



la Soderec
groupe Crédit Mutuel

groupe-6
12, Rue des Arts et Métiers - CS 70069
38026 Grenoble Cedex 1
T. 04 76 96 43 00
F. 04 76 27 96 49
SAS au capital de 94.248 €
RCS Grenoble B 330 472 168

groupe-6
egis
Richez Associés
architecture urbanisme paysage

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE REIMS

Reconstruction du site principal du CHU de Reims (Phase 1)



DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE

GJP

Maître d'ouvrage C.H.U. de Reims	45 rue Cognacq Jay 51092 Reims Cedex	tél. 03 10 76 69 89 e-mail : lguccione@chu-reims.fr
Assistant du Maître d'ouvrage La Soderec	240 rue de Cumène 54230 Neuves-Maisons	tél. 03 83 19 07 09 e-mail : ebalard@lasoderec.com
Architecte mandataire Groupe 6 SAS	12 rue des Arts et Métiers - CS 70069 38026 Grenoble Cedex 1	tél. 04 38 21 03 58 e-mail : eliane.monon@groupe-6.com
Economiste Groupe 6 SAS	12 rue des Arts et Métiers - CS 70069 38026 Grenoble Cedex 1	tél. 04 38 21 03 23 e-mail : martine.forte@groupe-6.com
Urbanisme Paysage Richez Associés SAS	2 rue de la Roquette 75011 Paris	tél. 01 43 38 22 55 e-mail : pierre-alexandre.cochez@richezassocies.com
Bet TCE Egis Bâtiments	4 rue Dolores Ibarruri - TSA 40002 93188 Montreuil Cedex	tél. 01 49 20 18 73 e-mail : benjamin.ventura@egis.fr
Bureau de contrôle Qualiconsult	3 rue Etienne Oehminchen - BP 302 51688 Reims Cedex 2	tél. 03 26 36 76 00 e-mail : jacques.valente@qualiconsult.fr
CSPS Qualiconsult Sécurité	3 rue Etienne Oehminchen - BP 302 51688 Reims Cedex 2	tél. 03 26 36 76 00 e-mail : hubert.meunier@qualiconsult.fr

Etude de faisabilité des approvisionnements en énergie

Date : 31 Janvier 2018

PH1	DPC	EBB	CVC		NTE	PC 16-1 02	A
AFFAIRE	PHASE	AUTEUR	DISCIPLINE		TYPE	NUMERO	INDICE



SOMMAIRE

1.	Objet et rappel des obligations réglementaires du MOA.....	3
2.	Présentation du projet.....	4
3.	Hypothèses prises en compte	4
4.	Résultats de la solution pressentie.....	5
5.	Analyse des variantes	6
5.1	Solaire thermique.....	6
5.2	Solaire photovoltaïque	7
5.3	Biomasse	8
5.4	Systemes éoliens.....	9
5.5	Réseau de froid	10
5.6	Pompes à chaleur géothermique	11
5.7	Thermofrigopompe	12
5.8	Chaudières gaz à condensation	13
5.9	Cogénération.....	14
5.10	Récapitulatif	15
6.	Comparatif entre la base et les variantes	15
6.1	Variante 1 : Solution de base + Solaire thermique	16
6.2	Variante 2 : Solution de base + Solaire photovoltaïque	17
6.3	Variante 3 : Chaufferie bois	18
6.4	Variante 4 : Pompe à chaleur géothermique.....	19
6.5	Variante 5 : Thermofrigopompe	20
6.6	Synthèse des résultats.....	21
6.7	Coût global sur 30 ans	23
7.	Conclusions.....	24

1. OBJET ET RAPPEL DES OBLIGATIONS REGLEMENTAIRES DU MOA

L'objet de cette note technique est de présenter l'étude de faisabilité technique et économique des diverses solutions d'approvisionnement en énergie.

Depuis le 1er janvier 2008, le maître d'ouvrage d'une opération de construction de surface hors œuvre nette supérieure à 1 000 m² doit réglementairement réaliser, avant le dépôt du permis de construire, une étude de faisabilité technique et économique des diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la construction (art L.111-9 du code de construction et de l'habitation introduit par la loi du 13 juillet 2005).

Cette mesure est destinée à favoriser les recours aux énergies renouvelables et aux systèmes les plus performants. Le maître d'ouvrage a la liberté de choisir la ou les sources d'énergie de la construction, guidé par les conclusions de cette étude qui visent notamment à comparer les indicateurs énergétiques, environnementaux et économiques.

Les modalités d'application de ces études de faisabilité sont définies par le décret n°2007-63 du 19 mars 2007 et l'arrêté du 18 décembre 2007.

L'étude de faisabilité technique et économique doit comparer le système pressenti au moins aux variantes suivantes, éventuellement combinées :

- Les systèmes solaires thermiques,
- Les systèmes solaires photovoltaïques,
- Les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse,
- Les systèmes éoliens,
- Le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif à plusieurs bâtiments ou urbain s'il existe à proximité du terrain d'implantation de l'immeuble ou de l'opération,
- Les pompes à chaleur géothermiques,
- Les autres types de pompes à chaleur,
- Les chaudières à condensation,
- Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité.

Cette étude doit présenter les avantages et les inconvénients de chacune des solutions étudiées, quant aux conditions de gestion du dispositif, aux coûts d'investissement et d'exploitation, à la durée d'amortissement de l'investissement et à l'impact attendu sur les émissions de gaz à effet de serre.

Cette étude fournit les informations nécessaires au maître d'ouvrage pour faire son choix de la solution d'approvisionnement.

Le projet de bâtiment équipé du système choisi par le maître d'ouvrage est appelé système pressenti, les projets de bâtiment équipé des autres systèmes définis ci-après sont alors appelés variantes.

2. PRESENTATION DU PROJET

Dans le cadre du programme de reconstruction du site principal du CHU de Reims, le projet phase 1 est un élément fondateur et structurant de la future composition du site. Il doit pouvoir s'y intégrer tout en anticipant les évolutions à venir et son impact sur les bâtiments avoisinants dont le pôle énergie situé au cœur du maillage énergétique.

Les surfaces du bâtiment se répartissent comme suit, suivant le périmètre RT et les plans architecte :

- environ **27450 m² SU** en Zone Hôpital partie Jour
- environ **16200 m² SU** en Zone Hôpital partie Nuit
- environ **19950 m² SU** climatisés

A l'échelle du site, les énergies disponibles sont l'électricité et le réseau de chaleur urbain.

La solution pressentie sera composée :

- d'une production de chaleur et d'ECS via réseau de chaleur urbain
- d'une production de froid via groupes frigorifiques à vis
- d'un stockage d'énergie latent

NB : Dans le cadre de cette étude, les productions sont dimensionnées selon le périmètre RT 2012.

3. HYPOTHESES PRISES EN COMPTE

Dans le cadre de cette étude, les hypothèses listées ci-dessous ont été considérées :

- Tarif des énergies :

(Euro/kWh)	Elec	Pv (gain)	Eolien (gain)	Réseau urbain	Bois
Tarif énergie finale	0,15	0,26	0,082	0,07	0,040

- Emissions de CO₂

Emission CO ₂		Elect	Bois	Réseau urbain
Chauffage	kg /kWh EF	0,18	0,013	0,124
ECS+Froid	kg /kWh EF	0,04	0,013	0,124
Vent+Ecl+Aux	kg /kWh EF	0,084	0,013	0,124

- Emissions de SO₂

Emission SO ₂		Elect	Bois	Réseau urbain
Chauffage	g /kWh EF	1,22	0,22	0,12
ECS	g /kWh EF	0,51	0,22	0,12

- Emissions de déchets nucléaires

Déchets nucléaires		Elect
faibles et moyennes		g /kWh EF
		0,05
fortes et très fortes durées de vie		g /kWh EF
		0,01



4. RESULTATS DE LA SOLUTION PRESSENTIE

Caractéristiques de la solution :

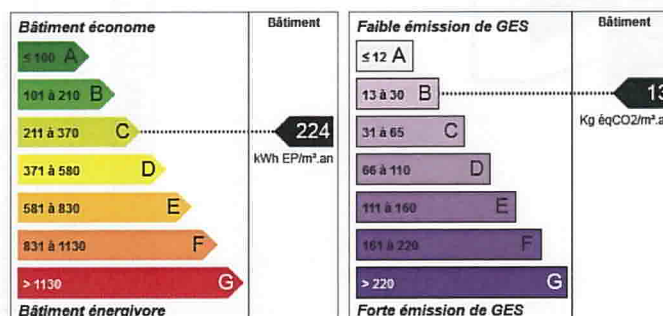
- Production de chauffage et d'ECS par réseau de chaleur à plus de 50% d'ENR
- Production de froid via des groupes frigorifiques à condensation par eau et des aéro-refroidisseurs de type adiabatique
- Stockage de froid latent

A noter qu'il sera prévu en option la mise en œuvre de groupes utilisant les fluides frigorigènes nouvelles générations de type HFO dont l'impact sur l'effet de serre est nul (GWP=0).

Estimation des coûts d'installation : 2 655 000€

Estimation des coûts de maintenance annuelle : 26 000€

	Consommations		Emissions CO2	Emissions SO2	Emissions de déchets radioactifs faibles et moyens	Emissions de déchets radioactifs forts et très forts
	kWhep/m².an	Euros/an	kgCO2/m².an	kgSO2/m².an	mg/m².an	mg/m².an
Chauffage	51.00	155 829	6.32	6.12	0	0
Climatisation	18.30	46 441	0.28	3.62	355	71
ECS	12.50	38 193	1.55	1.50	0	0
Ventilation	74.20	188 302	2.42	14.67	1438	288
Eclairage	65.40	165 970	2.13	12.93	1267	253
Auxiliaire	2.10	5 329	0.07	0.42	41	8
Prod. Elec	0.00	0	0.00	0.00	0	0
Total	223.50	600 064	12.77	39.25	3101	620

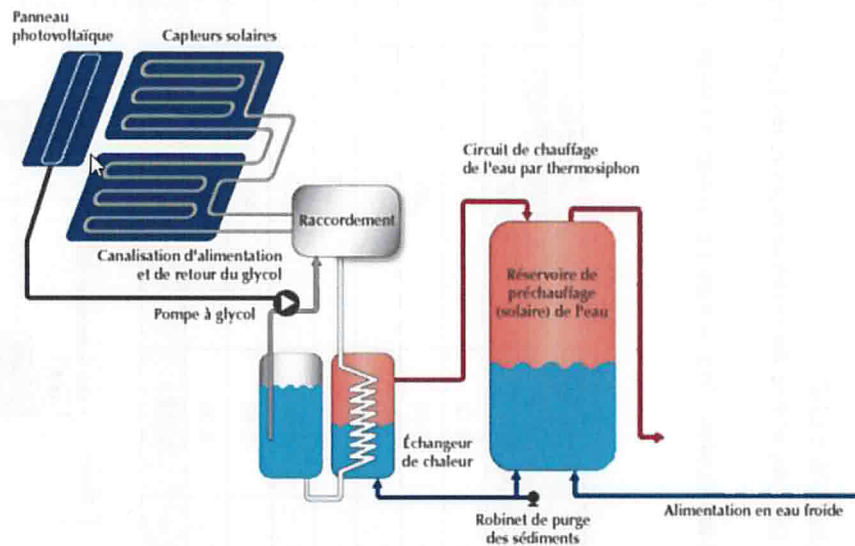


5. ANALYSE DES VARIANTES

Le présent chapitre analyse les différentes variantes possibles, au sens de l'arrêté du 18 décembre 2007. La faisabilité technique de ces variantes est analysée au regard de leur capacité à satisfaire les besoins du site en énergie, compte tenu des contraintes techniques éventuelles pouvant découler de la typologie du site ou des choix architecturaux.

5.1 Solaire thermique

Le bâtiment comporte un grand nombre de locaux nécessitant de l'eau chaude sanitaire notamment les chambres d'hospitalisation. Une solution de production d'ECS via capteurs solaires avec appoint sur réseau de chaleur sera alors étudiée en variante.

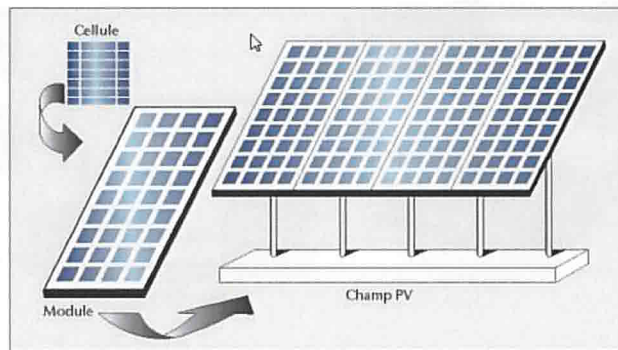


Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Le solaire thermique étant mis en place en toiture de bâtiment, il n'y a pas d'impact vis-à-vis du terrain
Contraintes spécifiques d'implantation	Demande un accès à toutes les toitures où les capteurs seront posés, contrainte architecturales. Nécessite un appoint, notamment en hiver.
Bruit	Ce type d'équipement n'a aucun impact acoustique
Faisabilité d'exportation	La production d'Eau Chaude Solaire est dédiée à l'utilisation du bâtiment. Une exportation pour les tiers n'est pas envisagée car la production y est trop faible.

5.2 Solaire photovoltaïque

Une surface de toiture pourrait être exploitée pour l'implantation des panneaux photovoltaïques. Cette variante sera donc étudiée.

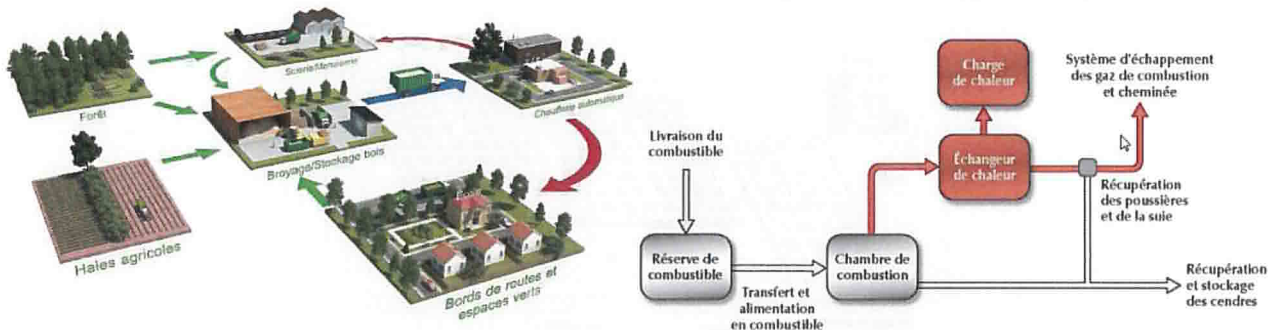
Une partie de la production pourra servir en autoconsommation pour répondre à des besoins réguliers comme l'éclairage de l'établissement hospitalier.



Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Le solaire photovoltaïque étant mis en place en toiture de bâtiment, il n'y a pas d'impact vis-à-vis du terrain
Contraintes spécifiques d'implantation	Demande un accès à toutes les toitures où les capteurs seront posés, contrainte architecturales
Bruit	Ce type d'équipement n'a aucun impact acoustique
Faisabilité d'exportation	La production d'électricité par ces panneaux peut-être revendue à EDF.

5.3 Biomasse

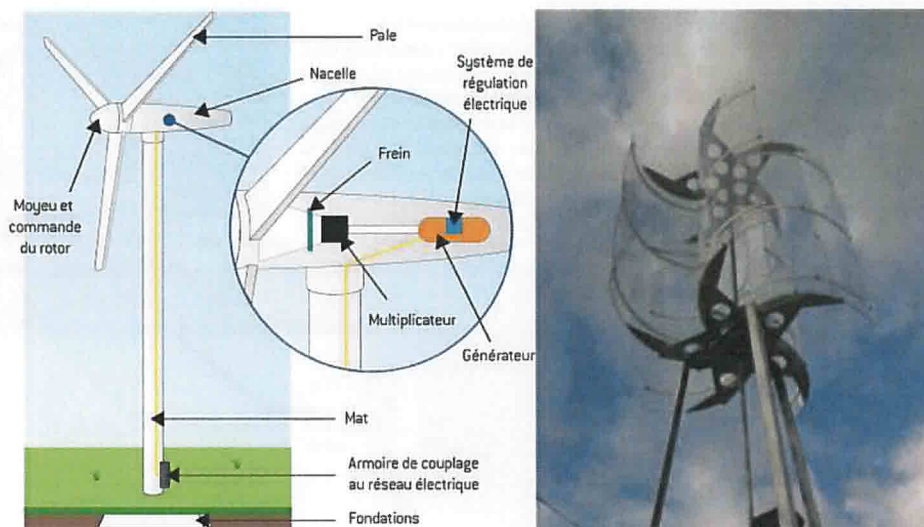
La filière bois-énergie se développant constamment en Champagne-Ardenne, cette solution mérite d'être étudiée pour assouvir une partie des besoins en chauffage.



Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Cette solution technique nécessite un silo de stockage accessible pour assurer la livraison du bois.
Contraintes spécifiques d'implantation	Peu d'espace disponible sur le site pour contenir un silo de stockage devant être directement accessible pour les camions de livraisons. Contraintes architecturales.
Bruit	Ce type d'équipement n'a pas d'impact acoustique extérieur dans son fonctionnement. Les seuls impacts acoustiques sont liés aux émergences des camions de livraisons.
Faisabilité d'exportation	Peu d'exportation possible pour les tiers.

5.4 Systèmes éoliens

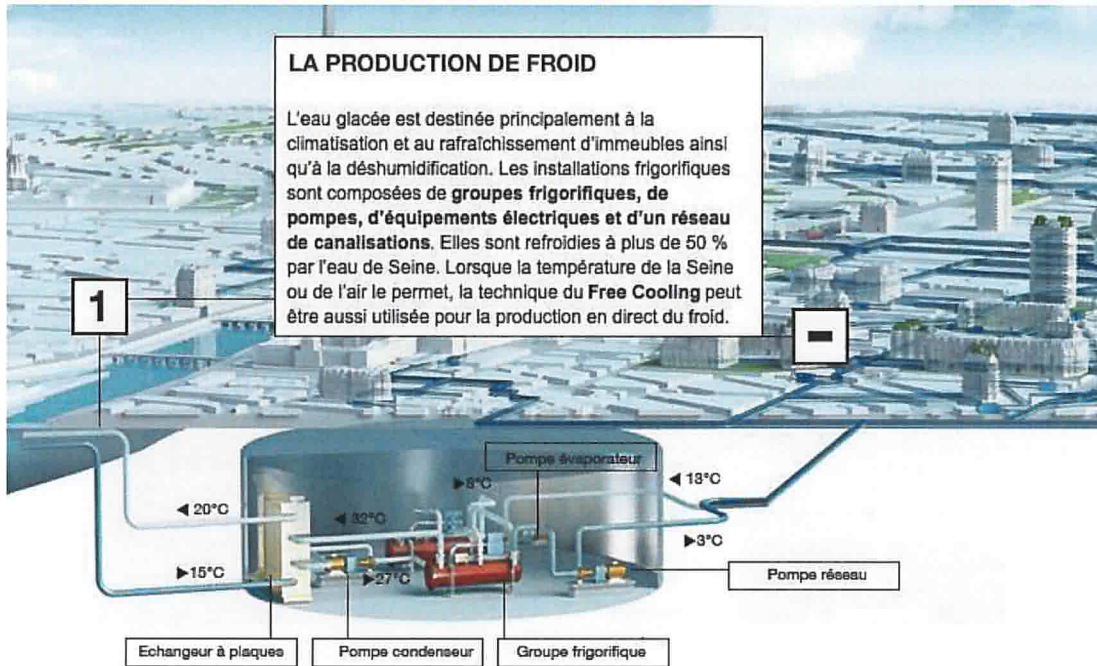
Les éoliennes urbaines ne fournissent qu'une puissance très limitée, de l'ordre d'une centaine de watts. Leur production électrique ne sera sans commune mesure avec les besoins du site. De plus, l'implantation des éoliennes urbaines est très encadrée administrativement. Cette solution ne sera pas étudiée.



Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Les éoliennes sont généralement positionnées au point le plus haut du site, soit en occupant une partie du terrain ou soit en toiture des bâtiments sans emprise au sol.
Contraintes spécifiques d'implantation	Contrainte architecturale, nécessité de protéger le site d'implantation.
Bruit	Ce type d'équipement a un impact acoustique extérieur dans son fonctionnement non négligeable.
Faisabilité d'exportation	La production d'électricité par cet équipement peut-être revendue à EDF.

5.5 Réseau de froid

Il n'y a pas de réseau urbain de production frigorifique dans la zone. Cette solution n'a donc pas été étudiée.

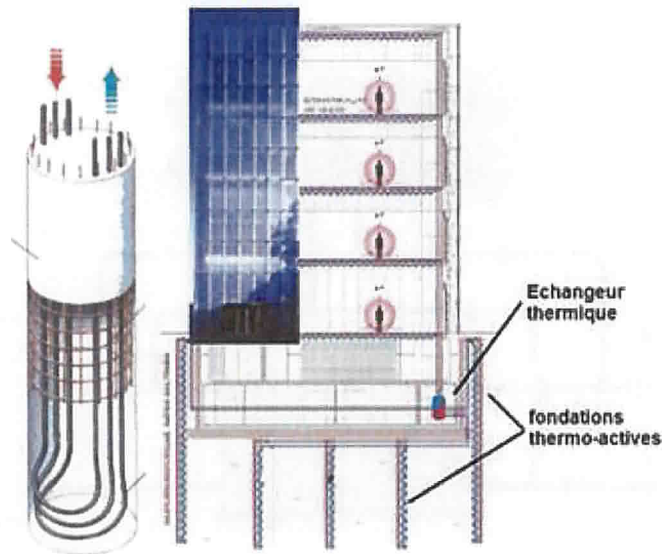


Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Le passage d'un réseau urbain froid n'est pas prévu dans la zone.
Contraintes spécifiques d'implantation	Nécessite la création d'une sous-station dans le bâtiment.
Bruit	La mise en place de cette solution n'a pas d'impact acoustique.
Faisabilité d'exportation	Aucune.

5.6 Pompes à chaleur géothermique

Cette solution utilise la température du sol pour pré-chauffer ou pré-refroidir les réseaux de chauffage/climatisation en hiver et en été.

Plusieurs solutions de captage existent : réseau horizontal, forage profond ou via fondations thermoactives. Cette variante sera étudiée mais nécessitera des réseaux de chauffage à faible température : départ entre 40 et 45°C.

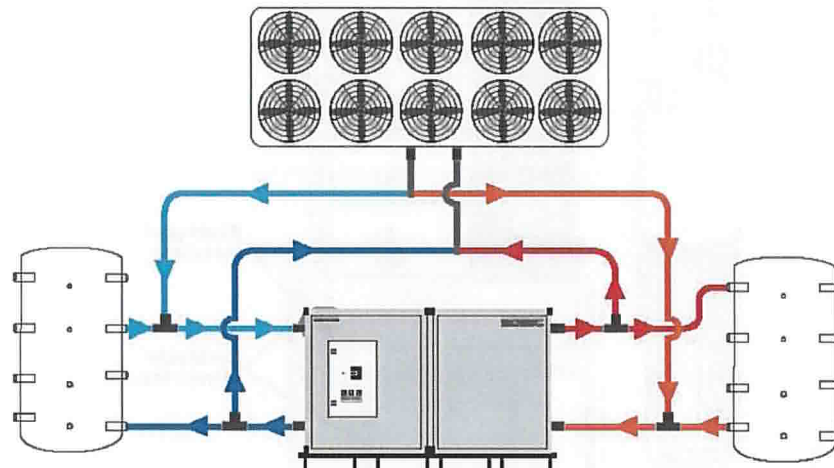


Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Cette solution technique nécessite l'installation de tubes en contact avec la terre.
Contraintes spécifiques d'implantation	Des études spécifiques structurelles et de sols doivent être réalisés.
Bruit	La mise en place de cette solution n'a pas d'impact acoustique.
Faisabilité d'exportation	Pas d'exportation possible pour les tiers.

5.7 Thermofrigopompe

La thermofrigopompe réversible est un autre type de pompe à chaleur permettant de produire à la fois du froid et du chaud. Cette variante sera étudiée mais nécessitera des réseaux de chauffage à faible température : départ entre 40 et 45°C.

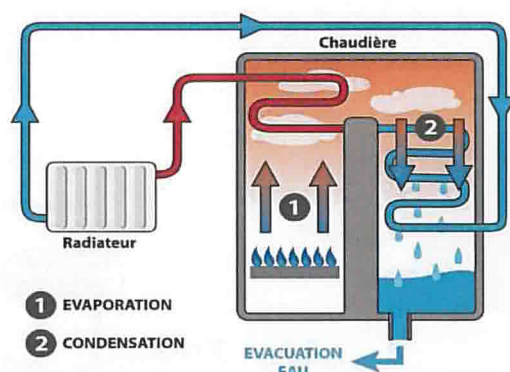
A noter qu'à l'heure actuelle, les fabricants reconnus sur le marché ne proposent pas de technologie fonctionnant avec les nouveaux fluides frigorigènes HFO (GWP nul) pour les puissances mises en œuvre sur le projet.



Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Cette solution technique n'a aucun impact sur le terrain puisque les équipements sont positionnés en toiture et/ou en sous-sol du bâtiment.
Contraintes spécifiques d'implantation	Création de locaux techniques importants. Il peut être difficile de regrouper l'ensemble des équipements (évaporateurs en extérieur, sources d'appoints et stockages), les distances de canalisations nuisent au rendement global de l'installation.
Bruit	La mise en place de cette solution a une incidence acoustique vis-à-vis des tiers via le fonctionnement des ventilateurs extérieurs.
Faisabilité d'exportation	Pas d'exportation possible pour les tiers.

5.8 Chaudières gaz à condensation

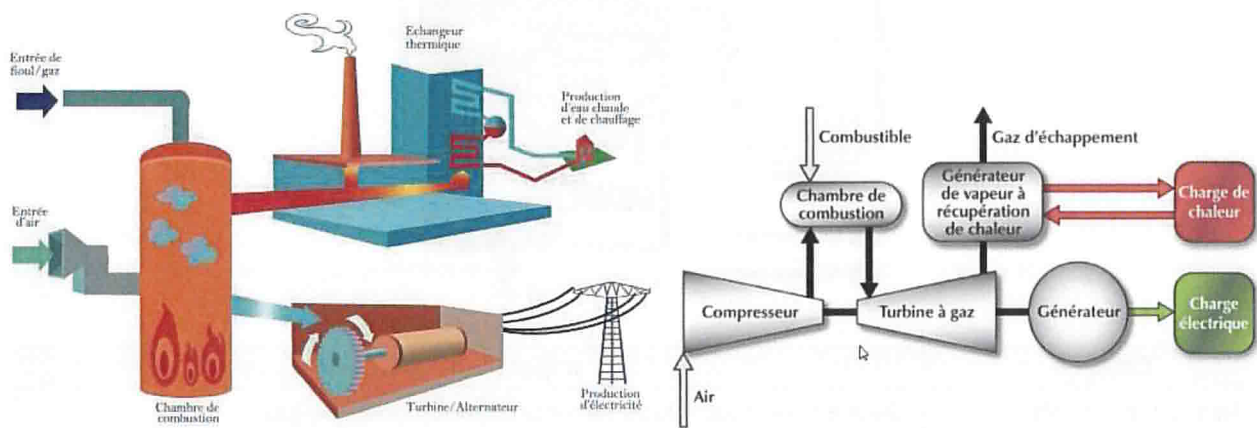
La solution d'une chaufferie gaz comportant des chaudières à condensation ne sera pas étudiée en variante étant donné l'indisponibilité de l'énergie sur le site.



Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Cette solution technique nécessite une amenée de gaz.
Contraintes spécifiques d'implantation	Création d'une chaufferie devant comporter des ventilations basses, une cheminée, et des équipements de coupure d'urgence facilement accessibles de l'extérieur.
Bruit	La mise en place de cette solution ne génère pas de bruit à l'extérieur du bâtiment.
Faisabilité d'exportation	Pas d'exportation possible pour les tiers.

5.9 Cogénération

La cogénération permet par exemple la production d'électricité via une turbine fonctionnant en récupération sur une production de chaleur. Compte tenu de l'absence de gaz sur le site, cette solution ne sera pas étudiée.



Critères	Impacts du système
Utilisation du terrain	Cette solution technique nécessite la création d'une chaufferie avec aménée de gaz et un raccordement EDF spécifique pour la revente de l'électricité produite.
Contraintes spécifiques d'implantation	Création d'une chaufferie devant comporter des ventilations basses, une cheminée, et des équipements de coupure d'urgence facilement accessibles de l'extérieur.
Bruit	La mise en place de cette solution ne génère pas de bruit à l'extérieur du bâtiment.
Faisabilité d'exportation	La production d'électricité par cet équipement peut-être revendue à EDF.

5.10 Récapitulatif

Certains systèmes sont retenus pour l'étude comparative, d'autres sont écartés pour des raisons de faisabilité non assurée par rapport au site.

Solution	Retenue pour l'étude comparative ?	Remarques
Réseau de chaleur + Groupes froids	Solution de base	
Base + Solaire Thermique	Oui	
Base + Solaire Photovoltaïque	Oui	
Biomasse	Oui	
Base + Système éolien	Non	Non adapté au projet
Chaudières Gaz à condensation	Non	Non adapté au projet
Pompe à chaleur géothermique	Oui	
Thermofrigopompe	Oui	
Réseau de froid	Non	Non adapté au projet
Chaudières Gaz + Cogénération	Non	Non adapté au projet

6. COMPARATIF ENTRE LA BASE ET LES VARIANTES

Afin de comparer les différentes variantes, les indicateurs ci-dessous seront présentés :

- les consommations en kWh_{ep}/m²/an
- Les émissions de CO₂ en kg/m²/an
- Les émissions de SO₂ en kg/m²/an
- Les émissions de déchets radioactifs en mg/m²/an
- Le surcoût d'investissement
- Le surcoût annuel d'exploitation

Pour rappel, la solution de base, sera une production de chaleur et d'ECS via réseau de chaleur et une production de froid par groupes frigorifiques à condensation par eau et aéro-refroidisseurs de type adiabatique.



6.1 Variante 1 : Solution de base + Solaire thermique

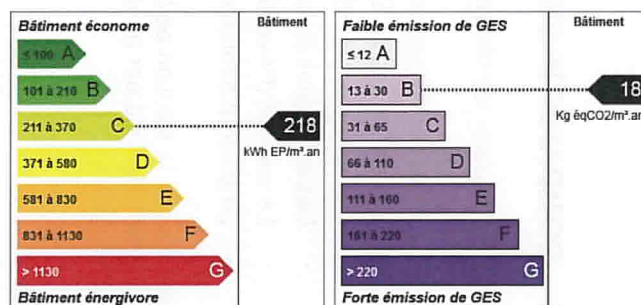
Caractéristiques de la variante :

- Pose de 1500 m² de panneaux (Environ 30% de couverture)
- Azimut : Sud-est
- Inclinaison : 30°

Surcoût d'installation : 1 185 000€

Surcoût de maintenance annuelle : 37 850€

	Consommations		Emissions CO2	Emissions SO2	Emissions de déchets radioactifs faibles et moyens	Emissions de déchets radioactifs forts et très forts
	kWhep/m ² .an	Euros/an	kgCO2/m ² .an	kgSO2/m ² .an	mg/m ² .an	mg/m ² .an
Chauffage	51,00	155 829	11,93	6,12	0,00	0,00
Climatisation	18,30	46 441	0,28	3,62	354,65	0,00
ECS	6,90	21 083	1,61	0,83	0,00	0,00
Ventilation	74,20	188 302	2,42	14,67	1437,98	287,60
Eclairage	65,40	165 970	2,13	12,93	1267,44	8,14
Auxiliaire	2,10	5 329	0,07	0,42	40,70	253,49
Prod. Elec	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	217,90	582953	18,45	38,58	3101	620
Total base	223,50	600064	12,77	39,25	3101	620
Gain	5,60	17 111	-5,68	0,67	0	0





6.2 Variante 2 : Solution de base + Solaire photovoltaïque

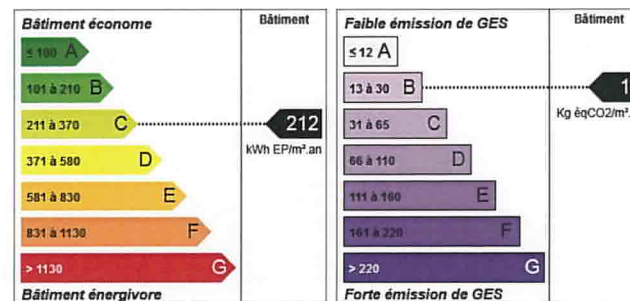
Caractéristiques de la variante :

- 1500 m² de panneaux photovoltaïques de type Monocristallin (Environ 30% de couverture)
- Azimut : Sud-est
- Inclinaison : 30°

Surcoût d'installation : 825 000€

Surcoût de maintenance annuelle : 34 250€

	Consommations		Emissions CO2	Emissions SO2	Emissions de déchets radioactifs faibles et moyens	Emissions de déchets radioactifs forts et très forts
	kWhep/m ² .an	Euros/an	kgCO2/m ² .an	kgSO2/m ² .an	mg/m ² .an	mg/m ² .an
Chauffage	51,00	155 829	11,93	6,12	0,00	0,00
Climatisation	18,30	46 441	0,28	3,62	354,65	70,93
ECS	12,50	38 193	2,93	1,50	0,00	0,00
Ventilation	74,20	188 302	2,42	14,67	1437,98	287,60
Eclairage	65,40	165 970	2,13	12,93	1267,44	253,49
Auxiliaire	2,10	5 329	0,07	0,42	40,70	8,14
Prod. Elec	11,30	-49 866	-0,37	-2,23	-218,99	-43,80
Total	212,20	550197	19,39	37,01	2881,78	576,36
Total base	223,50	600064	12,77	39,25	3101	620
Gain	11,3	49 867	-6,62	2,24	219,22	43,64





6.3 Variante 3 : Chaufferie bois

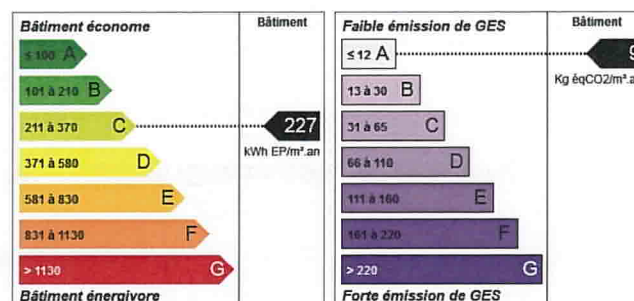
Caractéristiques de la variante :

- Combustible : Granulés de bois

Surcoût d'installation : 868 917€

Surcoût de maintenance annuelle : 39 000€

	Consommations		Emissions CO2	Emissions SO2	Emissions de déchets radioactifs faibles et moyens	Emissions de déchets radioactifs forts et très forts
	kWhep/m².an	Euros/an	kgCO2/m².an	kgSO2/m².an	mg/m².an	mg/m².an
Chauffage	52,70	87 412	0,69	6,32	0,00	0,00
Climatisation	18,30	46 441	0,28	3,62	354,65	70,93
ECS	13,50	22 392	0,18	2,97	0,00	0,00
Ventilation	74,20	188 302	2,42	14,67	1437,98	287,60
Eclairage	65,40	165 970	2,13	12,93	1267,44	253,49
Auxiliaire	2,90	7 360	0,09	0,57	56,20	11,24
Prod. Elec	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	227,00	517877	5,78	41,08	3116,28	623,26
Total base	223,50	600064	12,77	39,25	3101	620
Gain	-3,5	82 187	6,99	-1,83	-15,28	-3,26





6.4 Variante 4 : Pompe à chaleur géothermique

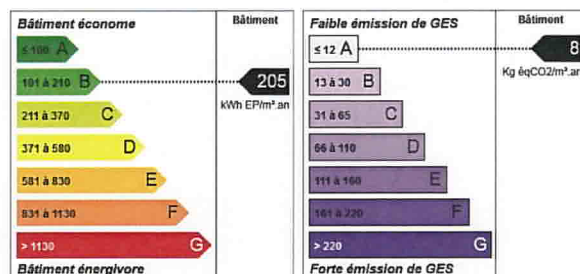
Caractéristiques de la variante :

- 60 pieux thermo actifs
- Profondeur d'enfouissement des pieux : 10 mètres
- COP nominal : 4,5
- Réseaux de chauffage basse température
- ECS via réseau de chaleur

Surcoût d'installation : 1 044 000€

Surcoût de maintenance annuelle : 34 000€

	Consommations		Emissions CO2	Emissions SO2	Emissions de déchets radioactifs faibles et moyens	Emissions de déchets radioactifs forts et très forts
	kWhEP/m².an	Euros/an	kgCO2/m².an	kgSO2/m².an	mg/m².an	mg/m².an
Chauffage	41,20	104 556	2,87	19,48	798	160
Climatisation	9,20	23 347	0,14	1,82	178	36
ECS	12,50	38 193	0,19	2,47	242	48
Ventilation	74,20	188 302	2,42	14,67	1438	288
Eclairage	65,40	165 970	2,13	12,93	1267	253
Auxiliaire	2,10	5 329	0,07	0,42	41	8
Prod. Elec	0,00	0	0,00	0,00	0	0
Total	204,60	525697	7,82	51,78	3965	793
Total base	223,50	600064	12,77	39,25	3101	620
Gain	18,9	74 367	4,95	-12,53	-864	-173





6.5 Variante 5 : Thermofrigopompe

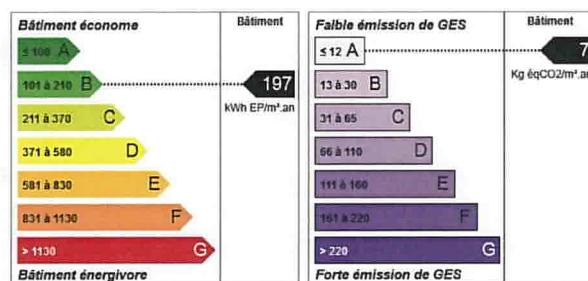
Caractéristiques de la variante :

- COP Nominal : 3,5
- EER Nominal : 3,8
- Réseaux de chauffage basse température
- ECS via réseau de chaleur

Surcoût d'installation : 710 000€

Surcoût de maintenance annuelle : 15 000€

	Consommations		Emissions CO2	Emissions SO2	Emissions de déchets radioactifs faibles et moyens	Emissions de déchets radioactifs forts et très forts
	kWhep/m ² .an	Euros/an	kgCO2/m ² .an	kgSO2/m ² .an	mg/m ² .an	mg/m ² .an
Chauffage	32,70	82 985	2,28	15,46	634	127
Climatisation	10,30	26 139	0,16	2,04	200	40
ECS	12,50	31 722	0,19	2,47	242	48
Ventilation	74,20	226 716	2,42	14,67	1438	288
Eclairage	65,40	165 970	2,13	12,93	1267	253
Auxiliaire	2,10	5 329	0,07	0,42	41	8
Prod. Elec	0,00	0	0,00	0,00	0	0
Total	197,20	538860	7,25	47,98	3822	764
Total base	223,50	600064	12,77	39,25	3101	620
Gain	26,3	61 204	5,52	-8,73	-721	-144



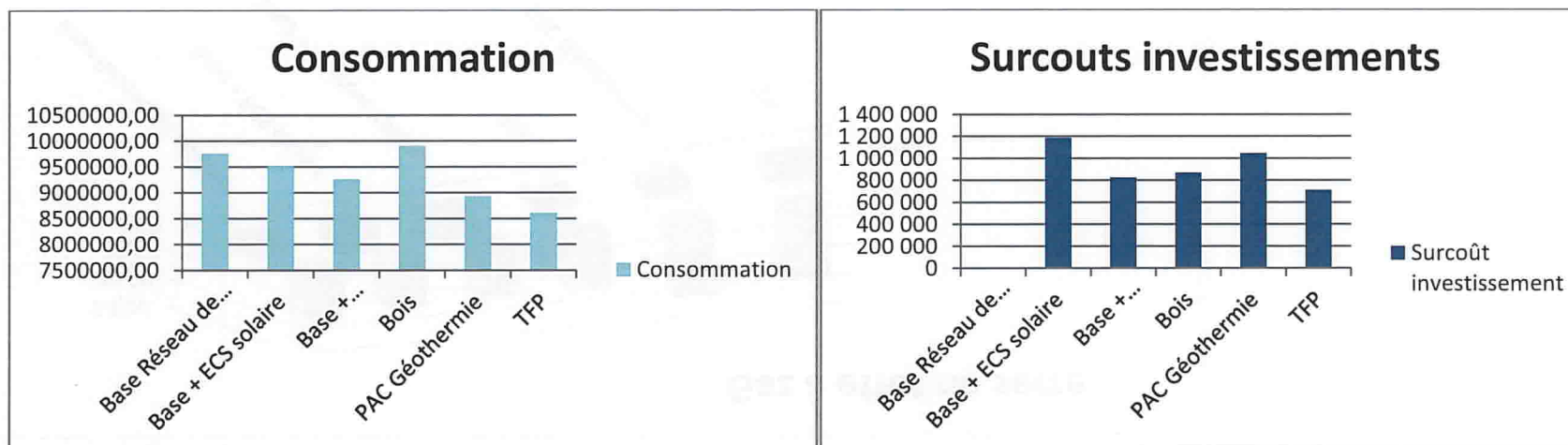
6.6 Synthèse des résultats

Synthèse des résultats										
	Consommation	Consommation/m ²	CO2	SO2	Déchets radioactifs faibles	Déchets radioactifs forts	Surcoût investissement	Surcoût maintenance	Economie /an	Temps de retour
	Mwhep/an	kWhep/m ² .an	kgCO2/m ² .an	gSO2/m ² .an	mg/m ² .an	mg/m ² .an	Euros	Euros	Euros	année
Base Réseau de chaleur	9755663,25	223,50	12,77	39,25	3101	620				
Base + ECS solaire	9511226,05	217,90	18,45	38,58	3101	620	1 185 000	37 850	17 111	NA
Base + Photovoltaïque	9262423,90	212,20	19,39	37,01	2882	576	825 000	34 250	49 866	NA
Bois	9908436,50	227,00	5,78	41,08	3116	623	868 917	39 000	82 187	NA
PAC Géothermie	8930687,70	204,60	7,82	51,78	3965	793	1 044 000	34 000	74367	NA
TFP	8607681,40	197,20	7,25	47,98	3822	764	710 000	15 000	61 204	15

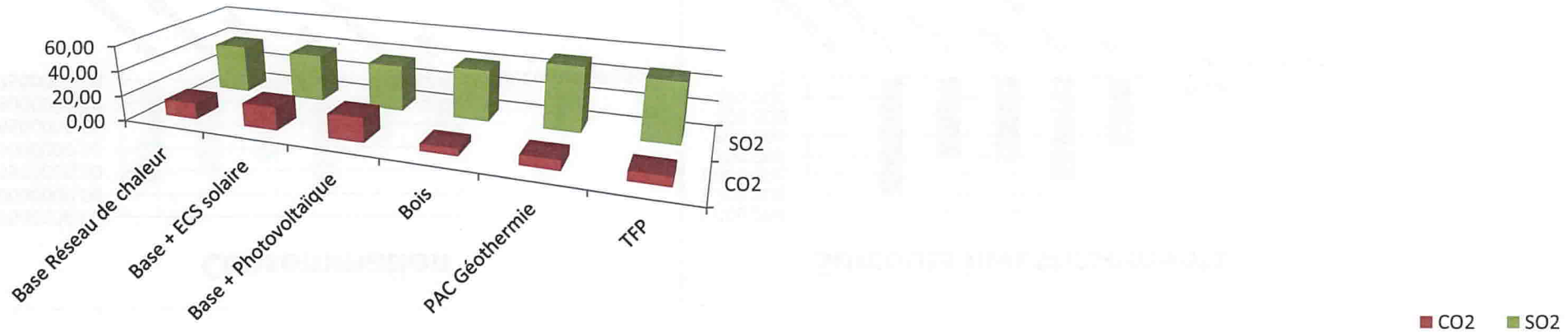
La solution avec thermofrigopompe est la seule à présenter un temps de retour sur investissement admissible.

Néanmoins, les gammes de puissances disponibles des matériels proposés par les fabricants nécessiteraient une démultiplication des machines non compatible avec l'encombrement du pôle énergie prévu.

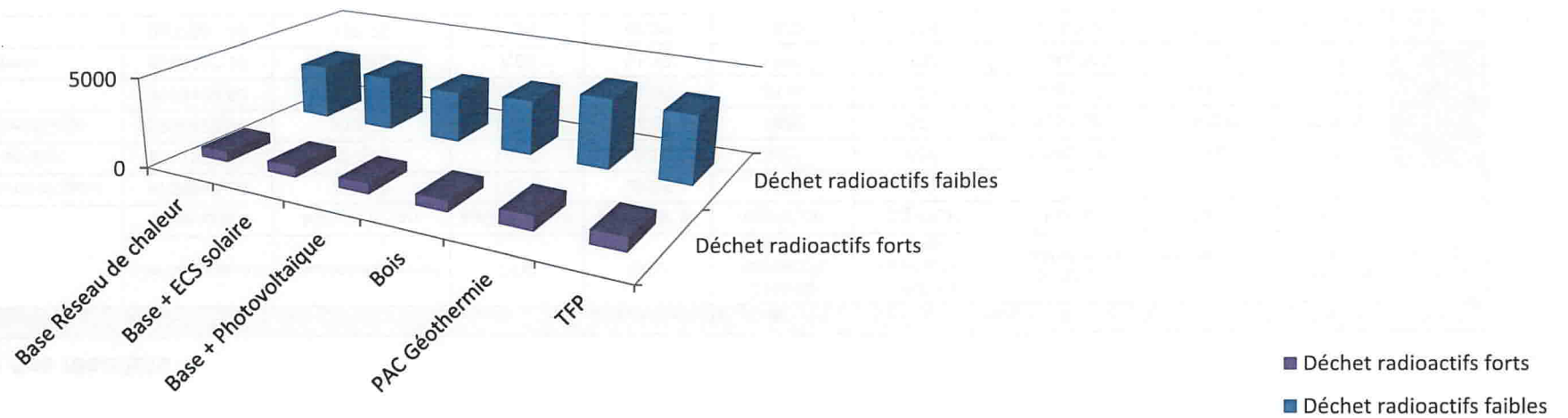
Cette solution devient encore plus contraignante lorsque les modèles sont en fluide HFO.



Gaz à effet de serre



Déchets nucléaires





6.7 Coût global sur 30 ans

Le calcul du coût global comprend en plus des gains énergétiques le remplacement des équipements et l'augmentation du coût de l'énergie selon les hypothèses suivantes :

- Augmentation annuelle de 2% du coût de l'électricité
- Augmentation annuelle de 1% du coût des autres énergies
- Remplacement des pompes à chaleur tous les 15 ans
- Remplacement des chaudières bois tous les 20 ans
- Remplacement des chaudières fossiles tous les 25 ans
- Remplacement des installations solaires tous les 25 ans

	Coût global sur 30 ans				
	Coût investissement	Coût maintenance	Coûts énergie sur 30 ans	Coût global	Classement
	euros HT	euros HT	euros HT	euros HT	
Base	2 655 000	780 000	20 873 157	24 308 157	1
Base + ECS solaire	3 840 000	1 135 500	20 277 967	26 438 467	4
Base + Photovoltaïque	3 480 000	1 027 500	19 121 876	24 454 376	3
Bois	3 523 917	1 950 000	18 215 315	24 360 232	2
PAC Géothermiques	3 699 000	1 800 000	24 324 625	31 863 625	6
TFP	3 365 000	1 230 000	21 326 531	27 721 531	5

La solution de base apparaît être la plus économique sur 30 ans.



7. CONCLUSIONS

Le site se caractérise par la présence d'un réseau de chaleur urbain ayant un taux d'énergie renouvelable supérieur à 50%. La solution énergétique pressentie fut alors de l'utiliser conjointement avec la mise en place de groupes frigorifiques associés à un stockage froid latent.

A travers cette étude, il apparaît que cette solution donne de bons niveaux de consommation et une faible empreinte environnementale comparé aux autres solutions étudiées.

La mise en place de systèmes thermodynamiques comme une pompe à chaleur sur pieux géothermiques ou une thermofrigopompe permettent de diminuer les consommations énergétiques annuelles mais elles ne s'avèrent pas rentables sur une durée de trente ans.

L'intérêt de ces solutions réside dans la capacité à produire simultanément une puissance frigorifique et calorifique (cette dernière à des températures douces autour de 40°C).

Or la simultanéité des besoins en chaud et en froid sur le projet est relativement faible (stockage ECS nocturne, besoin froid limité la nuit tout au long de l'année), et les régimes de température sont élevés pour les besoins ECS et certains besoins de chauffage, ayant pour conséquence de rendre ces solutions peu adaptées au projet.