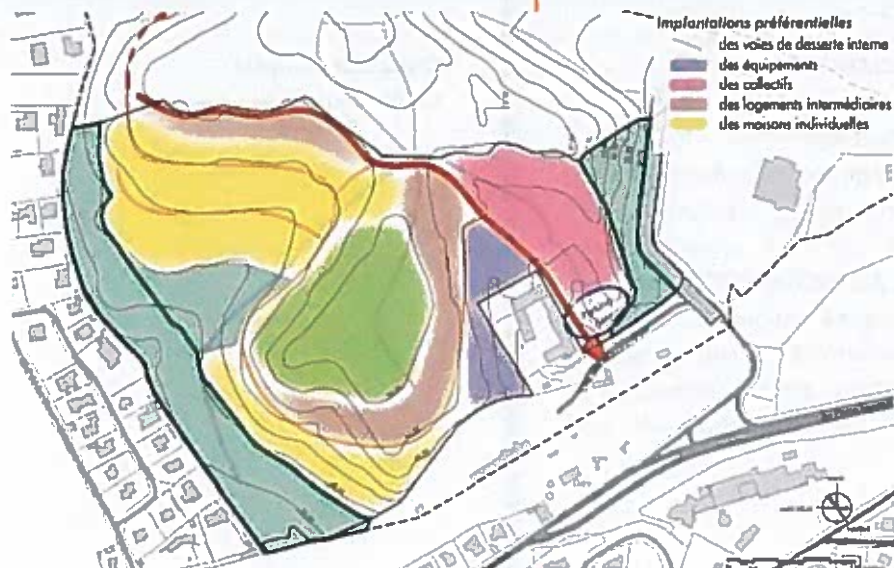


FAISABILITE

Etude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables



Aménagement du quartier
Reganas – Carry
le Rouet (13)

M. MONTUS

Indice :A

Date :21/12/18

Référence :106485-001A



AGENCE MEDITERRANEE

Adresse : Espace Mana 290, Avenue
Robespierre 13016 MARSEILLE

Tél. : 04-86-26-41-02

Fax : 04-86-26-41-10

Email : catherine.pianelli@veolia.com

SIEGE SOCIAL

Adresse : Village d'entreprises Saint Henri
6 rue Anne Gascon
13016 MARSEILLE

Tél. : 04-86-26-41-02

Fax : 04-86-26-41-10

Email: catherine.pianelli@veolia.com

NOTRE DEMARCHE

Dans le contexte du Grenelle de l'Environnement, du Programme Européen de réduction des gaz à effet de serre, de la raréfaction des énergies, et du développement durable, ALTERGIS INGÉNIERIE apporte une démarche rationnelle soucieuse de la performance environnementale et énergétique des bâtiments et de la pérennité des installations de nos clients.

FICHE D'IDENTIFICATION

PROJET

Intitulé du projet : Aménagement du quartier Reganas – Carry
le Rouet (13)

Numéro d'affaire : 106485

Adresse du site : Carry le Rouet

COORDONNEES CLIENT

Organisation : M. Montus

DOCUMENT

Titre du document : Etude de faisabilité sur le potentiel de
développement des énergies renouvelables

Phase : FAISABILITE

Référence : 106485-001A

Document num: 001

Indice : A

Rédacteur : R.Hedin

Vérificateur : M.Pane

Table des matières

1	AVANT-PROPOS	6
1.1	Contexte de l'étude	6
1.1	Objet de l'étude	6
2	DESCRIPTION GENERALE DE L'OPERATION	7
2.1	Présentation du site de construction	7
2.2	Objectifs et contenu de l'étude de faisabilité d'approvisionnement énergétique	8
2.3	Présentation de l'opération d'aménagement	9
3	ÉTUDES DES BESOINS THERMIQUES	11
3.1	Caractérisation climatique	11
3.1.1	Températures	12
3.1.2	Précipitations	12
3.1.3	Ensoleillement	13
3.1.4	Les vents	14
4	CARACTERISATION DU POTENTIEL ENERGETIQUE AU REGARD DU SITE	16
4.1	Analyse de la potentialité du site en matière d'énergies	16
4.1.1	Potentiel solaire	16
4.1.2	Potentiel éolien	18
4.1.3	Potentiel géothermique	19
4.1.4	Potentiel aérothermique	20
4.1.5	Potentiel bois-énergie	21
4.1.6	Potentiel gaz	22
4.1.7	Potentiel électrique	23
4.2	Récapitulatif du potentiel énergétique du site	24
4.3	Bilan Thermique	25
4.3.1	Hypothèse	25
4.3.2	Résultats	26
5	SCENARIOS DE DESSERTE ENERGETIQUE LOGEMENTS INDIVIDUELS	28
5.1	Scénarios d'approvisionnements énergétiques Logements individuels	28
5.2	Généralités sur les scénarios	29
5.3	Scénario 1:BASE : PAC Aérothermique Mixte	30
5.3.1	Description sommaire	30
5.3.2	Hypothèses	30
5.3.3	Résultats Logements individuels	31
5.3.4	Résultats Logements Intermédiaires	32
5.4	Scénario 2:Variante 1: Bois individuelle + solaire thermique	33
5.4.1	Description sommaire	33

5.4.2	Hypothèses	33
5.4.3	Résultats Logements individuels.....	34
5.4.4	Résultats Logements intermédiaires.....	35
5.5	Scénario 3:Variante 2: PAC Aérothermique+ ECS thermodynamique + Photovoltaïque	36
5.5.1	Description sommaire.....	36
5.5.2	Hypothèses	36
5.5.3	Résultats Logements individuels.....	37
5.5.4	Résultats Logements intermédiaires.....	38
5.6	Scénario 4:Variante3 : Réseau de chaleur Bois	39
5.6.1	Description sommaire.....	39
5.6.2	Hypothèses	39
5.6.3	Résultats Logements individuels.....	41
5.6.4	Résultats Logements intermédiaires.....	42
5.6.5	Synthèse des résultats d'analyses – logements individuels	43
6	CONCLUSION – LOGEMENTS INDIVIDUELS	44
7	SCENARIOS DE DESSERTE ENERGETIQUE LOGEMENTS COLLECTIFS	45
7.1	Scénarios d'approvisionnements énergétiques pour les logements collectifs	45
7.2	Généralités sur les scénarios	46
7.3	Scénario 1:BASE : PAC Aérothermique Mixte	47
7.3.1	Description sommaire.....	47
7.3.2	Hypothèses	47
7.3.3	Résultats Logements collectifs	48
7.4	Scénario 2:Variante 1: Bois collectifs + solaire thermique	49
7.4.1	Description sommaire.....	49
7.4.2	Hypothèses	49
7.4.3	Résultats Logements Collectifs.....	50
7.5	Scénario 3:Variante 2: PAC Géothermique (ECS + Chauffage) + Photovoltaïque	51
7.5.1	Description sommaire.....	51
7.5.2	Hypothèses	51
7.5.3	Résultats Logements collectifs	52
7.6	Scénario 4:Variante3 : Réseau de chaleur Bois	53
7.6.1	Description sommaire.....	53
7.6.2	Hypothèses	53
7.6.3	Résultats Logements individuels.....	54
7.6.4	Synthèse des résultats d'analyses – Logements collectifs.....	55
8	CONCLUSION – LOGEMENTS COLLECTIFS	56
9	SCENARIOS DE DESSERTE ENERGETIQUE ECOLE ET CRECHE	57
9.1	Scénarios d'approvisionnements énergétiques école et crèche	57
9.2	Généralités sur les scénarios	58
9.3	Scénario 1:BASE : PAC Aérothermique	59
9.3.1	Description sommaire.....	59
9.3.2	Hypothèses	59

9.3.3	Résultats Ecole	60
9.3.4	Résultats Crèche	61
9.4	Scénario 2: Variante 1: Chauffage bois + solaire thermique	62
9.4.1	Description sommaire	62
9.4.2	Hypothèses	62
9.4.3	Résultats Ecole	63
9.4.4	Résultats Crèche	64
9.5	Scénario 3: Variante 2: PAC Géothermique + Photovoltaïque	65
9.5.1	Description sommaire	65
9.5.2	Hypothèses	65
9.5.3	Résultats Ecole	66
9.5.4	Résultats Crèche	67
9.6	Scénario 4: Variante 3 : Réseau de chaleur Bois	68
9.6.1	Description sommaire	68
9.6.2	Hypothèses	68
9.6.3	Résultats Ecole	70
9.6.4	Résultats Crèche	71
9.6.5	Synthèse des résultats d'analyses – Ecole et Crèche	72
10	CONCLUSION – ECOLE ET CRECHE	73

1 Avant-propos

1.1 Contexte de l'étude

Le Maitre d'ouvrage a pour projet l'aménagement du quartier Reganas sur la commune de Carry Le Rouet dans les Bouches du Rhône (13).

Les constructions qui s'intègrent à cet aménagement s'inscrivent dans le Plan local d'urbanisme validé en octobre 2016.

Ce PLU attribue une classification variée sur cet espace à aménager. De cette manière, les constructions projetées présentent une diversification des bâtiments et des usages.

Dans le cadre de ces futures constructions, ALTERGIS Ingénierie a été missionné pour la réalisation de l'étude de faisabilité des approvisionnements énergétiques

1.1 Objet de l'étude

L'étude de faisabilité des approvisionnements énergétiques consiste à :

- Vérifier la faisabilité technique et économique pour la construction des bâtiments projetés
- Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site
- Définir la solution pressentie et la comparer à d'autres possibilités
- Réaliser une analyse financière détaillée portant sur le coût global des investissements et solutions

L'étude de faisabilité des approvisionnements énergétiques est encadrée par :

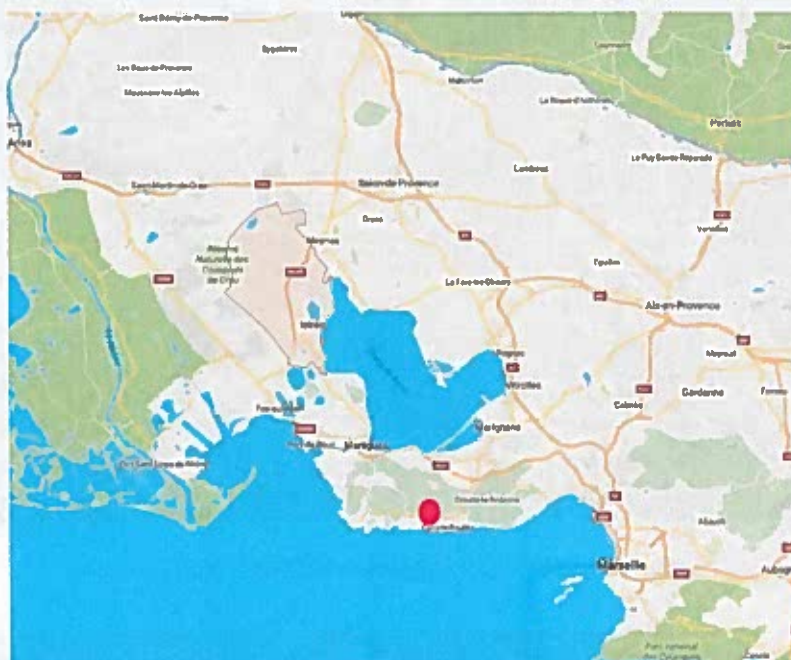
- Arrêté du 18 décembre 2007, modifié au 30 octobre 2013, relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour la rénovation de certains bâtiments existants en France métropolitaine
- Décrets 2013-979 du 30 octobre 2013, relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments nouveaux.

2 Description générale de l'opération

2.1 Présentation du site de construction

Le projet est situé sur la commune de Carry le Rouet. Commune du littoral, au sud de l'étang de Berre, elle se situe au croisement de la commune de Marignane, avec son aéroport international, et de Martigues.

Le quartier dit Regagnas, situé au nord de la ville conserve un aspect naturel peu aménagé à ce jour. Cet espace est limitrophe à la colline, à la voie ferrée et à un lotissement existant.





Espace Aménageable – Quartier REGANAS – Carry le Rouet

2.2 Objectifs et contenu de l'étude de faisabilité d'approvisionnement énergétique

L'objectif principal de l'étude est donc d'orienter le maître d'ouvrage, sur des choix énergétiques au regard :

- De la disponibilité des ressources
- De la pertinence de l'utilisation d'une source énergétique
- De l'économie du projet,

La présente étude comprend :

- Une analyse de potentialité du site en matière d'énergie
- Une analyse préalable des besoins énergétiques en chaud (chauffage et ECS) et en froid
- Une description des solutions d'alimentation énergétique des bâtiments,
- Un comparatif des solutions d'alimentation énergétique des bâtiments,
- Un bilan économique des solutions énergétiques comprenant un plan d'investissement et un comparatif entre les différentes solutions.

2.3 Présentation de l'opération d'aménagement

Le projet d'aménagement prévoit :

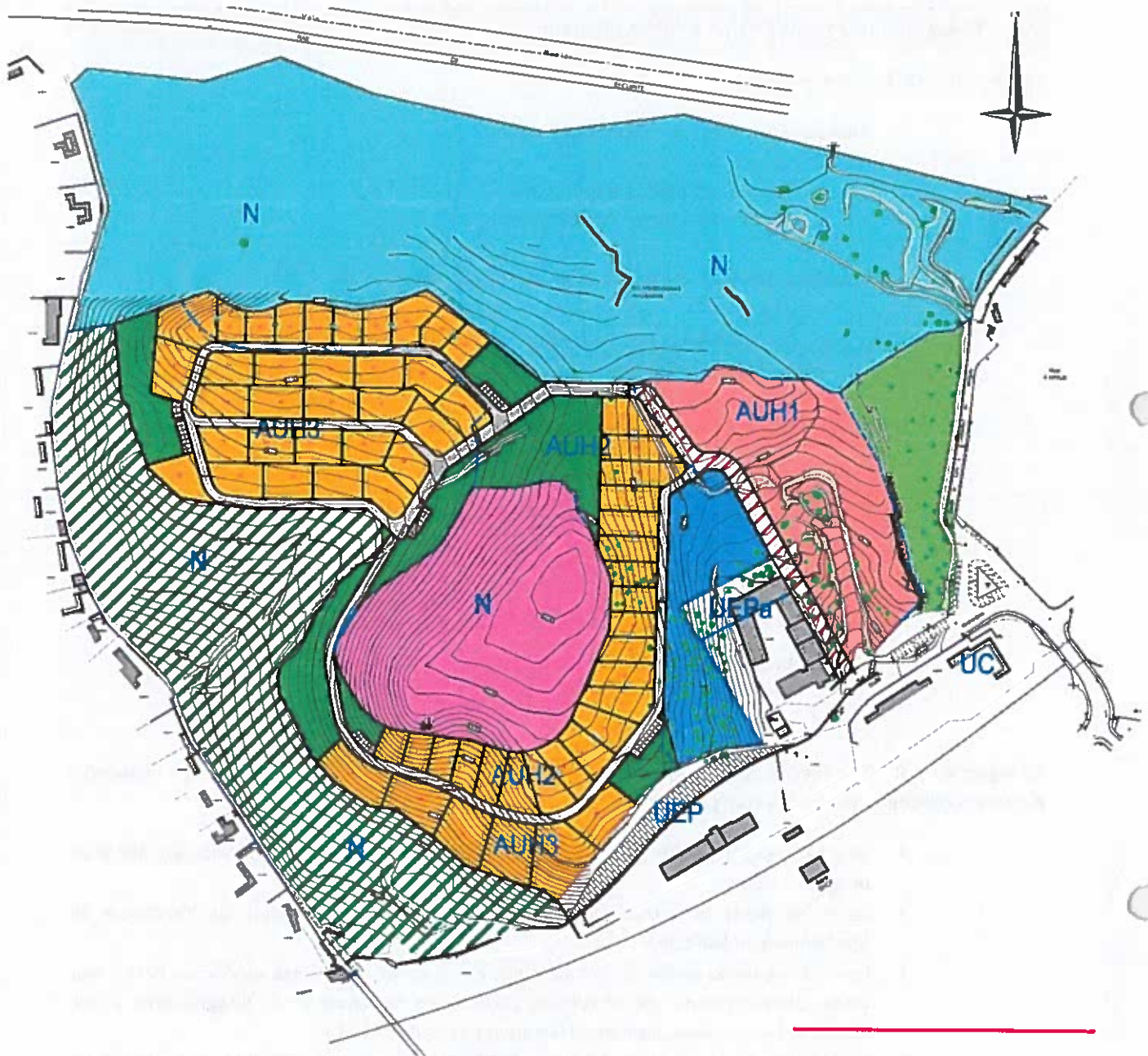
- **Une zone avec logements Individuels diffus**
 - 28 lots
 - Surface habitable unitaire:180m²
 - Surface habitable totale : 5040 m²
- **Une zone avec logements Individuels intermédiaire mitoyens**
 - 32 lots
 - Surface habitable unitaire:120m²
 - Surface habitable totale : 3840 m²
- **Une zone avec logements collectifs**
 - 55 lots Surface habitable totale : 3150 m²
 - Surface habitable unitaire: 57m²
 - Surface habitable totale : 3150 m²
- **Un groupe scolaire premier cycle :**
 - Surface utile totale : 1400 m²
- **Une crèche :**
 - Surface utile totale : 750 m²

Au regard de la RT 2012 (Décret 2012-1530 du 28 décembre 2012), le périmètre d'étude comprendra l'ensemble des locaux chauffés. Auxquels seront déduits :

- les « bâtiments et parties de bâtiment dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C » ;
- les « bâtiments ou parties de bâtiment destinés à rester ouverts sur l'extérieur en fonctionnement habituel » ;
- les « bâtiments ou parties de bâtiment qui, en raison de contraintes spécifiques liées à leur usage, doivent garantir des conditions particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air, et nécessitant de ce fait des règles particulières » ;
- les « bâtiments ou parties de bâtiment chauffés ou refroidis pour un usage dédié à un procédé industriel ».

Le programme prévisionnel est le suivant :

Année	2014	2015	2016	2017
Logements Individuels diffus				
Logements Individuels intermédiaire mitoyens				
Logements collectifs				
Groupe scolaire premier cycle				
Crèche				
Total				



Plan / Bilan des Superficies – ARGOGEX

Secteur PLU	AUH3	AUH2	AUH1		
Type de construction	Habitat Individuel	Habitat intermédiaire	Habitat Collectif	Groupe Scolaire	Crèche
Nombre	28	32	55		
Surface utile Totale (m ²)	5040	3840	3150	1400	750
Surface unitaire (m ²)	180	120	57		

3 Etudes des besoins thermiques

3.1 Caractérisation climatique

Le secteur d'étude est soumis à un climat à dominante méditerranéenne, caractérisé par :

- des étés chauds et secs ;
- des hivers doux et tempérés, relativement secs ;
- des saisons intermédiaires concentrant les mois les plus humides pendant lesquelles les précipitations peuvent revêtir un caractère orageux violent ;
- un ensoleillement important tout au long de l'année.

La ville de Carry le Rouet dépend de la station météorologique de Marignane implantée dans le département des Bouches du Rhône (13). Les Degrés Jours unifiés considérés sont :

DJU chauffage = 1322

DJU Froid = 562

Les Degrés-Jours-Unifiés ou DJU consiste à additionner sur une période donnée, jour après jour, les écarts entre la température moyenne extérieurs et une température de référence, à laquelle le chauffage /rafraîchissement est coupé. De cette manière, la valeur du DJU permet d'évaluer la rigueur d'une période hivernale/estivale. Plus le nombre de DJU est grand plus l'hiver est « froid » et plus l'été est « chaud ».

Températures nocturnes	•••••
Températures diurnes	•••••
Ensoleillement	•••••
Abondance des pluies	•
Étalement des pluies	•
Brouillards	•
Vents violents	•••••

MARIGNANE

Station météo : Centre régional, BP n° 2, 13727 MARIGNANE CEDEX
Prévisions : 42.09.09.09
Pour l'agriculture : 42.09.08.08

			JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
Température minimale		Moyenne 9.9	3	3	6	8	12	16	18	18	15	11	7	4
Température maximale		Moyenne 19.2	10	12	15	18	22	26	29	28	25	20	15	11
Record de froid			-11	-17	-7	-2	0	6	11	9	4	-1	-5	-12
Record de chaleur			19	22	24	26	31	34	37	38	32	29	24	20
Pourcentage d'heures ensoleillées		Moyenne 65 %	52	55	60	65	68	73	81	77	69	60	50	49
Hauteur de pluie		Total 53 cm	4	5	4	3	4	3	1	3	6	7	7	6
Nombre de jours	avec gelée de chaleur	29 jours	10	7	3	0	0	0	0	0	0	0	2	7
	entièrement gris	95 jours	0	0	0	0	5	18	28	28	18	2	0	0
	avec pluie	21 jours	3	2	2	2	1	0	0	0	0	3	4	4
	avec pluie importante	76 jours	8	6	7	6	7	4	2	4	6	8	8	10
		32 jours	3	2	3	2	2	2	1	2	3	4	4	4
	avec chute de neige	2 jours	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
avec brouillard	11 jours	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
avec vent violent	73 jours	6	7	8	8	6	4	5	4	5	6	6	6	

Données météorologiques de la station de Marignane

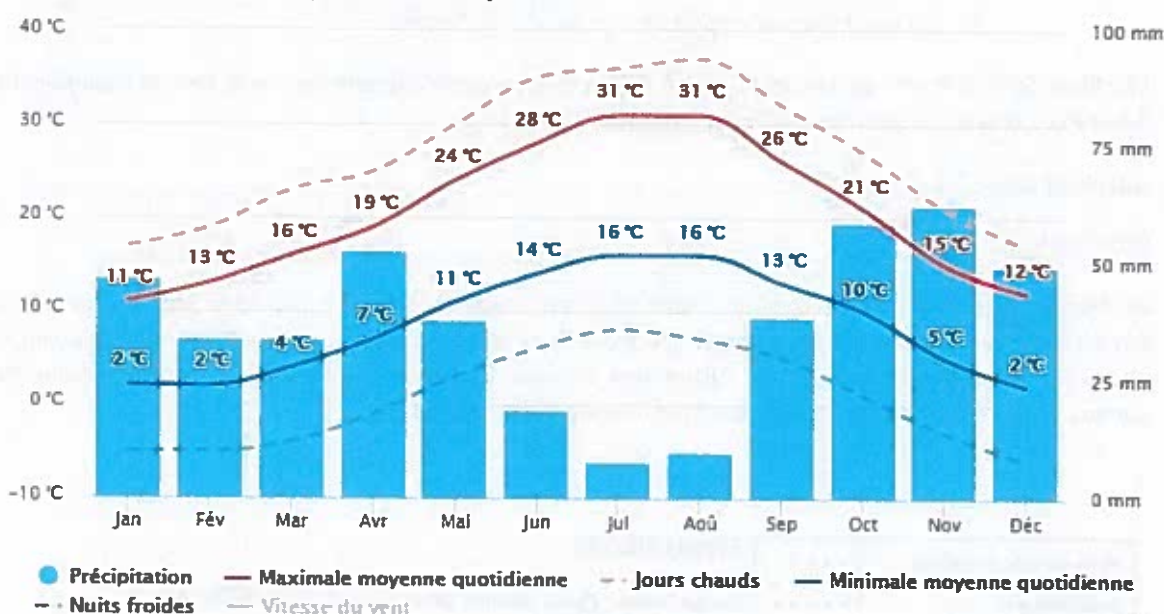
3.1.1 Températures

Le climat méditerranéen est caractérisé par la douceur de ses saisons. Toutefois il faut se méfier de ses excès. L'été, la température peut atteindre 37°C sous abri alors qu'en plein hiver le thermomètre est déjà descendu à -17°C.

La température moyenne annuelle est de 14,1°C. Les températures les plus froides sont enregistrées en décembre, janvier et février. Les mois de juillet et d'août obtiennent les températures les plus élevées de l'année.

Sur Carry le Rouet, on peut constater les conditions suivantes :

Températures et précipitations moyennes



La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Carry le Rouet. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années.

On recense chaque année 29 jours avec des gelées. On compte chaque année 95 jours de chaleur (plus de 25°C).

3.1.2 Précipitations

La hauteur moyenne annuelle des précipitations est de 515 mm sur la période 1981-2010. Les précipitations évoluent faiblement les 4-6 premiers mois de l'année. Elles sont faibles en été et très élevées dès le mois de septembre et ce, jusqu'en fin d'année.

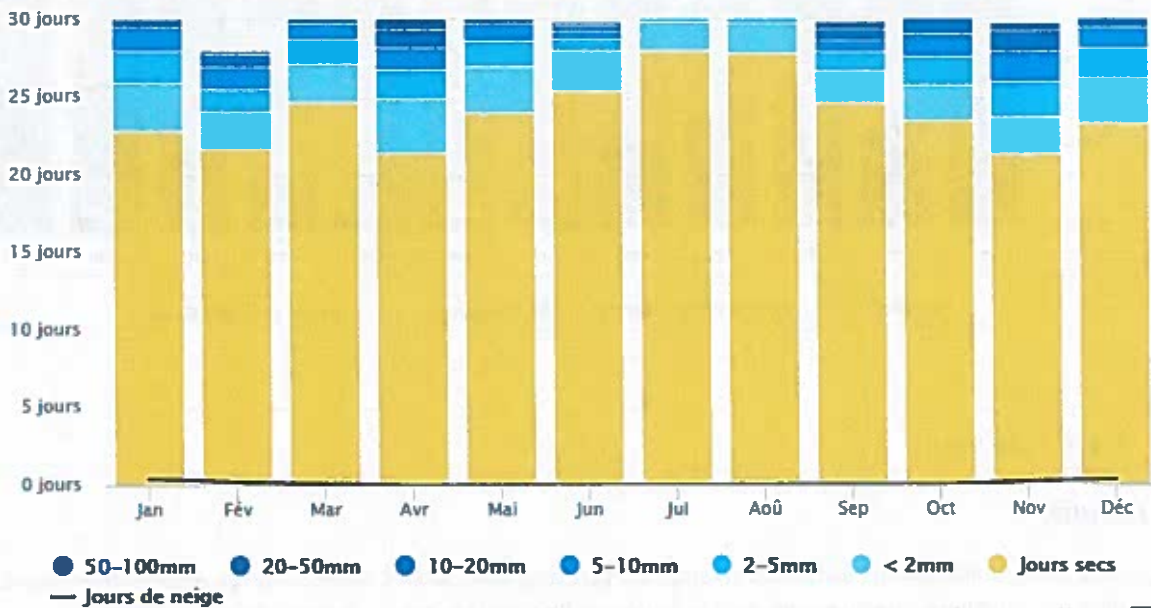
Les hauteurs de précipitations les plus importantes se retrouvent en automne, après les grosses chaleurs, avec 95mm de hauteur d'eau moyenne de septembre à novembre.

Le mois le plus sec est le mois de juillet, avec 16,4 mm. En région méditerranéenne, la pluviométrie est caractérisée par des orages très violents (fortes averses) pendant lesquels une quantité d'eau importante tombe

en très peu de temps. Cela peut provoquer de nombreux dégâts car les réseaux et les rivières ne sont pas toujours dimensionnés pour évacuer de tels débits.

La pluviométrie annuelle du secteur d'étude est l'une des plus faibles de France. Il pleut en moyenne 76 jours par an, dont la moitié des jours sont des pluies importantes, 2 jours de neige, 22 jours d'orage et 11 jours de brouillard.

Quantité de précipitations



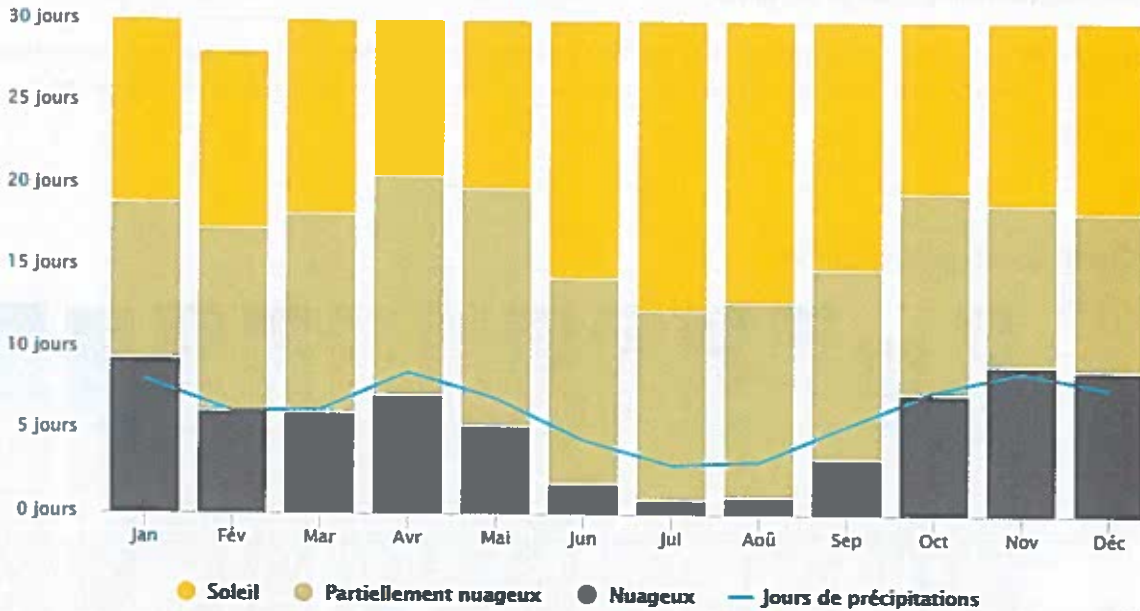
3.1.3 Ensoleillement

La durée annuelle moyenne de l'ensoleillement est plus de 2 500 heures.

On compte 65% d'ensoleillement sur l'année, ce pourcentage est le plus fort de Juin à Août (75%).

C'est l'une des zones les plus ensoleillées de France.

Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations



3.1.4 Les vents

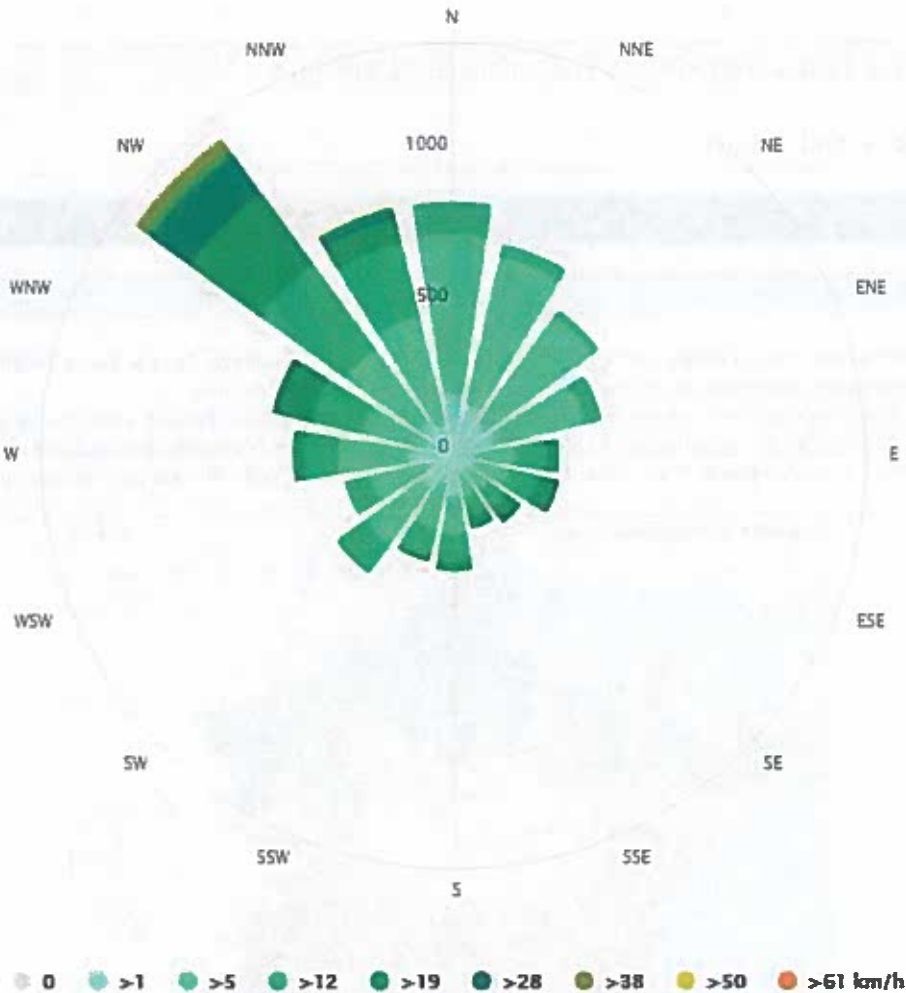
Le Mistral

Le site est essentiellement exposé au Mistral. Il s'agit d'un vent fort et desséchant, de secteur Nord-ouest, qui souffle par situation dépressionnaire dans le couloir du Rhône et tourne sur la côte varoise jusqu'à Fréjus.

Il est souvent synchrone avec la Tramontane et confère à l'air une transparence exceptionnelle. Sa force est due à l'étranglement et au prodigieux couloir d'accélération rectiligne que constitue la vallée du Rhône. L'hiver, il procure une sensation de froid intense et il est associé à un temps clair, lumineux et bien ensoleillé. L'été, il accélère la propagation des incendies de forêts.

Les vents de Sud-est

Rose des Vents



L'aire d'étude est également touchée par ces vents. Ils sont liés aux dépressions en provenance d'Espagne. Moins fréquents que le Mistral, ils sont aussi violents. Ils précèdent et accompagnent de fortes pluies à l'automne.

La rose des vents fournie par la station de Marignane sur une période de 10 ans (1962-1972) montre clairement les conditions générales du vent sur cette région : le secteur de vent dominant est le mistral avec un axe de fréquence maximale sur l'azimut 320° ; le secteur des vents secondaires concerne le type de temps perturbé "Est" à "Sud-est", il se situe entre les azimuts.

La région est ventée. Il est dénombré 124 jours de vent par an avec un vent maximal instantané \geq à 16m/s. Les vents dits calmes sont les vents dont la vitesse est inférieure à 2m/s. Ils représentent 20% des vents.

4 Caractérisation du Potentiel Energétique au regard du site

4.1 Analyse de la potentialité du site en matière d'énergies

4.1.1 Potentiel solaire

Solaire

Ressources

Le département des Bouches-du-Rhône est l'un des plus ensoleillés de France, la ville de Carry le Rouet bénéficie d'une durée annuelle moyenne d'ensoleillement proche de 2 500 heures soit 103 jours de soleil continu. Les avancées technologiques récentes en matière de captage de l'énergie solaire laissent espérer une production non négligeable. Si l'énergie solaire, photovoltaïque et thermique, est aujourd'hui en développement, il existe encore une marge de développement très importante. Il est nécessaire d'envisager un recours à cette énergie pour équiper un maximum de bâtiments.

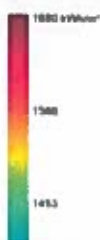
Irradiation globale horizontale France



Moyenne somme annuelle (4/2004 - 3/2010)
< 1100 1250 1400 1550 1700 kWh/m²

© 2011 GeoModel Solar s.r.l.

(rayonnement global)

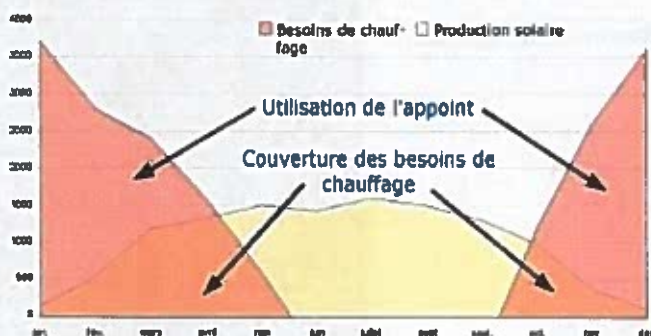


Solaire

Solution technique : Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est l'utilisation de l'énergie thermique du rayonnement solaire, en le captant au travers de panneaux afin de la stocker et de la réutiliser pour des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire. L'eau de chauffage est préchauffée au passage de ces panneaux.

L'utilisation active de l'énergie solaire pour le chauffage des bâtiments fait appel à plusieurs techniques. La plupart d'entre elles utilisent l'eau comme fluide caloporteur qui combine le chauffage des locaux et le chauffage de l'eau sanitaire : pour cette raison, ils sont appelés systèmes solaires combinés. Le chauffage solaire ne permet pas de couvrir la totalité des besoins en chauffage. Il faut donc recourir à un système d'appoint pour apporter le complément d'énergie nécessaire.



La solution solaire ne semble pas être adaptée pour le chauffage. Par contre la technologie du solaire thermique pour la production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) est plus pertinente pour couvrir 40 à 50 % des besoins d'ECS.

Cette option sera retenue dans le cadre de la présente étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.

Solution technique : Solaire photovoltaïque

Un panneau solaire est un dispositif énergétique destiné à convertir le rayonnement solaire électrique.

Les panneaux solaires photovoltaïques regroupent des cellules photovoltaïques reliées entre elles en série et en parallèle.

Ils peuvent s'installer sur des supports fixes au sol ou sur des systèmes mobiles de poursuite du soleil appelés trackers, dans ce dernier cas la production électrique augmente d'environ 30 % par rapport à une installation fixe. En dehors de centrales solaires, les installations fixes se font actuellement plutôt sur les toits des logements ou des bâtiments, soit en intégration de toiture, soit en surimposition. Dans certains cas, on pose des panneaux verticaux en façade d'immeuble, cette inclinaison n'est pas optimale pour la production d'électricité, en France la position fixe optimale étant une inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale, mais comme ces panneaux remplacent le revêtement de façade, l'économie réalisée sur le revêtement compense au moins partiellement une production plus faible.

Différentes technologies photovoltaïques existent :

- le silicium polycristallin (pc-Si) représentant environ 57,0 % du marché mondial ;
- le silicium monocristallin (sc-Si) représentant environ 30,9 % du marché mondial ;
- le tellure de cadmium (CdTe) représentant environ 5,5 % du marché mondial ;
- le silicium amorphe (a-Si) représentant environ 3,4 % du marché mondial ;
- le CIS (cuivre, indium, sélénium), CIGS (cuivre, indium, gallium, sélénium), le CIGSS (cuivre, indium, gallium, diséléniure, disulphide) et l'arséniure de gallium (Ga-As) représentant moins de 5 % du marché mondial.

L'implantation de panneaux photovoltaïques semble être une alternative très intéressante, du fait de l'ensoleillement des lieux, cette option sera retenue.







4.1.2 Potentiel éolien

Eolien

Ressources

La zone d'étude possède une bonne exposition au vent bien que la région PACA n'ait pas contribué au développement de l'énergie éolienne ces dernières années. Le Schéma Régional Eolien qui définit les zones favorables à cette énergie identifie la commune de Carry le Rouet comme étant une zone intéressante pour le développement de l'éolien. Cependant la commune est entre autre soumise à la loi littorale et se présente comme une zone à sensibilité paysagère majeure. Ceci rend très contraignant voir impossible l'installation d'éolienne.

Énergie éolienne en zone littorale : vitesse du vent

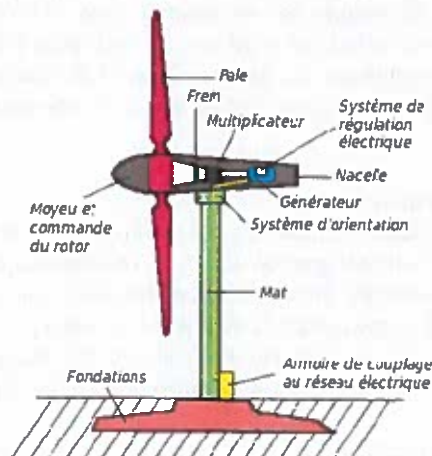
- Vitesse moyenne du vent (m/s)
-  de 8.5 à 10.25
 -  de 8 à 8.5
 -  de 7.75 à 8
 -  de 7.25 à 7.75
 -  de 6.75 à 7.25
 -  de 6 à 6.75
 -  de 2.25 à 6



Cette option ne sera pas retenue dans le cadre de la présente étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.

Solution technique : Eolienne

Il s'agit d'un ensemble de dispositifs qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, laquelle est ensuite le plus souvent transformée en énergie électrique. Les éoliennes produisant de l'électricité sont appelées aérogénérateurs.



4.1.3 Potentiel géothermique

Géothermie

Ressources

Le potentiel régional de développement de la géothermie hors nappe est favorable avec une puissance spécifique pressentie de l'ordre de 50 W/m.

Son exploitation durable implique un débit d'extraction d'énergie limité au flux de chaleur alimentant la ressource, à défaut de l'épuiser pour une certaine période.

La nature sédimentaire du sous-sol permet d'envisager une exploitation géothermique par sondes verticales pour l'approvisionnement énergétique de l'opération. L'exploitation des calories du sous-sol sera assurée par la technologie de la pompe à chaleur. La géothermie sur sondes verticales est moins consommatrice de surface de sol comparée à la géothermie horizontale, mais occupe quand même une surface plus ou moins grande en fonction de la taille du projet.



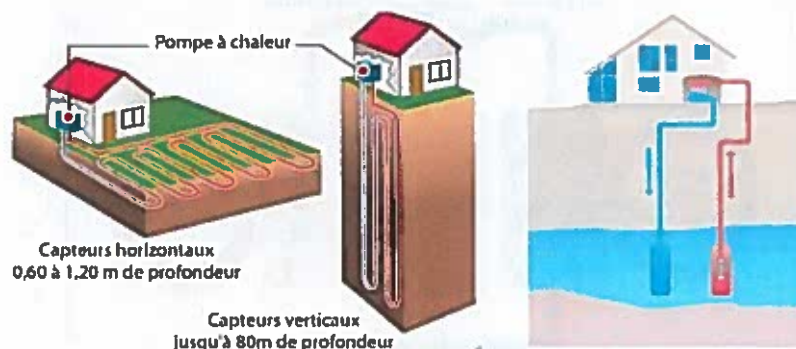
Cette option sera retenue dans le cadre de la présente étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.

Solution technique : PAC Géothermique

La pompe à chaleur Géothermique permet d'exploiter les ressources du sol et produire du chauffage ou du rafraîchissement par l'intermédiaire d'un système thermodynamique.

Il existe principalement trois types de captages :

- le captage horizontal au sol (faible profondeur et grande surface) ;
- le captage vertical au sol (petite surface et grande profondeur, 100 m maximum).
- le captage vertical sur nappe phréatique (suivant la profondeur de la nappe).



4.1.4 Potentiel aérothermique

Aérothermie
<p>Ressources</p> <p>La zone d'étude est située dans le sud de la France, dans un climat très doux, ce qui est très favorable à l'implantation d'une pompe à chaleur aérothermique, dont les performances et les limites de fonctionnement dépendent des températures extérieures. En effet les températures de l'air sont conformes aux conditions de fonctionnement d'un tel système.</p>
<p style="color: red;">Cette option sera retenue dans le cadre de la présente étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.</p>
<p>Solution technique : PAC Aérothermique</p> <p>La pompe à chaleur Aérothermique permet d'exploiter les ressources l'air extérieur pour produire du chauffage ou du rafraîchissement par l'intermédiaire d'un système thermodynamique.</p> <p>L'appareil, qui prélève de la chaleur à la source froide grâce au circuit de captage, dispose de quatre organes principaux :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. le condenseur (source chaude) : le fluide frigorigène libère sa chaleur au fluide secondaire (eau, air, etc.) en passant de l'état gazeux à l'état liquide, 2. le réducteur de pression (souvent improprement appelé détendeur) : il réduit la pression du fluide frigorigène en phase liquide. 3. l'évaporateur (source froide) : la chaleur est prélevée au fluide secondaire pour vaporiser le fluide frigorigène. 4. le compresseur : actionné par un moteur électrique, il élève la pression et la température du fluide frigorigène gazeux en le comprimant <p>Il existe deux techniques différentes :</p> <p>la détente directe elle se compose d'un seul circuit. Le fluide frigorigène passe directement dans le sol chauffant ou les convecteurs. Le circuit de captage joue le rôle d'évaporateur et le circuit de chauffage celui de condenseur. Cette technique est couramment appelée sol-sol. Les systèmes indirects ou PAC eau glycolée. La PAC possède un circuit séparé pour le captage, la pompe à chaleur et le chauffage.</p>
<p>PRINCIPE DE LA POMPE A CHALEUR</p> <p>Le diagramme illustre le cycle thermodynamique d'une pompe à chaleur. Il est divisé en deux parties par une vanne d'inversion de cycle. À gauche, le cycle de captage comprend un évaporateur qui prélève de la chaleur à une source froide (capteurs extérieurs) et un compresseur qui élève la pression du fluide frigorigène. À droite, le cycle de chauffage comprend un condenseur qui libère de la chaleur à une source chaude (émetteurs dans l'habitat) et un détendeur qui réduit la pression du fluide frigorigène. Les états du fluide sont indiqués : vapeur basse pression, liquide basse pression, liquide haute pression et vapeur haute pression.</p>

4.1.5 Potentiel bois-énergie

Biomasse

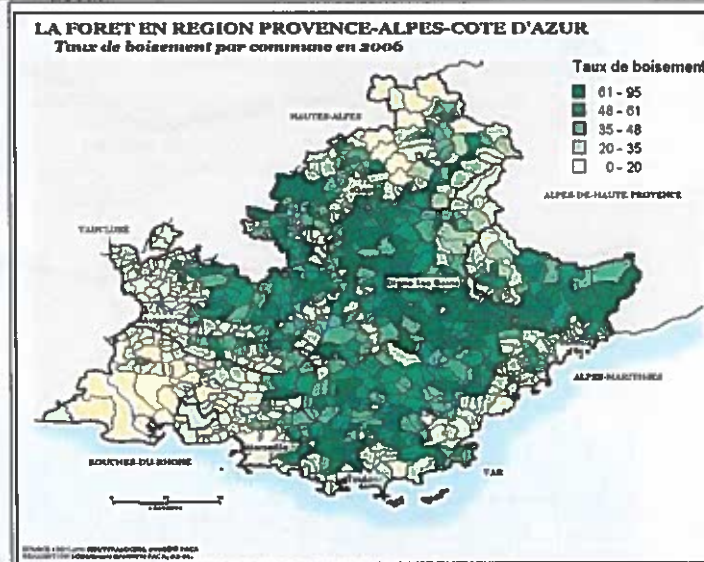
Ressources

La biomasse énergie est la partie de la biomasse utilisée ou utilisable comme source d'énergie ; soit directement par combustion (ex : bois énergie), soit indirectement après méthanisation. Le bois énergie est une des bioénergies issue de la biomasse.

Les besoins en matière première pour le bois énergie progressent depuis quelques années : le nombre de chaufferies bois, et des réseaux de chaleur qui en découle, en fonctionnement ou en cours de construction est significatif.

Nous retenons la possibilité d'avoir recours à l'énergie biomasse pour répondre aux besoins de chaleur des bâtiments.

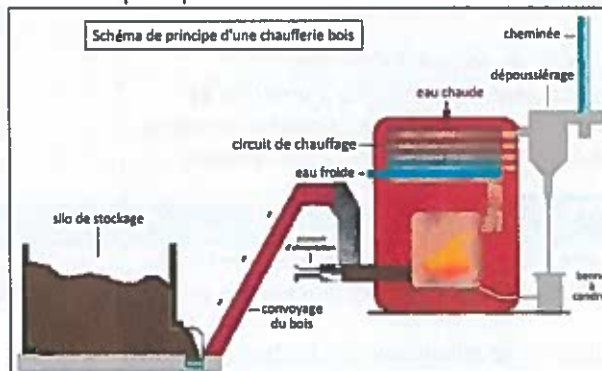
La filière bois énergie locale est en cours de développement



Cette option sera retenue dans le cadre de la présente étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.

Solution technique : PAC Aérothermique

La chaufferie bois permet d'exploiter la ressource bois énergie sous le format de plaquette, granulée, sciures ou encore copeaux. Le principe de la chaufferie est le suivant :



A faible puissance la ressource bois peut être exploitée par des poêles à bois sous forme de granulée voire de bûche.

4.1.6 Potentiel gaz

Gaz

Ressources

Le gaz naturel traité, en vue d'être commercialisé, est incolore, inodore, insipide. Il contient entre 81 et 97 % de méthane, le reste étant majoritairement de l'azote.

Son pouvoir calorifique supérieur (PCS) est d'environ 11,5 kWh·m⁻³ (52 MJ/kg) en France, pour le gaz le plus couramment consommé, dit « H » (pour « haut pouvoir calorifique »).

A proximité du site du projet il ne se trouve aucun réseau Gaz



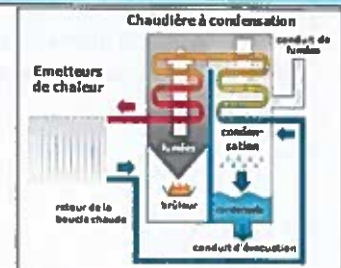
Cette carte et les informations qu'elle contient sont indicatives et ne sauraient permettre la réalisation de travaux à proximité du réseau de canalisations de GRTgaz ni de s'affranchir des dispositions prévues au code de l'environnement articles L.554-1 à L.554-5 et R.554-1 à R.554-38.

Cette option ne sera pas retenue dans le cadre cette étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.

Solution technique : Chauffage gaz

La chaudière à condensation possède un récupérateur de chaleur (condenseur) qui permet de capter l'énergie contenue dans les fumées. De cette manière, les rendements peuvent atteindre des niveaux supérieurs à 100%

La chaufferie peut être complétée de sorte à réaliser une cogénération. Le principe de la cogénération consiste à produire de l'énergie mécanique (convertie en électricité) et de la chaleur en même temps et dans une même installation et à partir d'une même source d'énergie

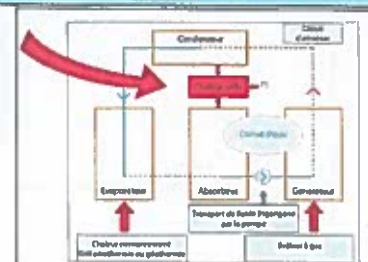


Solution technique : PAC gaz

La pompe à chaleur gaz est une pompe à chaleur qui fonctionne sur le principe de l'absorption gaz et affiche de même des rendements ou COP supérieurs à 100%.

Elle est composée d'un bouilleur fonctionnant avec un brûleur gaz, d'un absorbeur, d'un évaporateur et d'un condenseur.

Tous les ingrédients de la pompe à chaleur sont donc là à l'exception du (ou des) compresseur(s). Ces derniers sont remplacés par le mélange eau-ammoniac (compression thermo-chimique).



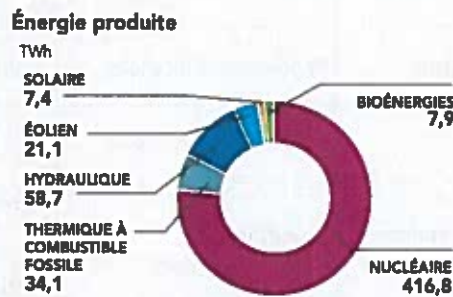
4.1.7 Potentiel électrique

Electricité

Ressources

L'électricité est un vecteur énergétique, c'est-à-dire un moyen de transporter l'énergie, comme peut l'être l'eau pour la chaleur. À un instant donné, le kilowattheure (kWh) consommé sur le territoire national est issu d'un mélange de plusieurs sources d'énergies.

L'énergie nucléaire constitue 76 % de l'électricité produite en France, devant l'hydraulique (11 %), l'éolien (4 %), le gaz (4 %), le charbon (1,6 %), le photovoltaïque (1,4 %), les bioénergies (1,4 %) et le fioul (0,6 %). Les combustibles fossiles ainsi représentent 6 % de la production électrique nationale.



Sources d'électricité en 2015

Le réseaux électrique de la très haute tension à proximité du site est :



L'électricité est une source d'énergie retenue dans le cadre cette étude d'approvisionnement en énergie de l'aménagement du site.

4.2 Récapitulatif du potentiel énergétique du site

Le tableau suivant présente, pour chaque source d'énergie mobilisable sur l'opération d'aménagement du REGANAS, les principaux systèmes permettant d'utiliser cette source (liste non exhaustive), l'usage après conversion (chaleur, électricité, froid).

Source Energie	Solution technique	Usage	Etude d'approvisionnement	Remarque
Solaire	Solaire thermique	ECS	Retenu	Ressource disponible
Solaire	Photovoltaïque	Production électricité	Retenu	Ressource disponible
Eolien	Eolienne	Production électricité	Non Retenu	Pas adaptée au projet
Géothermie	PAC Géothermique sur sonde verticale	Chauffage / Rafrachissement	Logement : Non Retenu	Pas adaptée au projet
			Tertiaire : Retenu	Ressource disponible
Aérothermie	PAC sur air extérieur	Chauffage / Rafrachissement / ECS	Retenu	Ressource disponible
Biomasse	Chaufferie Bois	Chauffage	Retenu	Ressource disponible
	Poêle à pellet bois	Chauffage	Retenu	Ressource disponible
Gaz	Chaufferie Gaz	Chauffage	Non Retenu	Ressource Non disponible
	PAC Gaz	Chauffage	Non Retenu	Ressource Non disponible

L'objectif est conforme aux : Grenelle 2, au code de l'urbanisme et au code de la construction :

- Un projet durable respectueux de l'environnement et de la qualité de vie des habitants actuels et à venir,
- Des bâtiments dont les caractéristiques thermiques limitent les besoins en énergie,
- Des solutions énergétiques qui garantissent le confort d'habitat avec des prix maîtrisés sur la durée.

4.3 Bilan Thermique

4.3.1 Hypothèse

Site :

Les caractéristiques du site retenues pour l'étude sont :

Saison	Température extérieure BASE	DJU
Hiver	-4°C	1322
Eté	32°C	562

Bâtiment :

La performance du bâtiment est exprimée par le coefficient global de déperditions volumiques qui s'exprime en $W/^{\circ}Cm^3$; il représente les pertes thermiques d'un bâtiment. Ce coefficient G(en $W/m^3/h$) considéré dans l'étude est

- Bâtiment de type logement individuelle: 0.32 $W/m^3.K$
- Bâtiment de type logement intermédiaire (mitoyen) : 0.28 $W/m^3.K$
- Bâtiment de type collectif (R+2/R+3) : 0.26 $W/m^3.K$
- Bâtiment de type scolaire : 0.35 $W/m^3.K$

Cette performance correspond aux exigences actuelles de la réglementation thermique en vigueur (RT 2012).

Ce coefficient intègre de cette manière les performances des différents éléments du bâti, tel que les murs extérieurs, les planchers bas et hauts, les menuiseries et les ponts thermiques.

A titre d'exemple :

Les logements intégreront :

- Une isolation des murs avec une résistance thermique équivalente $R=3m^2.K/W$
- Une isolation des toitures avec une résistance thermique équivalente $R=6.5 m^2.K/W$
- Une isolation des planchers avec une résistance thermique équivalente $R=3m^2.K/W$
- Des menuiseries double vitrage avec une performance thermique équivalente : $Uw =1.6 W/m^2.K$
- Une Orientation favorable aux apports solaires
- Des protections solaires adaptées
- Des ponts thermiques avec ratio moyen = 0.25 $W/ml.K$

L'école et la crèche intégreront :

- Une isolation des murs avec une résistance thermique équivalente $R=3.7 m^2.K/W$
- Une isolation des toitures avec une résistance thermique équivalente $R=6.5 m^2.K/W$
- Une isolation des planchers avec une résistance thermique équivalente $R=3.5 m^2.K/W$
- Des menuiseries double vitrage avec une performance thermique équivalente : $Uw =1.6 W/m^2.K$
- Une Orientation avec des apports solaires maîtrisés.
- Des protections solaires adaptées

Ventilation :

Les débits de ventilation ont été pris en compte conformément au programme et aux exigences réglementaires

A titre d'exemple :**Les logements intégreront :**

- Une ventilation simple flux hydro-réglable

L'école et la crèche intégreront :

- Une ventilation double flux avec récupérateur de chaleur

Occupation :

L'occupation a été prise en compte conformément au programme. Les apports thermiques liés à cette occupation ont été intégré dans l'étude.

Équipement :

Des apports thermiques, forfaitaires suivant l'usage des locaux, liés aux équipements ont été intégré dans l'étude.

4.3.2 Résultats

Les résultats ci-dessous présentent, pour chaque typologie de bâtiment et chaque usages (chauffage/ /Eau chaude sanitaire, rafraîchissement éventuel), les éléments suivants :

- P en [W] : la puissance appelée totale du local
- P en [W/m²] : la puissance appelée ramenée au mètre carré du local
- B en [kWh] Les Besoins Bruts du local
- B en [kWh/m²] Les Besoins ramenés au mètre carré Brut du local



Type	Surface	Chauffage				Rafraîchissement						ECS				
		Pc [W]	Pc [W/m ²]	Bc [kWh]	Bc [kWh/m ²]	Pf [W]	Pf [W/m ²]	Bf [kWh]	Bf [kWh/m ²]	ECS [L/jr] à 40°C	Pecs [W]	Pecs [W/m ²]	Becs [kWh]	Becs [kWh/m ²]		
Habitat individuel	180 m ²	4 678	26	5 163	29	2 750	15	4 172	23	250	2 778	15	3 176	18		
Habitat individuel - Total	5 040 m ²	130 990	26	144 558	29	76 990	15	116 824	23	7 000	77 778	15	88 914	18		
Habitat intermédiaire	120 m ²	2 881	24	3 180	26	1 820	15	2 762	23	200	2 222	19	2 540	21		
Habitat intermédiaire - Total	3 840 m ²	92 206	24	101 757	26	58 249	15	88 388	23	6 400	71 111	19	81 293	21		
Sous Total habitat individuel	8 880 m²	223 196	25	246 315	28	135 239	15	205 212	23	13 400	148 889	17	170 207	19		
Habitat Collectif	57 m ²	1 450	25	1 600	28	1 044	18	1 585	28	125	1 389	24	1 588	28		
Habitat collectif - Total	3 150 m ²	79 736	25	87 996	28	57 447	18	87 170	28	6 875	76 389	24	87 326	28		
Total habitat	12 030 m²	302 932	25	334 311	28	192 686	16	292 382	24	20 275	225 278	19	257 533	21		
Groupe scolaire	1 400 m ²	93 133	67	102 780	73	64 050	46	32 396	23	805	8 944	6	10 225	22		
Creche	750 m ²	42 135	56	63 936	54	42 135	56	42 624	57	338	3 750	5	4 287	52		
Total Scolaire / crèche	2 150 m²	135 268	63	166 715	78	106 185	49	75 020	35	1 143	12 694	6	14 512	7		

5 Scenarios de desserte énergétique Logements individuels

5.1 Scénarios d’approvisionnements énergétiques Logements individuels

Les scénarios d’approvisionnements énergétiques suivants seront affinés en phase de réalisation :

Scénarios	Ressources énergétiques	Systèmes retenus			
		Chauffage	Rafraîchissement	ECS	Production
Scénario 1 :	- Électricité	PAC Aérothermique Air/Eau Mixte Chauffage / ECS			
Scénario 2	-Bois -Solaire	Poêle à pellet bois	-	Solaire Thermique + Appoint Electrique	
Scénario 3	-Électricité	PAC Aérothermique Air/Air		Ballon thermodynamique	Photovoltaïque
Scénario 4	-Bois	Chaufferie collective Bois / Réseau de chaleur	-	Chaufferie collective Bois / Réseau de chaleur	

5.2 Généralités sur les scénarios

Ce paragraphe permet de présenter les éléments apportés pour chaque scénario d’approvisionnement étudié dans les paragraphes ci-dessous.

Pour chacun des scénarios, il est présenté :

- ⇒ Une présentation sommaire sur les équipements techniques proposés à la mise en œuvre
- ⇒ Les hypothèses sur les équipements techniques : avec un pré-dimensionnement sommaire
- ⇒ Des résultats variés :
 - De consommations énergétiques,
 - ✓ Tableau de consommation en énergie finale (énergie facturée) et en énergie primaire (énergie réellement consommée pour produire l’énergie finale)
 - ✓ Tableau de l’émission de GES (Gaz à Effet de Serre)
 - ✓ Etiquette indicative de performance
 - De l’investissement financier des équipements techniques
 - Du coût de d’exploitation avec :
 - ✓ Poste P1 : Dépenses combustibles,
 - ✓ Poste P2 : Entretien, maintenance,
 - ✓ Poste P3 : Provisions financières à constituer pour la prise en charge en garantie totale des installations, autrement dit pour le remplacement éventuel des éléments de l’installation
 - ✓ Poste P4 : Amortissement du coût d’investissement de l’installation sur la durée de l’exploitation.

5.3 Scénario 1:BASE : PAC Aérothermique Mixte

5.3.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage, du rafraîchissement (optionnel) et de l'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par une PAC aérothermique réversible Mixte avec stockage ECS intégré

5.3.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE /RAFRAICHISSEMENT /ECS	PAC Aérothermique Réversible Mixte chauffage/rafraîchissement /ECS	
	COP Saisonnier	2,5
	EER Saisonnier	3
	COP ECS Saisonnier	2
	Rendement émission /régulation	80%
	Rendement distribution/ stockage ECS	86%
Logement individuel	Puissance électrique mode Chauffage	2.3 kW
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	1.1kW
	Puissance électrique ECS	1.6 kW
Logement intermédiaire	Puissance électrique mode Chauffage	1.4 kW
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	0.8 kW
	Puissance électrique ECS	1.3 kW

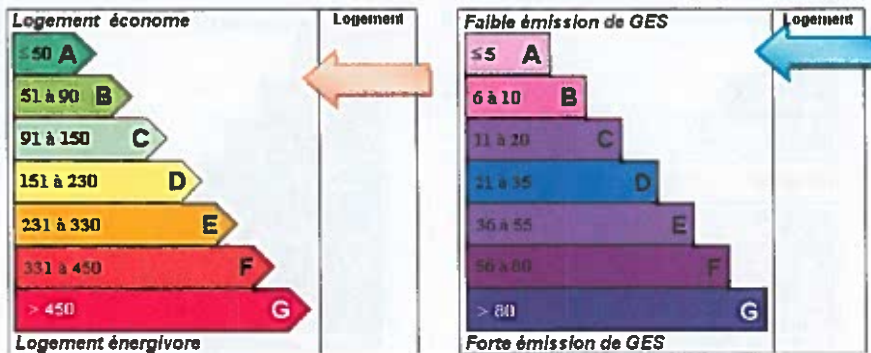
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Electricité
Logement individuel	Puissance	4
	Abonnement	Profil Tarif bleu
Logement intermédiaire	Puissance	2.7
	Abonnement	Profil Tarif bleu

5.3.3 Résultats Logements individuels

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhef/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhef/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	2 581	37,0	2,6
Consommation Rafraîchissement	1 738	24,9	0,4
Consommation ECS	1 857	26,6	0,4
TOTAL Consommation	6 177	88,5	3,4



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement /ECS	5 900 €
Emission / réseaux chauffage/rafraîchissement	7 200 €
Total investissement	13 100 €

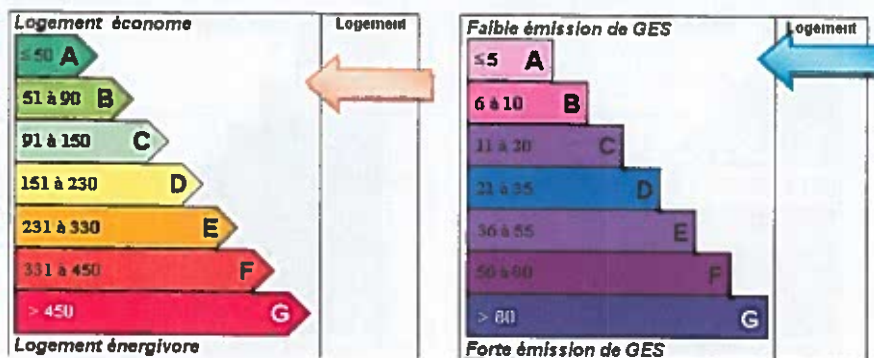
➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhef]	6 177 kWhef
Abonnement	180 €
Coût chauffage	344 €
Coût rafraîchissement	232 €
Coût ECS	248 €
P 1 [€HT/an]	104 €
P 2 [€HT/an]	90 €
P 3 [€HT/an]	678 €
P 4 [€HT/an]	877 €
Coût annuel	2 648 €

5.3.4 Résultats Logements intermédiaires

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhcf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhcf/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m ² /an]
Consommation Chauffage	1 590	34,2	2,4
Consommation Rafraîchissement	1 151	24,7	0,4
Consommation ECS	1 486	31,9	0,5
TOTAL Consommation	4 226	90,9	3,3



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement /ECS	3 600 €
Emission / réseaux chauffage/rafraîchissement	4 800 €
Total investissement	8 400 €

➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhcf]	4 226 kWhcf
Abonnement	180 €
Coût chauffage	212 €
Coût rafraîchissement	153 €
Coût ECS	198 €
P 1 [€HT/an]	744 €
P 2 [€HT/an]	59 €
P 3 [€HT/an]	432 €
P 4 [€HT/an]	565 €
Coût annuel	1 799 €

5.4 Scénario 2: Variante 1: Bois individuelle + solaire thermique

5.4.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage, du rafraîchissement (optionnel) et l'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par une PAC aérothermique réversible Mixte avec stockage ECS intégré

5.4.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE		
Poêle à bois individuel		
	Rendement Chaudière Bois	85%
	Rendement émission /régulation	90%
Logement individuel	Puissance production BOIS	6.1 kW
Logement intermédiaire	Puissance production BOIS	3.9 kW

ECS		
Installation solaire thermique - appoint Electrique		
	Taux de couverture	40%
	Rendement distribution/ stockage	86%
Logement individuel	Puissance électrique ECS	1.9 kW
Logement intermédiaire	Puissance électrique ECS	1.6 kW

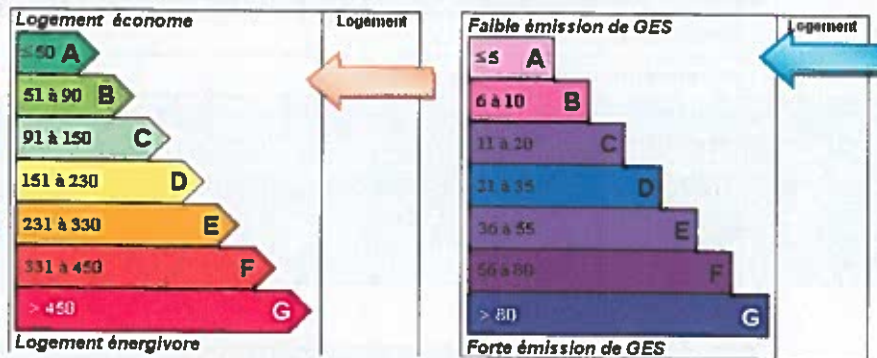
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Bois	Electricité
Logement individuel	Puissance	6.1	1.9
	Abonnement		Profil Tarif bleu
Logement intermédiaire	Puissance	3.9	1.6
	Abonnement		Profil Tarif bleu

5.4.3 Résultats Logements individuels

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhéf/an]	Electricité en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	6 730		37,4	0,5
Consommation Rafraîchissement				
Consommation ECS		2 228	31,9	0,5
TOTAL Consommation	6 730	2 228	69,3	1,0



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Poele à bois	7 000 €
Emission / réseaux chauffage	7 200 €
Installation solaire - appoint Electrique	4 200 €
Total investissement	15 700 €

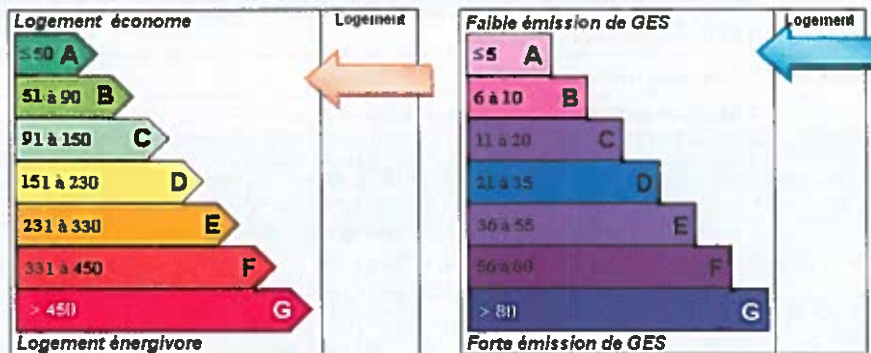
➤ Coût d'exploitation

	Bois	Electricité
Consommation [kwhéf]	6 730	2 228
Abonnement	0 €	180 €
Coût chauffage	471 €	
Coût rafraîchissement	0 €	
Coût ECS		260 €
P 1 [€HT/an]		911 €
P 2 [€HT/an]		111 €
P 3 [€HT/an]		926 €
P 4 [€HT/an]		1 054 €
Coût annuel		3 002 €

5.4.4 Résultats Logements intermédiaires

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhcf/an]	Electricité en énergie final [kwhcf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhcf/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	4 145		34,5	0,4
Consommation Rafraîchissement				
Consommation ECS		1 783	38,3	0,6
TOTAL Consommation	4 145	1 783	72,9	1,0



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Poele à bois	5 800 €
Emission / réseaux chauffage	2 300 €
Installation solaire - appoint Electricque	3 300 €
Total investissement	11 400 €

➤ Coût d'exploitation

	Bois	Electricité
Consommation [kWhcf]	4 145	1783
Abonnement	0,00 €	180 €
Coût chauffage	290 €	
Coût rafraîchissement		
Coût ECS	4 145	208 €
P 1 [€HT/an]		678 €
P 2 [€HT/an]		72 €
P 3 [€HT/an]		699 €
P 4 [€HT/an]		766 €
Coût annuel		2 215 €

5.5 Scénario 3: Variante 2: PAC Aérothermique+ ECS thermodynamique + Photovoltaïque

5.5.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage, du rafraîchissement (optionnel) est assurée par une PAC aérothermique réversible

L'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par ballon thermodynamique avec stockage ECS indépendant

Dans ce scénario, il est intégré une production d'électricité par panneau photovoltaïque

5.5.2 Hypothèses

PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement		
CHAUFFAGE /RAFRAICHISSEMENT	COP Saisonnier	2,5
	EER Saisonnier	3
	Rendement émission /régulation	80%
Logement individuel	Puissance électrique mode Chauffage	2.3 kW
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	1.1 kW
Logement intermédiaire	Puissance électrique mode Chauffage	1.4 kW
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	0.8 kW

Ballon thermodynamique		
ECS	COP ECS Saisonnier	1.8
	Rendement distribution/ stockage ECS	86%
Logement individuel	Puissance électrique ECS	1.8 kW
Logement intermédiaire	Puissance électrique ECS	1.4 kW

Photovoltaïque en auto consommation	Logement individuel	Logement intermédiaire
m ²	30	20
Wc/m ²	150	150
kWc	4.5	3
kWh/kwc	900	900
Production en kWh	4050	2700

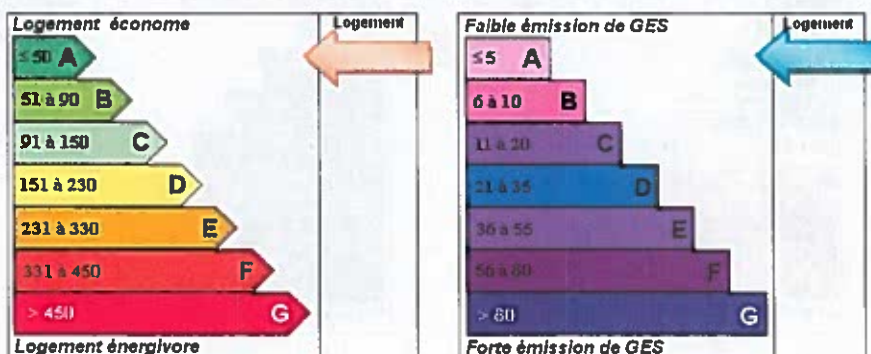
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Electricité
Logement individuel	Puissance	4.1
	Abonnement	Profil Tarif bleu
Logement intermédiaire	Puissance	2.9
	Abonnement	Profil Tarif bleu

5.5.3 Résultats Logements individuels

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kWhef/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kWhep/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	2 581	37,0	2,6
Consommation Rafraîchissement	1 738	24,9	0,4
Consommation ECS	2 063	29,6	0,5
Production photovoltaïque	-4 050	-58,1	
TOTAL Consommation	2 333	33,4	3,4



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/Rafraîchissement	3750
Emission / réseaux chauffage/Rafraîchissement	4500
Ballon thermodynamique ECS	3600
Photovoltaïque	11250
Total investissement	23 100,00 €

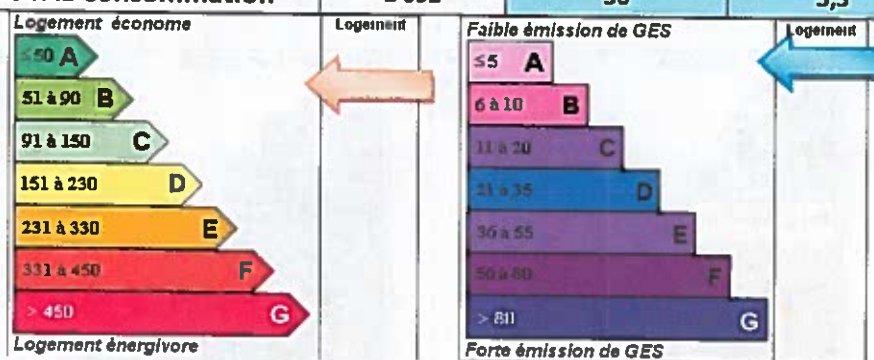
➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhef]	2 333 kWhef
Abonnement	180 €
Coût chauffage	301 €
Coût rafraîchissement	203 €
Coût ECS	241 €
Gain PV	-608 €
P 1 [€HT/an]	317 €
P 2 [€HT/an]	133 €
P 3 [€HT/an]	1233 €
P 4 [€HT/an]	1553 €
Coût annuel	3 236 €

5.5.4 Résultats Logements intermédiaires

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m²/an]
Consommation Chauffage	1 590	34,2	2,4
Consommation Rafraîchissement	1 151	24,7	0,4
Consommation ECS	1 651	35,5	0,6
Production photovoltaïque	-2 700	-58,1	
TOTAL Consommation	1 692	36	3,3



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/Rafraîchissement	2900
Emission / réseaux chauffage/Rafraîchissement	3000
Ballon thermodynamique ECS	2900
Photovoltaïque	7500
Total investissement	16 300,00 €

➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhéf]	1 692 kWhéf
Abonnement	180 €
Coût chauffage	185 €
Coût rafraîchissement	134 €
Coût ECS	193 €
Gain PV	-405 €
P 1 [€HT/an]	287 €
P 2 [€HT/an]	88 €
P 3 [€HT/an]	880 €
P 4 [€HT/an]	1094 €
Coût annuel	2 348 €

5.6 Scénario 4: Variante3 : Réseau de chaleur Bois

5.6.1 Description sommaire

Dans ce scénario une production d'eau chaude est assurée par une chaufferie collective Bois à tous l'aménagement du site. Cette chaufferie alimente un réseau d'eau chaude enterrée (réseau de chaleur) pour alimenter chaque logement.

Dans les logements des modules hydrauliques aliment par le réseau de chaleur de permetts la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS)

5.6.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE		
Ghaufferie bois		
	Rendement Chaudière Bois	85%
	Distribution réseau de chaleur	65%
	Rendement émission /régulation	90%
Logement individuel	Puissance production BOIS	447 kW
Logement intermédiaire		

ECS		
Chaufferie bois		
	Rendement Chaudière Bois	40%
	Distribution réseau de chaleur	65%
	Rendement distribution/ stockage	86%
Logement individuel	Puissance production BOIS	315 kW
Logement intermédiaire		

➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Bois
Logement individuel	Puissance	15.3
	Abonnement	
Logement intermédiaire	Puissance	10.5
	Abonnement	

➤ Coût d'investissement

Montant donné pour la totalité de l'installation commune aux logements individuels :

	Coût installation [€HT]
Chaufferie Bois	212 000 €
Réseaux de chaleur	56 000 €
Module hydraulique	156 700 €
Emission / réseaux chauffage	310 800 €
Total investissement	735 500 €

➤ Coût d'exploitation

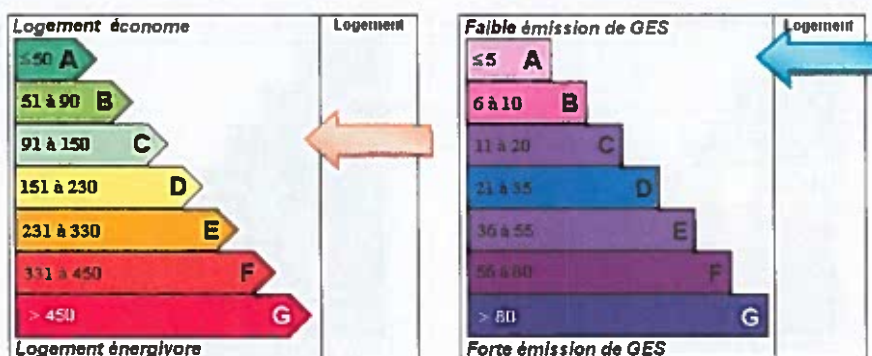
Montant donné pour la totalité de l'installation commune aux logements individuels :

	Bois
Consommation [kWhcf]	854 294
Abonnement	0 €
Coût chauffage	24 699 €
Coût rafraîchissement	0 €
Coût ECS	18 016 €
P 1 [€HT/an]	42 715 €
P 2 [€HT/an]	7 363 €
P 3 [€HT/an]	39 820 €
P 4 [€HT/an]	49 424 €
Coût annuel	139 322 €

5.6.3 Résultats Logements individuels

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhef/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhep/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	10 354	57,5	0,7
Consommation Rafraîchissement			
Consommation ECS	6 722	37,3	0,5
TOTAL Consommation	17 076	94,9	1,2



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Total investissement	14 900

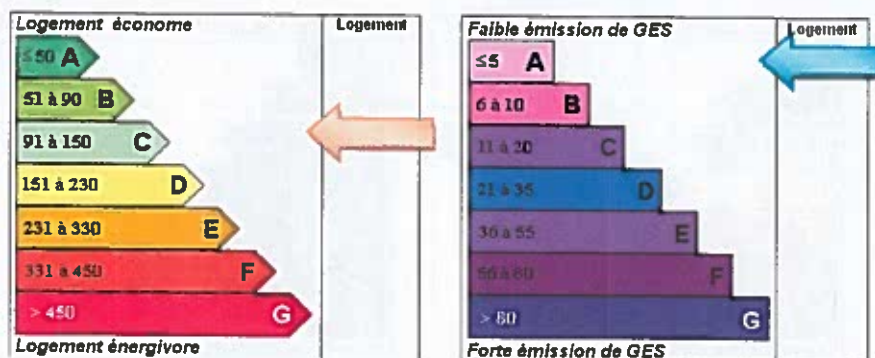
➤ Coût d'exploitation

	Bois
Consommation [kwhef]	17 076
Abonnement	0,00 €
Coût chauffage	517,70 €
Coût rafraîchissement	0,00 €
Coût ECS	336,11 €
P 1 [€HT/an]	854 €
P 2 [€HT/an]	164 €
P 3 [€HT/an]	778 €
P 4 [€HT/an]	997 €
Coût annuel	2 775 €

5.6.4 Résultats Logements intermédiaires

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m²/an]
Consommation Chauffage	6 377	53,1	0,7
Consommation Rafraîchissement			
Consommation ECS	5 378	44,8	0,6
TOTAL Consommation	11 755	98,0	1,3



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Total investissement	9 900

➤ Coût d'exploitation

	Bois
Consommation [kWhéf]	11 755
Abonnement	0 €
Coût chauffage	319 €
Coût rafraîchissement	0 €
Coût ECS	269 €
P 1 [€HT/an]	588 €
P 2 [€HT/an]	103 €
P 3 [€HT/an]	543 €
P 4 [€HT/an]	667 €
Coût annuel	1 900 €

5.6.5 Synthèse des résultats d'analyses – logements individuels

	Scénario 1				Scénario 2				Scénario 3		Scénario 4	
	Individuel	Intermédiaire	Individuel		Intermédiaire		Individuel	Intermédiaire	Individuel	Intermédiaire	Individuel	Intermédiaire
	Electricité		Bois	Elec	Bois	Elec	Electricité		Electricité		Bois	
Source énergétique												
Consommation [kwh/ef]	6 177	4 226	6 730	2 228	4 145	1 783	2 333	1 692	17 076	11 755		
Gain [kwh/ef]			8 958		5 928		3 844	2 535	-10 899	-7 529		
Consommation [kwh/ep/m²Shon]	88,5	90,9	69,3		72,9		33,4	36,4	94,9	98,0		
Etiquette Energie	B	B	B		B		A	A	C	C		
GES [tCO2/m²Shon]	3,4	3,3	1,0		1,0		3,4	3,3	1,2	1,3		
Etiquette GES	A	A	A		A		A	A	A	A		
Investissement [€ HT]	13 100 €	8 400 €	15 700,00 €		11 400,00 €		23 100,00 €	16 300,00 €	14 900,00 €	9 900,00 €		
Sur cout [%]			20%		36%		76%	94%	14%	18%		
Coût Exploitation [€ HT/an]	2 648 €	1 799 €	3 001,86 €		2 215,06 €		3 236,10 €	2 348,31 €	2 775,12 €	1 899,82 €		
TRB - Temps de retour brut			impossible		impossible		impossible	impossible	impossible	impossible		
Augmentation coût de l'énergie	3%	3%	1%	3%	1%	3%	3%	3%	1%	1%		
Coût Exploitation Moyenne avec augmentation prévisionnelle coût de l'énergie [€ HT/an]	2 992,86 €	2 054,61 €	3 200,56 €		2 377,63 €		3 345,07 €	2 447,02 €	2 861,31 €	1 959,15 €		
Temps de retour Global sur 20 ans [an]			impossible		impossible		impossible	impossible	13,7	15,7		

Légende tableau :

Valeur plus avantageuse sur fond vert

Valeur moins avantageuse sur fond orange

6 Conclusion – logements individuels

Cette étude a permis de dégager, après un recensement des sources en énergies renouvelables, quatre scénarii d'études sur la production de chaud et de froid de la future opération de construction du SDIS de la commune d'Carry le Rouet.

Le tableau ci-dessous synthétise et compare les résultats des différents scénarios entre eux.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Investissement	++	/	--	/
Cout d'exploitation	+	--	--	++
Temps de retour	/	--	--	+
Impact Environnemental	-	+	+	/

Légende :

- ++ Très Bon
- + Bon
- / Moyen
- Contraignant
- Très Contraignant

La **solution 1** qui consiste à installer des productions individuelles de chauffage et d'eau chaude sanitaire par pompe à chaleur, qui peut produire du rafraîchissement est la plus judicieuse. En effet cette solution est la plus équilibré. L'investissement est réduit et, le coût d'exploitation est mesuré tout en conservant des émissions GES raisonnables.

La **solution 2** (Poêle à bois individuel + ECS solaire), est bien plus coûteuse sur l'investissement que la solution de base. Elle présente une étiquette énergie et environnemental avantageuse.

La **Solution 3** (PAC air/eau , ballon thermodynamique et photovoltaïque) bien que performante d'un point de vue énergétique et environnementale, n'est pas une solution viable. Son coût d'investissement très important n'est pas amortissable dans le temps. Cette solution ne peut être pas raisonnablement retenue.

La **solution 4** (chaufferie Bois avec réseau de chaleur) engendre un investissement cohérent mais important. Elle se présente comme une alternative à la solution de base. L'investissement rentable dans le temps est judicieux. Cette solution est d'autant plus viable dans le cas où l'installation est mutualisée avec l'ensemble du site.

7 Scenarios de desserte énergétique Logements collectifs

7.1 Scénarios d’approvisionnements énergétiques pour les logements collectifs

Les scénarios d’approvisionnements énergétiques suivants seront affinés en phase de réalisation :

Scénarios	Ressources énergétiques	Systèmes retenus			
		Chauffage	Rafraîchissement	ECS	Production
Scénario 1 :	- Électricité	PAC Aérothermique Air/Eau Mixte Chauffage / ECS - Individuel			
Scénario 2	-Bois - Solaire	Chaufferie bois collective	-	Solaire Thermique + Appoint Electrique	
Scénario 3	-Électricité	PAC Géothermique mixte Chauffage / ECS - Collectif			Photovoltaïque
Scénario 4	-Bois	Chaufferie collective Bois / Réseau de chaleur	-	Chaufferie collective Bois / Réseau de chaleur	

7.2 Généralités sur les scénarios

Ce paragraphe permet de présenter les éléments apportés pour chaque scénario d’approvisionnement étudié dans les paragraphes ci-dessous.

Pour chacun des scénarios, il est présenté :

- ⇒ Une présentation sommaire sur les équipements techniques proposés à la mise en œuvre
- ⇒ Les hypothèses sur les équipements techniques : avec un pré-dimensionnement sommaire
- ⇒ Des résultats variés :
 - De consommations énergétiques,
 - ✓ Tableau de consommation en énergie final (énergie facturée) et en énergie primaire (énergie réellement consommée pour produire l’énergie final)
 - ✓ Tableau de l’émission de GES (Gaz à effet de Serre)
 - ✓ Etiquette indicatives de performance
 - De l’investissement financier des équipements techniques
 - Du coût de d’exploitation avec :
 - ✓ Poste P1 : Dépenses combustibles,
 - ✓ Poste P2 : Entretien, maintenance,
 - ✓ Poste P3 : Provisions financières à constituer pour la prise en charge en garantie totale des installations, autrement dit pour le remplacement éventuelle des éléments de l’installation
 - ✓ Poste P4 : Amortissement du coût d’investissement de l’installation sur la durée de l’exploitation.

7.3 Scénario 1:BASE : PAC Aérothermique Mixte

7.3.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage, du rafraîchissement (optionnel) et l'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par une PAC aérothermique réversible Mixte avec stockage ECS intégré

7.3.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

PAC Aérothermique Réversible Mixte chauffage/rafraîchissement /ECS		
CHAUFFAGE /RAFRAICHISSEMENT /ECS	COP Saisonnier	2,5
	EER Saisonnier	3
	COP ECS Saisonnier	2
	Rendement émission /régulation	80%
	Rendement distribution/ stockage ECS	86%
Logements Collectifs	Puissance électrique mode Chauffage	0.7 kW
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	0.4 kW
	Puissance électrique ECS	0.8 kW

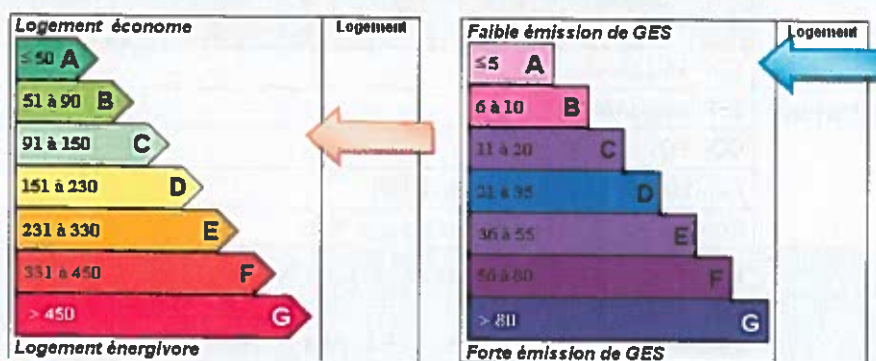
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Electricité
Logements Collectifs	Puissance	1.5
	Abonnement	Profil Tarif bleu

7.3.3 Résultats Logements collectifs

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwh/ef/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwh/ep/m² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m²/an]
Consommation Chauffage	800	36,0	2,5
Consommation Rafraîchissement	660	29,7	0,5
Consommation ECS	929	41,8	1,0
TOTAL Consommation	2 389	107.6	3.6



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement /ECS	143 500 €
Emission / réseaux chauffage/rafraîchissement	152 5000 €
Total investissement	285 500 €
Total investissement/logement	5 191 €

➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kwh/ef]	131 387 €
Abonnement	9 900 €
Coût chauffage	5 866 €
Coût rafraîchissement	4 843 €
Coût ECS	6 809 €
P 1 [€HT/an]	27 418 €
P 2 [€HT/an]	1 134 €
P 3 [€HT/an]	15 238 €
P 4 [€HT/an]	19 175 €
Coût annuel	62 966 €
Coût annuel / logement	1 145 €

7.4 Scénario 2: Variante 1: Bois collectifs + solaire thermique

7.4.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par une chaufferie bois collective.

L'Eau chaude sanitaire est assurée par le solaire thermique avec appoint électrique.

7.4.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE		
Chaufferie bois collective		
	Rendement Chaudière Bois	85%
	Rendement émission /régulation	90%
Logement Collectifs	Puissance production BOIS	103.9 kW

ECS		
Installation solaire thermique - appoint Electrique		
	Taux de couverture	40%
	Rendement distribution/ stockage	86%
Logements Collectifs	Puissance électrique ECS	53.6 kW

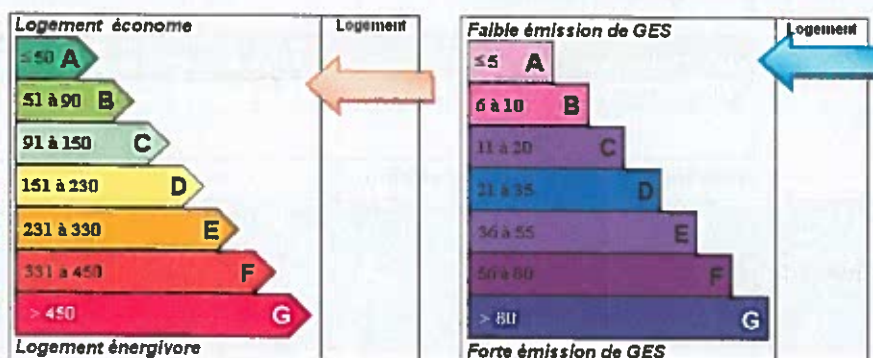
➤ Approvisionnement en énergies

		Bois	Electricité
Logements Collectifs	Puissance	103.9	53.6
	Abonnement		Profil Tarif jaune

7.4.3 Résultats Logements Collectifs

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhcf/an]	Electricité en énergie final [kwhcf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhcf/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m ² /an]
Consommation Chauffage	114 708		36,4	0,5
Consommation Rafraîchissement			0,0	0,0
Consommation ECS		61 282	50,2	0,8
TOTAL Consommation	114 708	61 282	86,6	1,3



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Chaufferie bois	104 000
Emission / réseaux chauffage	157 500
Installation solaire - appoint Electricque	64 900
Total investissement	326 400 €
Total investissement/logement	5 935 €

➤ Coût d'exploitation

	Bois	Electricité
Consommation [kWhcf]	114 708	61 282
Abonnement	0 €	3 216 €
Coût chauffage	8 029 €	
Coût rafraîchissement	0 €	
Coût ECS		7 149 €
P 1 [€HT/an]		18 395 €
P 2 [€HT/an]		1 682 €
P 3 [€HT/an]		17 539,19 €
P 4 [€HT/an]		21 918,23 €
Coût annuel		59 535,59 €

Coût annuel / logement	1 082,47 €
------------------------	------------

7.5 Scénario 3: Variante 2: PAC Géothermique (ECS + Chauffage) + Photovoltaïque

7.5.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage, du rafraîchissement et l'eau chaude sanitaire est assurée par une PAC Géothermique réversible avec sondes verticales

7.5.2 Hypothèses

CHAUFFAGE /RAFRAICHISSEMENT /ECS	PAC Aérothermique Réversible Mixte chauffage/rafraîchissement /ECS	
	COP Saisonnier	3
	EER Saisonnier	3,5
	COP ECS Saisonnier	2,5
	Puissance Max à récupérer dans le sol (avec capteurs verticaux)	99,0
	Extraction de chaleur spécifique	50,0
	Longueur nécessaire	1979,8
	Profondeur max forage	100,0
	Nombre de sondes	19,8
	Emprise au sol	242,5
	Rendement émission /régulation	90%
	Rendement distribution/ stockage	86%
Logements Collectifs	Puissance électrique mode Chauffage	29.5 kW
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	18 2kW
	Puissance électrique ECS	35.7 kW

Photovoltaïque en auto consommation	Logement collectif
m ²	315
Wc/m ²	150
kWc	47,25
kWh/kwc	900
Production en kWh	42525

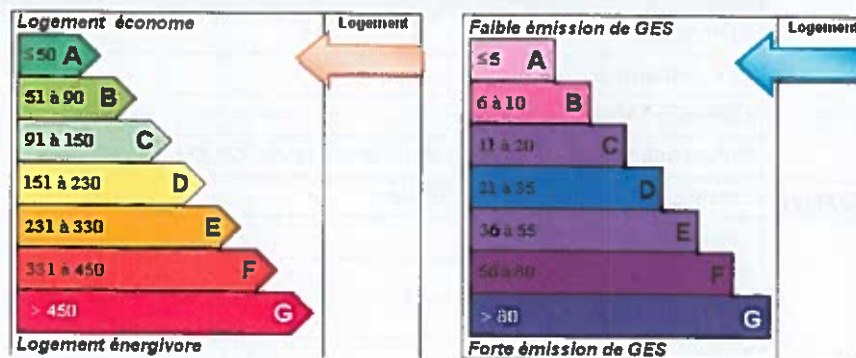
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Electricité
Logement Collectifs	Puissance	65.2
	Abonnement	Profil Tarif Jaune

7.5.3 Résultats Logements collectifs

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m²/an]
Consommation Chauffage	591		26,6
Consommation Rafraîchissement	331		14,9
Consommation ECS	743		33,5
Production photovoltaïque	-773		-34,8
TOTAL Consommation	891		40,1



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/Rafraîchissement	234 200
Emission / réseaux chauffage/Rafraîchissement	157 500
Ballon thermodynamique ECS	27 000
Photovoltaïque	118 000
Total investissement	536 700,00 €
Total investissement/logement	9 758,18 €

➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhéf]	49 017
Abonnement	3 911 €
Coût chauffage	3 792 €
Coût rafraîchissement	2 122 €
Coût ECS	4 766 €
Gain PV	-6 379 €
P 1 [€HT/an]	8 212 €
P 2 [€HT/an]	1 371 €
P 3 [€HT/an]	8 082 €
P 4 [€HT/an]	36 065 €
Coût annuel	53 730 €

Coût annuel / logement	977 €
------------------------	-------

7.6 Scénario 4: Variante3 : Réseau de chaleur Bois

7.6.1 Description sommaire

Dans ce scénario une production d'eau chaude est assurée par une chaufferie collective Bois à tous l'aménagement du site. Cette chaufferie alimente un réseau d'eau chaude enterrée (réseau de chaleur) pour alimenter chaque logement.

Dans les logements des modules hydrauliques aliment par le réseau de chaleur de permetts la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS)

7.6.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE	Poêle à bois individuel	
	Rendement Chaudière Bois	85%
	Distribution réseau de chaleur	65%
	Rendement émission /régulation	90%
Logement Collectif	Puissance production BOIS	159.9 kW

ECS	Installation solaire thermique - appoint Electrique	
	Rendement Chaudière Bois	40%
	Distribution réseau de chaleur	65%
	Rendement distribution/ stockage	86%
Logement individuel	Puissance production BOIS	161.7 kW

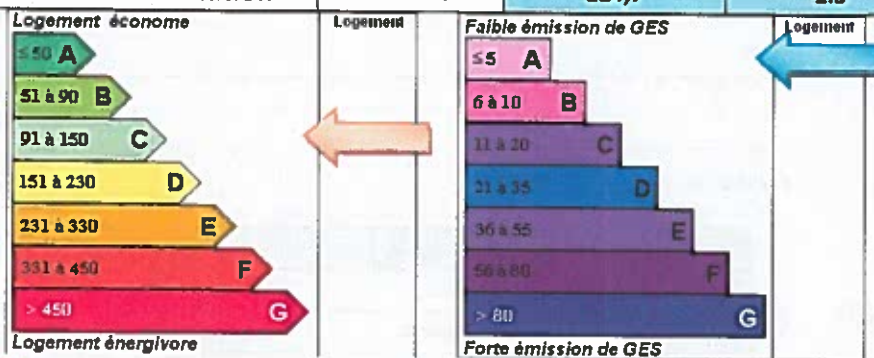
➤ Approvisionnement en énergies

Logement individuel	Source énergie	Bois
	Puissance	321.6
	Abonnement	

7.6.3 Résultats Logements individuels

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	176 475	56,0	0,7
Consommation Rafraîchissement		0,0	0,0
Consommation ECS	184 861	58,7	0,8
TOTAL Consommation	361 336	114,7	1.5



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Chaufferie Bois	87 700 €
Réseaux de chaleur	20000 €
Emission / réseaux chauffage	157500 €
Module hydraulique	26700 €
Total investissement	291 900,00 €
Total investissement / logement	5 307,27 €

➤ Coût d'exploitation

	Bois
Consommation [kWhéf]	361 336
Abonnement	0 €
Coût chauffage	8 824 €
Coût rafraîchissement	0€
Coût ECS	9 243 €
P 1 [€HT/an]	18 066,80 €
P 2 [€HT/an]	3 539,60 €
P 3 [€HT/an]	13 929,74 €
P 4 [€HT/an]	19 618,94 €
Coût annuel	55 155,08 €
Coût annuel / logement	1 002,82 €

7.6.4 Synthèse des résultats d'analyses – Logements collectifs

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3	Scénario 4
	Collectif	Electricité	Bois	Collectif	Electricité	Collectif
Source énergétique						Bois
Consommation [kwh/ef]	131 387		114 708	61 282	49 017	361 336
Gain [kwh/ef]			175 990		82 370	-229 949
Consommation [kwh/ep/m²Shon]	107,6		69,3		40,1	114,7
Etiquette Energie	C		B		A	C
GES [tCO2/m²Shon]	3,6		1,3		2,6	1,5
Etiquette GES	A		A		A	A
Investissement [€ HT]	285 500 €		326 400,00 €		536 700,00 €	291 900,00 €
Sur cout [%]			14%		88%	2%
Coût d'Exploitation [€ HT/an]	62 966 €		59 535,59 €		53 730,15 €	55 155,08 €
TRB - Temps de retour brut			11,9		27,2	0,8
Augmentation coût de l'énergie	3%		1%	3%	1%	1%
Coût d'Exploitation moyen avec augmentation prévisionnelle du coût de l'énergie [€/an]	72 384 €		63 907 €		56 551 €	56 979 €
Temps de retour Global sur 20 ans [an]			4,8		15,9	0,4

Légende tableau :

Valeur plus avantageuse sur fond vert

Valeur moins avantageuse sur fond orange

8 Conclusion – Logements Collectifs

Cette étude a permis de dégager, après un recensement des sources en énergies renouvelables, quatre scénarii d'études sur la production de chaud et de froid de la future opération de construction du SDIS de la commune d'Carry le Rouet.

Le tableau ci-dessous synthétise et compare les résultats des différents scénarios entre eux.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Investissement	++	/	--	+
Cout d'exploitation	-	+	++	+
Temps de retour		+	/	++
Impact Environnemental	--	++	-	++

Légende :

- ++ Très Bon
- + Bon
- / Moyen
- Contraignant
- Très Contraignant

Pour les logements collectifs, on en conclue :

La **solution 1** qui consiste à installer des productions individuelles de chauffage et Eau chaude sanitaire par pompe à chaleur, qui peut produire du rafraîchissement, est l'une des plus rationnelles. En effet cette solution est la plus équilibré. L'investissement est réduit et, le coût d'exploitation est mesuré.

La **solution 2-** (chaufferie Bois + solaire thermique) engendre un investissement cohérent mais important. Cette solution peut présenter une bonne alternative à la solution de base. Cette installation bien que plus coûteuse sur l'investissement présente une étiquette énergie avantageuse et peut être amortissable en moins de 10 ans.

La **Solution 3** (PAC Géothermique + photovoltaïque) bien que performante d'un point de vue énergétique, n'est pas une solution viable. Son coût d'investissement très important est difficilement amortissable dans le temps. Cette solution ne peut être pas raisonnablement retenue.

La **solution 4** (Réseau de chaleur bois) est une solution viable dans le cas où l'installation est mutualisée avec l'ensemble du site. L'investissement reste cohérent et le bas cout de l'énergie biomasse en fait une solution avec un coût d'exploitation réduit.

9 Scenarios de desserte énergétique école et crèche

9.1 Scénarios d'approvisionnements énergétiques école et crèche

Les scénarios d'approvisionnements énergétiques suivants seront affinés en phase de réalisation :

Scénarios	Ressources énergétiques	Systèmes retenus			
		Chauffage	Rafraîchissement	ECS	Production
Scénario 1 :	- Électricité	PAC Aérothermique Air/Eau		PAC Aérothermique indépendante du chauffage et rafraîchissement	
Scénario 2	-Bois - Solaire	Chaufferie collective Bois	-	Solaire Thermique + Appoint Electrique	
Scénario 3	-Électricité	PAC Géothermique			Photovoltaïque
Scénario 4	-Bois	Chaufferie collective Bois / Réseau de chaleur	-	Chaufferie collective Bois / Réseau de chaleur	

9.2 Généralités sur les scénarios

Ce paragraphe permet de présenter les éléments apportés pour chaque scénario d’approvisionnement étudié dans les paragraphes ci-dessous.

Pour chacun des scénarios, il est présenté :

- ⇒ Une présentation sommaire sur les équipements techniques proposés à la mise en œuvre
- ⇒ Les hypothèses sur les équipements techniques : avec un pré-dimensionnement sommaire
- ⇒ Des résultats variés :
 - De consommations énergétiques,
 - ✓ Tableau de consommation en énergie final (énergie facturée) et en énergie primaire (énergie réellement consommée pour produire l’énergie final)
 - ✓ Tableau de l’émission de GES (Gaz à effet de Serre)
 - ✓ Etiquette indicatives de performance
 - De l’investissement financier des équipements techniques
 - Du coût de d’exploitation avec :
 - ✓ Poste P1 : Dépenses combustibles,
 - ✓ Poste P2 : Entretien, maintenance,
 - ✓ Poste P3 : Provisions financières à constituer pour la prise en charge en garantie totale des installations, autrement dit pour le remplacement éventuelle des éléments de l’installation
 - ✓ Poste P4 : Amortissement du coût d’investissement de l’installation sur la durée de l’exploitation.

9.3 Scénario 1:BASE : PAC Aérothermique

9.3.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage et du rafraîchissement (optionnel) est assurée par une PAC aérothermique réversible

L'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par une PAC air /eau indépendante.

9.3.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE /RAFRAICHISSEMENT		PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement	
		COP Saisonnier	2,5
		EER Saisonnier	3
		Rendement émission /régulation	80%
Ecole		Puissance électrique mode Chauffage	46.6 kW
		Puissance électrique mode Rafraîchissement	26.7 kW
Crèche		Puissance électrique mode Chauffage	21.1 kW
		Puissance électrique mode Rafraîchissement	17.6 kW

ECS		PAC Aérothermique ECS	
		COP ECS Saisonnier	2
		Rendement distribution/ stockage ECS	86%
Ecole		Puissance électrique ECS	5.2 kW
Crèche		Puissance électrique ECS	2.2 kW

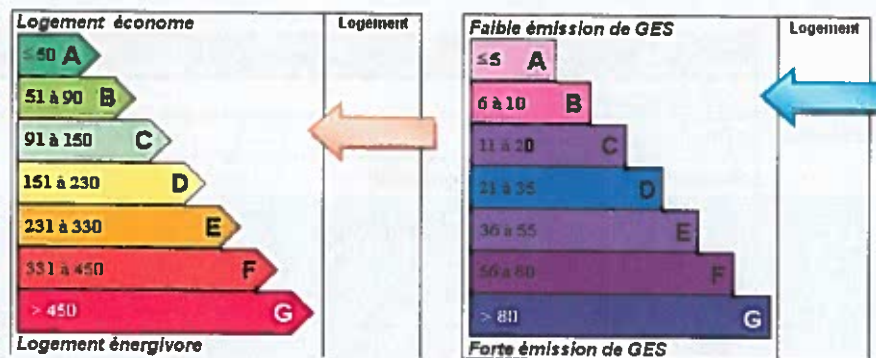
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Electricité
Ecole	Puissance	51.8
	Abonnement	Profil Tarif Jaune
Crèche	Puissance	23.3
	Abonnement	Profil Tarif Jaune

9.3.3 Résultats Ecole

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhcf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhcf/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	51 390	94,7	6,6
Consommation Rafraîchissement	13 499	24,9	0,4
Consommation ECS	5 980	11,0	0,2
TOTAL Consommation	70 868	130,6	7,2



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement /ECS	88 500 €
Emission / réseaux chauffage/rafraîchissement	70 000 €
PAC Aérothermique Haute température ECS	6 700
Total investissement	165 200 €

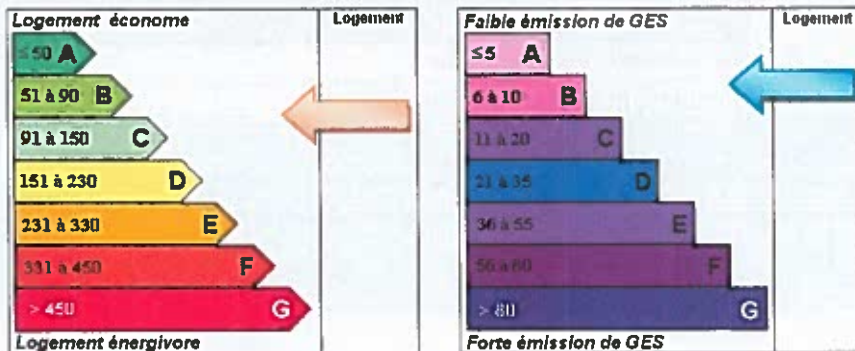
➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhcf]	70 868
+Abonnement	3 108 €
Coût chauffage	6 852 €
Coût rafraîchissement	1 800 €
Coût ECS	797 €
P 1 [€HT/an]	12 557 €
P 2 [€HT/an]	994 €
P 3 [€HT/an]	8 698 €
P 4 [€HT/an]	11 103 €
Coût annuel	33 352 €

9.3.4 Résultats Crèche

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhef/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhef/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	21 312	73,3	5,1
Consommation Rafraîchissement	17 760	61,1	0,9
Consommation ECS	2 507	8,6	0,1
TOTAL Consommation	41 579	143,0	6,2



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/rafraîchissement /ECS	40 000 €
Emission / réseaux chauffage/rafraîchissement	37 500 €
PAC Aérothermique Haute température ECS	2 800
Total investissement	83 300 €

➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kwhef]	41 579
Abonnement	1 396 €
Coût chauffage	2 842 €
Coût rafraîchissement	2 368 €
Coût ECS	334 €
P 1 [€HT/an]	6 939 €
P 2 [€HT/an]	237 €
P 3 [€HT/an]	4 169 €
P 4 [€HT/an]	5 400 €
Coût annuel	16 745 €

9.4 Scénario 2: Variante 1: Chaufferie bois + solaire thermique

9.4.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage est assurée par une chaufferie bois collective.

L'Eau chaude sanitaire est assurée par le solaire thermique avec appoint électrique.

9.4.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

CHAUFFAGE		
Poêle à bois individuel		
	Rendement Chaudière Bois	85%
	Rendement émission /régulation	90%
Ecole	Puissance production BOIS	121.4 kW
Crèche	Puissance production BOIS	54.9 kW

ECS		
Installation solaire thermique - appoint Electrique		
	Taux de couverture	40%
	Rendement distribution/ stockage	86%
Ecole	Puissance électrique ECS	6.3 kW
Crèche	Puissance électrique ECS	2.6 kW

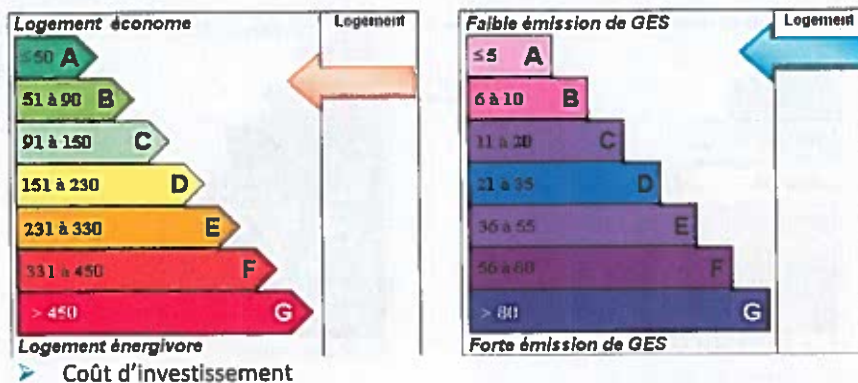
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Bois	Electricité
Logement individuel	Puissance	121.4	6.3
	Abonnement		Profil Tarif bleu
Logement intermédiaire	Puissance	54.9	2.6
	Abonnement		Profil Tarif bleu

9.4.3 Résultats Ecole

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhéf/an]	Electricité en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	133 981		95,7	1,2
Consommation Rafraîchissement			0,0	0,0
Consommation ECS		7 176	13,2	0,2
TOTAL Consommation	133 981	7 176	108,9	1,4



	Coût installation [€HT]
Chaufferie bois	112 000 €
Emission / réseaux chauffage	56 000 €
Installation solaire - appoint Electricité	6 700 €
Total investissement	184 000 €

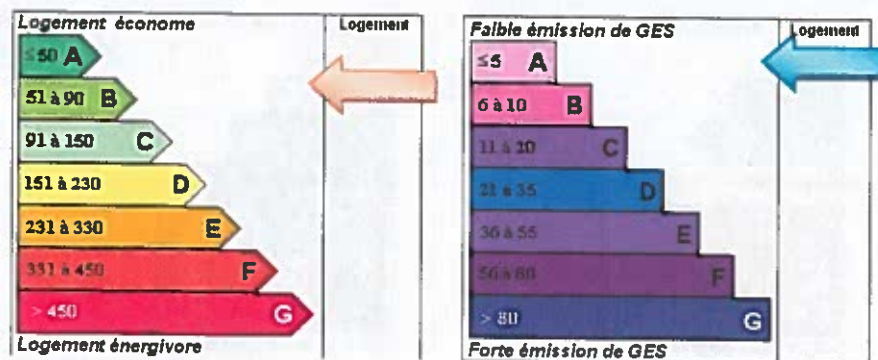
➤ Coût d'exploitation

	Bois	Electricité
Consommation [kwhéf]	133 981	7 176
Abonnement	0 €	180 €
Coût chauffage	9 379 €	
Coût rafraîchissement	0 €	
Coût ECS		837 €
P 1 [€HT/an]		9 056 €
P 2 [€HT/an]		1 289 €
P 3 [€HT/an]		10 759 €
P 4 [€HT/an]		12 353 €
Coût annuel		33 457 €

9.4.4 Résultats Crèche

➤ Consommation énergétique

	Bois en énergie final [kwhéf/an]	Electricité en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhép/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	55 563		74,1	1,0
Consommation Rafraîchissement			0,0	0,0
Consommation ECS		3 008	10,3	0,2
TOTAL Consommation	55 563	3 008	84,4	1,1



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
Poele à bois	50 500 €
Emission / réseaux chauffage	30 000 €
Installation solaire - appoint Electricité	3 000 €
Total investissement	87 500 €

➤ Coût d'exploitation

	Bois	Electricité
Consommation [kwhéf]	55 563	3 008
Abonnement	0,€	180 €
Coût chauffage	3 889 €	
Coût rafraîchissement		
Coût ECS		351 €
P 1 [€HT/an]		3 865 €
P 2 [€HT/an]		581 €
P 3 [€HT/an]		5 039 €
P 4 [€HT/an]		5 887 €
Coût annuel		15 372 €

9.5 Scénario 3: Variante 2: PAC Géothermique + Photovoltaïque

9.5.1 Description sommaire

Dans ce scénario la production du chauffage, du rafraîchissement et l'eau chaude sanitaire est assurée par une PAC Géothermique réversible avec sondes verticales

9.5.2 Hypothèses

		PAC Aérothermique Réversible Mixte chauffage/rafraîchissement /ECS			
CHAUFFAGE /RAFRAÏCHISSEMENT /ECS		COP Saisonnier	3		
		EER Saisonnier	3,5		
		COP ECS Saisonnier	2,5		
		Puissance Max à récupérer dans le sol (avec capteurs verticaux)	67.5	30.3	
		Extraction de chaleur spécifique	50	50	
		Longueur nécessaire	1349	607	
		Profondeur max forage	100	100	
		Nombre de sondes	13.5	6.1	
		Emprise au sol	165.3	74.3	
		Rendement émission /régulation	90%		
		Rendement distribution/ stockage	86%		
		Ecole	Puissance électrique mode Chauffage	34.4 kW	
			Puissance électrique mode Rafraîchissement	20.3kW	
Puissance électrique ECS	4.2 kW				
Crèche	Puissance électrique mode Chauffage	15.6 kW			
	Puissance électrique mode Rafraîchissement	13.3kW			
	Puissance électrique ECS	1.8 kW			

Photovoltaïque en auto consommation	Ecole	Crèche
m ²	140	70
Wc/m ²	150	150
kWc	21	10.5
kWh/kwc	900	900
Production en kWh	18 900	9 450

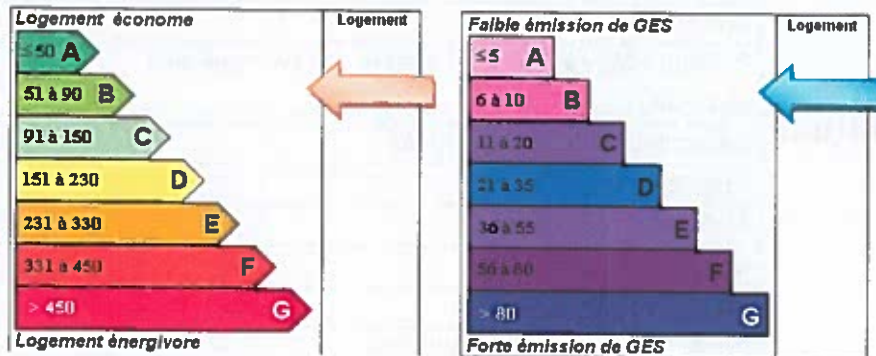
➤ Approvisionnement en énergies

	Source énergie	Electricité
Ecole	Puissance	38.6
	Abonnement	Profil Tarif Jaune
Crèche	Puissance	17.3
	Abonnement	Profil Tarif Jaune

9.5.3 Résultats Ecole

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhcf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhcf/m² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO2/m²/an]
Consommation Chauffage	37 961	70,0	4,9
Consommation Rafrâchissement	10 256	18,9	0,3
Consommation ECS	4 784	8,8	0,1
Production photovoltaïque	-18 900	-34,8	0,0
TOTAL Consommation	34 101	62,8	5,3



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/Rafrâchissement	140 000
Emission / réseaux chauffage/Rafrâchissement	70 000
Ballon thermodynamique ECS	4 000
Photovoltaïque	52 500
Total investissement	215 000,00 €

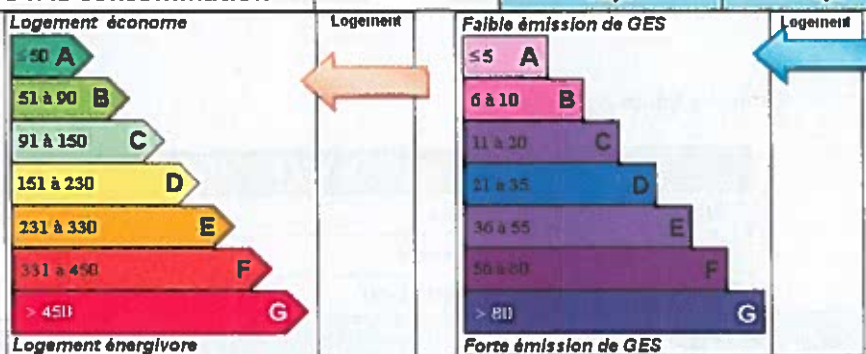
➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhcf]	34 101
Abonnement	2 315 €
Coût chauffage	4 429 €
Coût rafraîchissement	1 197 €
Coût ECS	558 €
Gain PV	-2 835 €
P 1 [€HT/an]	8 498 €
P 2 [€HT/an]	394 €
P 3 [€HT/an]	12 441 €
P 4 [€HT/an]	14 426 €
Coût annuel	35 760 €

9.5.4 Résultats Crèche

➤ Consommation énergétique

	Electricité en énergie final [kwhéf/an]	Consommation Toute énergie en énergie primaire [kwhéf/m ² SHON /an]	Emission de gaz à effet de serre Toute énergie [tCO ₂ /m ² /an]
Consommation Chauffage	15 743	54,2	3,8
Consommation Rafraîchissement	13 494	46,4	0,7
Consommation ECS	2 006	6,9	0,1
Production photovoltaïque	-9 450	-32,5	0,0
TOTAL Consommation	21 792	75,0	4,6



➤ Coût d'investissement

	Coût installation [€HT]
PAC Aérothermique Réversible chauffage/Rafraichissement	63 000
Emission / réseaux chauffage/Rafraichissement	37 500
Ballon thermodynamique ECS	2 000
Photovoltaïque	26 250
Total investissement	102 500,00 €

➤ Coût d'exploitation

	Electricité
Consommation [kWhéf]	21 792
Abonnement	1 039 €
Coût chauffage	1 837 €
Coût rafraîchissement	1 574 €
Coût ECS	234 €
Gain PV	-1 418 €
P 1 [€HT/an]	4 684 €
P 2 [€HT/an]	177 €
P 3 [€HT/an]	5 714 €
P 4 [€HT/an]	6 907 €
Coût annuel	17 482 €

9.6 Scénario 4:Variante3 : Réseau de chaleur Bois

9.6.1 Description sommaire

Dans ce scénario une production d'eau chaude est assurée par une chaufferie collective Bois à tous l'aménagement du site. Cette chaufferie alimente un réseau d'eau chaude enterrée (réseau de chaleur) pour alimenter chaque bâtiment.

Dans les logements des modules hydrauliques aliment par le réseau de chaleur de permetts la production de chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS)

9.6.2 Hypothèses

➤ Caractéristiques équipements

		Chaufferie bois	
CHAUFFAGE		Rendement Chaudière Bois	85%
		Distribution réseau de chaleur	65%
		Rendement émission /régulation	90%
Ecole	Puissance production BOIS	271 kW	
Crèche			

		Chaufferie bois	
ECS		Rendement Chaudière Bois	40%
		Distribution réseau de chaleur	65%
		Rendement distribution/ stockage	86%
Ecole	Puissance production BOIS	36 kW	
Crèche			

➤ Approvisionnement en énergies

		Source énergie	Bois
Ecole		Puissance	205.6
		Abonnement	
Crèche		Puissance	101.4
		Abonnement	

➤ Coût d'investissement

Montant donné pour la totalité de l'installation commune aux logements individuels :

	Coût installation [€HT]
Chaufferie Bois	128 500 €
Réseaux de chaleur	34 000 €
Module hydraulique	46 000 €
Emission / réseaux chauffage	64 500 €
Total investissement	273 000 €

➤ Coût d'exploitation

Montant donné pour la totalité de l'installation commune aux logements individuels :

	Bois
Consommation [kWh _{ef}]	332 410
Abonnement	0 €
Coût chauffage	14 580 €
Coût rafraîchissement	0 €
Coût ECS	2 040 €
P 1 [€HT/an]	16 620 €
P 2 [€HT/an]	2 599 €
P 3 [€HT/an]	13 920 €
P 4 [€HT/an]	18 341 €
Coût annuel	51 480 €



9.6.5 Synthèse des résultats d'analyses – Ecole et Crèche

	Scénario 1		Scénario 2				Scénario 3		Scénario 4	
	Ecole	Crèche	Ecole		Crèche		Ecole	Crèche	Ecole	Crèche
Source énergétique	electricité		Bois	Elec	Bois	Elec	electricité		Bois	
Consommation [kwh/ef]	70 868	41 579	133 981 141 156	7 176	55 563 58 571	3 008	34 101	21 792	227 644	104 766
Gain [kwh/ef]			-70 288		-16 993		36 767	19 786	-156 776	-63 187
Consommation [kwh/ep/m²Shon]	130,6	143,0	108,9		84,4		62,8	75,0	162,6	139,7
Etiquette Energie	B	B	B		B		A	A	C	C
GES [tCO2/m²Shon]	7,2	6,2	1,4		1,1		5,3	4,6	2,2	1,9
Etiquette GES	A	A	A		A		A	A	A	A
Investissement [€ HT]	165 200 €	80 300 €	184 000,00 €		87 500,00 €		215 000,00 €	102 500,00 €	178 000,00 €	95 000,00 €
Sur cout [%]			11%		9%		30%	28%	8%	18%
Coût d'Exploitation [€ HT/an]	33 352 €	16 745 €	33 457,07 €		15 372,08 €		35 759,61 €	17 481,54 €	31 482,97 €	14 558,76 €
TRB - Temps de retour brut			Impossible		5,2		Impossible	Impossible	6,8	6,7
Augmentation coût de l'énergie	3%	3%	1%	3%	1%	3%	3%	3%	1%	1%
Coût d'Exploitation moyen avec augmentation prévisionnelle coût de l'énergie [€/an]	37 665,95 €	19 129,00 €	34 618,00 €		15 891,03 €		38 678,97 €	19 090,56 €	32 523,38 €	15 008,40 €
Temps de retour Global sur 20 ans [an]			6,2		2,2		Impossible	Impossible	2,5	3,6

Légende tableau :

Valeur plus avantageuse sur fond vert	Valeur moins avantageuse sur fond orange
---------------------------------------	--

10 Conclusion – école et crèche

Cette étude a permis de dégager, après un recensement des sources en énergies renouvelables, quatre scénarii d'études sur la production de chaud et de froid de la future opération de construction du SDIS de la commune d'Carry le Rouet.

Le tableau ci-dessous synthétise et compare les résultats des différents scénarios entre eux.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Investissement	++	+	--	+
Coût d'exploitation	/	+	-	+
Temps de retour		+	/	++
Impact Environnemental	--	++	-	++

Légende :

- ++ Très Bon
- + Bon
- / Moyen
- Contraignant
- Très Contraignant

Pour l'école et la crèche, on en conclue :

La **solution 1** qui consiste à installer des productions individuelles de chauffage et Eau chaude sanitaire par pompe à chaleur, qui peut produire du rafraîchissement, est l'une des plus rationnelles. En effet cette solution est la plus équilibrée. L'investissement est réduit et, le coût d'exploitation est mesuré.

La **solution 2**- (chaufferie Bois + solaire thermique) engendre un investissement cohérent. Cette solution peut présenter une bonne alternative à la solution de base. Cette installation bien que plus coûteuse sur l'investissement présente une étiquette énergie avantageuse et peut être amortissable en moins de 10 ans.

La **Solution 3** (PAC Géothermique + photovoltaïque) bien que performante d'un point de vue énergétique, n'est pas une solution viable. Son coût d'investissement très important est difficilement amortissable dans le temps. Cette solution ne peut être pas raisonnablement retenue.

La **solution 4** (Réseau de chaleur bois) est une solution viable dans le cas où l'installation est mutualisée avec l'ensemble du site. L'investissement reste cohérent et le bas coût de l'énergie biomasse en fait une solution avec un coût d'exploitation réduit.

Algebra
Algebra

[Redacted text]

[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]

[Faint, mostly illegible text]

[Faint, mostly illegible text]