasses, des balcons, des loggias, ainsi que des surfaces non closes situées au rez-de-chaussée.
- Plancher hors œuvre des bâtiments ou des parties de bâtiments aménagés en vue du stationnement des véhicules.
- Plancher hors œuvre des bâtiments affectés au logement des récoltes, des animaux ou du matériel agricole ainsi que des surfaces des serres de production.