



Optimisation énergétique du Domaine des Hocquettes Suresnes

SYNTHESE

Affaire n°1F925100 74

Mai 2011



SAUNIER & Associés
205 avenue Georges Clemenceau
F-92024 NANTERRE Cedex
Téléphone : +33 1 70 92 32 00
Télécopie : +33 1 57 67 17 95
www.saunier-associés.com

TABLE DES MATIÈRES

1	SYNTHESE DES DIFFERENTES SOLUTIONS.....	1
1.1	SYNTHESES DES DIFFERENTES SOLUTIONS :	1
1.2	ÉTIQUETTES ENERGIE ET CLIMAT DES DIFFERENTES SOLUTIONS :.....	4
1.3	CONFRONTATION DES TEMPS DE RETOUR GLOBAUX ET DES ETIQUETTES ENERGIE ET CLIMAT:	6
1.4	CHIFFRAGE GLOBAL DE CHAQUE SOLUTION:	8
2	ORIENTATIONS DU BUREAU D'ÉTUDES	13

1.1 SYNTHESSES DES DIFFERENTES SOLUTIONS :

Les synthèses suivantes permettent de réaliser un récapitulatif des résultats obtenus en ce qui concerne :

- les consommations d'énergie finale et primaire des postes énergétiques,
- les étiquettes « Energie » et « Climat »,
- le chiffrage global des travaux.

Les tableaux suivant présentent les diverses consommations de la totalité des postes énergétiques en énergie finale (MWh facturés) puis en énergie primaire (MWh brut) **pour l'ensemble du domaine des Hocquettes**. Dans ces synthèses, nous avons intégré la somme des gains réalisable pour le bâti et le C.V.C. :

✓ Synthèse Solution 1:

Cette solution consiste à déposer les chaudières et les anciens aérothermes. Puis à mettre en place deux chaudières gaz naturel (423kW) et une chaudière à condensation (443kW). Cela implique une modification du circuit de départ en chaufferie et installation de 165 nouveaux aérothermes.

Postes énergétiques	Etat initial		Etat amélioré Solution 1: C.V.C et Bâti	
	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)
Chauffage	1195	1195,0	630	630,0
Production ECS	185,3	185,3	185,3	185,3
Eclairage	98	252,8	98	252,8
Aérothermes	119	307,0	119	307,0
Divers électriques	114	294,1	114	294,1
Total (MWh EP/an)	1711	2234	1146	1669
Total kWh EP/m² SHON		182		136
			Pourcentage de gain Ep	25%
			Pourcentage de gain Ef	33%

Tableau 1 : Comparatif de l'état initial avec l'état amélioré Solution 1

L'état amélioré est plus favorable que l'état initial. Le gain en énergie finale est de **33%**.

✓ **Synthèse Solution 2:**

Cette solution consiste à déposer les chaudières et conserver les anciens aérothermes. Puis à mettre en place deux chaudières gaz naturel (423kW) et une chaudière à condensation (443kW). Cela implique une modification du circuit de départ en chaufferie.

	Etat initial		Etat amélioré Solution 2: C.V.C. et Bâti	
Postes énergétiques	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)
Chauffage	1195	1195,0	664	664,0
Production ECS	185,3	185,3	185,3	185,3
Eclairage	98	252,8	98	252,8
Aérothermes	119	307,0	119	307,0
Divers électriques	114	294,1	114	294,1
Total (MWh EP/an)	1711	2234	1180	1703
Total kWh EP/m² SHON		182		138
			Pourcentage de gain Ep	24%
			Pourcentage de gain Ef	31%

Tableau 2 : Comparatif de l'état initial avec l'état amélioré Solution 2

Le gain en énergie finale est de **31%**.

✓ **Synthèse Solution 3:**

Cette solution consiste au passage en chauffage tout électrique.

	Etat initial		Etat amélioré Solution 3: C.V.C. et Bâti	
Postes énergétiques	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)
Chauffage	1195	1195,0	398	1026,8
Production ECS	185,4	185,4	185,3	185,3
Eclairage	98	252,8	98	252,8
Aérothermes	119	307,0	0	0,0
Divers électriques	114	294,1	114	294,1
Total (MWh EP/an)	1711	2234	795	1759
Total kWh EP/m² SHON		182		143
			Pourcentage de gain Ep	21%
			Pourcentage de gain Ef	54%

Tableau 3 : Comparatif de l'état initial avec l'état amélioré Solution 3

Le gain en énergie finale est de **54%** ce qui est plutôt intéressant. Cependant, le gain en énergie primaire est de **21%**. Ceci est dû au fait que ce soit une solution tout électrique.

Nota : Il faut savoir que l'électricité est pondérée par un facteur correctif multiplicateur de 2.58 en passant de l'énergie finale à l'énergie primaire ce qui la rend défavorable par rapport aux autres énergies. On part du principe que la production d'E.C.S. reste au gaz.

✓ **Synthèse Solution 4:**

Cette solution consiste à déposer les chaudières (les aérothermes ne seront plus utilisés). Puis à mettre en place deux chaudières gaz naturel (423kW) et une chaudière à condensation (443kW). Cela implique une modification du circuit de départ en chaufferie et la création de circuits pour radiateurs basse température.

Postes énergétiques	Etat initial		Etat amélioré Solution 4: C.V.C. et Bâti	
	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)
Chauffage	1195	1195,0	502	502,0
Production ECS	185,3	185,3	185,3	185,3
Eclairage	98	252,8	98	252,8
Aérothermes	119	307,0	0	0,0
Divers électriques	114	294,1	114	294,1
Total (MWh EP/an)	1711	2234	899	1234
Total kWh EP/m² SHON		182		100
			Pourcentage de gain Ep	45%
			Pourcentage de gain Ef	47%

Tableau 4 : Comparatif de l'état initial avec l'état amélioré Solution 4

Le gain en énergie finale est de **47%** ce qui est là aussi intéressant. Cette solution se distingue par un gain en énergie primaire de **45%** ce qui est considérable pour une telle résidence.

1.2 ÉTIQUETTES ENERGIE ET CLIMAT DES DIFFERENTES SOLUTIONS :

Pour les étiquettes « énergie », nous situons les consommations d'énergie primaire issues des synthèses précédentes. En revanche, pour les étiquettes « climat », nous avons pris les ratios d'émission de CO₂ de l'ADEME :

- chauffage électrique : **180 g CO₂ /kWh**
- éclairage électrique résidentiel : **100 g CO₂/kWh**
- divers électrique : **40 g CO₂/kWh**
- chauffage gaz naturel : **206 g CO₂/kWh P.C.I.**

Ainsi, nous pouvons présenter les 5 étiquettes « Énergie » et « Climat »

✓ Étiquette Énergie et Climat de l'état initial :

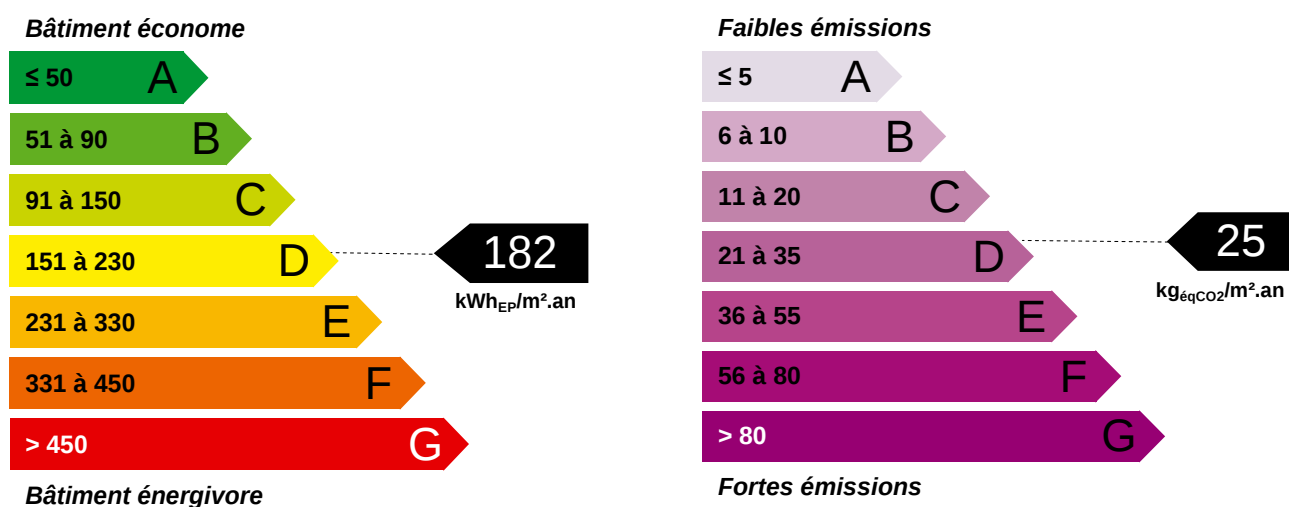


Figure 1 : Étiquettes Énergie et Climat de l'état initial

✓ Étiquette Énergie et Climat de la Solution 1 :

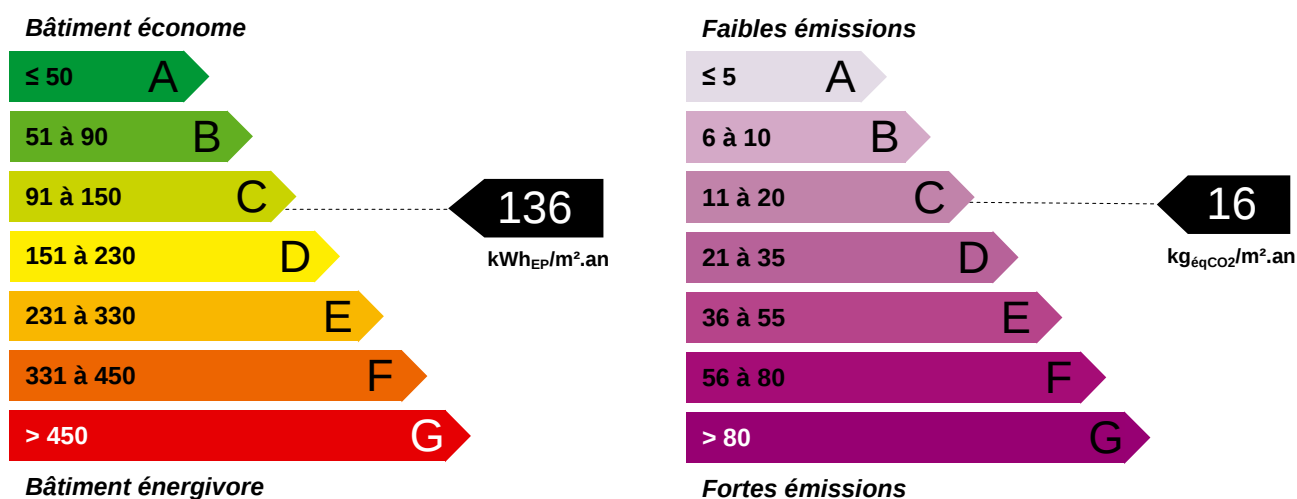


Figure 2 : Étiquettes Énergie et Climat de la Solution 1

✓ **Étiquette Énergie et Climat de la Solution 2 :**

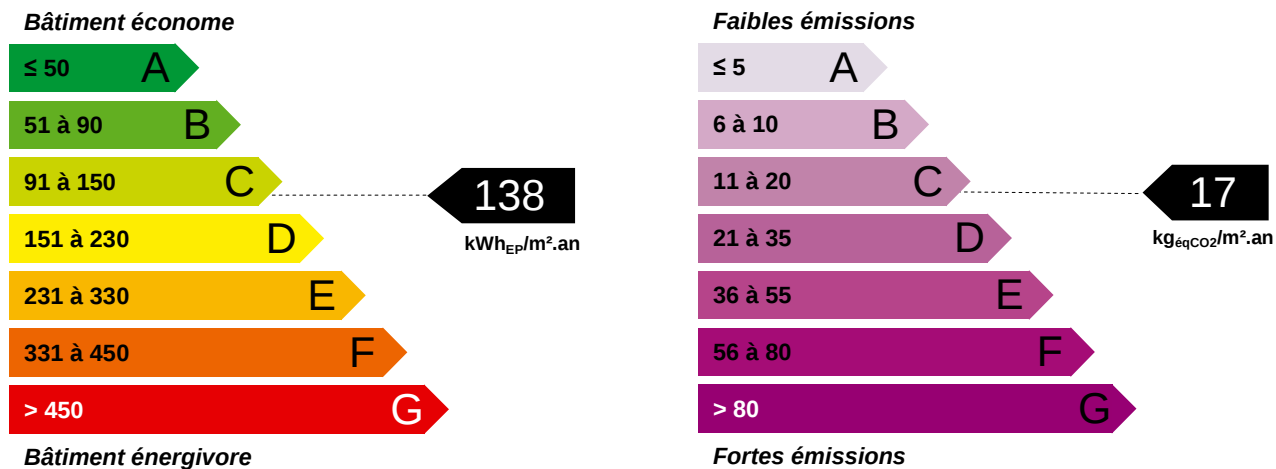


Figure 3 : Étiquettes Énergie et Climat de la Solution 2

✓ **Étiquette Énergie et Climat de la Solution 3 :**

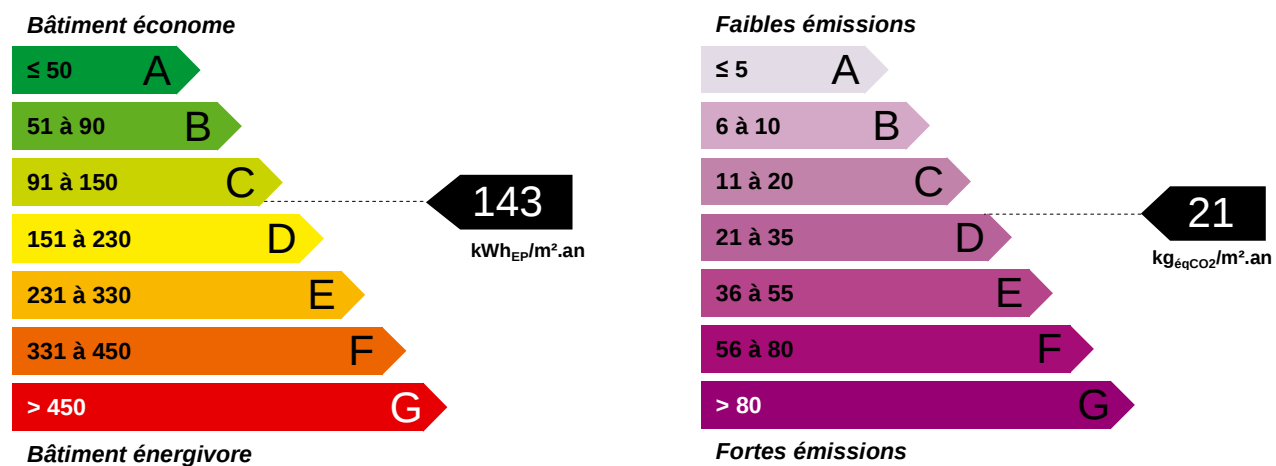


Figure 4 : Étiquettes Énergie et Climat de la Solution 3

✓ **Étiquette Énergie et Climat de la Solution 4 :**

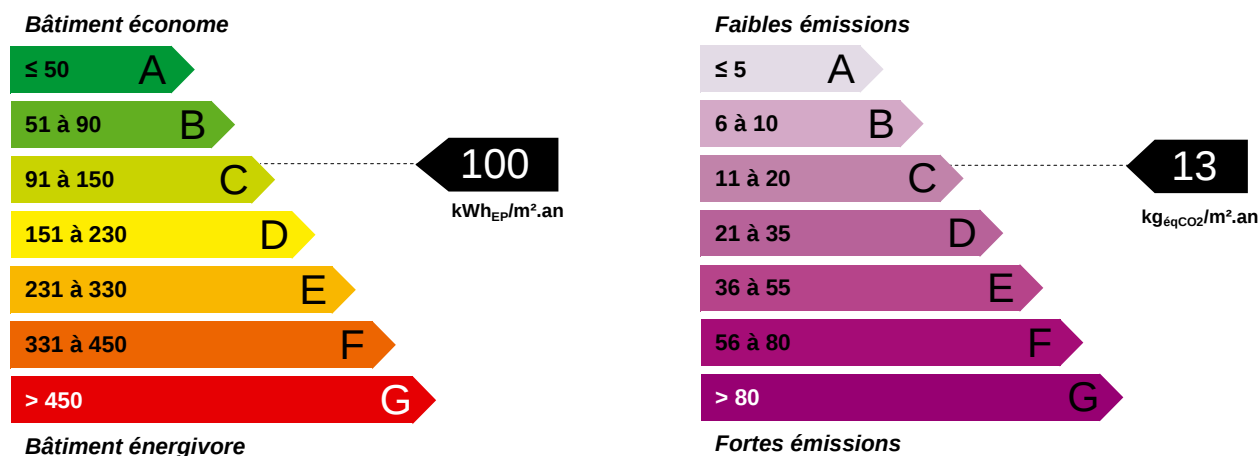


Figure 5 : Étiquettes Énergie et Climat de la Solution 4

1.3 CONFRONTATION DES TEMPS DE RETOUR GLOBAUX ET DES ETIQUETTES ENERGIE ET CLIMAT:

	Récapitulatif global				
	Etat initial	S1	S2	S3	S4
Gain PCS en MWh/an	-	564	531	677	692
Gain année 0 en €	-	25 398 €	23 889 €	25 872 €	31 158 €
Investissement global en €	-	931 084 €	518 584 €	513 624 €	1 439 424 €
Temps de retour avec inflation en années	-	22	16	10	25
Consommation en kWh Ep/ m² SHON.an	182	136	138	143	100
Emission CO2 en kg éq CO2/ m² SHON.an	25	16	17	21	13
Gain sur la consommation kWh/an Energie Primaire	-	25%	24%	21%	45%
Gain sur l'émission de CO2/an	-	36%	32%	16%	48%

Tableau 5 : Récapitulatif global

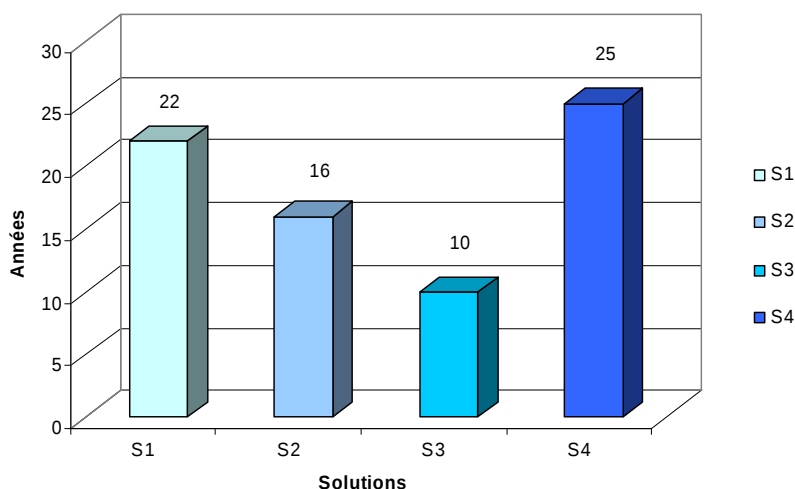


Figure 6 : Temps de retour sur investissement (sans abonnement et entretien)

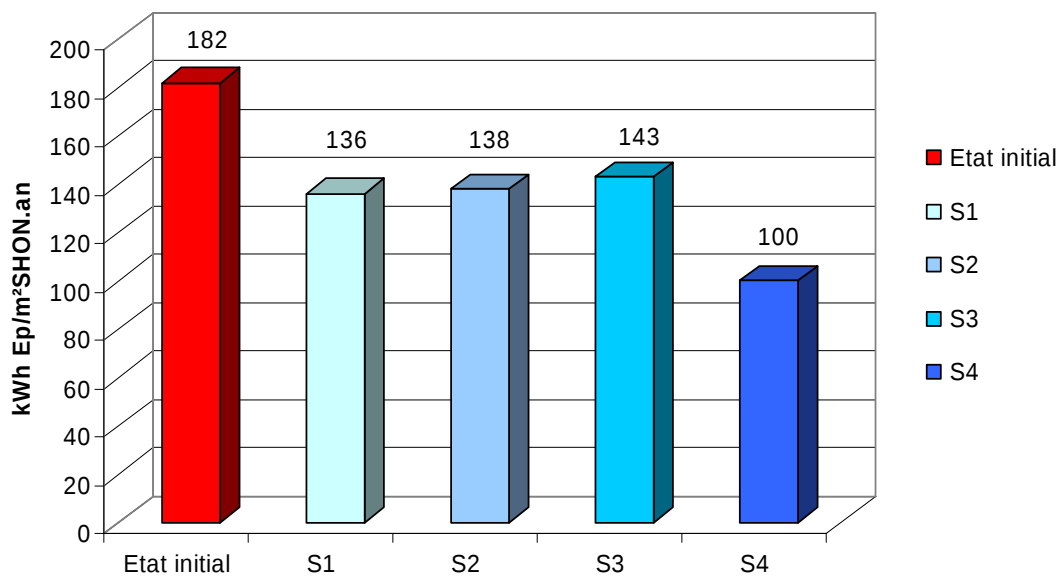


Figure 7 : Consommations en énergie primaire

✓ Analyse :

La solution 1 à un temps de retour sur investissement moyen de 22 ans, une consommation d'énergie primaire relativement faible de **136 kWh Ep / m² SHON.an** mais comparativement à la solution 2, reste très coûteuse (environ 930000€).

La solution 2 quant à elle présente de nombreux avantages tels qu'une consommation d'énergie primaire relativement faible, un temps de retour sur investissement de **16 ans** car l'investissement est inférieur à **520000€** et une émission de CO2 de **17 kg Eq CO2/m².an** acceptable.

La solution 3 présente l'avantage d'avoir un temps de retour très faible. En revanche, le fait de passer en « chauffage tout électrique » est défavorable dans le calcul des consommations d'énergie primaire (idem en ce qui concerne les émissions de CO2). Il faut donc raisonner en termes d'énergie finale car on constate un gain énergétique significatif de **54% avec 795 MWh/an** (en énergie finale).

De plus, cette solution peut être intéressante dans le sens où les frais d'abonnement gaz et d'entretien seront fortement diminués (ils ne concerneront que l'E.C.S.).

La solution 4 a le temps de retour sur investissement le plus élevé (25 ans) et est très coûteuse (1440000€ environ). Cependant, elle présente la consommation d'énergie primaire la plus faible : **100 kWh Ep / m² SHON.an** et l'émission de CO2 la plus faible avec **13 kg Eq CO2/m².an**.

1.4 CHIFFRAGE GLOBAL DE CHAQUE SOLUTION:

Il s'agit ici du chiffrage global de chacune des solutions. Pour facilité ce chiffrage, nous n'avons impacté les réhabilitations C.V.C. que sur le bâtiment C car la chaufferie se trouve au sous-sol de celui-ci.

Cependant, cela ne concerne que les organes de chaufferies et non les aérothermes, convecteurs électriques ou autres radiateurs basse températures qui sont préconisés sur l'ensemble de la résidence.

✓ Chiffrage global de la solution 1 :

RECAPITULATIF SOLUTION 1 : Nouvelles chaudières + nouveaux aérothermes			
	BATI	C.V.C	TOTAL
BATIMENT A-B (€ HT)	185 392 €	0 €	185 392 €
BATIMENT C (€ HT)	116 594 €	512 500 €	629 094 €
BATIMENT D (€ HT)	116 598 €	0 €	116 598 €
TOTAL DOMAINE DES HOCQUETTES (€ HT)			931 084 €

Tableau 6 : Chiffrage global de la solution 1

✓ Chiffrage global de la solution 2 :

RECAPITULATIF SOLUTION 2: Nouvelles chaudières + anciens aérothermes			
	BATI	C.V.C	TOTAL
BATIMENT A-B (€ HT)	185 392 €	0 €	185 392 €
BATIMENT C (€ HT)	116 594 €	100 000 €	216 594 €
BATIMENT D (€ HT)	116 598 €	0 €	116 598 €
TOTAL DOMAINE DES HOCQUETTES (€ HT)			518 584 €

Tableau 7 : Chiffrage global de la solution 2

✓ Chiffrage global de la solution 3 :

RECAPITULATIF SOLUTION 3: Chauffage tout électrique			
	BATI	C.V.C	TOTAL
BATIMENT A-B (€ HT)	185 392 €	0 €	185 392 €
BATIMENT C (€ HT)	116 594 €	95 040 €	211 634 €
BATIMENT D (€ HT)	116 598 €	0 €	116 598 €
TOTAL DOMAINE DES HOCQUETTES (€ HT)			513 624 €

Tableau 8 : Chiffrage global de la solution 3

✓ Chiffrage global de la solution 4 :

RECAPITULATIF SOLUTION 4: Nouvelles chaudières + radiateurs basse température			
	BATI	C.V.C	TOTAL
BATIMENT A-B (€ HT)	185 392 €	0 €	185 392 €
BATIMENT C (€ HT)	116 594 €	1 020 840 €	1 137 434 €
BATIMENT D (€ HT)	116 598 €	0 €	116 598 €
TOTAL DOMAINE DES HOCQUETTES (€ HT)			1 439 424 €

Tableau 9 : Chiffrage global de la solution 4

- ✓ Suite à une demande du syndicat de copropriété, nous avons chiffré une éventuelle amélioration des réseaux aérauliques de distribution d'air dans les pièces principales.

Pour cela, nous nous sommes concentrés sur deux appartements T3 du bâtiment A-B du bâtiment C pour obtenir un prix estimatif moyen. Nous avons choisi deux bâtiments car les surfaces de réseau aéraulique concernées ne sont pas toutes identiques.

Nous avons quantifié et chiffré les divers postes et matériaux :

	Désignation	Unité	Quantité	Prix €/U HT (MO + Fournitures)	Prix € total HT
T3 Bât A-B	Dépose faux plafond	m²	9,4	15,1 €	141,9 €
	Gaine acier galvanisé circulaire spiralée Ø 250	ml	8,5	65,5 €	556,8 €
	Piquages	U	5	80,0 €	400,0 €
	Manchette souple	ml	0,5	125,0 €	62,5 €
	Bouches	U	5	100,0 €	500,0 €
	Pose faux plafond	m²	9,4	36,1 €	339,5 €
Total					2 001 €

Tableau 10 : Chiffrage de l'amélioration d'un réseau aéraulique Bâtiment A-B

Le coût d'une telle amélioration de réseau de distribution de l'air dans les pièces est de **2000 € HT**.

	Désignation	Unité	Quantité	Prix €/U HT (MO + Fournitures)	Prix € total HT
T3 Bât C	Dépose faux plafond	m²	7,3	15,1 €	110,2 €
	Gaine acier galvanisé circulaire spiralée Ø 250	ml	7,5	65,5 €	491,3 €
	Piquages	U	5	80,0 €	400,0 €
	Manchette souple	ml	0,5	125,0 €	62,5 €
	Bouches	U	5	100,0 €	500,0 €
	Pose faux plafond	m²	7,3	36,1 €	263,7 €
Total					1 828 €

Tableau 11 : Chiffrage de l'amélioration d'un réseau aéraulique Bâtiment C

Le coût d'une telle amélioration de réseau de distribution de l'air dans les pièces est de **1828€ HT**.

Nota : Les prix unitaires comprennent les fournitures de divers matériaux et la main d'œuvre.

- ✓ Suite à une demande du syndicat de copropriété, nous avons chiffré un éventuel passage en cumulus électriques pour la production d'E.C.S. des bâtiments AB et C :

Chiffrage Cumulus électriques				
	Nombres d'appartements	Volumes (litres)	Prix U (€ HT) MO+ fournitures	Total (€ HT)
T1	4	75	700 €	2 800 €
T2	8	100	700 €	5 600 €
T3	32	150	800 €	25 600 €
T4	24	200	1 000 €	24 000 €
T4 bis	20	200	1 200 €	24 000 €
T5/T5 b/T6/T6 b	16	250/300	1 200 €	19 200 €
total	104			101 200 €

Tableau 12 : Chiffrage de la solution cumulus électriques

Cela représente un investissement de **101200 € HT**.

Actuellement, les consommations en E.C.S. de ces deux bâtiments sont les suivantes :

Bâtiment A-B	
Nombre d'occupants	125
Consommation par occupant (l/jour)	49
q "ECS" kWh/m ³	110
Nombre de jours de fonctionnement	183
Consommation (MWhu/an)	123,4
Bâtiment C	
Nombre d'occupants	77
Consommation par occupant (l/jour)	41
q "ECS" kWh/m ³	110
Nombre de jours de fonctionnement	183
Consommation (MWhu/an)	63,4

Tableau 13 : Consommations en gaz actuelles des bâtiments AB et C

La somme de ces deux consommations est de 186,8 MWh/an de gaz soit une facture de 8406 €/an pour ce poste (avec 45€ le MWh).

Si l'on passe en production par cumulus, le « q » change et passe à 60 kWh/m³ car les pertes sont fortement réduites (du à la proximité du lieu de production et du puisage d'eau chaude) :

Bâtiment A-B	
Nombre d'occupants	125
Consommation par occupant (l/jour)	49
q "ECS" kWh/m ³	60
Nombre de jours de fonctionnement	183
Consommation (MWhu/an)	67,3
Bâtiment C	
Nombre d'occupants	77
Consommation par occupant (l/jour)	41
q "ECS" kWh/m ³	60
Nombre de jours de fonctionnement	183
Consommation (MWhu/an)	34,6

Tableau 14 : Consommations en électricité des bâtiments AB et C avec les cumulus électriques

La somme de ces deux consommations est de 101,9 MWh/an en électricité soit une facture de 7133 €/an pour ce poste (avec 70€ le MWh).

Le gain énergétique est de **85 MWh/an** mais le gain financier n'est que de **1273 €/an** pour l'ensemble des deux bâtiments car l'électricité reste plus cher actuellement.

Si l'on transpose cette préconisation en vue d'un passage en tout électrique, chauffage et E.C.S., sur la solution 3, nous obtenons la synthèse suivante :

	Etat initial		Etat amélioré Solution 3: C.V.C. et Bâti		Etat amélioré Solution 3 BIS: C.V.C. et Bâti	
Postes énergétiques	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)	Consommations énergie finale (MWh/an)	Consommations énergie primaire (MWh/an)
Chauffage	1195	1195,0	398	1026,8	398	1026,8
Production ECS	185,4	185,4	185,3	185,3	101,9	262,9
Eclairage	98	252,8	98	252,8	98	252,8
Aérothermes	119	307,0	0	0,0	0	0,0
Divers électriques	114	294,1	114	294,1	114	294,1
Total (MWh EP/an)	1711	2234	795	1759	712	1837
Total kWh EP/m² SHON		182		143		149
			Pourcentage de gain Ep	21%	Pourcentage de gain Ep	18%
			Pourcentage de gain Ef	54%	Pourcentage de gain Ef	58%

Tableau 15 : Comparatif de l'état initial, de la solution 3 et de la solution 3 BIS décrite ci-dessus

Nous voyons que si l'on produit l'E.C.S. avec des cumulus électriques, le pourcentage de gain en énergie primaire diminue (passant de **21% à 18%**) et le pourcentage de gain en énergie finale augmente (passant de **54% à 58%**).

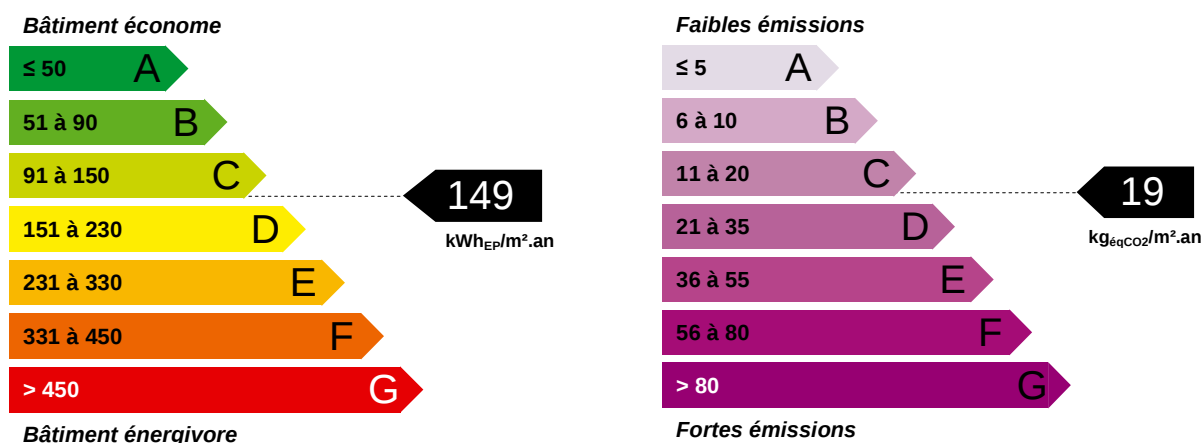


Figure 8 : Étiquettes énergie et climat solution 3 BIS

L'étiquette énergie est dégradée (passant de 143 à 149 kWhEP/m² SHON.an) tandis que l'étiquette climat diminue car le gaz ne sera plus utilisé pour produire l'E.C.S. (passant de 21 à 19 kg éq CO2/m² SHON.an).

Nota : Si cette option est retenue, il faudra imputer les impacts financiers et énergétiques sur l'étude technico-économique de manière à établir un nouveau temps de retour sur investissement (sachant que le temps de retour brut à l'année 0 est de **80 ans** pour le passage à l'E.C.S. électrique exclusivement).

Saunier & Associés a procédé, dans le cadre de la mission d'audit énergétique des bâtiments du Domaine des Hocquettes, à plusieurs recommandations visant à améliorer la performance énergétique de ces derniers, tout en conférant aux résidents un confort thermique appréciable. Ces dernières sont de plusieurs ordres :

- Amélioration du patrimoine « Bâti » existant,
- Mise en place de solutions CVC performantes (chauffage en particulier),
- Faisabilité d'une installation d'ECS solaire.

La synthèse suivante a mis en avant la recevabilité des 4 scénarii en termes d'investissement, de temps de retour (inflation comprise), de consommation d'énergie primaire et enfin d'émission de CO₂, tel que le récapitule le tableau suivant :

Récapitulatif global et efficience					
	Etat initial	S1	S2	S3	S4
Investissement global en €	-	931 084 €	518 584 €	513 624 €	1 439 424 €
Temps de retour avec inflation en années	-	22 €	16 €	10 €	25 €
Consommation en kWh Ep/ m² SHON.an	182	136	138	143	100
Emission CO2 en kg éq CO2/ m² SHON.an	25	16	17	21	13
Gain sur la consommation kWh/an Energie P	-	25%	24%	21%	45%
Gain sur l'émission de CO2/an	-	36%	32%	16%	48%
kWh EP économisés	-	565892	541288	479778	1008764
Efficience (kWh économisés par € investi)		0,608	1,044	0,934	0,701

Tableau 13 : Orientations du bureau d'étude

Efficience (kWh EP économisés par € investi)

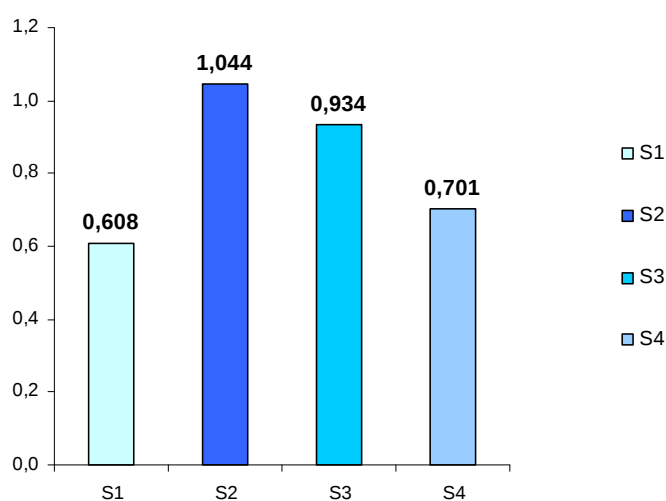


Figure 9 : Efficience des différentes solutions

L'efficience permet de déterminer la solution la plus pertinente. Elle caractérise ici le rapport gain énergétique – investissement.

Deux scénarii se distinguent :

- ✓ **Solution 2** : Isolation du bâti + 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.

- ✓ **Solution 3** : Isolation du bâti + Passage en chauffage tout électrique.

Ces 2 solutions présentent des investissements inférieurs aux solutions S1 et S4 (environ 3000 euros par appartement) et un temps de retour acceptable.

Cependant, la future hausse du coût de l'électricité à l'horizon 2014 (projet d'augmentation de 35%) implique pour le scénario n°3 un temps de retour largement supérieur et des factures énergétiques très onéreuses.

D'autre part, nous avons l'hypothèse pour le scénario n°3 d'un maintien d'au moins une chaudière actuelle pour la production d'ECS pour réduire les coûts d'investissement.

Tout naturellement, nous orientons les propriétaires du Domaine des Hocquettes vers le scénario n°2 qui représente un bon compromis technique – amélioration énergétique – investissement.