



## **ZAC de Carès / Cantinolle sur la commune d'Eysines**

**Etude de potentiel en énergies renouvelables  
Article L128-4 du Code de l'urbanisme**

**Juin 2014**



# SOMMAIRE

Introduction : Contexte et objet de l'étude

## 1- Estimation des besoins

- 1-1 Données du projet
- 1-2 La réglementation thermique
- 1-3 Hypothèses
- 1-4 Synthèse des besoins
- 1-5 Bâtiments voisins

## 2- Potentiel EnR (Energies Renouvelables)

- 2-1 Méthodologie : première élimination
- 2-2 La géothermie
- 2-3 L'éolien
- 2-4 Le solaire
- 2-5 Le bois énergie
- 2-6 Récupération de la chaleur des eaux usées
- 2-7 Réseaux de chaleur existants
- 2-8 Synthèse

## 3- Définition des scénarios énergétiques

- 3-1 Pistes à étudier
- 3-2 Dimensionnement
- 3-3 Critères d'analyse
- 3-4 Comparaison des scénarios
- 3-5 Subventions

## 4- Conclusion



# CONTEXTE ET OBJET DE L'ÉTUDE

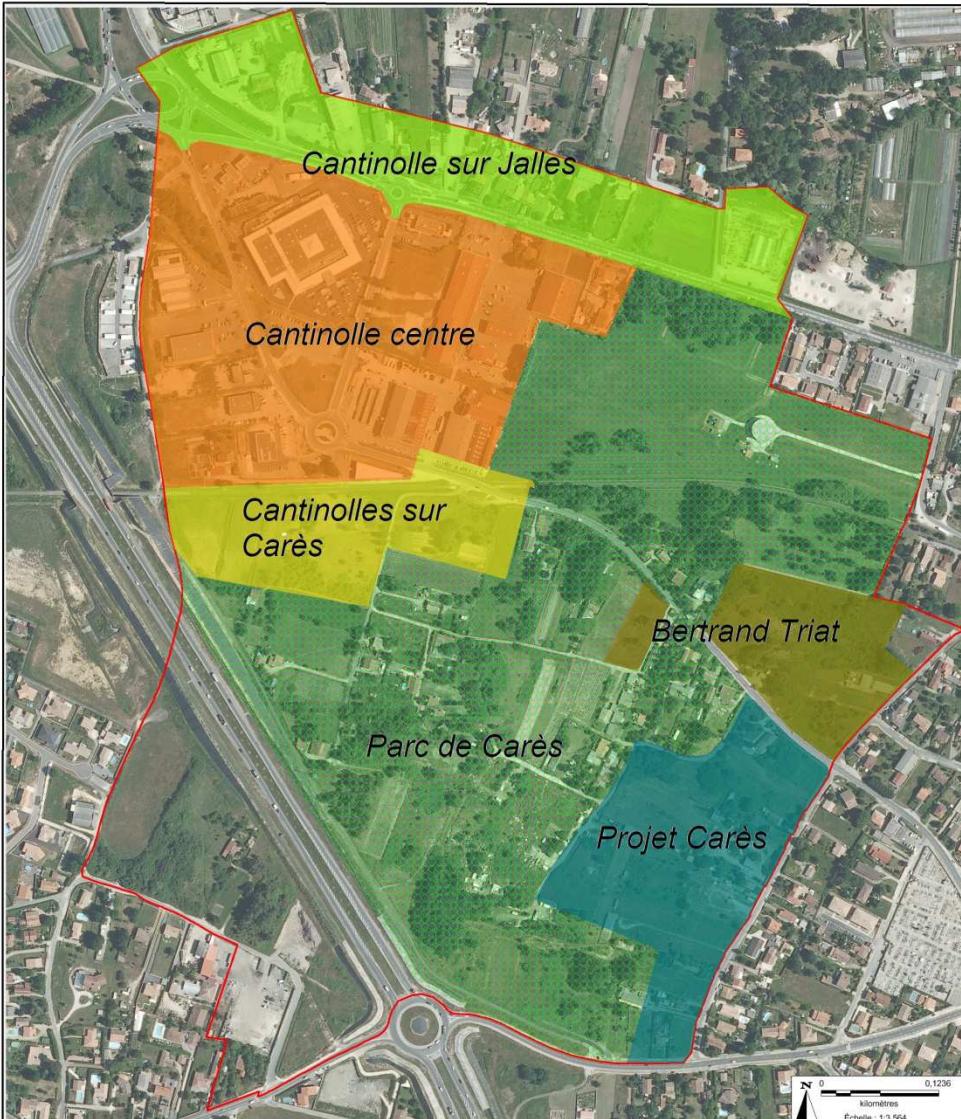
- Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une obligation réglementaire (Loi Grenelle I) :
  - **Article L. 128-4 CU** – « Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1\* et faisant l'objet d'une étude d'impact **doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel 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.

# CONTEXTE ET OBJET DE L'ÉTUDE (suite)

- La présente étude a pour objectifs :
    - D'estimer les besoins énergétiques des bâtiments en fonction des plans de ZAC, réalisés par le cabinet d'urbanisme; 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, ZAC), 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 de la ZAC 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 entreprise, à chaque bâtiment. Dans ce cas de figure, l'aménageur de la ZAC peut difficilement agir sur le choix du système d'approvisionnement des futurs acquéreurs. En effet, l'entreprise ou le promoteur choisi souvent le système qui lui convient sans tenir compte du cahier des charges environnemental de la ZAC, 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 sur la ZAC.**

# 1-1 DONNÉES DU PROJET

- Le projet de ZAC prévoit la création d'un aménagement à vocation d'habitations et tertiaire



Source Rivière environnement – mai 2014

## Contraintes :

- Réseau d'AEP traversant la ZAC :
  - Arrêté préfectoral de protection des nappes d'eau.

Les réseaux nécessaires au développement (électricité, gaz, eau) sont disponibles sur la ZAC.

- Surface au sol de la ZAC = **52 Ha**, mais seulement environ **50%** seront urbanisés ;
- Pas de projet de bâtiments sur le parc de Carès ;
- Surface de plancher à terme = **69 836 m<sup>2</sup>**.
- Logement collectif de faible hauteur sur les zones Triat et Projet Carès → R+2 en majorité



# 1. ESTIMATION DES BESOINS



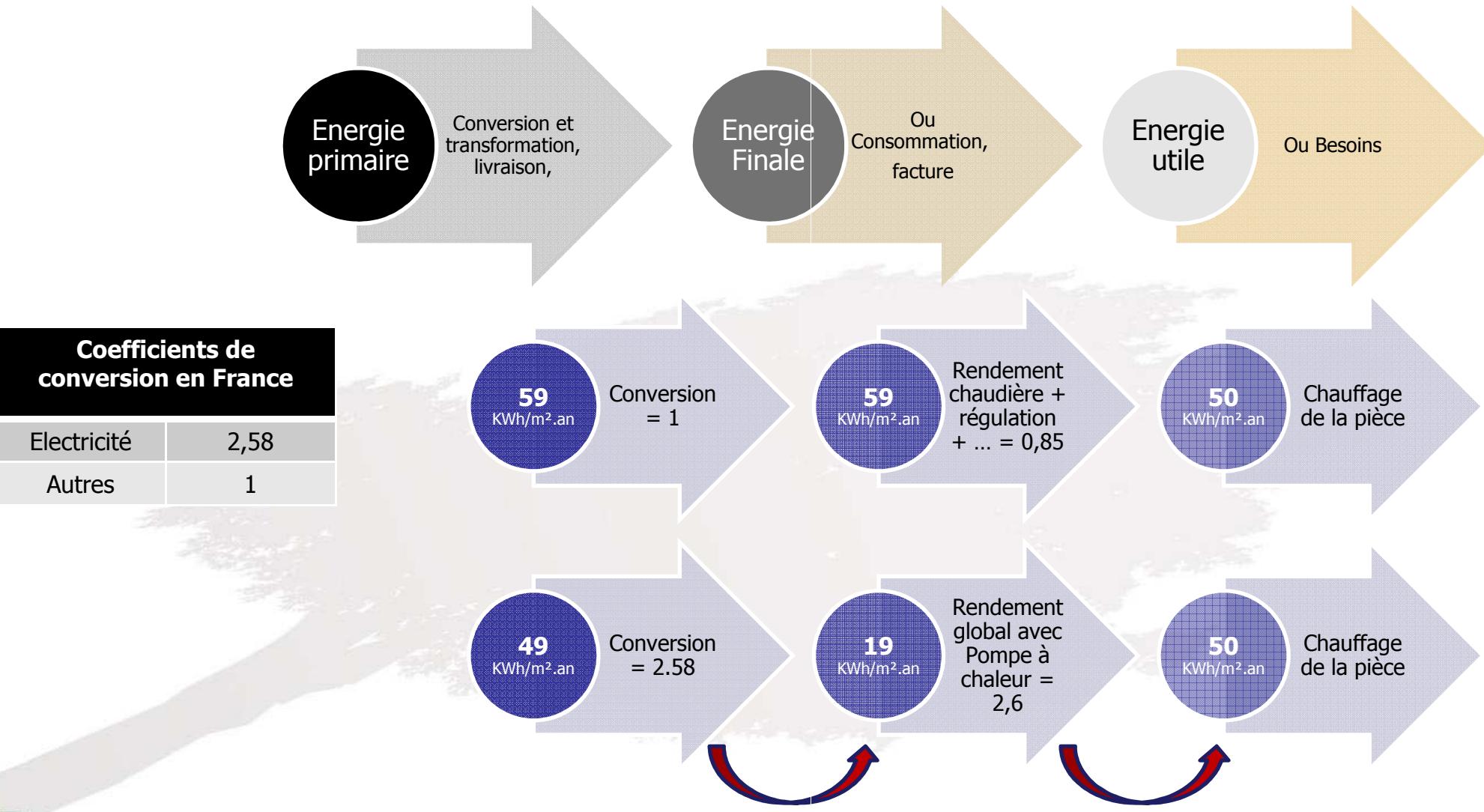
# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE (RT)

- **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).



# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE (suite)

- De quelle énergie parle-t-on ? Exemples :



# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE - RT 2012

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/m<sup>2</sup>/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/(m<sup>2</sup>.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)

# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE - RT 2012

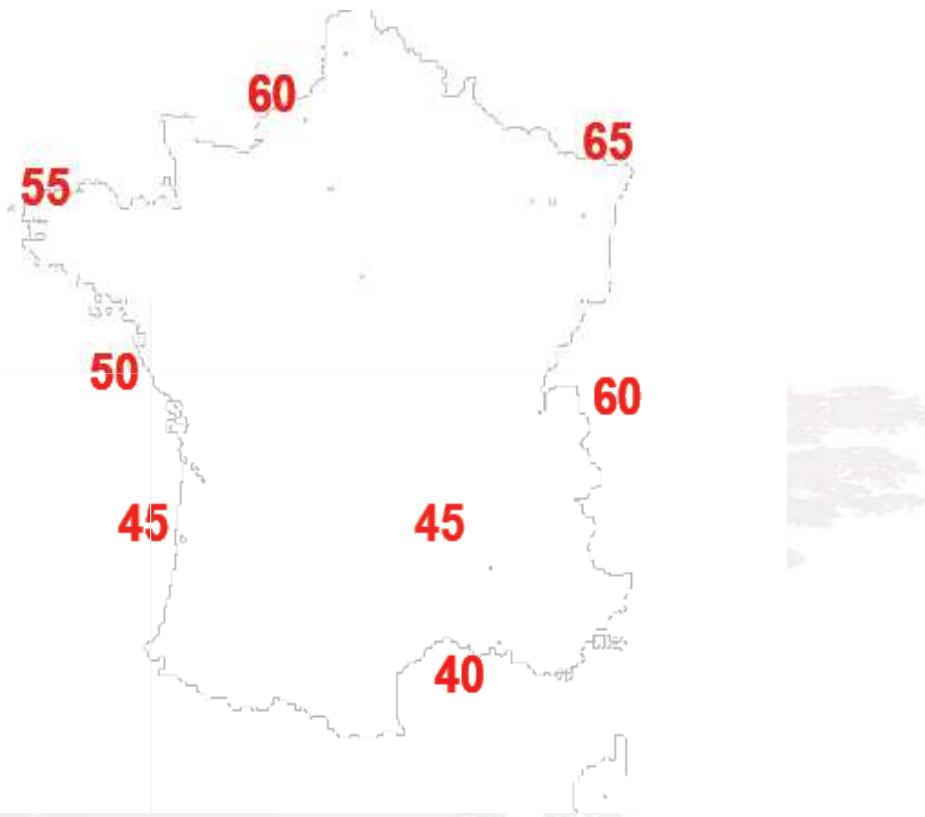
- Il existe donc deux manières d'atteindre le CEP max :
  - Actif : Soit on agit sur la performance des systèmes ;
  - Passif : Soit on opte pour des actions de maîtrise de l'énergie : sur l'enveloppe des bâtiments et sur les consommations d'éclairage;
- Quelques exigences de moyens passifs à inscrire dans le cahier des charges de la ZAC:
  - Pour garantir la qualité de mise en œuvre :
    - ✓ Traitement performant des ponts thermiques,
    - ✓ Traitement de l'étanchéité à l'air, avec un test d'étanchéité à l'air obligatoire.
  - Pour garantir le confort et la qualité de l'architecture en bâtiment :
    - ✓ Surface minimale/maximale de baies (par exemple : rappel du 1/6 de la surface),
    - ✓ Présence de casquettes solaires obligatoires pour les ouvrants sud (protections solaires extérieures).
  - Pour une meilleure optimisation de l'éclairage dans les bâtiments tertiaires :
    - ✓ Dispositions sur la 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 ; *certains maitres d'ouvrage compensent le manque de performance trop facilement par une production d'électricité photovoltaïque.*

# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE - RT 2012

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

**Cep<sub>max</sub> en maison individuelle  
et en immeuble collectif après  
le 1<sup>er</sup> janvier 2015**

Hors modulation du Mcsurf et Altitude<400m



A Bordeaux, la RT 2012 donne une consommation en énergie primaire maximum aux alentours de 45 kWhep/m<sup>2</sup> pour un bâtiment de logements.

1

# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE

- Focus sur les droits à climatiser CE1 / CE2

- 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).

## 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 Cep<sub>max</sub>.



# 1-2 LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE - RT 2020

- Certaines parcelles de la ZAC 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). Par conséquent, 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.

# 1-3 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. Des études (notamment celles menées par ENERTECH) montrent une surconsommation de 30% sur le poste chauffage. Nous souhaitons dimensionner 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 RT 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 <sup>2</sup>			Puissance W/m <sup>2</sup>		
	Chaud	Froid	ECS	Chaud	Froid	ECS
Commerce	22	30	0	30	50	0
Bureaux	25	15	0	30	30	0
Maison individuelle	30	0	35	30	0	13
Logements collectifs	16	0	35	25	0	13

x 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 m<sup>2</sup> de surface de plancher seront multipliées pour obtenir les consommations et les puissances estimées des parcelles représentées dans le tableau de synthèse des besoins de la ZAC.



# 1-3 HYPOTHÈSES

- **Remarques :**

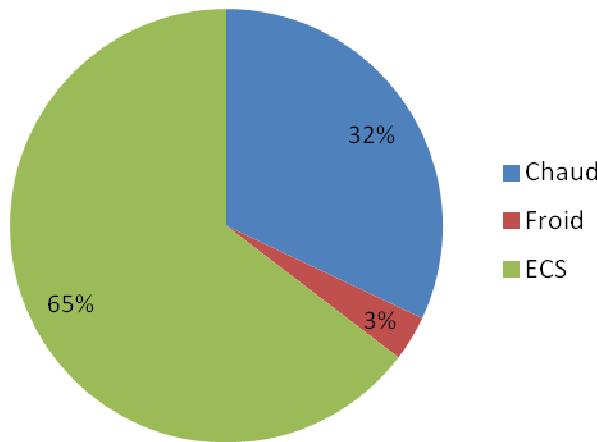
- Dans le contexte énergétique et environnemental actuel, il est souhaitable de faire de la ZAC un quartier exemplaire. Pour cela, des objectifs ambitieux peuvent être fixés dans le cahier des charges de la ZAC. Cependant, il s'agit de ne pas fixer des objectifs inatteignables qui ne seraient pas respecter 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 identiques pour tous les scénarios ; par exemple, les consommations d'éclairage sont identiques entre un moyen de chauffage effectué par une chaudière et un moyen de chauffage par pompe à chaleur.

# 1-4 SYNTHESE DES BESOINS

Zone de ZAC	SDP (m <sup>2</sup> )	Besoins KWh			Puissance kW			Besoins hiver kWh	Besoins été kWh	Pmax appelée hiver kW	Pmax appelée été kW
		Chaud	Froid	ECS	Chaud	Froid	ECS				
Cantinolle	43 370	717 980	120 300	1 377 600	1 104	201	512	1 406 780	809 100	1 616	712
Projet Carès	15 296	244 736	0	535 360	382	0	199	512 416	267 680	581	199
Projet Triat	11 170	178 720	0	390 950	279	0	145	374 195	195 475	424	145
<b>Total</b>	<b>1 141 436</b>	<b>120 300</b>	<b>2 303 910</b>	<b>1 766</b>	<b>201</b>	<b>856</b>	<b>2 293 391</b>	<b>1 272 255</b>	<b>2 622</b>	<b>1 056</b>	<b>1 141 436</b>

- Les besoins sur la saison de chauffe représentent 64% des besoins climatiques totaux de la ZAC pour une puissance de **2,6 MW** (chauffage + ECS).
- Nous considérons que les besoins d'ECS sont constants toute l'année et représentent 64% des besoins énergétiques climatiques. L'ECS est donc un poste à ne pas négliger.

## Répartition des besoins climatiques



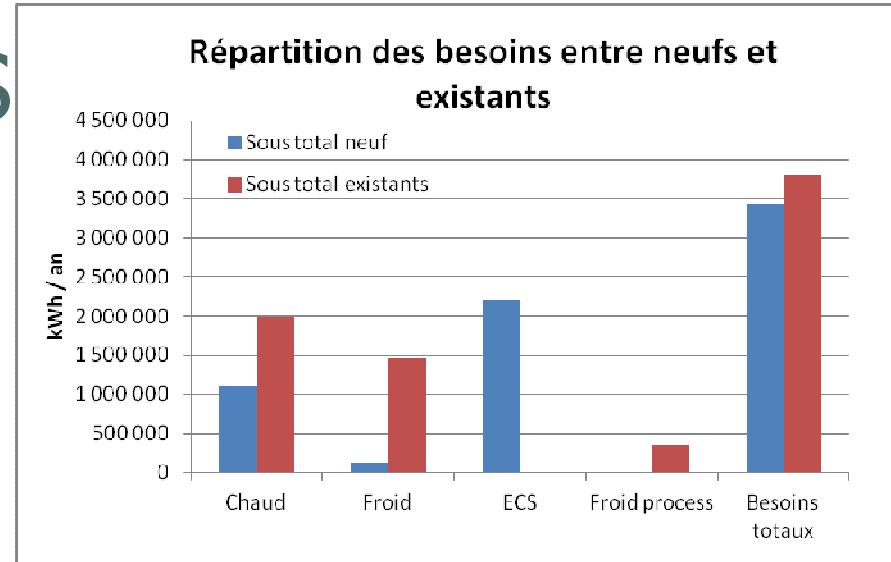
Le phasage de construction des bâtiments a une influence importante sur la faisabilité d'un réseau de chaleur. Un phasage trop étendu pose le problème du portage des investissements car il amène des coûts de fonctionnement très élevés les premières années. Les coûts de fonctionnement sont répartis sur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

**Compte tenu du phasage actuel, il sera nécessaire d'inclure le raccordement de bâtiments voisins existants très consommateurs pour imaginer assurer la viabilité d'une solution centralisée.**



# 1-5 BÂTIMENTS EXISTANTS

- Nous avons relevé/ récupéré des informations nous permettant d'établir la liste des bâtiments existants suivants :



Commerce existant	SDP (m²)	Besoins Kwh				Puissance kW			
		Chaud	Froid	ECS	Froid process	Chaud	Froid	ECS	Froid process
Point P (30% chauffé)	4950	222 750	222 750	0	0	223	297	0	0
Super U (60% surface de vente)	3900	421 200	234 000	0	351 000	398	312	0	234
Mc Donalds	371	55 650	55 650	0	0	56	74	0	0
Le marché de Léopold	713	106 950	106 950	0	0	107	143	0	0
Store/cuisine	380	57 000	57 000	0	0	57	76	0	0
La croquerterie	737	110 550	110 550	0	0	111	147	0	0
Légumerie	390	58 500	58 500	0	0	59	78	0	0
Point vert (20% bureaux clim)	1191	178 650	35 730	0	0	179	48	0	0
Canelés de bordeaux	400	60 000	60 000	0	0	60	80	0	0
Aldi	1260	189 000	189 000	0	0	189	252	0	0
ACA Services	1200	180 000	180 000	0	0	180	240	0	0
Glass auto (seule partie bureau climatisé 2)	550	82 500	16 500	0	0	83	22	0	0
Citroën (seule partie bureau climatisé 20%)	543	81 450	16 290	0	0	81	22	0	0
123 pièces auto (non climatisé)	500	75 000	0	0	0	75	0	0	0
Dispano	800	120 000	120 000	0	0	120	160	0	0
<b>Sous total existants</b>	<b>17 885</b>	<b>1 999 200</b>	<b>1 462 920</b>	<b>0</b>	<b>351 000</b>	<b>1 976</b>	<b>1 951</b>	<b>0</b>	<b>234</b>



## 2. POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES

## 2-1 MÉTHODOLOGIE : PREMIERE ELIMINATION

- Les couleurs du tableau ci-contre donnent une première indication de probabilité d'existence des ENR sur l'aménagement (vert: probable; jaune: possible; orange: peu probable).
- Quelques systèmes peuvent déjà être éliminés de manière logique :
  - Grand éolien : impossible en milieu urbain;
  - Marine, hydraulique : pas de potentiel sur la ZAC;
  - Hydrothermie (réseau de froid): incompatible;
  - Biogaz: pas de potentiel existant, pas de place sur la ZAC.
  - Chaleur issue de l'incinération des déchets: pas de projet sur la ZAC;
  - Solaire thermique: au cas par cas en fonction des industriels et de leurs besoins.
- Nous comparerons techniquement et économiquement les solutions retenues à une solution de référence.

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
Solaire photovoltaïque	Electricité	Ensemble de panneaux solaires thermiques avec réseau de chaleur	Quartier / ville
		Panneaux solaires photovoltaïques	Bâtiment
Géothermie	Chaleur / froid	Ferme solaire PV	Quartier / ville
		Géothermie très basse énergie sur aquifère	Bâtiment / Quartier
Aérothermie	Chaleur / froid	Géothermie très basse énergie sur sondes	Bâtiment / Quartier
		Géothermie profonde avec réseau de chaleur	Quartier / ville
Marine	Electricité	Pompe à chaleur	Bâtiment / Quartier
		Hydroliennes, 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
Biogaz, gaz de décharge, gaz de récupération de l'industrie	Chaleur / Electricité	Cogénération biomasse	> Ville
		Injection dans le réseau de distribution de gaz	> Ville
Récupération de la chaleur fatale	Chaleur / Electricité	Cogénération gaz (avec ou sans vente de l'électricité)	Bâtiment / Ville
		Chaudière gaz (avec ou sans réseau de chaleur)	Bâtiment / Ville
		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



## 2-2 LA GEOTHERMIE

- 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  $150^\circ\text{C}$  permet de transformer directement la vapeur en électricité.

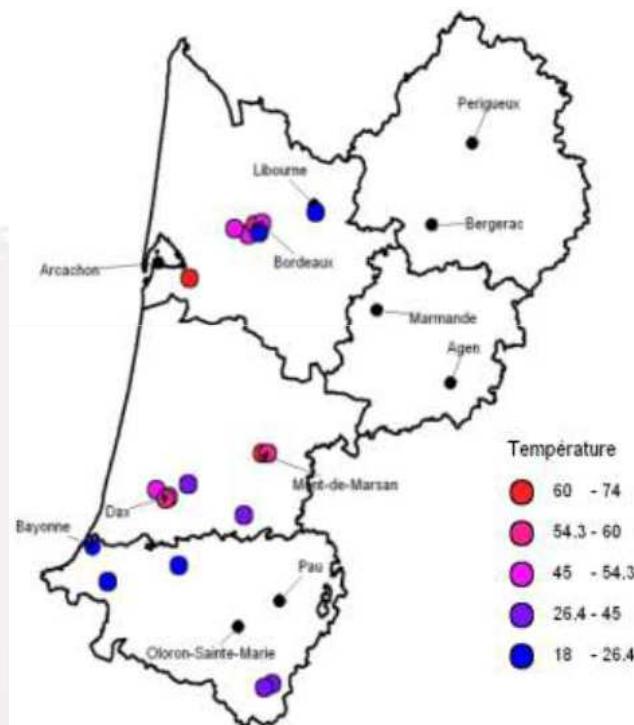


## 2.2- LA GEOTHERMIE

- Les opérations de géothermie connues en Aquitaine se concentrent en 3 pôles géographiques :

- Le premier pôle correspond au thermalisme et l'exploitation de salines dans les Landes (Dax, St Paul les Dax, Mont de Marsan,...) et à Salies de Béarn ;
- Le second pôle regroupent les stations thermales des Pyrénées Atlantiques (Eaux Bonnes, Cambo les Bains,..)
- Le troisième et dernier pôle est constitué des installations sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux. Dans ce secteur, 6 forages dont 4 en exploitation captent les aquifères à une profondeur de 1000m. Ces forages assurent le chauffage d'une partie des bâtiments du quartier Mériadeck, de la cité de Saige, de la base aérienne 106 et d'une piscine dans le quartier de la Benaige.

Un autre forage exploite d'une profondeur de 700m alimente la piscine universitaire à Pessac (eau pompée est à 50°C).



Localisation des réalisations remarquables en Aquitaine. Source BRGM

Il y a une présence plus marquée d'installations à basse énergie que d'installations à très basse énergie.



## 2.2- LA GEOTHERMIE – EXEMPLE TBE

- **Le chauffage de la CPAM de Bayonne (*Colloque Ademe sur le sujet*):**

- Sept 2006: Un cumulus tombe en panne dans l'aile ouest de la CPAM ;
- Déc. 2006: choix d'une rénovation complète avec mise en place PAC eau/eau sur nappe;

**Quelles ont été les études menées sur le terrain ? :**

- 1985: une première étude révélait une nappe d'eau alluvionnaire importante riche en fer et en chlorures;
- 2005: Une autre étude concluait sur un potentiel plus faible et donc l'étude préconisait une prise directe de l'eau dans l'Adour; l'envasement et la découverte du terrain à marée basse fit de ce projet un échec ;
- Fin 2006: Le Maître d'œuvre réalisa un autre forage. Ce dernier confirma donc la présence au droit du projet d'une couche d'eau alluvionnaire de 7 m située entre 10 et 17 m de profondeur pour un débit potentiel de 25 m<sup>3</sup>/h. Le débit souhaité était de 120 m<sup>3</sup>/h! Le forage a donc été abandonné.
- 2007: La CPAM a fait appel à une autre société. Ils ont conçu 4 forages de 30 m<sup>3</sup>/h pour arriver aux 120 m<sup>3</sup>/h requis, avec une méthode adéquate tenant compte de la faible épaisseur de la nappe et de la forte salinité de l'eau.
- Deux autres forages supplémentaires ont été réalisés (6 au total) pour limiter les risques de rabattement de la nappe, et diminuer le risque de concentration de fer (eau de la nappe est riche en fer).
- Le choix d'une maintenance plus lourde les 3 premières années réalisée par un foreur expérimenté a été fait pour vérifier qu'il n'y avait pas de problème de fer susceptible de réduire les débits dans le temps.

**Conclusions:**

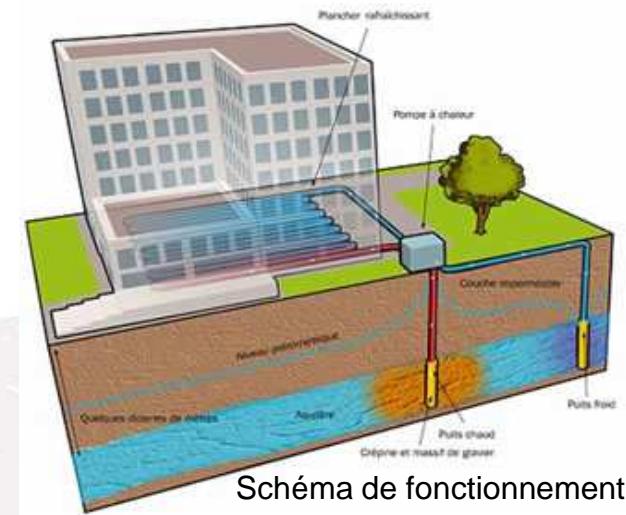
- On pense souvent à tort que le captage de nappe superficiel est plus facile. Cependant, sur Bordeaux par exemple, il est plus facile de capter la nappe à 300 m qu'à 30 m de profondeur! Les ouvrages de faibles profondeur nécessitent généralement plus d'études et ont des COP moins élevés.
- D'un autre côté, à 300 m de profondeur, les délais d'attente d'autorisation de forage ne sont pas les mêmes! Certains projets comme celui de la maison du parc régional de Sabres (40) ont été abandonnés au profit d'un forage moins profond mais plus complexe, du fait des délais administratifs (jusqu'à 3 ans).

## 2-2 LA GEOTHERMIE - TRÈS BASSE ÉNERGIE (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 100 m de profondeur. Il n'y a pas de contact entre le fluide caloporteur de la sonde et la roche. Le transfert de calorie se fait à travers les matériaux de la sonde, par conduction. La présence d'une nappe d'eau souterraine n'est donc pas obligatoire dans ce cas de figure.

- 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.



## 2-2 LA GEOTHERMIE TBE sur nappe

### Potentiel pour l'opération :

- 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).
- Des forages à proximité de la ZAC laissent penser à un potentiel fort sur les deux aquifères suivants :
  - Oligocène avec un débit soutirable compris entre **50 et 100 m<sup>3</sup>/h** aux environs de **15 m** de profondeur. Nous ne connaissons pas le débit critique au droit du projet de ZAC / Qualité d'eau : NC.
  - Eocène moyen avec un débit soutirable **>100 m<sup>3</sup>/h** à une profondeur de **180 mètres** / Qualité d'eau : Eau carbonatée
- Le cas favorable de 100 m<sup>3</sup>/h de débit donnerait une puissance prélevée au milieu naturel de 700 kW, soit l'équivalent d'environ 930 kW chaud : soit les besoins d'une surface tertiaire RT2012 de 31 000 m<sup>2</sup>.
- La réalisation d'un forage test est à réaliser au préalable du lancement du projet afin de valider la qualité et la pérennité de la nappe d'eau.
- Cette solution pourrait être installée à l'échelle de plusieurs parcelles, et tout particulièrement sur une parcelle de bâtiments tertiaires afin de bénéficier de la réversibilité du système (chaud/froid).

*Notons que les informations de débit mentionnées dans le tableau ne doivent en aucun cas se substituer aux résultats d'un forage test; il est possible que les débits soutirés soient différents pour deux forages de même profondeur distant de seulement quelques mètres !*

## 2-2 LA GEOTHERMIE 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

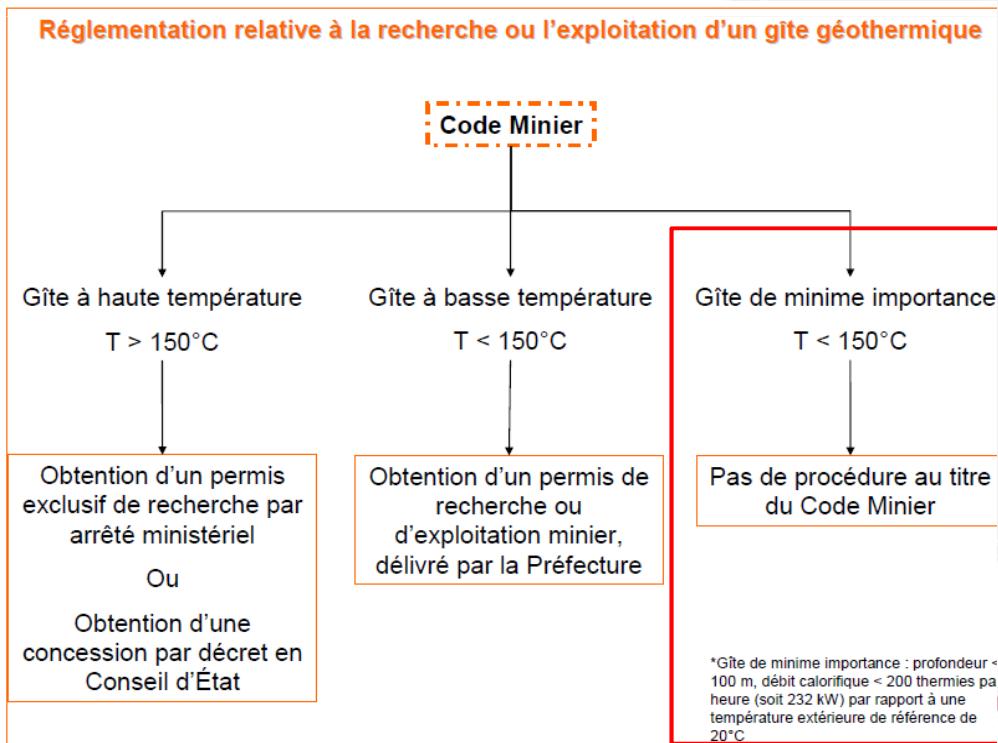
## 2-2 LA GEOTHERMIE sur nappe

### • 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 DRIRE, au plus tard un mois avant la réalisation des travaux, par lettre recommandée avec accusé de réception.

Cas étudié sur la ZAC dans cette étude.

## 2-2 LA GEOTHERMIE sur nappe

- 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 <sup>3</sup> /an (A) 2° Supérieur à 10.000 m <sup>3</sup> /an mais inférieur à 200.000 m <sup>3</sup> /an (D)	Déclaration	Arrêté du 11 septembre 2003	Débit compris entre 10 000 et 200 000 m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /h (A) 2° Supérieure à 8 m <sup>3</sup> /h, mais inférieure à 80 m <sup>3</sup> /h (D)	Déclaration		Réinjection dans la même nappe obligatoire et < 80m <sup>3</sup> /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



## 2-2 LA GEOTHERMIE sur sondes

Photo d'une SGV



### → 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 100 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 sera 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.

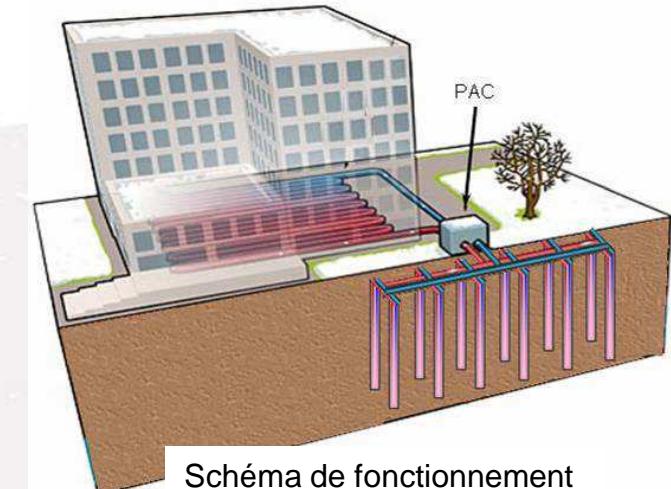


Schéma de fonctionnement

### → 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 de la ZAC excluent la faisabilité d'un tel système.
- Cette solution est plutôt réservée pour de l'habitat individuel rural et ne sera pas étudiée dans cette étude.



## 2-2 LA GEOTHERMIE sur sondes

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<sup>er</sup> 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

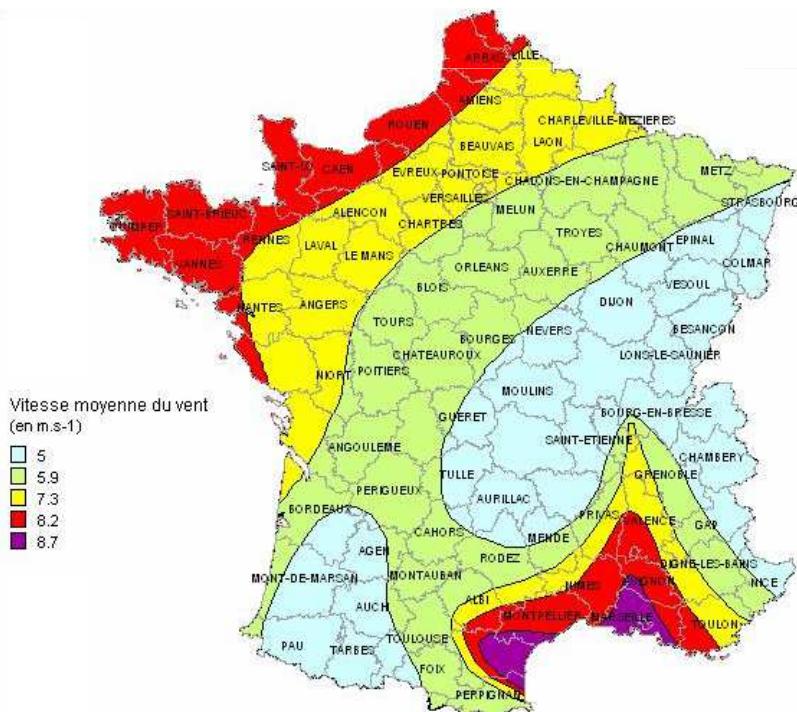
# 2-3 L'EOLIEN

## Etat des lieux technologiques:

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

Deux type d'éolienne 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		



## 2-3 L'EOLIEN

### 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



## 2-3 L'EOLIEN

### Le potentiel sur la ZAC:

- 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.

On peut penser qu'une étude des vents seraient à mener in-situ, mais étant donné qu'il n'y a pas de rentabilité à attendre, cette étude ne nous paraît pas opportune. D'autre part, les futurs bâtiments constitueront des obstacles qui sont à prendre en compte dans l'étude des vents. Etant donné que rien n'est construit, elle ne saurait être pertinente.

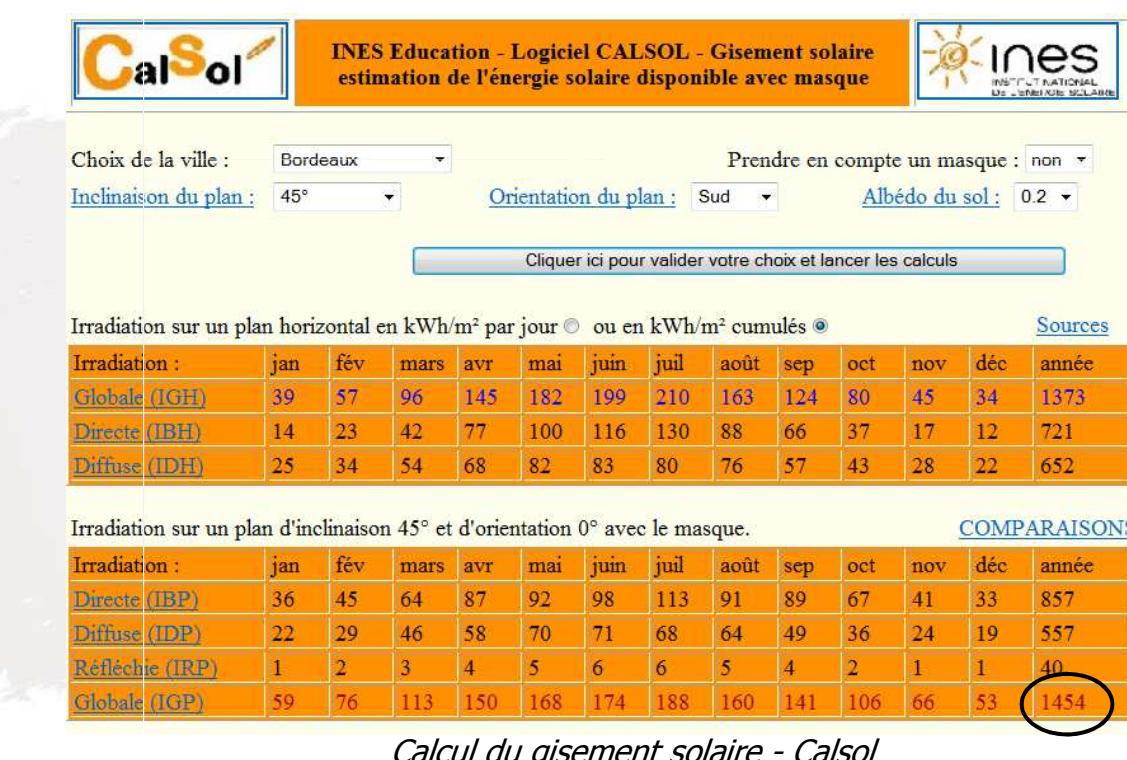
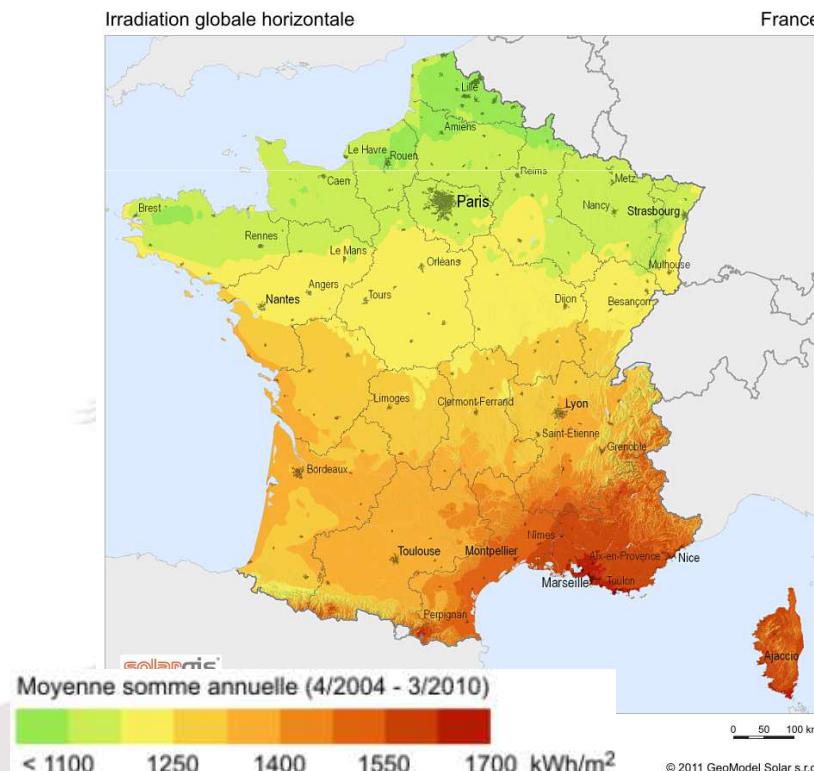
Investissement initial et production annuelle selon la puissance éolienne installée

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 (suite)

## Le potentiel solaire sur la ZAC

- La ressource solaire à l'échelle nationale présente des différences selon les régions. En Aquitaine, le flux solaire incident est intéressant. A Bordeaux, le gisement solaire se situe autour de 1450 kWh/m<sup>2</sup>.an
- Sans restriction ABF, nous conseillons d'intégrer la mise en place de panneaux sur les bâtiments dans le cahier des charges environnemental de la ZAC pour atteindre les objectifs de consommation RT2012.

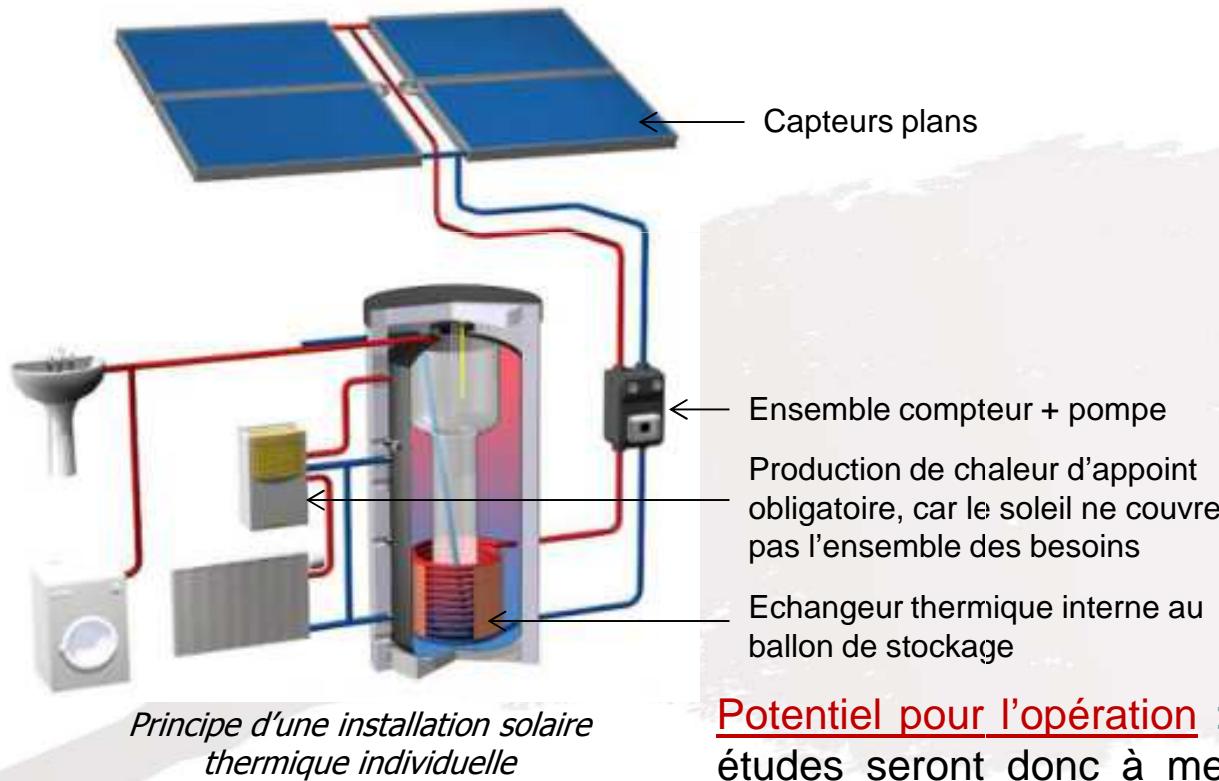




## 2-4 LE SOLAIRE - THERMIQUE

### Solaire thermique :

Différentes technologies existent et la plus courante est la technologie des capteurs plans. Les panneaux permettant 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 (Aides Ademe pour les études entre 50% et 70%).



## 2-4 LE SOLAIRE - THERMIQUE

- **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 CESCI et CESCAI (chauffe-eau solaire collectif à appoint individualisé). Cette solution facilite l'individualisation des charges mais présente un surcoût important à l'investissement.
- Par opposition, les solutions avec stockage centralisé sont à privilégier pour leur simplicité, leur efficacité, leur mise en œuvre et leur maintenance plus aisée.



## 2-4 LE SOLAIRE - PHOTOVOLTAÏQUE

### 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.

## 2-4 LE SOLAIRE - PHOTOVOLTAÏQUE

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 01/04/14 au 30/06/14
Intégré au bâti	[0-9kW]	27,93 c€/kWh
Intégration simplifiée au bâti	]0-36 kW]	14,17 c€/kWh
	]36-100 kW]	13,45 c€/kWh
Sans intégration, ou hors critères ci-dessus, ou au sol	[0-12MW]	7,17 c€/kWh

*Tarif 2014 : Source CRE/ Enerplan*

- L'intégration totale est vouée à disparaître. L'intégration simplifiée remplit les conditions d'intégration suivantes:
  - Plan de toiture et assure l'étanchéité;
  - Allège, bardage, brise soleil, garde corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse, mur rideau.

## 2-4 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*



*Exemple de panneaux photovoltaïques intégrés en ombrières de parking*



# 2-5 LE BOIS ÉNERGIE

## Les ressources :

- Plusieurs types de combustibles:
  - bois bûche (poêle à bois, insert, cheminée) ;
  - Granulés (plutôt pour de petites puissances <100 kW) ;
  - plaquettes forestières, bocagères ou issues de bois déchets.
- L'aquitaine produit d'énormes quantité de bois énergie.
- Les ressources qui pourraient être mobilisées pour le bois énergie sont multiples:
  - essentiellement en provenance du massif landais de pins maritimes (collecte des rémanents, des pré éclaircies et dépressions, diversification des débouchés, cultures dédiées ou semi dédiées),
  - mais aussi des massifs de feuillus (rémanents, éclaircies, taillis courte rotation),
  - connexes de l'industrie du bois, bien que ces produits soient déjà très bien captés,
  - bois de rebut (sauf pour les petits projets),
  - bois d'élagage.



Granulés



Plaquettes

Energie	Production énergétique	
	(ktep)	(GWh)
<b>ENERGIE PRIMAIRE – 2 475 ktep / 28 776 GWh</b>		
<i>Production de combustibles</i>		
Pétrole	302	3 512
Gaz naturel	612	7 118
Bois	1 009	11 733
Biogaz	7	84
Biocarburants (diester)	180	2 093
Biocarburants (éthanol)	93	1 079
Déchets	101	1 177
<b>Total Combustibles</b>	<b>2 304</b>	<b>26 796</b>
<i>Production d'électricité primaire</i>		
Hydroélectricité	136	1 577
Solaire photovoltaïque	4	44
<b>Total Electricité primaire</b>	<b>140</b>	<b>1 621</b>
<i>Production de chaleur primaire</i>		
Solaire thermique	2	20
Géothermie profonde	7	83
PAC	22	256
<b>Total "Chaleur primaire"</b>	<b>31</b>	<b>359</b>
<b>ENERGIE SECONDAIRE – 2 639 ktep / 30 696 GWh</b>		
<i>Production d'électricité secondaire</i>		
Nucléaire	2 262	26 302
Combustibles fossiles	74	858
Combustibles renouvelables	42	492
<b>Total Electricité</b>	<b>2 378</b>	<b>27 652</b>
<i>Production de chaleur réseau et vapeur</i>		
Combustibles fossiles		
Combustibles renouvelables	213	2 481
Déchets	48	563
<b>Total Chaleur réseau</b>	<b>261</b>	<b>3 044</b>

Répartition de la production énergétique - bilan énergétique en aquitaine réalisé par Orecca

## 2-5 LE BOIS ÉNERGIE (suite)

### Approvisionnement bois sur le territoire ou à proximité de la ZAC:

- **Plateforme publique:**
  - Plateforme de Mont de Marsan gérée par le Conseil général.
- **Scierie :**
  - BOA Energie à Belin Beliet ;
- **Grossiste :**
  - Aquitilia à Mérignac ;
- **Fournisseur privé :**
  - SITA RBM à Pessac ;
  - Paprec à St Caprais de Bordeaux ;
  - Sylvalor ;
  - BES (Bonenfant Energie Service), implantée au Barp ;
  - Entreprise Go Forest à Savignac ;
  - Kiffer Alain à Andernos les bains ;
- **Coopérative forestière :**
  - la CAFSA (Alliance Forêt bois) à Cestas ;
  - La forestière de Gascogne à Echourgnac (24) ;
  - Castelmoron bois exploitation forestière à Saint Sulpice de Pommiers ;

La filière d'approvisionnement bois à proximité de la ZAC est bien constituée.

## 2-5 LE BOIS ÉNERGIE (suite)

### 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'un 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 m<sup>2</sup> d'aménagement** compris 100 m<sup>2</sup> 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 la ZAC qui soit favorable au réseau de chaleur.



## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES TECHNOLOGIE DEGRÉS BLEUS

### LE BATIMENT

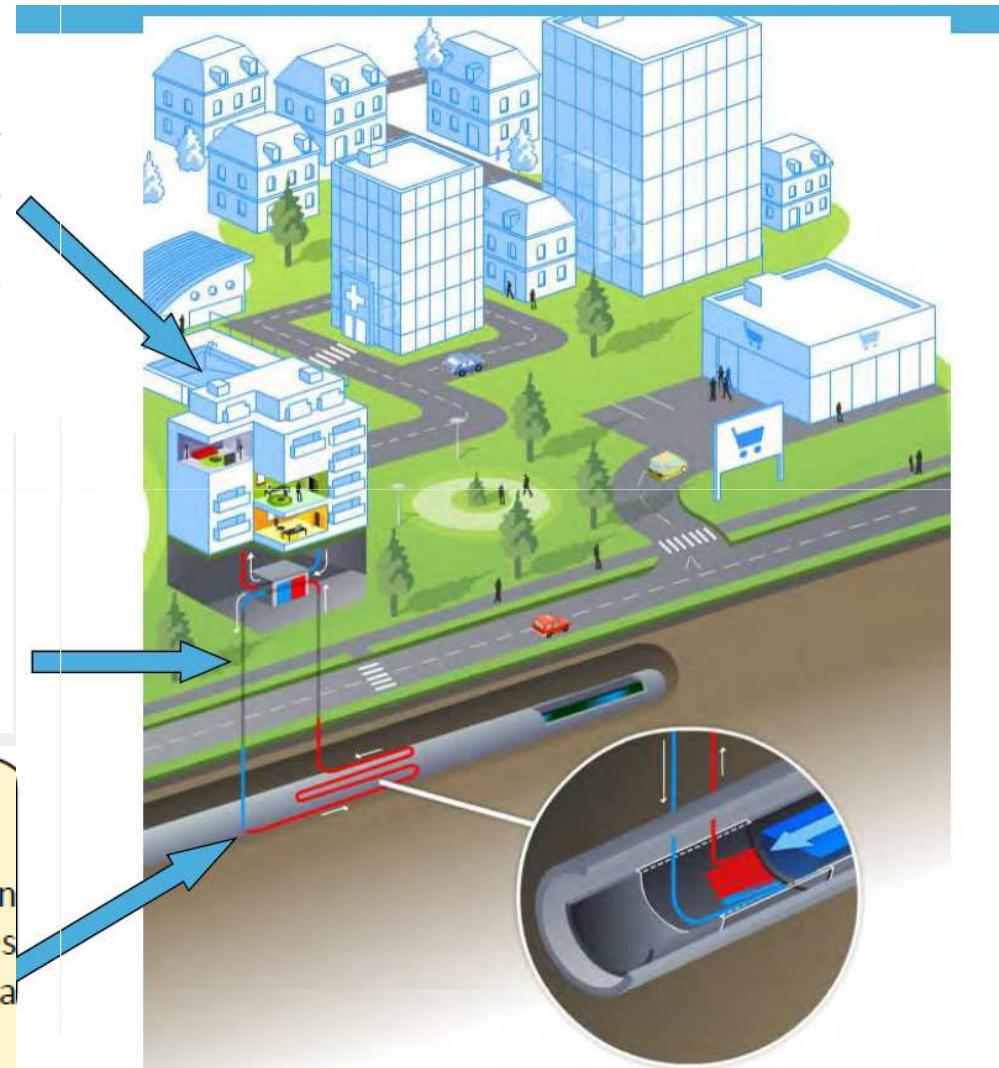
Le fluide sert à alimenter la pompe à chaleur installée dans la chaufferie et raccordée aux circuits de chauffage et/ou d'ECS du bâtiment. Pour une utilisation optimale, ces circuits doivent être basse température (< 65 °C).

### LE FLUIDE CALOPORTEUR

Le fluide caloporpore 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.

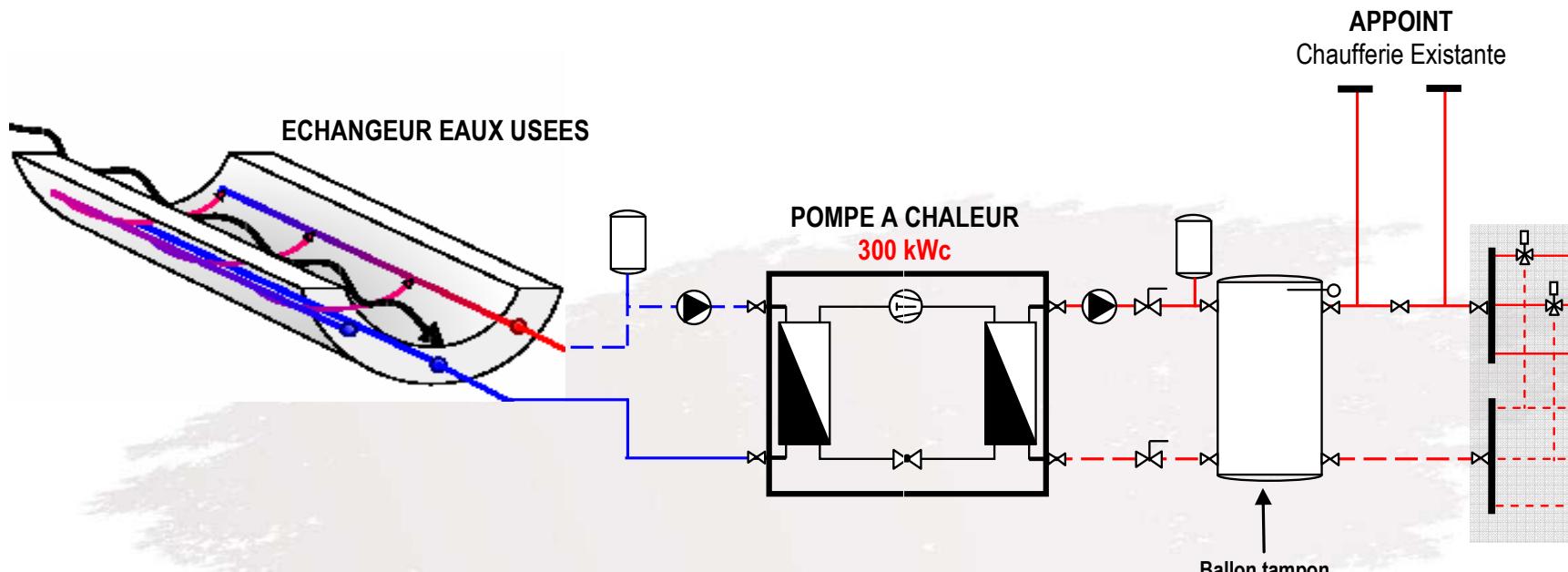
### L'ECHANGEUR

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





## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES TECHNOLOGIE DEGRÉS BLEUS (suite)





## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES

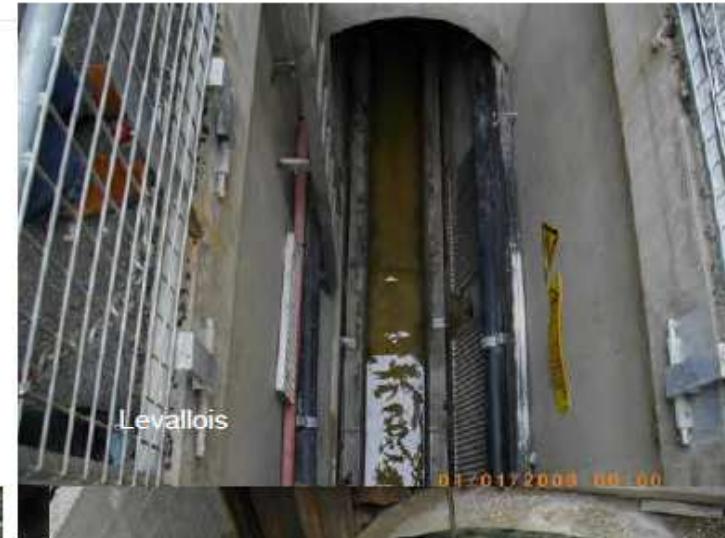
### TECHNOLOGIE DEGRÉS BLEUS (suite)

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

- La nouvelle installation a été mise en service en février 2011 ;
- Le bâtiment comprend 24 000 m<sup>2</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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.



## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES TECHNOLOGIE DEGRÉS BLEUS (suite)

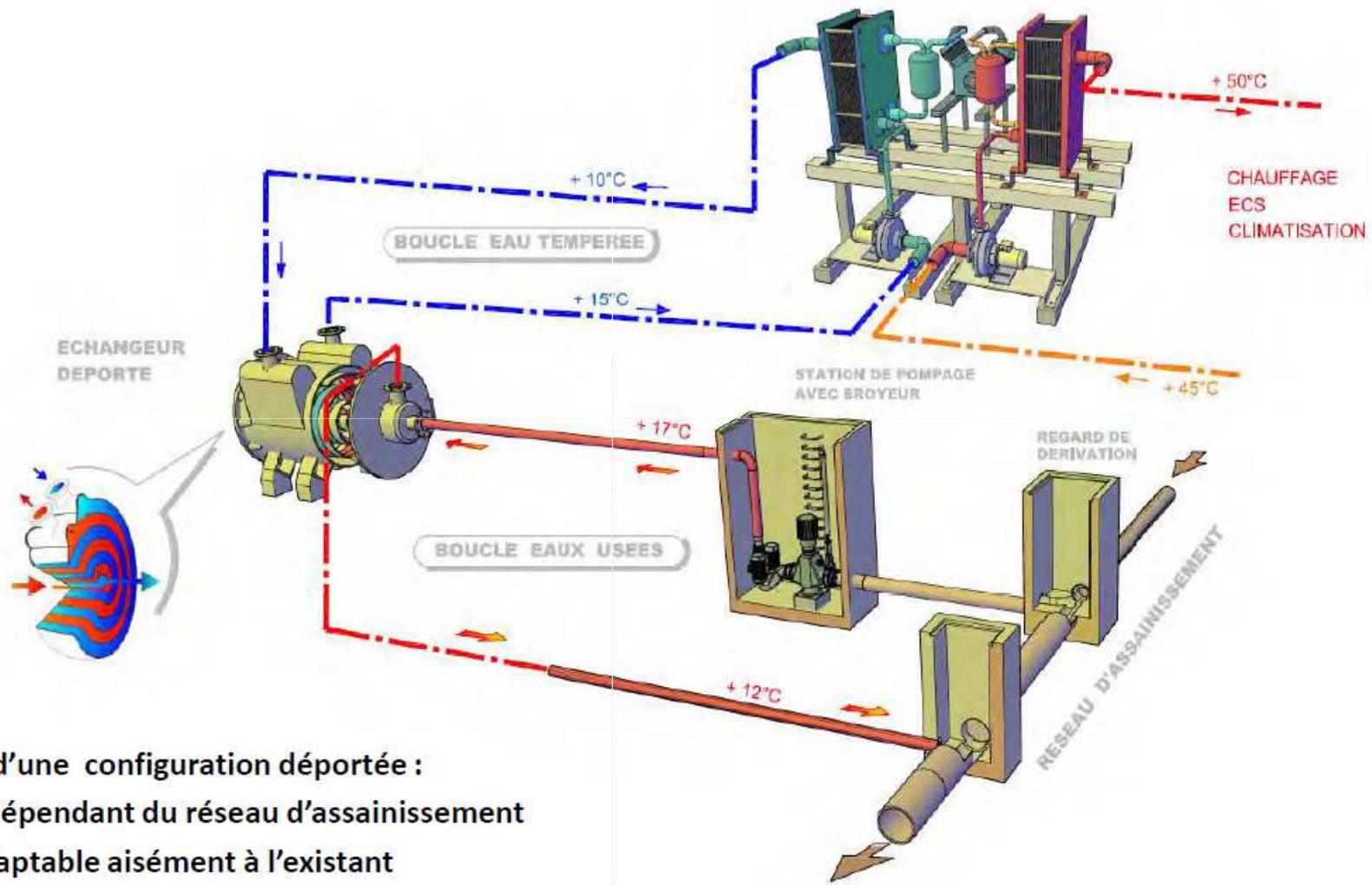


Valenciennes  
avec Cofely



## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES (suite)

### TECHNOLOGIE ENERGIDO



Les atouts d'une configuration déportée :

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

## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES TECHNOLOGIE ENERGIDO (suite)





## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES (SUITE)

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.

**La station d'épuration de Cantinolle traite les eaux usées des communes du Haillan, Le Bouscat, Eysines, une partie de Saint Médard en Jalles, Saint Aubin du Médoc, le Taillan-Médoc, Mérignac, Bruges, Bordeaux. Elle se situe juste au Nord de la ZAC.**

**Elle a une capacité de 85 000 équivalent logement.**

**Nous n'avons pas d'informations sur le tracé des réseaux existants pour connaître le potentiel existant.**



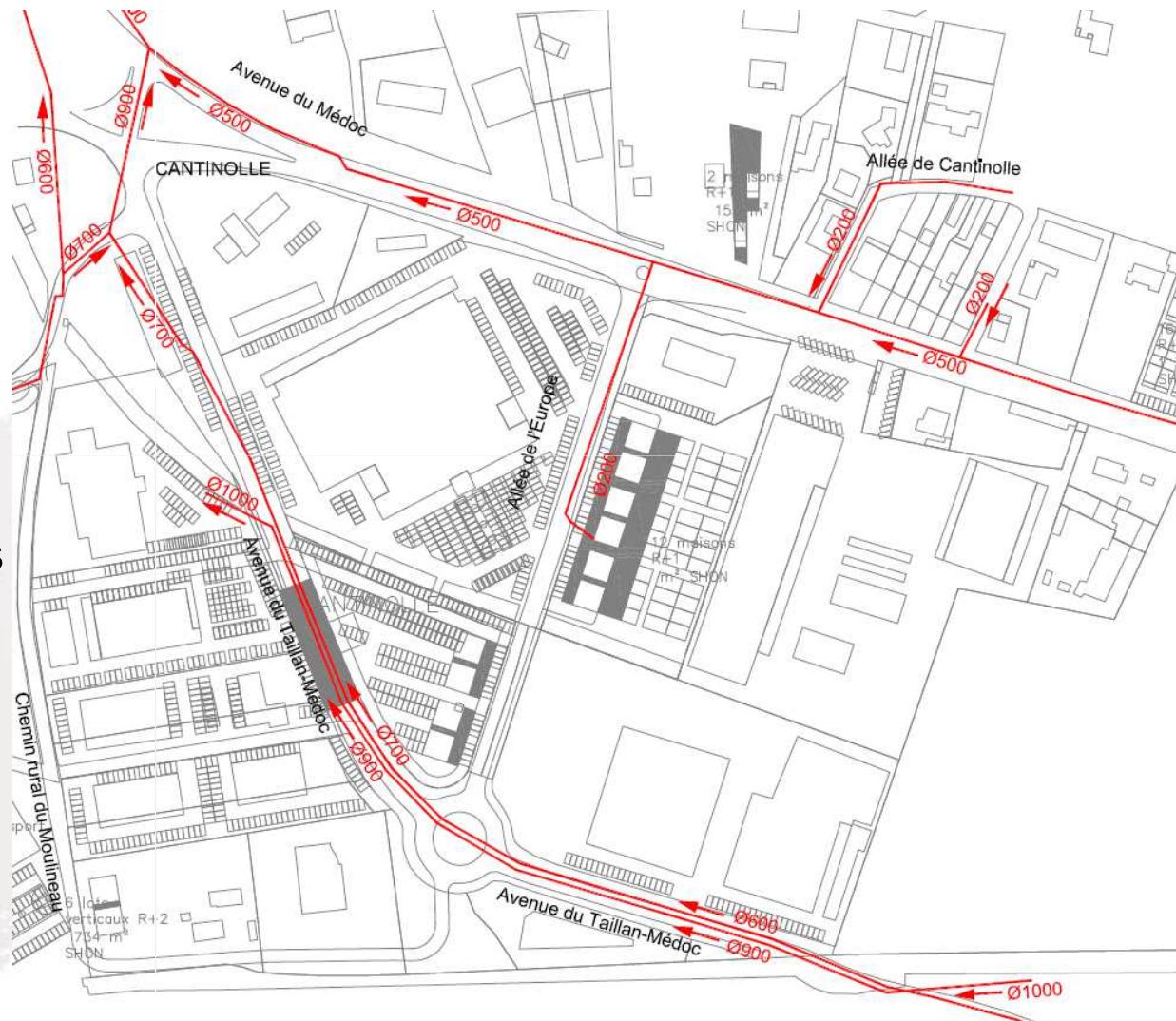
La station d'épuration est toute proche du projet et constitue une vraie opportunité pour l'implantation d'un système de récupération de chaleur.



## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES (SUITE)

- Réseau eaux usées existants :
  - Diamètre jusqu'à 1000 mm

→ Fort potentiel pour une récupération de chaleur sur les eaux usées





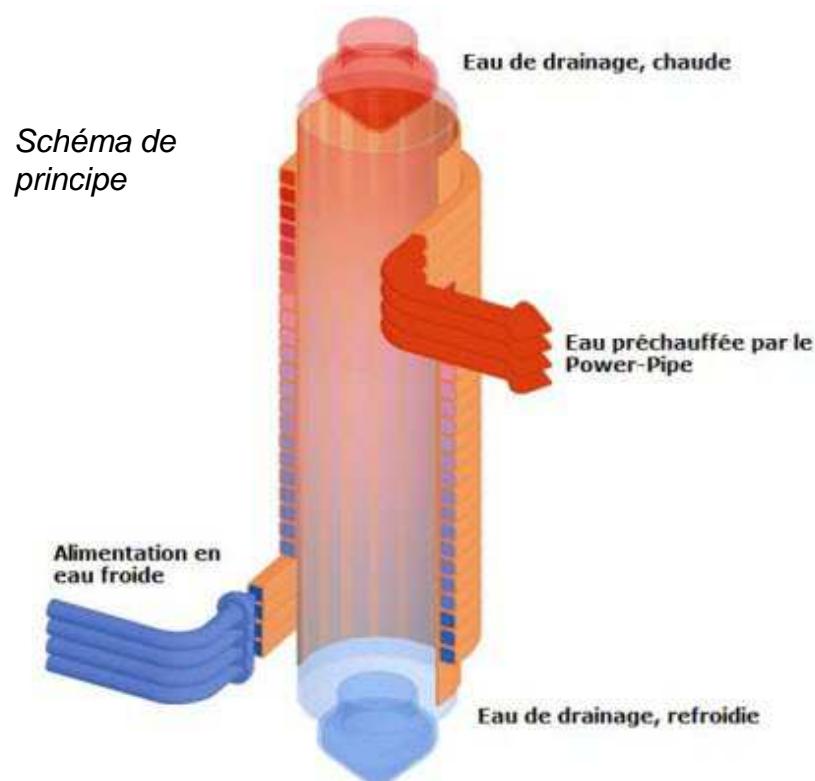
## 2-6 RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES (SUITE)

### Solution d'échelle bâimentaire:

- 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.



Photo du système PowerPipe –  
Source ATEE et Solenove Energie





## 2-7 RÉSEAUX DE CHALEUR EXISTANT

- Les réseaux de chaleur sur Bordeaux :

- Existant :
  - Cenon / Lormont : Haut de Garonne exploité par la société Rive Droite Energie (Dalkia) – bois + UIOM ; 21km de réseau,
  - Cité Carriet,
  - Grand Parc,
  - Le Burck,
  - Pessac Tournebride,
  - **Saint Médard en Jalles**,
  - Université Bordeaux 1,
  - Hôpitaux Pellegrin et Charles Perrens,
  - Hôpitaux Haut Lévèque, Xavier Arnozan, ...
- En projet ou à l'étude :
  - OIN Euratlantique et ZAC Saint Jean Belcier (extension vers la gare bordeaux à partir de l'UIOM),
  - Centre ville de Mérignac,
  - PAE du Pontet à Pessac,
  - Les sécheries à Bègles,
  - Opération campus,
  - Brazza,
  - Bastide Niel,
  - Eco quartier du Bassin à flots avec une plateforme biomasse côté Bacalan (6MW bois 20 Gaz Dalkia)
  - Ginku Eco quartier (5MW bois Cofely),



# 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)

Pas de potentiel - non retenue  
 Réalisable sous conditions  
 Envisageable

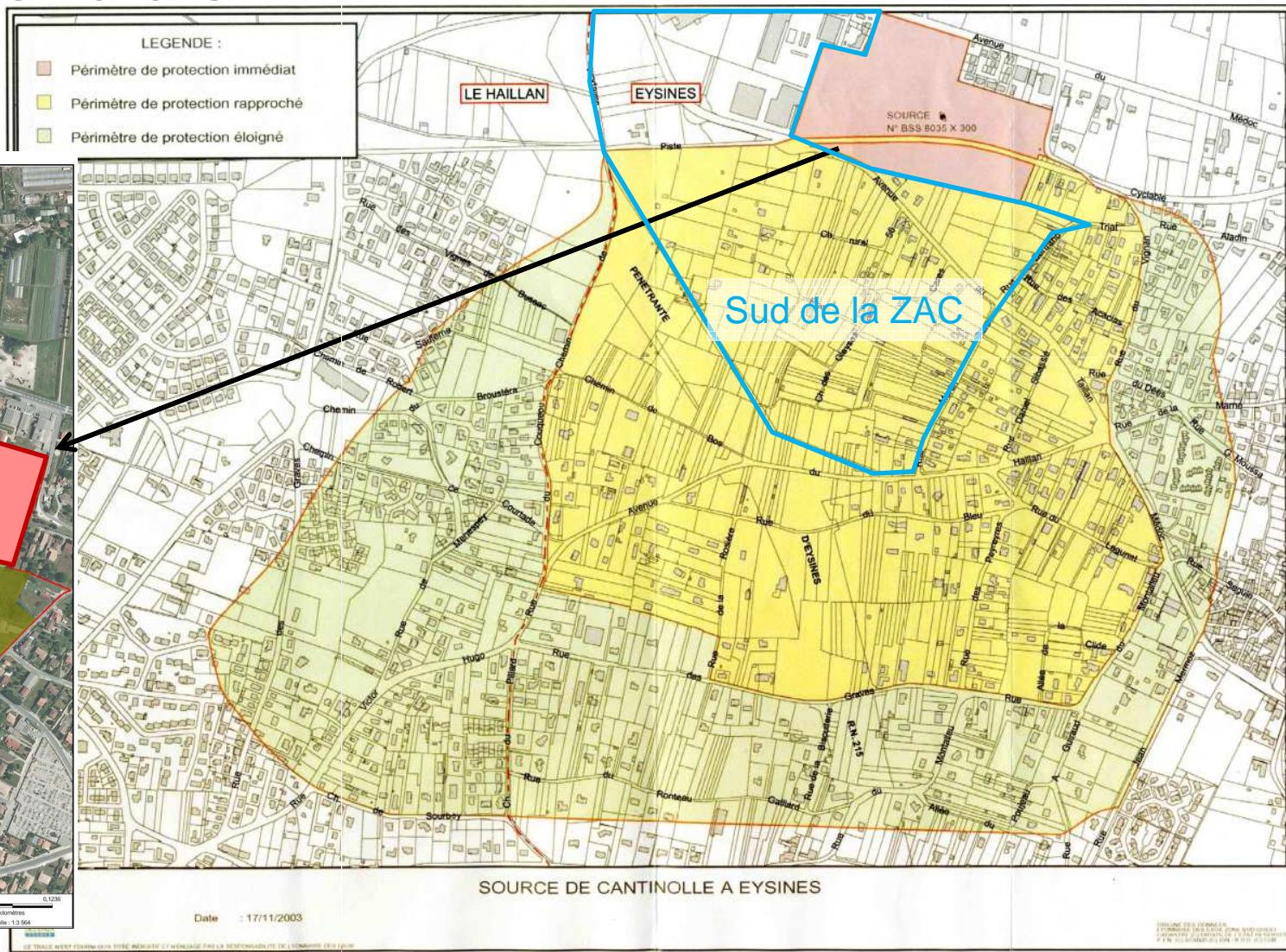
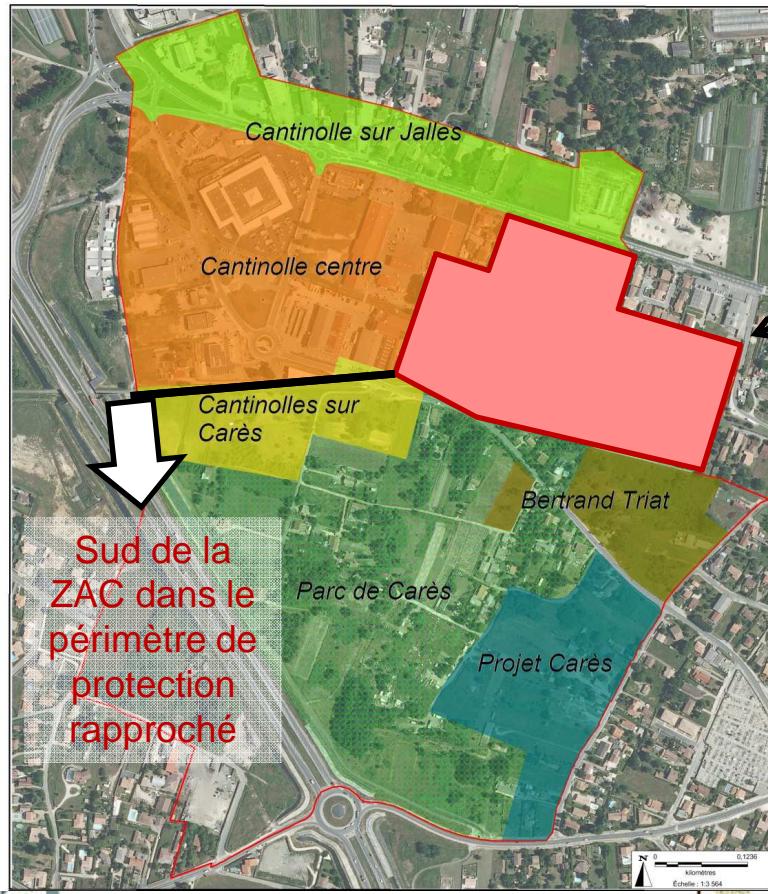
Sources ENR	Avantages	Inconvénients	Avis INDDIGO
Bois énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energie renouvelable ;</li> <li>Le prix du bois déchiqueté est bas ;</li> <li>Distribution de droit à consommer par la RT2012 pour les réseaux de chaleur à faible émission de CO2 ;</li> <li>Schéma directeur oblige les parcelles à se raccorder au réseau;</li> <li>Stabilité du prix de la chaleur;</li> <li>TVA à 5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disposer de foncier pour une implantation de la chaufferie et d'une l'aire de manœuvre des camions de livraison ;</li> <li>Livraisons régulières par les camions génèrent du bruit ;</li> <li>Investissement élevé ;</li> <li>montage juridique et financier complexe ;</li> <li>Bâtiments industriels aux consommations inconnues ;</li> <li>Phasage de construction de la ZAC trop étendu ;</li> </ul>	<p><b>Cette solution nous paraît peu probable étant donné la faible densité énergétique</b></p>
Méthanisation / Biogaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestion durable et de proximité des déchets d'un territoire ;</li> <li>Valorisation du digestat pour les agriculteurs ;</li> <li>Production d'une énergie renouvelable ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ZAC en milieu urbain difficile à approvisionner ;</li> <li>Nécessite un emplacement de stockage des déchets fermentescibles ; Gène olfactive ;</li> <li>Installation ICPE incompatible avec les objectifs de la ZAC d'Eysines</li> <li>Système financé généralement par un tiers investisseur;</li> <li>Il est plus intéressant de vendre le biogaz produit que de produire de la chaleur : réseau de chaleur difficile à promouvoir</li> </ul>	<p><b>Aujourd'hui pas de projet sur la ZAC ou à proximité ;</b></p>
Géothermie très basse énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage et climatisation sur le même système ;</li> <li>Performance intéressante (COP) ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température d'eau chaude max = 55°C</li> <li>Demanderait trop de sondes (mitage du terrain)</li> </ul>	<p><b>La géothermie sur nappe est interdite. Sur sondes, cela n'est pas pertinent pour un réseau de chaleur</b></p>
Cogénération biomasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energie renouvelable ;</li> <li>Production d'électricité avec tarif d'achat de l'électricité produite subventionné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puissances très importantes requises ;</li> <li>Système très couteux plutôt adapté à de grosses industries ;</li> <li>Subventions sur appel d'offre de la CRE (Commission de Régulation de l'Energie)</li> </ul>	<p><b>Pas de projet industriel in situ ; Pas d'opportunité sur la ZAC – solution non retenue ;</b></p>
Chaleur fatale des eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage et climatisation sur le même système possible ;</li> <li>Performance très intéressante ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Station d'Eysine s au nord de la ZAC à proximité ;</li> <li>Pas d'info sur le passage des réseaux ;</li> <li>Système de chauffage à basse température ;</li> </ul>	<p><b>Fort potentiel sur la ZAC et en particulier sur la parcelle Cantinolle qui aura des besoins de froid; Etudes complémentaires à réaliser ;</b></p>
Solaire thermique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indépendance énergétique par rapport aux énergies fossiles ;</li> <li>Adapté pour des logements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inadéquation des besoins de chauffage avec la période d'ensoleillement ;</li> <li>Climatisation solaire est couteuse et peu adaptée ;</li> <li>Conception des bâtiments particulière est requise ;</li> <li>Investissement lourd ;</li> </ul>	<p><b>Peut être appliqué sur un réseau de chaleur mais doit être couplé à une autre énergie (exemple ZAC du VIDAILHAN, Balma (31))</b></p>



## 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)

- Contexte sur la ZAC – Existence d'un Arrêté préfectoral lié au puits d'alimentation en eau pour la consommation humaine.

Plan de ZAC :



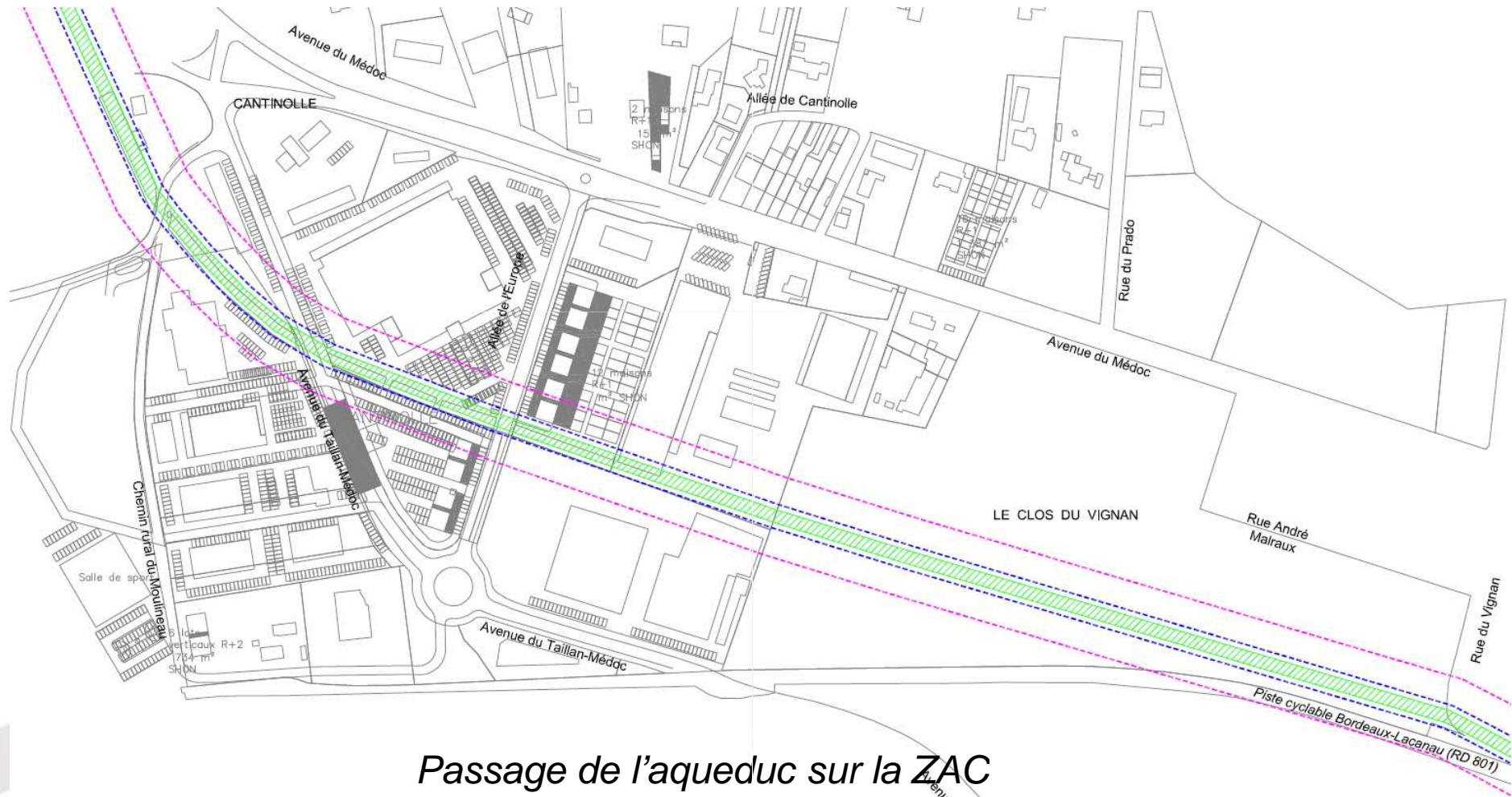


## 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)

- Contexte sur la ZAC – Pour le périmètre rapproché, l'arrêté préfectoral stipule :
  - Titre 7.1.1 : Interdiction :
    - Tout nouvel ouvrage, installation, travaux, dépôt, activité, aménagement ou occupation des sols de nature à nuire à la qualité des eaux de la nappe sont interdits.
    - Par conséquent, le creusement de puits, forages s'adressant aux nappes de l'oligocène et éocène est interdit.
  - Titre 7.2.2 : Réglementé et soumis à autorisation :
    - Sont autorisés les constructions superficielles dont les fondations n'occasionnent pas de perforation du toit calcaire ; c'est-à-dire 60cm de profondeur.
    - Des fondations de plus grandes profondeurs seront autorisées sous réserve d'une étude technique.
    - Toutes les canalisations d'EU et EP doivent être parfaitement étanches. Idem pour un réseau de chaleur ?

## 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)

- Contraintes liées à l'aqueduc de BUDOS :





## 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)

- Contraintes liées à l'aqueduc de BUDOS – Extrait du courrier de la lyonnaise des eaux :

### 8) Franchissement de l'aqueduc par des réseaux d'eau potable et gaz

- Les canalisations d'eau sous pression et de gaz traversant l'aqueduc seront à disposer dans des fourreaux étanches résistant à la corrosion et à la pression de service du fluide transporté, avec regard de visite de part et d'autre de l'aqueduc. Un repérage au sol sera mis en place (bornes par type de réseau). Pour le gaz, un reniflard piqué sur le fourreau pourra faire office de borne de repérage. Ces dispositions s'appliquent aussi à la mise en place de branchements de particuliers.

- Les branchements Eau Potable, GAZ sont tolérés sur la servitude. Ils devront être regroupés et franchiront l'aqueduc à la perpendiculaire,

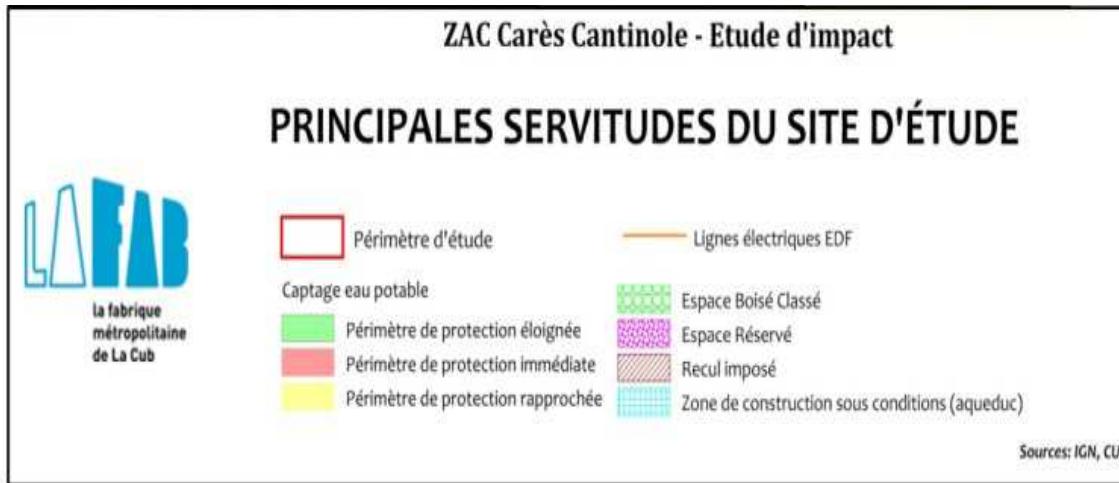
- Des vannes de sectionnement devront être placées sur les canalisations de part et d'autre de l'aqueduc, dans les regards appropriés.

- Un grillage avertisseur, à la couleur adaptée, sera posé 30 cm au dessus des conduites et branchements d'eau potable (couleur bleu) et de Gaz (couleur jaune).

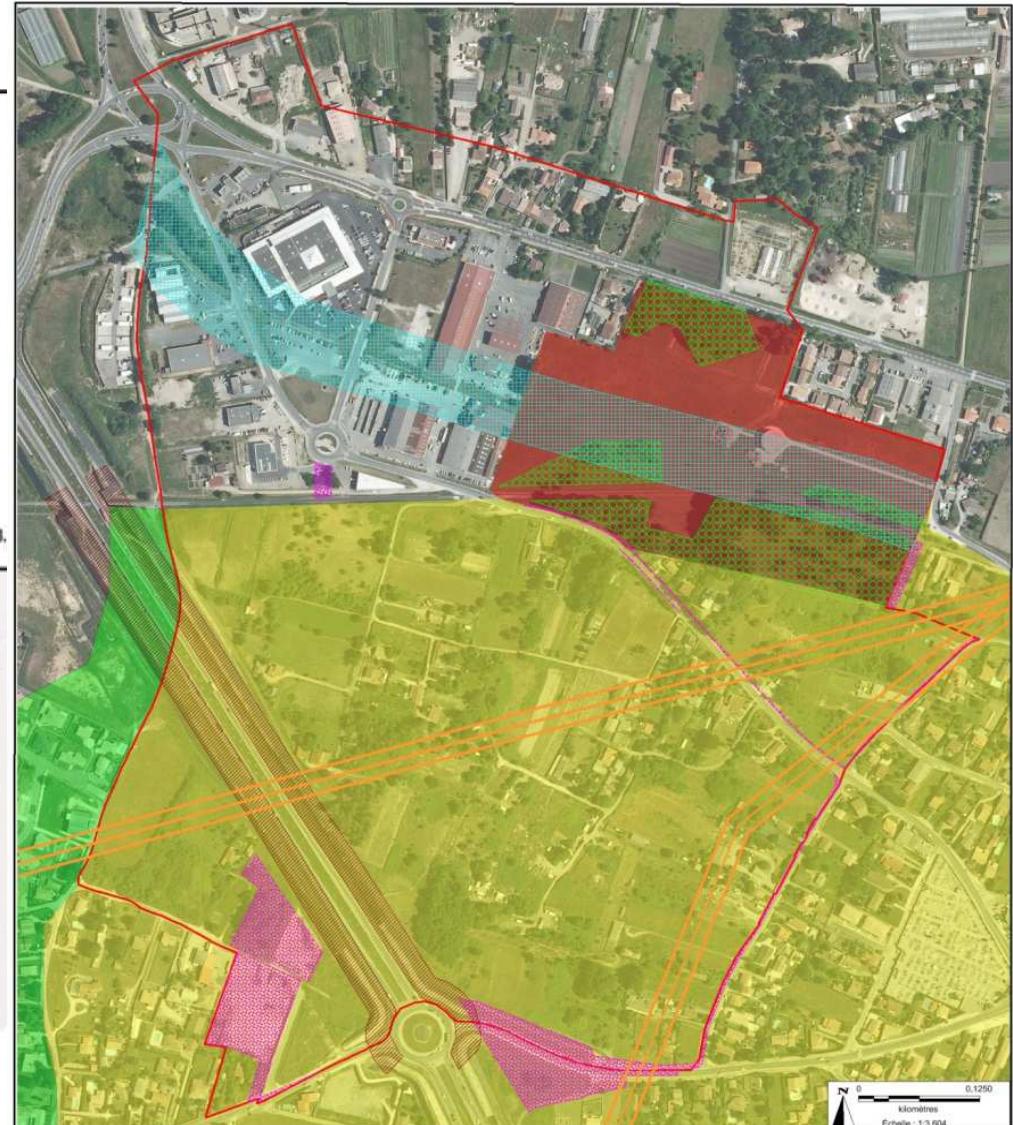
- La réfection de la chaussée, au droit de la tranchée la chaussée sera constituée par un revêtement rigoureusement étanche (*voir paragraphe 5*)



## 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)



La partie nord de Cantinolle Centre et Cantinolle sur Jalles ne présentent pas de servitudes.





## 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES CENTRALISÉS (RÉSEAU DE CHALEUR)

Conclusion sur le réseau de chaleur à ce stade de l'étude :

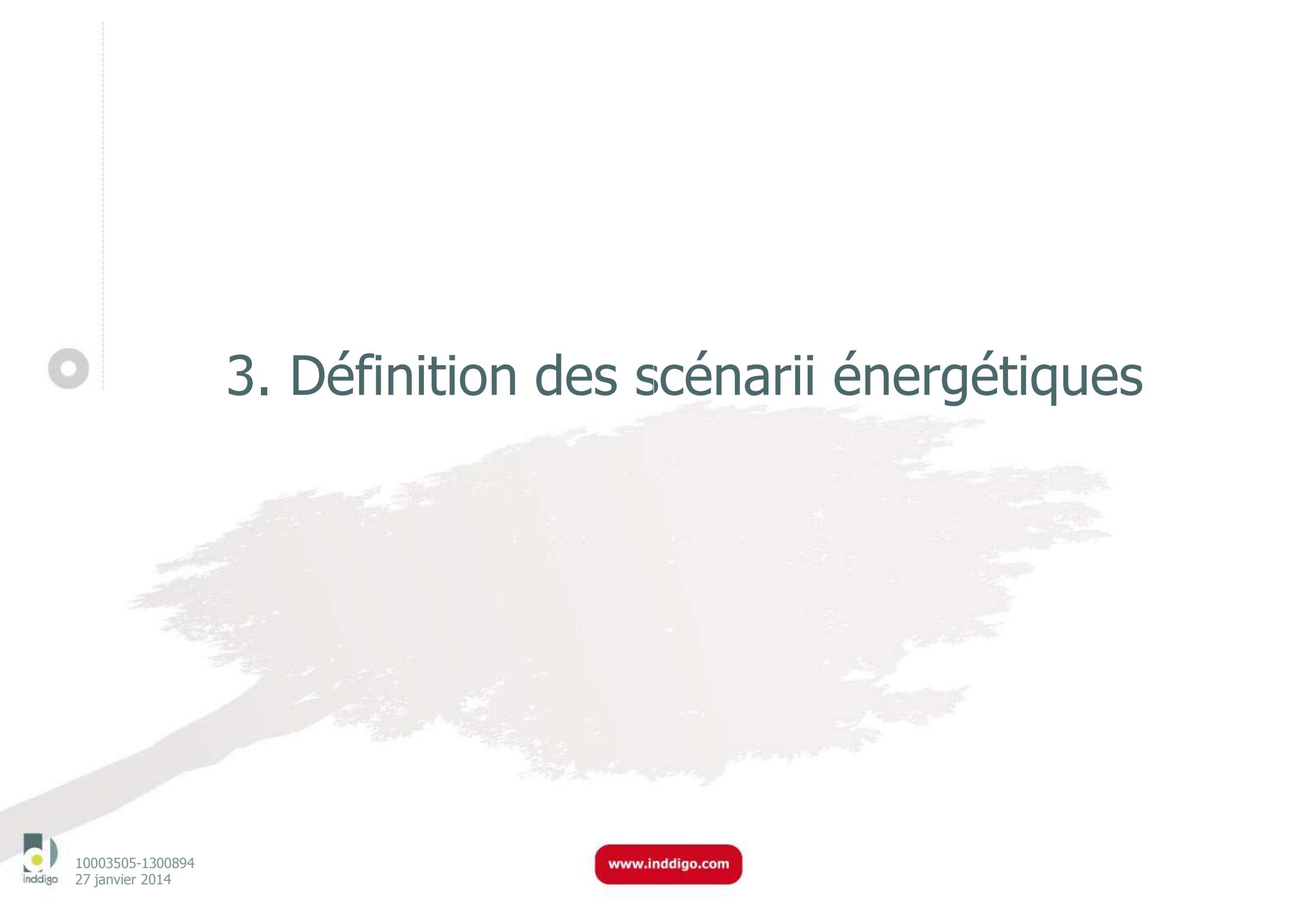
- Un réseau de chaleur sur l'ensemble de la ZAC n'est pas envisageable du fait :
  - d'un phasage de commercialisation trop étalé => problème de trouver un financement.
  - d'une densité énergétique à l'échelle de la ZAC est trop faible : Le projet Triat et le projet Carès sont trop éloignés du projet Cantinolle ;
  - des servitudes qui rendent compliqués la faisabilité d'un réseau de chaleur global.
- En revanche, le regroupement de la partie nord de Cantinolle centre et de Cantinolle sur Jalles pour la réalisation d'une solution centralisée paraît pertinent. Pour assurer la stabilité économique d'un système mutualisé, il sera nécessaire d'inclure les bâtiments existants dans le périmètre. Par ailleurs, la proximité des réseaux d'eaux usées et de la station d'épuration est idéale pour imaginer un système de récupération de chaleur sur les eaux usées à cette échelle. Nous étudierons ce cas de manière technique et économique.



# 2-8 SYNTHÈSE – ENERGIES VIA SYSTÈMES DÉCENTRALISÉS ( À L'ÉCHELLE DU BÂTIMENT)

Pas de potentiel - non retenue  
 Réalisable sous conditions  
 Envisageable

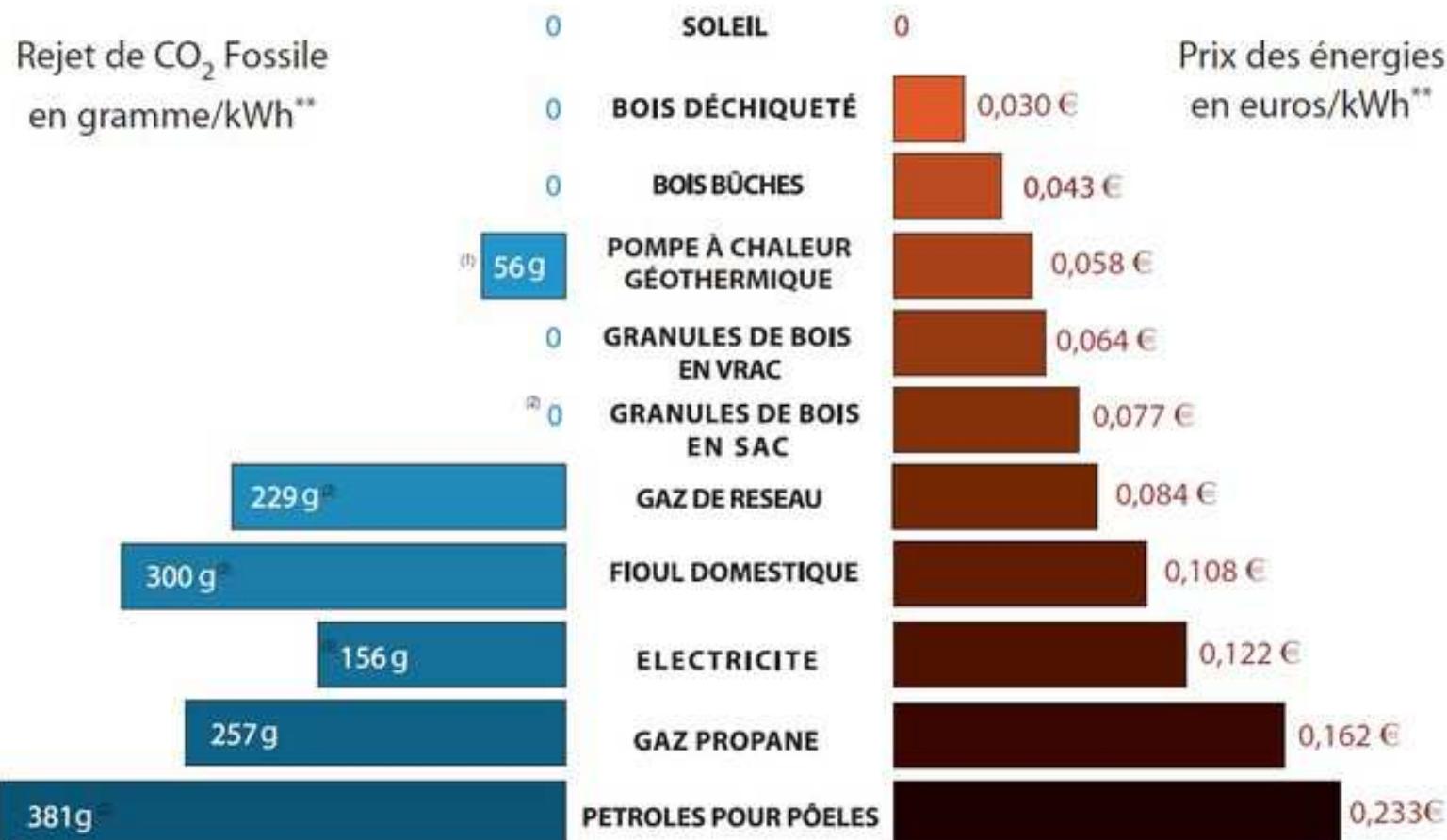
Sources ENR	Avantages	Inconvénients	Avis INDDIGO
Bois énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energie renouvelable ;</li> <li>Prix du bois déchiqueté intéressant ;</li> <li>Stabilité du prix du bois ;</li> <li>TVA à 10%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réserver de la place sur chaque parcelle pour l'implantation d'une chaufferie + silo de stockage ;</li> <li>Livraisons régulières par les camions ;</li> <li>Investissement élevé à porter par les futurs acquéreurs ;</li> </ul>	<p><b>Le surcoût, l'emprise foncière, la faible consommation des logements RT2012 sur la ZAC ne permettent pas la réalisation de chaufferies bois.</b></p> <p><b>Le bois granulés peut s'implanter plus facilement à l'échelle d'un bâtiment</b></p>
Eolien	<ul style="list-style-type: none"> <li>Publicité / communication environnementale autour de la ZAC ;</li> <li>Energie gratuite ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implantation en hauteur ;</li> <li>Limité à 12m de hauteur sans permis de construire</li> <li>Pas de tarif d'achat subventionné de l'électricité</li> <li>Il n'y a pas de retour sur investissement à attendre.</li> </ul>	<p><b>Cette solution peut difficilement être imposée aux entreprises et aux promoteurs</b></p> <p><b>En revanche, l'implantation d'une petite éolienne de quelques kW est envisageable sur un équipement public ;</b></p>
Géothermie très basse énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage et climatisation sur le même système ;</li> <li>Performance intéressante (COP) ;</li> <li>Nappe d'eau au débit intéressant à l'échelle de la parcelle ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nécessite la réalisation d'un forage test et des analyses de l'eau ;</li> <li>Température d'eau chaude max = 55°C</li> <li>Système couteux pouvant difficilement être imposé aux futurs industriels ;</li> <li>Etudes complémentaires à faire en phase opérationnelle ;</li> </ul>	<p><b>Sur nappe : interdit</b></p> <p><b>Sur sondes : Implantation à l'échelle de la parcelle tertiaire pour le côté réversible est pertinente</b></p>
Chaleur fatale des eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage et climatisation sur le même système possible ;</li> <li>Performance très intéressante ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les STEP sont trop éloignées de la ZAC</li> <li>Système de chauffage à basse température ;</li> </ul>	<b>Equiper les logements collectifs de PowerPipe.</b>
Solaire thermique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indépendance énergétique par rapport aux énergies fossiles ;</li> <li>Adapté pour des logements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inadéquation des besoins de chauffage avec la période d'ensoleillement ;</li> <li>Climatisation solaire est couteuse et peu adaptée ;</li> <li>Conception des toitures à prévoir ;</li> <li>Investissement lourd ;</li> </ul>	<b>Implantation sur les logements pour diminuer les consommations d'ECS et passé plus facilement RT2012</b>
Solaire photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indépendance énergétique par rapport aux énergies fossiles ;</li> <li>Tarif d'achat subventionné ;</li> <li>Production permettant d'atteindre la RT2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendement faible (&lt;20%) ;</li> <li>Structure porteuse à prévoir ;</li> </ul>	<p><b>Application à l'échelle du bâtiment envisageable</b></p> <p><b>Pour les bâtiment RT2020, le photovoltaïque est un des moyens pour atteindre des objectifs de bâtiment à énergie positive.</b></p> <p><b>Application en temps qu'ombrière de parking est envisageable.</b></p>



### 3. Définition des scénarii énergétiques

## 3-1 PISTES À ÉTUDIER

Hiérarchisation des prix des énergies et de leurs émissions de gaz à effet de serre :



\*\* kWh utiles - <sup>1)</sup> Source : AJENA selon étude ADEME/EDF - <sup>2)</sup> Source : ADEME - <sup>3)</sup> Source : ADEME/EDF



## 3-1 PISTES À ÉTUDIER

- Les scénarii suivants ont été retenus et seront étudiés de manière technique, économique et environnementale.
- Nous étudions également les impacts des scénarii sur le prix de vente d'un logement type et sur ses coûts de fonctionnement.

### **Propositions d'approvisionnement énergétique pouvant être mis en place :**

Besoins	Logement collectif	
	Chaussage	ECS
Scénario 01 de référence	Chaudière gaz individuelle mixte à condensation	
Scénario 02	Chaudière gaz collective à condensation	
Scénario 03	Chaudière gaz collective à condensation avec panneaux solaires thermiques centralisés	
Scénario 04	Chaudière bois granulés	
Scénario 05	Panneaux radiants électriques	
Scénario 06 (uniquement sur Cantinolle centre nord et sur Jalles)	Récupération de la chaleur sur les eaux usées	



## 3-2 DIMENSIONNEMENT

- Nous définissons un bâtiment moyen de référence pour pouvoir comparer les scénarii entre eux.

Données bâtiment de logements collectifs		J10	
	Nb. d'habitants	100	
	Nb. de logement prévu dans le bâtiment	45	
	SdP	2 700	m <sup>2</sup>
	Besoins de chauffage	43 200	kWh/an
	Besoins de climatisation	0	kWh/an
	Besoins d'eau chaude (ECS)	94 500	kWh/an
	Puissance de chauffage	68	kW
	Puissance frigorifique	0	kW
	Puissance d'ECS	35	kW
	<b>Puissance max</b>	<b>103</b>	<b>kW</b>



## 3-2 DIMENSIONNEMENT

Scénario 1 de référence : Chaudière individuelle gaz à condensation de 24 kW par logement réalise le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

- L'évacuation des fumées se fera par ventouse en façade.
- Cette solution est la plus simple à mettre en place du point de vue syndic de copropriété et a été beaucoup utilisée ces dernières années; En effet, chaque locataire aura à sa charge le règlement des factures en direct avec le fournisseur de gaz et devra réaliser l'entretien annuel de la chaudière.



En revanche, les rendements de fonctionnement dans les logements basse consommation ne sont pas optimisés. La conduite d'installation n'est pas réalisée; tout ce qui touche à l'équilibrage des réseaux, à la programmation de la chaudière et des heures de confort n'est pas réalisé de manière optimale. Les consommations de gaz seront plus importantes que dans le cas d'une chaufferie collective.



## 3-2 DIMENSIONNEMENT

Scénario 2 : Chaudière collective gaz à condensation de 100 kW pour la production du chauffage et d'eau chaude sanitaire de l'ensemble des logements du bâtiment;

- Un ballon de stockage ECS collectif est prévu en chaufferie et sera commun à tous les logements ;
- Comptage individuel de l'énergie (chauffage et ECS) indispensable;
- Contrairement à des chaudières individuelles, la conduite de l'installation sera de meilleure qualité et permettra de faire des économies, notamment sur les rendements.
- La boucle d'ECS (obligatoire pour la légionelle) induit une surconsommation. Il existe des solutions pour réduire les pertes de bouclage.



[www.inddigo.com](http://www.inddigo.com)

- La mutualisation des coûts d'investissement et de gestion permet de faire des économies.
- En revanche, nous intégrerons la perte financière de surface liée à l'implantation de la chaufferie par le promoteur.



## 3-2 DIMENSIONNEMENT

- Scénario 3 : Chaudière collective gaz à condensation de 100 kW pour la production du chauffage. L'eau chaude sanitaire de l'ensemble des logements du bâtiment sera réalisée par des panneaux solaires.
- Pour le bâtiment de référence, nous avons dimensionné l'installation suivante :

Installation			
Capteurs		Stockage	
Surface	93,2 m <sup>2</sup>	Situation	Interieur (15 °C)
Vitosol 100-F SV1A et SH1A VIESSMANN (40 x 2,33 m <sup>2</sup> )		Temperature ECS	55 °C
Inclinaison	45 °/Horiz	Volume de stockage	3000 Litres
Orientation	0°/Sud	Cste de refroidissement	0,0919Wh/jour.l.°C
Coefficient B	0,77	Type d'installation	Circulation forcee, echangeur separe
Coefficient K	4,99W/m2.°C		



Taux couverture solaire	59,5	%	Apport solaire annuel	49931	kWh/an
Besoin annuel	83879	kWh/an	Productivite annuelle	536	kWh/m2.an

calcul realise sur [www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr)



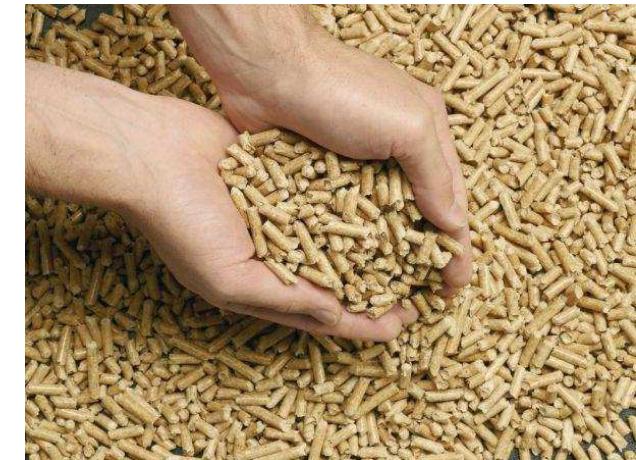
## 3-2 DIMENSIONNEMENT

- Scénario 4 : Chaudière bois granulé de 100 kW pour la production du chauffage et d'eau chaude sanitaire de l'ensemble des logements du bâtiment.
- L'utilisation du bois requiert l'installation d'un silo de stockage et donc une surface de plancher plus importante au sein du bâtiment que celle nécessaire pour une chaufferie gaz.
- Les faibles puissances de chauffage des bâtiments RT2012 correspondent bien à l'utilisation d'une chaufferie bois granulé.
- Une hydro-accumulation permettra d'optimiser le rendement.
- Le taux de couverture bois sélectionné pour notre étude est de 100%.



*Image de synthèse- source fabricant Ökofen*

[www.inddigo.com](http://www.inddigo.com)



*Image de synthèse- source fabricant Kob*



## 3-2 DIMENSIONNEMENT

- Scénario 6 : Récupération de chaleur sur les eaux usées.  
Hypothèse : 40% de subventions.
- Technologie : Degrés bleus car le diamètre des canalisations existantes est > 400mm ;
- La canalisation d'EU de l'avenue du Médoc peut être utilisée pour alimenter les bâtiments de par et d'autre de l'avenue. Cette zone Nord de la ZAC se situe en dehors du périmètre de protection rapproché et présente de nombreux consommateurs existants.
- Pour limiter les travaux d'aménagement sur la ZAC, dans un contexte où le foncier est limité, nous avons pris l'hypothèse de la création d'un réseau d'eau tempérée en parallèle de l'avenue du Médoc. Dans notre étude, ce réseau dessert tous les bâtiments existants qui donnent sur l'avenue et les futurs bâtiments de Cantinolle sur Jalles, ainsi que C5 et C7.
- Chaque bâtiment raccordé devra se doter d'une pompe à chaleur pour réaliser le chauffage et/ou le rafraîchissement de ses locaux.
- En cas d'investissement par l'aménageur, le financement de l'installation à travers un surcoût du prix du foncier est envisageable. Il permettra d'obtenir un prix de l'énergie plus compétitif.
- Une étude de faisabilité est à mener pour ce scénario d'approvisionnement.



## 3-3 CRITÈRES 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:

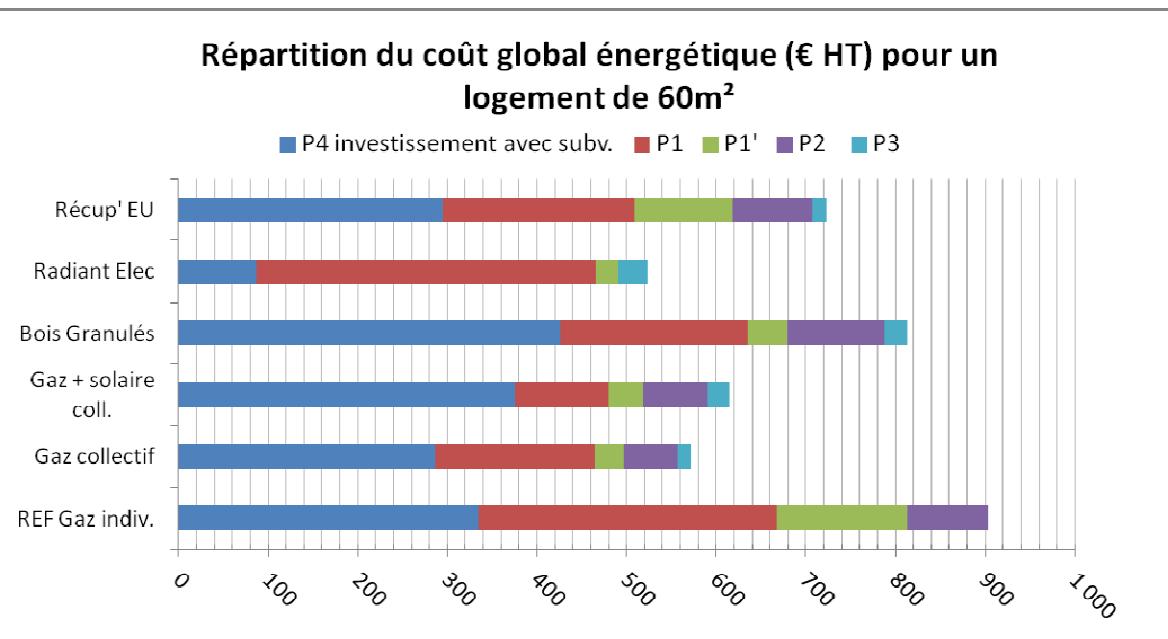
- **P<sub>1</sub>**: facture de combustible annuelle (gaz, bois, électricité...);
- **P<sub>1</sub>**: facture d'électricité des auxiliaires de chauffage/climatisation (par exemple les pompe de réseau de chaleur, pompe forage...);
- **P<sub>2</sub>**: Conduite d'installation, entretien et renouvellement du petit matériel (filtres, calorifuge...);
- **P<sub>3</sub>**: Renouvellement du gros matériel;
- **P<sub>4</sub>**: Annuité de remboursement d'emprunt sur 20 ans (investissement à 100% emprunter; taux d'intérêt de 3,5% ).

*Notre étude économique est effectuée sur la base des hypothèses de prix 2014.*



## 3-4 COMPARAISON DES SCENARII (suite)

- Synthèse en coût global (avec subventions fds chaleur 2014)



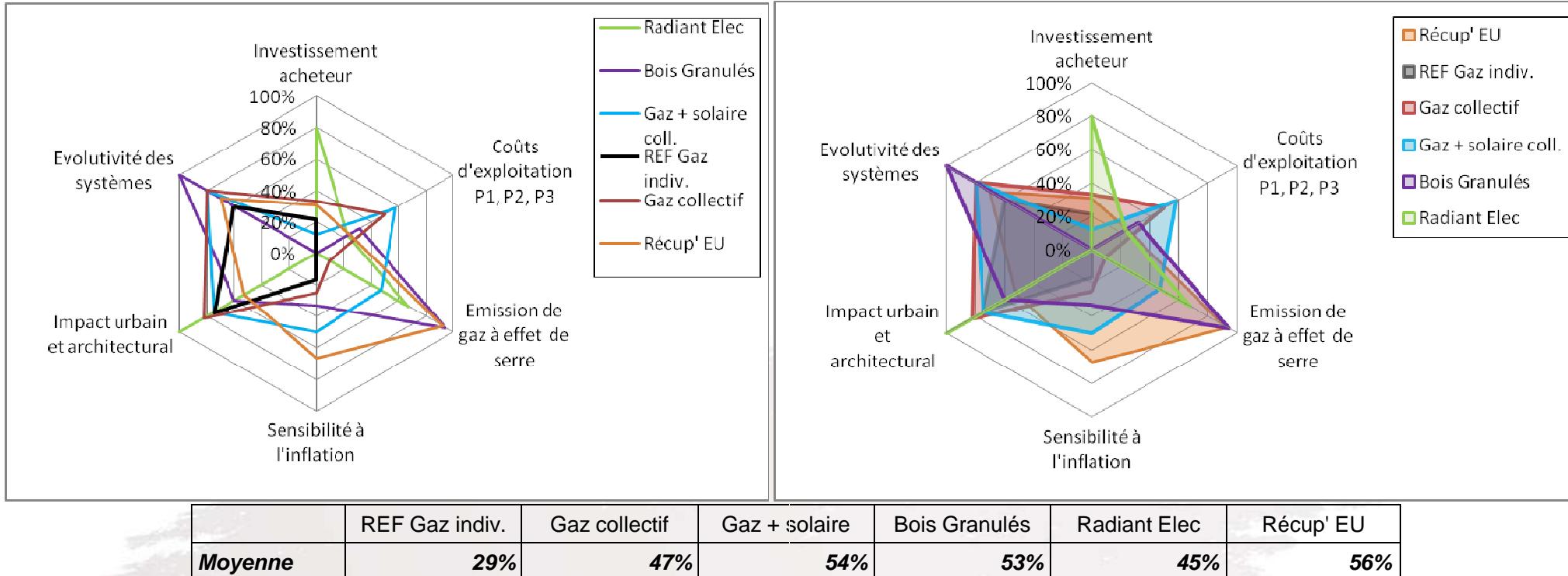
- Avec la réduction des consommations, le P4 devient un enjeu plus important que le P1. La performance des systèmes n'est donc plus un paramètre dominant pour obtenir l'équilibre financier. Pour preuve, le scénario le moins cher en coût global est le scénario tout électrique. Mais celui-ci ne permet pas d'atteindre les objectifs RT2012.
- La récupération sur les eaux usées permet d'obtenir un prix de vente de la chaleur intéressant. L'économie est certainement plus probante pour un gros consommateur tel que le SupérU que pour un bâtiment de logements collectif RT2012 qui consomme très peu.
- Le scénario le plus avantageux économiquement est la chaufferie gaz collective.

Logement type / €HT	REF Gaz indiv.	Gaz collectif	Gaz + solaire coll.	Bois Granulés	Radiant Elec	Récup' EU
P4 investissement avec subv.	335	286	376	426	87	294
P1	332	178	104	209	378	214
P1'	146	32	38	45	26	110
P2	90	60	72	108	0	89
P3	0	14	25	26	32	16
<b>Total avec subv. HT</b>	<b>903</b>	<b>571</b>	<b>615</b>	<b>813</b>	<b>523</b>	<b>723</b>
Prix de revient €HT / MWh	273	173	186	246	158	219
Emission CO2 kg/m <sup>2</sup> chauffé	14,3	13,0	7,6	0,8	4,6	1,1
Investissement ramené au logement	4 550,0	3 891,1	5 107,6	5 791,9	1 181,1	4 002,2
Surcoût sur le prix d'achat du logt de 60m <sup>2</sup>	2,2%	1,9%	2,4%	2,8%	0,6%	1,9%

Tableau des résultats correspondant à l'histogramme

# 4-2 COMPARAISON DES SCENARII (suite)

## • Analyse multicritères



**Plus la note est élevée, meilleure la solution est.**

La note impact urbain et architectural, et l'évolutivité des systèmes sont des notes qualitatives qui tiennent compte des paramètres suivants :

- Impact urbain : infrastructures à créer, impact sur les bâtiments, évacuation des fumées, livraison combustible, immobilisation du foncier, impact visuel,...
- Evolutivité des systèmes: facilité à changer de source d'énergie (place en chaufferie, colonne montante, réseau de radiateurs,...)
- Plusieurs solutions d'approvisionnement sont à peu près à la même moyenne. Chaque critère pourra être pondéré en fonction des objectifs recherchés par l'aménageur. Le détail des calculs est disponible en annexe.

## 4-2 COMPARAISON DES SCENARII (suite)

- Influence de l'inflation

Le scénario gaz + solaire est le plus avantageux financièrement au bout de 20 ans.

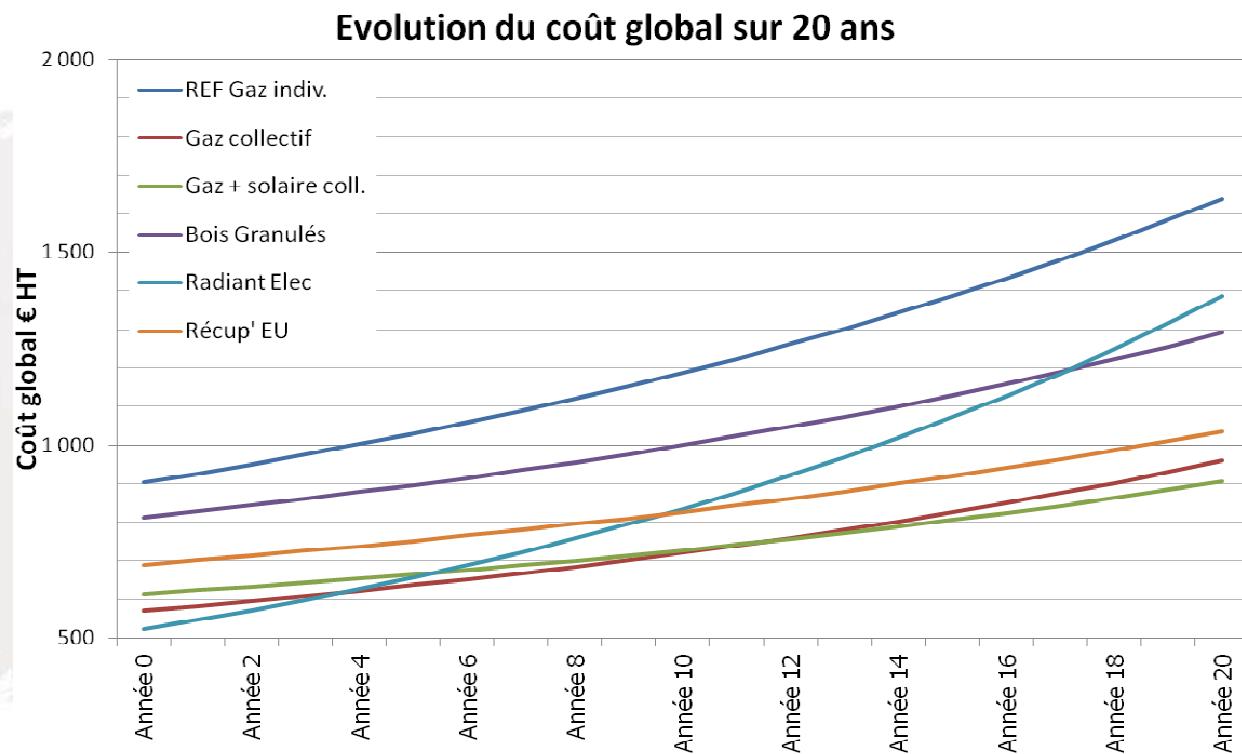
Dans le contexte actuel, il est très difficile de prévoir l'inflation des énergies ; Le gaz vient de Russie et peut augmenter rapidement comme il peut baisser rapidement en cas d'autorisation d'extraction du gaz de schiste.

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 granulé est un produit industriel soumis aux aléas de l'économie mondiale.

Nos hypothèses :

Prix du gaz	5%
Prix de l'élec	6%
Prix du granulé vrac	4,7%
Abonnement inflation / P2 P3	2,0%
Chaleur temperée	2,0%





## 3-5 SUBVENTIONS - SOLAIRE

Quelques conditions pour l'obtention des subventions fds chaleur 2014 solaire :

- Le projet possède au minimum une surface de capteurs solaires de 25 m<sup>2</sup> utiles;
- La productivité solaire utile minimale estimée à partir d'un logiciel de calcul adapté doit, en fonction de la zone, être supérieure à 400 kWh utile/m<sup>2</sup> de capteur solaire;
- Les dépenses éligibles de l'installation solaire doivent être inférieures à 1 100 € HT /m<sup>2</sup> de capteur solaire;
- Le projet doit obligatoirement faire l'objet d'une instrumentation mise en place par le Maître d'Ouvrage pour le suivi de fonctionnement.

Montant de l'aide :

Projet dont la surface de capteurs solaires est supérieure ou égale à 100m<sup>2</sup> :

- Aide calculée par analyse économique avec plafonnement de l'aide selon la grille ci-dessous :

Grille d'aide Maximum pour installations solaires supérieures à 100 m<sup>2</sup>

	Zone Géographique	Aide Maxi en €/tep (20ans) solaire utile	Productivité minimum solaire utile [kWh utile/m <sup>2</sup> .an]	Productivité recherchée solaire utile [kWh utile/m <sup>2</sup> .an]	Seuil Maxi d'éligibilité des projets
Logement Collectif	Nord	675	> 350	500	1200
	Sud	650	> 400	550	1200
	Med	575	> 450	600	1200
Tertiaire, Industrie et Agriculture	Nord	575	> 350	500	1100
	Sud	550	> 400	550	1100
	Med	500	> 450	600	1100

Cas de la ZAC

Ce montant d'aide maximum pourra être diminué au regard de l'analyse économique du projet.

## 4- CONCLUSION

- **Solution d'approvisionnement pour le parc Carès et le triangle Triat :**
  - Cette zone peut difficilement recevoir une solution d'approvisionnement énergétique centralisée du fait des servitudes liées au captage d'eau potable. Egalement, la faible densité énergétique de cette zone rendrait difficile le portage financier d'un projet mutualisé. Une solution intégrée au bâtiment apparait donc plus pertinente.
  - Parmi ces solutions, la chaufferie gaz centralisée avec panneaux solaires paraît être le bon choix d'un point de vue économique et environnemental. Les panneaux solaires permettent de réduire les consommations de gaz et ajoutent une certaine stabilité en cas d'envolée du prix du gaz.
  - Le surcoût du solaire s'équilibre en moins de 11 ans dans les conditions d'inflation et de subventions actuelles.
  - Par ailleurs, il paraît opportun d'afficher dans le cahier des charges de la ZAC l'obligation de valoriser la chaleur des eaux usées du bâtiment par l'installation d'une solution de type Power Pipe.
- **Solution d'approvisionnement pour Cantinolle :**
  - Cantinolle Sud est prédisposé aux mêmes prescriptions que le Parc Carès et Triat.
  - Cantinolle centre nord et Cantinolle sur Jalles sont situés en dehors du périmètre de l'arrêté de protection du captage d'eau potable, ce qui permet d'envisager une solution centralisée d'approvisionnement énergétique.
  - Le fait que la STEP soit située juste au Nord de la ZAC est une rare opportunité qui selon nous doit être étudiée. Une étude de faisabilité est à mener (subventions ADEME).
  - Une solution centralisée signifie trouver un montage financier et un mode de gestion adéquat.
  - Le talon d'Achille des solutions centralisées sur les nouveaux quartiers est le manque de consommation les premières années. Ici, ce n'est pas le cas, car de nombreux bâtiments commerciaux existants pourraient se raccorder dès la première année soulageant le bilan comptable du gestionnaire.
  - Un avantage important est la présence de multiples usages sur la zone (commerces, activités et logement) qui permet d'avoir une demande constante au cours de la journée et toute l'année.

## 4- CONCLUSION

- Ajouter le solaire photovoltaïque au scénario retenu :

- En 2020, le photovoltaïque sera quasi indispensable pour obtenir des bâtiments à énergie positive.
- Nous rappelons que pour avoir le tarif d'achat préférentiel, les panneaux doivent être intégrés en toiture ou intégrés sous forme de : bardage, allège, brise soleil, Garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse, ou mur rideau.
- Une réflexion sur l'orientation et l'inclinaison des toitures doit être menée.
- Nous obtenons une recette qui correspond à environ 19 € HT/m<sup>2</sup> de panneau installé (dans les conditions actuelle de notre analyse) pour un investissement de 356 € HT/m<sup>2</sup> de panneau.
- Dans le cahier des charges de la ZAC, il peut être envisagé d'imposer une surface minimum de panneaux par bâtiment. Nous laissons à l'aménageur le soin de fixer une valeur ou un taux en fonction de la faciliter de commercialisation qu'il perçoit.

- Surcoût des systèmes :

- Si l'on fixe un prix de vente du m<sup>2</sup> à 3500 €/m<sup>2</sup>, le surcoût des systèmes à l'achat est négligeable :

Logement type / €HT	REF Gaz indiv.	Gaz collectif	Gaz + solaire coll.	Bois Granulés	Radiant Elec	Récup' EU
Investissement ramené au logement	4 550,0	3 891,1	5 107,6	5 791,9	1 181,1	4 002,2
Surcoût sur le prix d'achat du logt de 60m <sup>2</sup>	2,2%	1,9%	2,4%	2,8%	0,6%	1,9%

- Les investissements ne prennent pas en compte les systèmes de distribution et d'émission des logements. Ils sont supposés constants quelque soit le scénario.
- Il est possible d'envisager des objectifs de consommations plus contraignants matérialisés par les labels suivants, pour les plus connus:
  - Effinergie+ ;
  - Passiv' haus (le plus contraignant et plus difficile à obtenir) ;
  - Minergie.



## ANNEXES

- Annexe 1: Détail du calcul de l'analyse multicritères en diagramme radar
- Annexe 2: Simulation solaire thermique
- Annexe 3: Hypothèses INDDIGO