

Étude de la possibilité d'étendre un réseau de chaleur autour de la ZAC Saint-Jean

Nicolas Bernard, Cyrielle Ducrot, Alice Lefeuvre,
Antoine Lhermite, Clémentine Prénat-Ville, Océane Rivoal

ENTPE Année scolaire 2016-2017

Table des matières

Introduction	3
I. Le réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin	4
1. Présentation générale des réseaux de chaleur urbains	4
2. Description du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin	6
3. Capacité d'extension du réseau de chaleur urbain de Vaulx-en-Velin	8
II. Recensement des bâtiments autour de la ZAC Saint-Jean et de leurs besoins	9
1. Périmètre d'étude, systèmes énergétiques existants et enjeux urbanistiques	9
2. Recensement et estimation des besoins énergétiques	10
III. Proposition d'extension et étude de sa viabilité économique	15
1. Présentation du tracé proposé	15
2. Une telle extension est-elle intéressante pour les bâtiments repérés ?	17
3. Coût du projet pour le producteur et temps d'amortissement	18
Conclusion.....	20
Bibliographie	21

Introduction

Dans un contexte de transition énergétique, de plus en plus de projets se développent afin de réduire la place des énergies fossiles dans la production énergétique. Ainsi, de nombreux projets voient le jour dans des domaines tels que le photovoltaïque, la géothermie ou encore les réseaux de chaleur urbains.

L'objet de notre étude concerne l'extension d'un réseau de chaleur existant : celui de Vaulx-en-Velin. Il a été construit lorsque la commune de Vaulx-en-Velin n'était pas encore rattachée à la Métropole de Lyon. Dans ce contexte, le réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin restait sur la commune, au détriment du quartier Saint-Jean situé à la frontière Villeurbanne/Vaulx-en-Velin mais côté Villeurbanne.

Suite à la création de la métropole de Lyon, il a été décidé de relier une partie du quartier (qui est constitué d'une ZAC), afin de répondre à la demande nationale sur la rénovation du parc énergétique.

Le travail était constitué de quatre thématiques : EnR&R ; réseau de chaleur ; solaire ; terrain. Nous avons décidé d'étudier la thématique terrain. Ainsi, nous avons un certain nombre de questions auxquelles nous devons répondre :

- Quels besoins en chaleur des bâtiments en dehors de la ZAC ?
- Quelles conditions techniques et économiques d'un raccordement à un réseau de chaleur urbain ?

Pour y répondre, nous avons divisé notre travail en trois parties. La première consistait en l'étude du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin. Ainsi, nous présenterons les réseaux de chaleur d'une manière générale, puis nous nous attarderons plus particulièrement sur le réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin, enfin, nous réfléchirons à la capacité d'extension du réseau.

La deuxième partie s'intéresse quant à elle à la demande en énergie calorifique dans la zone autour de la ZAC Saint-Jean. Nous commencerons par exposer notre méthode de recensement. Ensuite, nous présenterons les besoins énergétiques ainsi que le mode de chauffage existant afin de terminer par un recensement des bâtiments les plus intéressants sur le territoire.

Enfin, dans la dernière partie, nous présenterons le tracé retenu ainsi que les coûts pour le producteur et les consommateurs d'un tel projet afin de déterminer s'il est viable ou non.

I. Le réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin

1. Présentation générale des réseaux de chaleur urbains¹

La définition exacte d'un réseau de chaleur est donnée par le Cerema dans les termes suivants :

« Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire. »

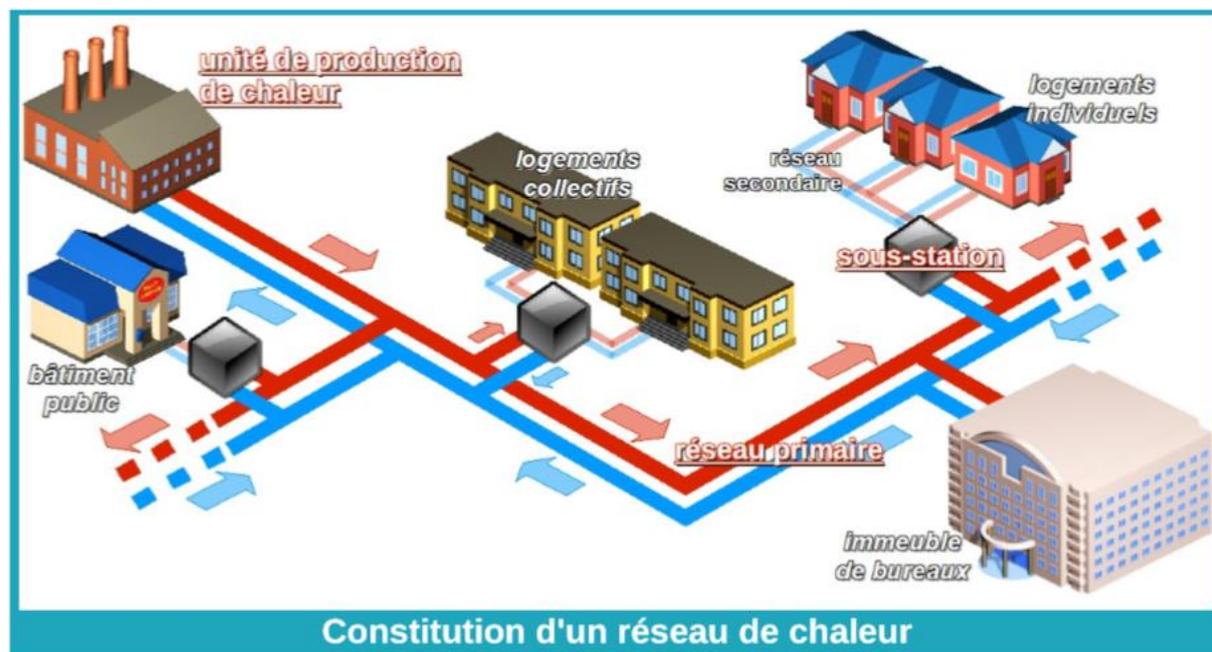


Figure 1. Constitution d'un réseau de chaleur

On distingue donc trois éléments principaux qui constituent un réseau de chaleur urbain : l'unité de production de chaleur, le réseau de distribution primaire, et les sous-stations d'échange.

L'unité de production de chaleur

L'unité de production de chaleur peut être d'une nature très variable car elle peut être une usine d'incinération d'ordures ménagères, une centrale de géothermie, une chaufferie classique alimentée par un combustible, etc. Dans le cas d'un réseau de chaleur, la chaleur peut donc être produite à partir de diverses sources d'énergie (fossiles, telles le fioul ou le gaz, ou bien renouvelables, comme la biomasse ou la géothermie, par exemple, ou bien encore les énergies de récupération). Néanmoins, de façon générale, l'unité de production de chaleur comporte en plus de l'unité principale, une unité d'appoint qui permet de faire face aux problèmes éventuels lors de la production chaleur (par exemple : pic de demande en heures de pointe, remplacement lors de maintenance de l'unité principale, etc.).

¹ Cette partie tire ses informations de : **Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2011.** Constitution d'un réseau de chaleur. *Réseaux chaleur - Cerema.* [En ligne] Mars 2011. <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/constitution-dun-reseau-de-chaleur>.

Le réseau de distribution primaire

Le réseau de distribution primaire est composé de canalisations, formant une boucle, dans lesquelles la chaleur est transportée par un fluide caloporteur (vapeur ou eau chaude) : un circuit aller (en rouge sur la figure n°1) transporte le fluide chaud issu de l'unité de production tandis qu'un circuit retour (en bleu sur la figure n°1) le ramène après avoir échangé sa chaleur au niveau de la sous-station d'échange.

Le fluide est alors à nouveau chauffé à une certaine température selon son « type » par la chaufferie centrale avant d'être renvoyé dans le circuit. En effet, ce fluide caloporteur peut être de l'eau chaude ($60^{\circ}\text{C} < T < 110^{\circ}\text{C}$), prévue pour les bureaux et les habitations, de l'eau surchauffée ($110^{\circ}\text{C} < T < 180^{\circ}\text{C}$), utilisée pour les bâtiments de grande envergure nécessitant des hautes températures comme les laveries ou encore les abattoirs, ou bien de la vapeur ($200^{\circ}\text{C} < T < 300^{\circ}\text{C}$) pour les industries. Cela va conditionner le prix des canalisations qui peuvent aller de 300€/ml (mètre linéaire), comprenant l'achat du matériel et sa pose, jusqu'à 2 000€/ml, car les facteurs intrinsèques aux projets ont un poids important. Cependant, de manière générale, les canalisations utilisées possèdent une double enveloppe, une gaine extérieure et une intérieure en acier, qui protège l'isolant et permet le transport du fluide ; la pose se fait, quant à elle, soit en caniveau enterré soit en tranchée, de manière courante.

Les sous-stations

Les sous-stations d'échange sont généralement situées en pied de bâtiment. C'est là que le transfert de chaleur entre les deux circuits, réseau primaire et secondaire², se fait par le biais d'un échangeur thermique, pour un immeuble ou un petit groupe d'immeubles. Elle comporte aussi un compteur de chaleur transférée afin de connaître la consommation d'énergie du bâtiment, qui est une donnée nécessaire à la facturation. Pour cette raison, utiliser une même sous-station pour un ensemble de maisons individuelles est déconseillé à cause des conflits contractuels que cela entraînerait, même si techniquement cela est réalisable.

Ainsi, malgré les spécificités de chaque projet, les réseaux de chaleur fonctionnent selon un même système autour de trois éléments importants (l'unité de production de chaleur, le réseau primaire et les sous-stations d'échanges) afin de produire et de transmettre de la chaleur.

L'intérêt que nous portons aux réseaux de chaleurs urbains réside dans le fait qu'ils s'inscrivent dans le processus de transition énergétique en offrant une réponse aux objectifs du « 3 x 20 ». En effet, le « paquet énergie climat » déterminé en 2008 par l'Union Européenne donne les objectifs suivant à atteindre d'ici 2020³ :

- Réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990
- Atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen
- Augmenter de 20 % l'efficacité énergétique

Or, ce type de chauffage collectif permet une meilleure efficacité énergétique, il émet moins de gaz à effet de serre que l'ensemble des sources de chauffages individuels nécessaires pour alimenter le

² Il ne fait pas partie du réseau de chaleur au sens juridique.

³ **EDF. 2013.** Les 3x20 : les objectifs environnementaux du Plan Climat de l'UE. [En ligne] 1er Mars 2013.

même nombre de logements, et ils peuvent être alimentés en énergies renouvelables (biomasse, géothermie, chaleur de récupération, etc.).

Les réseaux de chaleur possèdent donc un potentiel indéniable d'aménagement de par leurs capacités à s'adapter à chaque situation afin de répondre aux enjeux de transition énergétique.

2. Description du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin

Actuellement le réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin, situé directement à l'est du territoire étudié, alimente plus de 12 000 logements, écoles, collèges et immeubles professionnels sur la commune grâce à 25km de tuyaux. Il s'agit principalement de circuits classiques pour de hautes températures, mais la chaufferie de Vaulx-en-Velin a exprimé le souhait de passer en basse température, ce qui demande moins d'entretien malgré le coût du prix du matériel et de la pose.



Figure 2. Situation de la chaufferie de Vaulx-en-Velin par rapport au quartier Saint-Jean (Google Maps)



Figure 3. Site du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin

Afin de fournir la chaleur à tous ces bâtiments, la chaufferie est constituée de trois chaudières bois, ainsi que de deux chaudières gaz, d'une cogénération gaz et d'une chaudière fioul de secours. D'après le tableau ci-dessous, ces installations représentent une puissance utile de 79.9MW (ou 130.9 MW en considérant la chaudière de secours). Néanmoins, il faut prendre en compte que la cogénération cessera en 2022, entraînant une baisse de 8 MW de puissance pour la chaufferie.

Type d'installation	Cogénération gaz	Chaudières gaz		Chaudières bois			Chaudière fioul
Puissance thermique (MW PCI)	8	20	38	7,5	7,5	7,5	60
Rendement	85,85 %	93 %		85 %			85 %
Puissance utile installée (MW)	6,87	18,6	35,3	6,38	6,38	6,38	51
Puissance utile installée (MW)	79,9						51
Puissance utile installée (MW)	130,9						

D'après le site du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin, la répartition de la chaleur produite s'effectue ainsi : 65 % bois, 33 % gaz, 2 % fioul. Cependant, nous avons calculé une consommation de chaleur de 58 % sur le bois sur l'année 2014/2015.⁴ Même si cela est moins que la valeur annoncée, cette part d'énergie renouvelable (biomasse) reste supérieure aux 50 % nécessaires pour obtenir les aides de l'État (TVA à taux réduit, 5,5 %) et de l'Europe (FEDER).

En effet, plusieurs aides sont disponibles au développement et à la création d'un tel réseau de chaleur urbain, cependant le soutien principal reste l'ADEME avec le « Fonds chaleur ».⁵

Concernant les réseaux de chaleur, ce soutien porte sur la fonction « distribution » des réseaux de chaleur par rapport aux projets de créations ou bien d'extensions⁶ ; les modalités liées aux exigences techniques y sont décrites sur des fiches de l'ADEME disponibles sur leur site internet.⁷ Actuellement, le prix du MW/heure vendu aux abonnés est d'environ 68€ tandis que la maintenance du réseau est d'environ 320 000€⁸ (2010).

⁴ D'après un tableur fourni par M. Fabien Challéat, chargé de mission Réseaux de Chaleur au Grand Lyon

⁵ **ADEME. 2016.** Le Fonds Chaleur en bref. *Site de l'ADEME*. [En ligne] 25 Mai 2016.

⁶ FONDS CHALEUR 2016 - SECTEUR RÉSEAUX DE CHALEUR

⁷ **ADEME. 2016.** Le Fonds Chaleur en bref. *Site de l'ADEME*. [En ligne] 25 Mai 2016.

⁸ **2011.** Chauffage urbain : baisse des prix et hausse des pannes à Vaulx-en-Velin . *Le Progrès*. 21 Août 2011.

3.1 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES MODALITÉS DE CALCUL DE L'AIDE EXTENSIONS ET CRÉATIONS

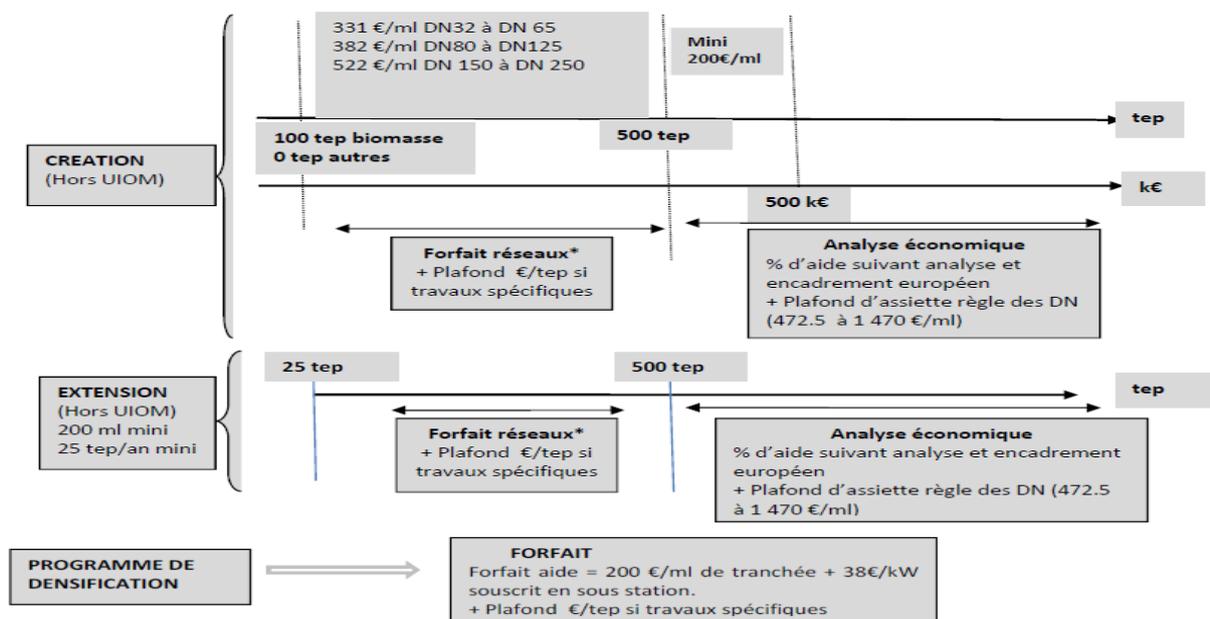


Figure 4. Modalités de calcul de l'aide extensions et créations

3. Capacité d'extension du réseau de chaleur urbain de Vaulx-en-Velin

La demande en chaleur est plus importante pendant l'hiver comme il est possible de le constater sur le graphique ci-dessous. La capacité limitante du réseau est donc présente en hiver, il ne suffit pas de prendre une moyenne pour avoir une idée des possibilités du réseau car la valeur moyenne de production de chaleur est bien moins élevée.

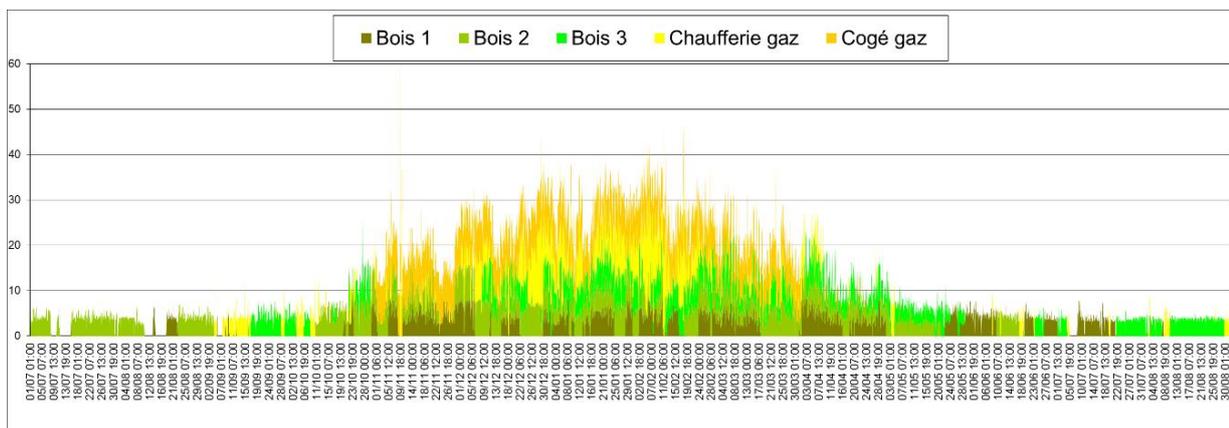


Figure 5. Demande en chaleur sur l'année

Pour déterminer cette demande en puissance, nous nous sommes basés sur le maximum de chauffe constaté entre juillet 2014 et septembre 2015. Nous avons supprimé les quelques valeurs qui constituaient des « pics de puissance », qui sont des aberrations issues des calculs de détermination des puissances lors du démarrage des installations : la puissance est déterminée à chaque instant comme le produit du débit d'eau circulant dans la chaudière et de la différence de température en entrée/sortie chaudière. Sur ces deux paramètres le fait d'avoir un calcul horaire – et non instantané – amène parfois des valeurs très importantes lors du démarrage des installations.

Ainsi, la valeur maximale que nous avons choisie est celle du 05 février, soit 56,14 MW. En retranchant cette valeur à la puissance utile déterminée dans la partie I.2, on trouve une capacité de 23,5 MW. Cette valeur ne devrait pas poser problème pour effectuer le raccordement vers le quartier Saint-Jean. Les problèmes administratifs sont également limités grâce à l'existence de la métropole de Lyon.

La compétence « réseau de chaleur » est une compétence de la Métropole de Lyon. Le texte de la loi MAPTAM⁹ précise que « la création, l'aménagement, l'entretien, et la gestion des réseaux de chaleur et de froid urbains » sont des compétences exercées de plein droit par la métropole, en lieu et place des collectivités membres ou des EPCI auxquels elle succède. Cela permet un positionnement stratégique. En effet, le raccordement au réseau de Vaulx-en-Velin du quartier Saint-Jean de Villeurbanne ne serait donc plus un problème du point de vue administratif car il s'agit de deux communes appartenant au Grand Lyon¹⁰.

II. Recensement des bâtiments autour de la ZAC Saint-Jean et de leurs besoins

1. Périmètre d'étude, systèmes énergétiques existants et enjeux urbanistiques

Le territoire étudié correspond au quartier Saint-Jean situé à l'est de la commune de Villeurbanne. Il est séparé du reste de la ville par le canal de Jonage et il est limitrophe à la commune de Vaulx-en-Velin. Il est donc rattaché administrativement à Villeurbanne, et géographiquement à la commune de Vaulx-en-Velin. La mise en place de la métropole du Grand Lyon, en 2015, suite à la promulgation de la loi MAPALM le 23 janvier 2014 a permis de considérer les spatialités d'un point de vue plus global que celui d'une ville. Les projets intercommunaux comme celui dont il est question dans ce dossier sont ainsi facilités.

Ce quartier, grand d'une trentaine d'hectares, est composé d'entreprises, principalement situées au nord, d'habitations et de services publics pour la plupart au sud. Il est considéré comme quartier prioritaire dans le cadre du Nouveau Plan National de Renouveau Urbain (NPNRU), et une ZAC est en projet en son cœur. En dehors de la ZAC, la densité des bâtiments est en moyenne assez peu élevée, car ce quartier contient de nombreuses friches.

⁹ Loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles du 27 janvier 2014

¹⁰ **Grand Lyon.** Énergie. *Grand Lyon, la Métropole.* [En ligne] <http://www.grandlyon.com/metropole/energie.html>.



Figure 6. Carte du périmètre d'étude (source : Fabien CHALLEAT - Grand Lyon)

Notre étude consiste à évaluer la pertinence d'un raccordement de ce quartier, en-dehors de la ZAC, à un réseau de chaleur. En effet, le quartier est proche de plusieurs systèmes énergétiques : à l'Ouest, le réseau de chaleur urbain de Lyon Villeurbanne, à l'Est le réseau de chaleur urbain de Vaulx-en-Velin, et enfin un réseau privé au sud de la ZAC.

Enfin, ce projet peut servir à impulser une dynamique urbanistique qui permettrait au quartier de se renouveler et de devenir plus attractif.

2. Recensement et estimation des besoins énergétiques

Tout d'abord, nous avons décidé de faire une étude quantitative grâce à Google Maps. Nous avons séparé la zone d'étude en 4 zones réparties entre 4 personnes. Pour chaque bâtiment d'une zone, il fallait remplir une fiche type comportant les informations suivantes : numéro du bâtiment, adresse, type (résidentiel collectif ou individuel, entrepôt, atelier, bureaux, autre), le nombre d'étage, la surface totale, l'ancienneté approximative du bâtiment et l'estimation rapide de leurs besoins de chauffage. Cette première étape nous a permis de différencier les bâtiments intéressants (collectifs ou ensembles de maisons résidentielles, bureaux, école, commerces) notamment en considérant leur type et leurs besoins de chauffage.

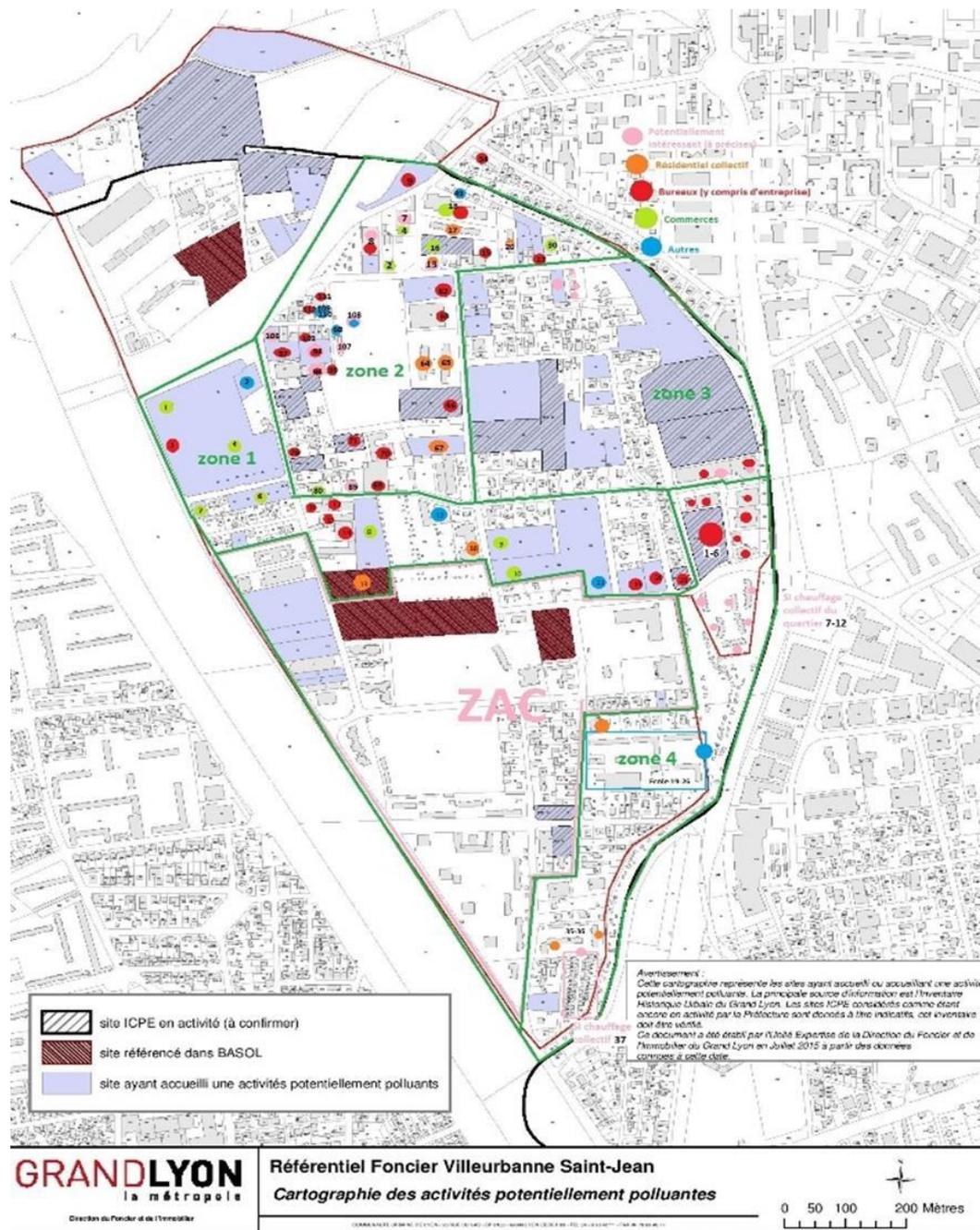


Figure 7. Aperçu de la carte des bâtiments recensés lors du zonage du quartier Saint-Jean

Ensuite, nous sommes allés sur le terrain rencontrer les habitants des immeubles collectifs ou les commerçants pour une étude plus qualitative. Nous avons notamment relevé les critères suivants : année de construction, type de chauffage et surface réelle chauffée. Nous avons réalisé une deuxième visite de terrain en semaine afin d’interroger les bureaux et commerces qui étaient fermés lors de la première visite. Ces visites nous ont également permis de découvrir de nouveaux bâtiments, non présents sur Google Maps car trop récents, et d’éliminer les bâtiments aujourd’hui abandonnés. Suite à cette étude qualitative, nous avons sélectionné de nouveau les bâtiments intéressants. Nous avons considéré comme intéressants les bâtiments possédant un chauffage collectif, et/ou au fuel ou au gaz, pas trop éloigné des réseaux de chaleur déjà existants et pas trop isolés. En effet, les installations électriques nécessiteraient des travaux trop importants et trop coûteux, de même pour les bâtiments à chauffages individuels. Nous avons particulièrement fait attention à distinguer les parties d’entrepôt des bureaux des bâtiments.

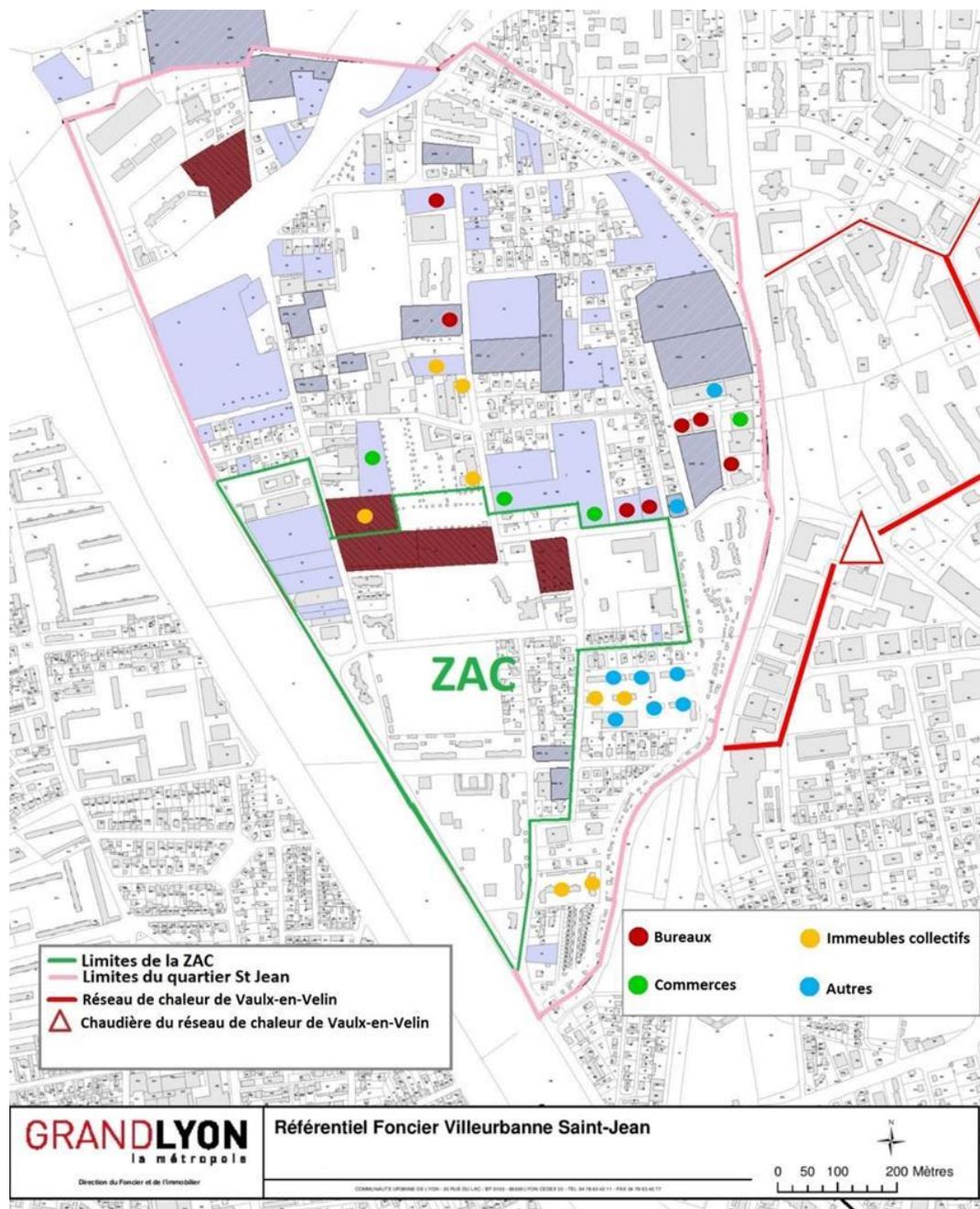


Figure 8. Carte des bâtiments intéressants suite aux deux visites terrain effectuées

Enfin, grâce à tous ces éléments, nous avons pu évaluer approximativement les besoins en chauffage des bâtiments intéressants. Nous avons pris les hypothèses suivantes : un logement dans un bâtiment résidentiel fait environ 70m², le chauffage représente entre 60 et 80 % des besoins énergétiques d'un bâtiment, nous considérons uniquement les besoins énergétiques liés au chauffage et à l'eau chaude sanitaire et nous avons considéré les bâtiments datant d'après 1975 (date d'apparition des premières réglementations thermiques) comme performants thermiquement. Nous nous sommes basés sur une publication de l'ADEME¹¹ donnant la consommation moyenne annuelle d'énergie finale par logement pour un immeuble "récent". Or, en dessous de ce tableau il est marqué que "la répartition moyenne est de 83 % pour les usages liés à la chaleur (chauffage, eau chaude, cuisson)" Pour nous c'est

¹¹ « Les chiffres clés du bâtiment 2009 », ADEME citée dans **Ecocampus (ENS)**. Source des données : statistiques et cas réels. *Ecocampus - Ecole Normale Supérieure*. [En ligne]

un peu moins parce que la cuisson n'est pas prise en charge par le réseau de chaleur mais nous avons considéré cela minime face au chauffage et à l'eau chaude sanitaire. Nous avons donc fait le calcul suivant : consommation moyenne d'énergie finale par logement * nombre de logements * 0,83.

Il faut toutefois faire attention, car les chiffres utilisés pour estimer les consommations des bâtiments sont des moyennes nationales pas forcément bien adaptées aux spécificités de la région et du quartier. Nous les avons tout de même utilisés en l'absence de données plus précises.

Voici les estimations que nous avons obtenues :

Bâtiments du TRACÉ NORD	Surface ou nombre de logements	Besoins annuels en chaleur (MWh/an)	Énergie actuelle
Entrepôt SAS Najjar	450 m ²	45	Gaz
LGCB Scop (atelier)	1 200 m ²	121	Gaz
Ecole privée	1 400 m ²	143	Fioul
Cyclocity (partie bureaux)	200 m ²	27	Fioul
AD'Graphic	200 m ²	27	Gaz
LENOIR Services	380 m ²	45	Gaz
Arche de Téodora	193 logements	1 043	Gaz
Comptoir des revêtements	350 m ²	35	Gaz
L'Envol	76 logements	410	Gaz
Nouvelle résidence (agence 6e sens)	42 logements	227	Gaz
Le Daubigny	58 logements	642	Gaz
LENOIR Métallerie (bureaux)	120 m ²	16	Gaz
Parc Douaumont (bureaux)	2095 m ²	285	Gaz
Bâtiments du TRACÉ ÉCOLE			
École	6 600 m ²	1 540	Gaz
Cuisine centrale de Villeurbanne	3 400 m ²	68	Gaz

D'après les données du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin en 2014/2015, la puissance nécessaire pendant « la période chaude » (mois d'avril à septembre) est **trois fois supérieure** à celle consommée pendant « la période froide » (mois d'octobre à mars).

Période froide	91365,72656
Période chaude	30277,11784

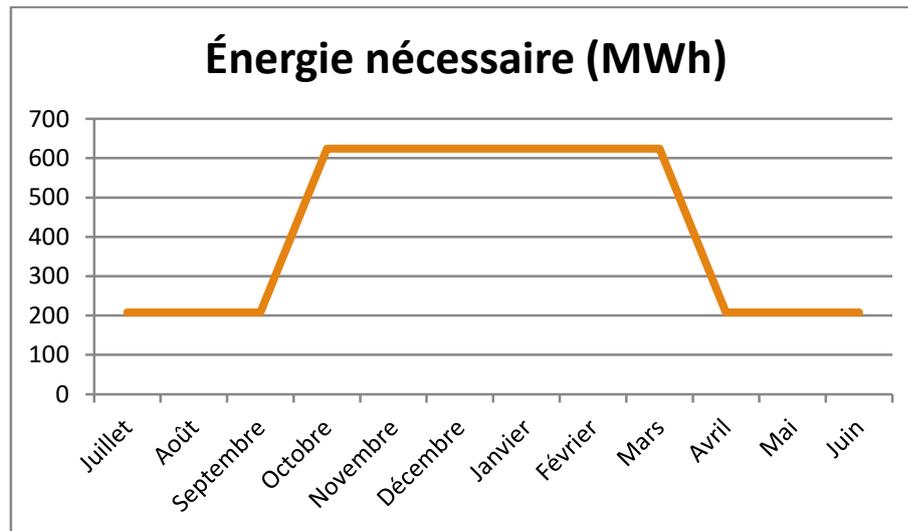
Pour des besoins énergétiques de 5 000MWh, on a :

$$6 \times 30 \times 24 \times (P_{été} + 3 \times P_{été}) = 5\,000 \text{ MWh}$$

Ce qui donne :

$$P_{été} = 289 \text{ kW}$$

On obtient donc le modèle suivant pour la consommation énergétique :



Sachant que la capacité supplémentaire du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin est de 23,5 MW, ce qui correspond à une énergie de 16 920 MWh par mois, le surplus de consommation entraîné par le raccordement proposé est négligeable.

Il est possible d'ajouter ce surplus de consommation à l'énergie produite par les chaudières bois sur 99% de l'année, ainsi, le réseau possède toujours plus de 50% d'énergies renouvelables.

Pour déterminer cela, nous avons effectué les calculs suivants :

- Puissance utile bois totale ($7,5 \times 3 \times 0,93 = 20,9 \text{ MW}$) – puissance consommée par heure par les trois chaudières – puissance supplémentaire nécessaire (0.29 ou $0,29 \times 3 \text{ MW}$)
- Puis nous avons regardé la proportion de résultats négatifs, soit 0,7%
➔ 99% de l'année on peut ajouter le surplus d'énergie à une des chaudières bois.

Attention : ceci est une approximation car certains jours une chaudière est éteinte pour entretien ou autre, ce qui n'est pas pris en compte

III. Proposition d'extension et étude de sa viabilité économique

1. Présentation du tracé proposé

Le travail et les recherches effectuées précédemment ont conduit à la formulation de la proposition suivante :

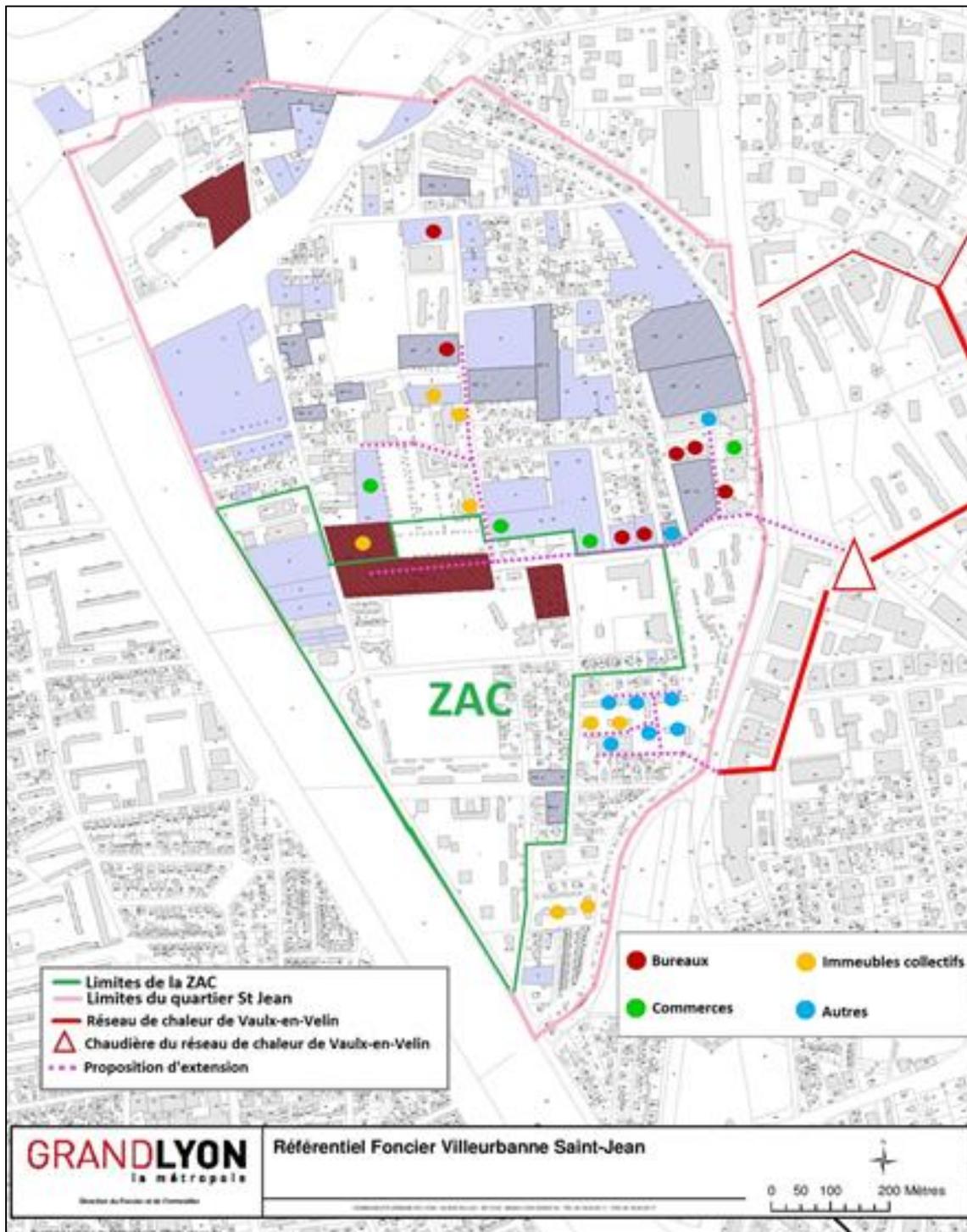


Figure 9. Proposition d'extension du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin autour de la ZAC Saint-Jean

Nous avons décidé de mettre en place deux extensions (voir figure n° 9). Tous les chiffres qui suivent sont arrondis au supérieur afin de pallier les erreurs de mesures et les approximations dues à la thématique terrain.

La première extension est celle située au sud-est de la ZAC Saint-Jean. Elle constitue un prolongement d'une partie du réseau existant. D'une longueur de 700 mètres, cette extension propose de raccorder huit bâtiments au réseau de chaleur. Cinq d'entre eux sont des bâtiments scolaires, un constitue la cuisine centrale, tandis que les deux derniers sont des logements de fonctions. Ces derniers sont constitués de 4 logements chacun, d'après notre excursion sur le terrain. Les bâtiments possédant chacun leur propre chaudière, l'installation de 8 sous-stations nous paraît judicieuse afin de garder un fonctionnement similaire et ne pas engendrer plus de travaux au niveau du système de chauffage de ce groupe scolaire. Les besoins énergétiques de l'ensemble de ces huit bâtiments sont d'environ 1600 MWh.

La deuxième extension proposée se situe dans au nord de la ZAC. Ce n'est pas une extension du réseau existant mais la création d'une nouvelle branche depuis la centrale. Le tracé a une longueur de 1700 mètres et est composé de quinze bâtiments ou ensemble de bâtiments dont les besoins annuels en chauffage sont d'environ 3 000 MWh. Pour faciliter la gestion des abonnements, nous prévoyons l'installation de quinze sous-stations, en relation avec les quinze bâtiments/groupes de bâtiments de la zone.

Une première estimation de la viabilité économique d'une extension ou d'une création de réseau de chaleur urbain peut se faire grâce au calcul de la densité thermique. La densité thermique est définie par la formule suivante :

$$d = \frac{\text{quantité de chaleur livrée sur 1 an [MWh]}}{\text{longueur de tranchée du réseau [m]}}$$

En moyenne $d = 8 \text{ MWh/m.an}$ et si $d < 1,5$ la viabilité du projet peut être remise en cause. Dans notre cas, avec $Q = 5000 \text{ MWh}$ et $l = 2400\text{m}$, on a :

$$d = 2,1 \text{ MWh/ml.an}$$

Ce nombre est au-dessus de la limite de viabilité établie mais reste largement inférieur à la moyenne de 8Mwh/ml.an . Cela peut s'expliquer par le fait que les réseaux très denses des années 60-70 ont une densité très élevée comprise entre 15 et 20MWh/ml.an . Cette valeur est néanmoins acceptable pour une extension de réseau de chaleur.¹²

¹² Retrouver source

Nous allons maintenant nous intéresser plus en détails à la viabilité économique du projet, aussi bien pour le producteur de chaleur que pour les consommateurs.

2. Une telle extension est-elle intéressante pour les bâtiments repérés ?

Un des éléments à vérifier pour établir la faisabilité ou non de notre proposition d'extension du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin dans le quartier Saint-Jean est l'intérêt financier des bâtiments que nous avons repérés à se raccorder au réseau de chaleur.

La facture d'un abonné à un réseau de chaleur urbain

La facture d'un abonné est composée de deux parts distinctes.

La première part, appelée R1, est variable et correspond à l'achat par l'abonné de la chaleur.¹³ Cette part est donc égale au produit de sa consommation et du prix du kilo-watt-heure ou du méga-watt-heure. La TVA appliquée à cette part est de 19,6 %, sauf dans le cas où le réseau de chaleur utilise au moins de 50 % d'énergie renouvelable dans son mix énergétique.¹⁴ Cela est le cas du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin qui a recours à 65 % au bois, comme nous l'avons mentionné précédemment.

La deuxième part, R2, est fixe et est considérée comme un abonnement qui correspond à une participation financière aux coûts d'investissement pour la création ou l'extension du réseau de chaleur et aux coûts d'entretien. Plus précisément, cet abonnement regroupe les charges d'électricité pour assurer la production et la distribution de la chaleur, les charges de conduite et petit entretien des installations, les charges de gros entretien et de renouvellement des installations et les charges de financement de la création et l'installation initiale du réseau de chaleur. Cette part est soumise à une TVA de 5,5 %.¹⁵

¹³ **Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2014.** Prix de la chaleur et facturation. *Réseaux chaleur - Cerema.* [En ligne] Décembre 2014

¹⁴ Ibidem

¹⁵ Ibidem

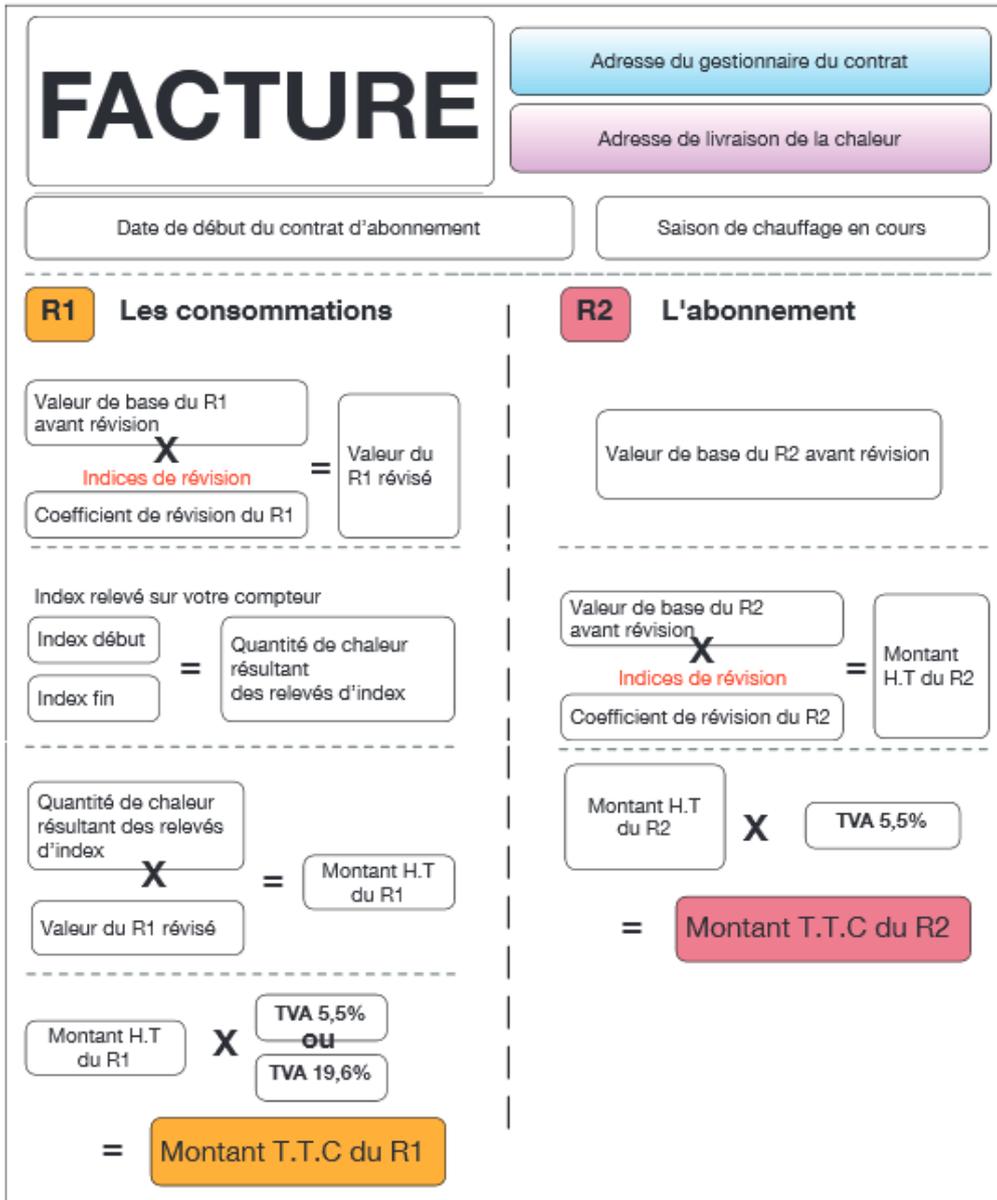


Figure 10. Composition de la facture d'un abonné à un réseau de chaleur urbain. (Source : FEDENE)

Détermination des gains financiers des différents bâtiments

Nous prendrons pour nos calculs $R1 = 39,80\text{€ HT/MWh}$ (août 2016) et $R2 = 35\text{€ HT/MWh}$ ¹⁶, en faisant l'hypothèse, pour ce dernier, que les coûts de l'extension sont négligeables par rapport aux coûts du réseau actuel

Afin d'estimer la facture de chauffage actuelle des différents bâtiments, nous utiliserons le prix moyen du kilo-watt-heure de gaz (TTC et prenant en compte l'abonnement) fourni par le site *quelleenergie.fr*¹⁷, soit $0,0956\text{€}$ et le prix actuel du fioul qui se situe à $0,6539\text{€}$ le litre¹⁸. Nous obtenons les résultats suivants :

Bâtiments du TRACÉ NORD	Surface ou nombre de logements	Besoins annuels en chaleur (MWh/an)	Énergie actuelle	Facture annuelle actuelle (€)	Facture annuelle après raccordement (€)	Gain annuel (€)
Entrepôt SAS Najjar	450 m ²	45	Gaz	4 300	3 600	700
LGCB Scop (atelier)	1 200 m ²	121	Gaz	11 600	9 600	2 000
École privée	1 400 m ²	143	Fioul	13 700	11 300	2 400
Cyclocity (partie bureaux)	200 m ²	27	Fioul	2 600	2 100	500
AD'Graphic	200 m ²	27	Gaz	2 600	2 100	500
LENOIR Services	380 m ²	45	Gaz	4 300	3 600	700
Arche de Tédora	193 logements	1 043	Gaz	99 700	82 300	17 400
Comptoir des revêtements	350 m ²	35	Gaz	3 300	2 800	500
L'Envol	76 logements	410	Gaz	39 200	32 400	6 800
Nouvelle résidence (agence 6e sens)	42 logements	227	Gaz	21 700	17 900	3 800
Le Daubigny	58 logements	642	Gaz	61 400	50 700	10 700
LENOIR Métallerie (bureaux)	120 m ²	16	Gaz	1 600	1 300	300
Parc Douaumont (bureaux)	2095 m ²	285	Gaz	27 200	22 500	4 700
Bâtiments du TRACÉ ÉCOLE						
École	6 600 m ²	1 540	Gaz	147 200	121 500	25 700
Cuisine centrale de Villeurbanne	3 400 m ²	68	Gaz	6 500	2 500	4 000

¹⁶ Données fournies par Fabien CHALLÉAT, chargé de mission Réseaux de Chaleur à la Métropole de Lyon

¹⁷ **Quelle énergie.** Tout savoir sur les prix des énergies : électricité, gaz, fioul, pellets, bûches. *Quelle énergie.* [En ligne] <http://www.quelleenergie.fr/prix-energie>.

¹⁸ Au 23/11/2016, d'après <http://prixfioul.fr/> (« Créé en 2010 par 3 informaticiens bénévoles, PrixFioul est le premier site d'information sur le cours du fioul domestique partout en France. »)

Par ces chiffres, nous pouvons conclure qu'il est intéressant de se raccorder au réseau de chaleur pour les bâtiments se chauffant au gaz, car les gains sont positifs (et ce, dès la première année). Ce n'est pas le cas des bâtiments se chauffant au fioul (bureaux de Cyclocity et l'école privée) car celui-ci est actuellement à un prix très bas. Néanmoins, le fioul n'étant pas une solution pérenne de chauffage et son prix allant sans doute remonter avec la raréfaction du pétrole, les propriétaires de ces deux bâtiments pourront sans doute être convaincus qu'il est dans leur intérêt de se raccorder à cette extension du réseau de chaleur.

Attention : il est important de prendre du recul par rapport aux chiffres fournis dans ce tableau. En effet, nous ne pouvons prétendre à des chiffres précis à cause de plusieurs facteurs : la méthode de détermination des surfaces est peu précise, l'estimation des consommations des bâtiments résultent de moyennes nationales venant d'études générales et ne tenant donc pas compte des particularités locales ou intrinsèques aux bâtiments, le prix du gaz considéré est également une moyenne et enfin, les bâtiments du tertiaire ou les immeubles collectifs peuvent bénéficier de prix très avantageux de la part des fournisseurs de gaz. Ces chiffres ne sont que des ordres de grandeur.

3. Coût du projet pour le producteur et temps d'amortissement

Les coûts du mètre linéaire (ml) de tuyaux utilisés par un réseau de chaleur dépend fortement de la solution de distribution de chaleur retenue (vapeur, eau chaude ou bien encore eau surchauffée) et des contraintes urbaines intrinsèques à chaque lieu (plus la zone est dense, plus le coût des travaux est élevé). Cette variation du coût est donc relativement élevée puisque l'on trouve dans la littérature des prix allant de 300€/ml jusqu'à 2 000€/ml, comprenant achat du matériel et pose.¹⁹

L'estimation du coût de l'extension d'un projet est donc assez complexe puisque la tuyauterie est le principal poste de dépense, loin devant les sous-stations d'échange (dont le prix est lui aussi très variable selon les situations)²⁰. Bien entendu, ces dépenses sont couvertes par la facture énergétique payée par les usagers (part R2 de l'abonnement) mais la rentabilité se fait à long terme, de l'ordre de 20 à 30 ans.

Nous avons donc pris l'hypothèse suivante : le coût de l'extension du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin va dépendre uniquement de l'achat et de l'installation des tuyaux. De plus, au vu

¹⁹ **Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2011.** Constitution d'un réseau de chaleur. *Réseaux chaleur - Cerema*. [En ligne] Mars 2011. ; **Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2013.** Optimisation du coût des réseaux de distribution. *Réseaux chaleur - Cerema*. [En ligne] Décembre 2013.

²⁰ **Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2011.** Réseaux de chaleur – Coûts et aides publiques. *Réseaux chaleur - Cerema*. [En ligne] Mars 2011. <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/reseaux-de-chaleur-couts-et-aides-publiques>.

de l'étendue des prix du mètre linéaire de tuyau, nous avons calculé une fourchette de prix de l'extension, dans ce scénario-ci :

	Cas 1	Cas 2
Description	Tuyaux classiques Haute Pression (HP)	Tuyaux plastiques Basse Pression (BP)
Coût au ml	300 €	2 000 €
Investissement nécessaire	720 000 €	4 800 000 €
Coût d'entretien	3 744 €	24 960 €

Même si la maintenance du réseau est onéreuse, la nouvelle extension ne mesure que 2400m de long, ce qui est peu face aux 25km déjà existants et qui représentaient un coût de 320 000€ en 2010. De plus, l'état neuf du nouvel aménagement ne fait arriver les coûts d'entretien que tardivement par rapport à la date des travaux²¹.

En effet, d'après une étude de l'ADEME, le coût d'entretien se calcul de la façon suivante :

$$\text{Coût d'entretien} = 1,3 \% * (\text{investissement du à la production de chaleur} + 40 \% * \text{investissement du réseau de chaleur})$$

Ici, l'extension ne nécessite pas d'investissement pour la production de chaleur puisque la chaufferie possède déjà la capacité à assurer le service avec l'extension prévu. Le coût d'entretien revient donc à :

$$\text{Coût d'entretien} = 1,3 \% * 40 \% * \text{investissement du réseau de chaleur}$$

La part fixe du prix de l'abonnement pour un consommateur représente jusqu'à 70 % de sa facture.²² Ainsi, pour des prix du MWh vendu à 67,57€ en 2010¹¹, chaque usager payera 47,23€ pour l'investissement du réseau de chaleur urbain afin de « rembourser » ces dépenses d'extensions et d'aménagement.

L'extension a donc un réel coût lors de la période des travaux mais est couvert dans un délai de 20 à 30ans du fait de la facturation aux bénéficiaires de ce mode de chauffage.

²¹ 2011. Chauffage urbain : baisse des prix et hausse des pannes à Vaulx-en-Velin . *Le Progrès*.

²² **Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2014.** Prix de la chaleur et facturation. *Réseaux chaleur - Cerema*.
[En ligne] Décembre 2014

Conclusion

Au cours de notre étude, nous avons été amenés à étudier les possibilités d'extension d'un réseau de chaleur dans le quartier Saint-Jean de Villeurbanne, autour de la ZAC. Pour ce faire, nous avons réalisé un référencement des bâtiments intéressants en prenant en compte plusieurs critères : la consommation énergétique du bâtiment, sa situation géographique et son mode de chauffage. En effet, nous avons choisi d'ignorer les bâtiments ayant un chauffage électrique car les travaux d'installation de tuyauterie auraient été trop importants pour être intéressants à l'échelle du bâtiment.

Lors de cette étude, nous avons remarqué que la zone autour de la ZAC était relativement peu dense en matière de population. Cette faible densité a pour effet de limiter fortement les zones intéressantes pour un rattachement à un réseau de chaleur. Nous avons donc relié principalement des zones à dominante commerciale ou des immeubles.

De plus, n'ayant aucune idée du budget alloué à ce projet, nous avons cherché à garder un tracé dont la longueur nous semblait raisonnable (c'est-à-dire assez long pour pouvoir relier un nombre suffisant de bâtiments mais pas trop pour éviter un coût trop important). Cependant, il faut reconnaître que ce sont des choix tout à fait subjectifs ne s'appuyant que sur notre propre sensibilité vis-à-vis des coûts du projet. Il faudra donc regarder dans la rubrique bâtiments intéressants en cas de volonté de rallongement du tracé. Il est également important de noter que les besoins énergétiques des bâtiments dits intéressants sont donnés à titre indicatif. Ils s'apparentent en effet plutôt à des ordres de grandeurs, en raison des nombreuses approximations de calcul (détermination de la surface peu précise, calcul à partir de moyennes nationales...).

En outre, il nous a été demandé d'étudier le rattachement au réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin des bâtiments du quartier Saint-Jean, autour de la ZAC pendant qu'un autre groupe de travail devait étudier la possibilité de rattacher la ZAC à ce même réseau de chaleur. Un projet global, étudiant tout le quartier Saint-Jean, aurait mené à des propositions de tracés sans doute plus intéressants.

Ainsi, cette étude constitue seulement une première estimation de la faisabilité d'une extension du réseau de chaleur de Vaulx-en-Velin dans le quartier Saint-Jean, autour de la ZAC.

Bibliographie

ADEME. 23 Mai 2016. *FONDS CHALEUR 2016 - SECTEUR RÉSEAUX DE CHALEUR.* 23 Mai 2016.

— **2016.** Le Fonds Chaleur en bref. *Site de l'ADEME.* [En ligne] 25 Mai 2016.

<http://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref>.

2011. Chauffage urbain : baisse des prix et hausse des pannes à Vaulx-en-Velin . *Le Progrès.* [En ligne] 21 Août 2011. <http://www.leprogres.fr/economie/2011/08/21/chauffage-urbain-baisse-des-prix-et-hausse-des-pannes-a-vaulx-en-velin>.

Ecocampus (ENS). Source des données : statistiques et cas réels. *Ecocampus - Ecole Normale Supérieure.* [En ligne] <https://www.ecocampus.ens.fr/IMG/pdf/sourcesdonnees.pdf>.

EDF. 2013. Les 3x20 : les objectifs environnementaux du Plan Climat de l'UE. [En ligne] 1er Mars 2013. <https://www.lenergieenquestions.fr/les-3x20-les-objectifs-environnementaux-du-plan-climat-de-lue/>.

Grand Lyon. Énergie. *Grand Lyon, la Métropole.* [En ligne] <http://www.grandlyon.com/metropole/energie.html>.

Pôle Réseaux de Chaleur du Cerema. 2011. Constitution d'un réseau de chaleur. *Réseaux chaleur - Cerema.* [En ligne] Mars 2011. <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/constitution-dun-reseau-de-chaleur>.

— **2011.** Réseaux de chaleur – Coûts et aides publiques. *Réseaux chaleur - Cerema.* [En ligne] Mars 2011. <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/reseaux-de-chaleur-couts-et-aides-publiques>.

Prix de la chaleur et facturation. [En ligne] <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/prix-de-la-chaleur-et-facturation> .

Quelle énergie. Tout savoir sur les prix des énergies : électricité, gaz, fioul, pellets, bûches. *Quelle énergie.* [En ligne] <http://www.quelleenergie.fr/prix-energie>.