



ETABLISSEMENT PUBLIC D'AMENAGEMENT DE LA PLAINE DU VAR
455, PROMENADE DES ANGLAIS – IMMEUBLE NICE PLAZA
BP 33257 – 06205 NICE CEDEX 3



Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

AMENAGEMENT DU SECTEUR DE LA BARONNE

RAPPORT **IND3**

ARTELIA VILLE ET TRANSPORT

AGENCE DE NICE

208 Route de Grenoble

Immeuble le Space

06200 NICE

Tel. : 04.92.15.28.08

Fax : 04.93.14.90.53



DATE : MAI **2015**

REF : 4 24 1993

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ETUDE	1
1.1. ASPECTS REGLEMENTAIRES	1
1.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	2
2. PRESENTATION DU PROJET	5
2.1. CADRE DE REFERENCE POUR LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE (CRQE)	7
2.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET NATURELLES DU SITE	8
2.2.1. Températures et précipitations	8
2.2.2. Ensoleillement	8
2.2.3. Ressource géothermale	8
3. NOTE SUR LES UNITES DE MESURE	9
4. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES	11
4.1. REGLEMENTATION THERMIQUE (RT 2012)	11
4.1.1. Aspects réglementaires	11
4.1.2. Cep max du projet	11
4.2. USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE	12
4.3. BILAN PREVISIONNEL	12
5. PRESENTATION DES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLE CONSIDEREES	14
5.1. RESEAU DE CHALEUR	14
5.2. L'EOLIEN	15
5.3. SOLAIRE	15
5.3.1. Solaire photovoltaïque	15
5.3.2. SOLAIRE THERMIQUE	16
5.4. BIOMASSE	17
5.4.1. Bois Energie	17
5.4.2. METHANISATION	18
5.5. GEOTHERMIE	18
5.6. COGENERATION	22
5.7. SOLUTIONS POUR RECUPERER LA CHALEUR	23
5.7.1. Récupération de chaleur des eaux usées	23
5.7.1.1. RESEAU D'ASSAINISSEMENT	23
5.7.1.2. BATIMENT	23
5.7.1.3. INTERET POUR LE PROJET	24
5.7.2. Récupération de chaleur de l'air extrait	24
5.8. SOLUTIONS TRADITIONNELLES AVEC PERFORMANCES AMELIOREES	26
5.8.1. Aérothermie et production d'eau chaude thermodynamique (électrique)	26
5.8.2. Machines à adsorption / absorption	26
6. EVALUATION DU POTENTIEL D'ENERGIE RENOUVELABLE ET DE RECUPERATION DISPONIBLE	28
6.1. SCENARIOS	28
6.2. COMPARAISON PAR RAPPORT AUX BESOINS THERMIQUES	29
6.3. COMPARAISON PAR RAPPORT AUX BESOINS TOTAUX	30
6.3.1. Hypothèses prises en compte pour la production photovoltaïque	31

Schéma Directeur Energétique
Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

7.	ETUDES DE CAS	32
7.1.	METHODOLOGIE	32
7.2.	ANALYSE DU PROGRAMME DE LOGEMENTS	33
7.2.1.	CAS ETUDIES	33
7.2.2.	ANALYSE ECONOMIQUE	33
8.	CONCLUSION	35

Schéma Directeur Energétique
Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Les objectifs de l'étude sont de :

- Déterminer les potentiels en énergies renouvelables du secteur défini sur la commune de La Gaude (hameau de la Baronne) et de Saint-Laurent-du-Var (Ste Pétronille).
- Proposer des scénarios de développement de ces énergies,
- Donner au Maître d'Ouvrage et futurs acquéreurs les facteurs clés à prendre en considération avant de choisir une énergie ou une autre. Pour cela, des études de cas ont été réalisées pour comparer la rentabilité ainsi que les apports en énergies renouvelables de chaque solution.

1.1. ASPECTS REGLEMENTAIRES

L'article L. 128-4 du Code de l'urbanisme précise que :

« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération »

Les familles de technologies suivantes ont été considérées dans cette étude :

- Le raccordement ou la création d'un réseau de chaleur utilisant comme source d'énergie : le bois ou la géothermie ou la chaleur des eaux usées ou la chaleur valorisée (exemple : site d'incinération à proximité),
- L'éolien,
- Le solaire (photovoltaïque et thermique),
- La biomasse (bois, biogaz),
- La géothermie,
- La cogénération,
- La récupération de chaleur des eaux grises ou de l'air extrait,
- Les solutions techniques n'utilisant pas à proprement parlé d'énergies renouvelables mais présentant un rendement significativement amélioré par rapport à une solution traditionnelle : aérothermie (en comparaison avec chauffage électrique traditionnel), production d'eau chaude sanitaire thermodynamique (en comparaison avec un ballon d'eau chaude sanitaire électrique), les machines à absorption/adsorption (en comparaison avec une solution gaz traditionnelle).

Ont d'ores et déjà été écartées, les solutions d'hydroélectricité.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

1.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Le projet intervient dans un contexte environnemental fort. Les réserves en énergies traditionnelles diminuent et les bâtiments restent un des secteurs les plus consommateurs. Il devient primordial de travailler à réduire les consommations et d'envisager la mise en oeuvre d'énergies renouvelables.

Réserves en énergies traditionnelles

Le tableau ci-après illustre l'état des réserves estimées en énergies. Si les chiffres sont difficiles à établir avec précision, il en ressort néanmoins la nécessité de réfléchir aux solutions alternatives aux énergies fossiles et nucléaire.

	Réserves	Consommation	Potentiel énergétique fossile à consommation constante
Pétrole	~ 140 Gt	3,5 Gt/an	40 ans
Gaz naturel	~ 155 Tm ³	2,5 Tm ³	60 ans
Charbon	~ 1 000.10 ⁹ t	5 450.10 ⁶ t	180 ans
Uranium	~ 4.10 ⁶ t	60.10 ³ t	65 ans
Énergies renouvelables			inépuisable

Impacts du secteur bâtiment

Le graphique et le tableau ci-après montrent la part importante des consommations d'énergie liées aux bâtiments : 43% des consommations d'énergie finale.

Consommation d'énergie finale par secteur

Millions de tep

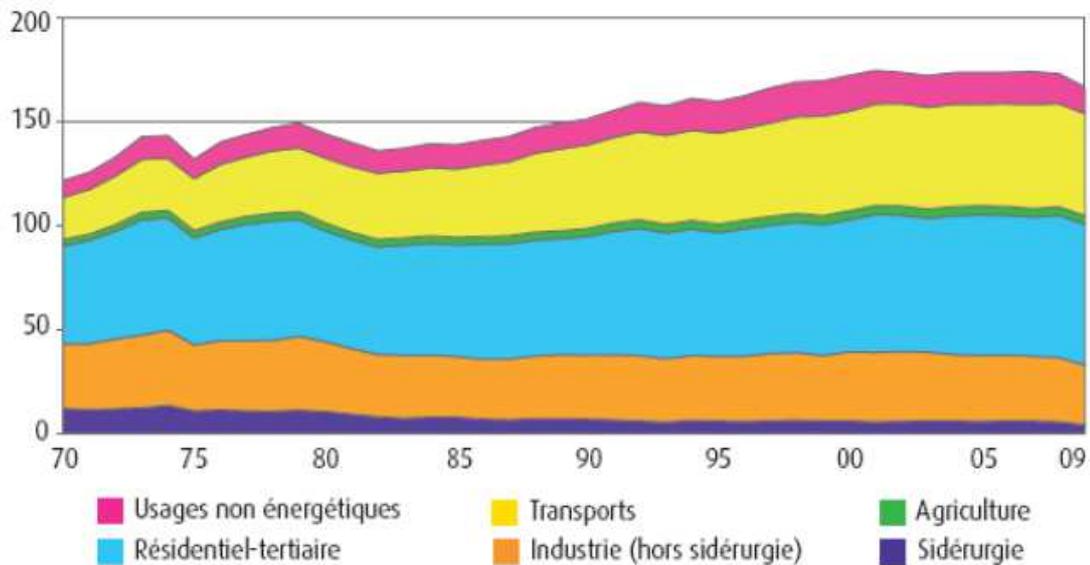


Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

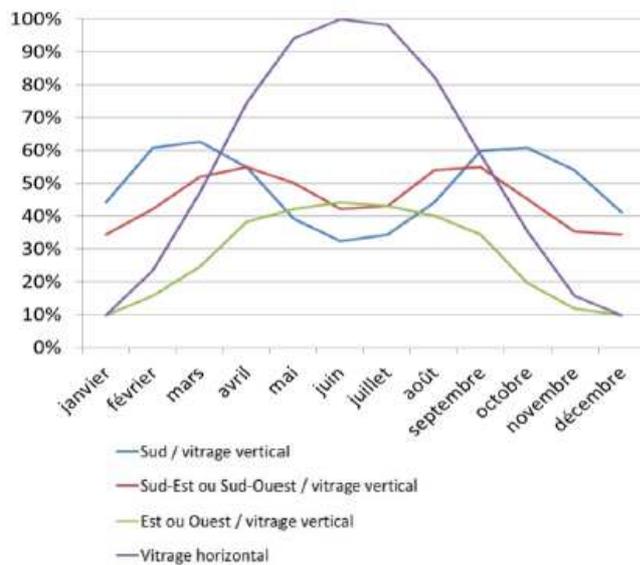
Limiter les consommations à la source

Cette étude a pour vocation de présenter les potentiels des différentes sources d'énergies renouvelables pouvant être appliquées aux bâtiments. Chaque source d'énergie renouvelable trouve sa pertinence et son efficacité en fonction de la nature des bâtiments (logements, commerce, etc.), de son utilisation (permanente, intermittente, etc.) et de sa conception (exposition, compacité, inertie, etc.).

Avant de détailler les potentiels des énergies renouvelables identifiées, il est important de rappeler la nécessité de :

- **Concevoir des bâtiments, selon les principes de l'architecture bioclimatique, sobres en consommation en travaillant sur :**
 - o L'orientation des bâtiments : apports solaires et lumineux gratuits, vents dominants, végétation, prise en compte des ombres portées

Diagramme solaire

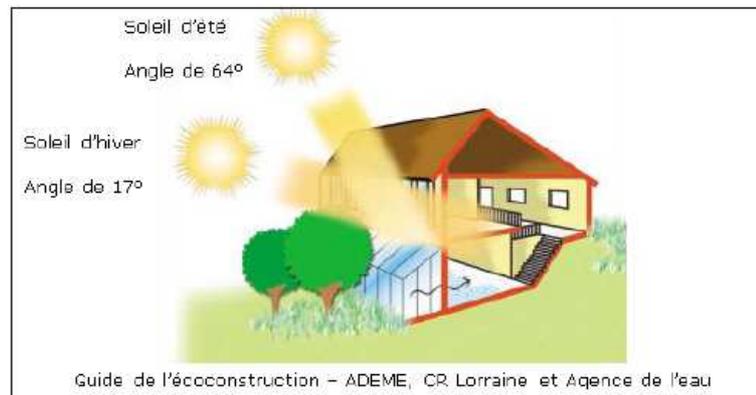


Le diagramme montre que les apports solaires sont optimaux pour une orientation Sud des vitrages posés verticalement (courbe bleue). Dans cette configuration, les apports excessifs en été des vitrages horizontaux (courbe violette) sont évités. De même, les apports solaires lors des mois d'hiver diminuent lorsqu'on s'éloigne de l'axe Nord-Sud (courbes rouge et verte)

Course du soleil

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3



- La forme des logements : travail sur la compacité, implantation des pièces des vies
- La performance de l'enveloppe thermique
- L'inertie : capacité à stocker la chaleur en hiver et à conserver la fraîcheur en été
- **Utiliser des équipements performants**
 - Penser aux systèmes de récupération d'énergie :
 - Puits canadien
 - Ventilation double-flux
 - Par exemple, avant de mettre en place une production d'Eau Chaude Sanitaire solaire, on veillera à équiper les robinetteries de systèmes hydro-économiques (réducteurs de débits, mitigeurs, etc.).

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

2. PRESENTATION DU PROJET

Le projet d'aménagement du secteur de LA BARONNE est implanté sur le territoire des communes de La Gaude et de Saint Laurent du Var. Le programme d'aménagement est décomposé comme suit (base janvier 2015) :

LOGEMENT (à La Gaude à Saint-Laurent)		
Surface totale	55 000	m²
COMMERCES et services de proximité (le long de la route de La Baronne)		
Surface totale	4 000	m²
ACTIVITES économiques (en secteurs SUD-EST La Gaude et Saint-Laurent)		
Surface totale	25 000	m²
MIN (Activités / service / Stockage)		
Surface totale	40 000	m²
MIN FLEURS	8 000	m ²
MIN carnés/mer	14 000	m ²
MIN Fruit&légume	14 000	m ²
Service/tertiaire	4 000	m ²
CREAT (serre / bureau)		
Surface totale	10 018	m²
Siège de la Ch. D'agriculture	1 000	m ²
PEPI1	2 583	m ²
PEPI2	2 296	m ²
CIVAM	942	m ²
Maraichage horti.	1 517	m ²
Serre	1 680	m ²
TOTAL	134 018	m²

Comme tous les projets intégrés au périmètre de l'Opération d'intérêt National de la Plaine du Var, les aménagements du secteur de la Baronne doivent respecter les règles définies dans le cadre de référence pour la qualité environnementale de l'aménagement et de la construction (CRQE).

Schéma Directeur Energétique
Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de RécupérationAménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Le plan d'aménagement se présente ainsi :

- A l'ouest de la route de la Baronne : En rouge/ et violet : commerce, en rose : équipements, en blanc : logement

A l'est de la Route de la baronne :

- Au nord du ½ échangeur : le MIN, CREAT
- Au sud du ½ échangeur : les activités (PME, PMI) autour du chemin des Iscles



Fig. 1. Plan masse étude urbaine - scénario 1

2.1. CADRE DE REFERENCE POUR LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE (CRQE)

L'EPA Plaine du Var, chargé d'une mission générale d'aménagement du territoire de l'OIN, est porteur d'un haut niveau d'exigence environnementale et de la qualité urbaine et architectural. Le Cadre de Référence pour la Qualité Environnementale (CRQE)¹ de l'aménagement et de la construction est le garant de ce haut niveau d'exigence.

Cette démarche vise en effet à créer les conditions favorables qui permettent aux opérateurs d'atteindre un haut niveau d'exemplarité tout en tenant compte de la nature et de l'équilibre économique de leur projet.

L'application de ce cadre s'appuie sur 2 axes :

- **Sous-axe 1.1** : Réaliser des aménagements et des constructions faiblement émetteurs en GES et économes en énergie
 - Atteindre un niveau de consommation en énergie primaire [1] pour tout bâtiment résidentiel et tertiaire neuf quel que soit son usage, inférieur à **80% du Cep max** défini dans la RT 2012,
 - Atteindre un BBio pour tout bâtiment résidentiel et tertiaire neuf quel que soit son usage, inférieur à **70% du BBio max** défini dans la RT 2012,
 - Atteindre une TIC conforme à la RT 2012,
 - Justifier via une simulation thermodynamique que la température intérieure ne dépassera pas 28°C pendant une durée maximum de 60 heures en été,
 - Limiter les émissions de CO2 générées par l'utilisation de l'énergie à un niveau (à l'exclusion des bâtiments industriels) inférieur ou égal à **10 kg-eq CO2 /an.m²** de surface de plancher
- **Sous-axe 2.1** : Exploiter de façon optimale les énergies renouvelables disponibles localement
 - Couvrir les besoins en énergie primaire du bâtiment par des énergies renouvelables disponibles sur place [1] à hauteur de **25% (neuf)/ 10% (réhabilitation)** d'énergies renouvelables ou de récupération,
 - Pour tous les bâtiments publics, couvrir les besoins en énergie primaire du bâtiment par des énergies renouvelables (y compris achat d'électricité verte) à hauteur de **30% (neuf)/ 20% (réhabilitation)** d'énergies renouvelables ou de récupération,
 - Mettre en place un réseau de chaleur ou de froid alimenté par des énergies renouvelables ou des énergies de récupération à hauteur de **80%** d'énergies renouvelables ou d'énergie de récupération

(1) Version du document : CRQE Millesime 2015

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

2.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET NATURELLES DU SITE

2.2.1. Températures et précipitations

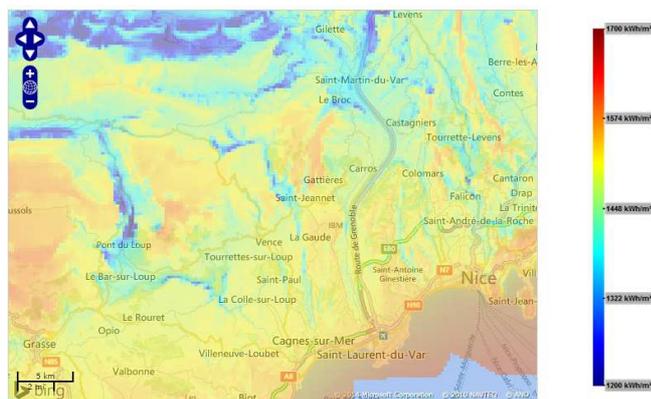
Le climat rencontré sur le secteur d'étude est de type méditerranéen côtier. Il est caractérisé par des températures assez élevées en été mais tempérées par la proximité de la mer en hiver, et un ensoleillement exceptionnel.

	ANNEE	JANVIE R	FEVRIE R	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEM BRE	OCTOB RE	NOVEM BRE	DECEM BRE
Température minimale moyenne (°C)	12	5,4	5,9	7,6	9,7	13,5	16,7	19,6	19,9	17	13,2	8,7	6,1
Température maximale moyenne (°C)	19,2	12,9	13,4	14,9	16,5	20,1	23,6	26,6	27,2	24,3	20,6	16,3	13,8
Précipitations (mm)	803,3	85,1	59,7	60,9	69,2	49,4	38,3	15,4	23,9	75,6	143,9	94,3	87,6
Record de froid (°C)	-7,2	-7,2	-5,8	-5	2,9	3,7	8,1	11,7	11,4	7,6	4,2	0,1	-2,7
Record de chaleur (°C)	37,7	22,5	25,8	26,1	26	30,3	36,8	36,3	37,7	33,9	29,9	25,4	22

2.2.2. Ensoleillement

La région est la plus ensoleillée de France. Le nombre d'heures annuel d'ensoleillement est d'environ 3 300 heures par an, soit 74% du temps de jour. En comparaison, l'ensoleillement moyen à Paris est de 1900 heures par an.

Le gisement solaire y est un des plus importants de France Métropolitaine : Nice bénéficie d'un ensoleillement moyen de 4,1 kWh/m²/jour, soit environ 1 500 kWh/m².an. Ce niveau représente une quantité d'énergie abondante et propice au développement d'équipements solaires.



Site : atlas-solaire.fr

2.2.3. Ressource géothermale

Le site est implanté dans le lit naturel du Var, laissant présager d'un potentiel géothermique important. A cet effet, l'étude réalisée par le BRGM sur le potentiel de la nappe à l'intérieur du périmètre de l'OIN a montré des potentiels d'exploitation de la nappe.

3. NOTE SUR LES UNITES DE MESURE

Il existe plusieurs unités pour comptabiliser les consommations d'énergie. La première possibilité consiste à les exprimer avec les unités classiques : le kWh PCS pour le gaz, le kWh pour l'électricité et le litre pour le fioul. Il est alors difficile de comparer les quantités consommées entre le gaz, l'électricité et le fioul.

Pour y remédier, l'arrêté du 8 février 2012 relatif au diagnostic de performance énergétique définit deux autres unités :

- **L'Energie Finale** : il s'agit de l'énergie utilisée dans les bâtiments et s'exprime en kWh_{EF}.

Tableau de conversion issu de l'arrêté du 15.09.2006	
1 kWh PCS de gaz =	0,9 kWh _{EF}
1 kWh électrique =	1 kWh _{EF}
1 litre de fioul =	9,97 kWh _{EF}

- **L'Energie Primaire** : il s'agit de l'énergie finale à laquelle est ajouté l'énergie nécessaire à l'extraction, la production, le stockage et la distribution de l'énergie. Seule l'électricité a un coefficient de conversion différent de 1.

Tableau de conversion issu de l'arrêté du 15.09.2006	
1 kWh _{EF} =	2,58 kWh _{EP} pour l'électricité
1 kWh _{EF} =	1 kWh _{EP} pour les autres énergies



Etape 1 : Extraction de la ressource (Energie Primaire)



Etape 2 : Transformation



Etape 3 : Extraction de la ressource (Energie Finale)

Les consommations énergétiques sont exprimées en kWh_{EP} dans la Réglementation Thermique 2012 pour prendre en compte l'éloignement des sites de production d'électricité (centrales, etc.) par rapport aux bâtiments.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

L'arrêté du 8 février 2012 définit également des ratios de conversion de l'énergie consommée en émissions de gaz à effet de serre. Ces dernières s'expriment en kg équivalent de CO₂ émis (kg eq CO₂).

Il existe plusieurs Gaz à Effet de Serre (GES) dont la nocivité est différente. Afin de pouvoir comparer les différents gaz, on utilise une unité commune : l'équivalent CO₂.

Pour cela, il est évalué pour chaque gaz le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG). Il s'agit de l'unité de mesure de l'effet d'un GES sur le réchauffement climatique par rapport à celui du CO₂ (PRG du CO₂ = 1) sur une période de 100 ans. Par exemple, le méthane a un PRG de 23, ce qui signifie qu'un kg de méthane produira un réchauffement de l'atmosphère équivalent à 23 kg de CO₂.

	CHAUFFAGE	PRODUCTION D'EAU chaude sanitaire	REFROIDISSEMENT
Bois, biomasse	0,013	0,013	
Gaz naturel	0,234	0,234	0,234
Fioul domestique	0,300	0,300	0,300
Charbon	0,342	0,342	
Gaz propane ou butane	0,274	0,274	0,274
Autres combustibles fossiles	0,320	0,320	
Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0	0	0
Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)	0,180	0,040	0,040

Nota :

Le ratio de 0,04 kg équivalent CO₂ par kWh électrique est faible. Il est dû à la grande part du nucléaire dans la production d'électricité française. D'autres approches existent pour quantifier le contenu en équivalent CO₂ du kWh électrique. Par exemple, lors de la mise en place d'une production d'électricité par énergies renouvelables, les « émissions en équivalent CO₂ évitées » peuvent être calculées en partant du principe que les kWh produits se substituent à des kWh produits par centrale gaz ou charbon.

4. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES

Les usages énergétiques pris en compte dans cette évaluation sont :

- Les usages de la réglementation thermique (base RT 2012)
- Les usages spécifiques de l'électricité : électroménager, hi-fi, informatique

L'unité utilisée pour le calcul des énergies est réalisée en quantité d'énergie primaire (kWhep/an).

4.1. REGLEMENTATION THERMIQUE (RT 2012)

4.1.1. Aspects règlementaires

Le projet a pour ambition d'être au minima conforme à la RT2012.

La RT2012 est la nouvelle réglementation thermique entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2011 pour les bâtiments tertiaires et devant s'appliquer aux bâtiments résidentiels le 1^{er} janvier 2013.

Elle constitue une évolution majeure du mode de conception des bâtiments en généralisant les principes du Bâtiment Basse Consommation.

Elle s'appuie sur trois exigences de résultat :

- Une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti. Cette exigence tient compte de la qualité de conception et d'isolation du bâtiment et demande une limitation des besoins simultanés en énergie pour l'éclairage, le chauffage et la climatisation (coefficient «Bbiomax»).
- Une exigence de consommation maximale d'énergie primaire pour cinq usages : chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire, éclairage et ventilation. Le seuil est fixé à 50 kWhep/an/m² (coefficient « Cepmax »).
- Une exigence de confort en été limitant la température intérieure atteinte au terme d'une période de cinq jours chauds consécutifs.

La progressive montée en régime de la RT 2012 voit l'éclosion de nouveaux labels aux objectifs de performance énergétique améliorés en particulier par :

- Une consommation de référence passant de 50 à **40** kWhep/an/m²,
- Une prise en compte dans l'évaluation des consommations mobilières : Electroménager, audiovisuel, informatique.
- L'augmentation du taux de couverture des énergies renouvelables, préfigurant le futur Bâtiment à Energie POSitive (BEPOS).

4.1.2. Cep max du projet

La prise en compte des objectifs du CRQE conduit à retenir l'hypothèse RT2012 -20%.

Le tableau ci-dessous récapitule les hypothèses prises en compte pour l'analyse des besoins.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

	CEP max RT 2012 -20% (Energie Primaire) kWhEP/m ² .an
LOGEMENT	47,5
COMMERCE / ACTIVITES ECONOMIQUES	132
MIN	132
CREAT	132

4.2. USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE

Les usages spécifiques de l'électricité correspondent aux besoins électriques des équipements non pris en compte dans la réglementation thermique. Ces usages comprennent principalement l'audiovisuel, l'informatique, le froid alimentaire, le lavage du linge ou de la vaisselle et la cuisson.

Il a été pris comme hypothèse les consommations suivantes :

	Coeff. USE (Energie Primaire) kWhEP/m ² .an
LOGEMENT	65
COMMERCE / ACTIVITES ECONOMIQUES	77
MIN	77
CREAT	77

Compte tenu du niveau de performance sur les 5 usages principaux exigée par la RT2012, le poids relatif des usages spécifiques de l'électricité prédomine désormais et représente **un peu moins de la moitié de la demande en électricité**.

4.3. BILAN PREVISIONNEL

Le bilan énergétique de l'opération se décompose comme suit :

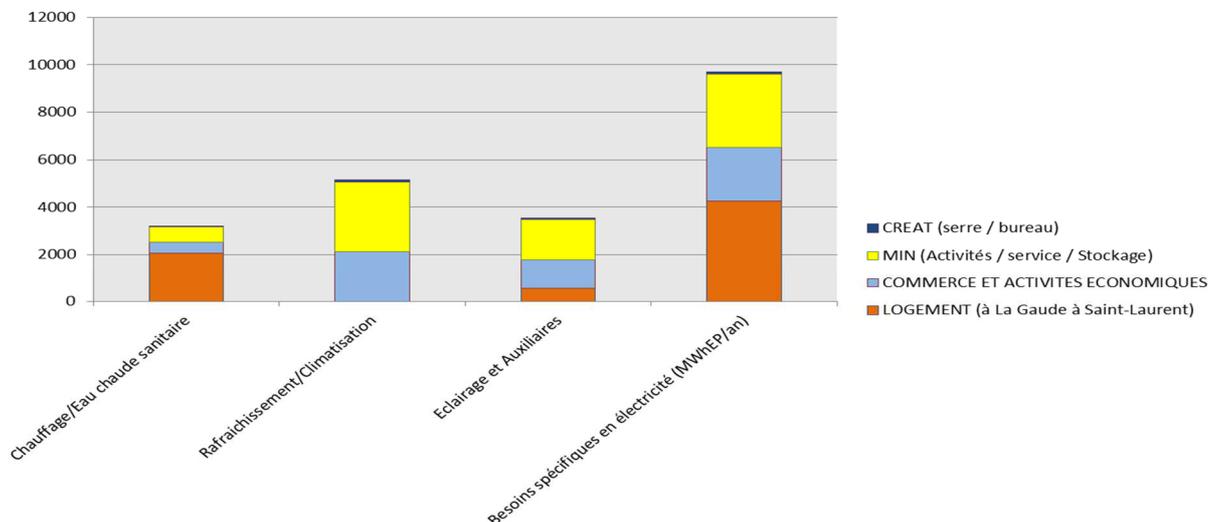


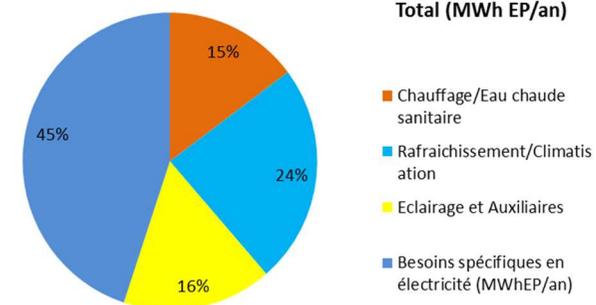
Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Typologie	Surface de plancher	Usages réglementaires RT2012 (MWhEP/an)			Besoins spécifiques en électricité (MWhEP/an)	Total (MWh EP/an)
		Chauffage/Eau chaude sanitaire	Rafraîchissement/ Climatisation	Eclairage et Auxiliaires		
LOGEMENT (à La Gaude à Saint-Laurent)	55 000	2068	0	544	4257	6870
		30%	0%	8%	62%	
COMMERCE ET ACTIVITES ECONOMIQUES	29 000	462	2129	1238	2245	6073
		8%	35%	20%	37%	
MIN (Activités / service / Stockage)	40 000	637	2936	1707	3096	8376
		8%	35%	20%	37%	
CREAT (serre / bureau)	10 018	19	88	51	93	251
		8%	35%	20%	37%	
TOTAL	134 018	3 186	5 153	3 540	9 690	21 569

Hypothèses retenues : Niveau de performance niveau RT2012 – 20%, base programme janvier 2015

Il est à noter qu'environ 40% de la demande énergétique du quartier concerne la fourniture de chaleur/refroidissement.



5. PRESENTATION DES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLE CONSIDEREES

5.1. RESEAU DE CHALEUR

Principe :

2 possibilités sont à envisager :

- Le raccordement à un réseau de chaleur existant : solution écartée en l'absence de réseau à proximité immédiate,
- La création d'un réseau de chaleur. Différentes sources d'énergies sont envisageables :
 - o Le bois,
 - o La géothermie,
 - o La récupération de chaleur des eaux usées.

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Les solutions en réseau ne sont rentables que si les besoins en énergies sont suffisants. Lorsque c'est le cas, les solutions bois et géothermie sont souvent les mieux placées. En effet, les solutions avec récupération de chaleur des eaux usées nécessitent des collecteurs importants pour disposer d'une énergie récupérable conséquente et la plus constante possible. Cette technique reste aujourd'hui adaptée à de plus grands projets.

L'analyse de densité thermique (quantité de chaleur distribuée par mètre linéaire de réseau et par an) devra être menée afin d'évaluer si la création d'un réseau de chaleur semble pertinente pour l'ensemble du projet.

Selon les résultats de cette analyse, une étude de faisabilité technico-économique plus détaillée permettrait d'apporter des éléments d'aide à la décision.

En première approche, la création d'un réseau de chaleur subvenant aux besoins de chauffage et de production d'ECS ne paraît pas pertinente. Toutefois, il serait intéressant de développer une solution de récupération de la chaleur ou de froid issus de la nappe pour les programmes liés au MIN (boucle eau tempérée avec micro réseau éventuel), si sa productivité s'avérait suffisante.

Bilan

Tertiaire/MIN : cette solution est à étudier lorsque le plan de masse de l'aménagement sera précisé en particulier pour les besoins de production de froid.

Logement : cette solution n'est pas pertinente au regard de la faible demande énergétique.

5.2. L'EOLIEN

Compte tenu de la nature du projet, il ne semble pas envisageable de considérer la production d'énergie éolienne si ce n'est éventuellement en toiture par de la micro-éolienne dont les rendements sont plus faibles que la grande éolienne (écartée car gourmande en surface).

5.3. SOLAIRE

5.3.1. Solaire photovoltaïque

La production de cette énergie peut être envisagée en surimposition de toiture ou en façade.

A l'échelle de la zone, les surfaces de toiture pouvant être affectées à la production photovoltaïque sont importantes. Toutefois, les usages permis des toitures devront être définis : stockage tampon de l'eau de pluie, équipements techniques, terrasse habitée, autre capteur solaire, toiture végétalisée, etc...

Principe :

L'énergie solaire photovoltaïque est produite à partir du rayonnement solaire.

La cellule photovoltaïque est le composant électronique de base, utilisant l'effet photoélectrique. Plusieurs cellules reliées entre elles forment un module solaire photovoltaïque ; plusieurs modules regroupés forment une installation solaire produisant une électricité qui peut être utilisée sur place, ou alimenter un réseau de distribution.

A l'emplacement du projet, un panneau de 1m² fournit une puissance de l'ordre de 130Wc et produit entre 140 et 190 kWh/an.

Trois types de technologies existent avec des rendements et domaines d'applications variables : le silicium mono ou poly cristallin et le silicium en couche mince.

Dans la majeure partie des cas, le système photovoltaïque est indépendant des usages des bâtiments. En effet, la production d'électricité est généralement revendue intégralement. Elle peut également être consommée en partie ou intégralement sur site (solution très peu développée car nécessitant des batteries de stockage de l'énergie). Le choix de revendre intégralement ou non la production est dicté par l'arrêté 4 mars 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil. Tant que les prix d'achat sont supérieurs au prix de vente de l'électricité, les producteurs revendront leur production.

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Le solaire photovoltaïque est un des moyens pour compenser une partie de ses besoins en électricité.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Bilan

Tertiaire/MIN/Logement : Le recours à la production d'électricité photovoltaïque est à privilégier en compensation d'une partie des besoins électriques de la zone.

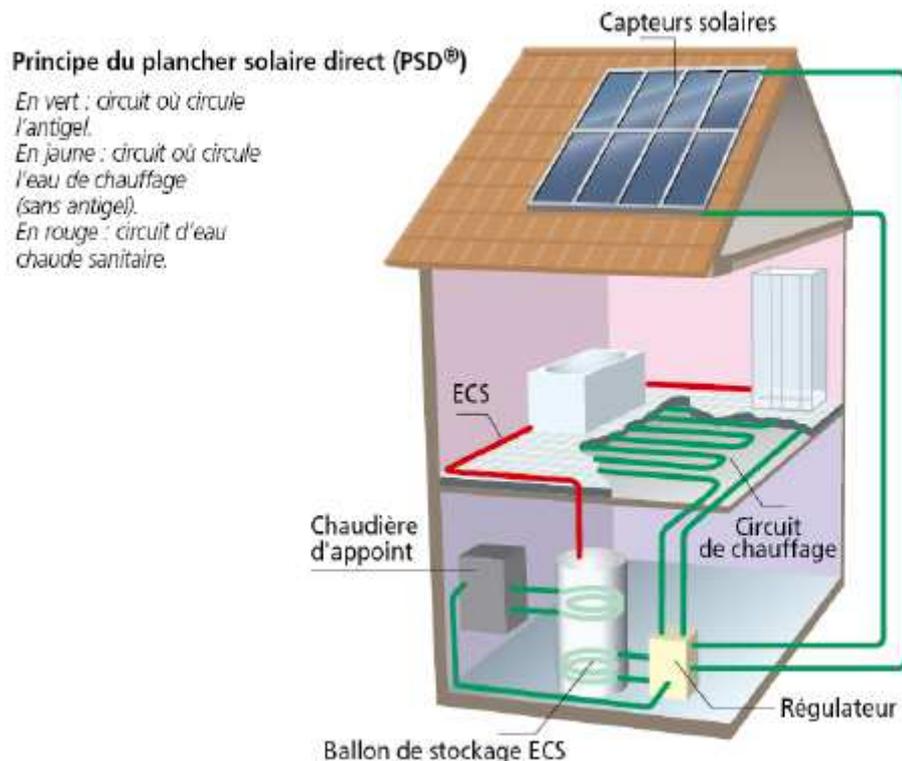
A proposer en compensation d'une partie des consommations électriques

5.3.2. SOLAIRE THERMIQUE

Principe :

L'énergie solaire est une énergie diffuse présente sur Terre tout au long de l'année. Elle représente en moyenne une quantité de 1 300 kWh/m²/an après traversée de l'atmosphère. Il est possible d'exploiter cette énergie arrivant sur le sol, en recréant un effet de serre au niveau d'un capteur pour chauffer un fluide et de chauffer ou produire une partie de l'eau chaude sanitaire.

Différentes solutions existent et sont adaptées aux divers typologies de toiture (orientation, inclinaison, type de couverture : tuile, ardoise, etc.). Ci-après, voici l'exemple d'une solution solaire combinant chauffage et production d'eau chaude sanitaire avec chaudière gaz d'appoint.



Principe système solaire thermique combiné (source ADEME)

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Le solaire thermique est une énergie renouvelable qui, contrairement au photovoltaïque (à l'heure actuelle), a pour vocation d'être consommé par le bâtiment directement. Pour les maisons

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

individuelles ou accolées, il s'agit d'un des moyens pour produire la part d'énergie renouvelable réglementaire. Pour les logements collectifs, il s'agit d'une solution pouvant présenter un intérêt notamment dans le cadre d'une production collective d'énergie (limitation des coûts, optimisation du dimensionnement, etc.).

Bilan

Tertiaire/MIN : peu adapté aux bâtiments de ce type

Logement : A proposer en association avec une énergie d'appoint pour les programmes mixtes intégrant des logements

5.4. BIOMASSE

5.4.1. Bois Energie

Principe :

Le bois énergie est une source d'énergie ayant de multiples atouts, que ce soit dans le domaine environnemental, économique et sur le plan du développement local.

Sur le plan environnemental, le bois est une source d'énergie locale, naturelle et renouvelable. Produire puis brûler du bois n'émet que très peu de gaz à effet de serre car il libère, lors de sa combustion, le CO₂ qu'il a absorbé grâce à la photosynthèse. Ce CO₂ libéré est lui-même absorbé par la biomasse croissante. On parle alors d'un bilan global quasiment neutre à l'exception des émissions liées à la production, au conditionnement et au transport du combustible.

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Plusieurs technologies existent pour exploiter le potentiel énergétique du bois : les chaudières, les poêles, les inserts, etc. Ces équipements sont alimentés par plusieurs types de combustibles : plaquettes forestières, granulés, buches, etc.



Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Chaufferie collective bois du quartier de Ranguin à Cannes de 2 MW avec appoint et secours gaz naturel

Bilan

Tertiaire/MIN : peu adapté aux bâtiments de ce type

Logement : A proposer en association avec une énergie d'appoint

5.4.2. METHANISATION

Principe :

La méthanisation est un procédé de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène. Cette dégradation a lieu grâce à l'action de différentes bactéries et conduit à une production de biogaz (constitué principalement de méthane).

Le méthane sert de combustible pour une installation de cogénération. L'électricité produite est alors revendue et la chaleur produite peut être valorisée selon les besoins aux abords de l'installation.

Des projets de réinjection du biogaz dans le réseau de gaz naturel sont également à l'étude.

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Ce type d'installation est plutôt à penser à une plus grande échelle (ville).

Bilan

Tertiaire/MIN/Logement : Solution : non adaptée à l'échelle du projet

5.5. GEOTHERMIE

Principe :

La géothermie consiste à utiliser les propriétés thermiques du sol. La chaleur contenue dans le sous-sol ou dans les nappes d'eau souterraines est récupérée et restituée pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire ou le rafraîchissement. Ces techniques peuvent s'adapter pour alimenter un réseau de chaleur desservant plusieurs bâtiments.

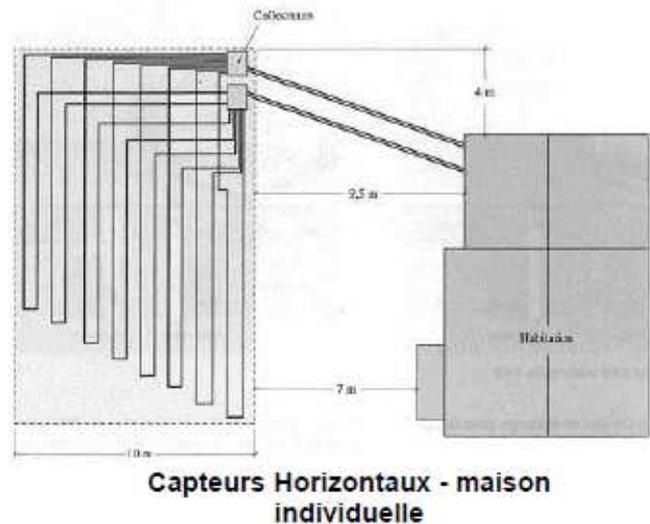
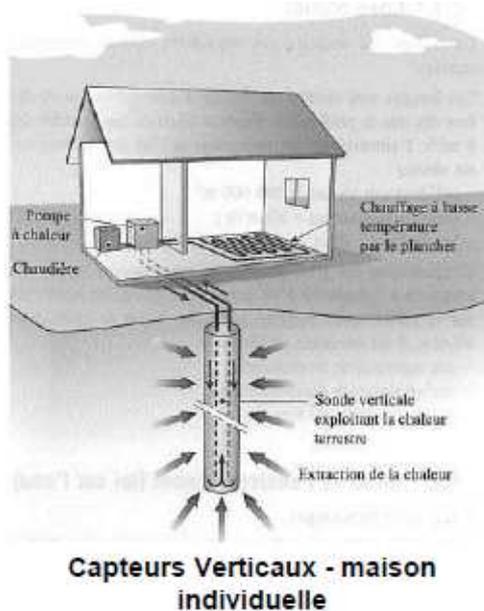
On distingue la géothermie « très basse énergie » (température de la ressource inférieure à 30°C), la géothermie « basse énergie » (température de la ressource comprise entre 30 et 90°C) et la géothermie « moyenne énergie » (température de la ressource comprise entre 90 et 150°C).

L'exploitation des eaux souterraines par forages et l'exploitation des calories du sous-sol sont soumises au Code minier, au Code de l'environnement (loi sur l'eau) voire au Code de la santé publique. Des dispositions spécifiques peuvent concerner certaines régions.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Différentes solutions existent. L'énergie peut être prélevée dans la nappe phréatique ou dans le sol par des capteurs horizontaux ou verticaux (voir exemple ci-après). Attention, les solutions à capteurs horizontaux sont consommatrices d'espace (voir exemple ci-après) et ne conviendraient pas au quartier les plus denses.



Nota important :

La RT 2012 impose un niveau maximum de consommation d'énergie primaire. La géothermie « très basse énergie » (PAC sur sondes verticales captant les calories dans le sol) a, à enveloppe thermique égale, de meilleur rendement en énergie primaire qu'une solution gaz ou PAC captant des calories dans l'air.

Cependant, il est fort probable que les promoteurs « utilisent » ce gain au détriment de la qualité de l'enveloppe thermique tout en respectant le niveau maximum de consommation d'énergie primaire. Ainsi, si le Maître d'ouvrage n'impose pas de raisonner à enveloppe thermique équivalente, la solution par géothermie « très basse énergie » n'apportera pas de gains environnementaux.

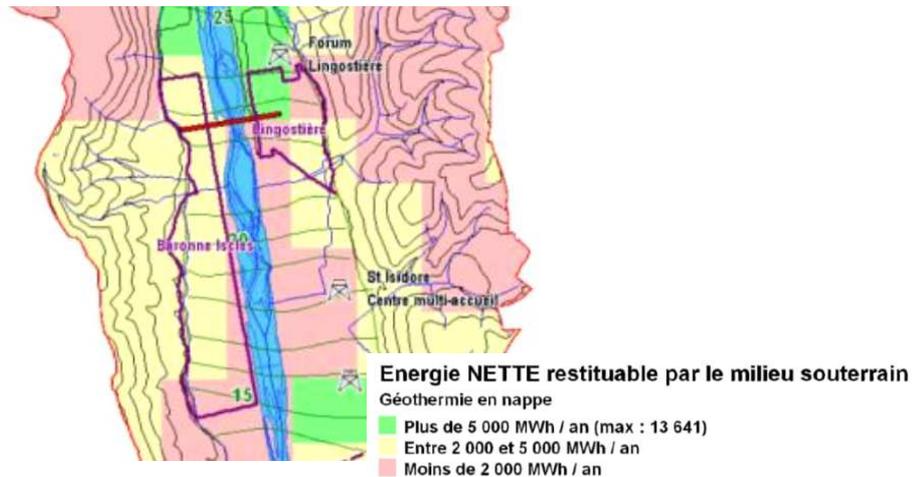
Potentiel géothermale de la zone

D'après l'étude de contribution à la connaissance des ressources géothermiques dans les nappes de la basse vallée du Var réalisée par le BRGM en juin 2012, le secteur d'étude présente un gisement d'énergie soutirable de niveau intermédiaire (en jaune sur la carte ci-dessous) correspondant à un niveau compris entre 2 000 et 5 000 MWh/an par maille de 500m de côté.

Rappel : l'énergie nette correspond à l'énergie disponible, une fois les coefficients d'abattement liés aux enjeux environnementaux et à l'occupation de l'espace appliqués.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3



Il est à noter qu'une étude géotechnique préliminaire de site a été menée (DOSSIER ERG 13/NG/138Aa/GE/AG/VG/1885) sur la zone MIN/CREAT a donné lieu à la réalisation de sondages réalisés en octobre 2013.

11 sondages ont été réalisées par carottage, les sondages SC7, SC8, SC9 et SC10 tels qu'indiqués sur le plan ci-dessous ont montré la présence d'eau à moins de 10 mètres par rapport au terrain naturel.



La zone d'aménagement dédiée au MIN présente le potentiel géothermal le plus favorable de la zone d'étude. Par ailleurs, compte tenu des besoins frigorifiques que le projet devrait générer, la géothermie pourrait présenter un bénéfice pour l'efficacité énergétique du système de production de froid.

Doublet géothermique de forage et boucle géothermale

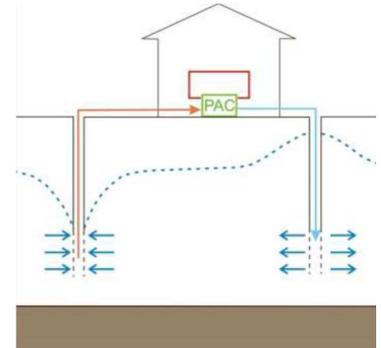
L'eau de la nappe prélevée à sa température naturelle est réinjectée (plus chaude ou plus froide) dans un second forage, après l'exploitation de ses propriétés thermiques. Si la température naturelle de la ressource en eau souterraine n'est pas suffisamment élevée, le recours aux pompes à chaleur

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

permet malgré tout de produire des calories. Il est également possible de rafraîchir ou refroidir un milieu en utilisant directement la fraîcheur du sous-sol, notamment celle des aquifères superficiels, ou en faisant appel à des PAC, qui permettent d'avoir des niveaux de températures plus bas.

Pour la fourniture de chaud ou de froid, l'eau géothermale est prélevée dans l'aquifère au niveau d'un forage de prélèvement ou puits de production, puis elle circule jusqu'à un échangeur de chaleur qui permet de transférer la chaleur depuis l'eau prélevée vers le « circuit géothermique ». L'eau géothermale refroidie est ensuite renvoyée dans l'aquifère d'origine par le biais d'un second forage dit puits d'injection.

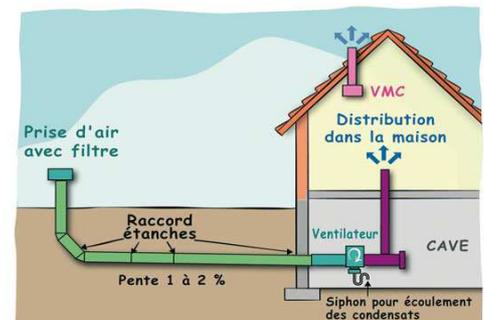


Le chemin suivi par l'eau géothermale depuis son prélèvement jusqu'à sa réinjection constitue la « boucle géothermique ». Ce fonctionnement comprenant un puits de prélèvement et un puits d'injection est appelé « doublet géothermique ».

Puit provençal ou puit canadien

Le puits canadien est un procédé géothermique qui apporte une ventilation naturelle. Ce système utilise l'inertie du sol pour rafraîchir ou pré-chauffer l'air de renouvellement.

Le puits Canadien consiste à faire passer l'air de renouvellement (avant qu'il ne pénètre dans le bâtiment) par des tuyaux enterrés dans le sol à une profondeur d'au moins un mètre cinquante.



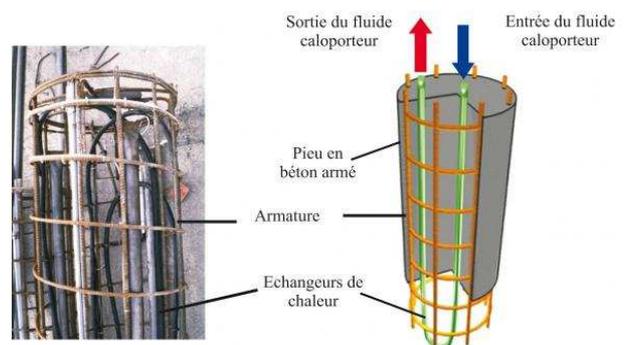
L'inconvénient de cette technique est qu'elle est gourmande en surfaces extérieures ce qui n'est pas compatible avec le programme d'aménagement.

Pieu géothermique

Les pieux géothermiques consistent à intégrer des systèmes d'échange thermique à la structure du bâtiment pour la production du froid et/ou du chaud.

En hiver, le fluide prend les calories du terrain ce qui permet de chauffer le bâtiment.

A l'inverse, en été, la chaleur accumulée dans le bâtiment est réinjectée dans le sol et la récupération du froid injecté pendant l'hiver permet de rafraîchir le bâtiment. Le coût de mise en place faible du fait de l'utilisation des structures existantes du bâtiment rend cette solution intéressante économiquement.



En matière de production de chaleur, il est possible d'extraire de 20 à 100 W par mètre de pieu, des valeurs qui varient en fonction des propriétés du sol, de la géométrie de la fondation et des conditions d'exploitation du système. A titre d'exemple, une sonde géothermique peut produire entre 75 et 150 kWh/m par an.

Bilan

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Tertiaire/MIN : Géothermie sur nappe : cette solution pourrait être envisagée dans la zone MIN (dans la bande longeant le Var) sous réserve de réalisation d'une étude du potentiel géothermique de la nappe puis de forage d'essais,

Logement : en dehors de la zone bordant le VAR, la géothermie présente un potentiel très incertain.

Puit provençal : solution non adaptée au projet

Pieu géothermique : solution à étudier pour les bâtiments nécessitant des fondations profondes.

5.6. COGENERATION

Principe :

Le principe de la cogénération est de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité.

On distingue 2 catégories d'installations de cogénération :

- La cogénération de grande puissance,
- La micro-cogénération pour les puissances inférieures à 36 kW.

Plusieurs combustibles sont envisageables : gaz, bois.

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

La cogénération de grande puissance est en première approche écartée car les solutions en réseau ne se révèlent pas adaptées (densité thermique, rentabilité, etc.). Cependant, en solution individuelle, des produits sont en cours de développement.

Il s'agit d'un des moyens de compenser une partie des consommations d'électricité.

En ordre de grandeur, les solutions existantes permettent de produire 1 kW électrique dès lors que la chaudière est en fonctionnement. Les solutions commercialisées utilisent principalement le gaz comme combustible et plus récemment, le bois.

Un des freins (économique) au développement de ces solutions est l'adéquation des besoins en électricité avec la production. Aujourd'hui, les foyers équipés ont intérêt à consommer prioritairement leur production. Cependant, le surplus de production est réinjecté souvent gracieusement sur le réseau. En effet, à l'heure actuelle, les coûts du compteur dédié sont plus élevés que les gains liés à la vente d'énergie non utilisée. La mise en place de compteur « évolué » devrait permettre de résoudre cette problématique.

Bilan

Tertiaire/MIN : solution non adaptée

Logement : A l'échelle d'un bâtiment : à proposer à l'échelle d'un logement en expérimentation (et de préférence avec un combustible bois)

Solution en réseau : à envisager couplée avec réseau de chaleur

5.7. SOLUTIONS POUR RECUPERER LA CHALEUR

5.7.1. Récupération de chaleur des eaux usées

5.7.1.1. RESEAU D'ASSAINISSEMENT

Les eaux usées urbaines transitent dans les réseaux à une température relativement stable. Cette chaleur résiduelle peut être récupérée au travers d'échangeurs et livrée à un réseau de chaleur basse énergie (45/50°C) via l'utilisation d'une pompe à chaleur.

Ces solutions s'installent à proximité du réseau de collecte des eaux usées.

Le procédé de récupération d'énergie dans les eaux usées le plus courant est composé synthétiquement de trois composantes principales :

- Un échangeur de chaleur situé dans ou en dérivation du réseau d'eaux usées communautaires,
- Un réseau indépendant intermédiaire (circuit primaire reliant l'échangeur à la pompe à chaleur - PAC) composé d'une circulation de fluide caloporteur et d'une pompe de circulation,
- Une pompe à chaleur (PAC) traditionnelle qui est installée dans le bâtiment ou dans la chaufferie collective. Cette PAC peut fonctionner en mode production de chaleur seul ou en mode réversible (production de chaleur ou de froid)

En période hivernale, le réseau d'eaux usées constitue la source chaude. L'échangeur permet de récupérer l'énergie calorifique contenue dans les eaux usées. Cela permet d'obtenir une température du fluide caloporteur du circuit primaire entre 6°C et 14°C. Cette température n'étant pas directement utilisable pour le chauffage des locaux ou de l'eau chaude sanitaire elle est augmentée grâce à la pompe à chaleur qui, par le biais d'un cycle thermodynamique, permet de produire des eaux de sortie (circuit de chauffage) entre 35°C et 65°C.

En période estivale, le réseau d'eaux usées peut devenir la source froide. La température des eaux usées dans les conduites ne dépasse généralement pas les 20°C. Elles peuvent être utilisées pour rafraîchir les bâtiments à partir de l'installation utilisée pour la période hivernale (pas de coût d'investissement supplémentaire). Deux principaux types de rafraîchissement sont possibles :

- La PAC fonctionne en mode rafraîchissement. C'est-à-dire qu'elle puise les calories dans le réseau hydraulique coté bâtiment (elle produit de l'eau glacée) et réinjecte ces calories coté réseau d'eaux usées, toujours par le biais d'un cycle thermodynamique.
- Free-cooling : la chaleur extraite coté bâtiment est directement injectée dans les eaux usées via l'échangeur; cette possibilité est mise en œuvre lorsque la température nécessaire dans les bâtiments est supérieure à celle des eaux usées.

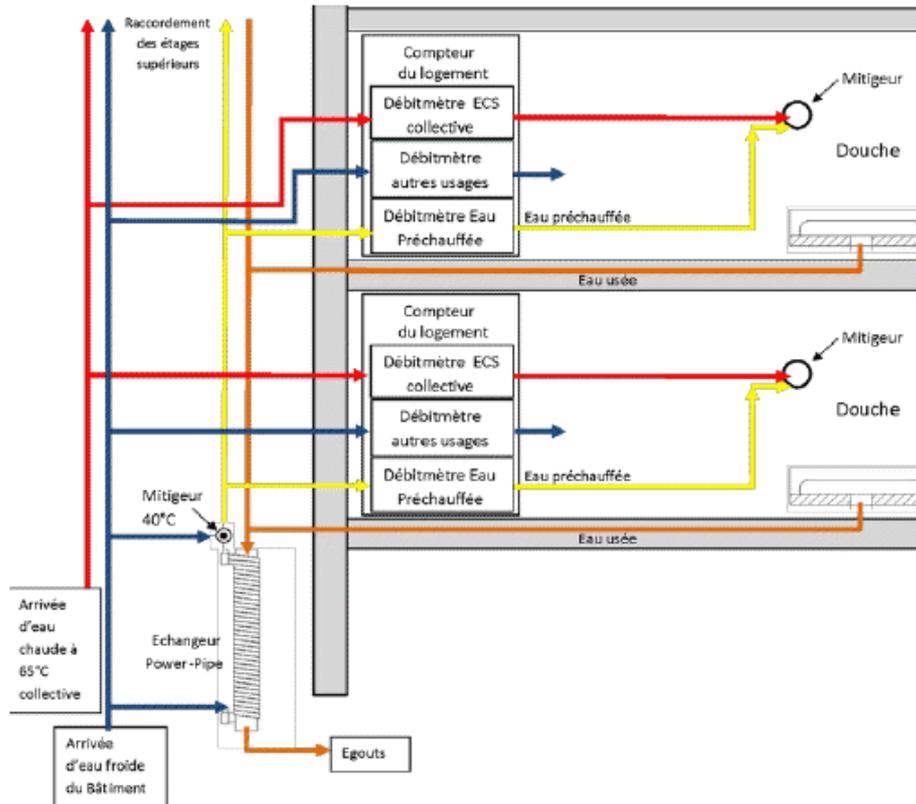
5.7.1.2. BATIMENT

La récupération de chaleur sur les eaux grises est un procédé consistant à récupérer à l'échelle d'un bâtiment l'énergie des eaux de salles de bains, lave-vaisselle, cuisine, machine à laver. Plusieurs

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

systèmes sont commercialisés. L'installation nécessite un réseau interne au bâtiment spécifique de collecte des eaux dites grises.



5.7.1.3. INTERET POUR LE PROJET

Ce dispositif peut être mis en place à titre d'expérimentation et à l'échelle du bâtiment ou de quelques lots de la zone d'aménagement.

Bilan

Réseau d'assainissement : Solution à expérimenter

Bâtiment : Solution à expérimenter

5.7.2. Récupération de chaleur de l'air extrait

Chaque m³ d'air neuf destiné à ventiler les logements entraînent des consommations d'énergies en hiver.

Afin de compenser cette dépense énergétique, il est possible de récupérer les calories de l'air extrait et de les transférer à la production d'ECS ou de chauffage, via la mise en place d'une PAC sur le circuit d'évacuation de l'air.

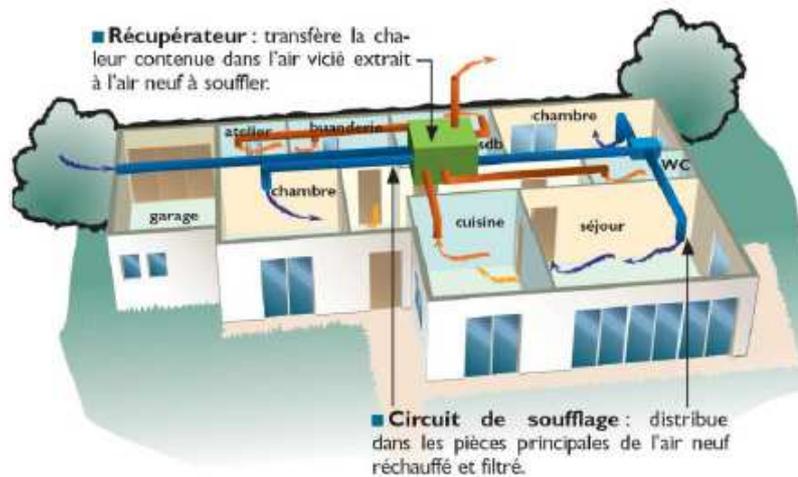
Autre solution de valorisation, la ventilation double flux permet de limiter les pertes de chaleur liées à la ventilation. En effet, la chaleur de l'air vicié extrait du logement est utilisée pour préchauffer l'air

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

neuf filtré venant de l'extérieur. Cette action est réalisée par l'intermédiaire d'un échangeur (sans mélange des flux).

L'air neuf est canalisé par un conduit principal. L'échange thermique se fait au niveau d'un caisson centralisé. L'air préchauffé est ensuite distribué dans les pièces de vie (type séjour, chambres etc.). L'air extrait est quant à lui récupéré dans les pièces humides (type cuisine, salle de bains, etc.).



(Source ADEME)

Enfin, le secteur étant située dans une zone où le climat reste tempéré, les solutions hygroréglables sont également performantes. Une étude au cas par cas est à mener pour trouver la solution la plus adaptée.

Bilan

A proposer en variante de solution de ventilation type hygroréglable

5.8. SOLUTIONS TRADITIONNELLES AVEC PERFORMANCES AMELIOREES

Il ne s'agit pas dans cette partie de solutions techniques utilisant à proprement parlé les énergies renouvelables. Les 2 solutions présentées ci-après sont plutôt à considérer comme des solutions alternatives à des solutions traditionnelles et ayant de meilleurs performances.

5.8.1. Aérothermie et production d'eau chaude thermodynamique (électrique)

Principe :

L'**aérothermie** consiste à prélever les calories présentes dans l'air et à les restituer à un niveau de température plus élevé pour le chauffage et l'eau sanitaire. On utilise pour cela un équipement appelée pompe à chaleur (PAC) alimenté en électricité.

La **production d'eau chaude sanitaire thermodynamique** utilise le principe de la pompe à chaleur pour chauffer l'eau sanitaire. Ce système de production d'eau chaude peut être indépendant du système de chauffage.

Les systèmes utilisant le principe de la pompe à chaleur sont, selon nous, plutôt à considérer comme des systèmes électriques améliorés plutôt que des véritables systèmes avec énergie renouvelable. En effet, pour délivrer 1 kWh d'électricité au compteur et ainsi pouvoir produire 3 à 4 kWh de chauffage, il a fallu tout de même utiliser près de 2.58 kWh d'énergie primaire.

Les différentes technologies utilisent le principe thermodynamique suivant.

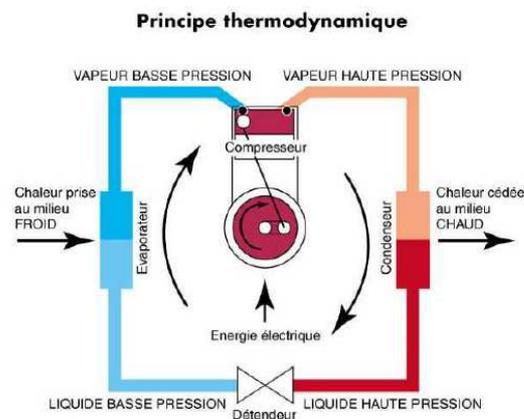


Schéma de principe

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Ce type d'installation pourrait être envisagé pour les logements collectifs voir pour l'habitat individuel mais n'utilise pas d'énergie renouvelable.

Bilan

Tertiaire/MIN/Logement : Solution à ne pas privilégier aux énergies renouvelables

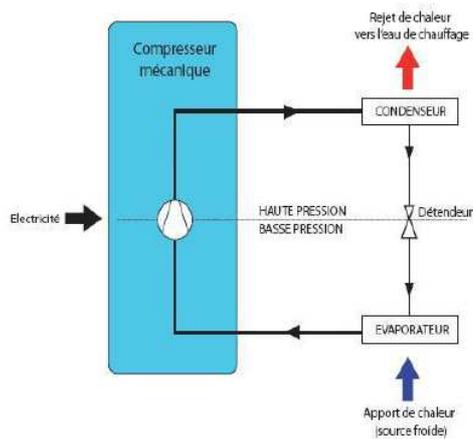
5.8.2. Machines à adsorption / absorption

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

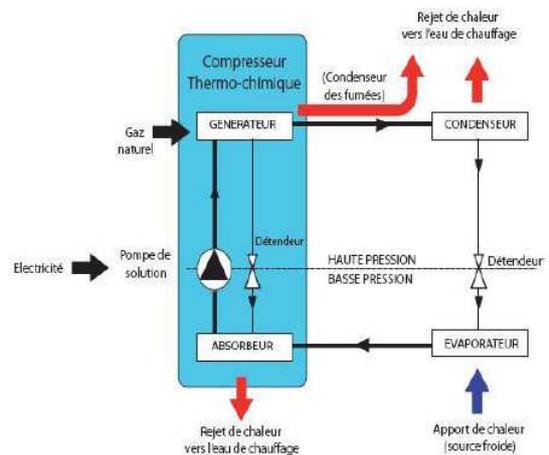
Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

Principe :

Ces systèmes utilisent le principe de la pompe à chaleur mais à compression thermo-chimique. La production de chaleur a lieu au niveau du condenseur. La compression mécanique est remplacée par une compression thermo-chimique qui utilise l'énergie fournie par un brûleur gaz naturel remplaçant le compresseur.



PAC compression mécanique



PAC gaz par absorption

Intérêt pour le projet (atouts et contraintes) :

Ce type d'installation au gaz n'utilise pas d'énergie renouvelable mais présente tout de même un meilleur bilan énergétique qu'une solution gaz traditionnelle (chaudière à condensation).

Bilan

Tertiaire/MIN/Logement : Solution à ne pas privilégier aux énergies renouvelables

6. EVALUATION DU POTENTIEL D'ENERGIE RENOUVELABLE ET DE RECUPERATION DISPONIBLE

6.1. SCENARIOS

Afin d'évaluer le potentiel en énergies renouvelables du secteur, nous vous proposons ci-après 2 scénarios mettant en œuvre des énergies renouvelables. Chacun d'entre eux est ensuite comparé à un scénario de référence n'utilisant que des énergies fossiles pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire (ECS).

Les scénarios pris en compte et analysés sont les suivants :

- **Scénario de référence** : scénario utilisant le gaz pour la production chauffage et la production d'eau chaude sanitaire (ECS). Les besoins de froid sont fournis par des groupes de climatisation en toiture.
- **Scénario 1** (niveau d'utilisation des énergies renouvelables « moyen ») :
 - o Chauffage par chaudière collective gaz à condensation,
 - o Production d'eau chaude sanitaire des logements par capteur solaire thermique en toiture couvrant 50% du besoin, le complément étant assuré par un appoint Gaz,
 - o En complément, il a été pris comme hypothèse l'installation de panneaux photovoltaïques sur la moitié des surfaces de toitures soit près de 12400m² de toiture correspondant à une puissance crête totale installée de 1 590 kWc – voir détail ci-après.
- **Scénario 2** (niveau d'utilisation des énergies renouvelables « moyen ») :
 - o Chauffage par PAC électrique aérothermique,
 - o Production d'eau chaude sanitaire des logements par capteur solaire thermique en toiture couvrant 50% du besoin, le complément étant assuré par un appoint électrique,
 - o Installation de panneaux photovoltaïques sur la moitié des surfaces de toitures soit près de 12400m² de toiture correspondant à une puissance crête totale installée de 1 590 kWc.
- **Scénario 3** (niveau d'utilisation des énergies renouvelables « élevé ») :
 - o Chauffage des logements par chaufferie bois couvrant 100% des besoins,
 - o Production d'eau chaude sanitaire des logements par capteur solaire thermique en toiture couvrant 50% du besoin, le complément étant assuré par un appoint électrique,
 - o Chauffage et climatisation du tertiaire (hors MIN) par PAC aérothermique,
 - o Chauffage et climatisation du MIN par PAC géothermique,
 - o Installation de panneaux photovoltaïques sur la moitié des surfaces de toitures soit près de 12400m² de toiture correspondant à une puissance crête totale installée de 1 590 kWc.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

6.2. COMPARAISON PAR RAPPORT AUX BESOINS THERMIQUES

Le tableau ci-dessous permet de mettre en avant le taux de couverture par les énergies renouvelables des besoins de chauffage, ECS et climatisation.

Scénario	Analyse énergétique		Analyse environnementale	
	Besoins en MWhEP/an	Part des énergies renouvelables	Tonnes équivalent CO2/an	% de gain par rapport au scénario
Scénario de référence	8 339	0%	1 016	0%
Scénario 1	8 339	7%	614	40%
Scénario 2	8 339	7%	92	91%
Scénario 3	8 339	27%	64	94%

Pour le **scénario 1** (niveau d'utilisation des énergies renouvelables « moyen »), la mise en œuvre des énergies renouvelables permet de couvrir 7% des besoins Chauffage/ECS/Climatisation en énergie primaire par rapport à la solution de référence. Ce scénario permet ainsi de réduire les émissions de gaz à effet de serre de plus de 40%.

Le **scénario 2** (niveau d'utilisation des énergies renouvelables « moyen »), permet de couvrir de l'ordre de 7% des besoins Chauffage/ECS/Climatisation en énergie primaire. Les émissions de gaz à effet de serre se trouvent ainsi réduites de 91% par rapport au scénario de référence.

Le **scénario 3**, plus ambitieux en termes de mise en œuvre d'énergies renouvelables, permet de couvrir de l'ordre de 27% des besoins Chauffage/ECS/Climatisation en énergie primaire. Les émissions de gaz à effet de serre se trouvent ainsi réduites de 94% par rapport au scénario de référence.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

6.3. COMPARAISON PAR RAPPORT AUX BESOINS TOTAUX

Le tableau ci-dessous permet de mettre en avant le taux de couverture de l'intégralité des besoins (usages réglementaires RT2012 et besoins spécifiques en électricité) par les énergies renouvelables (y compris production d'électricité photovoltaïque).

Scénario	Analyse énergétique			Analyse environnementale		
	Besoins totaux en MWhEP/an	Chauffage /ECS / climatisation par énergies renouvelables MWhEP/an	Photovoltaïque MWh équivalent EP/an	Part des énergies renouvelables	Tonnes équivalent CO2/an	% de gain par rapport au scénario de référence
Scénario de référence	21 569	-	-	0%	1 651	
Scénario 1	21 569	581	6 335	32%	1 249	24%
Scénario 2	21 569	581	6 335	32%	728	56%
Scénario 3	21 569	2 232	6 335	40%	699	58%

Pour le **scénario 1**, la mise en œuvre des énergies renouvelables représente plus de 32% des besoins globaux en énergie primaire. Ce scénario permet ainsi de réduire les émissions de gaz à effet de serre de près de 24%, soit un gain de plus de 402 Tonnes équivalent CO2.

Pour le **scénario 2**, la mise en œuvre des énergies renouvelables représente plus de 32% des besoins globaux en énergie primaire. Ce scénario permet ainsi de réduire les émissions de gaz à effet de serre de près de 56%, soit un gain de plus de 923 Tonnes équivalent CO2.

Pour le **scénario 3**, la mise en œuvre des énergies renouvelables est améliorée et couvre plus de 40% des besoins globaux en énergie primaire. Ce scénario permet de réduire un peu plus, les émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 58%, soit un gain d'environ 550 Tonnes équivalent CO2.

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

6.3.1. Hypothèses prises en compte pour la production photovoltaïque

Allocation des surfaces de toiture à la production d'EnR	Surface de Toiture	Surface maxi	Surface maxi	Puissance crête installée modules cristallins (kWc)	Production annuelle en MWh/an
				Hypothèse haute	Hypothèse haute
LOGEMENT (à La Gaude à Saint-Laurent)	7 850	50%	3 925	503	777
COMMERCE ET ACTIVITES ECONOMIQUES	3 620	50%	1 810	232	358
MIN (Activités / service / Stockage)	13 330	50%	6 665	854	1 320
CREAT (serre / bureau)	-	50%	-	-	-
TOTAL	24 800		12 400	1 589	2 455

- Installation photovoltaïque de 1589 kWc occupant environ 12 400m² de toiture (voir 6.1)
- Ratio de production = 1 545 kWh/kWc/an – implantation des panneaux horizontales
- Chaque kWh produit est consommé localement (évitant ainsi d'utiliser 2,58 kWh d'énergie primaire)

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3

7. ETUDES DE CAS

7.1. METHODOLOGIE

Plusieurs possibilités techniques (intégrant ou non les énergies renouvelables) existent pour chauffer et produire l'eau chaude sanitaire d'un bâtiment. La suite présente une sélection de solutions techniquement envisageables parmi celles étudiées précédemment. Il ne s'agit donc pas d'une liste exhaustive.

Il nous apparaît important de communiquer et de sensibiliser aussi bien les particuliers que les promoteurs sur l'intérêt des énergies renouvelables. Nous préconisons avant toute construction de prendre en compte les aspects économiques, environnementaux et avantages/inconvénients pour comparer les différentes solutions. Notamment, il convient de regarder plus particulièrement :

- Les investissements en € TTC,
- Le coût global actualisé sur 20 ans (prenant en compte les investissements initiaux, les coûts des énergies, les coûts de maintenance annuelle, etc.) avec simulations de hausse des prix des énergies.

Hypothèses utilisées :

Energies	Prix des énergies en cts € TTC
Electricité	14 cts €TTC / kWh (tarif réglementé)
Gaz	9 cts € TTC / kWh PCS (tarif réglementé)
Granulés ou pellets	6 cts € TTC / kWh PCI

Indexation du coût de la maintenance : 1% par an (source INSEE, indice IPEA, moyenne des 3 dernières années)

Les tableaux ci-après présentent les résultats de ces études de cas pour des logements individuels et collectifs. Les solutions techniques présentées combinent différentes technologies existantes et utilisent pour certaines d'entre elles une part d'énergie renouvelable.

7.2. ANALYSE DU PROGRAMME DE LOGEMENTS

7.2.1. CAS ETUDIÉS

Liste non exhaustive de solutions envisageables pour couvrir les besoins en chauffage et production d'eau chaude sanitaires (ECS) :

- Solution 1 : Chauffage (radiateurs) et production d'eau chaude sanitaire (ECS) par chaudière **gaz** collective à condensation - Climatisation par PAC **aérothermique**.
- Solution 2 : Chauffage (radiateurs) par chaudière collective **gaz** à condensation et production d'eau chaude sanitaire (ECS) solaire avec appoint **gaz** - Climatisation par PAC **aérothermique**.
- Solution 3 : Chauffage (radiateurs) et Climatisation par PAC **aérothermique**, production d'eau chaude sanitaire (ECS) solaire avec appoint **électrique**.
- Solution 4 chauffage (radiateurs) des logements par chaufferie **bois** et production d'eau chaude sanitaire (ECS) solaire avec appoint **électrique**. Chauffage et climatisation du tertiaire (hors MIN) par PAC **aérothermique**. Chauffage et climatisation du MIN par PAC **géothermique**.

7.2.2. ANALYSE ECONOMIQUE

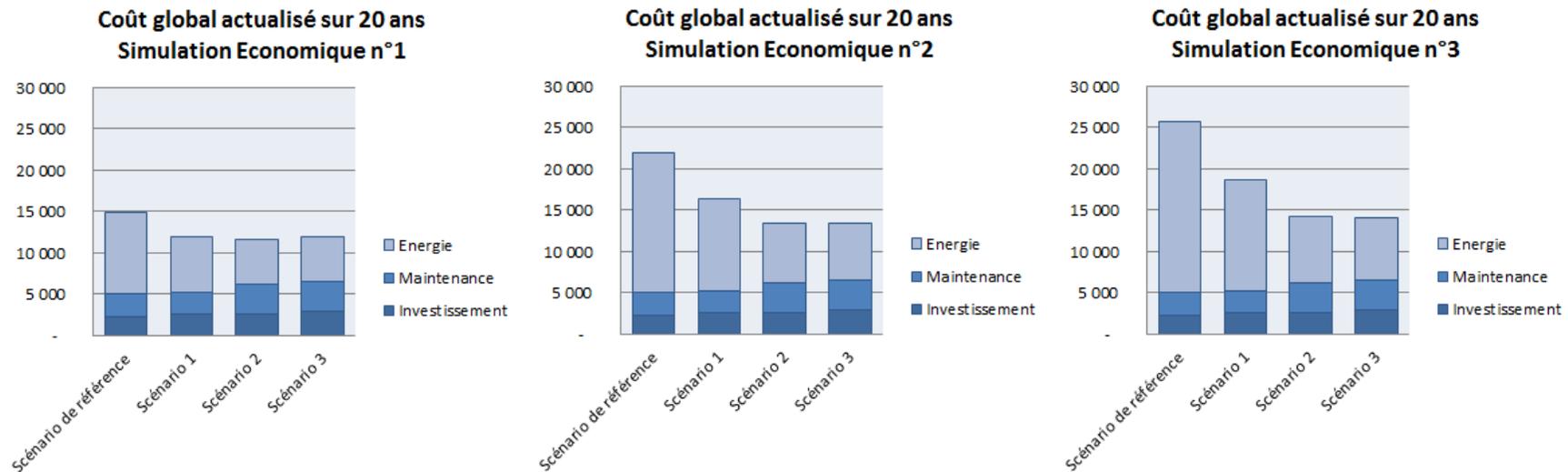
La suite présente le calcul en coût global actualisé des différents cas étudiés et présentés ci-avant.

L'objectif des 3 simulations effectuées ci-après est de présenter la sensibilité économique de chaque solution technique aux variations du coût des énergies :

- Simulation Economique n° 1 : prix des énergies constants
- Simulation Economique n° 2 : augmentation du coût des énergies de l'ordre de 2% pour le bois granulés, 3% pour l'électricité, 5% pour le gaz
- Simulation Economique n° 3 : augmentation du coût des énergies de l'ordre de 3% pour le bois granulés, 4% pour l'électricité, 7% pour le gaz

Schéma Directeur Energétique Potentiel de développement des Energies Renouvelables et de Récupération

Aménagement du secteur de LA BARONNE
RAPPORT IND3



Bilan :

- 1) La hausse du prix des énergies est plus sensible sur les solutions n°1 et n°2 utilisant principalement le gaz
- 2) Les solutions aérothermie (scénario 2) et Bois énergie (scénario 3) apparaissent comme les plus intéressantes dès lors qu'une hausse du prix des énergies est simulée

8. CONCLUSION

En conclusion, il est important de rappeler que :

- Avant toute mise en œuvre d'énergie renouvelable, il est **important de travailler sur l'enveloppe du bâtiment** et sur son orientation pour consommer le moins possible
- Ensuite, il peut être appréhendé la mise en place d'énergie renouvelable :
 - o **La mise en place d'un réseau de chaleur couvrant l'ensemble du secteur n'apparaît pas rentable compte tenu de besoins thermiques relativement faibles.**
 - o **L'utilisation de la géothermie (doublets avec boucle d'eau tempérée) est à affiner par une étude de potentiel de la nappe comme solution pour couvrir les besoins énergétiques du secteur notamment du MIN.**
 - o L'analyse des 4 scénarios d'utilisation des énergies renouvelables a permis de quantifier le levier d'action sur ce secteur en comparaison avec une solution par énergie fossile (gaz), **il peut être « évité » chaque année l'équivalent de 952 Tonnes d'émission de CO2.**
- En construisant des logements respectant la RT 2012 – 20%, il est important de rappeler que les consommations de chauffage sont fortement réduites en comparaison à celles d'un logement moyen actuel. Par conséquent, le levier d'action pour rentabiliser un surcoût d'investissement est moindre.

Limites de l'étude :

- L'approche menée a été réalisée sur la base de ratios. Il est notamment difficile de prévoir à ce stade :
 - o L'orientation définitive et la typologie des toitures : existence et emplacement du faitage, inclinaison de la toiture, etc. Ces éléments entrent en ligne de compte pour faciliter ou non la mise en œuvre de certaines énergies renouvelables. Le choix de mise en place d'un toit terrasse apparaît dans ce sens comme facilitateur du déploiement de panneaux PV.
 - o Les consommations prises en compte correspondent aux consommations d'énergies issues de la RT 2012. Elles sont forcément différentes de celles qui seront constatées. Les facteurs entrant en ligne de compte seront le nombre d'usagers réels par logement, le niveau de confort thermique souhaité par chaque usager, etc.
- Des hypothèses ont été prises en compte pour les taux d'actualisation, d'indexations des coûts des énergies et de la maintenance. L'analyse économique menée (voir 7.) est en ce sens intéressante pour évaluer la sensibilité économique des solutions proposées.