



VILLE DE
TOURNEFEUILLE

Etude de potentiel en énergies renouvelables

Article L128-4 du code de l'urbanisme

Etude ENR du 29/06/2016

Charly BLANCHARD
10004828 - Juin 2016

Sommaire

SOMMAIRE	2
0- CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	4
1- ESTIMATION DES BESOINS.....	8
1.1- LA REGLEMENTATION THERMIQUE (RT)	8
1.2- HYPOTHESES	12
1.3- SYNTHESES DES BESOINS	13
2- POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES.....	15
2.1- METHODOLOGIE : PREMIERE ELIMINATION.....	15
2.2- LA GEOTHERMIE	16
2.3- L'EOLIEN	24
2.4- LE SOLAIRE	27
2.5- LE BOIS ENERGIE	31
2.6- RECUPERATION DE LA CHALEUR DES EAUX USEES.....	33
2.7- RESEAUX DE CHALEURS EXISTANTS.....	37
2.8- SYNTHESE – ENERGIES VIA SYSTEMES CENTRALISES (RESEAU DE CHALEUR)	38
2.8- SYNTHESE – ENERGIES VIA SYSTEMES CENTRALISES (A L'ECHELLE DU BÂTIMENT)	39
3- DEFINITION DES SCENARII ENERGETIQUES.....	40
3.1- PISTES A ETUDIER	40
3.2- DIMENSIONNEMENT – ZOOM SUR LE SCENARIO RESEAU BOIS	41
3.3- CRITERES D'ANALYSE.....	43
3.4- COMPARAISON DES SCENARII	43
4- CONCLUSION	49
5- INSTRUCTIONS ENVIRONNEMENTALES A INCLURE DANS LE CAHIER DES CHARGES DE CESSION	50

SITUATION DE L'AMENAGEMENT



Vue aérienne de la ZAC - périmètre

0- CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

- Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une obligation réglementaire (Loi Grenelle I) :

- Article **L. 128-4 CU** – « 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. »
- **Article L. 300-1 CU définissant les projets concernés** – « Les actions ou opérations d'aménagement ont pour objet de mettre en œuvre un projet urbain, une politique locale de l'habitat, d'organiser le maintien, l'extension ou l'accueil des activités économiques, de favoriser le développement des loisirs et du tourisme, de réaliser des équipements collectifs ou des locaux de recherche ou d'enseignement supérieur, de lutter contre l'insalubrité, de permettre le renouvellement urbain, de sauvegarder ou de mettre en valeur le patrimoine bâti ou non bâti et les espaces naturels.
- L'aménagement, au sens du présent livre, désigne l'ensemble des actes des collectivités locales ou des établissements publics de coopération intercommunale qui visent, dans le cadre de leurs compétences, d'une part, à conduire ou à autoriser des actions ou des opérations définies dans l'alinéa précédent et, d'autre part, à assurer l'harmonisation de ces actions ou de ces opérations. »
- Concrètement, il s'agit d'étudier la pertinence de différents systèmes énergétiques de chauffage, de climatisation et de production d'eau chaude sanitaire pour l'approvisionnement en énergie des bâtiments de l'opération.

- La présente étude a pour objectifs :

- D'estimer les besoins énergétiques des bâtiments en fonction des plans projet ; Les surfaces des bâtiments et la répartition entre activités évoluent au cours de l'avancement du projet. L'étude devra donc être évolutive ;
- D'analyser la pertinence et le potentiel de chaque ENR sur la zone d'aménagement ;
- D'étudier les possibilités de dessertes énergétiques à différentes échelles (bâtiment, îlot, opération d'aménagement), ce qui permet notamment de prévoir les impacts des travaux d'infrastructures pour l'équipe de maîtrise d'œuvre ;
- De comparer de manière technique, économique et environnementale les différentes solutions énergétiques envisageables afin d'amener des éléments de décisions pour la suite du projet ;
- Dans le cas de réseaux de chaleur, d'informer le porteur de projet sur les différents montages juridiques envisageables.

- Notons en introduction que généralement deux échelles d'approvisionnement énergétique s'affrontent :

- **Soit c'est un système centralisé**; c'est-à-dire avec une production de chaleur commune à plusieurs ou à l'ensemble des bâtiments du projet d'aménagement avec la création d'un réseau de chaleur ; Le réseau de chaleur nécessite une implication forte de l'aménageur. En contrepartie, un système centralisé donne des leviers concrets au porteur de projet pour développer les énergies renouvelables (subventions, schéma directeur, classement,...).

- **Soit c'est un système décentralisé** : c'est-à-dire un système de chauffage/climatisation propre à chaque bâtiment. Dans ce cas de figure, l'aménageur peut difficilement agir sur le choix du système d'approvisionnement des futurs acquéreurs. En effet, le promoteur choisit régulièrement le système qui lui convient sans tenir compte du cahier des charges environnemental de l'aménagement, invoquant généralement une incapacité financière.

⇒ **Au-delà de l'approche réglementaire, notre étude s'attardera à étudier les pistes et les leviers dont dispose l'aménageur pour introduire les énergies renouvelables.**

PERIMETRE D'ETUDE

Le projet de ZAC Ferro-Lèbres a évolué depuis la précédente étude qui avait été conduite en 2011. Le programme de construction table sur environ 700 logements. Le périmètre d'étude total représente un foncier important de 13ha.

Les réseaux nécessaires au développement (électricité, gaz, eau) sont disponibles à proximité l'aménagement.

Principales caractéristiques :

- Le quartier est mixte à haute qualité environnementale et à vocation d'habitat et de services, de type école, crèche ou maison de quartier ;
- Différentes typologies d'habitat seront présentes : habitat collectif, individuel, en plot, en bande.
- Bâtiments situés à proximité de la ZAC et susceptible d'être raccordé ç un réseau de chaleur :
 - Ecole primaire Lardenne;
 - Intermarché;
 - Toulouse Judo – Lardenne;
 - Ehpad Résidence Le Bois Vert;
 - Pôle tertiaire (Air France, Caisse d'Epargne, IT-CE, météoFrance);
 - Copropriétés voisines avec chaufferie centrale.



Hauteur des bâtiments

1- ESTIMATION DES BESOINS

1.1- La réglementation thermique (RT)

1.1.1- Définitions importantes

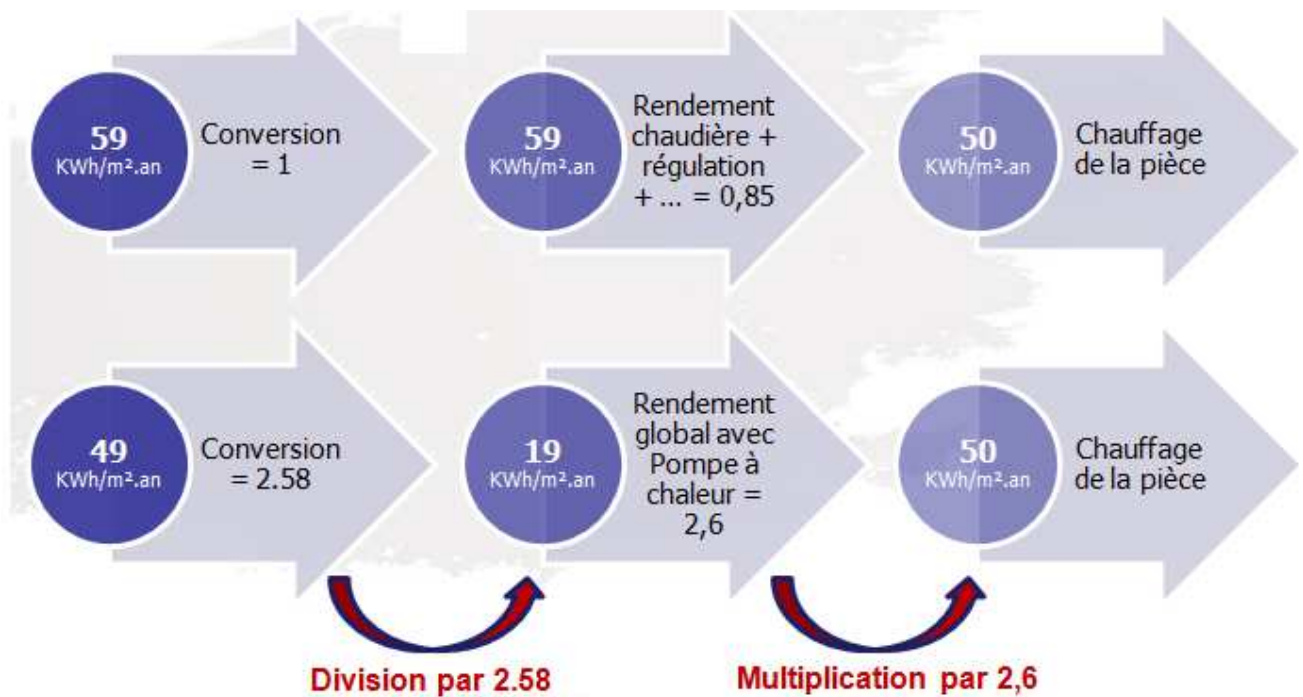
- **La RT fixe des objectifs en termes de consommations d'énergie, et non de besoins :**
 - Les besoins en énergie sont la quantité de chaleur nécessaire à l'utilisateur final pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire...etc. Ils sont fonction de la qualité d'isolation du bâtiment, de la ventilation et de l'utilisation des bâtiments.
 - Les consommations correspondent aux quantités de chaleur payées par l'utilisateur final; elles sont fonctions des besoins mais également du rendement des systèmes (de chauffage,...).
- **La RT fixe des objectifs en kWh d'énergie primaire :**
 - L'énergie primaire est utilisée par opposition à l'énergie finale.
 - L'énergie finale est celle consommée et payée par l'utilisateur, alors que l'énergie primaire prend également en compte les pertes liées à la production, à la distribution et au stockage de l'énergie en amont.

Le ratio de conversion énergie primaire / énergie finale varie selon le type d'énergie :

- Le gaz et le fioul sont directement brûlés sur le lieu de consommation ; L'énergie primaire est égale à l'énergie finale.
 - Par contre, l'électricité est produite majoritairement dans des centrales nucléaires et thermiques et n'est pas une source « primaire » d'énergie. Les rendements de ces centrales et les pertes liées aux transports font que pour 1 kWh d'énergie finale consommée, il est nécessaire de dépenser 2,58 kWh d'énergie primaire (En France).
- **De quelle énergie parle-t-on ? Exemples :**



Coefficients de conversion en France	
Electricité	2,58
Autres	1



1.1.2- La réglementation thermique - RT2012

Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la réglementation thermique 2012 (RT2012) a pour objectif de limiter la **consommation d'énergie primaire (KWhEP)** des bâtiments neufs à un maximum de **50 kWh EP/m²/an**, valeur qui sera modulée en fonction de la localisation géographique, l'altitude, le type d'occupation, la catégorie CE1/CE2 (droit à climatiser), les émissions de GES (Gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur).

Trois Exigences de résultats de la RT 2012 :

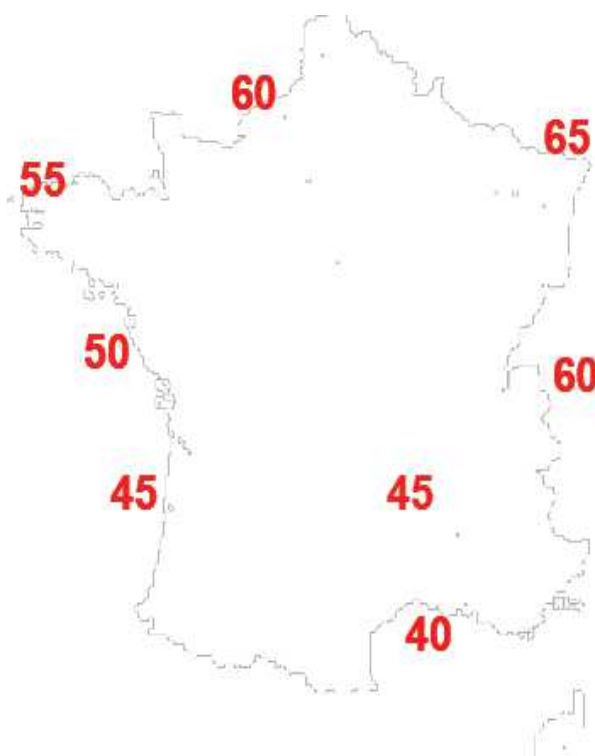
- **Exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti : le besoin bioclimatique ou « Bbiomax »**
 - ✓ Exigence de limitation du besoin en énergie : on agit alors sur la conception bioclimatique, l'isolation et l'éclairage.
 - ✓ Le Bbiomax est une innovation conceptuelle majeure, sans équivalent en Europe.
- **Exigence de consommation maximale nommée : « Cepmax »**
 - ✓ Exigence de consommation maximale d'énergie primaire (objectif de valeur moyenne de 50 kWhEP/(m².an))
 - ✓ 5 usages pris en compte : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilateurs, pompes). Elle ne prend pas en compte « l'électricité spécifique » : informatiques, électroménager, process...
- **Exigence de confort en été**
 - ✓ Exigence sur la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds (identique à la RT 2005)

- **Il existe donc deux manières d'atteindre le CEP max :**
 - ✓ **Actif : Soit on agit sur la performance des systèmes ;**
 - ✓ **Passif : Soit on opte pour des actions de maîtrise de l'énergie : sur l'enveloppe des bâtiments et sur les consommations d'éclairage;**
- **Quelques exigences de moyens passifs à inscrire dans le cahier des charges qui seront remis aux opérateurs privés :**
 - ✓ **Pour garantir la qualité de mise en œuvre :**
 - Limiter au maximum les ponts thermiques : nez de dalle, caissons de volets roulants, acrotères,...
 - Définition d'un objectif d'étanchéité à l'air $Q_4 < 0.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$, avec un test d'étanchéité à l'air obligatoire en fin de chantier.
 - ✓ **Pour garantir le confort et la qualité de l'architecture en bâtiment :**
 - Surface minimale/maximale de baies (par exemple : minimum de 1/6 de la surface habitable),
 - Présence de casquettes solaires obligatoires pour les ouvrants sud (protections solaires extérieures).
 - ✓ **Pour une meilleure optimisation de l'éclairage dans les bâtiments tertiaires :**
 - Dispositifs de gestion de l'éclairage dans les circulations ainsi que dans les parcs de stationnement.
 - ✓ **Pour une qualité énergétique globale :**
 - Toute production locale d'électricité doit être associée à une limitation de la consommation d'énergie primaire afin d'éviter les phénomènes de sous-isolation des bâtiments ; *certaines maitres d'ouvrage compensent le manque de performance trop facilement par une production d'électricité photovoltaïque.*

Exemple de calcul de consommation maximale pour des logements RT 2012 :

**Cep_{max} en maison individuelle
et en immeuble collectif après
le 1^{er} janvier 2015**

Hors modulation du Mcsurf et Altitude < 400m



A Toulouse, la RT 2012 donne une consommation en énergie primaire maximum aux alentours de 45 kWh/m² pour un bâtiment de logements.

- **Focus sur les droits à climatiser CE1 / CE2=droit à climatiser**

Comme la RT2005, la RT2012 distribuera des droits à climatiser en fonction du classement au bruit et de la zone géographique. En effet, il peut s'avérer nécessaire d'avoir recours à des systèmes de climatisation pour maintenir un bon confort estival alors que les fenêtres doivent rester fermées à cause du bruit (centre ville de Marseille par exemple).

		Projet													
		Zones climatiques													
Zone à usage	Baies exposées aux zones de bruit	H1a	H1b	H1c < 400 m	H1c > 400 m	H2a	H2b	H2c < 400 m	H2c > 400 m	H2d < 400 m	H2d > 400 m et < 800 m	H2d > 800 m	H3 < 400 m	H3 > 400 m et < 800 m	H3 > 800 m
Habitation Enseignement	BR1	CE1													
	BR2														
	BR3														
Bureaux	BR1	CE2						CE2	CE2		CE1	CE2		CE1	
	BR2	CE2													
	BR3	CE2													
Autres concernées par RT 2012	BR1	CE2													
	BR2	CE2													
	BR3	CE2													

Tableau des arrêtés de la RT2012 sur les droits à climatiser.

- Des besoins de climatisation « supplémentaires » ne sont pas pris en compte pour des bâtiments de logements. En cas de volonté à climatiser, il sera donc nécessaire de compenser les consommations de climatisations par la réduction des consommations des autres usages pour atteindre le Cepmax.

1.1.3- La réglementation thermique - RT2020

- Certaines parcelles de l'opération d'aménagement seront construites après 2020 et seront donc soumises aux règles de la future RT 2020.
- Nous disposons de peu d'information aujourd'hui sur la future RT2020.
- Les différents communiqués sur le sujet laissent à penser que les bâtiments devront être « Bepos »; c'est-à-dire Bâtiment à Energie Positive. Ils devront produire de l'énergie pour compenser leurs consommations.
- Pour notre étude, nous considérons que les consommations de chauffage et de climatisation sont déjà réduites à leurs maximums par la RT2012 (celles-ci sont tellement basses que les objectifs ne sont jamais atteints aujourd'hui, donc il paraît inutile de fixer des objectifs plus bas).
- Nous faisons l'hypothèse dans notre étude que les besoins de chauffage et de climatisation de la RT2020 seront identiques à ceux de la RT2012. La seule différence sera donc que les bâtiments RT2020 devront produire de l'énergie.

1.2- Hypothèses

- Nos retours d'expérience, ainsi que plusieurs études sur le sujet, montrent que les consommations de la RT ne correspondent pas à la réalité.
- Nous constatons une surconsommation fréquente de 30% sur le poste chauffage. Nous dimensionnons les systèmes d'approvisionnement énergétique sur la réalité afin que nos résultats aient une réelle pertinence.
- Ainsi pour l'étude de potentiel, nous fixons des besoins énergétiques en cohérence avec les objectifs de consommations de la RT2012 et y ajoutons une majoration des consommations et des puissances.

- Nos hypothèses par type d'activités sont les suivantes :

RATIOS neuf RT2012	Besoins Kwh/m ²			Puissance W/m ²		
Type d'activités	Chaud	Froid	ECS	Chaud	Froid	ECS
Commerces	22	30	0	30	50	0
Bureaux	25	15	0	30	30	0
Cinéma	25	100	0	50	150	0
Enseignement	20	0	0	25	0	0
Gymnase	15	0	13	120	0	10
Maison individuelle	30	0	20	30	0	13
Logements collectifs	20	0	25	25	0	10

Besoins/Puissance = nb. d'heure de fonctionnement à puissance maximum

Plusieurs types d'activités peuvent se retrouver dans une même parcelle ; certains bâtiments incluent du logement et des commerces en RDC

Ces valeurs par m² de surface de plancher seront multipliées pour obtenir les consommations et les puissances estimées des parcelles représentées dans le tableau des synthèses des besoins de l'aménagement.

- Remarques :**

Dans le contexte énergétique et environnemental actuel, il est souhaitable de faire de l'aménagement un quartier exemplaire. Pour cela, des objectifs ambitieux peuvent être fixés dans le cahier des charges de cession. Cependant, il s'agit de ne pas fixer des objectifs inatteignables qui ne seraient pas respectés par les futurs acquéreurs et qui seraient une contrainte trop forte lors de la phase de commercialisation.

Les bâtiments d'activité tertiaire ont de faibles besoins d'ECS. Il n'est pas judicieux pour ce type d'établissement d'avoir recours à un système d'eau chaude centralisé. Nous faisons donc l'hypothèse que ces consommations seront couvertes par des cumulus électriques décentralisés, plus performants et plus économiques.

Le chauffage, la climatisation et l'ECS sont les trois usages qui ont une influence sur le choix du scénario d'approvisionnement énergétique. Nous considérons les autres usages énergétiques sont identiques pour tous les scénarios ; par exemple, les consommations d'éclairage sont identiques quelque soit le moyen de chauffage.

1.3- Synthèses des besoins

Type d'habitation	Ilots	Nb de logt	Total sdp. Logt (m ²)	Surface emprise au sol	Besoins Kwh (hors bouclage)		Puissance kW	
					Chaud	ECS	Chaud	ECS
intermédiaires (individuel superposé)	A	64	5 120	1 707	102 400	102 400	128	51
plots	B	64	4 160	1 040	83 200	83 200	104	42
intermédiaires	B'	56	3 640	1 040	72 800	72 800	91	36
intermédiaires	C	36	2 880	886	57 600	57 600	72	29
intermédiaires	C'	36	2 880	960	57 600	57 600	72	29
Collectifs	D	155	9 610	2 403	192 200	192 200	240	96
Collectifs	D'	160	9 920	2 611	198 400	198 400	248	99
Collectifs	E	84	5 460	1 820	109 200	109 200	137	55
indiv bande	F	12	1 200	800	36 000	18 000	36	16
indiv bande	F'	10	1 000	667	30 000	15 000	30	13
Maisons	G	13	1 950	1 950	58 500	29 250	59	25
Maisons	G'	5	750	750	22 500	11 250	23	10
Maisons	G''	5	750	750	22 500	11 250	23	10
Sous-total		700	49 320	17 383	1 042 900	958 150	1 261	510

➤ **Les besoins sur la saison de chauffe représentent 75% des besoins climatiques totaux de l'aménagement pour une puissance de 1,77 MW (chauffage + ECS).**

➤ **Nous considérons que les besoins d'ECS sont constants toute l'année. Ils représentent environ 50% des besoins énergétiques. L'ECS est donc un poste à ne pas négliger.**

Le phasage de construction des bâtiments a une influence importante sur la faisabilité d'un réseau de chaleur. Un phasage trop étendu pose le problème du portage des investissements car il amènera des coûts de fonctionnement très élevés les premières années. Les coûts de fonctionnement sont répartis sur les abonnés et s'il n'y en a pas, l'équilibre budgétaire ne pourra être atteint.

En fonction d'un phasage étalé ou de faible densité énergétique, il sera nécessaire d'inclure le raccordement de bâtiments voisins existants pour imaginer assurer la viabilité d'une solution centralisée (réseau de chaleur) à l'échelle de l'aménagement.

Nous ne prenons en compte aucun besoin de climatisation. Nous estimons que l'effort de conception doit être réalisé pour éviter la climatisation. Il n'est pas question d'ajouter des clim individuelles au bout de quelques années d'exploitation, cela serait contreproductif. Il est préférable de mettre moins d'isolation que de mettre de l'isolation intérieure en grande quantité. Mieux vaut consommer se pénaliser sur le chauffage qui utiliserait une énergie renouvelable que de climatiser.

La dégradation du confort estival sur les nouveaux bâtiments a été constatée. Le calcul RT et les différents labels Français poussaient à tort vers une étanchéité trop forte avec pour objectif de consommer moins de chauffage ; nous avons alors inventé de véritables bouteilles thermos réagissant très mal en période estivale, catastrophique sur le plan du confort d'été. Les professionnels ont appris de leurs erreurs. La RT 2012 met l'accent cette fois sur la conception bioclimatique, pas suffisamment à notre avis, mais cela prend la bonne direction. Pour la ZAC de Tournefeuille, la dimension confort des usagers sera à privilégier. Cette dimension est à demander impérativement à notre sens dans le cahier des charges de l'aménageur.

2- POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES

2.1- Méthodologie : première élimination

Energie	Utilisation	Système et échelle pour la mise en place	
Eolien	Electricité	Micro et Petit éolien	Bâtiment / Quartier
		Grand éolien	> Ville
Solaire thermique	Chaleur	Panneaux solaires thermiques	Bâtiment
		Climatisation solaire	Bâtiment
		Ensemble de panneaux solaires thermiques avec réseaux de chaleur	Quartier / ville
Solaire photovoltaïque	Electricité	Panneaux solaires photovoltaïques	Bâtiment
		Ferme solaire PV	Quartier / ville
Géothermie	Chaleur / froid	Géothermie très basse énergie sur aquifère	Bâtiment / Quartier
		Géothermie très basse énergie sur sondes	Bâtiment / Quartier
		Géothermie profonde avec réseau de chaleur	Quartier / ville
Aérothermie	Chaleur / froid	Pompe à chaleur	Bâtiment / Quartier
Marine	Electricité	Hydrolennes, usine marémotrice, houlomotrice	> Ville
Hydraulique	Electricité	Petit hydraulique	Bâtiment
		Grand hydraulique	> Ville
Biomasse	Chaleur / Electricité	Chaudière bois individuelle ou d'immeuble	Bâtiment
		Chaudière bois collective	Quartier / ville
		Cogénération biomasse	> Ville
Biogaz, gaz de décharge, gaz de récupération de l'industrie	Chaleur / Electricité	Injection dans le réseau de distribution de gaz	> Ville
		Cogénération gaz (avec ou sans vente de l'électricité)	Bâtiment / Ville
		Chaudière gaz (avec ou sans réseau de chaleur)	Bâtiment / Ville
Récupération de la chaleur fatale	Chaleur / Electricité	Turbine électrique d'une usine d'incinération ou industrie	Quartier / ville
		Système de récupération de chaleur sur les eaux usées sur le bâtiment	Bâtiment
		Système de récupération de chaleur sur les eaux usées de la ville	> Ville

- Les couleurs du tableau ci-contre donne une première indication de probabilité d'existence des ENR sur l'aménagement (vert : probable ; jaune : possible ; orange : peu probable)

- **Certaines énergies peuvent à ce stade être logiquement éliminées :**
 - Grand éolien : impossible en milieu urbain;
 - Marine, hydraulique : pas de potentiel sur le périmètre de projet ;
 - Hydrothermie (réseau de froid): incompatible avec du logement;
 - Chaleur issue de l'incinération des déchets et Biogaz : pas de projet sur le projet;
 - Solaire thermique: au cas par cas en fonction des industriels et de leurs besoins.
 - Géothermie sur nappe : risque fort d'incompatibilité avec le captage des eaux potables.
- **Nous comparerons techniquement et économiquement les solutions retenues à une solution de référence.**

2.2- La Géothermie

- **Les gisements géothermiques :**

La classification la plus courante concernant les gisements géothermiques est celle du Code Minier et distingue quatre grands types de gisements selon les températures.

- La géothermie «très basse énergie» TBE ($T < 30^{\circ}\text{C}$) est exploitée pour le chauffage et le rafraîchissement des maisons ou des bâtiments collectifs et aussi pour la production de l'eau chaude sanitaire. La production de chaleur s'effectue à l'aide d'une pompe à chaleur qui prélève dans le sol l'énergie thermique.
- La géothermie «basse énergie» ($30^{\circ}\text{C} < T < 90^{\circ}\text{C}$) correspond à une exploitation directe de la chaleur. Le rendement est trop faible pour pouvoir produire de l'électricité, mais elle permet de couvrir une large gamme d'usages: chauffage urbain, chauffage de serres, utilisation de chaleur dans les process industriels, thermalisme...
- La géothermie «moyenne énergie» ($90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$) s'applique pour la production de l'électricité avec un fluide intermédiaire.
- La géothermie «haute énergie» ($T > 150^{\circ}\text{C}$) correspond à des gisements essentiellement rencontrés dans les zones d'anomalies thermiques. La température supérieure à 150°C permet de transformer directement la vapeur en électricité.

2.3.1- La Géothermie – Très basse Energie (TBE)

Il existe 3 principales technologies de géothermie très basse énergie. Ces technologies peuvent toutes être des solutions réversibles (chaud et froid sur le même système: la pompe à chaleur).

- **Sur nappe :**

Les opérations avec pompes à chaleur sur aquifères superficiels permettent de valoriser le potentiel thermique de ressources en eaux souterraines pour le chauffage et/ou le rafraîchissement. L'eau souterraine est prélevée dans un aquifère situé généralement à moins de 200 m de profondeur. L'énergie de cette eau souterraine est valorisée à l'aide d'une pompe à chaleur, puis l'eau est réinjectée dans le même aquifère.

- **Sur sondes verticales :**

L'eau (ou eau glycolée) circule dans des sondes géothermiques pouvant atteindre jusqu'à 200M de profondeur. Il n'y a pas de contact entre le fluide caloporteur de la sonde et la roche. Le transfert de chaleur se fait à travers les matériaux de la sonde, par conduction. La présence d'une nappe d'eau souterraine est valorisée à l'aide d'une pompe à chaleur, puis l'eau est réinjectée dans le même aquifère.

- **Sur sondes horizontales :**

Le principe de fonctionnement est le même que la géothermie verticale excepté que les capteurs sont disposés de manière horizontale. La surface de capteurs couvre généralement 2,5 à 3 fois la surface chauffée.

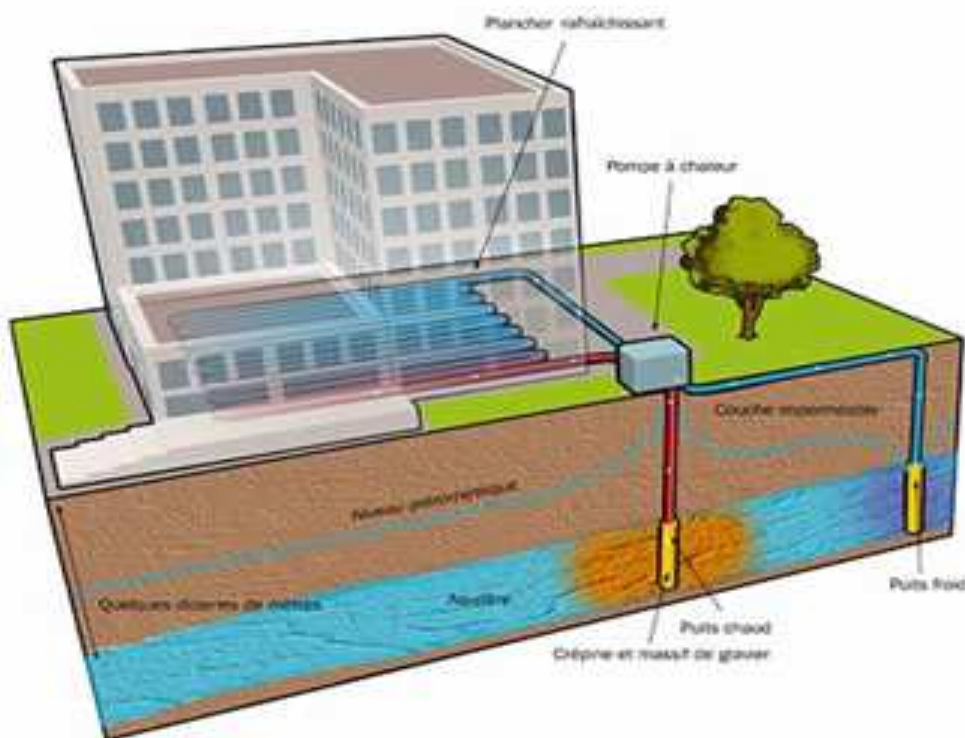


Schéma de fonctionnement de la géothermie sur nappe

2.3.2- La Géothermie TBE sur nappe

À partir de cartes d'inventaire des aquifères existants et de leurs caractéristiques, le BRGM a élaboré, un système d'informations géographiques (SIG) dans le cadre d'un partenariat avec l'ADEME, l'ARENE et EDF. Cet outil permet d'indiquer pour un endroit donné si le débit soutirable à la nappe permettra d'envisager le chauffage de locaux par Pompe à chaleur (PAC).

Liste des nappes d'eau et de leur potentiel au droit du projet :

Aquifère Alluvions

Gamme de T°C : $> 12^{\circ}\text{C}$

Valorisation possible de T°C : COP optimal - La géothermie est très intéressante

Gamme de débits : $2 < Q \leq 10 \text{ m}^3/\text{h}$

Valorisation possible de débits : PAC possible pour bâtiments individuels de 80 à 150 m²

Potentialité Géothermique : PAC possible pour hab. ind. et petits collectifs

Profondeur du mur des alluvions : 4.9 m

Aquifère sables infra-molassiques

Gamme de T°C : $40 < T \leq 60^{\circ}\text{C}$

Valorisation possible de T°C : Echangeur direct, avec COP > 20 . Forte probabilité de bonne rentabilité

Gamme de transmissivité : $T > 0,002 \text{ m}^2/\text{s}$

Valorisation possible de transmissivité : TRES PRODUCTIF

Potentialité Géothermique : Potentialité ou Recette calorifique TRES IMPORTANT

Type de échangeur direct envisageable : Direct

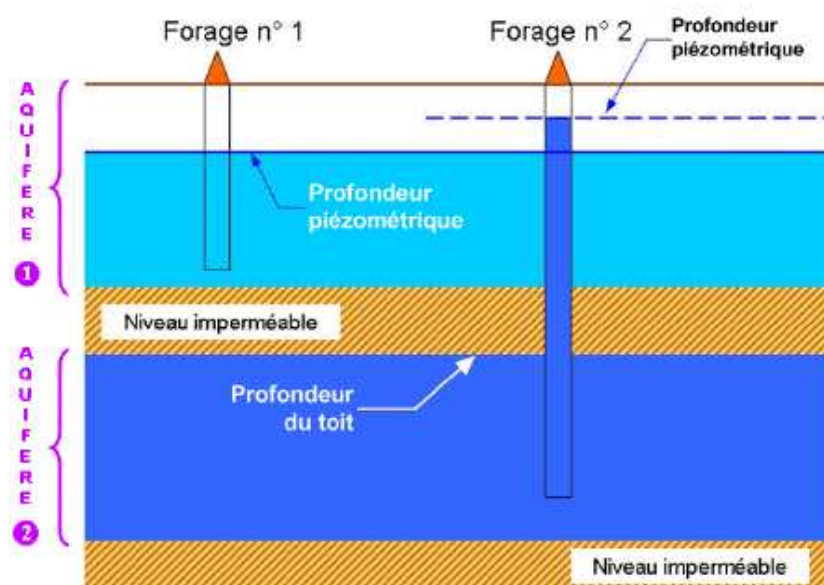
Nappe artésienne : non

Type de minéralisation : $\text{Cl}^- > 35 \text{ mg/l}$ et $\text{SO}_4^{2-} > 70 \text{ mg/l}$

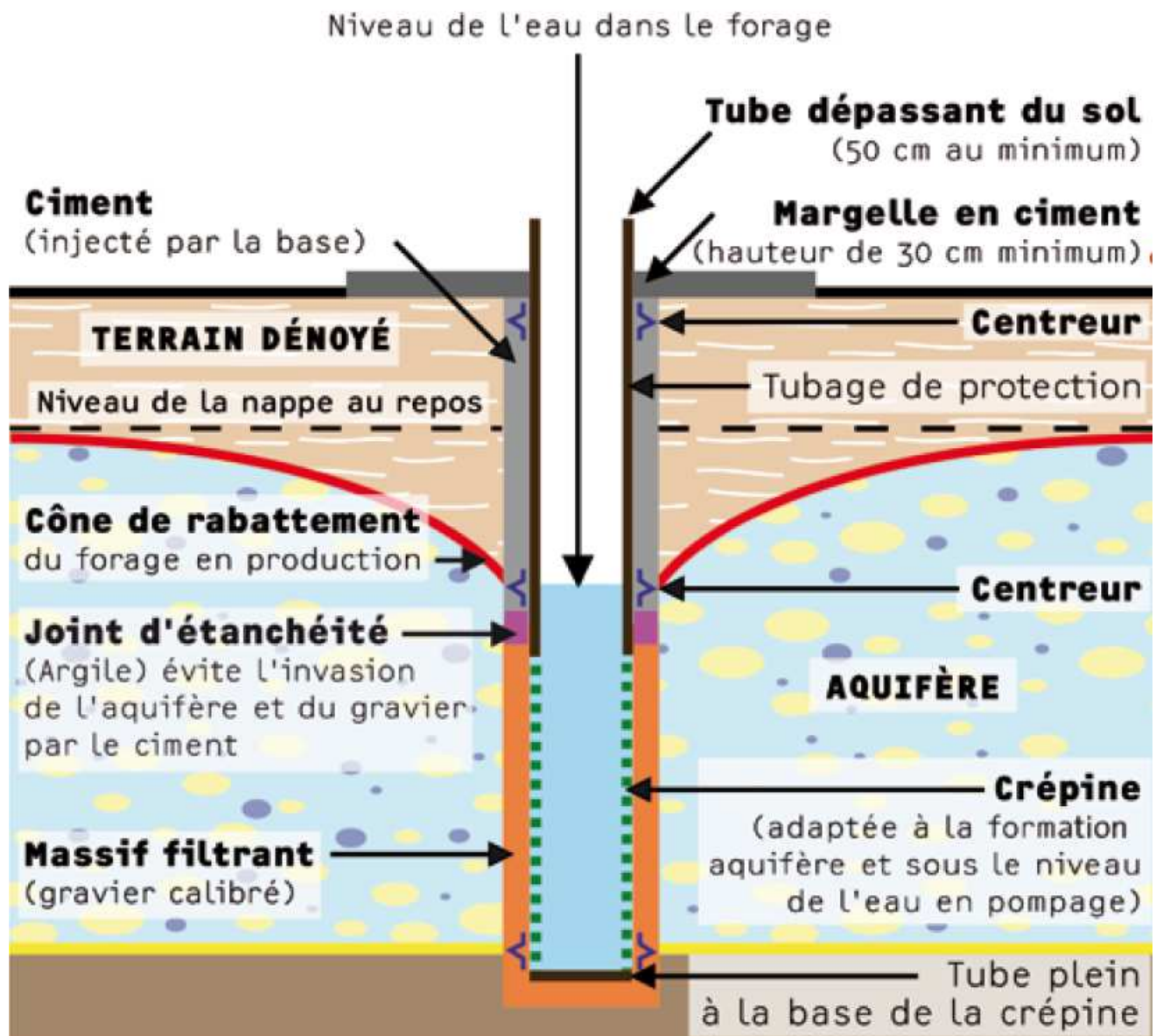
Gamme de coût d'investissement (Forage) : Coût TRES IMPORTANT

Gamme de coût de fonctionnement : Coût IMPORTANT A TRES IMPORTANT

Profondeur : 1421.6 m



Détails techniques d'un forage sur nappe :



Les principales démarches successives pour la réalisation d'une opération de géothermie avec pompe à chaleur sur aquifère superficiel sont les suivantes :

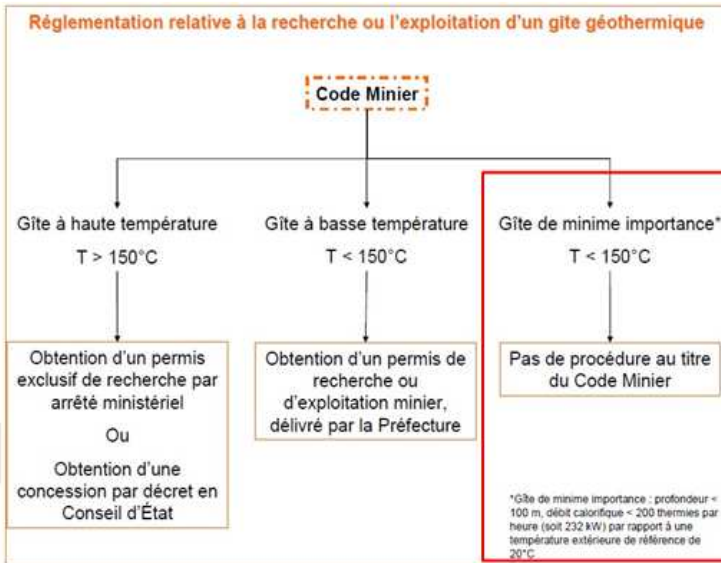
- Analyse du contexte général et définition des objectifs – Préfaisabilité : 4500 € - Aides 50% à 70%
 - Caractéristiques hydrogéologiques du site (diagnostic fondé sur des inventaires régionaux, l'existence d'un SIG, des études sur des opérations voisines...).
 - Contexte urbanistique, choix socio-économique, politique et environnemental.
 - Évaluation des besoins en chaud et/ou en froid (estimation des puissances et des consommations).
- Organisation de la conception de l'opération
 - Choix d'un bureau d'études sous-sol.
 - Choix d'un bureau d'études surface.
- Étude de faisabilité – 10 000 € HT (aides ADEME) - Aides 50% à 70%
 - Aquifère ciblé, description des forages (doublet – puits unique).
 - Schéma et fonctionnement de la boucle thermique.
 - Caractéristiques de la solution technique retenue.
 - Définition du programme des travaux.
- Démarches administratives
 - Dossier de déclaration et/ou d'autorisation: déclaration code minier, loi sur l'eau, code environnement, ICPE (puissance, débits, distance des autres ouvrages...), **garantie Aquapac®** (couvre les risques géologiques liés à la possibilité d'exploitation)
- Forage test pour identifier les couches géologiques et les débits soutirables
 - Forage test réalisé sur les forages définitifs et si les résultats sont bons, les travaux sont affermis. Les forages sont faits assez tôt dans le projet pour pouvoir trouver une solution de repli.
- Réalisation des ouvrages
- Mise en service

Procédures administratives :

Les principaux textes réglementaires qui s'appliquent aux opérations de pompes à chaleur sur nappe sont:

- Le code minier (en particulier titre V);
- Le code de l'environnement (livre II, titre 1er « loi sur l'eau » ou livre V, titre 1er « installations classées pour la protection de l'environnement »);
- Le code de la santé publique (en particulier dans le cas des opérations mixtes où l'eau extraite est également destinée à un usage alimentaire): Voir liste des déclarations et autorisation en Mairie.

• Zoom sur le code minier :



- Un «Gîte» de minime importance n'est pas soumis à l'obtention d'un permis d'exploitation mais à déclaration.

- Cette déclaration doit être faite à la DREAL, au plus tard un mois avant la réalisation des travaux, par lettre recommandée avec accusé de réception.

Cas étudié sur le projet



digio.com

• Zoom sur le code de l'environnement «loi sur l'eau» :

Rubrique	Intitulé	Régime	Arrêtés de prescriptions générales correspondant	Synthèse Sauf cas particulier :
1.1.1.0	Sondage, forage y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau. (D)	Déclaration	Arrêté du 11 septembre 2003	Dès qu'il y a forage sur aquifère => déclaration
1.1.2.0	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant : 1° Supérieur ou égal à 200.000 m ³ /an (A) 2° Supérieur à 10.000 m ³ /an mais inférieur à 200.000 m ³ /an (D)	Déclaration	Arrêté du 11 septembre 2003	Débit compris entre 10 000 et 200 000 m ³ /an = déclaration au titre de la loi sur l'eau;
5.1.1.0	Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors des travaux de génie civil, la capacité totale de réinjection étant : 1° Supérieure ou égale à 80 m ³ /h (A) 2° Supérieure à 8 m ³ /h, mais inférieure à 80 m ³ /h (D)	Déclaration		Réinjection dans la même nappe obligatoire et < 80m ³ /h

Tableau récapitulatif du code de l'env. (dite « nomenclature Eau »), articles L. 214-1 à 214-6.

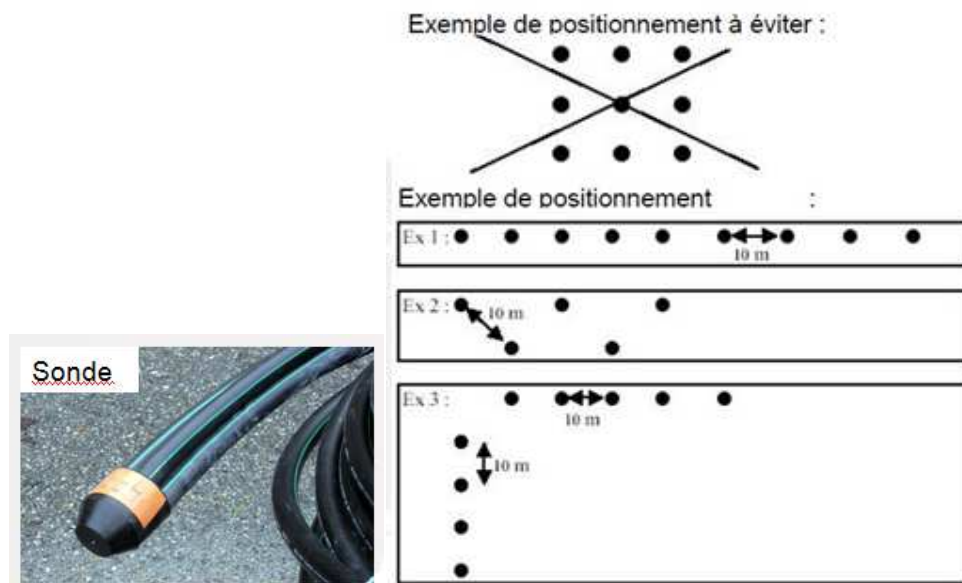


Instruction du dossier de déclaration par le service de police des eaux:
délai maximum de 2 mois

2.3.3- Sur sondes géothermiques verticales (SGV)

- La puissance soutirée au sol est d'environ 50 W/ml de sonde verticale. Par exemple, pour obtenir une puissance de chauffage de 100 kW, il est nécessaire d'implanter 15 sondes verticales (*COP de 4*) de **200 mètres**. Chaque forage doit être espacé de 10 mètres des autres. Ils doivent être placés en rang, ce qui signifie que le champ de sonde d'un bâtiment de 100 kW serait long de 150 mètres.
- Si les dimensions du terrain sont suffisamment grandes, cette solution peut être envisagée à l'échelle de bâtiments de bureaux pour faire le chauffage et la climatisation (système réversible).

- Notons qu'une simulation logicielle est indispensable pour analyser l'évolution de la T° du sol. Il faut éviter de disposer les sondes en « tas concentré » pour éviter de refroidir le sol au fil des années.



Sur sondes horizontales:

- En milieu urbain, cette solution est la moins adaptée et la moins performante parmi les systèmes de géothermie. La densité et l'emprise au sol des bâtiments excluent la faisabilité d'un tel système.
- Cette solution est plutôt réservée pour de l'habitat individuel rural car elle requiert beaucoup de surface au sol. Elle ne sera pas étudiée dans cette étude.

2.3.4- Démarches administratives

- Les principales démarches successives pour la réalisation d'une opération de géothermie avec pompes à chaleur sur sondes verticales sont les suivantes :
- Analyse du contexte général et définition des objectifs – Préfaisabilité : 4500 € - Aides 50% à 70%
 - Caractéristiques géologiques du site (diagnostic fondé sur des inventaires régionaux, l'existence d'un SIG, des études sur des opérations voisines...).
 - Contexte urbanistique, choix socio-économique, politique et environnemental.
 - Évaluation des besoins en chaud et/ou en froid (estimation des puissances et des consommations).
- Organisation de la conception de l'opération
 - Choix d'un bureau d'études sous-sol.
 - Choix d'un bureau d'études surface.
- Étude de faisabilité – 10 000 €HT (aides ADEME) - Aides 50% à 70%
 - Description des forages (nombre, profondeur, agencement).
 - Schéma et fonctionnement de la boucle thermique.

- Caractéristiques de la solution technique retenue.
- Définition du programme des travaux.
- Démarches administratives
 - Dossier de déclaration et/ou d'autorisation : code minier – délais : 1 mois en déclaration et 6 à 9 mois en autorisation
 - Dépôt en préfecture
- Test de réponse thermique (TRT) afin de mesurer la conductivité du sol (réaliser sur le 1^{er} puits)
 - Le TRT peut être exigé par l'Ademe dans le cadre de la faisabilité (projet éligible au fond chaleur)
- Réalisation des ouvrages
- Mise en service

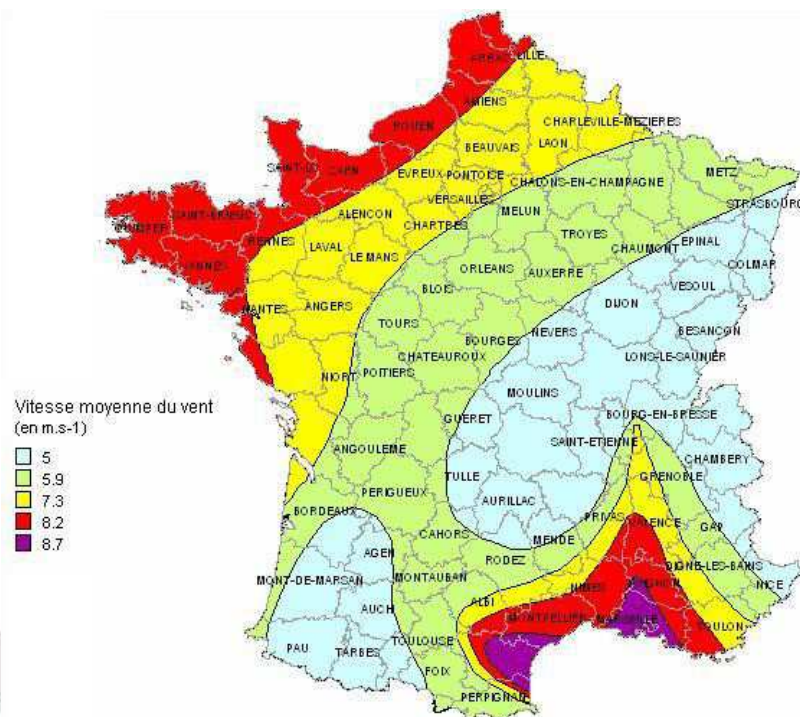
2.3- L'Éolien

Etat des lieux technologiques:

Le petit éolien regroupe les installations de moins de 30 kW.

Deux types d'éoliennes se partagent le marché du petit éolien :

- les éoliennes à axe vertical,
- les éoliennes à axe horizontal.



Type d'axe	Avantages	Inconvénients	Illustration
Horizontal	- Choix	- Installation sur un bâtiment fortement déconseillée	
	- Installateurs compétents sur tout le territoire	- Encombrement au sol pour les mâts haubanés	
	- Technologie mature	- Bruit	
	- Prix	- Mauvais rendement dans les vents turbulents	
Vertical	- Moins bruyante	- Prix	
	- Installation possible sur un bâtiment	- Complexité technique	
	- Performante dans les vents turbulents	- Les modèles les plus prometteurs sortent à peine des labos	
	- Pas de système d'orientation		
	- Autoprotection contre les vents forts		

Aspect réglementaire:

Les projets éolien sont soumis au droit commun de l'urbanisme. Les règles locales d'urbanisme (plan d'occupation des sols : POS, ou plan local d'urbanisme : PLU) peuvent prévoir l'interdiction explicite d'implanter des éoliennes. Si ce n'est pas le cas, l'installation d'éoliennes, comme toute autre installation d'intérêt général, est autorisée dans toutes les zones.

L'autorité compétente pour délivrer le PC, dans un cas d'autoconsommation est le Maire, tandis que lorsqu'il y a vente d'électricité, c'est le Préfet.

Hauteur du mat	< 12m	H > 12m
Documents	Déclaration de travaux	Permis de construire

L'étude d'impact est la pièce maîtresse du dossier d'enquête publique obligatoire pour des projets de plus de 50 m. Celle-ci est demandée pour tout ouvrage qui peut porter atteinte à l'environnement.

Hauteur du mat	< 12m	12m < H < 50m	H > 50m
Documents	Déclaration de travaux	Permis de construire Notice d'impact ICPE : déclaration si P<20MW	Permis de construire Etude d'impact Enquête publique ICPE : Autorisation

Le potentiel sur le projet :

- Le secteur ne se trouve pas en Zone de Développement de l'Eolien (ZDE) permettant de bénéficier d'un tarif d'achat de l'électricité subventionné;
- Il est préférable d'avoir un site dégagé avec des vents majoritairement unidirectionnels. Le potentiel est donc limité en milieu urbain; Les études des vents locales sont réalisées à de grandes hauteurs et ne sont pas suffisantes pour caractériser le potentiel en milieu urbain.

Les caractéristiques de l'éolien:

- En site isolé, il est intéressant de consommer directement l'énergie produite. En présence d'un réseau électrique, l'électricité produite est réinjectée avec deux options possibles: l'autoconsommation avec vente du surplus ou la vente totale de la production;
- L'investissement est variable selon la gamme de puissance et la technologie mais reste élevé. Il n'y a pas de rentabilité économique à attendre dans le cas de petites éoliennes.

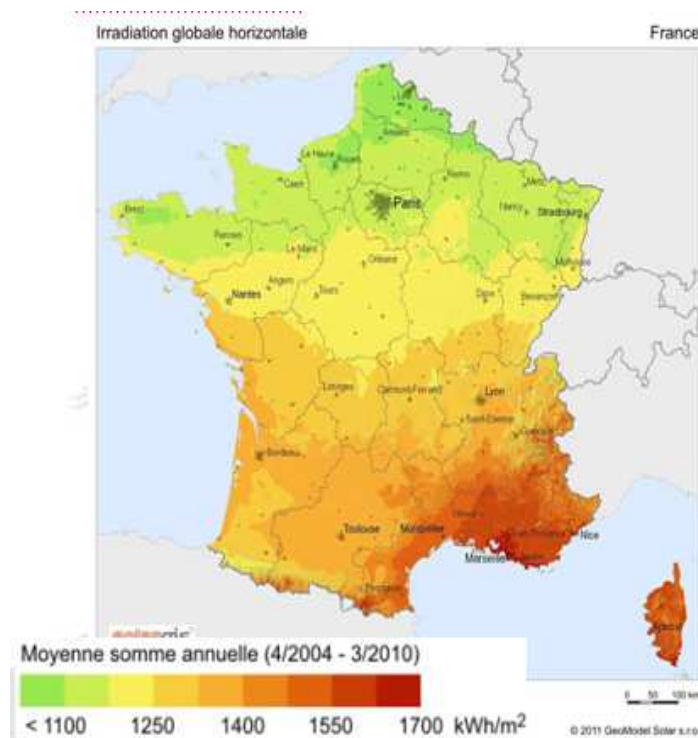
- Potentiel pour l'opération: Le micro (<1kw) et le petit éolien (<30kw) sont les plus adaptés pour une opération d'aménagement, en intégration sur des bâtiments d'équipements publics par exemple.

Puissance nominale	Diamètre de l'éolienne (des pales)	Prix de l'éolienne (installation comprise) (HT)	Production annuelle
100 à 500 W	0,5 - 2 m	3000 - 5000 €	200 - 1000 kWh
500 à 1 kW	2 - 3 m	5000 - 14 000 €	1000 - 2000 kWh
1 kW à 5 kW	3 - 6 m	14 000 - 35 000 €	2000 - 10 000 kWh
5kW à 10 kW	6 - 8 m	35 000 - 45 000 €	10 000 - 20 000 kWh
10 kW à 20 kW	8 - 12 m	45 000 - 80 000 €	20 000 - 40 000 kWh

2.4- Le Solaire

Le potentiel

- La ressource solaire à l'échelle nationale présente des différences selon les régions. A Tournefeuille, le flux solaire incident est intéressant. Le gisement solaire se situe autour de 1450 kWh/m².an
- Sans restriction ABF, nous conseillons d'intégrer la mise en place de panneaux sur les bâtiments dans le cahier de charges environnemental de l'aménagement pour consommation RT2012.



Carte du potentiel solaire français
Source ADEME/SolarGis

Calsol INES Education - Logiciel CALSOL - Gisement solaire
estimation de l'énergie solaire disponible avec masque

Les résultats calculés par le présent logiciel sont donnés à titre indicatif et devront faire l'objet d'une étude les confirmant. En aucun cas, ils n'engagent la responsabilité de l'INES.

Choix de la ville : Prendre en compte un masque :

Inclinaison du plan : Orientation du plan : Albédo du sol :

[Cliquez ici pour valider votre choix et lancer les calculs](#)

Irradiation sur un plan horizontal en kWh/m² par jour ☐ ou en kWh/m² cumulés ☒ [Sources](#)

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Globale (IGH)	41	64	110	137	185	191	185	168	125	87	47	32	1372
Directe (IDH)	14	28	56	67	103	107	99	93	67	43	17	9	702
Diffuse (IDH)	27	36	55	70	82	85	86	75	59	44	29	23	670

Irradiation sur un plan d'inclinaison 45° et d'orientation 0° avec le masque. [COMPARAISONS](#)

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Directe (IDP)	35	54	82	75	94	88	85	94	88	76	40	25	836
Diffuse (IDP)	23	30	47	60	70	72	74	64	50	37	25	19	572
Réfléchie (IRP)	1	2	3	4	5	6	5	5	4	3	1	1	40
Globale (IGP)	59	87	132	139	170	166	164	163	141	116	66	45	1448

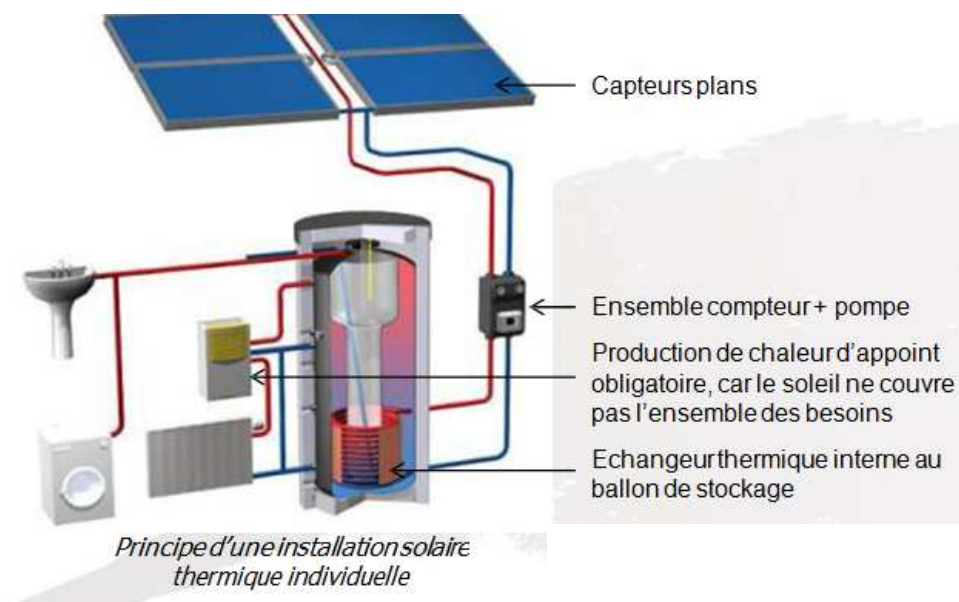
Calcul du gisement solaire - Calsol

www.inddigo.com

2.4.1- Le solaire thermique (Eau chaude sanitaire)

Différentes technologies existent et la plus courante est la technologie des capteurs plans. Les panneaux permettent de produire l'eau chaude, grâce à la circulation d'un fluide intermédiaire (eau glycolée) dans les capteurs solaires. La chaleur du rayonnement solaire est ensuite distribuée au réseau d'eau de chauffage par le biais d'un échangeur thermique.

Le solaire thermique est utilisé dans la majeure partie des cas pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS). Nous ne retiendrons pas la possibilité de réaliser le chauffage par le solaire; cela impliquerait une perte de rentabilité de l'installation du fait de la non correspondance entre la période d'ensoleillement maximum (l'été) et la période de chauffage (l'hiver).



Potentiel pour l'opération : Potentiel fort pour les logements. Ces études seront donc à mener par les entreprises/promoteurs (Aides Ademe pour les études entre 50% et 70%).

L'implantation peut être imposée dans le cahier des charges de cession.

- Dans le logement individuel :
 - Mode CESI (chauffe-eau solaire individuel) pour chauffer l'eau chaude sanitaire. La chaudière apportant le complément en cas de manque d'ensoleillement.
- Dans le logement collectif :
 - avec la RT 2012, le mix solaire + chaudière est une garantie de conformité réglementaire ;
 - Il existe les solutions :
 1. CESCO (chauffe-eau solaire collectif à stockage et appoint individualisé) Cette solution facilite l'individualisation des charges mais présente un surcoût important à l'investissement ;

2. CESCAI (chauffe-eau solaire collectif à stockage collectif et appoint individualisé).

3. Solution à stockage collectif et appoint collectif (moins coûteux)

- Les solutions avec stockage centralisé sont à privilégier pour leur simplicité, leur efficacité, leur mise en œuvre et leur maintenance plus aisée. Cependant, le choix dépendra de la configuration des futurs logements et du système de chauffage retenu

2.4.2- Le Solaire – Photovoltaïque

- Les panneaux photovoltaïques permettent de produire de l'électricité grâce à une réaction photoélectrique.
- En site isolé, il est intéressant de consommer directement l'énergie produite. Cependant, en présence d'un réseau électrique, les panneaux sont utilisés essentiellement pour la vente d'électricité à EDF. La rentabilité des projets est accrue grâce au tarif d'achat subventionné.
- L'association PV CYCLE a été créée en 2007 dans le but de mettre en application le recyclage des déchets de panneaux photovoltaïques en fin de vie.



Exemple de panneaux solaires photovoltaïques intégrés en ombrière de parking

Potentiel pour l'opération: Implique une réflexion en amont sur l'orientation et l'inclinaison des toitures. L'implantation optimale: inclinaison de 35°- 45°, orientation Sud

Pour l'atteinte du label bâtiment à énergie positive (BePos), l'utilisation de panneaux PV est quasi indispensable aujourd'hui.

L'intégration en ombrière de parking évite la monopolisation d'un foncier précieux et permet de disposer d'unités de rechargement de voiture électrique.

Focus sur le tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque:

- Arrêté du 7 janvier 2013: Les tarifs sont révisés chaque trimestre en fonction du nombre de projets déposés le trimestre précédent. Plus il y a de demande, et plus le tarif baisse.
- Par exemple, Le tarif d'achat (T3: juillet - septembre 2013) a connu une baisse de 3,5% sur le trimestre précédent pour des installations jusqu'à 9kWc.

- Notons que l'ancien tarif 9-36 kW en intégration totale (IAB) a été supprimé.

Type d'installation	Puissance	du 01/04/16 au 30/06/16
Intégré au bâti	[0-9kW]	24,65 c€/kWh
Intégration simplifiée au bâti	]0-36 kW]	13,26 c€/kWh
	]36-100 kW]	12,63 c€/kWh
Sans intégration, ou hors critères ci-dessus, ou au sol	[0-12MW]	5,8 c€/kWh

Tarif 2016 – second trimestre : Source CRE/ Enerplan

- Le tarif d'intégration au bâti semble disparaître au profit de l'intégration simplifiée. Celle-ci doit remplir les conditions d'intégration suivantes :
 - Plan de toiture et assure l'étanchéité ;
ou
 - Allège, bardage, brise soleil, garde corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse, mur rideau.

2.4.3- Le Solaire + Eolien

Les technologies adaptées aux espaces publics:

- L'éolien et le photovoltaïque peuvent être utilisés (seul ou en combiné) sur les équipements d'espaces publics et notamment sur les mâts d'éclairage public.
- Ils posent cependant deux problématiques:
 - Dans le cas d'un fonctionnement en autonomie, il est nécessaire de stocker l'énergie dans des batteries qui sont des équipements fortement polluants. Cette technologie est à privilégier en l'absence de réseau électrique pour les sites isolés. La combinaison éolien et photovoltaïque permet d'optimiser l'autonomie.
 - Si un réseau électrique est présent, l'électricité produite peut être réinjectée sur le réseau mais il se pose le problème de la complexité du raccordement électrique à réaliser au niveau de l'ensemble des candélabres. Le bon équilibre technique/financier/intérêt environnemental et politique n'est pas évident.

→ En présence d'un réseau électrique, l'utilisation de l'éolien et du photovoltaïque est à privilégier sur des équipements plus conséquents: intégration à des parkings couverts ou abribus par exemple...



Exemple de mâts d'éclairage public intégrant éoliennes et panneaux photovoltaïques

www.inddigo.com



Exemple de panneaux photovoltaïques intégrés en ombrières de parking

2.5- LE BOIS ENERGIE

Approvisionnement bois :

- Coopérative forestière :
 - COFOGAR (Longages à 50km)
- ONF Bois énergie : <http://www.onf-energie-bois.com>
- Entreprises Privés :
 - Granobois ;
 - SAS Minatel à Miremont
 - Cofely : filière développée spécifiquement pour les installations exploitées
- Syndicat Mixte de Traitement des Déchets
 - Trifyl (Tarn).



Granulés



Plaquettes

La filière d'approvisionnement bois dans la région toulousaine est suffisamment développée pour fournir en bois un projet de réseau de chaleur sur la ZAC.

Prix du bois :

Le bois déchiqueté de bonne qualité se situe localement entre 20 et 25 €HT/MWh.
 Caractéristiques plaquettes : humidité 25%-30% ; 0,25 tonnes/MAP ; 3300 kWh/tonne

Les caractéristiques et ordres de grandeur d'un projet bois énergie:

● Le bois énergie a deux applications:

- Chaudière bois dédiée ou individuelle, à l'échelle d'un bâtiment :
 - Nécessité d'aménager des voies de circulation adaptées aux modes de livraisons ;
 - Exemple d'une chaudière à granulés : chaufferie granulés, puissance 50 kW, consommation annuelle d'environ 20 tonnes/an.

=> Les études seront à mener par l'entreprise ou le promoteur.
- Chaufferie bois centralisée avec réseau de chaleur pour un ensemble de bâtiments :
 - Nécessité d'une réserve foncière pour l'implantation d'une chaufferie, d'un espace de stockage et d'une aire de manœuvre;
 - Exemple d'une petit réseau de chaleur: chaufferie bois plaquette, puissance 800 kW, consommation annuelle de 700 à 900 tonnes de bois/an; site de production de **1000 m² d'aménagement** compris 100 m² de chaufferie (hors silo).
- Quelques remarques concernant la création d'un réseau de chaleur :
 - **Des consommateurs importants** à faible intermittence doivent permettre de structurer le réseau
(type hôpital, piscine, maison de retraite, grand ensemble de logements collectifs...);
 - Pour permettre une rentabilité technico-économique, **la densité énergétique** (rapport entre besoins en chaleur/longueur du réseau) doit être satisfaisante;
 - Nécessité d'intégrer un **phasage de construction** de l'aménagement qui soit favorable au réseau de chaleur.

2.6- RECUPERATION DE LA CHALEUR DES EAUX USEES

TECHNOLOGIE DEGRÉS BLEUS

LE BATIMENT

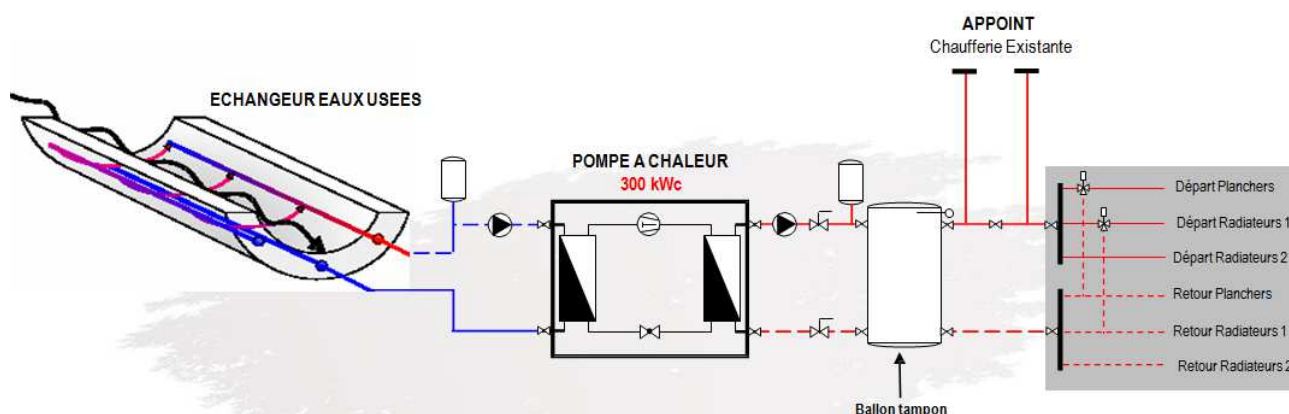
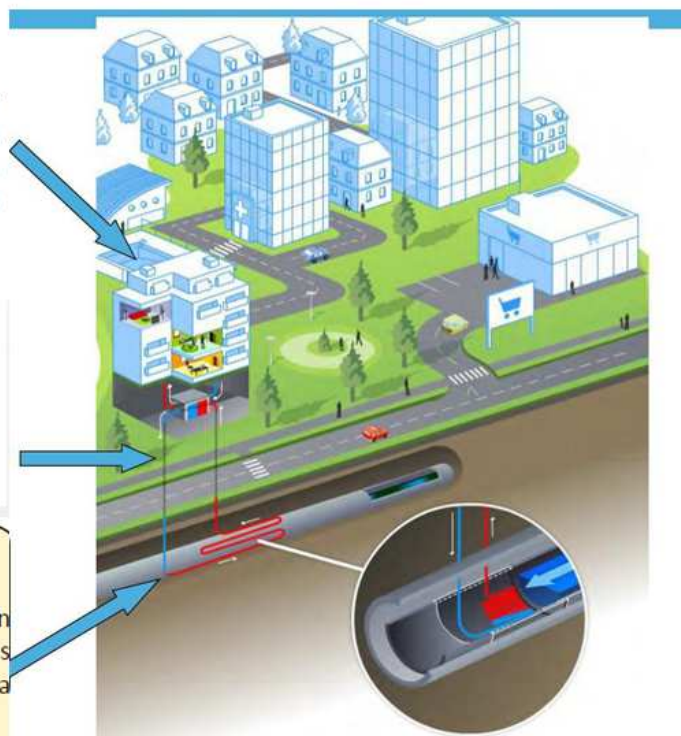
Le fluide sert à alimenter la pompe à chaleur installée dans la chaufferie et raccordée aux circuits de chauffage et/ou d'ECS du bâtiment. Pour une utilisation optimale, ces circuits doivent être basse température (< 65 °C).

LE FLUIDE CALOPORTEUR

Le fluide caloporteur circule en boucle fermée de l'intérieur des échangeurs à la chaufferie du bâtiment. Il est constitué d'eau glycolée. Sa température passe de 4 °C à 8 °C au contact de l'échangeur.

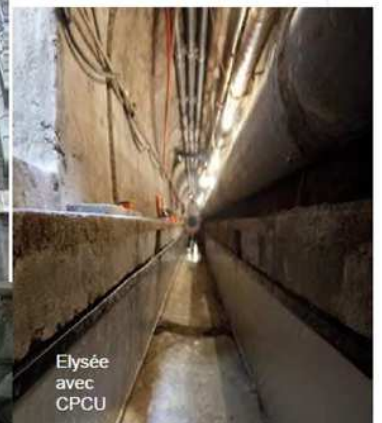
L'ÉCHANGEUR

L'échangeur de chaleur est constitué de plaques en inox qui permettent de transférer les calories des eaux usées au fluide caloporteur qu'il contient. Sa durée de vie est de 30 ans

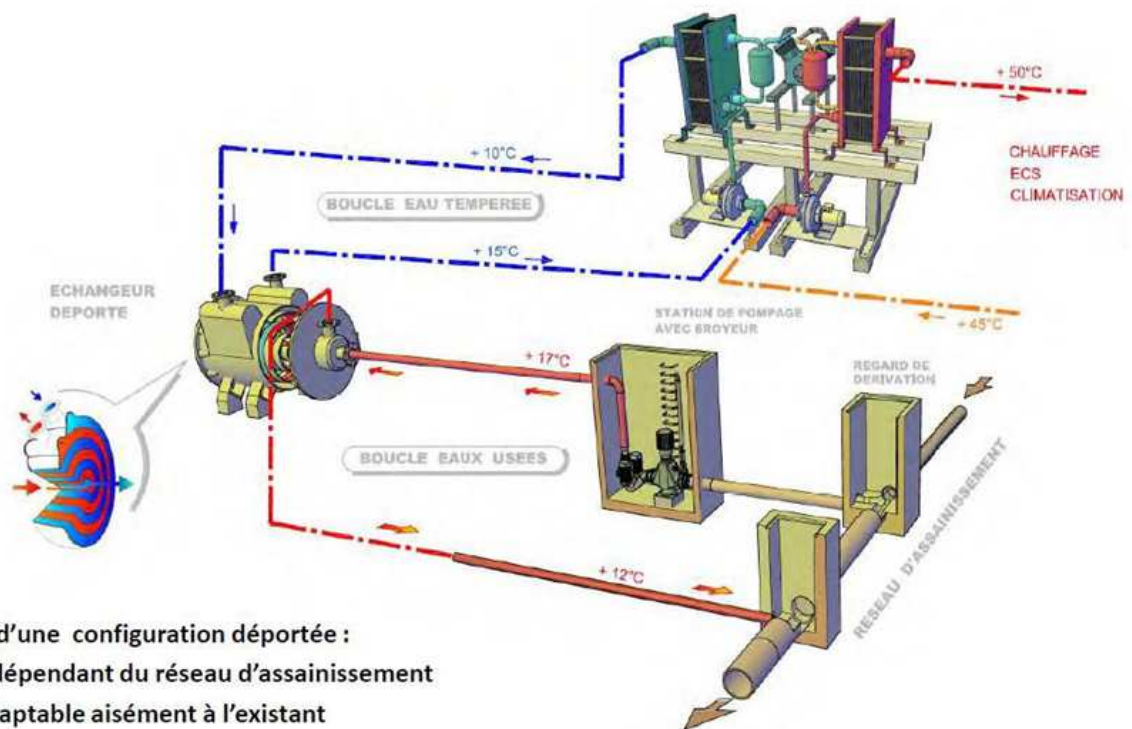


Cas de récupération de la chaleur du réseau d'assainissement à l'Hôtel de Bordeaux Métropole :

- La nouvelle installation a été mise en service en février 2011 ;
- Le bâtiment comprend 24 000 m² de bureaux ;
- Les eaux usées des réseaux d'assainissement ont une température relativement stable et comprise entre 13°C et 20°C toute l'année ;
- **Coût global : 1,248 million € ;**
- **Financement ADEME : 505 k€ ;**
- l'échangeur dans le réseau d'eaux usées. Il a une dimension de 198 mètres linéaires et est constitué de plaques en inox de 300 kilos placées au fond de la canalisation ;
- la liaison entre l'échangeur et la chaufferie (environ 300 mètres) ;
- **deux pompes à chaleur de 630 kW chacune ;**
- 300 000 kWh économisés par an ;
- 108 tonnes de CO₂ évitées par an ;
- Economies financières sur la facture d'énergie de 30 000 euros par an et sur la maintenance de 20 000 euros par an.



TECHNOLOGIE ENERGIDO



Les atouts d'une configuration déportée :

- Indépendant du réseau d'assainissement
- Adaptable aisément à l'existant
- Echangeur facilement accessible pour maintenance



Pour que ce système soit viable, des conditions de rentabilité économique minimum doivent être réunies :

- Puissance > 200 kW ;
- Débit d'eaux usées > 12 l/s ;
- Température d'eau usée doit être appropriée : aux alentours de 13-15°C ;
- Proximité de la canalisation d'eaux usées du projet (200m);
- Diamètre de canalisation de 400mm minimum;
- Nécessité d'avoir au moins 2 des 3 usages (chauffage, ECS, climatisation) pour avoir un appel de puissance continu toute l'année et permettre ainsi de réaliser un maximum d'économies.

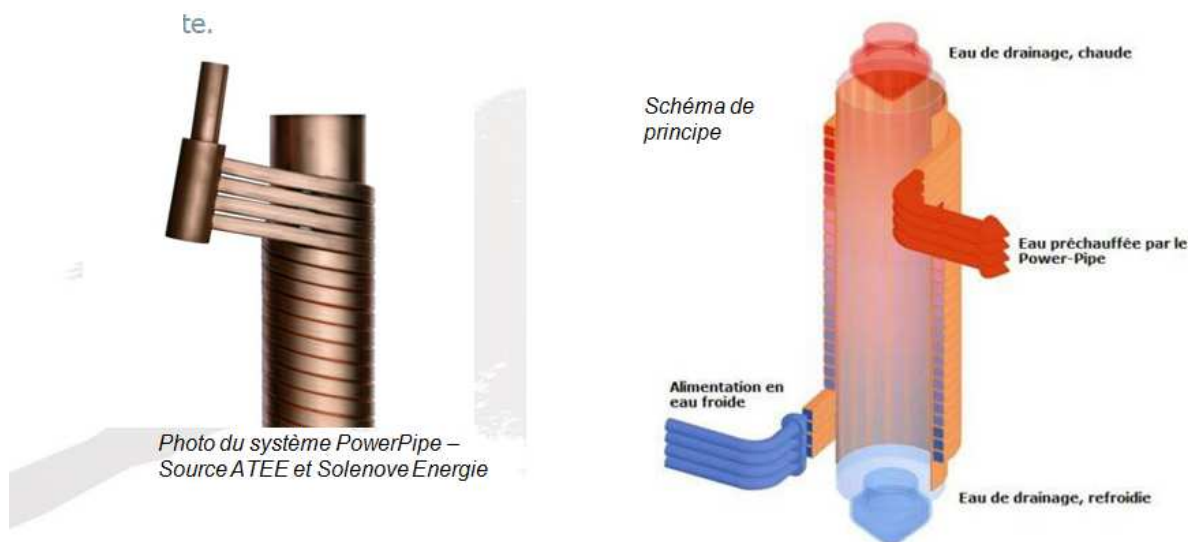
Les eaux usées de l'aménagement seul ne suffiront pas à alimenter en énergie un tel système pour approvisionner l'ensemble de l'aménagement.

Nous n'avons pas d'informations sur les caractéristiques des réseaux existants pour connaître le potentiel existant. Néanmoins, il semblerait que les réseaux présents soient des ramifications de faible diamètre (cf. plan diapo suivante).

Solution à l'échelle du bâtiment :

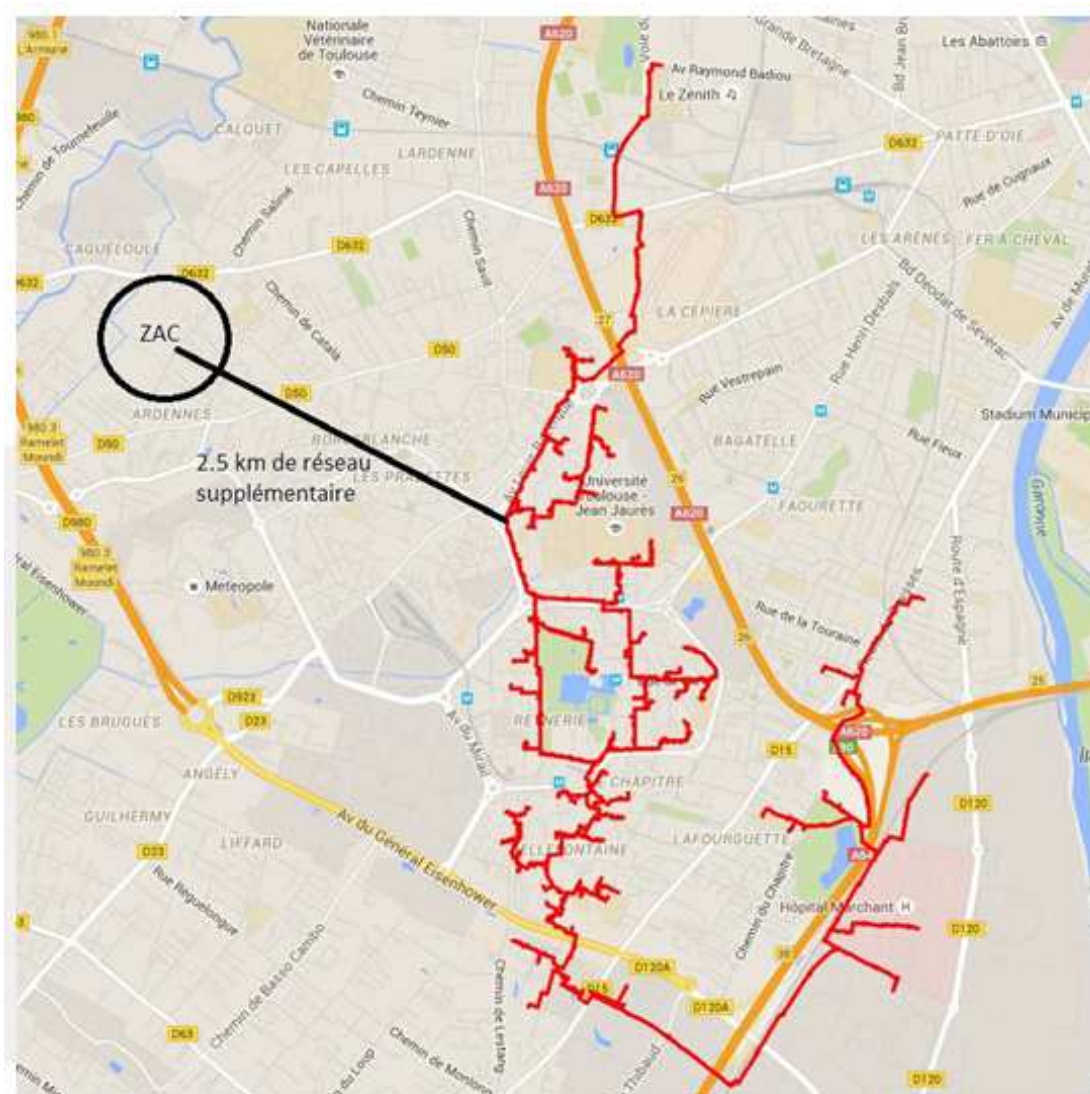
A l'échelle du bâtiment, il existe des technologies de récupération sur les eaux usées pour effectuer du préchauffage.

Cette technologie du type « PowerPipe » de Solenove Energie, est plutôt réservée à des bâtiments de logements collectifs. Elle ne nous paraît pas adaptée pour des bâtiments de bureaux qui ont de faibles rejets d'eaux usées. En revanche, son utilisation pour les process industriels peut être pertinente.



2.7- RESEAUX DE CHALEURS EXISTANTS

- Les réseaux de chaleur :
 - Existants :
 - Toulouse Mirail;
 - Toulouse St Exupéry ;
 - ZAC du Ritouret Blagnac ;
 - Le réseau de chaleur du Mirail est le plus proche :
 - 2.5 km du tronçon le plus proche ;
 - Les tronçons du réseau du Mirail sont-ils dimensionnés pour pouvoir alimenter la ZAC ?
 - Nécessité de trouver d'autres bâtiments sur le chemin souhaitant se raccorder. Portage politique complexe car multitude d'acteurs



Réseau de chaleur du Mirail

2.8- SYNTHESE – ENERGIES VIA SYSTEMES CENTRALISES (RESEAU DE CHALEUR)

■ Pas de potentiel - non retenue
■ Réalisable sous conditions
■ Envisageable

Sources ENR	Avantages	Inconvénients	Avis INDDIGO
Bois énergie	• Distribution de droit à consommer + par la RT2012 pour les réseaux de chaleur à faible émission de CO2 ; • Schéma directeur oblige les bâtiments neufs à se raccorder au réseau; • Stabilité du prix de la chaleur	• Disposer de foncier pour une implantation de la chaufferie et d'une aire de manœuvre des camions de livraison ; • Livraisons régulières par les camions génèrent du bruit qui sera à gérer ; • Investissement élevé ; • Montage juridique et financier à établir ;	Le réseau de chaleur bois avait été ciblé comme solution pertinente en 2011. il sera de nouveau étudié
Méthanisation / Biogaz	• Gestion durable et de proximité des déchets d'un territoire ; • Valorisation du digestat pour les agriculteurs ; • Production d'une énergie renouvelable ;	• Projet en milieu urbain difficile à approvisionner ; • Nécessite un emplacement de stockage des déchets fermentescibles ; Gêne olfactive ; • Installation ICPE incompatible avec les objectifs du projet; • Système financé généralement par un tiers investisseur;	Aujourd'hui pas de projet à proximité ;
Géothermie très basse énergie	• Chauffage et climatisation sur le même système ; • Performance intéressante (COP) ;	Sur nappe : • Prévoir de tests de qualité d'eau; • Lourdeur administrative Sur SGV: • Demanderait trop de sondes (mitage du terrain) • Etude de faisabilité à réaliser;	La géothermie sur nappe présente des débits trop faibles pour une application centralisée à l'échelle de l'aménagement. De même, une solution sur sondes verticales est inadaptée à cette échelle (pas assez d'espaces disponibles pour implanter les sondes) sur l'aménagement.
Cogénération biomasse	• Energie renouvelable ; • Production d'électricité avec tarif d'achat de l'électricité produite subventionnée	• Puissances très importantes requises ; • Système très coûteux plutôt adapté à de grosses industries ; • Subventions sur appel d'offre de la CRE (Commission de Régulation de l'Energie)	Pas de projet industriel in situ ; Pas d'opportunité sur le projet– Source ENR non retenue ;
Chaleur fatale des eaux usées	• Chauffage et climatisation sur le même système possible ; • Performance très intéressante, surtout pour du tertiaire ;	• Réseaux trop faibles en diamètre • Système de chauffage à basse température ;	Station de traitement trop éloignée. Source ENR non retenue
Réseau de chaleur existant	• Peu d'investissement; • Schéma directeur oblige les parcelles à se raccorder au réseau;	• Installation d'un réseau de chaleur à prévoir. Quel montage financier et juridique ? • Obliger les promoteurs et entreprises à mettre à disposition un local technique;	Réseau de chaleur du Mirail. A étudier
Solaire thermique/ climatisation solaire	• Indépendance énergétique par rapport aux énergies fossiles ; • Adapté pour des logements	• Inadéquation des besoins de chauffage avec la période d'ensoleillement ; • Climatisation solaire est coûteuse et peu adaptée au projet ; • Conception des bâtiments particulière est requise ; • Investissement lourd : réflexion sur le portage de l'investissement à entreprendre	Imposer aux promoteurs de mettre à disposition leur toiture pour le gestionnaire de réseau de chaleur – A étudier

2.8- SYNTHESE – ENERGIES VIA SYSTEMES CENTRALISES (A L'ECHELLE DU BÂTIMENT)

Sources ENR	Avantages	Inconvénients	Avis INDDIGO
Bois énergie	•Energie renouvelable ; •Prix du bois décheté intéressant ; •Stabilité du prix du bois ; •TVA à 10%	•Réserver de la place sur chaque parcelle pour l'implantation d'une chaudière + silo de stockage + espace de livraison ; •Livraisons régulières par les camions ; •Investissement élevé à porter par les futurs acquéreurs ;	La faible consommation des logements RT2012 sur le projet ne permet pas la réalisation de chaufferies à l'échelle du bâtiment.
Eolien	•Publicité / communication environnementale autour de l'aménagement; •Energie gratuite ;	•Implantation en hauteur ; •Limité à 12m de hauteur sans permis de construire •Pas de tarif d'achat subventionné de l'électricité •Il n'y a pas de retour sur investissement à attendre.	Cette solution peut difficilement être imposée aux entreprises et aux promoteurs En revanche, l'implantation d'une petite éolienne de quelques kW est envisageable sur un équipement public ;
Géothermie très basse énergie	•Chauffage et climatisation sur le même système ; •Performance intéressante (COP) ; •Nappe d'eau au débit intéressant à l'échelle de la parcelle ;	•Nécessite la réalisation d'un forage test et des analyses de l'eau ; •Température d'eau chaude max = 55°C •Système coûteux pouvant difficilement être imposé aux futurs industriels ; •Etudes complémentaires à faire en phase opérationnelle ;	Sur nappe : Solution pertinente pour un équipement public tertiaire ayant des besoins de climatisation Sur sondes : Manque d'espaces au sol pour l'implantation des sondes suivant les règles de l'art
Chaleur fatale des eaux usées	•Chauffage et climatisation sur le même système possible ; •Performance très intéressante ;	•Système de chauffage à basse température ; •Distance au collecteur?	Equiper les logements collectifs de PowerPipe est envisageable de manière à récupérer les calories sur les eaux usées – Solution technique à l'échelle du bâtiment. Pas adapter aux commerces sauf process particulier
Solaire thermique	•Indépendance énergétique par rapport aux énergies fossiles ; •Adapté pour des logements	•Inadéquation des besoins de chauffage avec la période d'ensoleillement ; •Climatisation solaire est coûteuse et peu adaptée ; •Conception des toitures à prévoir ; •Investissement lourd ;	Implantation sur les logements pour diminuer les consommations d'énergie d'appoint. Pas adapter aux commerces sauf process particulier
Solaire photovoltaïque	•Indépendance énergétique par rapport aux énergies fossiles ; •Tarif d'achat subventionné ; •Production permettant d'atteindre la RT2020	•Rendement faible (<20%) ; •Structure porteuse à prévoir ;	Pour les bâtiments RT2020, le photovoltaïque est un des moyens pour atteindre l'objectif de bâtiment à énergie positive. Application sur des équipements publics est à envisager.

3- DEFINITION DES SCENARII ENERGETIQUES

3.1- PISTES A ETUDIER

Nous définissons un îlot moyen de référence pour pouvoir comparer les scénarii d’approvisionnement énergétique entre eux. Celui-ci correspondra à l’îlot A.

L’îlot est composé exclusivement de logements ;

Données énergétiques bâtiment - habitat intermédiaire		Îlot A	
	Nb de personnes	192	
	SdP	5 120	m²
	Besoins de chauffage tot	102 400	kWh/an
	Besoins d'eau chaude (ECS)	102 400	kWh/an
	Puissance de chauffage tot	128	kW
	Puissance d'ECS	51	kW
	Puissance utile max	179	kW

Les scénarii suivants ont été retenus à l’issue de la phase 1 et seront étudiés de manière technique, économique et environnementale :

	Logements - habitat collectif		
	Chauffage	ECS	Echelle d'implantation
Scénario 00	Chauffage électrique		individuel
Scénario 01 de référence	Chaudière individuelle gaz mixte		individuel
Scénario 02	Chaudière gaz collective + solaire thermique		Bâtiment / Îlot
Scénario 03	Réseau de chaleur du Mirail		ZAC
Scénario 04	Réseau de chaleur Bois - ZAC		ZAC
Scénario 05	Réseau de chaleur Bois + Solaire		ZAC
Scénario 06	Réseau de chaleur géothermie 1400m		ZAC

3.2- DIMENSIONNEMENT – ZOOM SUR LE SCENARIO RESEAU BOIS

3.2.1- DETAIL DES INVESTISSEMENTS

Aménagement :

Réseau de chaleur ZAC	ml	1250	550	687 500
Primaire sous station : Echangeur, compteur, régulation	U	20	7 500	150 000
Sous total	€ HT/an			837 500
Subventions réseau – 40%	€ HT/an			334 250
Sous total avec subventions	€ HT/an			503 250

Chaufferie bois :

Terrassement, VRD	m²	700	80	56 000
Genie civil	m²	150	1600	240 000
Production (Chaudière bois 700 kW, vis, bigbag, filtre ...)	ens	1	230000	230 000
Chaudière appoint gaz 2 MW	U	1	50000	50 000
Raccordement Gaz Nat.	Ens	1	10000	10 000
Conduits de fumées	Ens	1	25000	25 000
Electricité - Sécurité - Régulation chaufferie	Ens	1	50000	50 000
Hydraulique chaufferie	Ens	1	60000	60 000
Hydro-accumulation	Ens	1		-
Autres (Etudes 10%, imprévus 5%)	Ens	1	108 150	108 150
Sous total	€ HT/an			829 150
Subventions chaufferie - 36%	€ HT/an			303 560
Sous total avec subventions	€ HT/an			525 590

TOTAL €HT avec subventions	€ HT/an			1 028 840
-----------------------------------	----------------	--	--	------------------

Bâtiment :

Surcout sous station (normes : CF, disco,...)	Ens	1	4 000	4 000
Hydraulique, électricité, régulation, stockage ECS	Ens	1	10 800	10 800
Pose et mise en service	Ens	1	8 000	8 000
Système de distribution primaire chauff + ECS	Ens	1	72 960	72 960
Sous total	€ HT/an			95 760



3.3- CRITERES D'ANALYSE

- Aspect économique: Analyse en coût global**

Le coût global permet d'apprécier l'ensemble des coûts liés aux différents postes énergétiques (consommations, entretien, renouvellement de matériel, investissements)

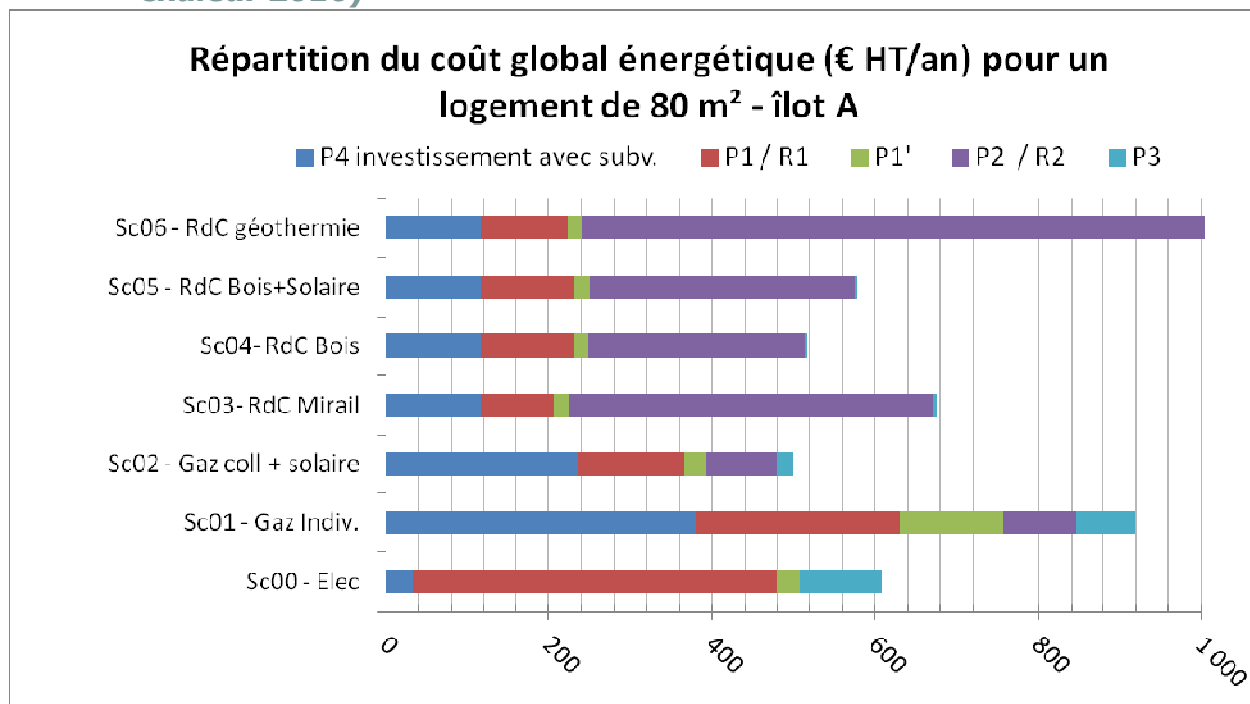
Il se décompose en 4 postes de dépenses annuelles:

- **P₁**: facture de combustible annuelle (gaz, bois, électricité...);
- **P_{1'}**: facture d'électricité des auxiliaires de chauffage/climatisation (par exemple les pompe de réseau de chaleur, pompe forage...);
- **P₂**: Conduite d'installation, entretien et renouvellement du petit matériel (filtres, calorifuge...);
- **P₃**: Renouvellement du gros matériel;
- **P₄**: Annuité de remboursement d'emprunt sur 20 ans (investissement à 100% emprunter; taux d'intérêt de 4,5%).
 - L'investissement inclus également la distribution de chauffage et d'ECS.

NB : Notre étude économique est effectuée sur la base des hypothèses de prix de Juin 2016.

3.4- COMPARAISON DES SCENARII

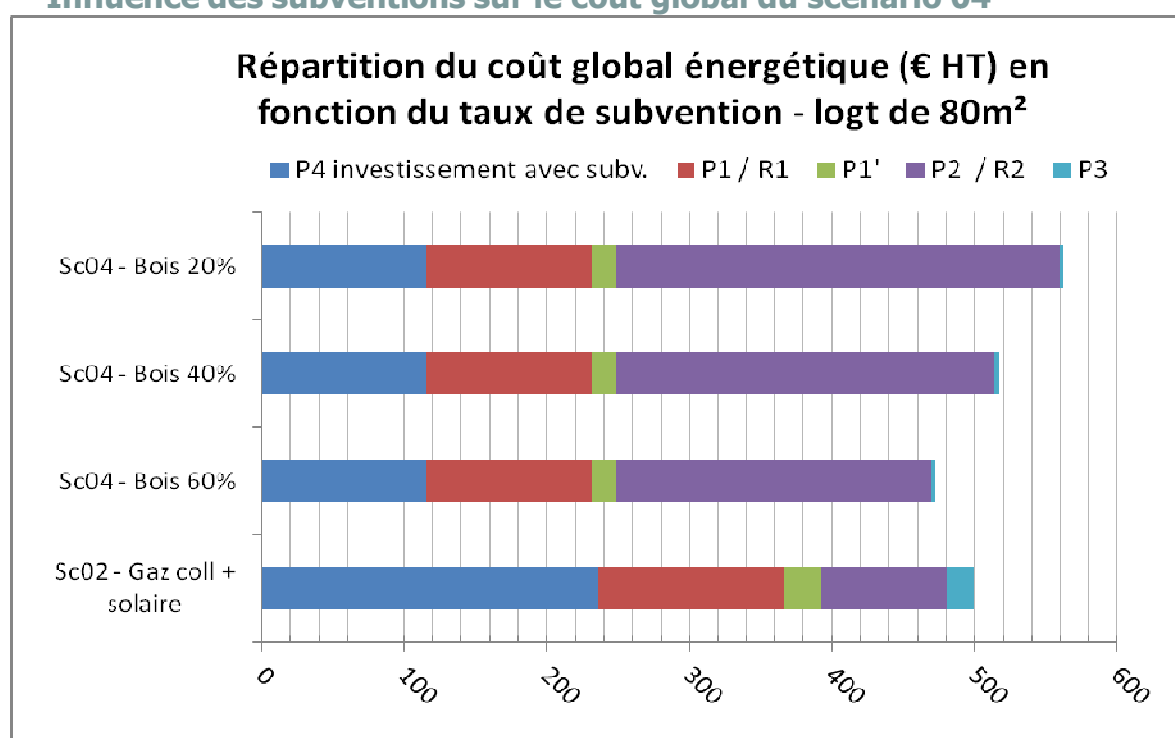
- Synthèse en coût global pour les logements (avec subventions fds chaleur 2016)**



➤ Avec la réduction des consommations, le P4 devient un enjeu plus important que le P1. La performance des systèmes n'est donc plus un paramètre dominant pour obtenir l'équilibre financier. Les scénarii utilisant des solutions trop coûteuses, mais pourtant vertueuses et efficaces en terme de rendement ne parviennent pas à être concurrentes.

- Les scénarii les plus pertinents économiquement sont les scénarii 04 et 02.
- Les solutions individuelles ne permettent pas la mutualisation des coûts et leur coût global est moins attractif (Sc00 et Sc01).
- Le scénario tout électrique présente un investissement P4 minimum séduisant, mais trompeur. Les charges des locataires sont élevées et le calcul RT2012 ne sera pas conforme sans des efforts importants sur la ventilation, l'isolation et sur la conception bioclimatique qui en milieu urbain peut être limitée (orientation des pièces de vie au sud, etc...).
- Le scénario 04 présente des incertitudes quant à la faisabilité technique de ce scénario ; le réseau de chaleur existant est-il dimensionné pour permettre ce raccordement ? Il dépasse le seul cadre de la ZAC car pour être pertinent économiquement, il sera nécessaire de raccorder des bâtiments existants tels que le site de Météo France par exemple.

• Influence des subventions sur le coût global du scénario 04



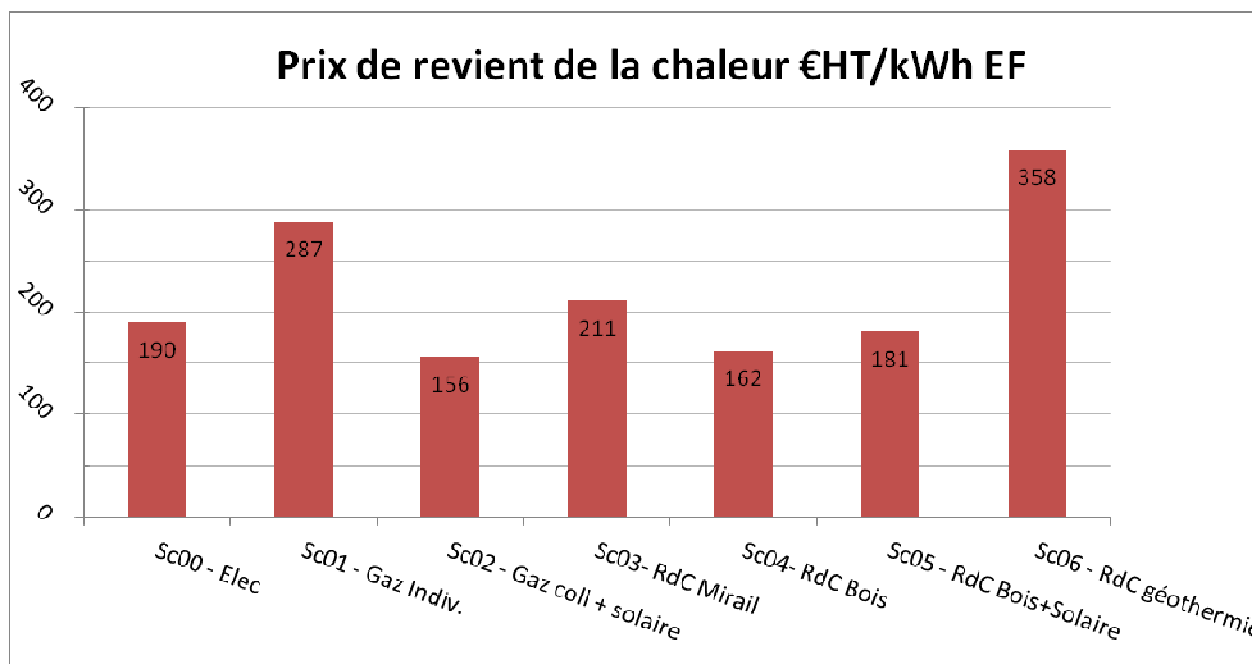
Répartition du coût global correspondant au tableau - €HT/an				
Sc02 - Gaz coll + solaire	Sc04 - Bois 60%	Sc04 - Bois 40%	Sc04 - Bois 20%	
236	115	115	115	
130	117	117	117	
26	18	18	18	
88	220	265	310	
19	3	3	3	
500	473	518	562	

- Il est important de maîtriser un maximum de paramètres dans un projet de réseau de chaleur. Entre la phase étude et le début des travaux, le prix des énergies, le taux de subventions et les taux d'intérêt pour un emprunt sont des variables difficiles à lire.

➤ Pour le scénario 04, le taux de subvention a un impact uniquement sur l'investissement et donc sur le R2 (terme abonnement des factures des abonnés).

➤ Un taux de subvention d'environ 50% permet d'équilibrer le bilan économique du réseau bois avec le scénario 02 gaz collectif + solaire.

- **Prix de revient de la chaleur (avec subventions fds chaleur 2016)**



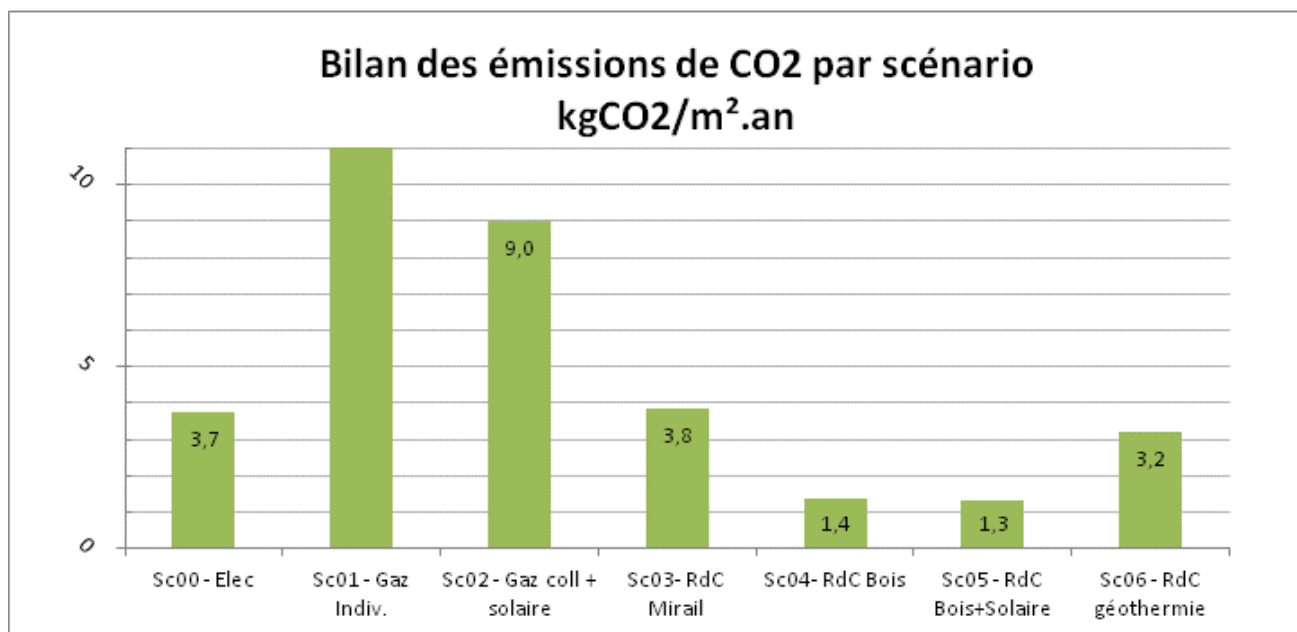
➤ La comparaison du prix de revient du kWh met en évidence que le scénario 02 est le plus avantageux économiquement.

➤ A l'échelle de l'îlot A5, une chaufferie gaz couplée à du solaire thermique est le scénario qui présente le meilleur prix de la chaleur.

➤ Le réseau de chaleur du scénario 03 est divisé en 2 parties : celui de la ZAC et l'extension du réseau actuel du Mirail pour lequel il n'y aura pas de subventions : densité trop faible.

➤ Le réseau de chaleur bois arrive second avec un prix de revient de la chaleur de 168 €HT/MWh. Ce prix ne comprend pas de taxe de raccordement. R1 = 38€HT/MWh / R2 = 83,6€HT/Kw

- **Prix de revient de la chaleur (avec subventions fds chaleur 2016)**



- Bien que le Sc02 présente un prix de la chaleur intéressant, ses émissions de CO2 sont importantes (9 kg/m²). Pour rappel, en France, l'utilisation du gaz génère plus de CO2 que l'utilisation de l'électricité.
- Les émissions du Sc02 représentent sur un an une pollution de 421 Tonnes de CO2 rejetées, soit l'équivalent de 3 Millions de km en voiture (voiture récente : 130g/km).
- Le réseau de chaleur bois est le scénario le plus écologique. Il génère très peu de CO2 grâce à l'utilisation d'une énergie locale et renouvelable : le bois.

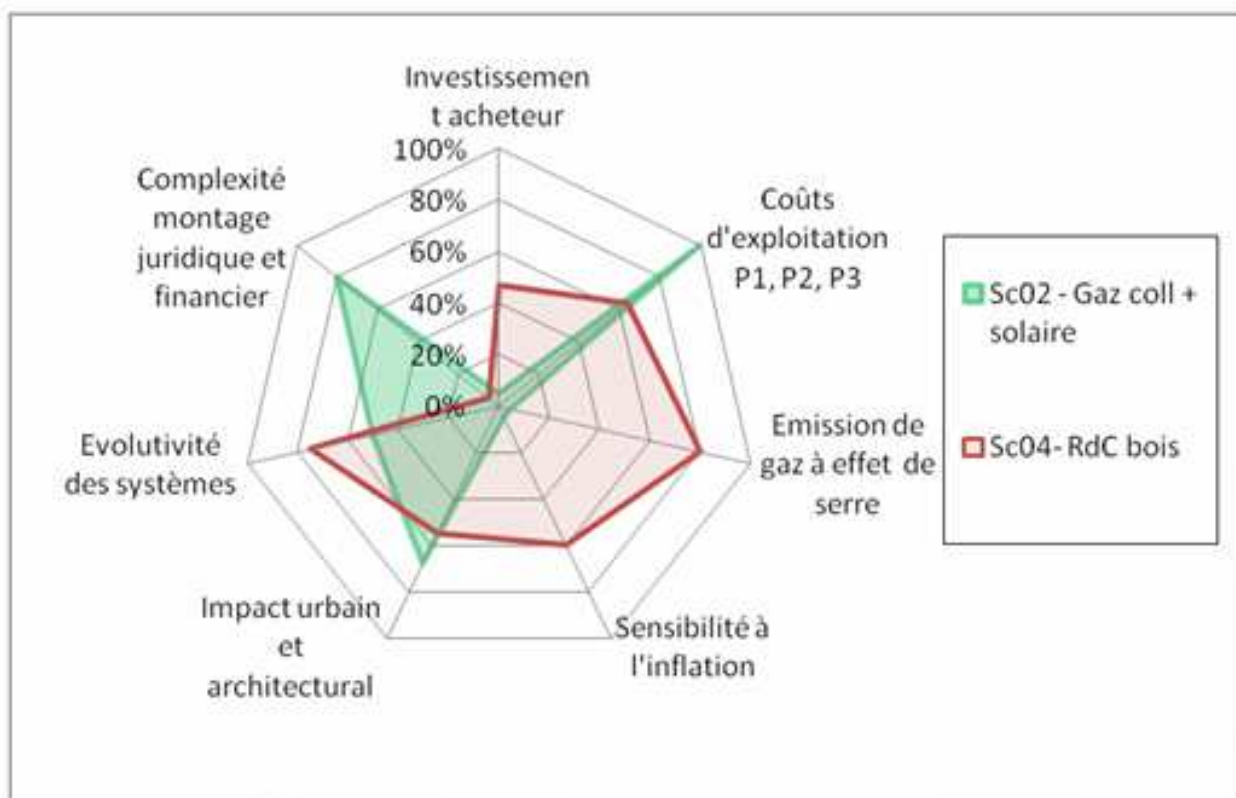
- **Analyse multicritères**

Chaque critère a le même impact sur la note globale. Cela doit être modulé par les concepteurs ; aménageur et l'équipe d'urbanistes.

La note impact urbain et architectural, évolutivité des systèmes et complexité du montage sont des notes qualitatives qui tiennent compte des paramètres suivants :

- Impact urbain et architectural : infrastructures à créer, impact sur les bâtiments, évacuation des fumées, livraison combustible, immobilisation du foncier, impact visuel tels que panneaux solaires,...
- Évolutivité des systèmes: facilité à changer de source d'énergie.

Le scénario réseau de chaleur est le plus avantageux au global. Il offre aux copropriétés une énergie renouvelable faiblement émettrice de CO2 à un coût concurrentiel.



Plus les valeurs sont élevées, meilleure est la solution.

Cela reste à confirmer avec les choix retenus dans l'étude de faisabilité réseau de chaleur menée par BM.

La géothermie à l'échelle du bâtiment ou de plusieurs îlots nous paraît difficile à mettre en œuvre.

Le scénario gaz+solaire est une solution simple à mettre en œuvre mais fortement émettrice de CO₂. Par ailleurs, si le prix du gaz s'envole dans les prochaines années, l'évolutivité de ce scénario est assez limitée ce qui ne permet pas à moindre coût un changement d'énergie.

• Influence de l'inflation

Le scénario réseau de chaleur est le plus avantageux financièrement au bout de 10 ans dans les conditions et hypothèses choisies.

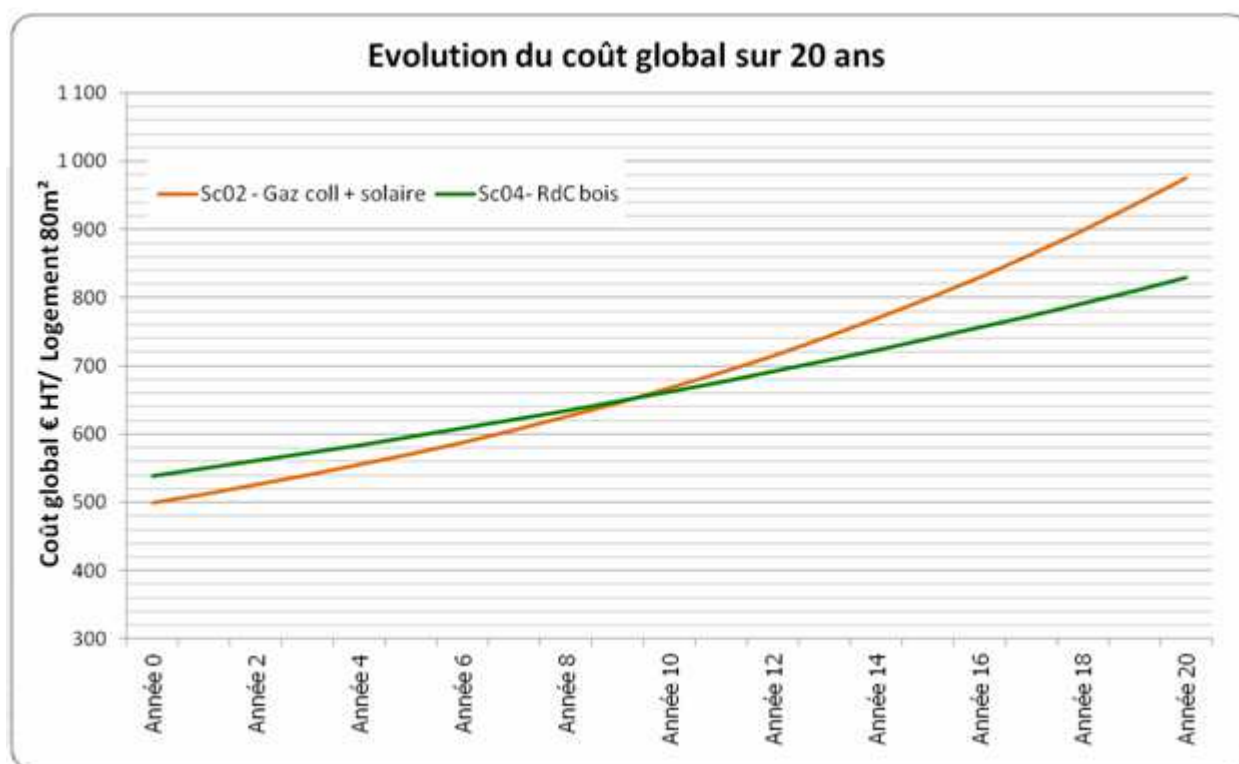
Dans le contexte actuel, il est très difficile de prévoir l'inflation des énergies ; Le gaz vient de Russie et peut augmenter rapidement comme il peut baisser rapidement comme cela a été le cas en 2015 par les autorisations d'extraction du gaz de schiste aux USA.

L'électricité française quant à elle est la moins chère d'Europe. Les différentes déclarations de la CRE et d'EDF poussent vers une augmentation importante ces prochaines années.

Le prix de la chaleur du réseau dépendra de l'équilibre économique du gestionnaire du réseau : variabilité importante d'un réseau à un autre (densité énergétique, phasage, consommateurs importants...)

Nos hypothèses :

Energie	Inflation
Gaz	7%
Electricité	6%
Bois	4,7%
Abonnements énergie	2,0%
Réseau de chaleur	3,5%



- Surcoût des systèmes et surfaces de locaux techniques :**

- Si l'on fixe un prix de vente du m² à 3500 €/m², le surcoût des systèmes à l'achat est négligeable :

Logement type - 80 m ² / coût en €HT	Sc00 - Elec	Sc01 - Gaz Indiv.	Sc02 - Gaz coll + solaire	Sc03 - RdC Mirail	Sc04 - RdC bois	Sc05 - RdC Bois+Solaire	Sc06 - RdC géothermie
Surface des locaux techniques à réserver (m ²)	0	0	40	10	10	10	10
Investissement ramené au logement*	3 200,0	7 704,7	5 826,3	4 246,3	4 246,3	4 246,3	4 246,3
Coût sur le prix d'achat du logt de 80 m ²	1,14%	2,75%	2,08%	1,52%	1,52%	1,52%	1,52%

**à l'échelle du bâtiment, hors coûts d'aménagement et taxe de raccordement*

- En fonction des technologies d'approvisionnement retenues, une surface de local technique est à prévoir dans chaque bâtiment.
- La solution de chaufferie gaz avec ballon d'eau chaude solaire prend environ 40m² :
 - Une chaudière,
 - 4 ballons de 2000 litres.

- Ramené au prix du logement, le surcoût des scénarii énergétiques a peu d'impact; il fluctue entre 1,14% et 2,75% de la valeur immobilière. Le surcoût des différents scénarii peuvent être absorbés par d'autres postes.

4- CONCLUSION

• Solution d'approvisionnement centralisée :

- Les nouveaux bâtiments sont peu consommateurs. La faible densité énergétique d ($d=1,7$ contre 1,44 précédente étude) rend difficile le portage d'un projet de réseau de chaleur à la seule échelle de l'aménagement.
- Par ailleurs, le talon d'Achille des solutions centralisées sur les nouveaux quartiers est le manque de consommation les premières années. Une solution à l'échelle du bâtiment apparaît souvent plus simple à mettre en place.
- Néanmoins, le réseau de chaleur bois nous paraît être la solution la plus intéressante à mettre en place sur l'aménagement pour des questions environnementales et à moyen terme sur le plan économique.
- Le prix de la chaleur ne tient pas compte d'une éventuelle taxe de raccordement (pour mémoire, Holisud avait budgété 23€/HT/m²). Parallèlement on observe que l'impact de la solution sur la valeur immobilière du bien est négligeable. Il peut être envisagé une taxe de raccordement d'un montant permettant de concurrencer le scénario 02 gaz collectif + solaire (calculer à environ 8€/HT/m²).
- Le R2 est 2x plus important que le R1, ce qui constitue un soucis de perception de la part des abonnés.
- Une étude technico-financière plus poussée avec un planning plus avancé permettrait d'analyser plus précisément la faisabilité de la solution. Le dialogue avec des porteurs de projet peut être engagé d'ors et déjà pour avoir un avis complémentaire.

• Solution d'approvisionnement décentralisée :

- Pour les bâtiments tertiaires, un effort sur la conception bioclimatique pourra être mené pour éviter le recours à la climatisation.
- Le scénario chaudière gaz + ECS solaire permet d'atteindre les objectifs RT2012 tout en utilisant une énergie renouvelable. Economiquement, c'est le scénario le plus intéressant. A la différence du réseau de chaleur, cette solution permet de s'affranchir de la contrainte du portage, et d'un planning de construction étalé.

• Bâtiments à énergie positive en 2020 :

- Avec l'arrivée de la RT2020, les bâtiments devront être à énergie positive, donc produire de l'énergie. Dans ce contexte, le photovoltaïque sera quasi indispensable pour obtenir ce résultat.
- Nous rappelons que pour avoir le tarif d'achat subventionné de l'électricité photovoltaïque, les panneaux doivent être intégrés à la toiture ou intégrés sous forme de bardage, d'allège, de brise soleil, de garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse, ou de mur rideau.
- Une réflexion sur l'orientation, l'inclinaison des toitures et les ombres portées doit être menée pour optimiser la production et réduire les surfaces de panneaux installés.
- Nous obtenons une recette qui correspond à environ 16 € HT/m² de panneau installé (dans les conditions actuelle de notre analyse) pour un investissement global de 356 € HT/m² de panneau. Le tarif d'achat subventionné est dégressif tous les 3 mois.
- Une autre solution de production d'électricité gagne du terrain avec la baisse des tarifs du gaz, la micro-cogénération ou éco-générateur. Nous avons peu de retour sur cette solution qui peine à s'imposer en France.

5- INSTRUCTIONS ENVIRONNEMENTALES A INCLURE DANS LE CAHIER DES CHARGES DE CESSION

5.1 – Aspect Bâtiment

- Labellisation obligatoire des bâtiments :
 - BEPOS-Effinergie (implique la mise en place de panneaux photovoltaïques),
 - Label Effinergie+, ...
 -
- Ou à minima demander le respect de certaines règles définissant les labels sans demander la certification :
 - Définition d'un objectif d'étanchéité à l'air $Q_4 < 0.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$, avec un test d'étanchéité à l'air obligatoire en fin de chantier,
 - Suivre les consommations d'énergie dans les bâtiments à usage d'habitation et délivrer l'information aux utilisateurs,
 - L'étanchéité des réseaux devra être au minimum de classe A et sera vérifiée en fin de chantier par un test conforme à ce que demande le label Effinergie
 - Matériaux biosourcés : minimum utilisé de 36 kg/m^2 de Surface de Plancher pour le niveau 3
- Imposer la construction de certains bâtiments avec une ossature bois,
- Obligation d'utiliser des isolants écologiques,
- Mettre en place de protections solaires pour les ouvrants sud (protections solaires extérieures),
- Réalisation d'un guide d'utilisation du chauffage et de la ventilation à destination de chaque nouvel entrant dans un logement,
- Mise en place d'une plateforme de compostage par bâtiment / îlot,
- Obligation d'avoir 80% de logements traversant
- Imposer l'isolation des murs par l'extérieur

5.2 – Aspect Energétique

- Logements : production d'eau chaude sanitaire par panneaux solaires :
 - Respecter un taux de couverture solaire minimum 60% des besoins d'eau chaude sanitaire,
+ Productivité minimum de l'installation= 400 kWh utile/m2 de capteur solaire.
- Mise en place d'un équipement de récupération de chaleur fatale de type PowerPipe :
 - Mise en place sur le collecteur d'eaux usées générale du bâtiment pour préchauffer l'ECS.
- Mise en place de panneaux photovoltaïques
 - Demander la couverture de tout ou partie des besoins réglementaires du calcul RT2012 (Cep),
- Dispositifs de gestion de l'éclairage obligatoires dans les circulations ainsi que dans les parcs de stationnement;
 - Mise en place de luminaires à LED pour les espaces communs sur détection de présence,
 - Mise en place d'éclairage LED ou basse consommation pour limiter les apports internes des commerces;