

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET AMÉNAGEMENT

THÉMATIQUE :
RÉSEAU DE CHALEUR

Théo BALLARIN

Léa BRENNEVAL

Emma JAUVERT

Tanguy LANGLOIS

Maxime ROUX

Groupe 1

Année scolaire 2016/2017

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	2
I. PRESENTATION DES TROIS SCENARIOS.....	5
1. RACCORDEMENT A LA CHAUFFERIE D'EMH	5
A. DESCRIPTION DU RESEAU D'EST METROPOLE HABITAT	5
B. ETUDE DE LA CONSOMMATION DU RESEAU EMH.....	6
C. RACCORDEMENT DE LA ZAC SAINT-JEAN AU RESEAU D'EMH.....	6
2. RACCORDEMENT A LA CHAUFFERIE DE VAULX-EN-VELIN	8
A. DESCRIPTION DE LA CHAUFFERIE DE VAULX-EN-VELIN	8
B. CONSOMMATION ACTUELLE.....	8
C. RACCORDEMENT A LA ZAC SAINT-JEAN	9
3. RACCORDEMENT DES CHAUFFERIES D'EMH ET DE VAULX-EN-VELIN.....	11
A. LES DEUX HYPOTHESES	11
B. LES AVANTAGES	12
C. LES INCONVENIENTS	12
II. CLASSEMENT DES SCENARIOS	13
1. METHODE ET DEFINITION DES CRITERES	13
2. CLASSEMENT DES SCENARIOS	15
3. CHOIX DU SCENARIO LE PLUS PERTINENT	16
III. ETUDE APPROFONDIE DU SCENARIO CHOISI.....	17
1. ETUDE ECONOMIQUE.....	17
2. ETUDE ENVIRONNEMENTALE	21
A. DES ECONOMIES D'ENERGIE.....	21
B. L'ENVIRONNEMENT PLUS RESPECTE.....	22
CONCLUSION	24

INTRODUCTION

Un réseau de chaleur peut être défini comme une installation collective de production de chaleur, composée d'une ou plusieurs chaufferies et d'un réseau de distribution. Cette installation collective doit desservir au moins 2 usagers, avec vente de chaleur.

Plus précisément, la chaleur est distribuée dans des canalisations via le réseau primaire jusqu'à une sous-station, positionnée dans chaque immeuble desservi. Les besoins en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) sont ensuite distribués via un réseau secondaire qui appartient à chaque propriétaire de bâtiment.

Le premier réseau de chaleur en France a été mis en fonctionnement à Chaudes-Aigues (15) en 1332, grâce à la géothermie. Mais, la majorité des réseaux de chaleur aujourd'hui en fonctionnement ont été créés dans les années 1930 dans les centres urbains de quelques grandes villes (Paris, Strasbourg, Grenoble, Villeurbanne, Chambéry, ...), dont les besoins de chaleur étaient importants. Aujourd'hui, environ 500 réseaux de chaleur et de froid sont en fonctionnement en France.

De manière générale, les réseaux de chaleur sont majoritairement des initiatives des collectivités. Le 01/01/2015, l'application de la loi MAPTAM a permis d'attribuer de nouvelles compétences à la Métropole de Lyon. Notamment, cette collectivité territoriale unique est en charge de « la création, l'aménagement, l'entretien et la gestion de réseaux de chaleur ou de froid urbains » (Art L3641-1, 6° f bis). La Métropole a donc plus précisément pour compétences :

- La planification : zone de déploiement, nouveaux réseaux de chaleur, mix énergétique, interconnexion et extension des réseaux (Schéma Directeur des Énergies)
- La production/distribution : choix technologiques (type de centrale de production, choix du mode de fonctionnement du réseau, ...), stratégie patrimoniale, maintenance et gros renouvellement, ...
- La qualité et continuité de service : relation aux usagers, information et sensibilisation, séparation primaire/secondaire, respect des engagements en Température et Pression, ...
- La politique tarifaire : coût des raccordements, structure du prix entre part fixe et part consommation, ...
- Le choix du mode de gestion

Au niveau européen, le paquet énergie-climat adopté en 2009 donne comme objectif les « 3*20 » pour 2020 :

- Réduire de 20% les émissions de GES par rapport à 1990
- Atteindre 23% de la consommation d'énergie finale par les EnR (objectif propre à la France)
- Augmenter de 20% l'efficacité énergétique

Le développement de réseaux de chaleur urbains peut contribuer à l'atteinte de ces trois objectifs.

De plus, avec les objectifs inscrits dans la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) et une augmentation constante de la population du territoire, le développement des réseaux de chaleur urbains de la Métropole de Lyon a donc un réel potentiel. Un des principaux objectifs concernant la politique énergétique nationale est : « Multiplier par cinq la quantité de

chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030 » (Art. L. 100-4.-I., 9°).

D'autre part, les réseaux de chaleur urbains (RCU) s'inscrivent dans la continuité des politiques locales concernant les enjeux climatiques. En effet, la Métropole de Lyon dispose de nombreux leviers pour s'engager dans la transition énergétique, et notamment la création ou l'extension de RCU. La Métropole a donc adopté en 2012 un plan Climat qui permet de mieux articuler les actions en matière d'énergie et de climat, à travers différents objectifs :

- Favoriser les réseaux de chaleur urbains et la biomasse
- Contribuer à structurer la filière bois régionale
- Structurer et développer les énergies renouvelables
- Valoriser l'énergie industrielle

Le fait que les réseaux de chaleur ne peuvent se développer partout représente le majeur frein de développement. Les principaux facteurs conditionnant l'implantation d'un réseau de chaleur sont : la densité urbaine, l'organisation spatiale de cette densité, la présence de bâtiments aux besoins de chaleur importants et stables (hôpitaux, etc.), le coût des travaux (variables selon le contexte urbain), la présence de ressources locales (notamment d'énergies renouvelables ou de récupération), etc.

Mais, le développement des RCU présente de nombreux avantages.

Tout d'abord, se chauffer via un RCU représente un gain environnemental, puisqu'ils mobilisent les énergies renouvelables (EnR). D'une part, celles provenant de la chaleur des usines d'incinération, désormais mieux valorisées. Et d'autre part, par l'utilisation du bois énergie. Y avoir recours dans des installations d'envergure plutôt qu'au sein de plusieurs logements individuels permet de mieux traiter les fumées générées et de limiter considérablement la combustion de poussière dans l'atmosphère. Un réseau de chaleur émet donc moins d'émissions de GES que l'ensemble des sources de chauffage individuel nécessaire pour alimenter le même nombre de logements. Les impacts sur la santé des populations et sur le climat sont moindres.

Pour les particuliers, se raccorder à un réseau de chaleur urbain présente dans la plupart des cas un réel intérêt financier. L'évolution tarifaire est beaucoup plus maîtrisée car les réseaux permettent l'utilisation de ressources locales et c'est la collectivité qui est maître des changements de prix sur la durée. Et, plus un réseau est important et plus les quantités de chaleur livrées sont grandes, plus les coûts peuvent diminuer par effet d'échelle.

Un autre avantage est de mieux maîtriser les nuisances (qualité de l'air, bruit, stockage de combustible, etc.) grâce à des actions centralisées au niveau de la chaufferie.

De plus, ce type de chauffage collectif permet une meilleure efficacité énergétique¹. En effet, les réseaux de chaleur permettent d'augmenter l'efficacité énergétique des systèmes de production grâce à des unités de qualité industrielle, pilotées et entretenues toute l'année par des professionnels.

Les RCU assurent une indépendance énergétique et une sécurité de l'approvisionnement. Les ménages ont donc accès à une source de chauffage durable, vertueuse, compétitive dont le prix est stable.

¹ Rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée (en général supérieure du fait des pertes). Elle relève des qualités intrinsèques de l'équipement concerné.

Le quartier Saint-Jean se trouve au sein de la commune de Villeurbanne. Tout d'abord, la mixité fonctionnelle n'est pas flagrante, puisque les entreprises se situent plutôt au Nord du quartier, alors que les habitats et les services publics (stade, collège,...) se trouvent au Sud.

Le quartier a été qualifié d'intérêt national NPNRU (Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain) le 15 décembre 2014. Lancé quelques mois après le vote de la Loi de programmation pour la ville du 21 février 2014, le NPNRU concentre l'effort public sur les quartiers prioritaires de la politique de la ville qui présentent les dysfonctionnements urbains les plus graves. Ce sont ainsi 5 milliards d'euros de l'Anru, avec le concours d'Action Logement, générant plus de 20 milliards d'euros d'investissement, qui vont permettre de transformer les conditions de vie des habitants vivant dans les quartiers NPNRU. Les contrats de ville articulent ce nouveau programme aux deux autres dimensions de la nouvelle politique de la ville qui sont la cohésion sociale et le développement économique.

Ainsi, la création d'une ZAC (Zone d'Aménagement Concertée) sur la moitié Sud du quartier a été envisagée. L'objectif serait de créer environ 2400 logements, entre 2020 et 2035. Une restructuration des voiries et donc une création d'axes Nord-Sud et Est-Ouest sont fixées.

Aujourd'hui, un réseau de chaleur privé alimente l'ensemble des immeubles d'habitation à l'extrême Sud de la zone – propriété d'un bailleur social (Est Métropole Habitat).

Comment développer un réseau de chaleur urbain sur la ZAC : dans quelles conditions techniques et à quel prix ?

Pour répondre à cette problématique, nous allons présenter les 3 scénarios étudiés. Le premier scénario concerne l'extension du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin sur la ZAC, le deuxième l'extension du réseau de chaleur du bailleur social Est Métropole Habitat et le troisième le raccordement des 2 réseaux de chaleur. Nous allons les étudier d'un point de vue technique, financier et environnemental, pour enfin choisir le plus pertinent.

I. PRESENTATION DES TROIS SCENARIOS

1. RACCORDEMENT A LA CHAUFFERIE D'EMH

A. DESCRIPTION DU RESEAU D'EST METROPOLE HABITAT

Le réseau actuel d'Est Métropole Habitat occupe la partie sud de la ZAC Saint-Jean. Il couvre treize bâtiments contenant en tout 542 logements pour une surface habitable de 41060 m² ainsi qu'un centre commercial. La construction des bâtiments date de 1968-1969 et la dernière opération de réhabilitation de grande ampleur remonte à la période 1994-1998.

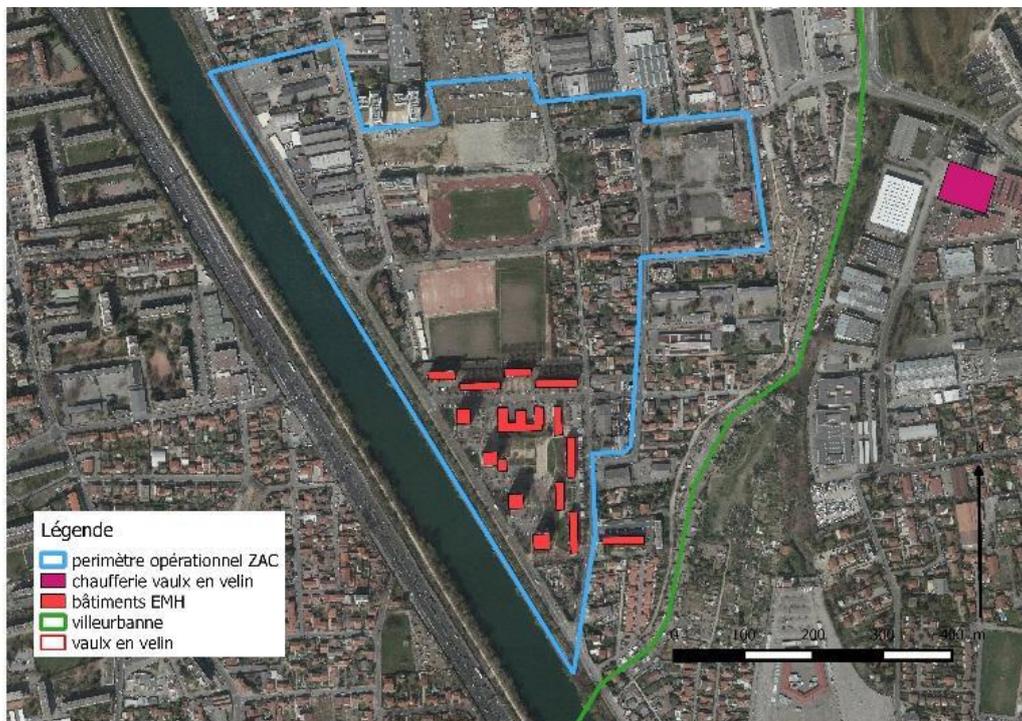


Figure 1: ZAC Saint-Jean



Vue aérienne de la résidence

Un réseau de chaleur dessert chaque bâtiment par l'intermédiaire d'une sous-station spécifique mais l'ensemble de la résidence est alimenté par une chaufferie unique fonctionnant au gaz naturel. Elle occupe un local semi-enterré de 120 m² au pied de la tour B, le poste de livraison étant accolé au local chaufferie. La production thermique est assurée par 3 générateurs gaz naturel plus ou moins récents, de puissance respective 1.624MW, 1.861 MW et 1.555 MW. La puissance totale installée est ainsi de 5.04 MW.

La distribution du chauffage en chaufferie est assurée par 3 pompes réseau en parallèle :

- 1 WILO récente surdimensionnée (ne fonctionne jamais),
- 1 SALMSON fonctionnant en priorité,
- 1 troisième en secours.

B. ETUDE DE LA CONSOMMATION DU RESEAU EMH

Année	DJU 1 ^{er} jan → 31 mai 1 ^{er} oct → 31 déc	Consommation MWh PCS	Consommation "corrigée" MWh PCS	Energie utile sortie chaufferie (*) MWh utiles
2009	2175	6936.19	7739.83	6408.58
2010	2464	7717.54	7601.65	6294.17
2011	1963	6084.72	7522.98	6229.03
Moyennes		6912.82	7621.49	6310.59

(*) 1kWh PCS = 0.9 kWh PCI + hypothèse rendement moyen chaudière gaz = 92%

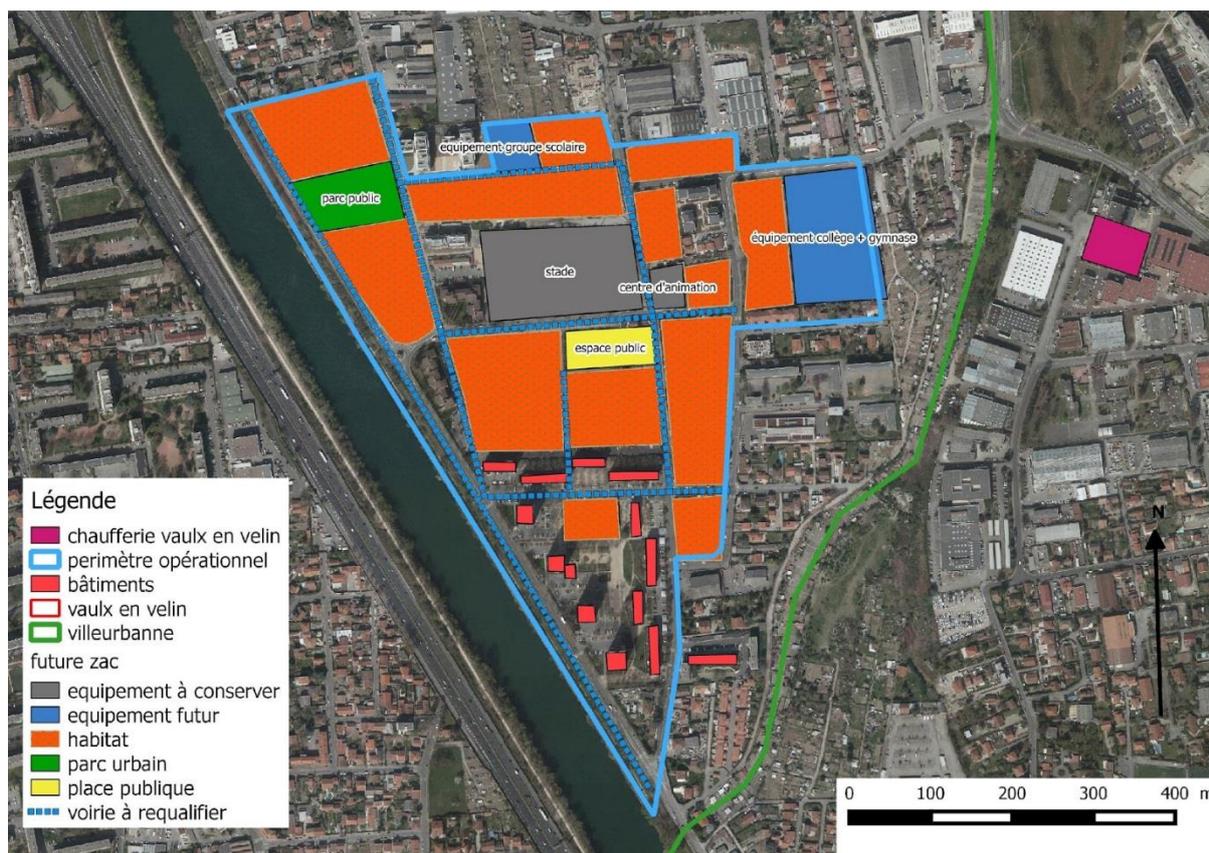
La consommation de chauffage moyenne retenue sur les 3 dernières saisons est de 6 310 MWh utiles/an sortie chaufferie. (2009,2010,2011)

On peut donc estimer qu'un logement classique de cette zone occupe 76 m² pour une consommation annuelle de 1164 kWh. On obtient donc une consommation énergétique de 154 kWh/m²/an sur ce parc immobilier.

C. RACCORDEMENT DE LA ZAC SAINT-JEAN AU RESEAU D'EMH

Afin de décider de la pertinence d'un raccordement des logements de la ZAC au réseau d'EMH, il est tout d'abord nécessaire de déterminer la capacité de la chaufferie à satisfaire une demande accrue. En considérant une consommation utile de 6310 MWh/an et une puissance installée de 5.04 MW, on déduit une durée d'utilisation équivalente à pleine puissance de 1252 h ce qui d'après le Cerema correspond à une sous-utilisation (< 2000h). Toujours selon le Cerema, une chaudière utilisée de façon optimale posséderait une durée d'utilisation équivalente à pleine puissance de 5000h. Considérant que le quartier est essentiellement résidentiel, on ne peut compter sur un effet de foisonnement pour optimiser la production de chaleur. On prendra donc l'hypothèse forte suivante : la moitié de la durée d'utilisation de la chaudière correspond aux périodes de pointe de consommation. La durée d'utilisation à pleine puissance peut donc être de 2500 h.

2500 h de fonctionnement à pleine puissance avec une chaudière de 5.04 MW équivalent à une production d'énergie de 12600 MWh/an soit 6290 MWh supplémentaires. Reste à déterminer si les futurs besoins de la ZAC correspondent à cette nouvelle capacité.



Les futurs bâtiments de la ZAC seront construits en respectant les normes de construction de la RT2012 voire même la RT2018. Il est dès lors cohérent d'estimer une consommation réelle maximale des bâtiments de $50\text{kWh}/\text{m}^2/\text{an}$. En conservant des logements de même taille que ceux présents actuellement sur le réseau EMH cela correspond à une consommation de $3788\text{ kWh}/\text{logement}/\text{an}$. Le projet de ZAC prévoit la construction de 2400 logements. Ce qui porte la future consommation de la ZAC à $9090\text{ MWh}/\text{an}$, ce qui est bien supérieur aux 6290 MWh disponibles.

En l'état, la chaufferie d'EMH pourrait alimenter 1660 logements supplémentaires. Les trois premières phases d'aménagement, à court et moyen terme totalisent 1600 logements. Ce raccordement peut donc être adapté à court terme et nécessitera une extension de la chaufferie à long terme.

2. RACCORDEMENT A LA CHAUFFERIE DE VAULX-EN-VELIN

A. DESCRIPTION DE LA CHAUFFERIE DE VAULX-EN-VELIN

La chaufferie de Vaulx-en-Velin est composée de plusieurs types d'installation, à savoir 3 chaudières bois, 2 chaudières à gaz, une turbine à gaz permettant la cogénération ainsi qu'une chaudière au fioul.

Type d'installation	Cogénération gaz	Chaudière gaz	Chaudières bois	Chaudières fioul (secours)	Total
Puissance (MW)	8	58	22.5	60	88.5 (148.5 avec le secours)

Le réseau actuel s'étend sur un total de 25 kilomètres, pour un total de 12 000 équivalents-logements alimentés (6850 logements réels sur l'ensemble). Près de trois quarts des familles vaudaises sont chauffées quotidiennement via la chaufferie. Pour rappel, « l'équivalent-logement » est une quantité d'énergie, essentiellement utilisée afin de donner une réalité concrète à des statistiques sur les quantités d'énergie livrées. Il correspond à la consommation d'un logement de 70 m², soit environ 12MWh, tout dépend de la rigueur climatique.²

HISTORIQUE ET ACTEURS DE LA CHAUFFERIE

La chaufferie de Vaulx-en-Velin a été mise en service en 1973. Elle est exploitée par ENGIE Réseaux depuis sa création. La chaufferie était alors multi-énergie : charbon / fioul lourd / gaz. En 2013, elle s'est modernisée afin d'avoir une chaleur produite à 65% par le bois. Pour parvenir à cette modernisation, 15 millions d'euros ont été investis toutes taxes comprises. De nombreux acteurs ont permis cette transformation en faveur du bois, avec un financement important (1.7 Millions par l'ANRU, 1.87 Millions par l'Ademe et 2.4 par Cofely).

Actuellement, le réseau est géré par la métropole du Grand Lyon. Elle est chargée de trouver un opérateur qui devra assurer la gestion du réseau pendant une durée déterminée (appels d'offres). La métropole est l'autorité organisatrice de l'énergie sur son territoire. Son rôle est de s'engager dans la transition énergétique avec la création, l'aménagement et la gestion des réseaux de chaleur et de froid. Cofely (ENGIE Réseaux) gère le réseau jusqu'en 2017, par un mode de gestion DSPA (Délégation de Service Public par Affermage). Soven, filiale de Cofely est chargée d'approvisionner la chaufferie en bois.

B. CONSOMMATION ACTUELLE

Distinguons 2 périodes, celle dite de « chauffe » (du 22/10 au 23/04) et celle « hors chauffe », correspondant au reste de l'année. Nous faisons, entre autres, l'hypothèse que si la chaufferie est capable d'alimenter la ZAC Saint-Jean en période de chauffe, alors elle sera capable de le faire tout au long de l'année.

Lors de la période de chauffe, la chaufferie produit 95 757 MWh (116300 sur l'année). L'objectif est de quantifier l'ajout en MWh d'un certain nombre de logements sur le réseau et de voir quelles conséquences cela va avoir sur la chaufferie (notamment en ce qui concerne le bois).

² <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/equivalent-logement>

Parmi les 95 757 MWh produits, 48% le sont par l'intermédiaire du bois (47 832 MWh). Les chaudières à bois possèdent une puissance de 22,5 MW, soit une énergie produite sur une heure de 22,5 MWh. Les chaudières fonctionnent donc approximativement durant 2105h (à plein régime) sur les 6 mois de chauffe, ce qui correspond à un bon fonctionnement.

Pour des problèmes de fonctionnement hydraulique, il arrive fréquemment que l'ensemble des 3 chaudières à bois ne fonctionnent pas simultanément, au détriment d'une des chaudières à gaz. Le gaz n'est donc pas utilisé uniquement pour compléter les besoins de la chaufferie. Nous pouvons noter également, que le prix actuel du gaz est historiquement bas, ce qui peut expliquer l'utilisation de ce dernier au détriment du bois. Sur l'année, les 3 chaudières bois fonctionnent à peu près de la même manière. Une chaudière bois a produit le total de 9,3 MWh en l'espace d'une heure, en comparant avec la capacité théorique de la chaudière (7,5 MWh), on constate donc que les productions des chaudières peuvent être augmentées à la marge de 20%.

Nous avons donc d'un côté, des problèmes techniques empêchant la pleine productivité des chaudières, mais de l'autre des chaudières qui prises une par une, peuvent produire au delà de leurs capacités.

C. RACCORDEMENT A LA ZAC SAINT-JEAN

Le raccordement de la ZAC à la chaufferie de Vaulx-en-Velin nécessiterait un ajout de 400 mètres de réseau, distance séparant la chaufferie du quartier. Nous allons traiter dans un premier temps des conditions techniques d'un tel raccordement, l'aspect financier étant présenté dans une partie ultérieure.

Dans le cadre de la RT 2012, il est raisonnable d'estimer à 50 kWh/m²/an la consommation pour les logements à prendre en considération. Sachant, qu'un logement "moyen" a une superficie de 70 m², l'ensemble de la consommation supplémentaire provenant de la ZAC s'élève à 9078 MWh sur l'année. De plus, la chaufferie produit sur la période de chauffe, pas moins de 82,33% de sa production annuelle. Les 9078 MWh à produire sur l'année s'élèveront donc à 7444 MWh lors de l'unique période de chauffe ($9078 * 0,823 = 7444$ MWh).

Plusieurs hypothèses se dressent dès lors devant nous. Souhaitons-nous produire ces MWh supplémentaires par l'intermédiaire de la biomasse ? par le gaz ?



Figure 2 : Situation de la ZAC par rapport à la chaufferie de Vaulx-en-Velin

Par soucis d'exploitation du bois, et en raison de l'impossibilité d'agrandir l'espace de la chaufferie, l'utilisation du bois ne sera que partielle. En effet, nous avons observé que la filière bois n'est utilisée qu'à 48% de ses capacités en période de chauffe. Or, d'après les informations données par le Cerema, une chaufferie doit être capable de produire, à tout moment, le double de sa production. La chaufferie de Vaulx-en-Velin, possédant plusieurs moyens de production, nous considérons qu'elle doit être capable de produire le double de cette production suivant les différents moyens. Ainsi, nous allons faire comme éventuelle hypothèse que l'utilisation du bois ne peut se faire qu'à 50% de ces capacités.

Entre les 48% de production actuelle en période de "chauffe" et les 50% possibles, il y a un total de 1442,8 MWh. La première hypothèse est donc d'utiliser le bois pour ces 1442,8 MWh, le gaz complétant le reste des besoins (6001,2 MWh).

Le gaz est utilisé en période de chauffe pour la production de 54 881 MWh. La filière gaz, utilisé à 50% de ses capacités représente un total de 131 400 MWh, on a donc une marge de manoeuvre importante concernant le gaz. Le gaz permettra donc de prendre en charge le reste de la production nécessaire au raccordement de la ZAC.

Nous pouvons aussi, considérer, aux vues des chiffres présentés sur le gaz, que le gaz peut subvenir aux futurs besoins de la ZAC.

Ce qui est important, pour les 2 cas, est de savoir si la chaufferie présente une part de production de chauffage par des énergies renouvelables supérieure à 50% ou non. A notre surprise, la chaufferie a présenté sur l'année 2014-2015, une production totale de 56% via le bois. Nous partirons de nos chiffres comme base des données suivantes.

Scénario	Pourcentage d'énergie produite par le bois
Si la chaufferie ne se raccorde pas à la ZAC	56,7%
Si la chaufferie s'y raccorde avec un mix dans la production	54,5%
Si la chaufferie s'y raccorde en utilisant uniquement le gaz et la cogénération	53,3%

Qu'un mix dans la production soit réalisé ou non, la part globale d'énergie produite par le bois est supérieure à 50%. La chaufferie de Vaulx-en-Velin possède des capacités bien supérieures à ce que la ZAC nécessiterait, car elle pourrait produire suffisamment d'énergie pour alimenter 30 000 logements supplémentaires. Ce résultat est néanmoins obtenu en considérant que la chaufferie n'utilise jusqu'à 50% de ces capacités, au risque de ne plus produire 50% de son énergie par le bois. Ce résultat permet tout de même de justifier l'intérêt d'un raccordement entre la chaufferie et d'autres secteurs tels que la ZAC Saint-Jean.

3. RACCORDEMENT DES CHAUFFERIES D'EMH ET DE VAULX-EN-VELIN

Le 3ème scénario que nous avons envisagé est de combiner les deux précédents. C'est à dire qu'il va y avoir un mix entre la chaufferie de Vaulx-en-Velin et celle de EMH pour contribuer à l'apport en chauffage de la ZAC. Pour cela, des accords public/privés entre le Grand Lyon et EMH devront être mis en place. Plusieurs hypothèses de gouvernance sont donc étudiées ici.

A. LES DEUX HYPOTHESES

HYPOTHESE 1 : PARTENARIAT BAILLEUR SOCIAL ET CHAUFFERIE DE VAULX-EN-VELIN

Cette hypothèse de gouvernance est un contrat entre EMH et le Grand Lyon. La chaufferie de Vaulx-en-Velin, en plus d'être raccordée à la ZAC, fournirait aussi du chauffage aux bâtiments de EMH.

Au niveau des travaux envisagés, il s'agirait encore de relier la chaufferie à toute la ZAC mais aussi d'intégrer la chaufferie au gaz d'EMH au réseau. La chaufferie d'EMH deviendrait ici une simple chaufferie d'appoint et le bailleur social achèterait les services de la chaufferie de Vaulx-en-Velin.

HYPOTHESE 2 : DELEGATION DES COMPETENCES D'EMH AU GRAND LYON

La seconde hypothèse reviendrait au cas extrême de mettre dans les mains du Grand Lyon la commande des deux chaufferies. Cela pourrait se faire en rachetant la chaufferie du bailleur social, ce qui permettrait une emprise totale des réseaux de chaleur et une gestion plus globale du système de chauffage. Il pourrait ainsi y avoir une réflexion sur les apports de chaleur par la chaufferie de Vaulx-en-Velin et d'EMH.

B. LES AVANTAGES

Quelle que soit l'hypothèse retenue, plusieurs avantages se dégagent de cette collaboration entre EMH et le Grand Lyon :

- 500 équivalents logements en plus sur le réseau que le scénario 1 grâce aux bâtiments d'EMH. Or, plus un réseau est grand, plus il est rentable.
- Le seuil des 50% d'énergie renouvelable est conservée, ce qui permet de toujours bénéficier du fond chaleur de l'ADEME
- Complémentarité des sources de chaleur : grâce à la présence de deux sources de chaleur, cela apporte une certaine sécurité en cas de panne pour assurer la distribution sur le réseau.

C. LES INCONVENIENTS

Néanmoins, si l'on étudie plus en détail cette offre, il semblerait que les avantages soient contrebalancés par les inconvénients suivants :

- Seuil des 50% d'énergie renouvelable très limite. A 50,06% d'apport de ce type d'énergie, il est probable que les 50% seront dépassés en cas d'hiver rigoureux où l'apport en bois ne serait pas suffisant. Cela aurait donc des conséquences sur le financement du fond chaleur.
- Pour éviter une perte du fond chaleur, on pourrait envisager de monter une autre chaufferie à bois pour rééquilibrer les comptes. Ce nouveau projet nécessiterait la mise en place d'une nouvelle réflexion sur les aspects techniques, financiers et fonciers.
- Si l'hypothèse 2 est retenue, les délais de contrat entre les deux parties seraient longs.
- Dans tous les cas, la gouvernance est floue et nécessite une réflexion sur les droits et les actions possibles sur les deux chaufferies.

II. CLASSEMENT DES SCENARIOS

1. METHODE ET DEFINITION DES CRITERES

Nous avons décidé d'éliminer le scénario 3 - le raccordement du réseau de Vaulx-en-Velin et d'EMH – principalement à cause des problèmes de gouvernance qu'il pourrait entraîner. En effet, les délais de mise en place de ce scénario seraient très longs et, en termes de procédure, les droits et actions possibles restent flous.

L'objectif est maintenant d'étudier les 2 autres scénarios selon des critères précis afin de les classer et de mettre en évidence le plus pertinent.

PREMIER CRITERE : LA PART D'ENERGIE RENOUVELABLE

Pour le scénario 2 (chaufferie de Vaulx-en-Velin seule), la part d'énergie renouvelable est supérieure à 50 % (64-65%) grâce aux chaudières bois, alors que pour le scénario 1 (chaufferie d'EMH seule), elle est nulle puisque seules des chaudières gaz sont utilisées.

DEUXIEME CRITERE : LA PART VARIABLE

Avec les réseaux de chaleur, le prix de l'énergie se construit différemment des autres modes de chauffage. La part variable – consommation – est révisée mensuellement en fonction des variations de prix et indices des énergies utilisées nécessaire à la production de chaleur. La part fixe – abonnement – est révisée mensuellement sur la base d'une formule qui tient compte des paramètres d'exploitation. Cette révision est effectuée sur la base des indices INSEE. Le réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin utilise principalement le bois, la part variable représente donc 57% du prix total, alors que pour la chaufferie d'EMH qui utilise le gaz, elle est de 67%.

TROISIEME CRITERE : TVA

Grâce à la part d'énergie renouvelable, nous pouvons définir le critère suivant qui concerne la TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée) sur la part variable en particulier. Elle est de 20% pour le scénario 1, et de 5,5% pour les scénarios 2 et 3. L'application du taux réduit de 5,5% concerne, d'une part, les abonnements (terme fixe) relatifs aux livraisons d'énergie calorifique distribuée par réseaux quelles que soient les sources d'énergie utilisées en amont pour sa production et, d'autre part, la fourniture de l'énergie calorifique elle-même (terme proportionnelle aux consommations : part variable) lorsqu'elle est produite au moins à 50% à partir de sources d'énergies renouvelables ou de récupération.

QUATRIEME CRITERE : PRIX DE L'ENERGIE

Un autre critère est l'évolution des prix de chaque énergie. En effet, nous considérons que le gaz augmente de 5% par an, alors que pour le bois cela représente 2%.

CINQUIEME CRITERE : COUT DES TRAVAUX

Un cinquième critère est le coût des travaux, en prenant en compte les aides du fonds chaleur. En effet, le fonds chaleur est une aide attribuée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) lorsqu'un projet est énergétiquement performant, c'est-à-dire qu'il utilise

au moins 50% d'énergie renouvelable. Le réseau de Vaulx-en-Velin est donc conforme aux différents critères de cette aide.

La chaufferie de Vaulx-en-Velin étant à 400 mètres de la ZAC Saint Jean, cela rajoute des frais de raccordement. En considérant que le prix est de 600 €/mlinéaire si des travaux de voirie sont déjà prévus et 1 000 € s'ils ne sont pas prévus, nous obtenons un coût total (sans déduction d'aides) de 4 320 000 € pour EMH et 4 720 000 € pour le réseau de Vaulx-en-Velin. En déduisant les aides du fonds chaleur, nous constatons que le coût global pour le raccordement à la chaufferie de Vaulx-en-Velin est inférieur à celui d'EMH.

SIXIEME CRITERE : PRIX GLOBAL EN RT

De plus, le critère suivant concerne le prix global en RT (règlementation thermique) 2012. La RT 2012 a pour objectif :

- Limiter les consommations d'énergie en construisant des bâtiments avec de faibles besoins énergétiques, bien orientés et bien isolés, équipés de systèmes énergétiques performants,
- Impulser l'évolution des technologies pour le bâti et les équipements,
- Diminuer les charges des occupants.

Le respect de la RT 2012 implique des exigences de résultats en termes de performance globale du bâtiment, et pas seulement de performance des matériaux et des équipements, pris isolément.

Nous avons considéré que le prix global en RT 2012 serait de 772 € TTC/log/an pour le réseau d'EMH, et de 703 € TTC/log/an pour celui de Vaulx-en-Velin.

Les données AMORCE nous ont permis d'estimer l'impact environnemental – dernier critère – à 287 geCO₂/kWhutile pour la chaufferie d'EMH, et 120 geCO₂/kWhutile pour Vaulx-en-Velin.

2. CLASSEMENT DES SCENARIOS

Tous les critères précédemment cités peuvent être résumés dans le tableau ci-dessous³.

Critères	EMH	Vaulx-en-Velin
Part d'énergie renouvelable	< 50%	> 50%
Part variable⁴	67%	57%
TVA (part variable)	20%	5,5%
Evolution des prix de l'énergie	+5%/an	+2%/an
Coût des travaux	4 320 000 €	4 720 000 €
Aide fonds chaleur	0 €	1 917 000 €
Coût global	4 320 000 €	2 803 000 €
Prix global en RT 2012	772 € TTC/log/an	703 € TTC/log/an
Impact environnemental	287 geCO2/kWhutile	120 geCO2/kWhutile ⁵

³ Tous les chiffres sont issus de l'enquête AMORCE : Comparatif des modes de chauffage & Prix de vente de la chaleur en 2012, disponible en ligne sur : <http://www.amorce.asso.fr/fr/espace-adherents/publications/rdc/prix-de-la-chaleur/rce-19-comparatif-des-modes-de-chauffage-et-prix-de-vente-de-la-chaleur-en-2012/>

⁴ Part variable par type d'énergie majoritaire utilisée sur le réseau en 2012

⁵ <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/contenus-co2-des-reseaux-de-chaleur-et-de-froid-arrete-du-1er-decembre-2015>

3. CHOIX DU SCENARIO LE PLUS PERTINENT

Dans les 2 cas présentés concernant la chaufferie de Vaulx-en-Velin - soit le raccordement intégralement pris en charge par le gaz, soit un mix dans la production énergétique - le pourcentage d'énergie produite au total par le bois est supérieur à 50%. Le raccordement à la ZAC Saint-Jean est donc possible, sans que la chaufferie ne perde l'un de ces atouts majeurs : plus de la moitié d'énergie renouvelable dans la production.

Par ailleurs, nous pouvons tout de même noter, que le chauffage par le bois, n'a que très peu été augmenté. Les chiffres donnés par la chaufferie, et qui représente la production sur l'année 2014-2015 ne sont plus les mêmes que ceux actuels, qui prônent une production d'énergie par le bois de 65%. Les calculs ont été réalisés dans le souci de ne pas trop augmenter la production d'énergie par le bois, en considérant qu'une certaine incertitude existait autour de ce dernier. Etant donné le prix du gaz extrêmement bas en ce moment, et les difficultés techniques de l'exploitation du bois à 100%, nous avons préféré proposer des solutions qui ne se confrontaient pas à des problèmes techniques. Globalement, avec un nombre important d'hypothèses restrictives, le raccordement de la ZAC Saint-Jean est réalisable.

Enfin, pour être certain que la chaufferie soit capable de produire le double de ce qu'elle fait à tout moment, nous avons divisé les différents modes de production, en se fixant comme barrière que cette contrainte s'applique aux différents modes. Il est tout à fait envisageable de considérer que les modes de production fonctionnent en commun, et qu'une part de la production prévue par le bois soit compensée par le gaz et la cogénération. C'est donc une hypothèse forte que nous avons appliquée lors de notre démarche, mais elle ne perturbe pas outre mesure les prédictions effectuées.

III. ETUDE APPROFONDIE DU SCENARIO CHOISI

1. ETUDE ECONOMIQUE

On va donc s'intéresser désormais uniquement au scénario du raccordement au réseau de Vaulx en Velin. Le premier point abordé sera économique.

Pour le coût des travaux, comme cela a été rapidement expliqué plus haut, notre estimation sans subventions s'élève à 4 720 000 €. En effet on considère un prix pour la mise en place du système du réseau de chaleur à 1000€/mlinéaire en zone d'aménagement dit "normale" et à seulement 600€/mlinéaire dans une zone où des travaux sont déjà prévus.

D'après les plans du quartier actuel et ceux de la future ZAC, nous sommes en effet arrivé à l'estimation de 3,7 km de tuyaux en zone à 1000€/mlinéaire et 1,7 km en zone à 600€/mlinéaire ce qui explique la somme trouvée.

D'autre part, un avantage important du réseau de chaleur de Vaulx en Velin est de pouvoir disposer de l'aide du fonds chaleur de l'ADEME. En effet il répond aux différentes conditions d'attribution du fonds chaleur :

- Part d'énergie renouvelable supérieure à 50%
- Le système de production EnR&R existant dispose d'une réserve de capacité lui permettant une production supplémentaire correspondant au moins à 50% des besoins de l'extension prévue.
- La longueur du réseau est supérieure à 200 mètres linéaires
- La densité thermique du réseau est supérieure à 1,5 MWh/an.mètre linéaire.

Aussi lors de l'extension le réseau peut prétendre à recevoir une aide de la forme suivante⁶ :

Type de réseau	Diamètre Nominal du réseau	Plafond assiette: €/ml de tranchée	Aide Maxi €/ml Taux d'aide 55%
Haute pression (vapeur, eau surchauffée)	Tous DN	1 800	990
Basse pression (eau chaude)	DN 300 et plus	900	495
	DN 150 à DN 250	710	390
	DN 80 à DN125	520	286
	DN 65 et moins	450	248

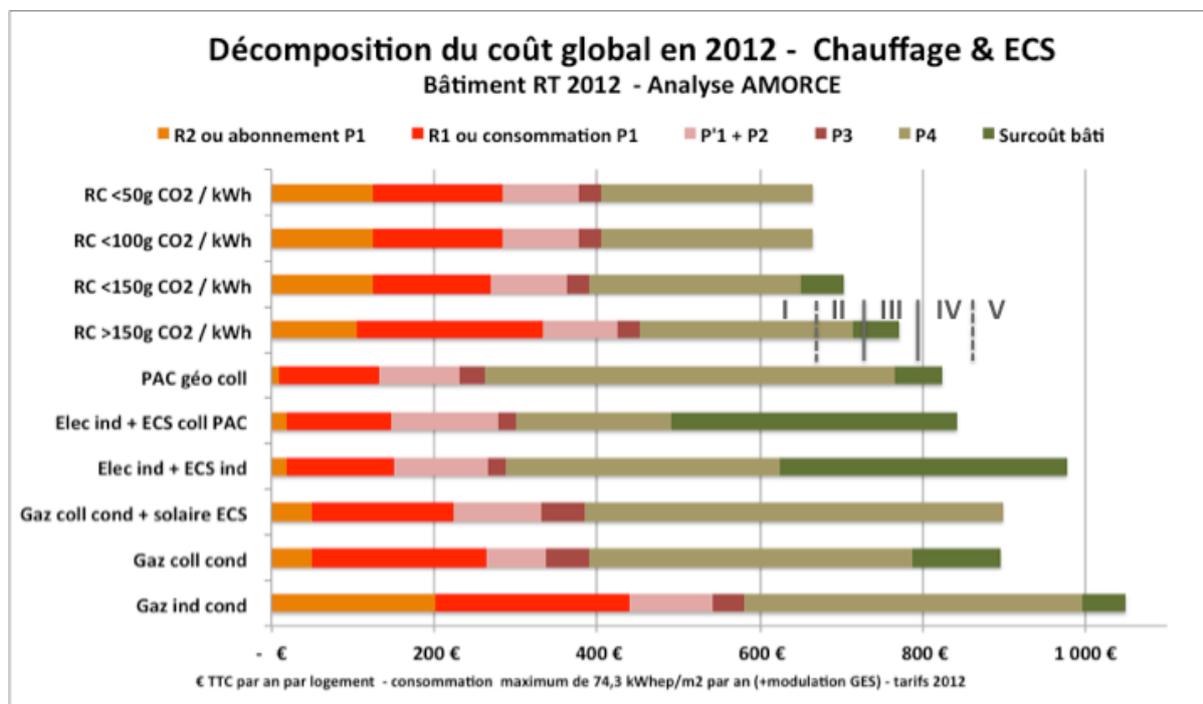
Cette aide est limitée à 55% de l'investissement réseau et peut être réduite après étude des volets économiques et environnementaux du réseau.

N'ayant pas de données sur le diamètre du réseau qui sera installé, on prend l'hypothèse de l'aide moyenne pour la basse pression qui est de 355€/ml.

Avec 5,4 km de réseau on obtient une aide de 1 917 000 €. Ce résultat est important et correspond à 40% du coût des travaux. Malgré la forte variation possible entre les hypothèses prises, on voit bien que le fonds chaleur est un avantage prépondérant pour l'extension d'un réseau de chaleur comme celui de Vaulx en Velin.

⁶ Méthode de calcul du fonds chaleur 2013, disponible en ligne sur : http://www.enerplan.asso.fr/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1481.

De plus on doit s'intéresser à l'impact sur la facture énergétique des futurs habitants de la ZAC. On va s'intéresser à la facture énergétique pour des logements en RT2012, on effectue ce choix car on prend l'hypothèse basse que les logements de la future ZAC seront du niveau de la RT2012.



	Facture énergétique	Facture totale	Coût global
Gaz ind cond	440	580	1 049
Gaz coll cond	263	391	896
Gaz coll cond + solaire ECS	224	385	898
Elec ind + ECS ind	150	288	977
Elec ind + ECS coll PAC	146	300	842
PAC géo coll	132	262	824
RC <50% EnRR	333	453	772
RC <150g CO2 / kWh	269	390	703
RC <100g CO2 / kWh	284	405	665
RC <50g CO2 / kWh	284	405	665

Le réseau de chaleur de Vaulx en Velin utilise plus de 50% d'énergie renouvelable et émet 120g CO2/kWh⁷. On trouve ainsi avec les données de l'enquête AMORCE un coût global de 665€/an.logement TTC⁸. On peut conclure sur le fait que ce coût est bas par rapport aux autres modes de chauffage (gaz, électricité...). De plus on observe que le coût global de la facture énergétique diminue avec la baisse d'émissions de CO2. Cela confirme sur le critère de la facture

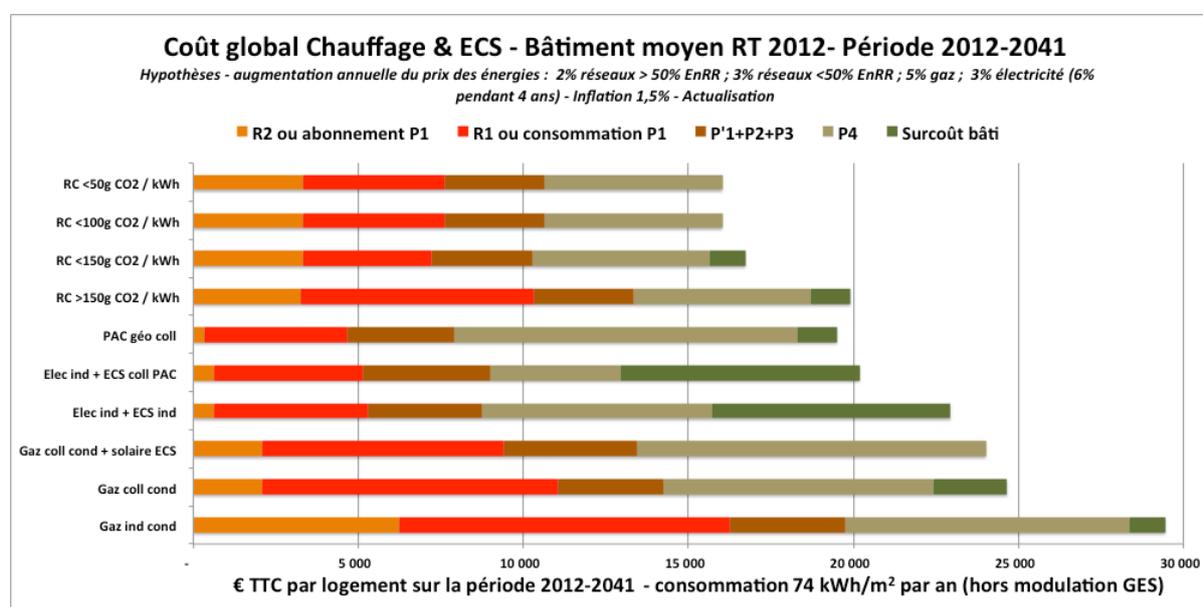
⁷ <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/contenus-co2-des-reseaux-de-chaleur-et-de-froid-arrete-du-1er-decembre-2015>

⁸ Données issues de l'enquête AMORCE : Comparatif des modes de chauffage & Prix de vente de la chaleur en 2012, disponible en ligne sur : <http://www.amorce.asso.fr/fr/espace-adherents/publications/rdc/prix-de-la-chaleur/rce-19-comparatif-des-modes-de-chauffage-et-prix-de-vente-de-la-chaleur-en-2012/>

énergétique que le choix du réseau de Vaulx en Velin est plus avantageux que celui d'un réseau n'utilisant pas d'énergies renouvelables comme celui d'EMH. On remarque toutefois que le réseau de Vaulx en Velin n'est pas dans la classe la moins émettrice de CO₂ (<100g CO₂/kWh) qui est aussi celle qui assure la facture énergétique la plus basse. On pourrait imaginer si les conditions techniques le permettent d'augmenter la part d'énergies renouvelables utilisée dans le réseau de chaleur de Vaulx en Velin pour diminuer les émissions de CO₂ et également le prix de la facture énergétique des consommateurs.

La différence de prix entre les réseaux utilisant ou non des énergies renouvelables s'explique également par la différence du taux de TVA appliqué. En effet pour la part variable le taux de TVA est de 20% pour un réseau avec une utilisation minoritaire des énergies renouvelables contre seulement 5,5% pour les réseaux comme celui de Vaulx en Velin avec une utilisation majoritaire de ces énergies.

Sur une vision à plus long terme cet avantage des réseaux à faibles émissions de CO₂ se confirme comme le montre le graphique suivant :



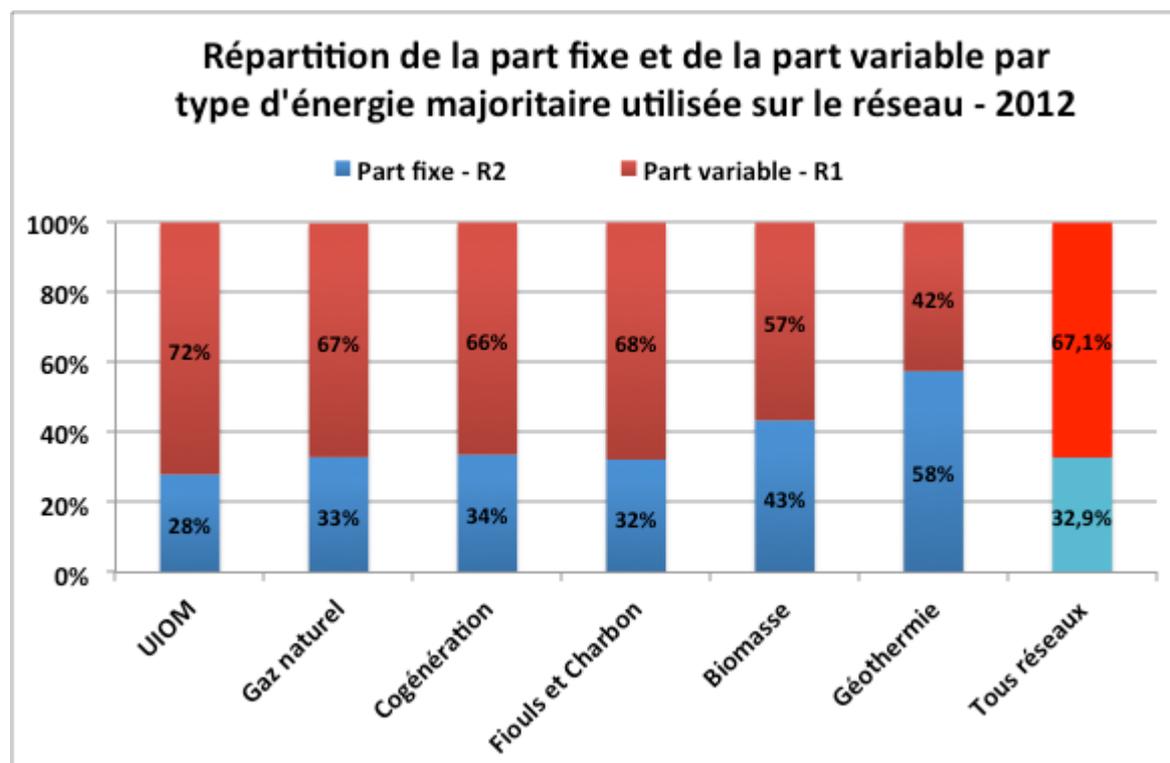
On y retrouve un écart d'environ 4000€ sur 30 ans entre un logement alimenté par un réseau de chaleur non renouvelable et un autre alimenté par un réseau comparable à celui de Vaulx en Velin. Cette différence importante s'explique par les hypothèses prises lors de la réalisation de ce graphique. En effet l'association AMORCE prend les hypothèses d'augmentation annuelle suivantes⁹:

- 2% pour les réseaux majoritairement alimentés par des EnRR.
- 5% sur le prix du gaz naturel.

Enfin il faut tenir compte de la différence entre la part fixe et la part variable dans la facture énergétique du réseau de chaleur installé. Pour un réseau de chaleur utilisant de la biomasse comme

⁹ Données issues de l'enquête AMORCE : Comparatif des modes de chauffage & Prix de vente de la chaleur en 2012, disponible en ligne sur : <http://www.amorce.asso.fr/fr/espace-adherents/publications/rdc/prix-de-la-chaleur/rce-19-comparatif-des-modes-de-chauffage-et-prix-de-vente-de-la-chaleur-en-2012/>

c'est le cas à Vaulx en Velin la part variable a un des pourcentages les plus faibles (seul la géothermie est inférieure)¹⁰.



L'écart est particulièrement visible entre un réseau à biomasse (57% de part variable) et un réseau à gaz naturel (67% de part variable).

La plus faible part variable d'un réseau comme celui de Vaulx en Velin est un avantage concurrentiel car la facture énergétique sera moins sensible aux évolutions du prix des énergies et limitera la précarité énergétique des ménages.

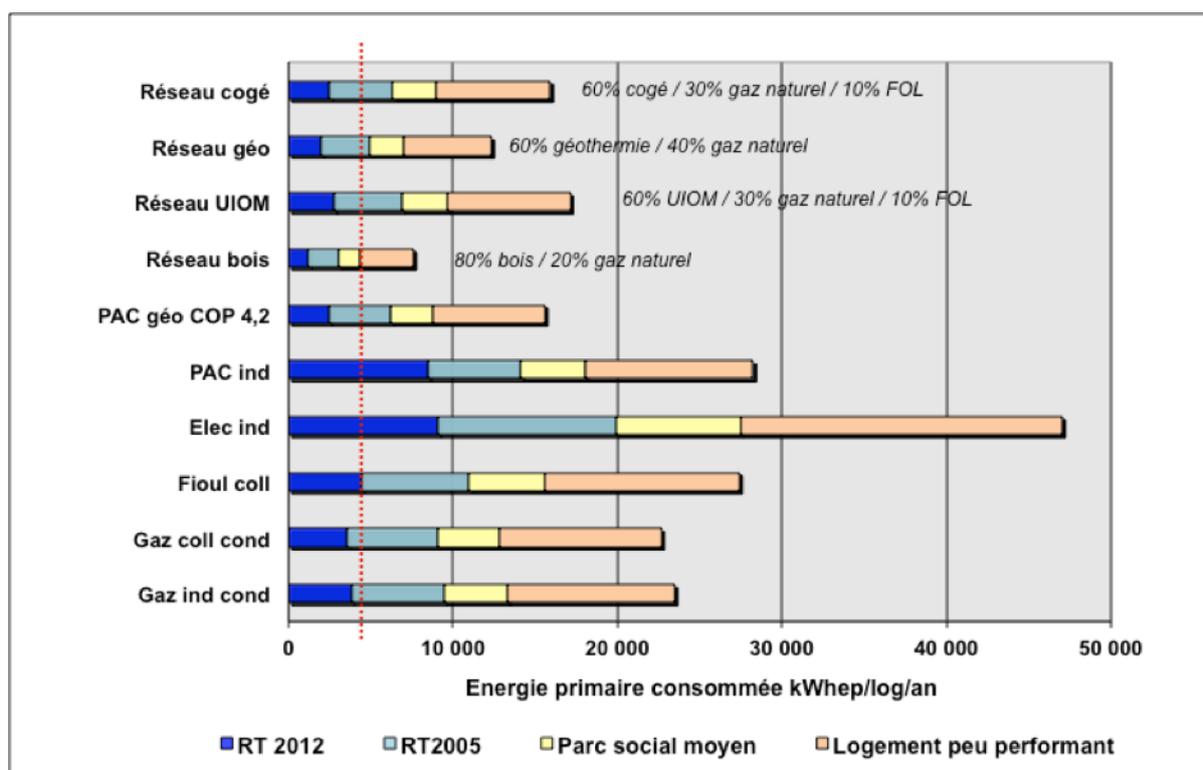
¹⁰ Données issues de l'enquête AMORCE : Comparatif des modes de chauffage & Prix de vente de la chaleur en 2012, disponible en ligne sur : <http://www.amorce.asso.fr/fr/espace-adherents/publications/rdc/prix-de-la-chaleur/rce-19-comparatif-des-modes-de-chauffage-et-prix-de-vente-de-la-chaleur-en-2012/>

2. ETUDE ENVIRONNEMENTALE

A. DES ECONOMIES D'ENERGIE

Pour faire une comparaison énergétique, on se base sur des équivalents énergie primaire pour chacune des énergies considérées. On prend ainsi en compte toute la chaîne de transformation de l'énergie depuis son extraction à son utilisation. Les facteurs d'énergie primaire retenus dans cette étude sont les facteurs EN-15316-4-5 dans le cadre du programme Ecoheatcool¹¹ :

- Électricité, coefficient de 2,585
- Énergie fossile : 1,1



D'après ce schéma, les réseaux au bois et la cogénération sont parmi les sources d'énergie les plus vertueuses quand nous les comparons grâce à l'énergie primaire consommée en kWhep/log/an.

L'impact en énergie primaire pour un logement du parc social moyen (consommant 170 kWh/m².an) alimenté par un réseau de chaleur bois est deux fois moins élevé que celui d'un logement RT 2012 chauffé à l'électricité. Nous pouvons déjà réaffirmer notre position de ne pas prendre en compte le réseau de EMH dans nos calculs, car, d'un point de vue environnemental, le chauffage au gaz est moins vertueux que la cogénération ou le réseau bois.

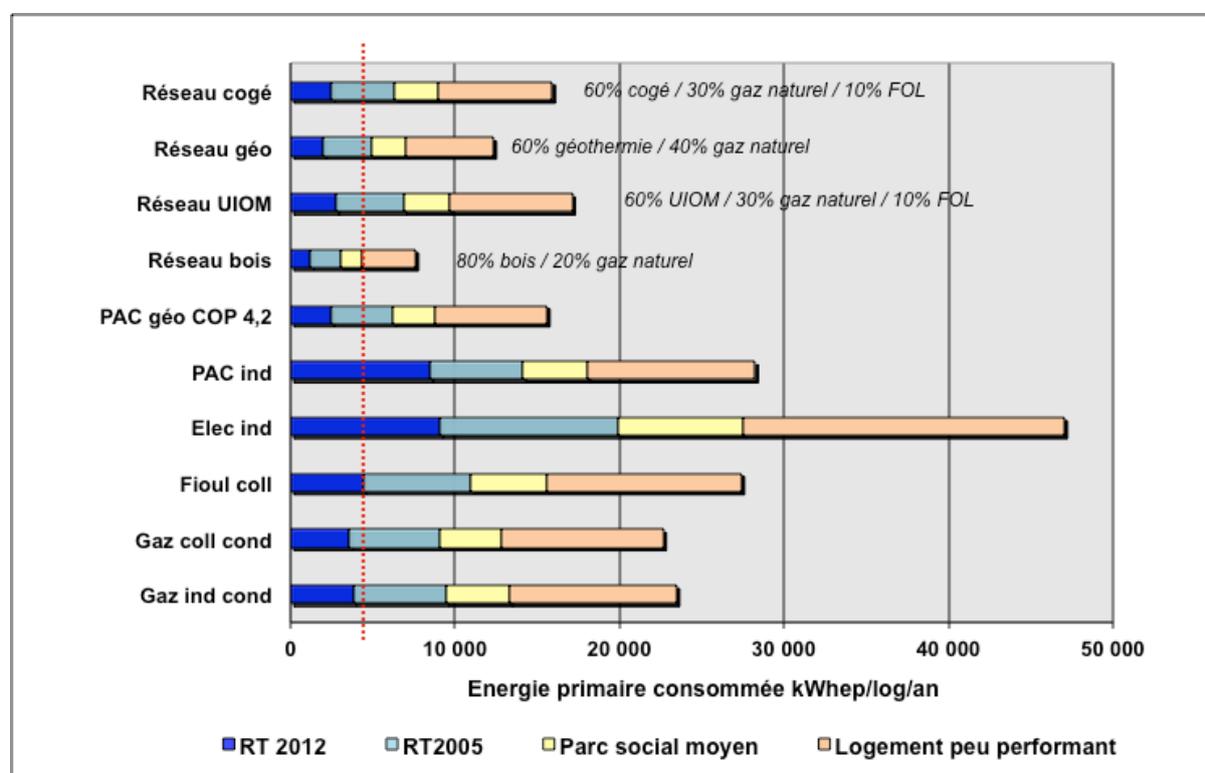
Sachant que l'on a, à Vaulx-en-Verin, un réseau alliant la cogénération et le bois, nous supposons donc que l'impact en énergie primaire se répartit équitablement entre le bois et la cogénération :

¹¹ <http://www.amorce.asso.fr/fr/espace-adherents/publications/rdc/prix-de-la-chaleur/rce-19-comparatif-des-modes-de-chauffage-et-prix-de-vente-de-la-chaleur-en-2012/>

Energie primaire consommée sur le réseau de Vaulx-en-Velin + ZAC	Moyenne d'énergie primaire consommée en France
11350 kWhep/log/an	Entre 13 650 et 30 030 11350 kWhep/log/an¹²

B. L'ENVIRONNEMENT PLUS RESPECTE

Le réseau de Vaulx-en-Velin est aussi durable concernant les émissions de CO2.



Emission de CO2 sur le réseau de Vaulx-en-Velin+ZAC	= 2500 kgeCO2/log/an
Moyenne d'émission de CO2 en France pour le chauffage ¹³	= 6250 kgeCO2/log/an

¹² <http://www.20minutes.fr/societe/1596367-20150428-cinq-choses-savoir-conditions-logement-francais>
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CS534_cle099a94.pdf

¹³ <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/chauffage-consommation-de-chaleur-dans-l-habitat>

En utilisant un réseau de chaleur pour alimenter la ZAC, on réduirait les émissions de CO2 pour la production de chaleur en comparaison avec la moyenne des émissions de CO2 dues au chauffage en France.

Tonnes de CO2 évitées par logement	3,75 Tonnes eCO2/log/an
Tonnes de CO2 évitées sur la ZAC	3,75 x 2400=9000 Tonnes eCO2/an

Avec le passage au réseau de chaleur, on ferait des économies de 9 000 tonnes de CO2 par an, en plus des 32 000 économisés sur la commune de Vaulx-en-Velin.

CONCLUSION

Le futur aménagement de la ZAC Saint-Jean à Villeurbanne nécessitera un apport conséquent en matière d'énergie. Pour ce faire, différents scénarios étaient envisageables, comme raccorder le quartier à la chaufferie de Vaulx-en-Velin, ou à la chaufferie du bailleur EMH ou encore envisager un raccordement entre les 2 chaufferies.

Pour des raisons procédurales notamment, la dernière des possibilités a été rapidement écartée. Par l'intermédiaire d'une multitude de critères, comme le coût associé à ces raccordements, la TVA sur la facture des usagers ou encore l'aspect environnemental, nous avons tenté d'élaborer un scénario réaliste permettant d'alimenter la ZAC sur le long terme. Des hypothèses simplificatrices, couplées à des données obtenues à l'échelle nationale nous ont permis de dégager un scénario préférentiel.

Dans le cadre actuel, porté par l'Etat et les acteurs locaux, qui est celui de la transition énergétique, l'éviction de l'hypothèse de rattachement de la chaufferie d'EMH à la ZAC a été naturelle. Que ce soit en termes de coût pour les consommateurs (TVA à 20%), de non obtention du Fonds Chaleur, ou d'impact environnemental (287 geCO₂/kWutile), le rattachement à la chaufferie du bailleur ne présentait que trop peu d'avantages.

Néanmoins, notre choix de nous porter sur la chaufferie de Vaulx-en-Velin ne se fait pas sans émettre un certain nombre de réserves. En effet, pour des raisons techniques, entre autres, la part d'énergie produite par les énergies renouvelables est à surveiller. Il est donc intéressant de se demander, en complément de cette étude, comment pourrait-on augmenter la part d'énergies renouvelables sur le réseau de Vaulx-en-Velin malgré les contraintes actuelles.