



Optimisation énergétique du Domaine des Hocquettes Suresnes

Rapport final d'étude énergétique

BATIMENT A-B

Affaire n°1IF925100 74

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 surface:	3
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 :	6
2	BILAN ENERGETIQUE DU BATIMENT	7
2.1	CALCUL DU COEFFICIENT DE DEPERDITION THERMIQUE DU BATIMENT	7
2.2	DETERMINATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES REELLES	9
2.2.1	Données pour la totalité du domaine	9
2.2.2	Consommation en gaz liée au poste « chauffage »:	12
2.2.3	Consommation en gaz liée au poste « E.C.S. » :	13
2.2.4	Répartition des consommations gaz réelles :	14
2.2.5	Consommation électrique liée au poste « Éclairage » :	14
2.2.6	Consommation électrique liée au poste « Divers électriques » :	15
2.2.7	Consommation électrique liée au poste « Aérothermes » :	16
2.2.8	Répartition des consommations réelles électriques :	17
2.3	DETERMINATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES THEORIQUES :	17
2.3.1	Démarche	17
2.3.2	Consommations théoriques du bâtiment A-B :	18
3	PRECONISATIONS	21
3.1	MISE EN PLACE DES RECOMMANDATIONS :	21
3.2	IMPACT ENERGETIQUE DES PRECONISATIONS SUR LE BATI :	22
3.2.1	Démarche	22
3.2.2	Consommations théoriques après réhabilitation du bâti.....	23
3.2.3	Chiffrage des recommandations « bâti » :	24
3.2.4	Étude technico économique « bâti » :	25
3.2.5	Chiffrage des recommandations « C.V.C. » :	25
3.2.6	Étude technico économique « C.V.C. » :	26
3.2.7	Étude de faisabilité « Eau Chaude Sanitaire Solaire » Bâtiment A-B :	26
4	GLOSSAIRE	29

1.1 DESCRIPTION DU BATIMENT :

Le bâtiment « A-B » a pour principales caractéristiques :

- Année de construction : 1955.
- Surface totale (SHON) : 5644m² dont 1411 m² au sol.
- Nombre de niveaux : R+3 avec un niveau de sous sol (caves) et un niveau de combles non chauffés.
- Nombre de logements : 68.
- Chauffage par aérothermes alimentés en eau chaude par la chaufferie du bâtiment C.



Figure 1 : Le domaine des Hocquettes et le bâtiment « A-B »

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 de « boomerang ». 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.

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

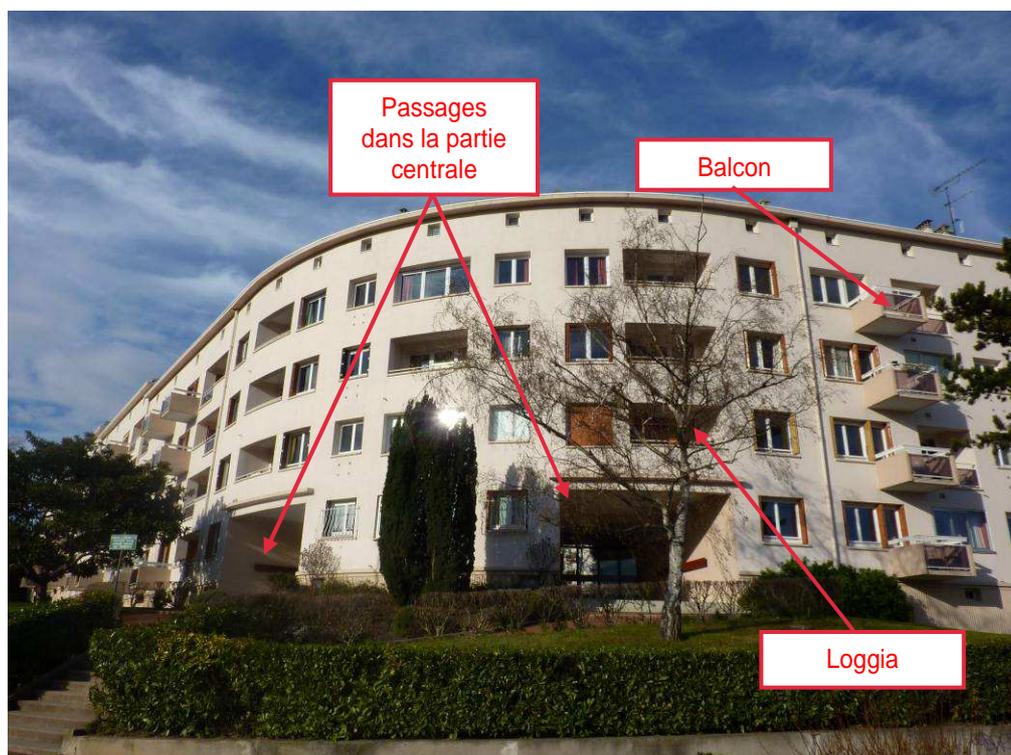


Figure 2 : Caractéristiques des différentes parois

Ce bâtiment a la particularité de posséder deux passages pour l'accès au parc intérieur dans la partie centrale arrondie.

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

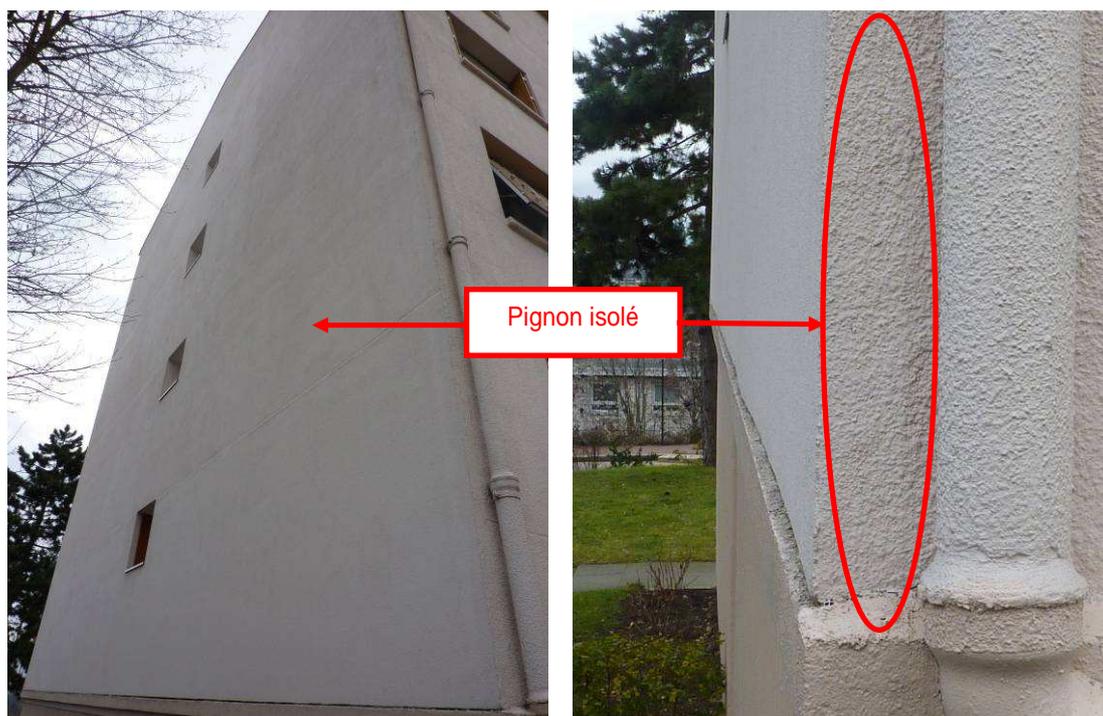


Figure 3 : Caractéristiques des pignons

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.

1.1.3 Nombre d'appartements et surface:

Types d'appartements	Nombre	SHON (m ²)/appt
T1	4	41
T2	8	55
T3	4	72
T4	24	83
T4 bis	20	84
T5	4	100
T5 bis	4	112
Total	68	5412

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 :

Le bâtiment est alimenté en chauffage par le bâtiment C où se trouve la chaufferie composée de deux chaudières pour le chauffage et d'une plus petite chaudière pour l'eau chaude sanitaire (E.C.S.).

L'émission de chauffage se fait par différents systèmes selon les logements :

✓ Appartements (du T2 au T5bis) :

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 4 : 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.

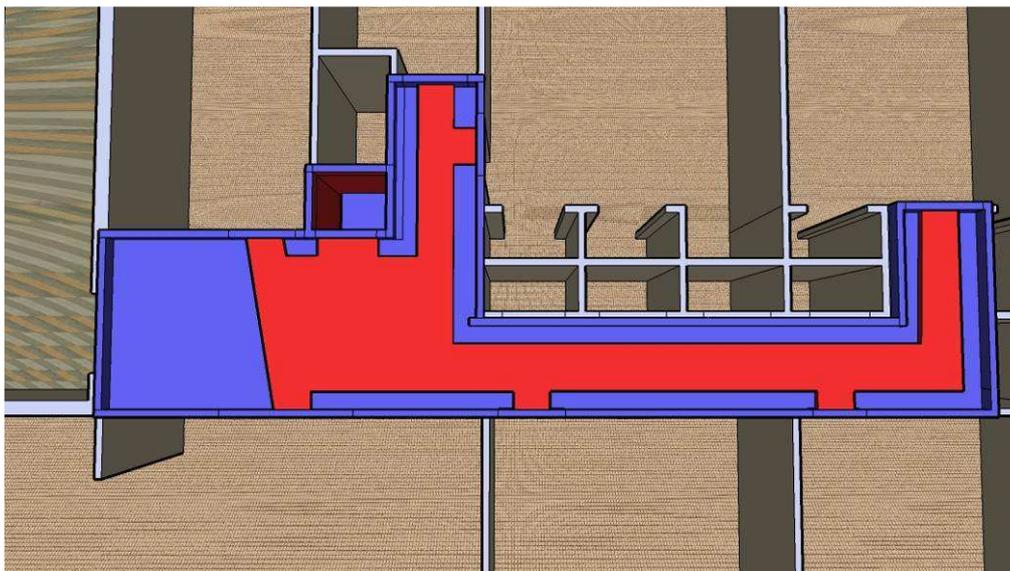


Figure 5 : Exemple de réseau aéraulique en faux plafond

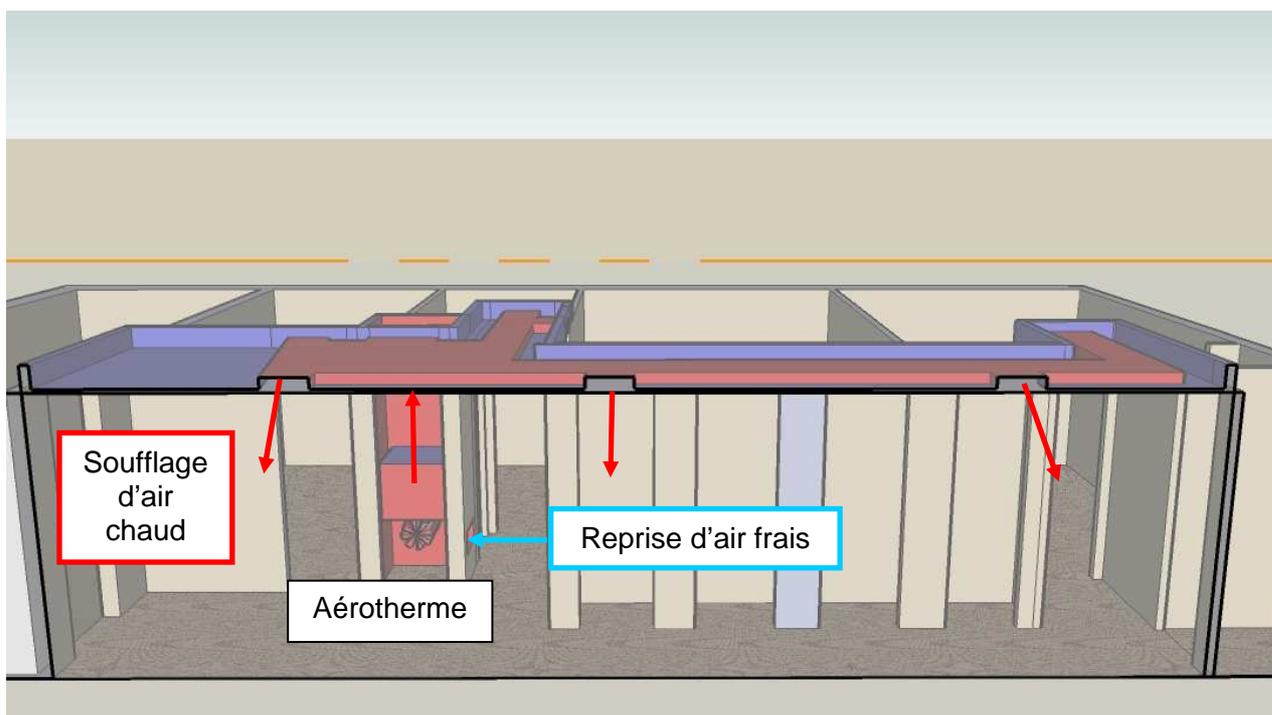


Figure 6 : Coupe et description du réseau aéraulique

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.

✓ Studios :

Aérothermes plafonniers circulaires insérés dans le faux plafond de l'entrée du logement. L'extraction de l'air se fait par une « buse » de reprise et redistribuent l'air chaud dans un réseau aéraulique en faux plafond dans les pièces principales par l'intermédiaire de grilles de ventilations en partie haute.



Figure 7 : Aérotherme en faux plafond (dans l'entrée) et grille de soufflage

Le réseau d'eau chaude alimentant ces aérothermes possède des vannes TA équilibrant les besoins dans le bâtiment en fonction de la distance à la source de production (chaufferie dans le bâtiment C).

Nota : Le réseau aéraulique est identique au système d'aérothermes en placard. Le ventilateur est ici incorporé au faux plafond d'où une hauteur de plénum supérieure aux autres appartements (35 cm environ). Cela diminue donc la hauteur sous faux plafond.

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 ou en façade (à défaut),
- dévoiement sous les portes,
- extraction dans les locaux techniques par des grilles en partie haute assurant un tirage naturel de l'air vicié.

Nota : Pour toutes informations concernant les installations de chauffage et d'eau chaude sanitaire, se référer au rapport du bâtiment C étant plus détaillé.

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	2 396 m ²	0,43 W/m ² .°C
Murs extérieurs	265 m ²	0,20 W/m ² .°C
Plancher bas	1 328 m ²	1,32 W/m ² .°C
Plancher bas	83 m ²	0,62 W/m ² .°C
Plancher haut	1 411 m ²	2,20 W/m ² .°C
Vitrages	450 m ²	2,79 W/m ² .°C
Murs extérieurs	1 206 m ²	2,85 W/m ² .°C
Vitrages	450 m ²	5,41 W/m ² .°C
Ponts thermiques		1093 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	59 kW	18%
Toiture	81 kW	24%
Plancher bas	17 kW	5%
Vitrages	96 kW	29%
Ponts thermiques	28 kW	8%
Infiltration / ventilation	54 kW	16%
Total	335 kW	100%

Tableau 4 : Déperditions du bâtiment

Répartition des pertes de chaleur

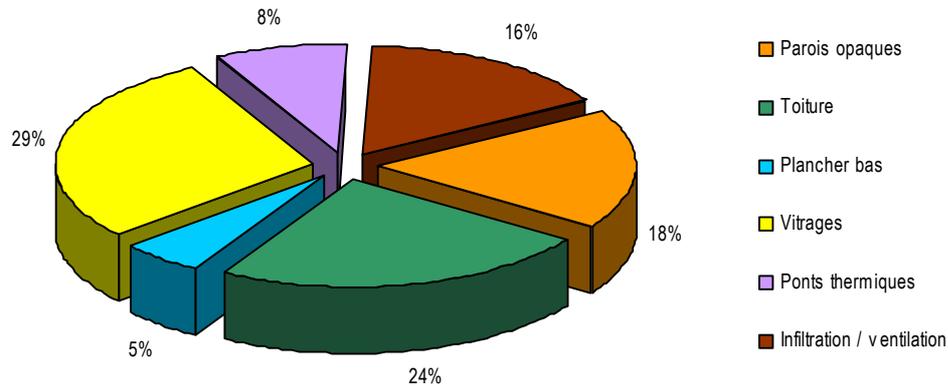


Figure 8 : Répartition des déperditions thermiques

Les principaux postes déperditifs sont :

- Les vitrages avec 96 kW soit 29% des pertes.
- La toiture avec 81 kW soit 24% des pertes.
- Les parois opaques avec 59 kW soit 18% des pertes.

Avec ces éléments, le coefficient de déperdition thermique du bâtiment ($U_{bât}$) est de **1,918 W/m²surface déperditive.K**.

Pour indication, le coefficient de déperditions de référence de la RT2005, $U_{bât\ réf}$, 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	2 396 m ²	958,4
Mur en contact avec un LnC	0,47	0,47	450 m ²	211,5
Planchers hauts en béton ou maçonnerie	0,34	0,27	83 m ²	22,41
Planchers bas sur local non chauffé	0,4	0,36	2 617 m ²	942,264
Fenêtre et portes fenêtres donnant sur l'extérieur	2,6	2,1	265 m ²	556,5
Linéique Plancher bas / murs	1,2	0,40	307,00	122,8
Plancher intermédiaire ss combles / murs	1,2	0,6	921	552,6
Linéique Toitures terrasse / murs	1,2	0,6	307,00	184,2
			$\sum a_i A_i + \sum a_i L_i$	3550,674
			Total surface (m²)	5 811 m ²
			$U_{bât\ réf}$	0,611 W/m² SHON.°C
			$U_{bât}$	1,918 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 A - B	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 €	34 €
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

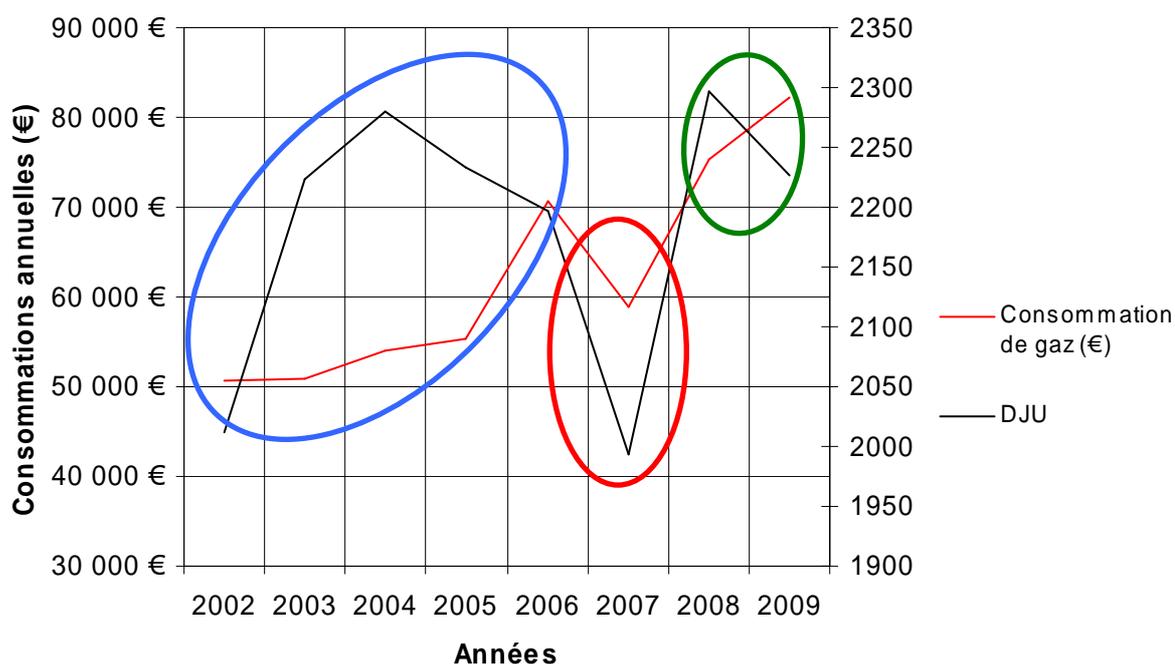


Figure 9 : Évolution des consommations de gaz (€) par rapport aux D.J.U.

- **Approche énergétique :**

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

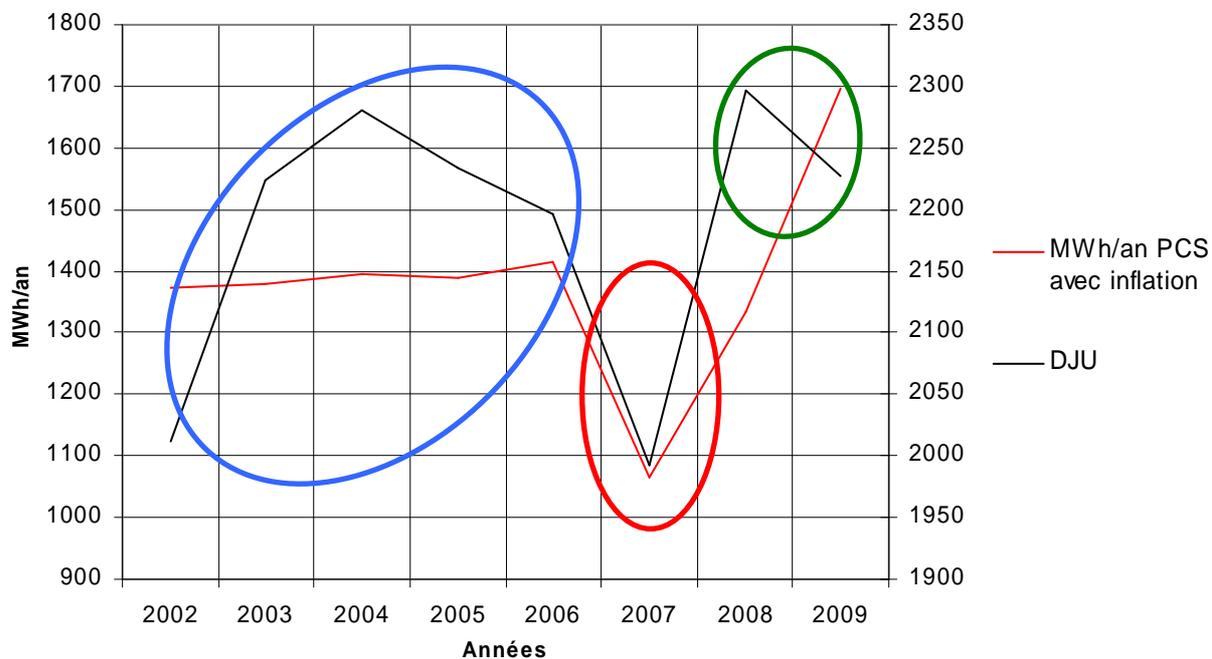


Figure 10 : Évolution des consommations de gaz (MWh/an) par rapport au D.J.U.

✓ 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 11 : 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 A-B (m²)
		5644
2002	1371	629
2003	1378	632
2004	1396	640
2005	1390	638
2006	1414	649
2007	1065	489
2008	1335	612
2009	1696	778
Moyennes réelles totale (MWh/an)		668

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

Le bâtiment A-B consomme en moyenne **668 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	AB
Part de l'E.C.S. réelle (MWh/an)	122
Part de chauffage réelle (MWh/an)	545
Total (MWh/an)	668

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 **545 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 A-B														
Types d'appartements	Nombre	Consommation (l/jr)												
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
T1	4	200	192	176	168	160	128	80	96	144	168	184	224	
T2	8	550	528	484	462	440	352	220	264	396	462	506	616	
T3	4	375	360	330	315	300	240	150	180	270	315	345	420	
T4	24	2850	2736	2508	2394	2280	1824	1140	1368	2052	2394	2622	3192	
T4 bis	20	2375	2280	2090	1995	1900	1520	950	1140	1710	1995	2185	2660	
T5	4	625	600	550	525	500	400	250	300	450	525	575	700	
T5 bis	4	625	600	550	525	500	400	250	300	450	525	575	700	
Total	68	7600	7296	6688	6384	6080	4864	3040	3648	5472	6384	6992	8512	Conso. Bât (l/jr) 6080

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

La consommation moyenne s'élève à **6080 litres/jour** pour la totalité du bâtiment soit environ **49 litres /jour/occupant**.

Bâtiment A-B	
Nombre d'occupants	125
Consommation par occupant (l/jour)	49
q "ECS" kWh/m3	110
Nombre de jours de fonctionnement	183
Consommation (MWhu/an)	122,4

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

La consommation en gaz pour la production d'eau chaude sanitaire s'élève à environ **122,4 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 A-B		
Postes	Consommation totale gaz (MWh/an)	Part des différents postes
Chauffage	545	82%
ECS	122	18%
Consommation réelle totale Gaz	668	100%

Tableau 14 : Répartition des consommations par poste gaz

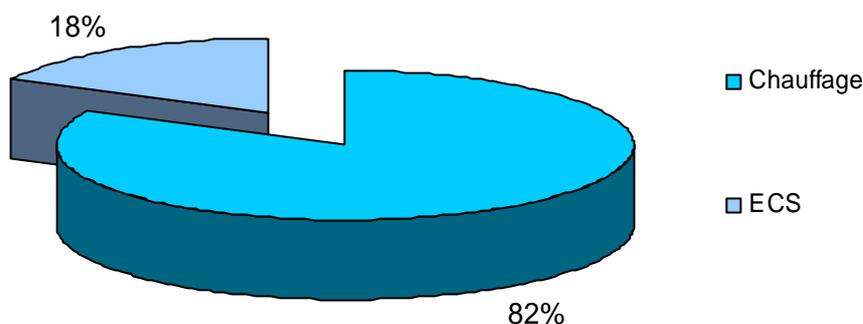


Figure 12 : Part des consommations gaz

2.2.5 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 estimé 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 A-B			
Types d'appartements	Nombre	Puissance installée (kW)	
T1	4	2,4	
T2	8	6	
T3	4	3,6	
T4	24	25,2	
T4 bis	20	21	
T5	4	4,8	
T5 bis	4	4,8	MWh/an
Total	68	68	43

Tableau 16 : Consommation électrique liées au poste « éclairage »

La consommation électrique de l'éclairage intérieur s'élève à environ **43 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 (Cf. rapport du bâtiment C).

2.2.6 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 A-B			
Types d'appartements	Nombre	Puissance installée (kWh/an)	
T1	4	2457	
T2	8	4914	
T3	4	2676	
T4	24	18202	
T4 bis	20	15168	
T5	4	3034	
T5 bis	4	3034	MWh/an
Total	68	49483	49

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

La consommation électrique dédiée au poste « Divers électriques » s'élève à environ **49 MWh/an**.

2.2.7 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 A-B			
Types d'appartements	Nombre	Pabs / nbre d'appartement (kW)	
T1	4	0,48	
T2	8	0,96	
T3	4	0,88	
T4	24	5,28	
T4 bis	20	4,4	
T5	4	1,28	
T5 bis	4	1,28	MWh/an
Total	68	14,56	51

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

La consommation électrique dédiée au poste « aérothermes » s'élève à environ **51 MWh/an** avec une durée de fonctionnement estimée à 15h/jour de chauffe (235 jours par an).

2.2.8 Répartition des consommations réelles électriques :

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

Bâtiment A-B		
Postes	Consommation totale élec (MWh/an)	Part des différents postes
Eclairage intérieur	43	30%
Divers électriques (PC/TV/Four/Réfrigérateurs/...)	49	34%
Aérothermes plafonniers et en placards	51	36%
Consommation totale électricité	144	100%

Tableau 21 : Répartition des consommations par postes électriques

La consommation totale électrique est estimée à **144 MWh/an**.

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

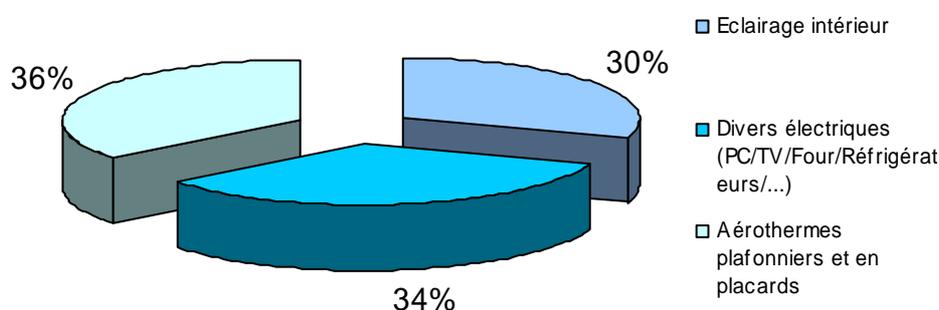


Figure 13 : Part des consommations électriques

Les postes électriques énergivores principaux sont les aérothermes (36%) et les divers électriques (34%).

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

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 A-B :

	Chauffage Batiment AB	ECS Batiment AB
Janvier	106,8 MWh	13,6 MWh
Février	86,9 MWh	12,2 MWh
Mars	65,0 MWh	12,3 MWh
Avril	44,9 MWh	10,7 MWh
Mai	15,4 MWh	9,8 MWh
Juin	0,0 MWh	8,3 MWh
Juillet	0,0 MWh	7,3 MWh
Août	0,0 MWh	7,2 MWh
Septembre	0,0 MWh	8,4 MWh
Octobre	35,9 MWh	10,2 MWh
Novembre	78,3 MWh	11,7 MWh
Décembre	101,4 MWh	13,1 MWh
Total	534,6 MWh	124,9 MWh
P Utile	293,3 kW	51,9 kW

Tableau 22 : Répartition des consommations gaz annuelles

La monotone de chauffage sur le bâtiment A-B 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.

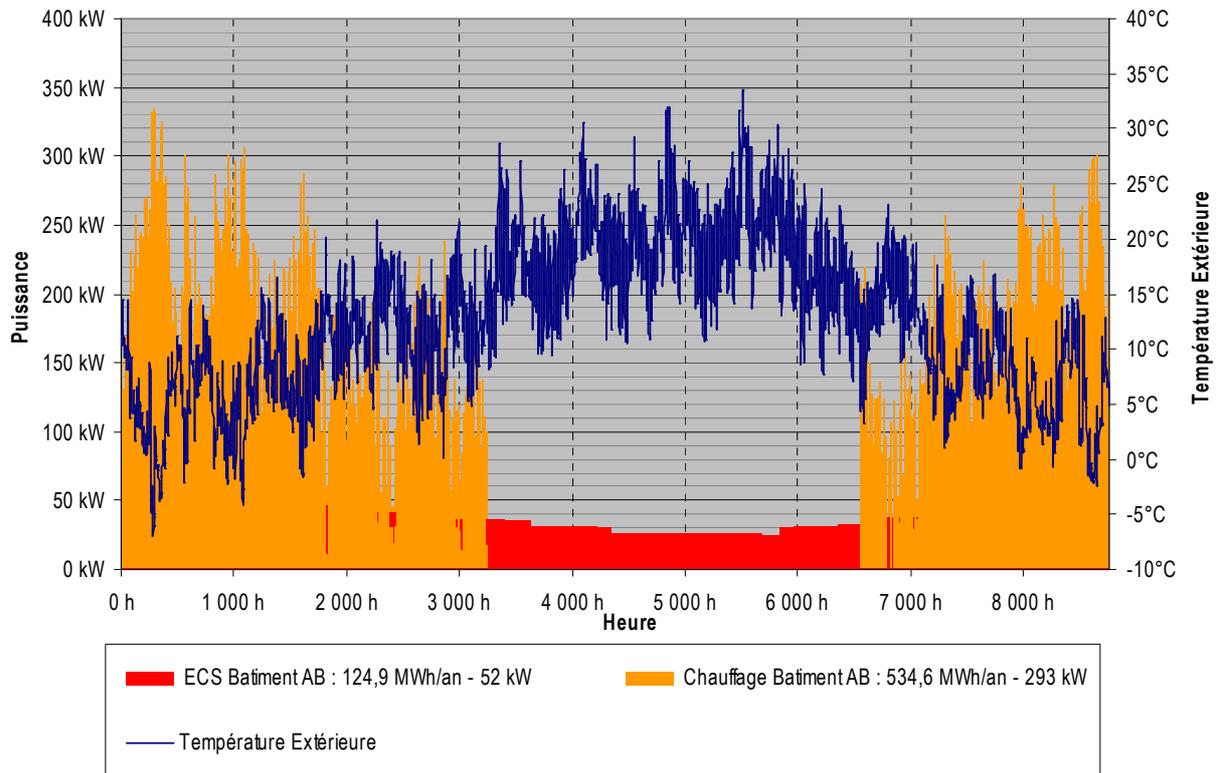


Figure 14 : Monotone des consommations de chauffage et d'E.C.S.

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

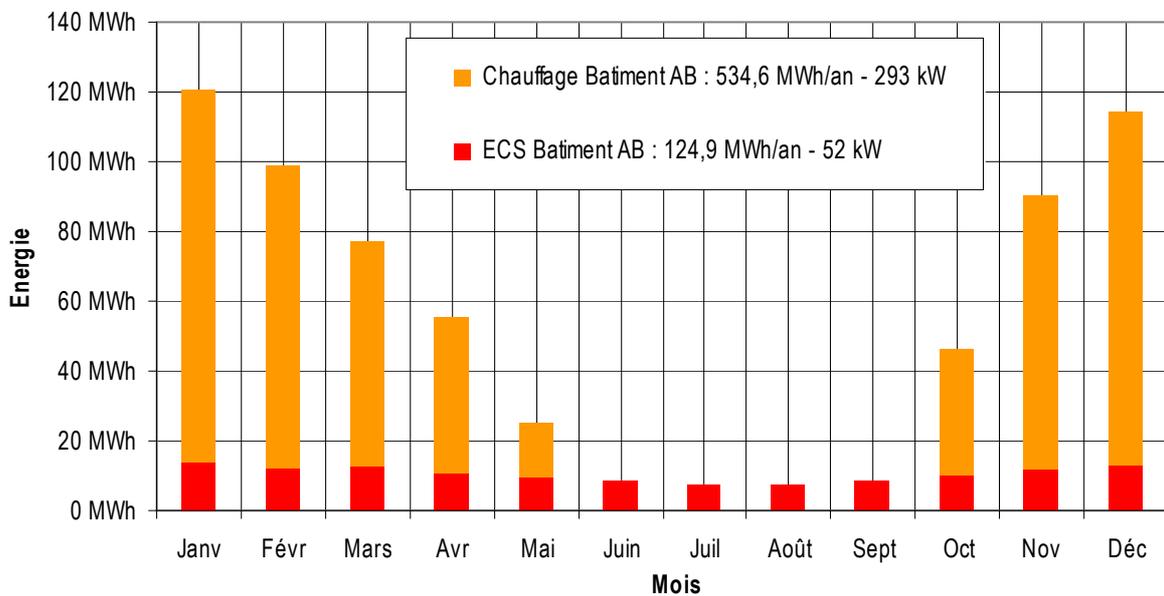


Figure 15 : Répartition mensuelle des consommations théoriques de chauffage et d'E.C.S.

Années	MWh/an	Surface A-B (m ²)
		5644
2002	1371	629
2003	1378	632
2004	1396	640
2005	1390	638
2006	1414	649
2007	1065	489
2008	1335	612
2009	1696	778
Moyennes réelles totale (MWh/an)		668
Valeurs monotones chauffage TH (MWh/an)		535
Valeurs monotones ECS TH (MWh/an)		125
Valeurs monotones totale TH (MWh/an)		660
Différence (%)		1%

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

Nous obtenons une différence totale de **1%** entre les consommations réelles et les consommations théorique calculées ci-dessus.

Les consommations théoriques de chauffage et d'E.C.S. s'élèvent à **660 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 A-B 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 A-B	Changement des menuiseries simple vitrage par DV PVC 4/16/4 peu émissif lame argon Isolation des combles avec de l'isolant déroulé	Dépose des anciennes chaudières et pose d'une chaudière gaz à condensation et d'une chaudière gaz atmosphérique neuve.
	<u>Etude anticipée :</u> Nous avons exclu l'isolation par l'extérieure car il y a 2396 m² de paroi à isoler. Cela représente un surcoût de 539100 € HT pour ce bâtiment, ce qui n'est pas intéressant. Cette isolation ne représente que 4% du gain global (si elle était retenue).	Dépose des anciens aérothermes et pose d'aérothermes récents

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 A-B 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	59	59	0%	0%
Toiture	81	7	92%	22%
Plancher bas	17	17	0%	0%
Vitrages	96	65	32%	9%
Ponts thermiques	28	28	0%	0%
Infiltration / ventilation	54	54	0%	0%
Total	335	231	31%	31%
$U_{bât}$ (W/m ² SHON.C°)	1,918	1,205		

Tableau 25 : Évolution des pertes thermiques après rénovation

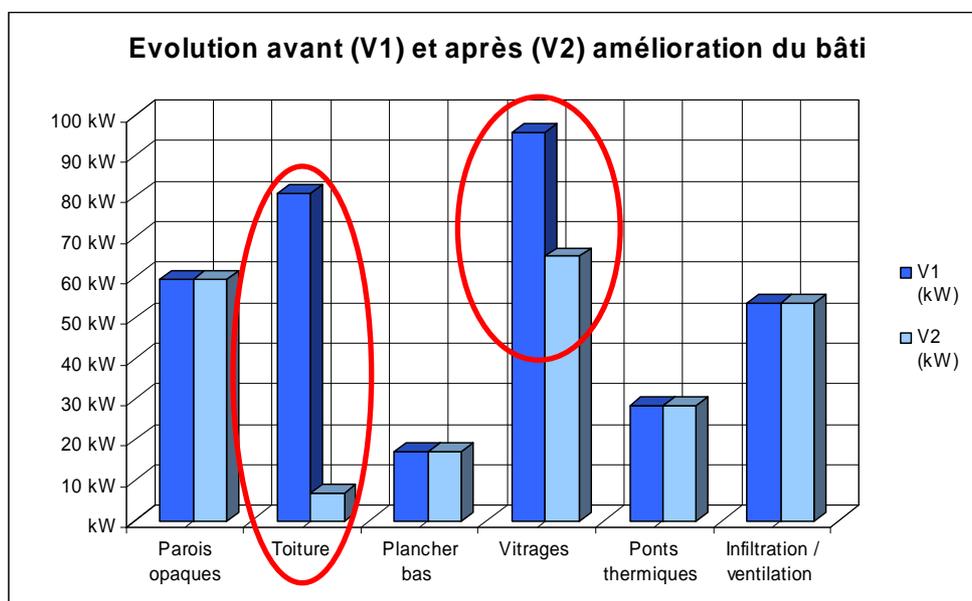


Figure 16 : Évolution des pertes thermiques après rénovation

Les gains sur le bâti sont estimés à **31%** grâce notamment à l'isolation de la toiture (22% de gain sur la totalité des pertes thermiques).

3.2.2 Consommations théoriques après réhabilitation du bâti

	Chauffage Batiment AB	ECS Batiment AB
Janvier	69,8 MWh	13,6 MWh
Février	55,8 MWh	12,2 MWh
Mars	39,4 MWh	12,3 MWh
Avril	26,1 MWh	10,7 MWh
Mai	8,5 MWh	9,8 MWh
Juin	0,0 MWh	8,3 MWh
Juillet	0,0 MWh	7,3 MWh
Août	0,0 MWh	7,2 MWh
Septembre	0,0 MWh	8,4 MWh
Octobre	20,8 MWh	10,2 MWh
Novembre	49,6 MWh	11,7 MWh
Décembre	66,1 MWh	13,1 MWh
Total	336,0 MWh	124,9 MWh
P Utile	206,3 kW	51,9 kW

Tableau 26 : Répartition des consommations gaz annuelles après réhabilitation

Nouvelle monotone réalisée après réhabilitation du bâti :

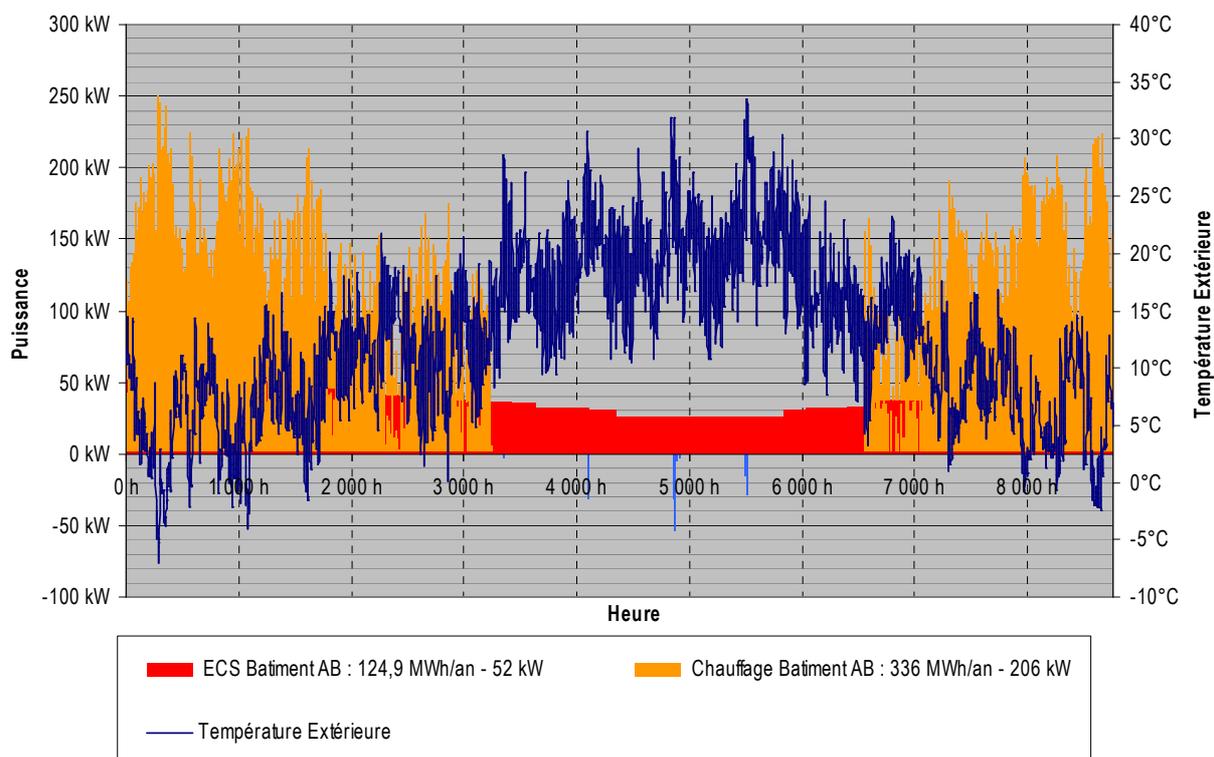


Figure 17 : Monotone des consommations de chauffage

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.

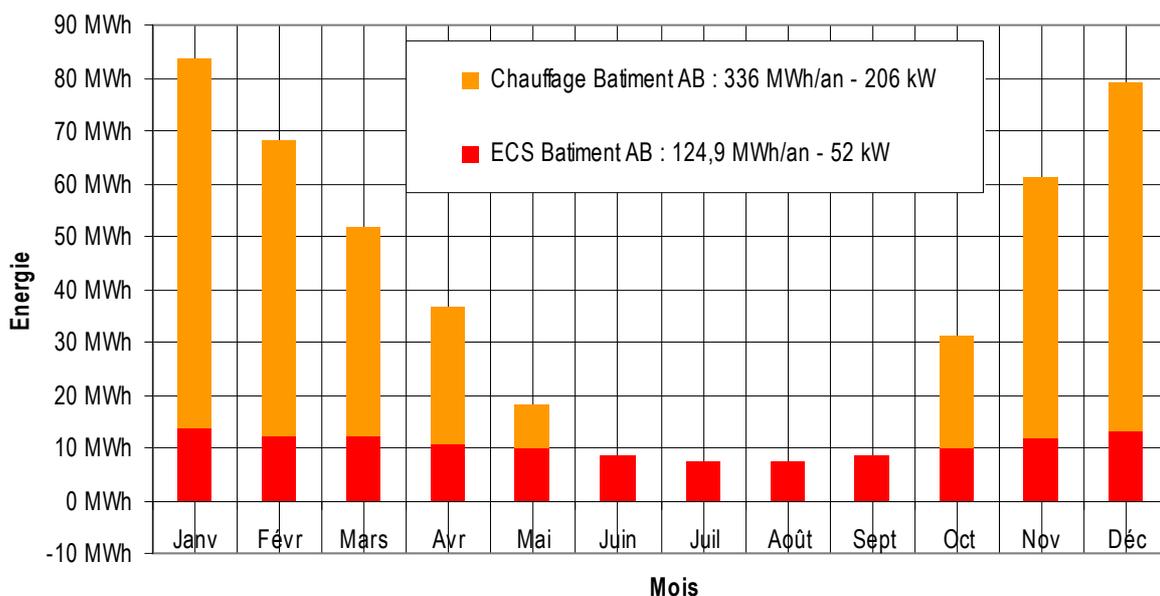


Figure 18 : Répartition mensuelle des consommations théoriques de chauffage après réhabilitation du bâti

Les consommations théoriques de chauffage s'élèvent à **336 MWh/an**, ce qui témoigne d'un gain de consommation :

Bâtiment	Bâtiment A-B
Avant préconisation sur le bâti pour le chauffage (MWh/an gaz)	535
Après préconisation sur le bâti pour le chauffage (MWh/an gaz)	336
Pourcentage de gain	37%

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

Le gain 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 Changement des menuiseries en double vitrage PVC 4/16/4 peu émissif (lame argon)	-	450	343 €	154 350 €
	B Isolation des combles par laine de verre déroulée, ép. 200 mm	-	1411	22 €	31 042 €

Sous total Eclairage (€ HT,

185 392 €

Tableau 28 : Chiffrage des recommandations « bâti »

Le chiffrage pour le bâti est estimé à **185392 € HT** pour le bâtiment A-B.

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 A-B
Consommations monotones avant préconisations (MWh/an)	535
Consommations monotones après préconisations (MWh/an)	336
Gain énergétique (MWh/an)	199
Montant des travaux de réhabilitation (euros HT)	185 392 €
Gain financier (euros HT/an) à l'année zéro 2011	8 937 €
Prise en compte de l'inflation annuelle du gaz (%)	5%
Temps de retour sur investissement (années)	15
€ investis / m ² SHON	33 €
€ gagnés / m ² SHON.an (année 0)	1,58 €

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

Le temps de retour sur investissement de cette opération s'élève à **15 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.

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

Nota : Pour toutes informations sur le chiffrage des recommandations C.V.C., se référer au rapport du bâtiment C.

Nous avons traité ces recommandations pour la totalité de la résidence des Hocquettes car celles-ci impactent principalement sur la chaufferie du bâtiment C et sur la totalité des émetteurs de chauffage de la résidence.

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

Nota : Pour toutes informations sur l'étude technico économique C.V.C., se référer au rapport du bâtiment C.

Nous avons traité l'étude technico économique pour la totalité de la résidence des Hocquettes car celle-ci impacte principalement sur la chaufferie du bâtiment C et sur la totalité des émetteurs de chauffage de la résidence.

3.2.7 Étude de faisabilité « Eau Chaude Sanitaire Solaire » Bâtiment A-B :

Suite à la demande du syndicat de copropriété, nous avons réalisé une étude de faisabilité pour l'E.C.S. solaire.

Selon la configuration de la résidence des Hocquettes, il a été convenu de réaliser cette faisabilité sur le Bâtiment A-B. Les éléments qui ont orienté notre choix sont :

- une exposition favorable sud /sud-est, sans masques proches et lointains.
- une consommation supérieure aux deux autres bâtiments (6080 litres moyens d'eau chaude par jour).

Dans cette étude, nous avons privilégié un appoint électrique car la chaufferie est trop éloignée du bâtiment A-B. Cela sous entend qu'un local en sous sol devrait être libéré pour réaliser cette installation.

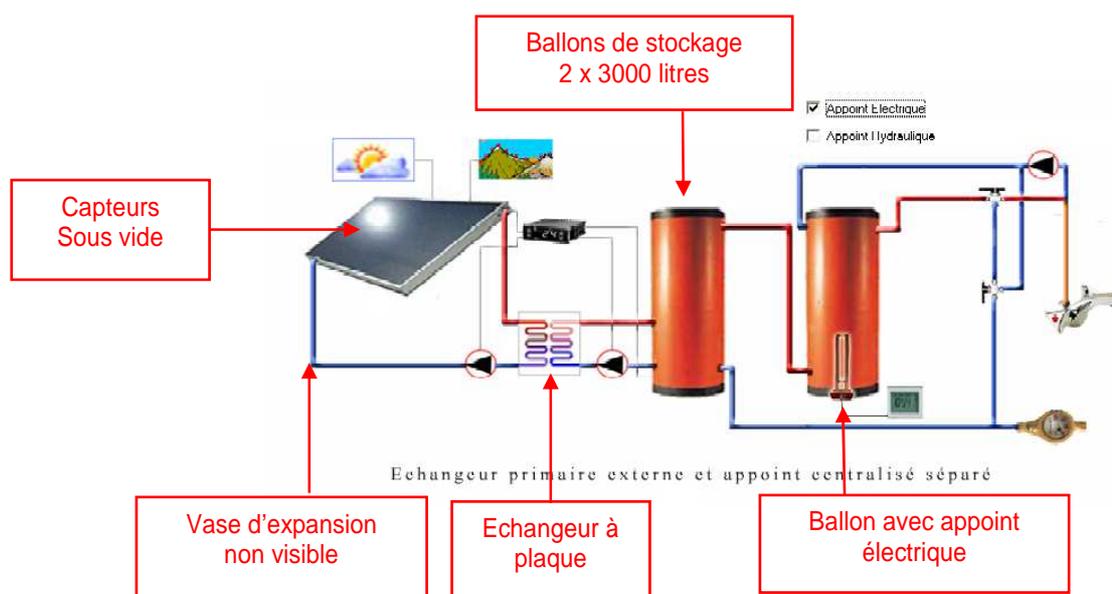


Figure 19 : Schéma de principe de l'installation (2 ballons de stockage solaire)

	Irradiation capteurs (Wh/m2.jour)	Besoins (kWh/mois)	Apports solaires (kWh/mois)	Apports électriques (kWh/mois)	Apports (kWh/jour)	Taux (%)	Volume (litres)
Janvier	1045	12391	1258	11133	40,6	10,2	6992
Fevrier	1865	10518	2038	8480	72,8	19,4	6688
Mars	3009	10828	3632	7196	117,2	33,5	6384
Avril	4305	10768	4998	5770	166,6	46,4	6688
Mai	4828	9944	5727	4217	184,7	57,6	6262
Juin	5291	9220	5959	3261	198,6	64,6	6202
Juillet	5599	8318	6139	2179	198	73,8	5533
Aout	4923	6954	5254	1700	169,5	75,5	4682
Septembre	3698	8470	4226	4244	140,9	49,9	5594
Octobre	2420	9380	2909	6471	93,8	31	5776
Novembre	1426	10388	1644	8744	54,8	15,8	6262
Decembre	829	11445	995	10450	32,1	8,7	6506

73845

Taux annuel couverture solaire	37,7	%	Apport solaire annuel	44777	kWh/an
Besoin annuel	118624	kWh/an	Productivite annuelle	565	kWh/m2.an

Tableau 30 : Étude « Production E.C.S. solaire »

Répartition de la production d'E.C.S.

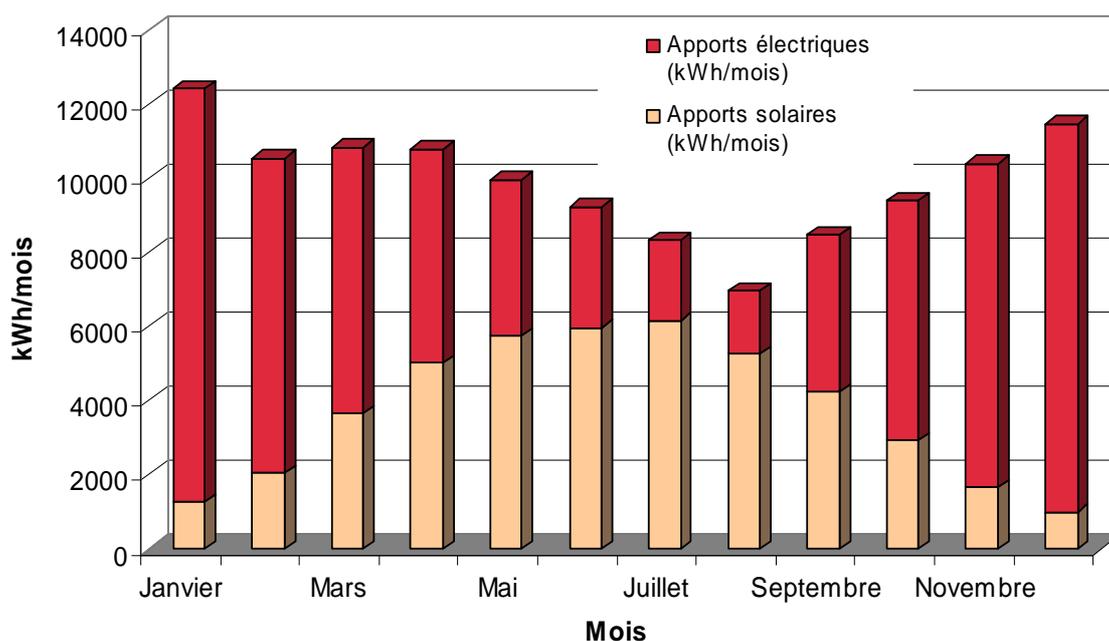


Figure 20 : Répartition annuelle de la production d'E.C.S.

Le taux de couverture solaire est de **37,7%**. Il s'agit d'un gain de 38% sur les consommations de gaz initiales. Ce taux est moyen (moyenne comprise entre 30 et 50% de couverture annuelle) car la toiture n'admet qu'un angle de 18,5°. Il y aura donc un appoint électrique de 62% sur l'année. Nous dimensionnons l'installation sur le mois de Juillet pour éviter une surchauffe avec un taux de couverture maximum de 80%.

Taux de couverture de l'installation solaire thermique

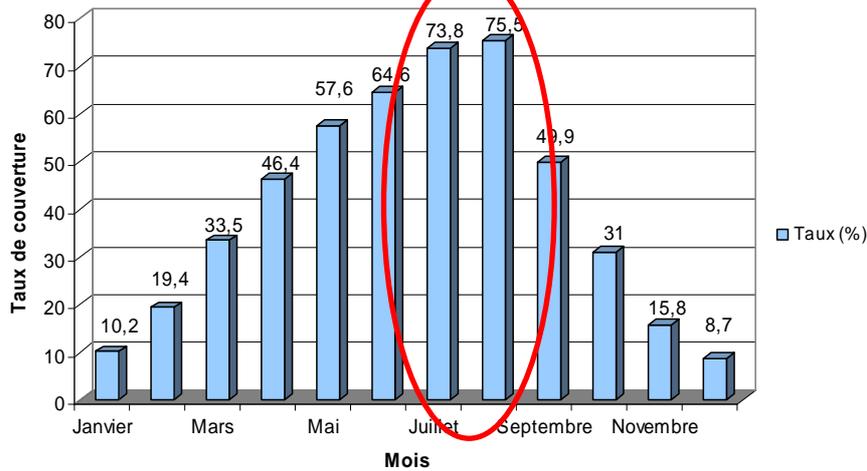


Figure 21 : Évolution annuelle du taux de couverture solaire

	ECS GAZ: initial	ECS Solaire + appoint électrique
Consommation annuelle (MWh)	123,4	73,8
Prix base MWh gaz PCS / Électrique (€)	45 €	70 €
Consommation annuelle (€ HT)	5 553 €	5 169 €
Gain Energétique total année 0 (MWh/an)	49,6	
Gain financier année 0 (€ HT)	384 €	
Surface de capteur installée (m²)	80	
Coût de l'installation (€)	111 943 €	
Temps de retour sur investissement année 0 (années)	291	
Temps de retour sur investissement avec inflation (années)	78	

Tableau 31 : Étude technico-économique de la solution « E.C.S. solaire Bâtiment A-B »

✓ Analyse :

Cette solution technique représente un coût estimatif de 120000€ HT à raison de 2,5€/kWh produit par le solaire. Ce coût englobe la pose de 2 ballons de stockage de 3000 litres en série (ou 1 ballon 6000 litres), un échangeur à plaque ainsi que les capteurs solaires sous vides (type Viessmann Vitosol 200-F). Il faut ajouter le coût de l'adaptation des réseaux (coupure des réseaux en provenance du bâtiment C et adaptation du départ E.C.S. dans le bâtiment A-B).

Le temps de retour sur investissement est trop élevé (78 ans) car le gain réalisé est faible (384€/an). Ceci est dû à l'appoint électrique. Si l'appoint en gaz était possible, le gain annuel aurait été de 2232€/an soit un temps de retour avec inflation de 24 ans. **Avec des subventions à hauteur de 40% par le conseil régional, l'investissement serait de 67168€ soit un temps de retour de 62 ans.**

Nota : nous émettons des réserves sur la structure porteuse de la toiture. Il faudrait faire une étude structurelle de celle-ci pour savoir si d'un point de vue mécanique, elle peut reprendre les charges imposées par une telle installation.

Nota : La surface de capteur est égale aux besoins d'E.C.S. (litres/jour au mois de juillet) / 70 (Litres par m² de capteur pour Suresnes) soit : 5533 / 70 = 79 m².

✓ **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.