

# **ANNEXE 5**

## **Etude de desserte énergétique SONING, juin 2015**



**Communauté de Communes  
du Haut-Bugey  
DEPARTEMENT DE L'AIN**

**HAUT  
BUGEY**

COMMUNAUTÉ DE COMMUNES

**ZAC Tecn'o Bugey  
Nurieux-Volognat**

**Etude conforme à l'article 128-4  
du Code de l'Urbanisme**

**Comparaison technique, financière et environnementale  
des schémas de desserte énergétique par les énergies  
renouvelables**

Edition du 24/06/15

***Bureau d'Etudes Techniques – Thermiques & Fluides***



**SONING**  
8, avenue des Thébaudières – 28ième étage – Aile B  
44800 SAINT HERBLAIN  
Tél. : 02 40 92 00 55  
Fax : 02 40 92 00 45



# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GENERALITES</b>	<b>4</b>
2.1	Contacts	4
2.2	Enjeux : la maitrise de l'énergie, une obligation en matière d'aménagement	5
2.3	Rappels réglementaires	9
2.4	Méthodologie d'étude	13
<b>3</b>	<b>PANORAMA DES ENERGIES</b>	<b>14</b>
3.1	Gaz / Fioul	14
3.2	Electricité	17
3.3	Bois	19
3.4	Energie solaire	22
3.5	Energie éolienne	32
3.6	Energie de récupération	34
3.7	Gisement négawatt	36
<b>4</b>	<b>SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE INDIVIDUELLE</b>	<b>37</b>
4.1	Gaz	37
4.2	Thermodynamique	40
4.3	Bois	44
<b>5</b>	<b>SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE COLLECTIVE</b>	<b>46</b>
5.1	Principe généraux	47
5.2	Répartition des coûts par acteurs	57
<b>6</b>	<b>ETUDE DE LA ZAC</b>	<b>58</b>
6.1	Rappel des données d'entrées	58
6.2	Besoins énergétiques de la ZAC	60
6.3	Etude de la desserte collective	62
<b>7</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>ANNEXE</b>	<b>69</b>

# 1 SYNTHÈSE

L'étude porte sur la ZAC de Tec'n'o Bugey, située à l'Est de Bourg-en-Bresse dans l'Ain.

Pour réaliser notre étude de desserte énergétique, nous nous sommes basés sur des hypothèses de consommation transmises en annexe de ce rapport.

Le programme de construction de la zone prévoit l'implantation en deux phases, de bâtiments accueillant de l'activité tertiaire, industrielle, artisanale et de service.

Outre la desserte énergétique de la ZAC, aux vues du besoin en électricité de ces typologies de bâtiments, il sera pertinent pour les acteurs du projet d'envisager de compenser ces consommations électriques par de la production locale d'énergie grâce à des installations solaires de type photovoltaïque.

Concernant **la ZAC Tec'n'o BUGÉY**, chacun des lots à construire peut être considéré comme assez pertinent en terme de solaire passif. En l'occurrence, les axes de voirie sont globalement Est-Ouest ce qui favorise l'orientation Nord-Sud de la globalité des longueurs principales des parcelles.

**ATTENTION, il faudra être vigilant sur la bonne mise en œuvre de protections solaires (brise-soleils orientables) idoines aux façades Est, Sud et Ouest de chacun des bâtiments afin de limiter les inconforts d'été ou, à défaut, les consommations de rafraîchissement.**

Concernant la desserte énergétique, sur la base de nos hypothèses (décrites en annexe de ce rapport), il apparaît que la desserte de chaleur globale à l'échelle de la ZAC est pertinente. Il est donc conseillé d'approfondir la réflexion dans les phases suivantes de la conception par des études de faisabilité poussées.

La création d'une desserte collective dès la construction de la phase 1 du projet apporte une rentabilité intéressante, qui est améliorée dès la construction de la phase 2, avec une densité énergétique de 2 MWh/ml.an, seuil de rentabilité communément admis par la littérature technique et les cofinanceurs comme l'ADEME et le Fond Chaleur.

Entre outre, nos résultats de desserte se basent uniquement sur la fourniture de chaleur destinée aux besoins de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS). La mixité d'usage logements, tertiaire et industriel permet d'envisager la fourniture de chaleur liée à d'autres usages tels que les Process industriels (agroalimentaire, traitement de surface, etc ..) . Ces besoins complémentaires amélioreront encore la rentabilité d'un projet de desserte collective.

Si les acteurs décisionnaires de cette ZAC choisissent une solution de desserte différente, nous insistons fortement sur le fait qu'il faudra privilégier les systèmes de distribution de chaleur de type chauffage central afin de permettre à tout moment la conversion énergétique au niveau de chaque projet individuel. C'est un des axes majeur du Grenelle de l'Environnement. Par ailleurs, ce type d'installation permet à terme un maillage au travers d'un réseau de chaleur de type Smart Grid.

La réversibilité des solutions doit être absolument prise en compte pour que le mix énergétique puisse continuer à évoluer tout au long de la durée de vie de l'aménagement.

## 2 GENERALITES

### 2.1 CONTACTS

#### BET SONING



8, avenue des Thébaudières  
44800 SAINT HERBLAIN  
Tél. : 02 40 92 00 55

Gérant :

Jean-Charles MAILLARD  
[jc.maillard@soning.fr](mailto:jc.maillard@soning.fr)

Chargé d'affaires :

Florent PLA  
[florent.pla@soning.fr](mailto:florent.pla@soning.fr)

#### Communauté de commune du Haut-BUGEY



57 rue René Nicod  
CS 80502  
01117 OYONNAX CEDEX  
Tél. : 04 74 81 23 70

#### Aménageur



10, boulevard du Maréchal Leclerc  
01000 BOURG EN BRESSE  
Tél. : 04 74 23 10 77

NOVADE : aménageur de la ZAC Tec'n'o Bugey dans le cadre d'une concession d'aménagement signée avec la Communauté de Communes du Haut-Bugey

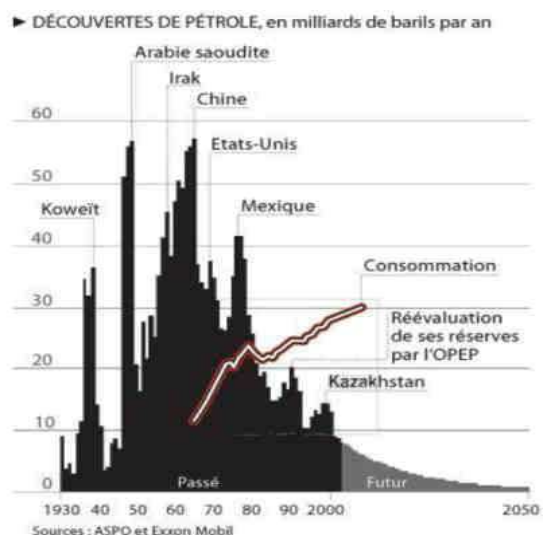
## 2.2 ENJEUX : LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE, UNE OBLIGATION EN MATIÈRE D'AMÉNAGEMENT

### 2.2.1 La raréfaction de la ressource fossile

Dans le contexte économique et géopolitique actuel, les pressions sur le prix des ressources fossiles sont de plus en plus importantes et menacent de bouleverser les équilibres mondiaux.

Ainsi, du point de vue énergétique, on constate une diminution logique des stocks de ressources fossiles et fossiles. Du fait de cette diminution, on voit aujourd'hui une augmentation de leur prix (une demande en hausse pour une offre qui tend à diminuer).

Cette inflation est aujourd'hui estimée à près de 7% par an pour les ressources en pétrole ou en gaz.



### 2.2.2 Le changement climatique

D'un point de vue environnemental, la problématique de l'effet de serre est de plus en plus menaçante. Une intensification de l'effet de serre engendrerait une élévation des températures et devraient provoquer un dérèglement du climat (sécheresses, inondations, ...). Cette évolution rapide et soutenue du climat pourrait également modifier l'équilibre entre les espèces, et provoquer une réduction des forêts. Actuellement, ce changement climatique engendre une désertification annuelle des surfaces de terres arables représentant une surface identique à celle de la Belgique en plus des problèmes sociaux et de santé publique que vont engendrer les exodes des populations les plus touchées par ce changement climatique. Il y a le problème de l'accès à l'eau potable : aujourd'hui, lié à la désertification des sols, au recul des forêts, près de 30 000 personnes meurent par manque d'eau potable chaque année.

« Nous ne résoudrons pas nos problèmes par les mêmes modes de pensée qui les ont engendrés. »  
A. Einstein

Devant ce risque environnemental, il est important de prendre conscience de l'importance de chacune de nos actions. Il va donc falloir changer nos comportements afin de passer d'une croissance quantitative à une croissance qualitative, c'est-à-dire consommer moins et consommer mieux.

Les coûts liés à la maîtrise de l'énergie doivent être aujourd'hui examinés sous deux angles :

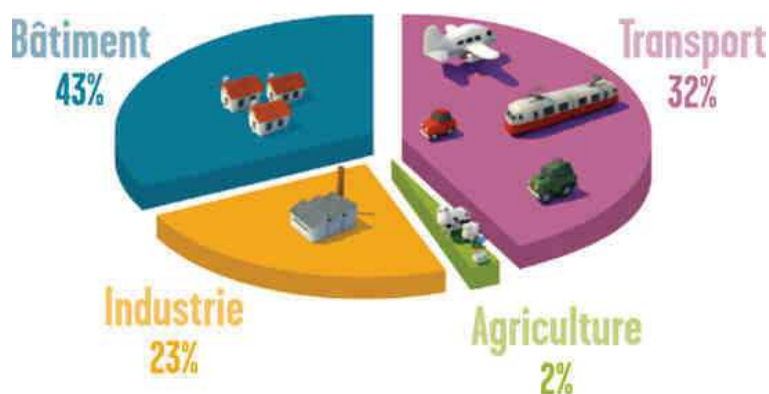
- Quels sont les moyens financiers à mettre en œuvre pour anticiper la fin des énergies fossiles.
- Quels sont les moyens financiers à mettre en œuvre pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (Objectifs Kyoto : ramener nos émissions au niveau de 1990).

Si rien n'est fait, nous subirons "des dérèglements de l'activité économique et sociale (...) d'une ampleur similaire à ceux qui ont suivi les plus grandes guerres et la grande dépression de la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle", a prévenu Sir Nicholas Stern, ancien économiste en chef de la Banque mondiale.

### 2.2.3 Bâtiment et énergie

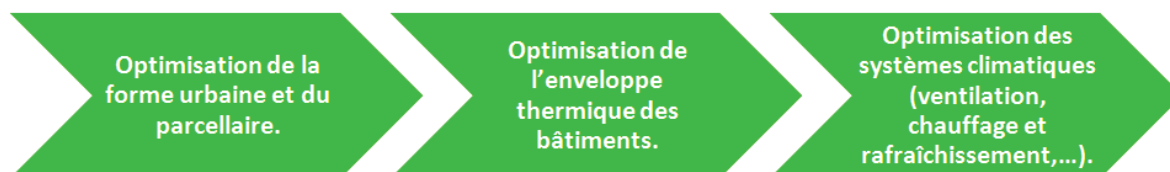
Le bâtiment (Habitat et Tertiaire) est le premier poste de consommation d'énergie finale de la France. La facture énergétique de la France a augmenté de plus de 40% depuis 2005. Pour les revenus modestes, les dépenses liées à l'énergie de confort représentent plus de 8% du budget. Un effort est donc indispensable pour réaliser des économies substantielles dans ce domaine.

La hausse du prix du pétrole entraîne des effets particulièrement sensibles sur la consommation dans les transports. Ainsi, le kilométrage moyen des voitures particulières chute de 3,0% et les ventes de carburants routiers baissent de 1%. Les biocarburants croissent fortement, de 18%.



La consommation d'énergie en France par secteur d'activité.  
Source : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Dans le domaine du bâtiment, trois bras de leviers majeurs sont à actionner :



### 2.2.4 Les enjeux sur les bâtiments neufs

Construire un bâtiment, engage dans le présent et l'avenir tant sur le point économique qu'humain.

Nous devons donc nous inscrire dans une logique de Transition Énergétique qui nous conduit à concevoir nos bâtiments dans le respect du triptyque suivant :

- Sobriété : Consommer le moins d'énergie pour couvrir les besoins énergétiques liés au confort et aux usages spécifiques du projet,
- Efficacité : Consommer l'énergie avec le meilleur rendement à confort et usage constant,
- Conversion : Substituer les énergies fossiles par les Energies Renouvelables ou de Récupération à chaque fois que cela est possible,



Ce mouvement doit s'opérer de manière pragmatique afin de ne pas nuire à l'efficacité économique des acteurs. Une conception adaptée et réfléchie s'appuyant sur des règles de bon sens en est la meilleure garantie.

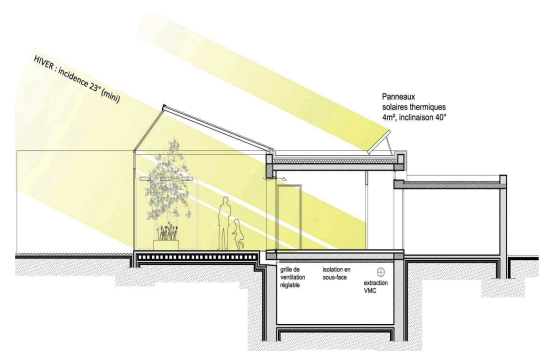
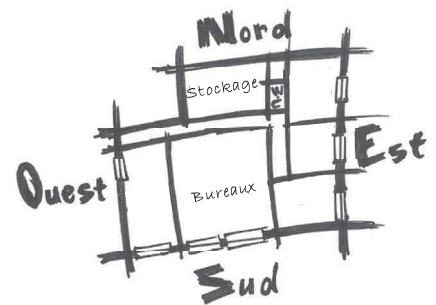
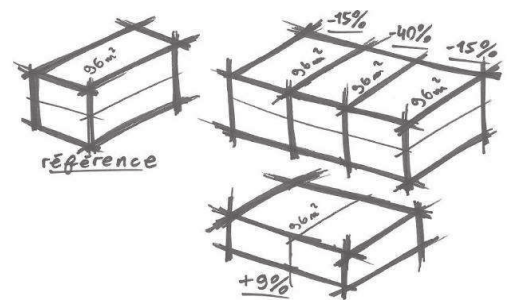


A l'échelle de la ZAC, la déclinaison de ce triptyque pourra reposer sur les principes suivants :

## LA SOBRIETE

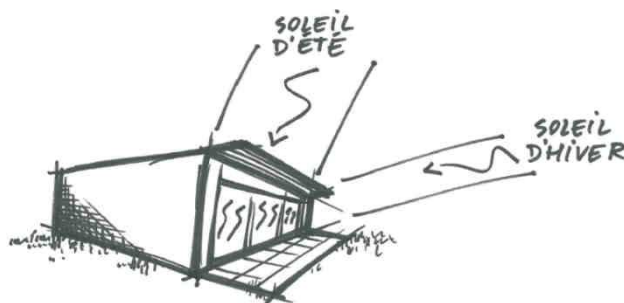
### Confort d'hiver - Empêcher la chaleur de sortir du bâtiment

- Formes et volumes simples et compacts,
- Isolation renforcée des parois extérieures  
La performance thermique d'une paroi est traduite par sa résistance thermique (R)  
Les valeurs ci-dessous correspondent aux standards actuels RT2012.  
  
Mur extérieur :  $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,  
Plancher bas :  $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,  
Toiture :  $R = 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,
- Orientation Sud : pour les zones à fort besoin de chaleur,
- Orientation Nord : pour les locaux non chauffés et les zones à fort besoin de rafraîchissement,
- L'orientation des bâtiments est très généralement induite par la voirie adjacente.  
Dans le cas où ces directions entrent en contradiction avec les éléments avancés ci-dessus, il faut envisager une desserte parcellaire interne composée de liaisons grises afin de permettre l'ajustement des bâtiments vers leur position bioclimatique optimale.
- Etanchéité à l'air renforcée pour les systèmes constructifs à ossature légère (ossature bois, ossature métallique) en particulier au niveau de la mise en œuvre des menuiseries extérieures,
- Eviter les parois froides (mur rideau pour les bureaux),
- Systèmes de régulation de chauffage permettant d'adapter les apports énergétiques aux besoins réels.



### Confort d'été - Empêcher la chaleur de rentrer dans le bâtiment

- Protections solaires (casquette au sud, joues à l'ouest et à l'Est, privilégier les stores extérieurs aux stores intérieurs,...),
- Favoriser le rafraîchissement naturel (murs à inertie (béton, pierre, brique...) dans les locaux à besoins de rafraîchissement, surventilation nocturne,...).



### L'EFFICACITE

- Production de chaleur / froid : équipements à haut rendement :  
Pompe à chaleur avec des COP supérieurs à 3,5  
Chaudière gaz à condensation
- Distribution de chaleur / froid : réseaux isolés.
- Emetteurs adaptés aux besoins :  
Convection : usages intermittents  
Radiants : pour les locaux où les opérateurs sont statiques

En comparaison avec une chaudière gaz standard, une chaudière à condensation réduit d'environ **10%** les consommations de chauffage.

### LA CONVERSION ENR

- Privilégier les énergies renouvelables après avoir fait les efforts nécessaires de sobriété et d'efficacité.
- Bois, énergie solaire : Pour des besoins constants et importants en Eau Chaude Sanitaire.
- Electricité photovoltaïque : Ne pourra pas être un moyen de compensation de consommation d'énergie qui n'aurait pas été préalablement optimisé.
- Toujours concevoir son bâtiment afin qu'il puisse porter des moyens de production d'énergie (surfaces captantes au Sud).



## 2.3 RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

### 2.3.1 La réglementation thermique

Depuis la mise en place d'une réglementation thermique (1974), la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par 2. Le Grenelle Environnement prévoit de la diviser à nouveau par 3 grâce à la nouvelle réglementation thermique, dite RT 2012.

#### La RT2012

La réglementation thermique 2012 est avant tout une réglementation d'objectifs et comporte :

- 3 exigences de résultats : besoin bioclimatique, consommation d'énergie primaire, confort en été.
- Quelques exigences de moyens, limitées au strict nécessaire, pour refléter la volonté affirmée de faire pénétrer significativement une pratique (test d'étanchéité à l'air...).

La réglementation thermique 2012, tout comme la RT 2005, exprime des exigences en énergie primaire, à ne pas confondre avec l'énergie finale.

L'énergie finale (kWh<sub>EF</sub>) est la quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final. L'énergie primaire (kWh<sub>EP</sub>) est la consommation nécessaire à la production de cette énergie finale.

Par convention, du fait des pertes liées à la production, la transformation, le transport et le stockage :

1 kWh<sub>EF</sub> = 2,58 kWh<sub>EP</sub>  
Pour l'électricité

1 kWh<sub>EF</sub> = 1 kWh<sub>EP</sub>  
Pour les autres énergies



Les exigences de résultats imposées par la RT 2012 sont de trois types :



Le Bbio est une innovation majeure de la RT2012. Il valorise la qualité intrinsèque de la conception du bâti. La démarche bioclimatique optimise entre autres l'orientation, les apports solaires, l'éclairage naturel, la compacité, la mitoyenneté, le niveau d'isolation et l'inertie thermique.

Le Bbio<sub>max</sub> et le CEP<sub>max</sub> varient en fonction du type de bâtiment (M<sub>type</sub>), de sa localisation géographique (M<sub>géo</sub>), de son altitude (M<sub>alt</sub>), de sa surface (M<sub>surf</sub>) et de la quantité de gaz à effet de serre qu'il émet (M<sub>GES</sub>).

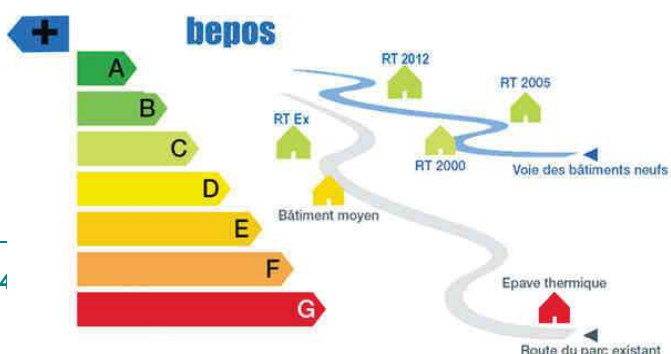
$$Bbio_{max} = Bbio_{maxmoyen} \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

$$Cep_{max} = 50 \times M_{ctype} \times (M_{cgéo} + M_{calt} + M_{csurf} + M_{cGES})$$

A noter que le Bbio<sub>maxmoyen</sub> est une valeur moyenne du Bbio<sub>max</sub> définie par le type d'occupation du bâtiment et par sa catégorie (CE1, CE2 : autorisation ou non de rafraichissement).

**Vers la RT2020 et le bâtiment positif**

A l'horizon 2020, il est envisagé une réglementation, qui mettra en œuvre le concept de bâtiment à énergie positive (BePOS).



La RT2020 a pour ambition de faire passer la construction du statut de consommateur à celui de producteur local d'énergie, capable d'en réinjecter sur le réseau électrique.

Pour préparer le secteur du Bâtiment à la construction BePOS, l'association Effinergie propose dès aujourd'hui son label pilote Bepos-effinergie 2013 dont le principe général est simple : la consommation d'énergie primaire non renouvelable entrant dans le projet, diminuée de la production d'énergie renouvelable sortant du projet doit être inférieure ou égale à un écart autorisé.

Ce label pilote jette les premières bases de ce que doit être un bâtiment à énergie positive et propose donc un protocole d'élaboration à partager par tous les acteurs du bâtiment dès 2013. Il servira, sur la base des retours d'expérience collectés, à faire évoluer les exigences et à préparer les nouvelles étapes avant la généralisation des BEPOS prévue par la future réglementation thermique.

Pour être labellisé Bepos-effinergie 2013, tout projet de construction devra au préalable avoir justifié un CEP inférieur de 20% par rapport CEP<sub>max</sub>.

$$\text{CEP}_{\text{maxBEPOS}} = 0,8 \times \text{CEP}_{\text{maxRT2012}}$$

Avant de prendre en compte la production locale d'énergie, le bâtiment devra être très sobre en énergie.

Les bâtiments neufs de la ZAC construits après 2020 devront vraisemblablement répondre aux exigences du niveau de performance RT2020.

### 2.3.2 L'étude de desserte énergétique 128-4

Suite aux objectifs nouveaux du droit de l'urbanisme, la loi de programmation fixe une nouvelle obligation pour les opérations d'aménagement en créant un nouvel article au sein du Code de l'urbanisme. L'article 8 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 précise qu'il est créé un nouvel article au sein du Code de l'urbanisme après l'article L. 128-3.

Selon le nouvel article L. 128-4 du Code de l'urbanisme :

*“Toute action ou opération d'aménagement telle que défini 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”.*

### 2.3.3 Les nouvelles possibilités du Grenelle 2

Créée en 1980, la procédure dite de "classement d'un réseau de chaleur" permet de rendre obligatoire le raccordement à un réseau de chaleur pour toute nouvelle construction. Bien qu'ancienne, cette procédure a été jusqu'à présent très peu utilisée. La loi Grenelle 2 introduit de nouvelles dispositions visant à rendre le classement plus efficace et plus simple à mettre en œuvre, notamment en permettant aux collectivités d'en prendre seules l'initiative.

Le projet de loi dit "Grenelle 2" portant engagement national pour l'environnement définit désormais ainsi le dispositif de classement, qui est applicable aux réseaux de chaleur et de froid existant ou à créer :

- Le classement du réseau n'est possible que si trois conditions sont respectées :
  - Le réseau est alimenté à au moins 50% par des énergies renouvelables ou de récupération.

- Un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison est assuré.
- L'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assuré.
- Le classement est prononcé par délibération de la collectivité ou du groupement de collectivités.
  - Sur les réseaux existants, un audit énergétique examinant les possibilités d'amélioration de leur efficacité énergétique doit être réalisé.
  - Lorsqu'il existe une commission consultative des services publics locaux (art. L1413-1 du CGCT), elle doit être consultée pour avis.
- La décision de classement définit, à l'intérieur de la zone desservie par le réseau, des périmètres de développement prioritaires.
  - A l'intérieur de ces périmètres, le raccordement au réseau est obligatoire pour toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants, dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude dépasse 30 kilowatts.
  - Une dérogation à cette obligation est possible à condition de démontrer que les installations ne peuvent être raccordées au réseau dans des conditions techniques ou économiques satisfaisantes ou dans le délai nécessaire pour assurer la satisfaction des besoins des usagers.

## 2.4 MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE

L'étude de desserte énergétique par les énergies renouvelables demandée dans le nouvel article 128-4 doit permettre aux élus de déterminer des zones de développement prioritaires de ces dernières afin de pouvoir s'assurer à terme d'un taux minimal de couverture des besoins énergétiques des futurs bâtiments par des énergies non conventionnelles.

Nous détaillons donc les différents scénarii de dessertes énergétiques envisageables à l'échelle de la future ZAC :

- Desserte à l'échelle individuelle (par bâtiment),
- Desserte collective à l'échelle de plusieurs lots ou de la ZAC toute entière.

Pour approcher au mieux la réalité de la ZAC nous avons, pour chaque lot, procédé aux étapes suivantes :

- Estimation des besoins en chaleur des bâtiments de la zone d'étude au regard de ce qu'impose la réglementation thermique et de nos retours d'expérience.

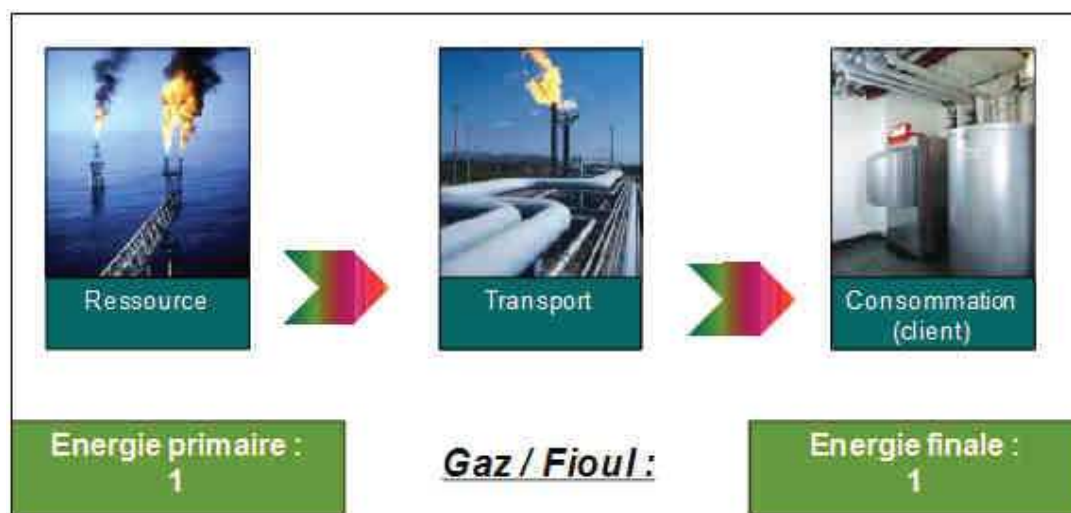
*Nota : Nos estimations sont basées sur des hypothèses qui ont été décrites dans le « Rapport de validation » fournis préalablement à ce rapport. Nous joindrons ce dernier en Annexe de notre rapport d'étude.*

- Etude de l'implantation des lots du point de vue des apports solaires passifs.
- Définition du périmètre pertinent des bâtiments à desservir.
- Définition des conditions nécessaires à l'approvisionnement énergétique.
- Comparaison des différents scénarii de dessertes énergétiques au regard :
  - De la faisabilité technico-économique
  - La pertinence énergétique et environnementale. Evaluation de la part d'ENR par scénario.

## 3 PANORAMA DES ENERGIES

### 3.1 GAZ / FIOUL

#### 3.1.1 Caractéristiques de la ressource



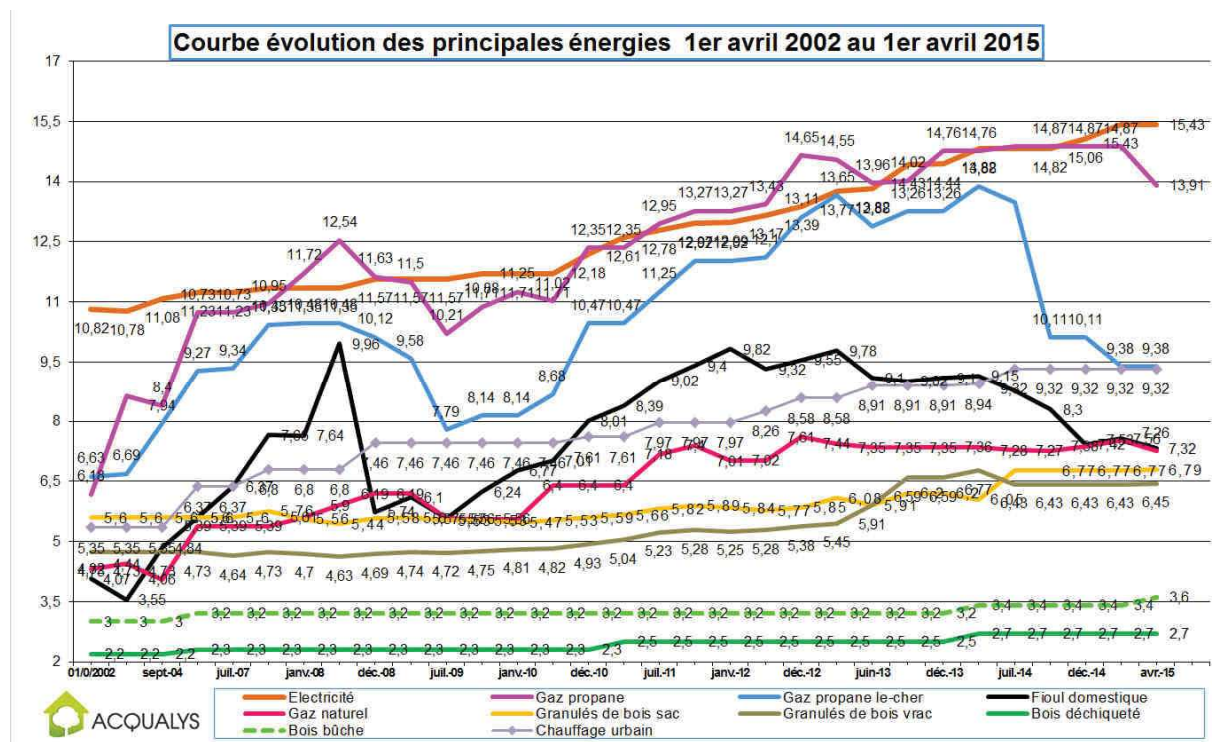
La raréfaction des ressources et les fortes émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'usage du Fioul et du Gaz, engage à mettre en œuvre des systèmes à haut rendement et le couplage avec du solaire thermique lorsqu'il y a un usage de l'ECS.

**Emission de CO<sub>2</sub> : 234 gCO<sub>2</sub>eq/kWh**

Il est possible de produire de l'électricité localement avec ces énergies via une cogénération type moteur Stirling qui récupère la chaleur sur les fumées et le corps de machines rotatives du système de chauffage. Ces systèmes produisent environ 88% de chaleur et 12% d'électricité.



### 3.1.2 Sensibilité économique de la ressource



### 3.1.3 Indications tarifaires

Le gaz et le pétrole sont les énergies qui ont la plus forte sensibilité sur l'évolution du tarif. En accord avec l'ADEME (Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie) l'augmentation du coût de cette énergie, prise en compte dans cette étude est de **+7%** par an.

Ci-dessous les prix du gaz naturel.

Les tarifs non résidentiels dans votre ville

Tarif	Base	B0	B1	B2I
Usage	Cuisine	Eau chaude, chauffage de petits locaux	Chauffage, eau chaude et/ou cuisine individuelle	Chauffage et/ou eau chaude dans les chaufferies moyennes, process.
Consommation annuelle indicative	< 1 000 kWh	1 000 - 6 000 kWh	De 6 000 jusqu'à 100 000 kWh à 250 000 kWh *	De 6 000 jusqu'à 100 000 kWh à 250 000 kWh *
Prix de l'abonnement (EUR/an) hors CTA	54,96	66,24		183,84
Prix du gaz naturel (cEUR/kWh)	8,360	6,840		4,690
TICGN (cEUR / kWh)			0,264	

\* Le seuil d'intérêt du tarif B2I peut aller au delà de 150 000 kWh/an, en fonction de la répartition des consommations entre l'été et l'hiver.

Les consommations sont soumises :

à la TVA au taux de 20% au 1er janvier 2015

à la TICGN pour les clients non résidentiels; au 1er janvier 2015, elle est fixée à 0.264 cEur/kWh.

Les abonnements sont soumis à la TVA au taux de 5,5% au 1er janvier 2015

Les abonnements sont présentés hors CTA (contribution tarifaire d'acheminement)

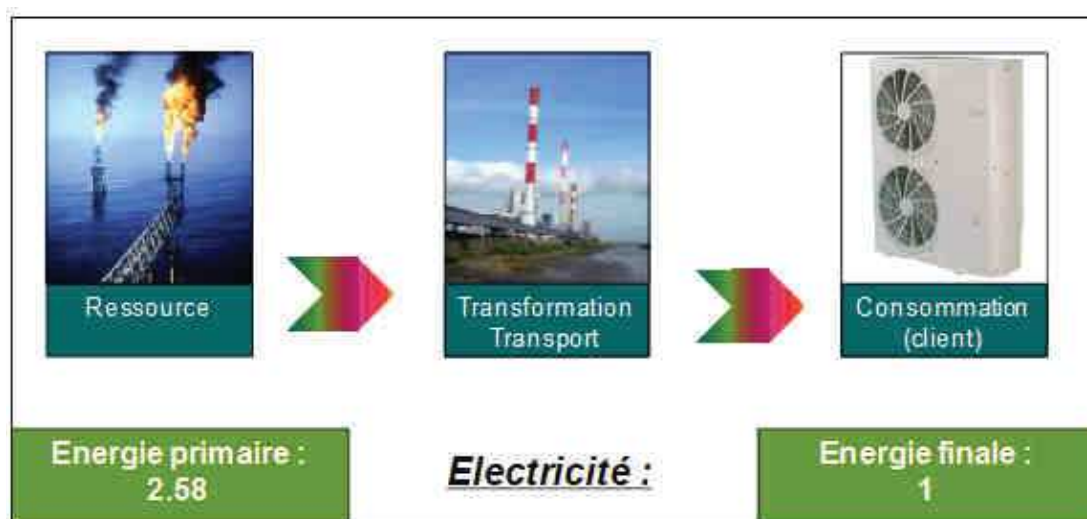
Source : <http://www.dolcevitagazdefrance.fr> – Tarif réglementé

Le tarif correspondant aux bâtiments de cette ZAC est le tarif B0 ou B1 (dans le cas d'une desserte individuelle pour le chauffage et l'ECS).

Il est à préciser que dorénavant, GDF n'est pas le seul distributeur de gaz naturel sur le territoire.

## 3.2 **ELECTRICITÉ**

### 3.2.1 *Caractéristiques de la ressource*



Compte tenu du coefficient de transformation en énergie primaire, l'utilisation thermique de l'électricité oblige à mettre en œuvre des équipements à haute efficacité : Pompe à chaleur.

D'après la note ADEME et RTE diffusée en 2007, les contenus CO<sub>2</sub> du kWh varie suivant les usages :

#### **Emission de CO<sub>2</sub>**

- **Chauffage** : 180 gCO<sub>2eq</sub>/kWh
- **Eclairage** : 100 gCO<sub>2eq</sub>/kWh
- **Autre usages résidentiels** : 40 gCO<sub>2eq</sub>/kWh

Sur le site, le réseau électrique est en limite de capacité et doit être régulièrement renforcé pour subvenir à l'augmentation des consommations.

### 3.2.2 *Sensibilité économique de la ressource*

En accord avec l'ADEME (Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) l'augmentation du coût de cette énergie, pris en compte dans cette étude est de +2.5% par an.

### 3.2.3 Indication tarifaires

Tarif bleu (Psouscrite < 36KVA) :

Prix hors taxes<sup>(a)</sup> au : 1<sup>er</sup> novembre 2014

#### TARIF BLEU - OPTION BASE NON-RESIDENTIEL

Puissance souscrite en kVA	Abonnement annuel (€)	Prix de l'énergie (c€/kWh)
3	85,20	8,91
6	101,88	8,91
9	116,04	8,91
12	163,92	8,78
15	184,08	8,78
18	207,60	8,78
24	405,48	8,49
30	484,20	8,49
36	563,28	8,49

TARIF UNIVERSEL A SUPERIEUR OU EGAL A 36 kVA sans Heures Creuses dans les DOM

Le prix de l'énergie est celui du tarif BLEU OPTION BASE NON-RESIDENTIEL 36 kVA

Le prix de l'abonnement annuel est celui du tarif BLEU OPTION BASE NON-RESIDENTIEL 36 kVA, avec la majoration mensuelle ci-dessous :

Mensualités d'abonnement (€/kVA/mois au-delà de 36 kVA)	9,89
---------------------------------------------------------	------

Tarif Jaune (Psouscrite > 36KVA) :

Prix hors taxes<sup>(a)</sup> au : 1<sup>er</sup> novembre 2014

#### TARIF JAUNE - OPTION BASE en métropole continentale

Version	Prime fixe annuelle (€/kVA)	Prix de l'énergie (c€/kWh)				
		Hiver			Ete	
		Pointe	Heures Pleines Hiver	Heures Creuses Hiver	Heures Pleines Ete	Heures Creuses Ete
Utilisations Longues	39,60	9,522	9,522	6,856	4,990	3,447
Utilisations Moyennes	36,12	9,933		7,126	5,003	3,461
Coefficients de puissance réduite *		1,00	0,86	0,86	0,86	0,86
ou Utilisations Longues		1,00	1,00	0,47	0,47	0,47
ou Utilisations Longues		1,00	1,00	1,00	0,41	0,41
Utilisations Moyennes		1,00		1,00	1,00	1,00
Calcul des dépassements		14,18			€/heure <sup>(b)</sup>	

#### TARIF JAUNE - OPTION EJP en métropole continentale

Version	Prime fixe annuelle (€/kVA)	Prix de l'énergie (c€/kWh)			
		Hiver		Ete	
		Pointe Mobile	Heures Hiver	Heures Pleines Ete	Heures Creuses Ete
Utilisations Longues	40,44	12,750	7,932	4,982	3,392
Coefficients de puissance réduite *		1,00	0,69	0,69	0,69
ou Utilisations Longues		1,00	1,00	0,53	0,53
Calcul des dépassements		14,18		€/heure <sup>(b)</sup>	

\*Utilisations Longues : un seul dénivelé possible

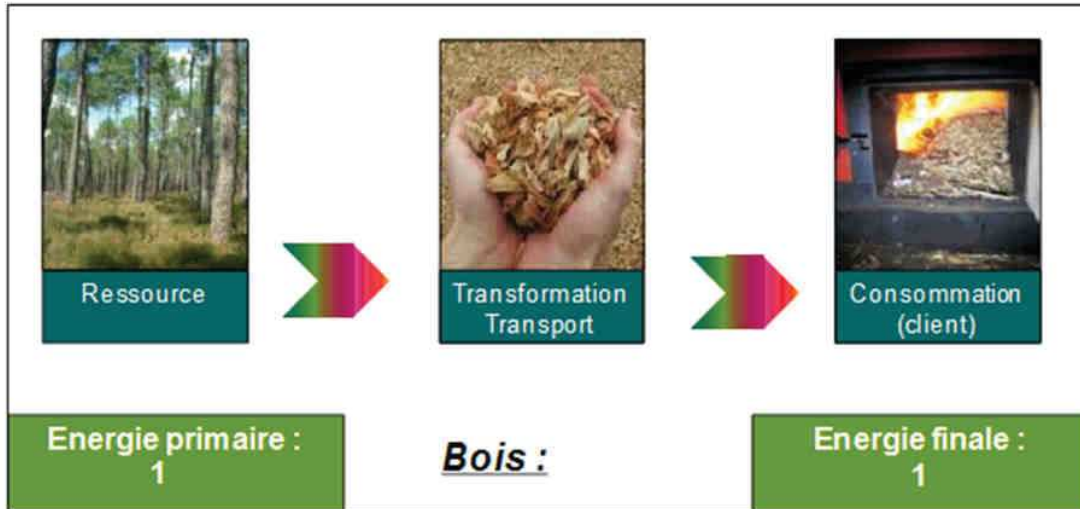
(a) Ces prix sont à majorer de la TVA, de la contribution au service public de l'électricité (CSPE), de la contribution tarifaire acheminement (CTA), et le cas échéant en fonction de la puissance souscrite, des taxes sur la consommation finale d'électricité (TCFE) instituées par les communes (ou syndicats de communes) et départements ou bien de la taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité (TICFE), ainsi que de tout nouvel impôt, toute nouvelle taxe ou contribution qui viendraient à être créés.

(b) Dans le cas de comptage équipé de contrôleur électronique.

Il est précisé que dorénavant, EDF n'est pas le seul distributeur d'électricité sur le territoire.

### 3.3 BOIS

#### 3.3.1 Caractéristiques de la ressource



Le bois énergie est par excellence, l'énergie locale et durable. Elle permet une maîtrise des coûts et des émissions de CO<sub>2</sub>. C'est l'outil majeur de lissage des coûts énergétiques face aux sensibilités fortes sur les énergies conventionnelles. C'est une énergie particulièrement adaptée pour l'approvisionnement énergétique des habitations sociales.

Son inconvénient est la complexité et les coûts d'investissement liés à la production de chaleur.

**Emission de CO<sub>2</sub> : 13 gCO<sub>2</sub>eq/kWh**

### 3.3.2 Sensibilité économique de la ressource

Le bois est l'énergie qui a la plus faible sensibilité sur l'évolution du tarif. En accord avec l'ADEME (Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie) l'augmentation du coût de cette énergie, pris en compte dans cette étude est de **+1.3%** par an.

### 3.3.3 Détermination des gisements mobilisables

La région Rhône-Alpes, seconde région forestière de France après l'Aquitaine, possède une importante ressource naturelle en énergie-bois. La forêt occupe 37% du territoire, contre 29% en France en moyenne.

L'Isère et l'Ain sont les départements produisant le plus de bois-énergie, avec des volumes proches ou supérieurs à 80 000 t/an respectivement (figure 5). En Isère, les grandes chaufferies biomasse de la Compagnie de chauffage de Grenoble absorbent à elles seules plus de 50 000 t/an de bois-énergie. L'Ain produit en grande partie pour les chaufferies-bois du Rhône.

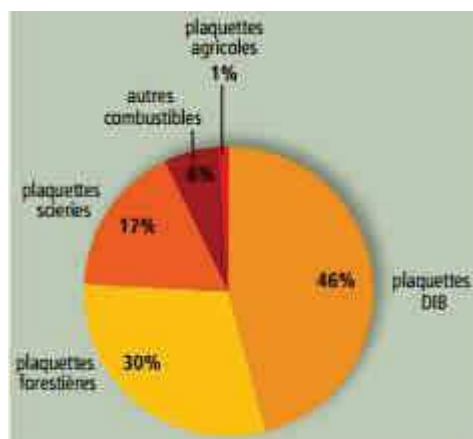
Viennent ensuite le Rhône et la Loire avec des productions de 35 000 à 40 000 t/an.

Deux départements, en revanche, sont en dessous des 10 000 t de production : la Drôme et la Savoie. Leur production est appelée à monter en puissance aux vues des gros projets qui s'annoncent. Ardèche et Haute-Savoie ont des productions un peu supérieures à 10 000 t/an.

La ressource bois énergie peut se décomposer en trois filières :

- La ressource forestière et bocagère diffuse
- La ressource issue de l'industrie de transformation du bois
- Les déchets industriels banals

La recherche sur le potentiel en approvisionnement de la filière a permis de confirmer que la ressource en bois était bien présente sur la région :



*DIB : Déchet Industriel Banal*

La capacité théorique de broyage est la somme de l'ensemble des capacités annuelles techniques de chaque machine recensée. Dans l'Ain, elle est estimée à plus de 132 000 t/an. Cela représente **un potentiel d'environ 120 000 nouveaux logements RT2012** de 75m<sup>2</sup> raccordés pour le chauffage et l'échaude sanitaire.

### 3.3.4 Indications tarifaires

Type de bois combustible	€/MAP*			€/Tonne (30 % H)			€/MWh		
	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut	Bas
Plaquettes forestières	24	25	16	90	100	60	28	31	24
Plaquettes de scieries	18	23	9	60	99	37	19	27	9
DIB (palettes broyées, bois de calsserie)	10	13	8	40	45	36	11	13	9
Granulés en vrac	-	-	-	205	210	180	43	46	39
Granulés en sac	-	-	-	265	325	220	61	72	48

\* : m<sup>3</sup> apparent plaquettes

Tableau 1 : prix moyens observés en Rhône-Alpes  
 (en euros HT, rendu chaufferie)

Source : ATLAS des filières d'approvisionnement en bois-énergie Rhône Alpes

## 3.4 ENERGIE SOLAIRE

### 3.4.1 Caractérisation de la ressource



L'énergie solaire est par excellence l'énergie renouvelable de base pour la production d'eau chaude pour le chauffage ou la production d'eau chaude sanitaire.

L'énergie solaire permet aussi de produire de l'électricité localement via des panneaux solaires photovoltaïques. La mise en œuvre d'une production électrique solaire peut être pertinente pour réduire l'impact énergétique des bâtiments industriels ou les consommations d'électricité sont prépondérantes comparées aux consommations de chaleur.

Les technologies sur le marché sont connues et facile à mettre en œuvre.

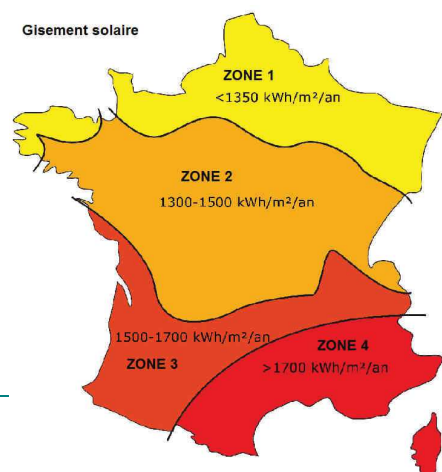
**Emission de CO2 : 0 g/kWh**

### 3.4.2 Sensibilité économique de la ressource

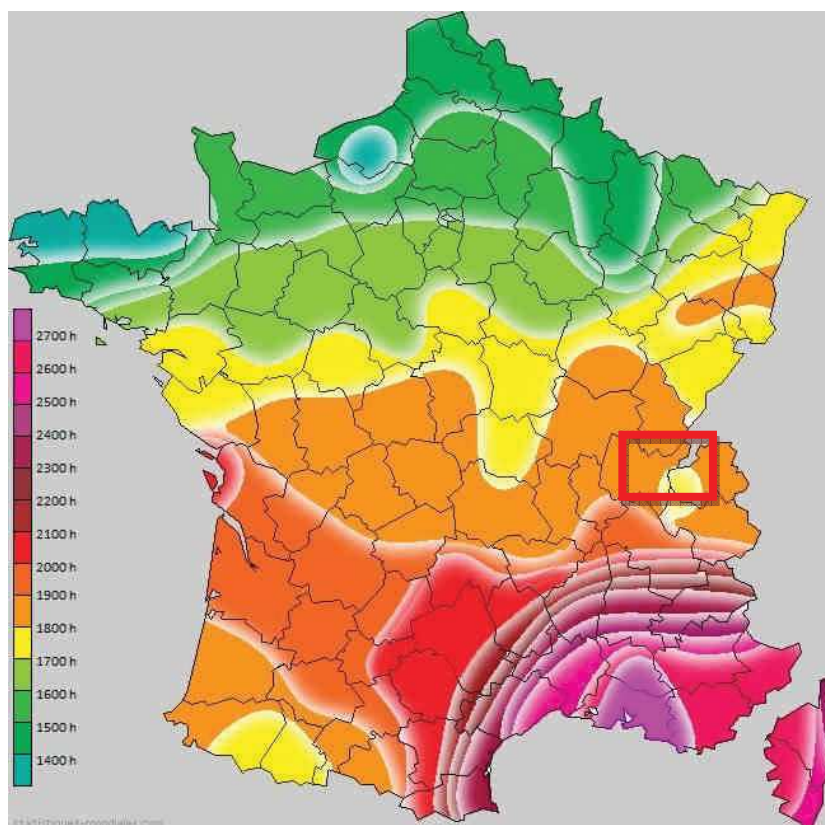
Il n'y a pas de sensibilité économique sur cette ressource puisqu'elle est gratuite. L'utilisation de cette énergie permet donc de sécuriser le parcours énergétique des habitants face à l'augmentation du coût des énergies.

### 3.4.3 Gisement

ANURIEUX-VOLOGNAT une surface de 1 m<sup>2</sup> reçoit chaque année entre de 1300 et 1700 kWh/m<sup>2</sup>.ande rayonnement solaire (Zone 3 de la carte gisement).



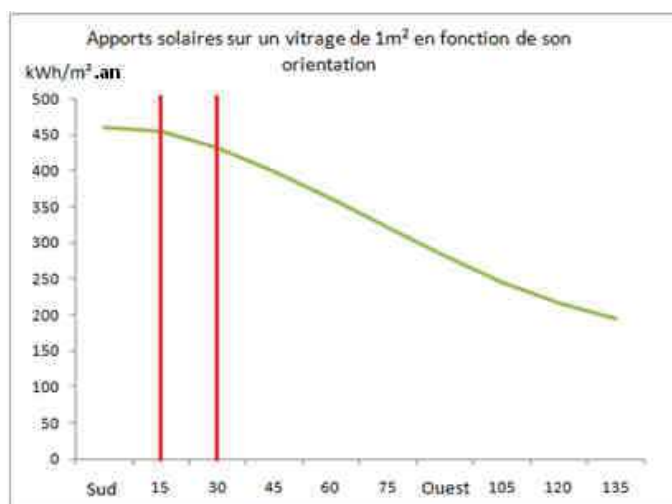




Le site de la ZAC bénéficie d'environ 1900 heures d'insolation par an. Ce niveau d'insolation est au niveau de la moyenne française.

### 3.4.4 *Solaire passif*

C'est l'énergie solaire pénétrant dans le bâtiment par les vitrages. Ces apports permettent de réduire les besoins de chauffage du bâtiment.



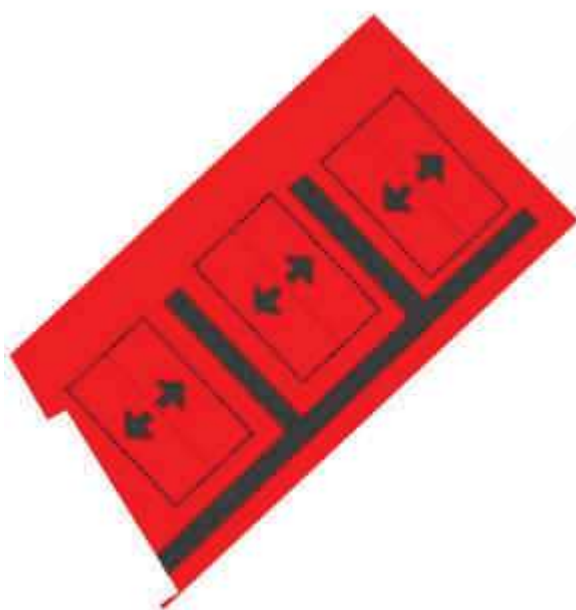
La conception architecturale des bâtiments d'une zone de construction est particulièrement importante. Il faut s'appliquer à la récupération des apports passifs grâce à une bonne orientation des bâtiments.

Il est conseillé d'implanter de large ouverture vitrée au Sud, tout ceci en mettant en œuvre l'ensemble des protections solaires idoines.

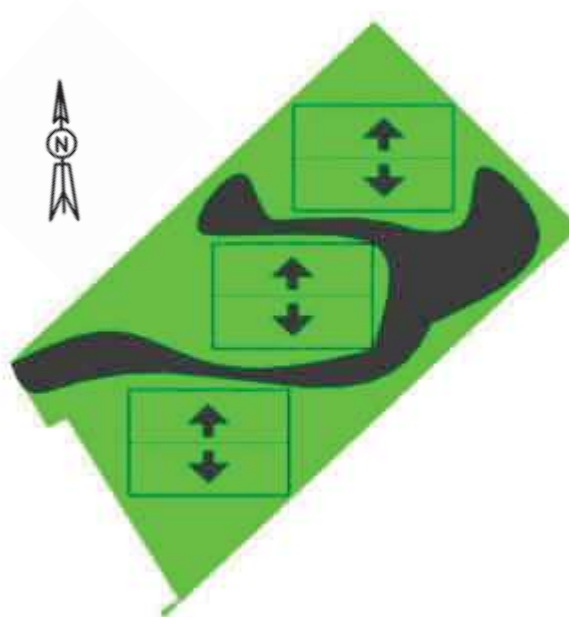
En préambule à l'orientation des bâtiments, le découpage des parcelles permet d'ores et déjà d'influencer l'orientation des futurs bâtis. Il est donc primordial de penser la voirie et les ilots de manière à maximiser le nombre de parcelles orientées Nord-Sud et limiter celui de parcelles orientées Est-Ouest.

Dans le cas où le projet la voirie autour d'une parcelle est défavorable aux apports solaires, il faudra envisager des dessertes intra-parcellaires en liaison grise afin d'atténuer la dépendance des bâtiments aux voiries adjacentes :

Exemple :



*Implantation de bâtiments à proscrire*



*Implantation optimale des bâtiments*

PASSIF			
Orientation par rapport au Sud			
	Inférieur à 15°	Entre 15° et 30°	Supérieur à 30°
Tous types			

Le graphique ci-dessus, montre qu'entre 0° et 15° de décalage par rapport au Sud, les apports solaires reçus sur une surface de 1m<sup>2</sup> de vitrage ne varient que très peu.

Entre 15° et 30°, la perte d'apports solaires varie d'avantage.

Au-delà de 30° de décalage par rapport au Sud, la pente de la courbe s'accroît, les apports solaires reçus chutent.

Donc, les bâtiments dont la façade principale n'est pas décalée de plus de 15° par rapport au Sud bénéficient au mieux des apports solaires passifs.

Les bâtiments dont la façade principale est décalée entre 15° et 30° par rapport au Sud, bénéficieront des apports solaires passifs, mais dans des proportions non optimales.

Au-delà de 30° de décalage par rapport au Sud, les bâtiments sont non pertinents du point de vue bioclimatique, puisqu'ils ne permettent pas de profiter au mieux des apports solaires passifs.

Sur les bâtiments autres que d'habitation, il est aisé, au travers de la conception architecturale du bâtiment de réaliser la récupération des apports solaires sur deux façades (Sud-est et Sud-ouest).

Pour la ZAC Tec'n'o BUGEY, l'implantation des bâtiments n'ayant pas encore été confirmée, nous avons réalisé notre analyse en jugeant l'orientation parcellaire :

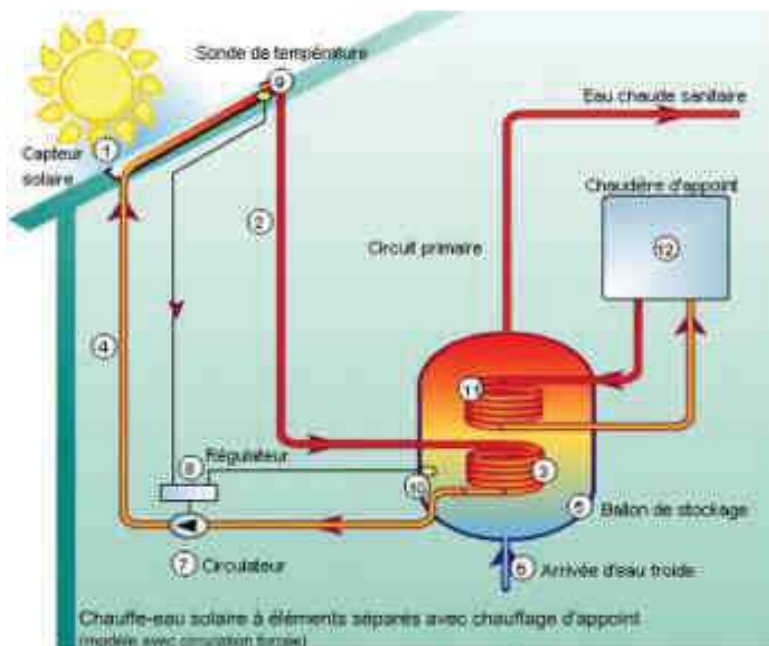


Le schéma de voirie induit une orientation des longueurs principales des parcelles de la ZAC à entre 15 et 25° par rapport au Sud. Ce choix d'aménagement peut être considéré comme assez pertinent du point de vue du solaire passif.

### 3.4.5 Solaire actif

Le solaire actif est l'utilisation des apports solaires par des systèmes.  
Il existe deux types de système solaire : le solaire thermique et le solaire photovoltaïque.

#### Le solaire thermique



#### Utilisé pour la production d'ECS :

Une installation de chauffe-eau solaire repose sur des capteurs solaires qui transmettent le rayonnement solaire à un fluide caloporteur. Celui-ci achemine les calories récupérées afin de les transférer à l'eau sanitaire, dans un ballon de stockage. Une installation solaire est quasiment tout le temps couplée avec un système d'appoint utilisant une autre énergie (bois, gaz, fioul, électricité...) qui assure automatiquement le complément de chaleur si l'eau n'est pas à la température souhaitée.

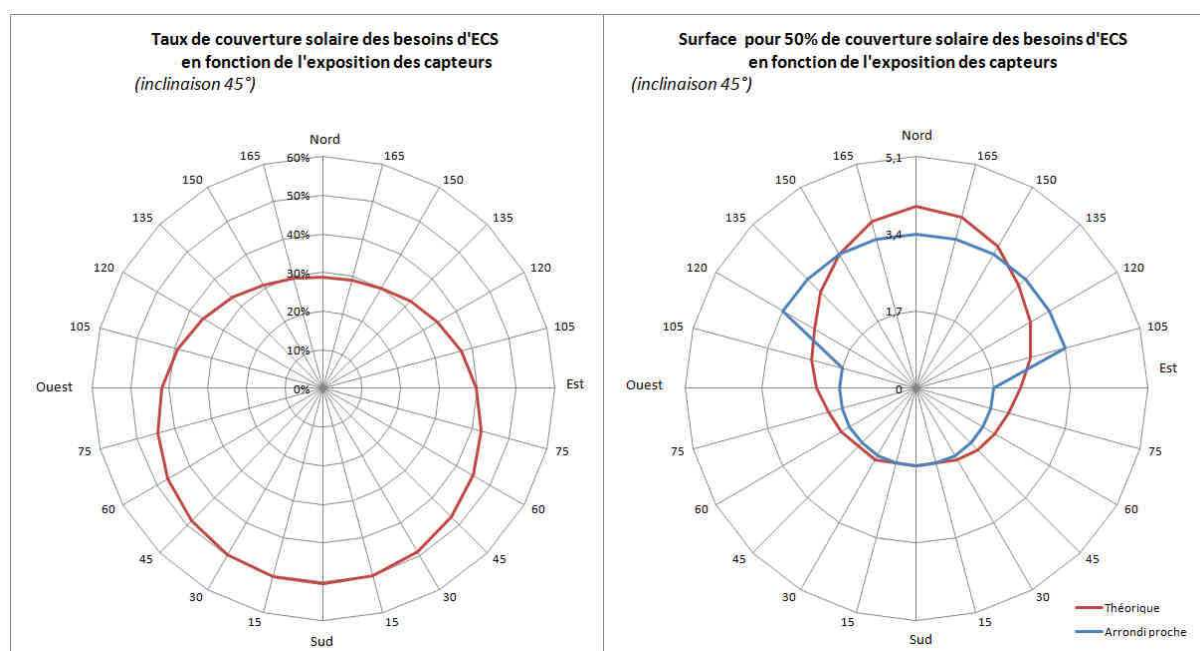
#### Utilisé pour le chauffage :

Le système transmet l'énergie solaire sous forme de chaleur à un ballon de stockage, une énergie d'appoint (bois, gaz, électricité, ...) relève la température. Ce chauffage est généralement utilisé sur une émission basse température (plancher chauffant).

Il faut environ 0.2 m<sup>2</sup> de capteur par m<sup>2</sup> de bâtiment.

Ces systèmes permettent de substituer une partie des énergies utilisées habituellement par une énergie renouvelable.

#### **Analyse du comportement des capteurs solaires thermiques :**



Techniquement, une installation solaire ne peut pas couvrir l'intégralité de la production d'ECS. Généralement, le taux de couverture de la production d'ECS par les panneaux solaires visé lorsqu'on met en place une installation solaire est de 50% (pour des capteurs exposés plein Sud).

Ci-dessus, le radar de gauche montre le taux de couverture solaire d'une installation en fonction de l'exposition des capteurs :

Exposés plein Sud => 50% de couverture  
Exposés plein Est => 40% de couverture

Sur le radar de droite, la courbe rouge indique la surface théorique de panneaux solaires nécessaires pour avoir 50% de couverture des besoins.

La courbe bleue indique la surface de panneaux solaires qu'il est réellement possible d'installer (avec des panneaux de 1.7m<sup>2</sup>) pour avoir 50% de couverture des besoins.

Ces graphiques démontrent que plus on s'éloigne de l'orientation plein Sud, plus il est difficile d'implanter une surface de capteurs solaires adaptée.

### Comparaison technico-financière d'une installation bien orientée avec deux installations mal orientées sur un pavillon individuel :

Orientation des capteurs	Nombre de panneaux	Taux de couverture des besoins	Economie d'énergie sur 20 ans [€TTC]	Coût de l'installation [€TTC]	Rentabilité sur 20 ans
SUD	1	50%	3 600	3 500	atteint
EST	1	40%	2 850	3 500	non atteint
EST	2	62%	4 450	4 750	non atteint

Hyp: la surface d'un panneau solaire est de 1,7m<sup>2</sup> et son inclinaison de 45°

L'installation solaire thermique prise comme exemple coûte 3500€. En toiture le capteur solaire est orienté plein Sud. Dans ce cas, l'énergie solaire permet d'apporter 50% de la chaleur nécessaire pour les besoins d'ECS du bâtiment. Cette énergie non renouvelable économisée génère sur 20 ans un gain de 3600€. En comparant le coût d'investissement de l'installation et l'économie réalisée, nous pouvons conclure que l'installation est donc rentable sur 20 ans.

Nous proposons dans la deuxième installation d'orienter le capteur solaire non pas plein Sud mais plein Est. Le taux de couverture des besoins en ECS du bâtiment n'est plus que de 40%. Pour un investissement équivalent à l'installation décrite précédemment, le solaire cette fois-ci ne permettra d'économiser que 2 850€ sur 20 ans. Il faudra donc plus de 20 ans pour rentabiliser cette installation.

Dans le troisième scénario solaire nous partons de la deuxième installation (panneau solaire plein Est) et pour pallier le manque de couverture des besoins, la surface de captage en toiture est doublée. Compte tenu de la mise en place d'un capteur supplémentaire, l'investissement de départ est plus élevé. Malgré une économie réalisée grâce au solaire thermique de 4 450€, l'installation ne sera pas non plus rentabilisée sur 20 ans.

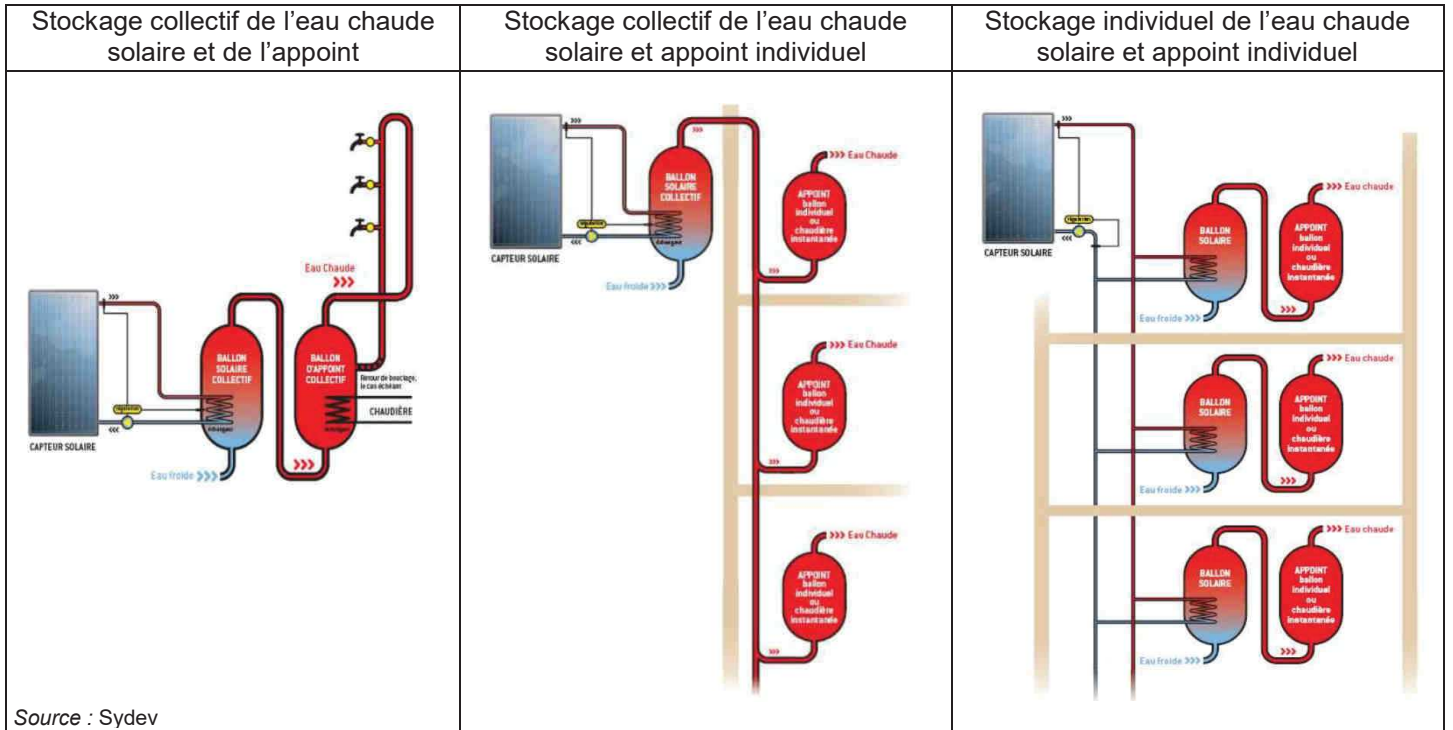
En conclusion, une installation mal orientée est difficilement rentable.

L'analyse du comportement des capteurs solaires thermiques en fonction de l'orientation montre que l'implantation de panneaux solaires thermiques est aisée pour des orientations décalées jusqu'à 30° par rapport au Sud.

L'analyse montre aussi que, l'implantation de capteurs décalés de plus de 60° par rapport au Sud présente des difficultés majeures :

- Investissement important
- Rentabilité financière dégradée
- Concentration de la production solaire pendant la période estivale

**Solution de montage**



Source : Sydev

En termes d'implantation physique de panneaux solaires thermiques. Plusieurs critères permettent de déterminer la pertinence technico-économique d'une installation :

- La typologie de bâtiment :

#### Solaire actif par type

Tertiaire	
Activité / Artisanat	

Pour la ZAC étudiée, il peut être pertinent d'envisager le solaire actif pour subvenir au besoin d'ECS et de chauffage des bâtiments. De plus, dans le cas de processus spécifiques industriels, une demande d'eau chaude constante peut décupler la rentabilité d'une installation.

Dans le cas du tertiaire, la rentabilité d'installation solaire sur ce type de bâtiment est faible compte tenu du faible besoin en chauffage et en ECS de cet usage.

- L'orientation et le nombre de niveau :

Actif			
	Inférieur à 30°	Entre 30 et 60°	Supérieur à 60°
Toiture terrasse. ≤ R+5			
Toiture terrasse. > R+5			
Autres			

-En toiture terrasse, les récepteurs solaires sont montés sur châssis et peuvent être orientés de manière optimale tant verticalement qu'horizontalement.

-Lorsqu'une toiture est réalisée en simple ou double pente, l'implantation des panneaux est induite par cette dernière.

-A partir de 6 niveaux au-dessus du sol, la surface de toiture devient trop faible pour permettre l'implantation d'un nombre optimum de panneaux.

Pour la **ZAC Tec'n'o BUGEY**, nous estimons que les futurs bâtiments disposeront de dispositifs de couvertures en toitures terrasses. Par conséquent, chacune des parcelles peut être considérée comme pertinente en vue d'implantation de systèmes actifs en fonction du type d'activité implanté.



## Le solaire photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques des panneaux transforment, par une réaction physique, la lumière émise par le soleil en électricité. Celle-ci peut être consommée sur place ou être revendue à un fournisseur d'énergie.

**Ces systèmes ne permettent pas de réduire les consommations énergétiques du bâtiment.** Ils permettent simplement de les compenser.



Le travail de réduction des consommations doit être réalisé avant de chercher à les compenser.



Le photovoltaïque est le dernier recours à l'obtention d'un niveau de performance énergétique.

La compensation pour le respect de la RT2012 est limitée à 12kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an si l'électricité n'est pas utilisée dans la production d'ECS. Cela représente environ 0.2m<sup>2</sup> de capteurs orientés plein Sud par m<sup>2</sup> de SHON du bâtiment.

Avec la revente de l'énergie, ces installations étaient généralement rentabilisées sur une durée de 15 à 20 ans. Cependant, les conditions de rachat de l'énergie photovoltaïque sont régulièrement modifiées, cela impute la rentabilité des installations. Le coût du photovoltaïque est d'environ 800€/m<sup>2</sup> pour des installations de l'ordre de 20m<sup>2</sup> et elles coûtent, pour celle de plus de 1000m<sup>2</sup>, environ 600€/m<sup>2</sup>.

1m<sup>2</sup> de panneau photovoltaïque polycristalin posé horizontalement, produit environ 130kWh/an.

Sur les bâtiments ayant des toitures terrasses, l'étanchéité de la toiture peut être réalisée par de la membrane photovoltaïque. Ce système de production solaire d'électricité a l'avantage de supprimer le coût de l'étanchéité et de sa facilité d'intégration à la toiture.

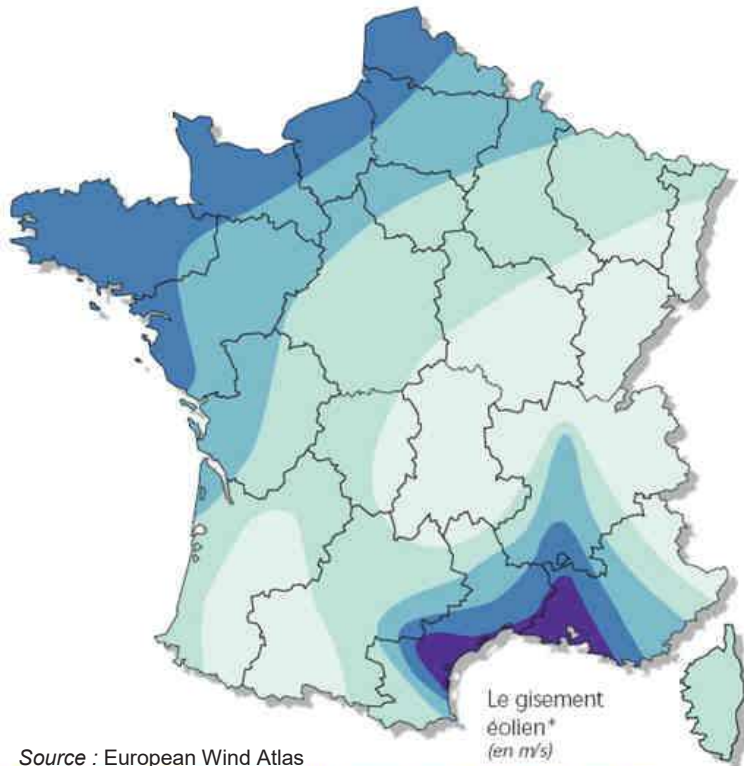
Cependant, la membrane produit environ 3 fois moins d'électricité que le polycristalin et est limité en orientation.



## 3.5 ENERGIE ÉOLIENNE

### 3.5.1 Caractéristiques de la ressource

La France est le deuxième pays le plus venteux d'Europe avec trois grandes façades maritimes.



Source : European Wind Atlas

Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes** , collines	
<3,5	<4,5	<5,0	<5,5	<7,0	Zone 1
3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5	Zone 2
4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10,0	Zone 3
5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10,0 - 11,5	Zone 4
>6,0	>7,5	>8,5	>9,0	>11,5	Zone 5

\* Vitesse du vent à 50 mètres au-dessus du sol en fonction de la topographie

\*\* Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique

La commune de NURIEUX-VOLOGNAT est située dans une zone géographique où le gisement éolien est variable. Pour aller plus loin l'évaluation du potentiel éolien de la ZAC, une étude de gisement spécifique doit être menée. Celle-ci devra prendre en compte le passage de la ligne électrique à haute tension au cœur de la zone.

La production locale d'énergie par des systèmes éoliens n'est pas valorisable dans la RT2012. Nous n'avons actuellement pas d'information sur l'éventuelle prise en compte à l'avenir de ce type de production d'électricité.

### 3.5.2 Le petit éolien

Du point de vue réglementaire, ces systèmes ne permettent pas l'obtention d'un niveau de performance énergétique sur le bâtiment.

La mise en œuvre de tels systèmes à deux intérêts :

- Un intérêt environnemental : Produire d'énergie « verte »
- Un intérêt économique puisque l'énergie produite peut être revendue ce qui permet un temps de retour d'environ 15 ans sur l'installation.



La mise en place de petites éoliennes de 12kW sur mât de hauteur inférieure à 12m ne nécessite pas de permis.

Les conditions de production d'électricité de l'éolien et du solaire sont différentes (lorsqu'il y a du vent pour l'éolien et lorsqu'il y a du soleil pour le solaire). L'intérêt d'une production mixte de l'électricité est donc de lisser la production d'électricité et ainsi de favoriser la production locale de l'énergie produite.

La mise en place d'éolienne de taille moyenne (40m nécessitant un permis) peut s'avérer rentable dans le cas où le potentiel venteux du site est approprié. Une éolienne de ce type permet de récupérer, environ 185 MWh<sub>E</sub> chaque année.

### 3.5.3 Le grand éolien

Zones les mieux adaptées :



- Situées dans un rayon de 10 km des postes de transformations 90/20 kV
- Gisement éolien moyen sur un an supérieur à 5,5 m/s
- Bâtiments classés éloignés de plus de 2 km
- Aucune servitude aéronautique et terrain militaire
- Hors zone patrimoine naturel et espace remarquable

L'option du grand éolien est complexe à mettre en œuvre. Elle nécessite une pré-étude du potentiel énergétique du site.

Il faut aussi faire une analyse complète des conséquences d'une telle construction sur le milieu naturel, analyse de l'évolution de la faune et de la flore à proximité d'un champ éolien.

## 3.6 ENERGIE DE RÉCUPÉRATION

### 3.6.1 Principe technique

L'énergie de récupération est communément appelée énergie « fatale ». Celle-ci représente la quantité de kilowattheures qui, dans un processus quelconque, est perdue au cours de la transformation de la matière première.

La chaleur fatale est la chaleur qui est produite par un processus dont l'objet n'est pas la production de cette chaleur. Cela peut s'appliquer par exemple dans la production d'énergie :

Comme explicité pages 9 et 10 de ce rapport, des coefficients réglementaires existent pour calculer la quantité d'énergie Primaire qu'il a fallu prélever à la source afin de pouvoir disposer d'une quantité d'énergie finale consommable au point d'utilisation.

*Exemple : Pour l'électricité notamment, beaucoup d'énergie est perdue lors du transport de l'énergie du point de production vers les points de consommation. La quantité d'énergie « fatale » dans ce cas est importante. C'est est la principale raison pour laquelle les grandes lignes de transport d'électricité sont en haute tension afin de diminuer la résistance globale du réseau.*

L'objectif est donc de développer des usages pour la chaleur résiduelle, et de trouver des exutoires à cette énergie souvent mal valorisée.

### 3.6.2 Solution technique

Les réseaux de chaleur sont un excellent moyen de **valoriser cette chaleur fatale**. Raccordée à un réseau de chaleur, une usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) peut chauffer un foyer à partir des déchets de sept autres. On peut également raccorder des sites industriels, centrales électriques, et de manière générale toute installation dégageant d'importantes quantités de chaleur fatale.

- En Zone industrielle :

Le plus grand réseau en France de récupération de chaleur industrielle fatale est le réseau de Dunkerque. Il tire profit de la chaleur industrielle du site industriel d'Arcelor.

Mis en service en 1986, pour un investissement net de subventions de 32 millions d'euros, ce réseau permet de chauffer 16.000 équivalents logements (essentiellement des logements collectifs et des bureaux), soit 50.000 équivalents habitants. Il permet d'éviter l'émission de 30.000 tonnes/an de CO<sub>2</sub> et la consommation de 11.000 tep. Il a créé huit emplois directs et autant d'emplois induits.

Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr>

- En Zone d'habitation :

Dans le cadre de la valorisation thermique directe à travers des réseaux de chaleur, la partie biodégradable des déchets est considérée comme une **énergie renouvelable**. Cette partie biodégradable des déchets peut par ailleurs être utilisée pour produire du **biogaz**, par méthanisation via une unité de production spécifique ou suite à une mise en décharge (on parle alors de gaz de décharge). Ce biogaz et ce gaz de décharge peuvent être considérés, sur le principe, comme des énergies de récupération puisqu'ils sont issus du processus de traitement des déchets. La réglementation les considère également comme des énergies renouvelables (art. 29 de la loi POPE)

puisqu'ils proviennent de la transformation de la biomasse. Le gaz produit peut ensuite être brûlé sur place, pour alimenter une chaufferie, ou bien être injecté dans le réseau de gaz naturel.

Biogaz et chaleur fatale sont considérés comme des **énergies n'émettant pas de CO<sub>2</sub>**, dans la mesure où il s'agit de la valorisation d'une ressource qui est de toute façon produite et rejetée.



#### L'usine de traitement des déchets d'Issy-les-Moulineaux

46% de la chaleur livrée par la CPCU (Paris et proche banlieue) provient de l'incinération des déchets. Cela représente le chauffage de 211000 équivalents-logements. A Brest, l'UIOM apporte 90% de l'énergie distribuée par le réseau de chaleur qui dessert 20 000 équivalents-logements. A Rennes, le réseau Nord « Villejean – Beauregard » bénéficie également de la chaleur de récupération de l'UIOM (86% du mix énergétique en 2011). Ce réseau crée en 1966 une chaufferie gaz en appoint et une chaufferie Fioul en secours

### 3.6.3 Atouts, situation et perspectives

#### La chaleur fatale est difficilement valorisable sans réseau

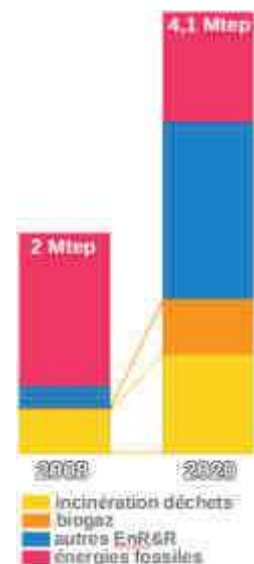
Outre la valorisation thermique, la chaleur fatale peut servir à produire de l'électricité. Celle-ci est alors rachetée par EDF, par le biais du mécanisme des tarifs d'achat, et injectée dans le réseau de distribution électrique. Toutefois, si une valorisation de l'énergie de récupération thermique directe est possible (c'est-à-dire s'il existe un besoin de chaleur conséquent à proximité du site), cette dernière solution est plus pertinente sur le plan du rendement énergétique. La cogénération permet de combiner les deux formes de valorisation, et profiter ainsi des avantages de chacune d'elle.

#### 1/5 de la chaleur des réseaux provient des déchets

L'incinération des déchets apporte aujourd'hui 21% de toute l'énergie distribuée par les réseaux de chaleur français, loin devant la biomasse et la géothermie. Le biogaz et la récupération de chaleur industrielle représentent quant à eux chacun 1% environ du total.

#### 2020 : 2 fois plus de chaleur fatale valorisée, 7 fois plus de biogaz

Le Grenelle de l'environnement fixe à 0,9 Mtep l'objectif quantitatif de chaleur produite chaque année à partir de la part renouvelable des déchets d'ici 2020. En 2008, la production était de 0,4 Mtep. Il ne s'agit bien sûr pas d'accroître la quantité de déchets produits, mais d'augmenter le taux de valorisation des déchets non évitables.



Source : CETE de l'Ouest

La valorisation de chaleur rejetée par les industries pourrait également se développer. A Dunkerque, la chaleur fatale de la sidérurgie couvre ainsi aujourd'hui 60% des besoins en chauffage de 15000 logements. Les difficultés pour ce type de valorisation peuvent être techniques (transport de la chaleur

sur des distances parfois longues) et organisationnelles (accord entre l'industrie concernée et l'exploitant du chauffage urbain).

Des expérimentations sont également menées sur la récupération de la chaleur des eaux usées, au niveau des réseaux d'assainissement. Cette technique est plutôt adaptée aux bâtiments à basse consommation car elle ne permet pas de récupérer de grandes quantités de chaleur.

Concernant le biogaz, l'objectif est de passer de 85 ktep de chaleur produite en 2008 (dont environ 20% utilisées pour alimenter des réseaux de chaleur) à 555 ktep en 2020, avec une utilisation majoritaire par les réseaux de chaleur et l'injection dans le réseau de gaz naturel.

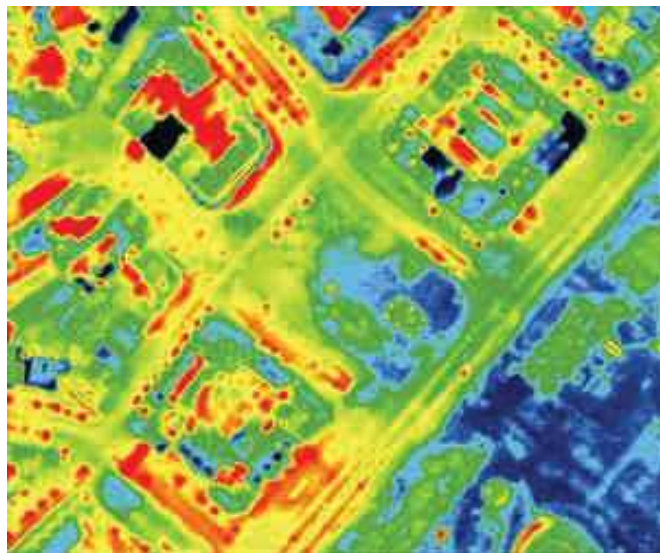
### 3.7 GISEMENT NÉGAWATT

Le watt étant une unité de puissance, l'utilisation de cette puissance sur une durée induit une consommation d'énergie (1 kW pendant 1 heure = 1kWh). Le négawatt quantifie une énergie « en moins », c'est-à-dire l'énergie économisée par un changement de technologie ou de comportement.

Cette notion est due à Amory Lovins, fondateur du Rocky Mountain Institute qui imagina un marché secondaire destiné à réduire l'écart entre le coût de production et celui d'économiser une certaine quantité d'énergie.

Le concept de négawatt est en France notamment porté par l'Association Négawatt.

Le potentiel de « production » de négawatts est supérieur à la moitié de la consommation mondiale actuelle d'énergie, avec des solutions aujourd'hui disponibles et fiables et de multiples avantages induits : absence de pollution et de nuisances, décentralisation, création d'emplois de qualité, responsabilité, solidarité, paix...



La thermographie (photo) permet d'obtenir une indication sur les déperditions thermiques des bâtiments, bâtiment par bâtiment, à l'échelle d'une ville. Pour mesurer les déperditions thermiques, un survol aérien avec une caméra thermique peut être réalisé.

## 4 SCENARII DE DESSERTE ENERGETIQUE INDIVIDUELLE

Dans cette partie sont détaillés les différents systèmes de production individuels de chaleur possibles énergie par énergie sur la zone étudiée. Bien entendu, ces éléments ont pour but d'apporter des repères aux destinataires de ce rapport et bien d'autres solutions de dessertes individuelles existent.

### 4.1 GAZ

#### 4.1.1 Descriptif

Le chauffage est réalisé par une chaudière gaz à condensation.

Le chauffage peut être distribué par un plancher chauffant, par soufflage ou par radiateurs dans les zones de bureaux. Il est réalisé par soufflage ou radiant dans les industries.

Pour les bâtiments qui ont un usage significatif d'eau chaude sanitaire, le solaire thermique est une solution qui permet de diminuer les consommations de gaz et les émissions de CO2.

Etant donné ses consommations en énergie primaire, ce dispositif demande la mise en œuvre d'une Ventilation Mécanique Contrôlée double flux et d'une isolation renforcée sur le bâtiment pour le respect du niveau de performance RT2012.

#### 4.1.2 Avantage/inconvénient

##### Avantage :

- Facilité de mise en œuvre (*Technologie éprouvée et reconnue*)
- Technologie éprouvée sur les installations gaz

##### Inconvénient :

- Fortes émissions de CO2.

#### 4.1.3 Hypothèse de possibilité d'implantation

##### Gaz indiv

Tertiaire	
Industrie / Artisanat	

L'implantation de chaudière gaz est, de manière générale, très simple et, qui plus est, très répandue.

#### 4.1.4 Coût d'investissement

Les éléments présentés ci-dessous sont à prendre à titre indicatif et représentent l'investissement pour un bâtiment d'environ 1000 m<sup>2</sup>. Ils permettent une comparaison technico-financière des différentes solutions individuelles présentées. L'implantation de système de chauffage dans un bâtiment nécessite une étude complète et précise qui permet la maîtrise des coûts d'un projet.

##### **Chauffage et ECS Gaz**

Adduction, Production, Régulation	15 000	€ TTC Par bâtiment
Distribution et émission	44 000	€ TTC Par bâtiment
<b>TOTAL investissement</b>	<b>59 000</b>	<b>€ TTC Par bâtiment</b>
Part du coût de la construction	4%	

##### **Chauffage ECS Gaz avec appoint solaire**

Adduction, Production, Régulation	41 000	€ TTC Par bâtiment
Distribution et émission	44 000	€ TTC Par bâtiment
<b>TOTAL investissement</b>	<b>85 000</b>	<b>€ TTC Par bâtiment</b>
Part du coût de la construction	6%	



#### 4.1.5 Comparaison de consommations

Les éléments présentés ci-dessous sont à prendre à titre indicatif et représentent les consommations d'un bâtiment d'environ 1000 m<sup>2</sup>. Ils permettent une comparaison technico-financière des différentes solutions individuelles présentées. Le calcul de consommations de chauffage dans un bâtiment nécessite une étude complète et précise de ce dernier.

##### Chauffage et ECS Gaz

	ECS	Chauffage	Total
Consommation annuelle (Base RT2012 en kWh <sub>EF</sub> /an)	4 545	54 155	58 700
Coût du kWh [€TTC/kWh]	0,09	0,09	
Coût actuel [€TTC]	453	4 685	5 137
Actualisation annuelle de l'énergie	7%	7%	
<b>Coût annuel moyen sur 20 ans [€TTC/an]</b>	<b>928</b>	<b>9 602</b>	<b>10 531</b>
Emissions de CO <sub>2</sub> [kgeqCO <sub>2</sub> /an]	1 064	12 672	13 736

Hyp: Emission de CO<sub>2</sub> Gaz évaluée à 234g/kWh

##### Chauffage ECS Gaz avec appoint solaire

	ECS	Chauffage	Total
Consommation annuelle (Base RT2012 en kWh <sub>EF</sub> /an)	3 000	55 700	58 700
Coût du kWh [€TTC/kWh]	0,09	0,09	
Coût actuel [€TTC]	321	4 816	5 137
Actualisation annuelle de l'énergie	7%	7%	
<b>Coût annuel moyen sur 20 ans [€TTC/an]</b>	<b>658</b>	<b>9 873</b>	<b>10 531</b>
Emissions de CO <sub>2</sub> [kgeqCO <sub>2</sub> /an]	702	13 034	13 736

Hyp: Couverture du solaire évaluée à 50% et l'émission de CO<sub>2</sub> Gaz à 234g/kWh

C'est le dispositif le moins coûteux parmi les trois dispositifs individuels présentés. Mais, de part ces fortes consommations en énergie primaire, **il induit un investissement supplémentaire sur les autres systèmes et sur l'isolation des bâtiments.**

C'est aussi la facture énergétique qui augmente le plus. L'augmentation du prix du gaz de +7%/an revient à multiplier par deux la facture tous les 12ans.

**Ce dispositif met œuvre une énergie non renouvelable et fortement émettrice de CO<sub>2</sub>, il doit donc être au maximum associé à du solaire pour diminuer les consommations et les émissions CO<sub>2</sub>.**

**De plus, l'utilisation d'une énergie fossile contraint la ZAC à être dépendante de la hausse importante du coût de celles-ci.**

**Cette solution de desserte individuelle est tout de même envisageable.**

## 4.2 THERMODYNAMIQUE

### 4.2.1 Descriptif

L'intérêt des systèmes thermodynamiques est qu'ils permettent d'utiliser de manière plus performante l'électricité qu'en effet joule direct. Les systèmes thermodynamiques produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

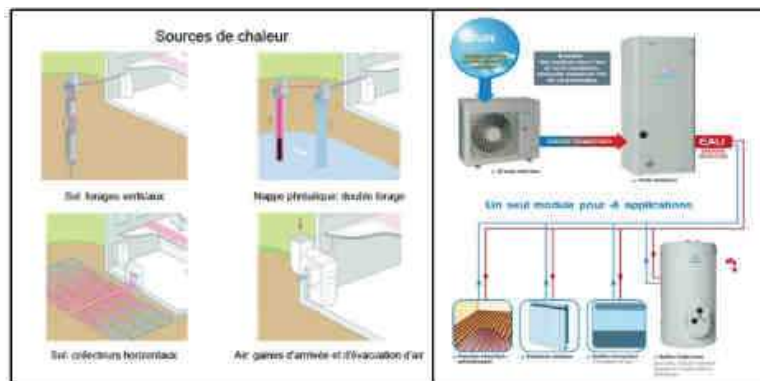
L'implantation de ce système énergétique est envisageable sur la ZAC. Néanmoins, dans le cas de Pompes à Chaleur Air/Air, attention aux nuisances sonores impliquées par les échangeurs extérieurs.

Les systèmes aérothermiques sont moins performants que les systèmes géothermiques mais leurs rapports performance/coût est meilleur.

En période de froid, les centrales thermiques (fioul, gaz et charbon) de production d'électricité sont mises en service pour assurer la demande des consommateurs. Ces centrales sont fortement émettrices de CO<sub>2</sub>.

Par exemple :

Un système thermodynamique ayant un **COP** (coefficient de performance) théorique allant jusqu'à 4, va produire 4 kWh de chaleur en consommant 1 kWh d'électricité.



Il existe une multitude de systèmes thermodynamiques pour la production de chaleur. Les systèmes thermodynamiques se distinguent en deux catégories :

- Les systèmes aérothermiques (pompage des calories dans l'air)
- Les systèmes géothermiques (pompage des calories dans le sol ou dans une nappe phréatique).

### L'aérothermie :

Le système thermodynamique «pompe » la chaleur sur l'air extérieur.



Ci-contre, un groupe extérieur de PAC aérothermique.

Les PAC air/air : La chaleur est captée sur l'air extérieur et est restituée dans le bâtiment par

des blocs de soufflage d'air chaud.

Les PAC air/eau : La chaleur est captée sur l'air et est restituée dans le bâtiment par un réseau hydraulique (plancher chauffant, radiateurs ou convecteurs hydrauliques).

## La géothermie :

Le système thermodynamique «pompe» la chaleur dans le sol (terre ou nappe phréatique). Le sol étant à température stable à partir de 10 m de profondeur, les systèmes géothermiques sont plus performants que les systèmes aérothermiques.

### La géothermie de surface :

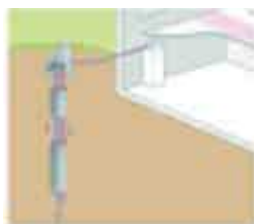


Sol : collecteurs horizontaux

Les systèmes utilisés sont des PAC eau/eau : La chaleur est captée dans le sol par un fluide caloporteur (eau glycolée) et est restituée dans le bâtiment par un réseau hydraulique (plancher chauffant, radiateurs ou convecteurs hydrauliques)

Ces systèmes nécessitent une surface d'environ 2000 à 3000m<sup>2</sup> de réseau enterré à 1.2m de profondeur pour un bâtiment de 1500m<sup>2</sup>.

### La géothermie de profondeur :



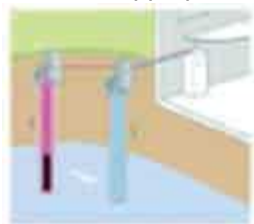
Sol : forages verticaux

Sur la terre :

Les systèmes utilisés sont des PAC eau/eau : La chaleur est captée dans le sol par un fluide caloporteur (eau glycolée) et est restituée dans le bâtiment par un réseau hydraulique (plancher chauffant, radiateurs ou convecteurs hydrauliques).

L'énergie récupérable est d'environ 40W par mètre de forage avec un maximum de 50m. Pour des besoins supérieurs, il faut multiplier les forages.

### Sur une nappe phréatique :



Nappe phréatique : double forage

Les systèmes utilisés sont des PAC eau/eau : L'eau de la nappe phréatique est pompée jusqu'au système thermodynamique. Le système capte la chaleur de l'eau puis la réinjecte dans la nappe. La chaleur est restituée dans le bâtiment par un réseau hydraulique (plancher chauffant, radiateurs ou convecteurs hydrauliques).

Ces systèmes nécessitent deux forages.

### 4.2.2 Descriptif

Chaque bâtiment possède son propre système de chauffage par une PAC aérothermique air/air ou air/eau. La production éventuelle d'eau chaude est réalisée aussi par la PAC ou par un ballon thermodynamique indépendant.

Le chauffage est distribué par un plancher chauffant, par soufflage ou par radiateurs.

Etant donné ces consommations en énergie primaire sur le poste ECS, la mise en place de ce

dispositif sur des bâtiments consommant de l'ECS demande la mise en œuvre d'une VMC double flux et d'une isolation renforcée sur le bâtiment ou la mise en place d'une production d'ECS solaire pour le respect du niveau de performance BBC.

#### 4.2.3 *Avantage/inconvénient*

##### Avantage :

- Facilité d'accès au réseau électrique.

##### Inconvénient :

- Ajout de consommations électriques sur un site.
- Maintenance plus importante qu'avec la solution Gaz

#### 4.2.4 *Hypothèse de possibilité d'implantation*

##### PAC

Tertiaire	
Industrie / Artisanat	

Les nuisances sonores induites par les unités extérieures de ces systèmes compliquent leur implantation.

#### 4.2.5 *Coûts d'investissement*

##### **Chauffage et ECS thermodynamique**

Adduction, Production, Régulation	17 000	€ TTC Par bâtiment
Distribution et émission	44 000	€ TTC Par bâtiment
<b>TOTAL investissement</b>	<b>61 000</b>	<b>€ TTC Par bâtiment</b>
Part du coût de la construction	4%	

Le coût d'investissement de cette technologie est similaire à celui de la desserte individuelle gaz.

#### 4.2.6 Comparaison de consommations

##### Chauffage et ECS thermodynamique

	ECS	Chauffage	Total
Consommation annuelle (Base RT2012 en kWh <sub>EF</sub> /an)	2 632	26 787	29 419
Coût du kWh [€TTC/kWh]	0,12	0,12	
Coût actuel [€TTC]	430	3 274	3 704
Actualisation annuelle de l'énergie	2,5%	2,5%	
<b>Coût annuel moyen sur 20 ans [€TTC/an]</b>	<b>549</b>	<b>4 182</b>	<b>4 730</b>
Emissions de CO <sub>2</sub> [kgeqCO <sub>2</sub> /an]	474	1 071	1 545

La facture énergétique annuelle de ce dispositif est du même ordre que de celle du dispositif bois avec appoint (la plus faible).

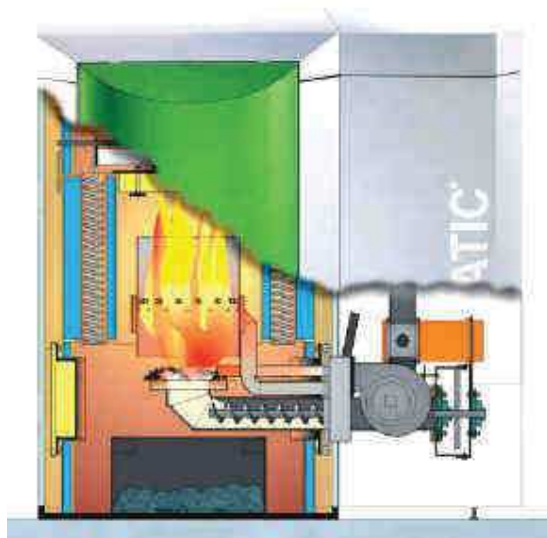
En revanche, le prix de l'électricité augmente de 2.5%/an alors que le prix du bois qui n'augmente que de 1.3%/an.

**En période de froid, les centrales thermiques (fioul, gaz et charbon) de production d'électricité sont mises en service pour assurer la demande des consommateurs. Ces centrales sont fortement émettrices de CO<sub>2</sub>.**

**La mise en œuvre de ce dispositif sur la ZAC ne favorise pas la mixité énergétique. L'utilisation d'une autre énergie pour la production de chaleur sur la ZAC permettrait de réduire l'impact de celle-ci sur le réseau électrique.**

## 4.3 BOIS

### 4.3.1 Descriptif



Chaque bâtiment est équipé d'un système autonome de production de chaleur au bois de type chaudière automatique.

Etant donné les puissances nécessaires, le bois est sous forme de granulés.

L'ECS éventuelle est aussi produite par la chaudière au bois.

Le chauffage est distribué par un plancher chauffant, radiateur, soufflage ou systèmes radiants dans les zones d'activités industrielles et tertiaires.

### 4.3.2 Avantage/inconvénient

#### Avantage :

- Possibilité de régulation y compris sur absence, à l'instar d'une installation hydraulique habituelle fonctionnant avec une chaudière gaz ou une PAC.

#### Inconvénient :

- Coût d'investissement plus important du fait de la mise en œuvre d'une installation hydraulique classique.
- Nécessité d'un local technique dédié.
- Coût de maintenance/livraison combustible un peu plus élevés que la solution Gaz

### 4.3.3 Hypothèse de possibilité d'implantation

#### Bois indiv

Tertiaire	
Industrie / Artisanat	

-

### 4.3.4 Comparaison d'investissements

#### Chauffage et ECS Bois

Adduction, Production, Régulation	31 000	€ TTC Par bâtiment
Distribution et émission	44 000	€ TTC Par bâtiment
<b>TOTAL investissement</b>	<b>75 000</b>	<b>€ TTC Par bâtiment</b>
Part du coût de la construction	5%	

C'est le dispositif le plus coûteux puisqu'il nécessite un stockage en plus de la chaudière. Cependant, c'est celui qui consomme le moins d'énergie primaire. **Sa mise en œuvre n'induit pas de surcoût sur l'isolation du bâtiment et sur les autres systèmes.**

### 4.3.5 Comparaison de consommations

#### Chauffage et ECS Bois

	ECS	Chauffage	Total
Consommation annuelle (Base RT2012 en kWh <sub>EF</sub> /an)	5 556	92 278	97 833
Coût du kWh [€TTC/kWh]	0,05	0,05	
Coût actuel [€TTC]	337	4 587	4 924
Actualisation annuelle de l'énergie	1,3%	1,3%	
<b>Coût annuel moyen sur 20 ans [€TTC/an]</b>	<b>383</b>	<b>5 200</b>	<b>5 582</b>
Emissions de CO <sub>2</sub> [kgeqCO <sub>2</sub> /an]	72	1 200	1 272

C'est la facture énergétique annuelle la plus faible et la sensibilité sur l'augmentation du prix de l'énergie la plus faible (+1.3%/an).

**Le taux de couverture en énergies renouvelables de la Zone pour le chauffage serait alors de 100% sur les consommations de chaleur.  
 Ce mode de desserte est possible sur la ZAC étudiée.**

## 5 SCENARI DE DESSERTE ENERGETIQUE COLLECTIVE

L'enjeu d'une desserte collective est de maîtriser de manière pérenne tous les aspects technico-économiques liés à la consommation des bâtiments desservis.

Dans un premier temps, l'enjeu est donc d'inciter fortement les différents commanditaires de zone de construction ou de rénovation à déployer cette solution de desserte à l'échelle de leurs projets.

En second lieu, ce pose la question de l'énergie à partir de laquelle sera extraire les calories nécessaires aux besoins de la zone. Aux vues du contexte actuel, autant du point de vue économique qu'environnemental ; nous ne pouvons que vous conseiller de vous orienter vers une solution biomasse :

La mise en place d'un réseau de chaleur bois-énergie répond à plusieurs enjeux :

- Faciliter l'accès aux niveaux de performance énergétique.
- Réduire et stabiliser la facture énergétique des usagers.
- Réduire l'impact environnemental lié à la production de chaleur :
  - Utilisation d'une énergie renouvelable.
  - Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.



## 5.1 PRINCIPLE GÉNÉRAUX

### Production

La chaufferie est constituée d'une chaudière alimentée au bois et d'une ou plusieurs chaudières d'appoint généralement alimentées au fioul ou au gaz.

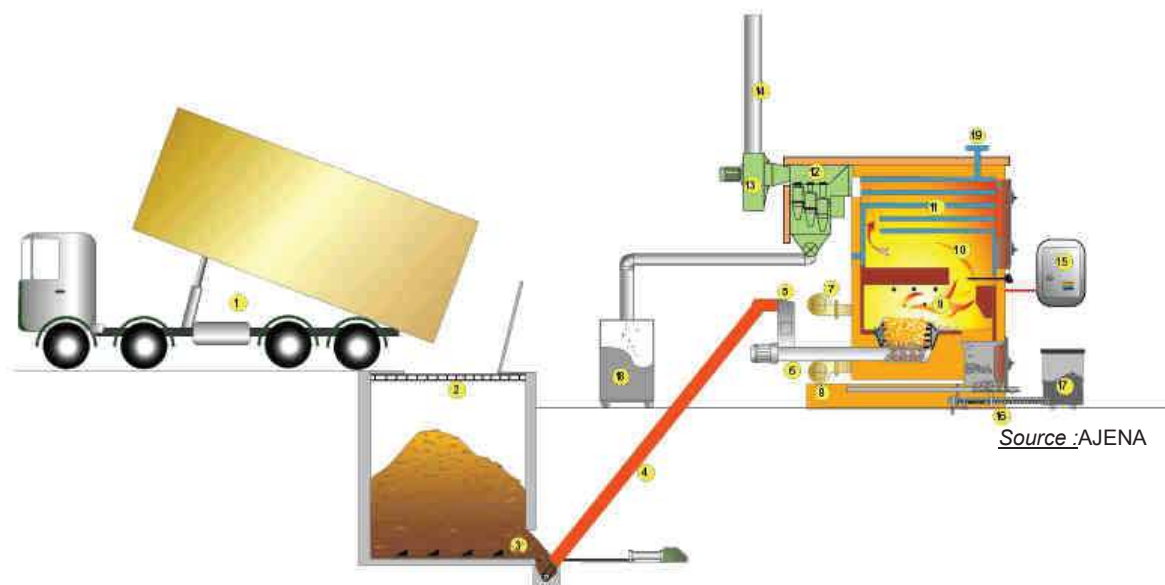
La chaudière bois est dimensionnée à la moitié de la puissance maximale déperditive appelée sur le réseau. Cela permet de couvrir plus de 80% des besoins.

L'appoint est nécessaire lorsque :

- La puissance appelée est inférieure à 25% de la puissance chaudière bois (Le rendement de la chaudière bois chute).
- La chaudière bois n'est pas assez puissante.
- En cas de panne de la chaudière bois.

Les chaufferies automatiques sont généralement composées d'une chaudière, d'un système d'extraction et d'alimentation en combustible et d'un silo. Cette partie décrit l'ensemble des systèmes de livraison, de stockage, d'extraction, de transport et d'alimentation du combustible, jusqu'au système de combustion et d'échange thermique.

La typologie générale d'une chaufferie automatique est présentée dans le schéma suivant :



Source : AJENA

### Légende :

- |                                       |                                  |                                         |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| 1-Système de livraison                | 8-Ventilateur d'air primaire     | 15-Armoire de commande et de régulation |
| 2-Silo d'alimentation                 | 9-Foyer et chambre de combustion | 16-Décendrage                           |
| 3-Système d'extraction                | 10-Chambre de postcombustion     | 17-Conteneur à cendres                  |
| 4-Système de transfert                | 11-Échangeur                     | 18-Conteneur à poussières               |
| 5-Système coupe-feu                   | 12-Traitement des fumées         | 19-Départ de la chaleur                 |
| 6-Système de dosage et d'introduction | 13-Extracteur de fumées          |                                         |
| 7-Ventilateur d'air secondaire        | 14-Cheminée                      |                                         |

## Distribution

La chaleur est distribuée via un réseau de tuyaux isolés. Le réseau peut être enterré ou aérien.

Le réseau perd de la chaleur et les coûts de pose et de fourniture du réseau sont importants. Il est donc important d'optimiser le tracé du réseau afin d'en limiter sa longueur.

La pertinence d'un tracé de réseau se mesure par sa densité linéaire. C'est le besoin en chaleur des bâtiments raccordés, rapporté à la longueur du réseau. Elle s'exprime en MWh/ml.an.

### 5.1.1 *Les différents types de combustibles*

#### Les bois déchiquetés ou broyés issus de l'industrie forestière

Les plaquettes d'origine bocagère ou forestière. Il s'agit de bois déchiqueté, provenant de haies bocagères, d'éclaircies ou de restes de coupes en forêt (appelés « rémanents »).

Les plaquettes permettent ainsi de valoriser des bois, qui, sinon, auraient été brûlés à l'air libre ou laissés sur place. Cette valorisation offre un moyen de simplifier le travail du bois en mécanisant la récolte. Ainsi les gestionnaires y voient un moyen de gérer l'entretien du bocage ou des forêts en donnant une valeur économique aux petits bois sans manutention excessive.



C'est un combustible particulièrement utilisé en milieu rural, qui commence à être utilisé pour des chaufferies urbaines.

#### Les bois de rebuts et déchets industriels

Il s'agit de bois non traités en fin de vie ou de produits connexes des entreprises de première et seconde transformation du bois. Pour un coût particulièrement faible et avec un bon rendement calorifique, les plaquettes et broyats alimentent des chaudières automatiques de toutes puissances (à partir de 20 kW)



L'approvisionnement se fait en vrac.

#### Les écorces :

Sous-produits des industries de première transformation, elles peuvent être utilisées dans des chaudières à alimentation automatique de fortes puissances (en collectivités ou en entreprises). C'est un combustible peu onéreux qui donnera cependant plus de cendres que les plaquettes ou broyats



#### Les granulés

Le granulé (ou pellet, terme anglais) provient de la récupération de sciures et copeaux, comprimés en bâtonnets de quelques millimètres, sous haute pression sans adjonction d'agglomérant. Particulièrement compact et à haut pouvoir calorifique, le granulé de bois permet d'alimenter des poêles,



inserts ou chaudières automatiques. Il répond ainsi à tout type de besoins.

- Une chaudière automatique peut alimenter un bâtiment

La livraison s'effectue en sac de 15 kg, palette ou vrac.

### 5.1.2 Les silos d'alimentation

Il s'agit d'un stockage abrité, placé à côté de la chaufferie et équipé d'un système d'extraction du combustible (désilage). Ils peuvent être soit enterrés, soit semi-enterrés, soit de plain-pied et sont intégrés au bâtiment ou accolés à la chaufferie. Les silos sont habituellement maçonnés.

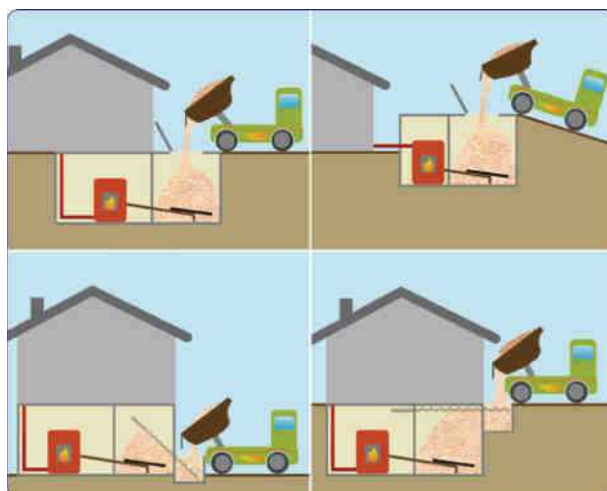
Pour les petites installations, on peut avoir recours à des trémies métalliques standardisées (jusqu'à 10 m<sup>3</sup>). Les industries du bois utilisent également des silos métalliques standardisés pour stocker par exemple les sciures et copeaux produits lors de la transformation du bois. Il existe également des conteneurs à extracteur. Ces systèmes permettent d'avoir un silo mobile et de réduire les temps de livraisons. Il est composé d'un container et d'un système d'extraction intégré qui se couple au système d'alimentation de la chaufferie. Dès qu'un container est vide, un autre assure le relais. Ce type de système convient pour les plaquettes, mais est assez onéreux. Le volume nécessaire du silo d'alimentation dépend de la puissance de la chaudière, de l'autonomie voulue et du type d'approvisionnement.



Trémie métallique standardisée

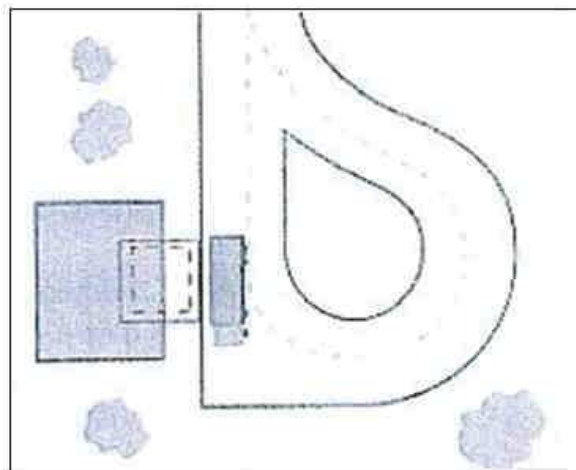
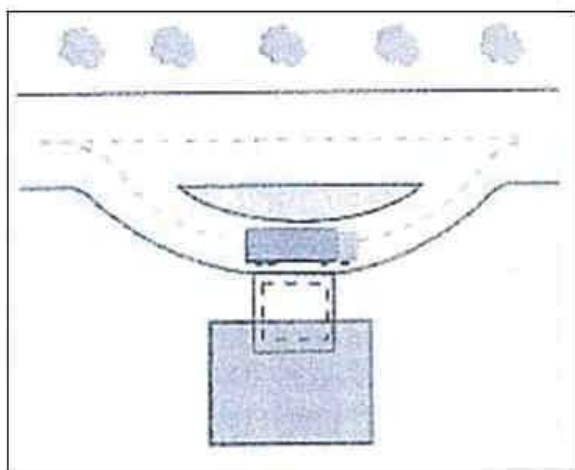


Silo maçonné

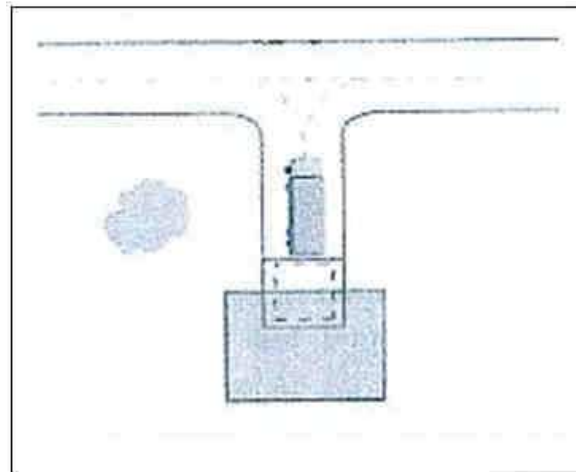
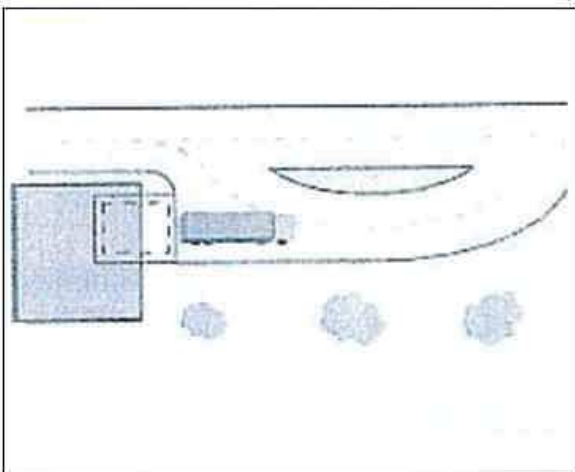
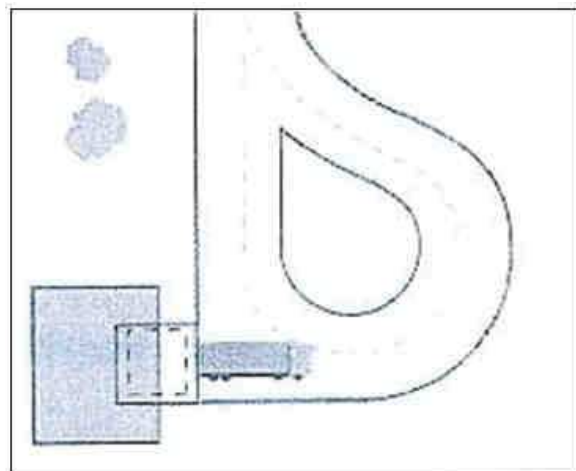
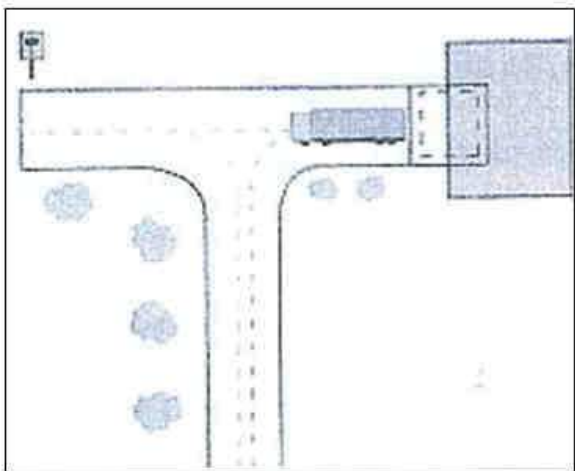


### 5.1.3 Les aires logistiques

2 possibilités d'aménagement pour décharger latéralement :



4 possibilités d'aménagement pour décharger par l'arrière :



### 5.1.4 Les systèmes d'extraction

Pour alimenter le combustible du silo jusqu'à la chaudière, on utilise des systèmes d'extraction ou de désilage et des systèmes de transfert qui dépendent essentiellement du combustible, de la configuration du silo et de sa position par rapport à la chaudière.

Le tableau suivant présente les techniques d'extraction, d'alimentation en fonction du combustible et de ces caractéristiques. Nous présentons, après les systèmes d'extraction et d'alimentation, les plus communément utilisés.

Combustible	Humidité	Technique d'extraction	Technique d'alimentation
Granulés	5 à 10 %	Gravitaire	Vis
Copeaux secs	10 à 15 %	Vis	Pneumatique, Vis
Plaquettes fines	20 à 30 %	Pales, racleurs	Vis chaînes à raclettes
Plaquettes moyennes	40 à 50 %	racleurs	Grosses vis, chaînes à raclettes
Broyats de rebuts, sciures, écorces	20 à 60 %	Racleurs	Chaînes à raclettes

#### Système d'extraction rotatif à vis

La base du silo peut être plane ou conique, car le parcours de la vis s'inscrit dans un cercle à l'horizontale ou à 45°. Il existe plusieurs types extracteurs rotatifs à vis : extracteur conique (fond conique et vis à 45°), extracteur à vis centrale et extracteurs à vis pendulaire.



L'extracteur conique est adapté pour des silos de grande hauteur avec une faible surface au sol et pour des combustibles légers et secs. Le fonctionnement est simple : une vis inclinée, placée dans un cône, se déplace dans le silo en décrivant un cercle et son mouvement concentre le combustible au centre du fond du silo au niveau du dispositif d'extraction et de transfert.

Pour l'extracteur par vis centrale, le fonctionnement est assez simple. Il s'adapte pour des silos de grande dimension. Il convient aux combustibles plaquettes de bois secs mais se révèle être très sensible aux morceaux de grandes dimensions. Une vis centrale robuste, placée sur le fond du silo, parcourt un cercle, ce qui permet de déplacer le combustible vers le centre du silo.

Les systèmes d'extraction par vis pendulaire sont de même conception que l'extraction à vis centrale sauf que la vis parcourt un demi-cercle en allers et retour successif au lieu de faire le tour complet.

#### Système d'extraction rotatif à pales ou à lames de ressort

Ce type d'extracteur est souvent utilisé pour les plaquettes sèches et calibrées et pour des chaufferies de puissance inférieure à 200 kW. Le diamètre peut aller de 3 à 6 mètres et la hauteur maximum de stockage varie de 3 à 5 mètres. Les pales ou les lames de ressort permettent, grâce à une rotation, de pousser le combustible



vers une tranchée placée sur un rayon du cercle, tranchée dans laquelle se situe le système de transfert.

### **Système d'extraction par racleurs hydrauliques**

Ce système d'extraction est universel pour toutes les puissances et tous les combustibles (humides et de granulométrie importantes). Pour un système d'extraction hydraulique par racleurs, le silo sera de forme rectangulaire, mais de préférence en longueur pour limiter le nombre de vérins. Ce système est composé d'une série de racleurs disposés au fond d'un silo maçonné et actionnés par des vérins qui, par des mouvements avant et arrière, vont pousser le combustible vers le système de transfert. La plupart des racleurs sont carrossables, ce qui peut permettre au camion de livraison de rentrer éventuellement dans le silo (racleurs à l'arrêt). Il existe des extracteurs de ce type préfabriqués en usine sur un fond de silo en acier avec un couplage à la vis d'alimentation.



### **Système d'extraction par grappin**

L'extraction et le transfert du combustible à l'aide d'un grappin automatique permet d'utiliser un combustible livré au niveau du sol ou dans une fosse de livraison. Il permet également d'atteindre un taux de remplissage élevé du silo et une utilisation optimale de l'installation. Ce système est couramment utilisé lorsque le stockage est attendant à la chaufferie et pour des puissances supérieures à 2 MW.



## 5.1.5 La chaudière

Les générateurs ou chaudières transforment et transmettent l'énergie contenue dans la biomasse à un fluide. Ils sont composés de deux éléments : d'un foyer (ou se déroule la combustion) et d'un échangeur (où se produit le transfert de la chaleur vers le fluide).

### **Les foyers :**

Il existe plusieurs types de foyers pour la biomasse selon le combustible utilisé. Ci-après nous présentons les caractéristiques techniques des foyers et de leur combustible.

#### Petit brûleur

Puissance chauffage : 20 kW – 140 kW

Combustible : Plaquettes petites et sèches ou granulés

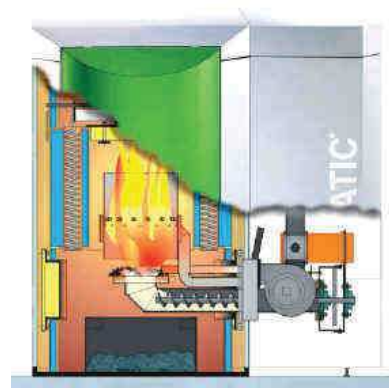
Humidité sur brut : 8% - 25%

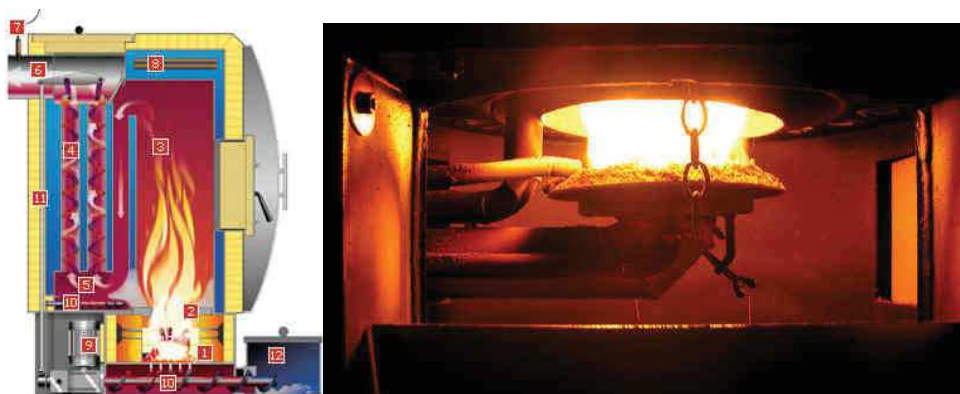
#### Foyer volcan

Puissance chauffage : 20 kW – 2,5 MW

Combustible : Plaquettes forestières, plaquettes de sous-produits de la transformation du bois

Humidité sur brut : 5% – 45%





### Foyer à grille plane

Puissance chauffage : 15 kW – 800 kW

Combustible : Petites plaquettes et copeaux secs

Humidité sur brut : 5% - 25%



Ci-dessus :  
Installation de chauffage avec le stock de combustible

Ci-contre :  
Chaufferie 220 kW avec conteneur à cendres

### Foyer à grille mobile

Puissance chauffage : 150 kW – 25 MW

Combustible : Tous combustibles bois

Humidité sur brut : 25% – 50% voire 60%



### 5.1.6 Les échangeurs de chaleur

L'échangeur de chaleur permet le transfert de la chaleur dégagée par la combustion au fluide caloporteur. Les chaudières biomasse sont principalement équipées de deux types d'échangeurs : les échangeurs à tubes d'eau et les échangeurs à tubes de fumées.

Pour les échangeurs à tubes de fumées, les gaz de combustion circulent dans des tubes placés dans l'eau de la chaudière. Les échangeurs à tubes de fumées actuels sont généralement à deux ou trois passages de fumées. Ils sont majoritairement positionnés à l'horizontale, mais il existe des modèles verticaux. Le premier parcours est constitué par la chambre de postcombustion, le deuxième et le troisième correspondent aux faisceaux tubulaires. Pour favoriser les échanges thermiques, le temps de séjour des gaz à l'intérieur des faisceaux tubulaires doit être élevé. Les chaudières à tubes de fumées répondent à des besoins de production d'eau chaude classique, voire d'eau surchauffée, et sont généralement utilisés pour les chaudières de petites et de moyennes tailles jusqu'à 30 MW.

Pour les échangeurs à tubes ou lames d'eau, contrairement aux échangeurs à tubes de fumées, les gaz de la combustion transmettent la chaleur à l'eau qui circule à l'intérieur des tubes de l'échangeur. Il existe plusieurs types de chaudières à tubes de fumées : les chaudières à circulation naturelle, à circulation forcée et les générateurs de vapeur. Les chaudières à tubes d'eau représentent la majorité des chaudières vapeur en service actuellement et sont généralement utilisées pour les chaudières de moyennes et grandes tailles (de 10 à 900 MW).

### 5.1.7 L'intégration architecturale des chaufferies bois - Energie



**Chaufferie bois – Besançon – Doubs (25)**



**Chaufferie bois – Falaise – Calvados (14)**



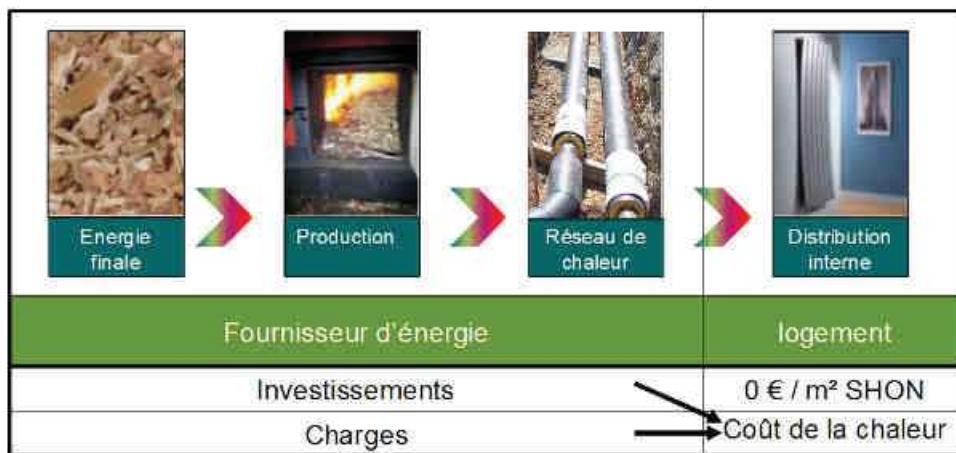


*Chaufferie bois – Bourg en Bresse – Ain (01)*



*Silo maçonné enterré pour déchargement direct avec trappes carrossables*

## 5.2 RÉPARTITION DES COÛTS PAR ACTEURS



Dans le cas de ce réseau de chaleur, la production (chaufferie) et la distribution (réseau) se trouvent sur le domaine public, c'est donc la collectivité qui finance ces investissements et qui les impacts sur le coût de la chaleur. L'investissement sur le chauffage du domaine privé est donc réduit puisqu'il reste à sa charge la distribution à l'intérieur de son bâtiment.

## 6 ETUDE DE LA ZAC

### 6.1 RAPPEL DES DONNÉES D'ENTRÉES

#### 6.1.1 Documents de référence

Ci-dessous, la liste des documents utilisés pour le recueil des données d'entrée :

Nom	Date d'édition	Format	Auteur
Etude d'impact définitive	28/09/2012	PDF	SAGE ENVIRONNEMENT
Notice explicative AVP	-	PDF	SAGE ENVIRONNEMENT
Récapitulatif AVP 141211	11/12/2014	PDF	ATELIER FONTAINE
Nurieux ZAC150428 citerne souple	28/04/2015	PDF	ATELIER FONTAINE

#### 6.1.2 Hypothèses

Afin de pouvoir évaluer le besoin annuel des bâtiments de la ZAC, nous devons nous appuyer sur plusieurs hypothèses. Ces dernières s'appuient sur les réglementations et les retours d'expérience de notre cabinet. Un rapport d'hypothèse a été transmis préalablement et sera joint en annexe de ce dernier.

### 6.1.3 Programmation

Le phasage pris en compte dans l'étude a été défini au préalable en concertation avec le maître d'ouvrage :

		Surface Parcelles Phase [m <sup>2</sup> ]	Shon [m <sup>2</sup> ] (CES = 0,6)	Tertiaire	Industrie / Artisanat
Phase 1	<b>Global Phase 1</b>	<b>45 097</b>	<b>28 213</b>	<b>4 621</b>	<b>23 593</b>
	Lot 1	3 785	2 271		2 271
	Lot 2 (Tertiaire)	2 880	2 304	2 304	
	Lot 3 (Pépiniaire)	2 896	2 317	2 317	
	Lot 4	3 109	1 865		1 865
	Lot 5	3 005	1 803		1 803
	Lot 6	2 501	1 501		1 501
	Lot 7	3 057	1 834		1 834
	Lot 8	2 519	1 511		1 511
	Lot 9	3 144	1 886		1 886
	Lot 10	2 504	1 502		1 502
	Lot 11	2 802	1 681		1 681
	Lot 12	2 503	1 502		1 502
	Lot 13	2 296	1 378		1 378
	Lot 14	4 846	2 908		2 908
Lot 15	3 250	1 950		1 950	
Phase 2	<b>Global Phase 2</b>	<b>44 907</b>	<b>26 944</b>	<b>-</b>	<b>26 944</b>
	Lot 16	3 312	1 987		1 987
	Lot 17	2 600	1 560		1 560
	Lot 18	2 707	1 624		1 624
	Lot 19	2 972	1 783		1 783
	Lot 20	4 736	2 842		2 842
	Lot 21	2 667	1 600		1 600
	Lot 22	2 679	1 607		1 607
	Lot 23	5 002	3 001		3 001
	Lot 24	2 686	1 612		1 612
	Lot 25	4 507	2 704		2 704
	Lot 26	2 699	1 619		1 619
	Lot 27	2 891	1 735		1 735
	Lot 28	2 943	1 766		1 766
Lot 29	2 506	1 504		1 504	
<b>Global ZAC</b>		<b>90 004</b>	<b>55 158</b>	<b>4 621</b>	<b>50 537</b>

## 6.2 BESOINS ÉNERGÉTIQUES DE LA ZAC

### 6.2.1 Besoins en chaleur

Afin de pouvoir étudier la desserte énergétique de la ZAC, nous avons scindé en deux la réalisation de chacune des phases. Ceci n'impacte en rien les résultats de notre étude mais nous permet de modéliser l'intégralité du projet dans une seule étude globale.

<b>Besoin chauffage + ECS [MWhEF/an]</b>	Phase 1A	Phase 1B	Phase 2A	Phase 2B	Total
Tertiaire	92	-	-	-	<b>92</b>
Industrie / Artisanat	955	343	1 302	180	<b>2 780</b>
Total	1 047	343	1 302	180	<b>2 872</b>
Total en tep/an	90	29	112	15	<b>247</b>

\*TEP : Tonne Equivalent Pétrole

Afin d'approcher la pertinence d'une desserte collective, nous focalisons notre étude sur le besoin en chaleur pour l'Eau Chaude Sanitaire et le Chauffage. Le besoin en eau surchauffée est spécifique à l'industrie et dépend de l'activité implantée. Il est donc très difficile à anticiper.

La ZAC globale aura un besoin d'environ 2 872 MWhEF/an.

Cette étude donne des orientations quant à l'approvisionnement de cette énergie et du taux de substitution des énergies conventionnelles par des énergies renouvelables.

*Nota : La partie 7.2 de ce rapport traite de la compensation EnR de l'énergie électrique consommée par les bâtiments.*

### 6.2.2 Conséquences environnementales induites

Le tableau ci-dessous présente, en fonction du besoin de la ZAC et de la solution de desserte, les conséquences des consommations de celle-ci en termes de rejets de CO2 dans l'atmosphère :

<b>Emissions de Co2 [Tonne/an]</b>	Phase 1A	Phase 1B	Phase 2A	Phase 2B	Total
Scénario tout gaz	450	142	541	75	<b>1 208</b>
Scénario gaz + solaire	450	142	541	75	<b>1 208</b>
Scénario PAC	436	138	522	72	<b>1 168</b>
Scénario Bois + Solaire	251	77	291	40	<b>658</b>
Scénario tout Bois	251	77	291	40	<b>658</b>
Réseau de chaleur Gaz	433	136	517	71	<b>1 157</b>
Réseau de chaleur Bois	251	77	291	40	<b>658</b>
Réseau de chaleur PAC	441	139	528	73	<b>1 181</b>

L'énergie solaire apportée par les systèmes des lignes 2 & 4 du tableau ci-dessus est renouvelable et donc non-comptabilisée dans les calculs réglementaires. Nous avons donc décidé de prendre pour hypothèse que cette énergie sera consommée en plus de la consommation d'énergie fossile réglementaire du bâtiment.

### 6.2.3 Part d'énergie renouvelables

Le tableau ci-dessous présente, en fonction du besoin de la ZAC et de la solution de desserte, la part d'énergie renouvelables induite :

<i>Part d'EnR associées aux scénarii</i>	Phase 1A	Phase 1B	Phase 2A	Phase 2B	Moyenne
Scénario tout gaz	4%	4%	4%	4%	4%
Scénario gaz + solaire	10%	9%	9%	9%	9%
Scénario PAC	42%	43%	43%	43%	43%
Scénario Bois + Solaire	72%	75%	75%	75%	74%
Scénario tout Bois	72%	74%	74%	74%	74%
Réseau de chaleur Gaz	2%	2%	2%	2%	2%
Réseau de chaleur Bois	73%	75%	75%	75%	75%
Réseau de chaleur PAC	46%	46%	46%	46%	46%

On constate que la solution de l'utilisation de l'énergie bois est la seule qui permettrait à la ZAC d'atteindre jusqu'à 74 % de taux d'énergie renouvelables. Dans un usage principal de logement, l'énergie biomasse permet d'atteindre des taux d'énergie renouvelable supérieur à 90 %. Dans notre cas, étant donné la quantité d'énergie électrique qui sera consommée annuellement par l'éclairage ou le rafraîchissement, ce taux reste assez bas.

### 6.2.4 Compensation de l'énergie électrique consommée

Dans cette partie nous souhaitons montrer quels seraient les moyens à mettre en œuvre pour compenser la globalité de l'énergie électrique consommée annuellement par la ZAC :

	Phase 1A	Phase 1B	Phase 2A	Phase 2B	Total
Nbre de grandes éoliennes (hauteur 40m) [U]	15	5	18	2,5	40
Nbre de petites éoliennes (hauteur 11m) [U]	153	47	177	24,4	400
Surface de panneaux Photovoltaïques (130W/m <sup>2</sup> ) [m <sup>2</sup> ]	17 784	5 407	20 530	2 835	46 556

Hypothèses de calcul sur le système : Compensations calculées avec un système tout gaz.

Nous rappelons que l'énergie éolienne est soumise à divers décrets et réglementations et que ce tableau est indicatif. Par ailleurs, nous rappelons que cette compensation ne doit pas être obligatoirement implantée sur le lieu de l'aménagement. En particulier si comme sur le site étudié, il y a d'autres infrastructures énergétiques de masse (ligne à haute tension) qui la rende incompatible, elle peut être envisagée sur une autre partie du territoire communal. **Le but de cette étude est de prendre la mesure de l'ampleur du champ de captage à mettre en œuvre pour une compensation des nouvelles consommations.**

Par rapport au solaire actif, la SHON globale du projet étant d'environ 55 158 m<sup>2</sup>, on constate qu'il faudrait recouvrir l'intégralité des surfaces de toitures des bâtiments ce qui permettrait, au mieux, la compensation totale de l'énergie électrique consommée par la ZAC.

Avec l'ajout de la force éolienne au levier solaire, il sera envisageable de compenser la globalité des consommations électriques annuelle de la zone.

## 6.3 ETUDE DE LA DESSERTE COLLECTIVE

L'objectif de cette partie est de déterminer des groupes d'ilots sur la ZAC où il est possible de desservir les bâtiments en chaleur pour le chauffage et l'ECS via une desserte collective alimentée par une chaufferie.

### 6.3.1 Étude de périmètre pertinent

Pour qu'une desserte collective de chaleur soit rentable, il faut une densité linéaire d'au moins 2 MWh/ml.an. C'est un critère largement répandu dans la littérature technique et que nous corroborons régulièrement au travers de nos études dédiées. C'est-à-dire que les consommations énergétiques en MWh (chauffage + ECS) des bâtiments raccordés au réseau sont supérieures à 2 fois la longueur du réseau (en mètres).

Ce paramètre prend en compte le coût d'implantation d'un réseau non-raccordé avec un scénario d'augmentation du coût des énergies fossiles assez optimiste.

**De plus, cette valeur représente un objectif de rentabilité purement économique. Une desserte collective de chaleur apporte des avantages concernant :**

- Les émissions de Co2 de la ZAC
- La pérennité des tarifs de l'énergie dans le cas de ressources comme la biomasse ou les déchets.

#### Exemple :

3 bâtiments consomment à eux 3 : 166 MWh/an  
Pour les raccorder, il faut un réseau de 77 ml.

Donc, la densité linéaire du réseau =  $166/77 = 2.16 \text{ MWh/ml.an}$   
 $2.16 > 2$  donc le réseau répond à ce critère de rentabilité.

Le travail réalisé ci-dessous a pour objectif de déterminer des périmètres où il est possible de créer un réseau ayant une densité linéaire d'au moins 2 MWh/ml.

#### Hypothèses :

Les hypothèses de surfaces et de besoins de chaleur sont présentés dans le rapport d'hypothèse joint à ce rapport.

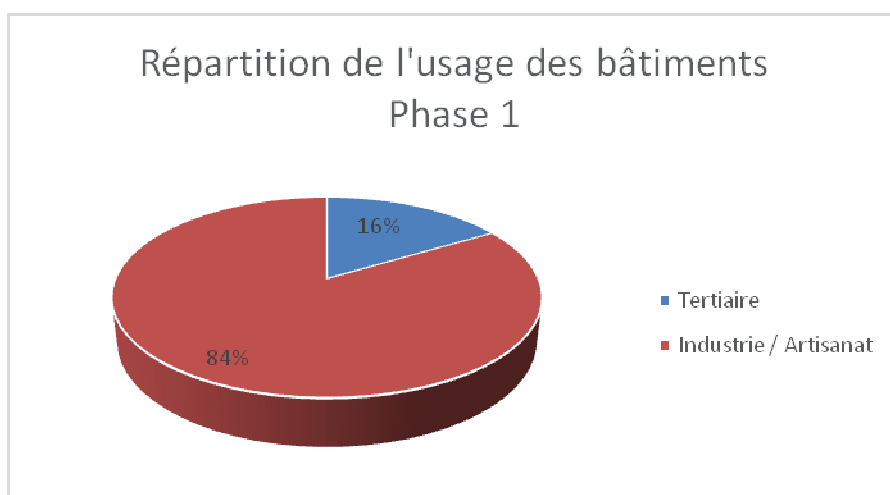


Nous allons, ci-après, estimer la rentabilité de la desserte collective au cours du phasage de construction de la ZAC.

**Desserte de la phase 1 :**

		Surface Parcelles Phase [m <sup>2</sup> ]	Shon [m <sup>2</sup> ] (CES = 0,6)	Tertiaire	Industrie / Artisanat
<i>Phase 1</i>	<b>Global Phase 1</b>	<b>45 097</b>	<b>28 213</b>	<b>4 621</b>	<b>23 593</b>
	Lot 1	3 785	2 271		2 271
	Lot 2 (Tertiaire)	2 880	2 304	2 304	
	Lot 3 (Pépiniaire)	2 896	2 317	2 317	
	Lot 4	3 109	1 865		1 865
	Lot 5	3 005	1 803		1 803
	Lot 6	2 501	1 501		1 501
	Lot 7	3 057	1 834		1 834
	Lot 8	2 519	1 511		1 511
	Lot 9	3 144	1 886		1 886
	Lot 10	2 504	1 502		1 502
	Lot 11	2 802	1 681		1 681
	Lot 12	2 503	1 502		1 502
	Lot 13	2 296	1 378		1 378
	Lot 14	4 846	2 908		2 908
	Lot 15	3 250	1 950		1 950

Cette phase représente environ 47 % de la ZAC globale, elle compte environ 23 593 m<sup>2</sup>Shon de bâtiments construits.

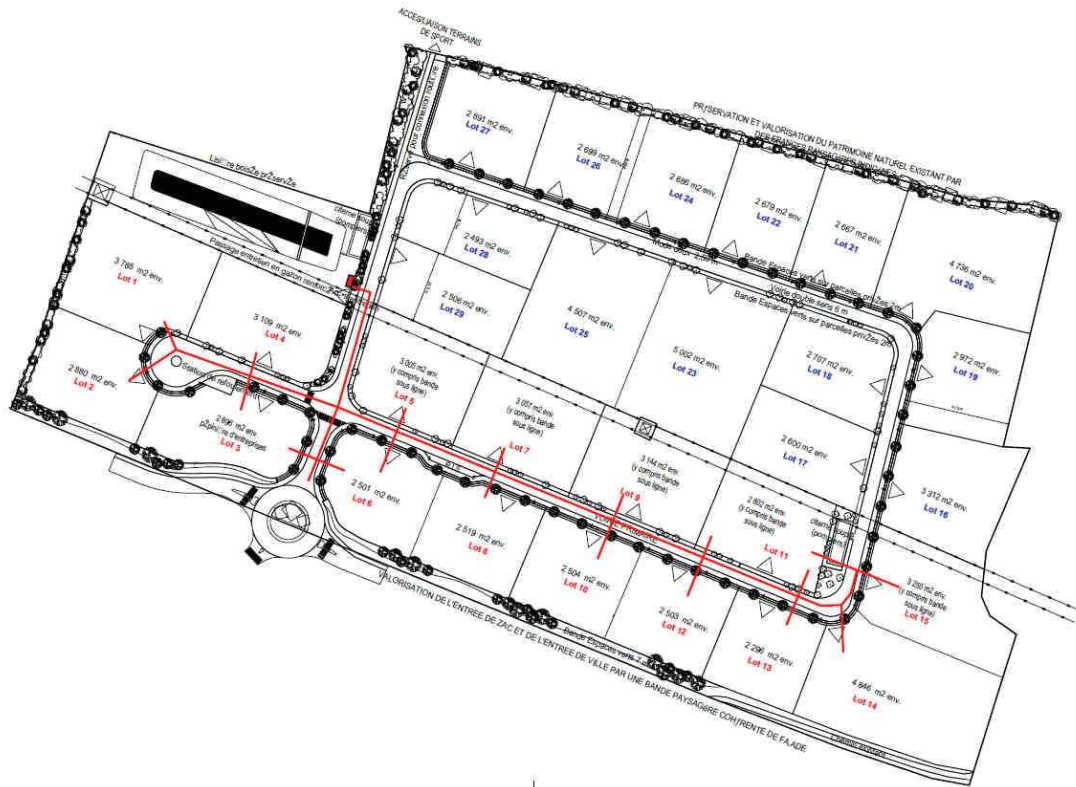


La phase 1 disposera d'environ 16 % de bâtiments tertiaires et de 84 % d'industrie artisanale et de service.

<i>Besoin chauffage + ECS [MWhEF/an]</i>	Phase 1A	Phase 1B
Tertiaire	92	-
Industrie / Artisanat	955	343
Total	1 047	343
Total en tep/an	90	29

Pour rappel, la consommation annuelle de cette phase sera d'environ 1390 MWhEF/an.

**Tracé du réseau**



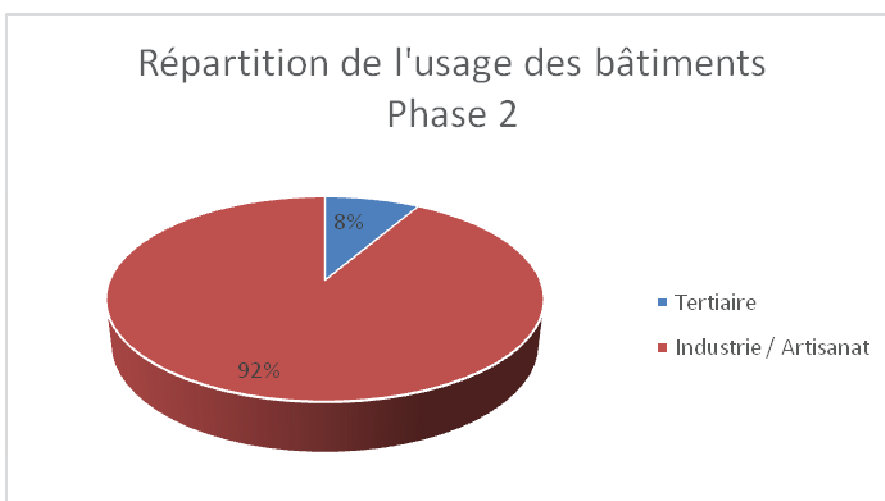
Desserte Phase 1	Besoin en MWhE/an	lot 1	lot 2	lot 3	lot 4	lot 5	lot 6	lot 7	lot 8	lot 9	lot 10	lot 11	lot 12
Phase 1A	1 047												
Phase 1B	343	lot 13	lot 14	lot 15									
Phase 2A	-												
Phase 2B	-												
<b>Total besoin pour la desserte</b>	<b>1 390</b>												
Longueur max de réseau [m]	695												
Longueur réseau [m]	475												
Longueur de raccordement [m]	300												
Total de la desserte [m]	775												
Densité linéaire [MWh/mi]	1,8	Coef de rentabilité											

Après étude de la desserte de la phase 1, on constate que la densité linéaire s'élèvera à 1.8 MWh/ml.an. Ce résultat est proche de l'objectif de rentabilité et assez haut pour ne pas exclure l'hypothèse de la création de la desserte collective dès cette phase.

Il faut vérifier la rentabilité de l'implantation e la phase suivante afin de vérifier si ellevalide la pertinence d'une telle desserte à l'échelle globale de la ZAC.

**Desserte des phases 1 et 2 :**

		Surface Parcelles Phase [m <sup>2</sup> ]	Shon [m <sup>2</sup> ] (CES = 0,6)	Tertiaire	Industrie / Artisanat
Phase 1	<b>Global Phase 1</b>	<b>45 097</b>	<b>28 213</b>	<b>4 621</b>	<b>23 593</b>
	Lot 1	3 785	2 271		2 271
	Lot 2 (Tertiaire)	2 880	2 304	2 304	
	Lot 3 (Pépiniaire)	2 896	2 317	2 317	
	Lot 4	3 109	1 865		1 865
	Lot 5	3 005	1 803		1 803
	Lot 6	2 501	1 501		1 501
	Lot 7	3 057	1 834		1 834
	Lot 8	2 519	1 511		1 511
	Lot 9	3 144	1 886		1 886
	Lot 10	2 504	1 502		1 502
	Lot 11	2 802	1 681		1 681
	Lot 12	2 503	1 502		1 502
	Lot 13	2 296	1 378		1 378
	Lot 14	4 846	2 908		2 908
Lot 15	3 250	1 950		1 950	
Phase 2	<b>Global Phase 2</b>	<b>44 907</b>	<b>26 944</b>	<b>-</b>	<b>26 944</b>
	Lot 16	3 312	1 987		1 987
	Lot 17	2 600	1 560		1 560
	Lot 18	2 707	1 624		1 624
	Lot 19	2 972	1 783		1 783
	Lot 20	4 736	2 842		2 842
	Lot 21	2 667	1 600		1 600
	Lot 22	2 679	1 607		1 607
	Lot 23	5 002	3 001		3 001
	Lot 24	2 686	1 612		1 612
	Lot 25	4 507	2 704		2 704
	Lot 26	2 699	1 619		1 619
	Lot 27	2 891	1 735		1 735
Lot 28	2 943	1 766		1 766	
Lot 29	2 506	1 504		1 504	
<b>Global ZAC</b>		<b>90 004</b>	<b>55 158</b>	<b>4 621</b>	<b>50 537</b>

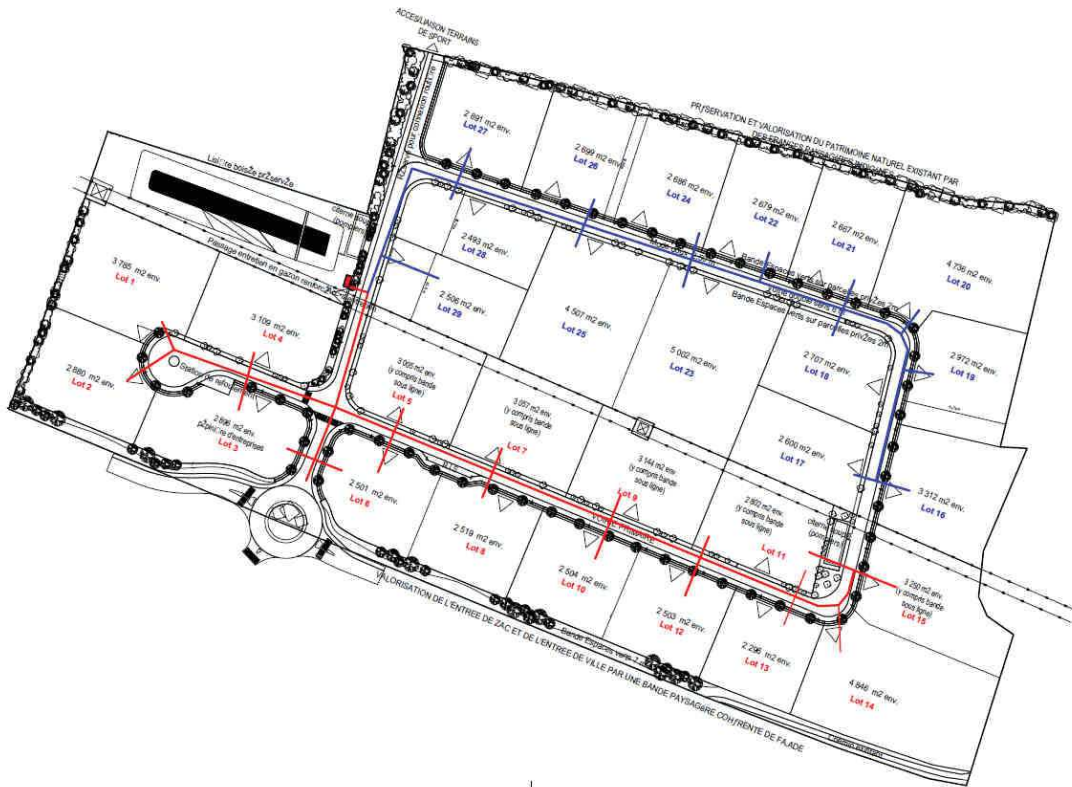


A l'échelle de la ZAC l'activité tertiaire représentera environ 8 % des consommations annuelles, elle compte 4 621m<sup>2</sup>Shon de bâtiments construits. L'activité prédominante sera l'industrie et artisanat avec 92 % de la surface construite.

<b>Besoin chauffage + ECS [MWhEF/an]</b>	Phase 1A	Phase 1B	Phase 2A	Phase 2B	<b>Total</b>
Tertiaire	92	-	-	-	<b>92</b>
Industrie / Artisanat	955	343	1 302	180	<b>2 780</b>
<b>Total</b>	<b>1 047</b>	<b>343</b>	<b>1 302</b>	<b>180</b>	<b>2 872</b>
Total en tep/an	90	29	112	15	<b>247</b>

Pour rappel, la consommation annuelle de la ZAC sera d'environ 2 872 MWhEF/an.

**Tracé du réseau (phase 1 + 2)**



Desserte Phase 1 + 2	Besoin en MWhEF/an	lot 1	lot 2	lot 3	lot 4	lot 5	lot 6	lot 7	lot 8	lot 9	lot 10	lot 11	lot 12
Phase 1A	1 047												
Phase 1B	343	lot 13	lot 14	lot 15									
Phase 2A	1 302	lot 16	lot 17	lot 18	lot 19	lot 20	lot 21	lot 22	lot 23	lot 24	lot 25	lot 26	lot 27
Phase 2B	180	lot 28	lot 29										
Total besoin pour la desserte	2 872												
Longueur max de réseau [m]	1 436												
Longueur réseau Phase 1 [m]	775												
Longueur réseau Phase 1 + 2 [m]	392												
Longueur de raccordement [m]	280												
Total de la desserte [m]	1 447												
Densité linéaire [MWh/m]	2,0	Coef de rentabilité		2									

Après étude de la desserte des phases 1 et 2, on constate que la densité linéaire s'élèvera à 2 MWh/ml.an. Ce résultat montre la rentabilité du déploiement d'un réseau de desserte collective à l'échelle des phases 1 et 2 et donc de la ZAC.

## 7 CONCLUSION

En conclusion, l'étude de l'implantation d'un réseau de chaleur desservant la globalité de la ZAC montre que cette dernière est pertinente et conseillée.

Outre la solution globale de desserte énergétique à l'échelle de la ZAC, si les acteurs décisionnaires de cette ZAC choisissent une solution de desserte différente, nous appuyons fortement sur le fait qu'il faudra, pour chaque lot, penser l'implantation d'un réseau hydraulique intra-parcellaire. Ceci est primordiale afin de pouvoir respecter l'objectif de conversion énergétique voulu par le Grenelle.

En effet, si un chauffage central est implanté dans un bâtiment, il est aisé de modifier l'énergie utilisée en cas de hausse du coût énergétique ou encore d'un durcissement de la réglementation pour les bâtiments existants.

## 8 ANNEXE

Annexe 1 : Rapport de validation d'hypothèses et données d'entrées.

**Communauté de Communes  
du Haut-Bugey  
DEPARTEMENT DE L'AIN**

**ZAC Tec'n'o Bugey  
Nurieux-Volognat**

**Données d'entrées et validation  
d'hypothèses pour l'étude  
conforme à l'article 128-4 du  
Code de l'Urbanisme**

**Comparaison technique, financière et environnementale  
des schémas de desserte énergétique par les énergies  
renouvelables**

**Rapport de données  
d'entrées – Ind. C**

Edition du 23/06/2015

**Bureau d'Etudes Techniques – Thermiques & Fluides**



**SONING**  
8, avenue des Thébaudières – 28ième étage – Aile B  
44800 SAINT HERBLAIN  
Tél. : 02 40 92 00 55  
Fax : 02 40 92 00 45





## Sommaire

<b>I</b>	<b>OBJET DU RAPPORT DE DONNEES D'ENTREES</b>	<b>2</b>
<b>II</b>	<b>DOCUMENTS DE BASE</b>	<b>2</b>
<b>III</b>	<b>RECAPITULATIF DE PHASAGE</b>	<b>3</b>
<b>IV</b>	<b>REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES LOTS</b>	<b>4</b>
<b>V</b>	<b>HYPOTHESES DE CONSOMMATION PAR TYPOLOGIE</b>	<b>4</b>

## I OBJET DU RAPPORT DE DONNEES D'ENTREES

Ce rapport a pour but de vérifier avec le client l'adéquation entre les éléments transmis et les données d'entrées retenues pour notre étude de desserte énergétique.

**Pour information, si aucune remarque n'est déclarée sur le contenu de ce rapport avant le Mardi 23/06/2015, nous considérerons les données suivantes comme validées.**

## II DOCUMENTS DE BASE

Nom	Date d'édition	Format	Auteur
Etude d'impact définitive	28/09/2012	PDF	SAGE ENVIRONNEMENT
Notice explicative AVP	-	PDF	SAGE ENVIRONNEMENT
Récapitulatif AVP 141211	11/12/2014	PDF	ATELIER FONTAINE
Nurieux ZAC150428 citerne souple	28/04/2015	PDF	ATELIER FONTAINE

### III RECAPITULATIF DE PHASAGE

Après étude de ces documents, nous avons établis un tableau récapitulant le phasage de l'étude ainsi que la surface des futurs aménagements. Les documents d'orientations d'aménagement de la ZAC stipulent que la zone étudiée accueillera diverses activités : Tertiaire, activité industrielles, de service et d'artisanat

		Surface Parcelles Phase [m <sup>2</sup> ]	Shon [m <sup>2</sup> ] (CES = 0,6)	Tertiaire	Industrie / Artisanat
<i>Phase 1</i>	<b>Global Phase 1</b>	<b>45 097</b>	<b>28 213</b>	<b>4 621</b>	<b>23 593</b>
	Lot 1	3 785	2 271		2 271
	Lot 2 (Tertiaire)	2 880	2 304	2 304	
	Lot 3 (Pépiniaire)	2 896	2 317	2 317	
	Lot 4	3 109	1 865		1 865
	Lot 5	3 005	1 803		1 803
	Lot 6	2 501	1 501		1 501
	Lot 7	3 057	1 834		1 834
	Lot 8	2 519	1 511		1 511
	Lot 9	3 144	1 886		1 886
	Lot 10	2 504	1 502		1 502
	Lot 11	2 802	1 681		1 681
	Lot 12	2 503	1 502		1 502
	Lot 13	2 296	1 378		1 378
	Lot 14	4 846	2 908		2 908
Lot 15	3 250	1 950		1 950	
<i>Phase 2</i>	<b>Global Phase 2</b>	<b>44 907</b>	<b>26 944</b>	<b>-</b>	<b>26 944</b>
	Lot 16	3 312	1 987		1 987
	Lot 17	2 600	1 560		1 560
	Lot 18	2 707	1 624		1 624
	Lot 19	2 972	1 783		1 783
	Lot 20	4 736	2 842		2 842
	Lot 21	2 667	1 600		1 600
	Lot 22	2 679	1 607		1 607
	Lot 23	5 002	3 001		3 001
	Lot 24	2 686	1 612		1 612
	Lot 25	4 507	2 704		2 704
	Lot 26	2 699	1 619		1 619
	Lot 27	2 891	1 735		1 735
	Lot 28	2 943	1 766		1 766
Lot 29	2 506	1 504		1 504	
<b>Global ZAC</b>		<b>90 004</b>	<b>55 158</b>	<b>4 621</b>	<b>50 537</b>

**Nota :**

Afin de prévoir au mieux la surface de plancher des lots 2 et 3 (lots tertiaires), nous avons pris en compte un CES de 0.4 et multiplié par deux cette surface afin de prévoir un niveau R+1.

## IV REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES LOTS



## V HYPOTHESES DE CONSOMMATION PAR TYPOLOGIE

Pour évaluer le besoin énergétique annuel à couvrir à l'échelle de la ZAC, nous avons mis en place les hypothèses suivantes par usage de bâtiments :

	Besoin chauffage + ECS [kWhEF/m <sup>2</sup> .an]	Besoin ECS [kWhEF/m <sup>2</sup> .an]	Besoin chauffage [kWhEF/m <sup>2</sup> .an]	Besoin éclairage [kWhEF/m <sup>2</sup> .an]	Besoin auxiliaire [kWhEF/m <sup>2</sup> .an]	Besoin climatisation [kWhEF/m <sup>2</sup> .an]	Cep MAX RT2012 [kWhEP/m <sup>2</sup> .an]
Tertiaire	20	5	15	15	5	15	110
Industrie / Artisanat	55	5	50	15	11	25	187

La répartition de ces besoins suivant chaque poste découle des niveaux de performance de la RT2012 ainsi que des retours d'expérience de notre cabinet.