

18/12/2015

Réseau de chaleur dans le quartier du Terrailon (Bron)

Quelle stratégie mettre en place pour une production d'énergie thermique durable et vertueuse sur le quartier du Terrailon ?

CAUVIN Ismaël
LEDUC Laura
PAROLINI Irène
ZACHARIE Audrey

Table des matières

I- Les réseaux de chaleur urbains: une réponse locale aux enjeux climatiques	2
II- Le quartier du Terraillon: un réseau de chaleur vétuste en inadéquation avec la population	3
1) Le quartier Terraillon : un contexte social difficile.....	3
2) Le réseau de chaleur existant du quartier Terraillon:.....	3
3) Notre démarche:	4
III. Utilisation des eaux usées pour alimenter le réseau de chaleur urbain.....	5
Réseau de chaleur de la ZAC Bron Terraillon	5
IV- Création d'une chaufferie bois pour alimenter le réseau de chaleur	9
V- Comparaison des deux scénarios	13
Conclusion	14
Bibliographie	15
Sites internet :.....	15
Ressources documentaires :.....	15

I- Les réseaux de chaleur urbains: une réponse locale aux enjeux climatiques

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 conso d'énergie finale par les EnR (Obj propre à la France)
- Augmenter de 20% l'efficacité énergétique

Le développement des réseaux de chaleur urbains peut contribuer à l'atteinte ces trois objectifs. Au niveau local, la métropole de Lyon a décidé de profiter de grands travaux de la ZAC Terrailon pour installer un nouveau réseau de chaleur. Cette décision s'inscrit dans la politique de la métropole. En effet les objectifs locaux du Plan Climat sont entre autre de :

- 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

Les avantages des réseaux de chaleur urbains sont multiples. Ce type de chauffage collectif permet une meilleure efficacité énergétique. Un réseau de chaleur émet moins d'émissions de gaz à effets de serre que l'ensemble des sources de chauffage individuel nécessaires pour alimenter le même nombre de logements. Ainsi, les impacts sur la santé des populations et sur le climat sont moindres. De plus, les réseaux de chaleur urbain constituent une opportunité pour développer un chauffage peu cher alimentés en énergies renouvelables.

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.

II- Le quartier du Terrailon: un réseau de chaleur vétuste en inadéquation avec la population

1) Le quartier Terrailon : un contexte social difficile

Le quartier du Terrailon est situé dans la ville de Bron, en première couronne à l'est de l'agglomération Lyonnaise.

Ce quartier est marqué par les difficultés sociales et économiques. Il est d'ailleurs ciblé par le Grand Lyon comme faisant partie des sites à requalifier avec l'intervention de l'ANRU puisqu'il est classé de catégorie 1 dans la géographie prioritaire de la politique de la ville de l'agglomération lyonnaise. La population y est en effet précaire avec une proportion de 57% des ménages allocataires CAF.

Le quartier en lui-même est peu attractif. Le bâti, principalement des logements collectifs en copropriété, est vétuste datant des années 60. Les espaces extérieurs ne sont que peu attractifs et les commerces sont en difficulté.

Dans cette situation, le quartier fait l'objet d'un projet de renouvellement urbain mené par la SERL et vise à un renouveau profond du quartier. Le quartier fera l'objet d'un nouveau maillage des voies publiques. Des espaces publics, des offres de commerces, d'établissements publics seront développés. Plus particulièrement, une attention particulière sera accordée au bâti pour requalifier les logements. Une ZAC a été créée au centre du quartier. Certains bâtiments seront rénovés tandis que 400 logements seront détruits et reconstruits.

Dans ce contexte, la question de l'avenir du réseau de chaleur existant et desservant entre autre les bâtiments de la ZAC se pose. Le projet peut être une opportunité pour le remettre en état, ou encore l'étendre mais la possibilité d'équiper chaque logement en chauffage individuel elle aussi peut être envisagée.

2) Le réseau de chaleur existant du quartier Terrailon:

La ZAC du Terrailon est chauffée par un réseau de chaleur urbain vétuste alimenté exclusivement au gaz. On estime que la mise en fonctionnement de ce réseau date des années 1980. Aujourd'hui, ce réseau soulève des questions sur son devenir. En effet, même si deux des trois chaudières sont en très bonne état, les canalisations du réseau sont vieilles et induisent donc de fortes déperditions énergétiques. De plus, la chaufferie n'est plus aux normes (manque d'issue de secours, absence de murs coupes feux, une seule vanne pour l'approvisionnement en gaz, etc).

Enfin, un chauffage exclusivement au gaz n'est pas vecteur d'un chauffage vertueux et durable. Un réseau de chaleur alimenté par une énergie thermique durable permettrait de limiter la précarité énergétique des ménages. En effet, les ménages ne seront plus dépendants du gaz, et de ses fluctuations de prix.

Dans un contexte de rénovation urbaine de la ZAC du Terrailon, changer ce réseau de chaleur existant est une réelle opportunité pour le quartier. Les travaux des différents pourront ainsi être coordonnés, et d'autres bâtiments qui n'étaient pas reliés à l'ancien réseau de chaleur pourront ainsi être raccordés

à ce nouveau réseau. Les ménages vivront ainsi dans des logements neufs (ou rénovés), chauffés par une énergie thermique durable et vertueuse.

3) Notre démarche:

Afin de répondre à la problématique de production d'énergie thermique durable et vertueuse sur le quartier du Terrillon, nous avons eu la démarche suivante.

Nous avons procédé par élimination sur les sources d'énergies thermique disponibles localement. D'après le site du BRGM, la ville de Bron n'a pas un fort potentiel de géothermie superficielle. La présence de ressources géothermiques sur le territoire est "moyennement probable". Ainsi, nous avons préféré ne pas retenir cette source d'énergie thermique durable.

Le solaire thermique étant davantage adapté au chauffage d'eau chaude sanitaire à l'échelle d'un bâtiment qu'à l'échelle d'un réseau de chaleur urbains, nous avons décidé de ne pas étudier cette source d'énergie thermique.

Enfin, la valorisation des énergies fatales liées à l'activité des industries chimiques de la Vallée de la Chimie nous a semblé intéressante. Néanmoins, la longue distance entre les industries et le quartier, et le fait qu'un projet de réseau de chaleur alimenté par ces énergies fatale sur Vénissieux est en cours, nous avons choisi de prendre d'autres sources d'énergies thermiques.

Nous avons donc sélectionné deux sources, correspondantes à deux scénarios: l'alimentation d'un réseau de chaleur par les eaux-usées puis par la biomasse.

III. Utilisation des eaux usées pour alimenter le réseau de chaleur urbain

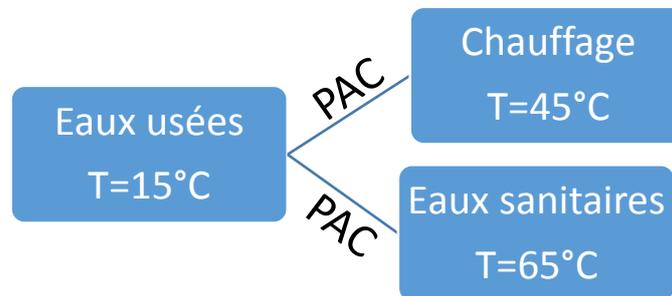


Figure 1 : Valorisation des eaux-usées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

La chaleur des eaux usées est aujourd'hui très peu valorisée, alors que son potentiel est très intéressant. En effet, la température moyenne des eaux usées est de 15°C. En plaçant des échangeurs thermiques linéaires, on peut récupérer les calories des eaux usées. Le fluide se trouvant à l'intérieur de l'échangeur thermique récupère les calories des eaux usées se trouvant en contact avec l'échangeur thermique linéaire. L'eau est ainsi chauffée à 15°C, il faut ensuite rehausser sa température à l'aide de pompes à chaleur pour son utilisation en eau chaude sanitaire (à 65°C) ou en chauffage (à 45°C).

L'avantage de la valorisation de la chaleur des eaux usées est que cette ressource est gratuite et permanente, et qu'elle est disponible localement. Néanmoins, la valorisation de la chaleur des eaux usées nécessite des pompes à chaleur et donc induit une consommation d'électricité. De plus, pour que cette source de chauffage soit intéressante, il faut alimenter uniquement des bâtiments basse consommation ou des bâtiments dont le chauffage se fait par le plancher.

Réseau de chaleur de la ZAC Bron Terrailon

Mise en place du réseau :

Dans notre projet de réseau de chaleur, nous avons choisi de raccorder au nouveau réseau de chaleur l'ensemble des bâtiments de la ZAC (neufs et existants) ainsi qu'un îlot de bâtiments situé sur Villeurbanne, de l'autre côté de la route de Genas. La résidence Caravelle n'est pas rattachée au réseau de chaleur. Cette copropriété a souhaité se défaire du réseau de chaleur gaz au moment de ses travaux de réhabilitation en bâtiments BBC. Elle est donc maintenant chauffée par des chaudières individuelles. C'est en tout un réseau de 5330 m de canalisation qui va être mis en place.



Figure2 : Tracé du réseau (pas de tracé sous la ZAC car la disposition des bâtiments est modifiée)

La surface totale à chauffer est de 76 684 m². Compte tenu qu'un équivalent logement correspond à un logement de 70m² dans un bâtiment de performance énergétique moyenne, nous considérons qu'un logement dans la ZAC du Terrailon correspond à un logement. Ainsi, c'est environ 1060 équivalents logements qui seront chauffés par ce nouveau réseau de chaleur.

Afin de pouvoir produire une puissance suffisante, il faut installer des échangeurs thermiques. 276m linéaires d'échangeurs thermiques seront placés sur la route de Genas. Sachant qu'un mètre linéaire d'échangeur produit entre 2 à 8 kW, nous devrions avoir une production de 828 kW (hypothèse : 1m linéaire d'échangeur thermique produit 3kW).

Connaissant la consommation totale des bâtiments, on peut en déduire la puissance utile nécessaire pour alimenter tous ces bâtiments. On divise la consommation totale par le "nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance" (NHFP). Ce nombre d'heures est compris entre 1500 et 1800 pour un logement standard. Nous avons fait nos calculs pour NHFP égal à 1800.

	<i>Consommation (MWh/an)</i>	<i>Puissance utile (kW/an)</i>
<i>Bâtiments neufs</i>	3661	2 033
<i>Bâtiments existants</i>	9670	5 372
Total	13 331	7405

Figure 3 : Tableaux sur la consommation totale des bâtiments et la puissance utile

Sachant que la puissance maximale nécessaire en hiver pour chauffer l'ensemble de ces bâtiments est de 1240 kW, le réseau de chaleur sera alimenté avec au moins 67% d'énergie renouvelable.

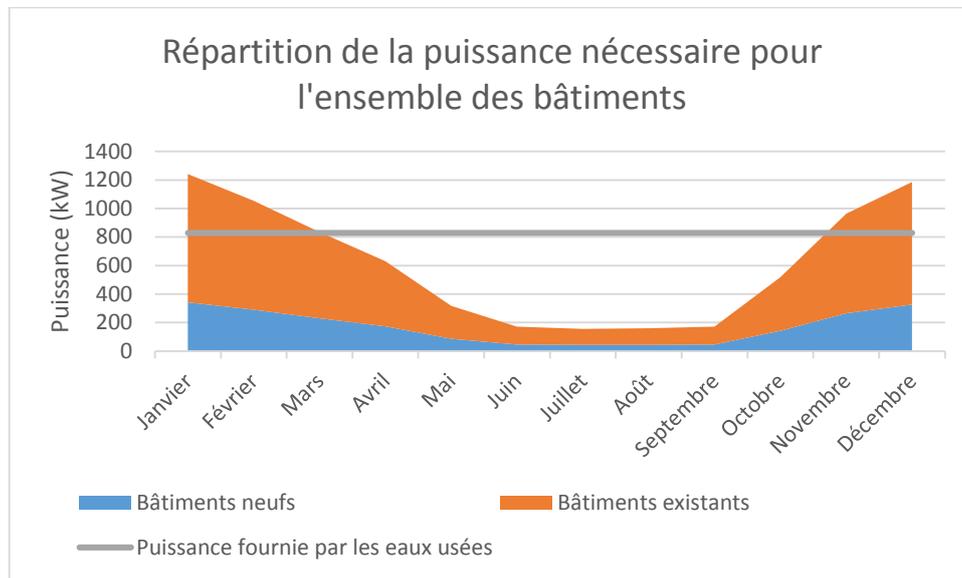


Figure 3 : Répartition de la puissance nécessaire pour l'ensemble des bâtiments

Le réseau de chaleur comportera deux pompes à chaleur ainsi que les chaufferies gaz de l'ancien réseau, afin d'assurer un chauffage d'appoint. Les 32 sous-stations permettront l'approvisionnement en eau chaude pour l'ensemble des bâtiments.

Bilan environnemental et financier :

En valorisant la chaleur des eaux usées à l'aide de pompe à chaleur, il faut 0,25 kWh d'électricité pour avoir 1kWh d'eau chaude. Sachant que le bilan CO₂ pour produire 1 kWh d'électricité (pour le chauffage) est de 180g eqCO₂, et que celui pour produire 1 kWh de gaz est de 274g eqCO₂, on peut en déduire les tonnes équivalentes CO₂ évitées par an.

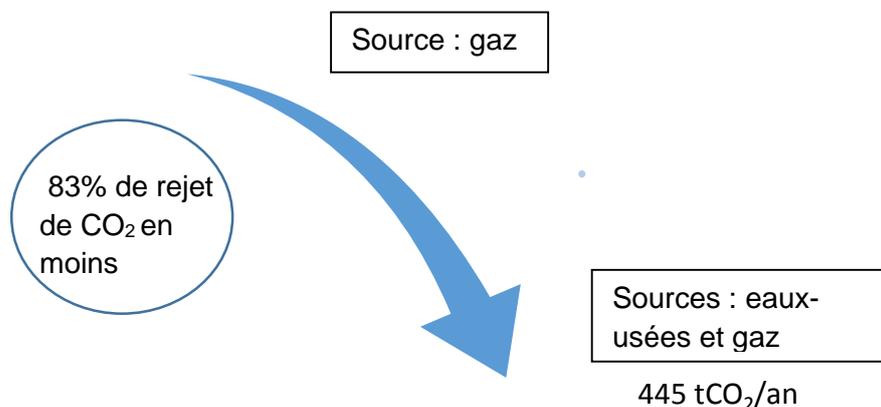


Figure 4 : Bilan CO₂ du réseau de chaleur

La rénovation du réseau de chaleur permet une réduction des émissions de CO₂. C'est près de 83% de rejet en moins en CO₂ qui seront évités.

Nous avons évalué un coût global d'investissement d'environ 10 M€.

<i>Détails des investissements</i>	<i>Coûts (€)</i>
<i>Sous-stations</i>	42.10 ⁴
<i>Canalisation</i>	3,7.10 ⁶
<i>Génie civil</i>	1,1.10 ⁵
<i>Pompes à chaleur</i>	1,2.10 ⁶
<i>Remise aux normes de la chaufferie</i>	5.10 ⁵
<i>Travaux</i>	11.10 ⁴
Total	9,34.10⁶

Figure 5 : Estimations des investissements

Comme ce réseau est alimenté avec plus de 50% d'énergie renouvelable, ce projet est éligible au fond chaleur attribué par l'ADEME. Le montant du fond chaleur est 712 000 € pour ce projet de réseau de chaleur.

Les coûts de fonctionnement seront liés à la maintenance du réseau, et à l'approvisionnement en électricité. En connaissant le prix moyen de l'électricité (0,15€/kWh en 2015), on en déduit que le coût d'exploitation sera de 371 k€/an.

IV- Création d'une chaufferie bois pour alimenter le réseau de chaleur

La Métropole de Lyon souhaite favoriser le développement de la filière bois. Les chaufferies bois permettant d'amener une source de chaleur neutre en CO₂, elles nous semblent être une bonne opportunité de développement de réseaux de chaleur. Nous profitons donc de la rénovation du quartier du Terrailon et de l'aménagement de la ZAC pour procéder aux études quant à la viabilité d'une chaufferie bois alimentant en chaleur ce quartier.

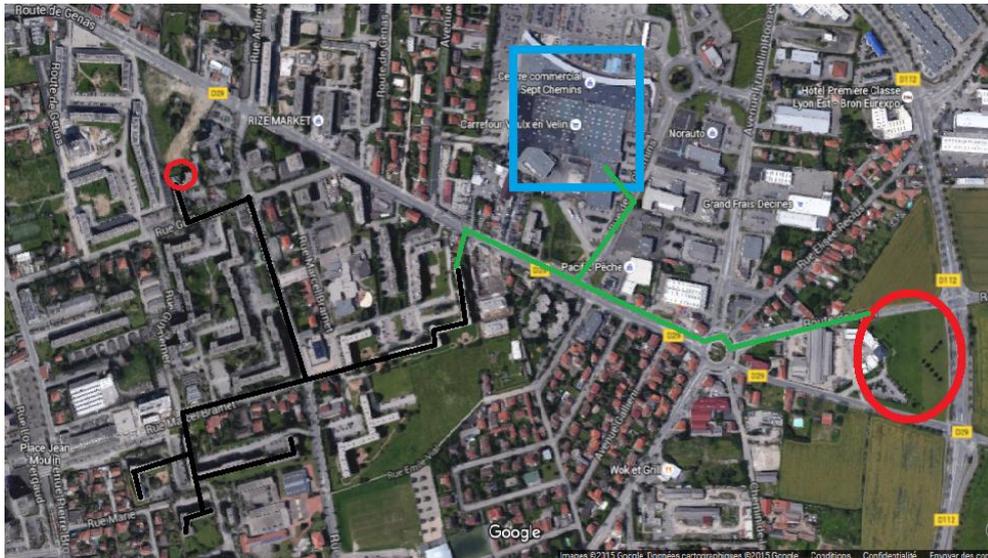


Figure 6 : Estimations des investissements

Au vu de la situation géographique du quartier, et de l'importante emprise au sol d'une telle installation, nous avons dû excentrer la chaufferie, mais cela représente une opportunité : celle de relier le centre commercial des 7 chemins au réseau de chaleur, et d'y créer un réseau de froid commercial.

Mise en place du réseau :

Le réseau de chaleur comprend donc ainsi 2 600 m de canalisations, réparties comme ceci :

- Partie commune (de la chaufferie à la séparation) : 450 m ;
- Centre commercial (de la séparation au centre) : 120 m ;
- Partie Terrailon (de la séparation aux immeubles) : 1850 m, comprenant la rénovation du réseau existant.

Le réseau de chaleur est dimensionné pour pouvoir alimenter les 884 équivalents logements du quartier Terrailon, et les 1 284 équivalents logements du centre commercial, soit au total 2 168 équivalents logements. Ces 2 168 équivalents logements représentent une demande de puissance d'alimentation de 11 MW, soit 7,3 MW pour les logements et 3,7 pour le centre commercial, sans tenir compte du réseau de froid. Concernant le réseau de froid commercial au niveau du centre commercial, les notices de l'ADEME nous indiquent que la consommation de froid représente 41% de la consommation des centres commerciaux, ce qui demanderait une puissance d'alimentation

supplémentaire de 821 W. Le surplus de demande étant négligeable par rapport aux autres quantités, nous n'en tiendront pas compte dans les bilans financiers.

Le réseau de chaleur a pour but d'alimenter un centre commercial, dont l'essentiel de la demande se concentre en journée, et un îlot de logements, dont l'essentiel de la demande se concentre en soirée et matinée. Nous avons donc étudié la possibilité de réaliser du foisonnement, afin d'optimiser le fonctionnement du réseau.

Le foisonnement, qu'est-ce donc ?

Le foisonnement, c'est mettre en commun des demandes en énergies décalées, qui se complètent afin d'optimiser l'approvisionnement en énergie. Cela est d'autant plus important que nous étudions un réseau de chaleur basé sur l'énergie bois. Les chaufferies bois sont lentes à amorcer, et répondent difficilement à un pic de demande. Grâce au foisonnement, on peut donc fournir une même quantité d'énergie constamment, et éviter une variation d'activité.

L'étude du foisonnement dans notre cas :

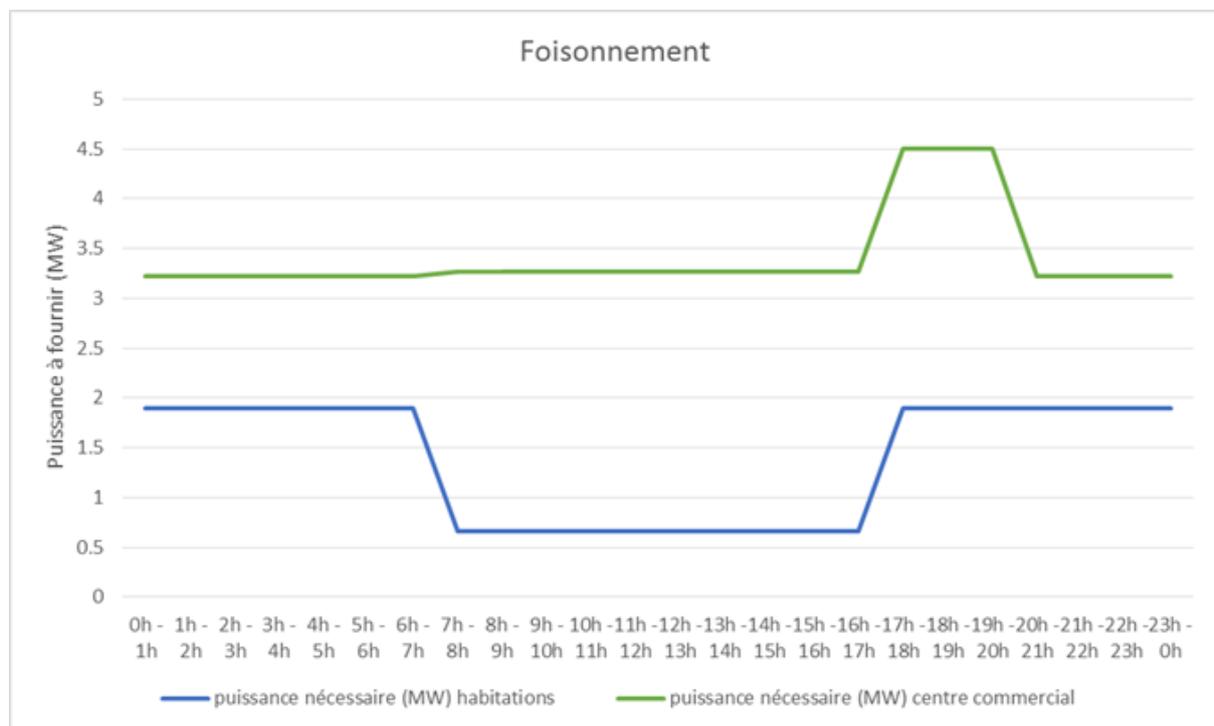


Figure 7 : Présentation du foisonnement

Nous avons supposé que les habitations consomment 80% de leur consommation quotidienne dans la tranche horaire 7h – 17h. De même nous avons supposé que le centre commercial consommait 70% de sa consommation quotidienne dans la tranche horaire 8h – 20h.

Rénovation de la chaufferie gaz existante :

Le réseau de chaleur que nous proposons est alimenté par une chaufferie bois. Comme expliqué précédemment, le foisonnement permet d'optimiser le fonctionnement de la chaufferie, de manière

théorique. Il arrive en pratique que des pics de demande peuvent subvenir, et les chaufferies bois y répondent difficilement. Nous avons donc choisit de conserver en appoint la chaufferie gaz déjà existante au niveau du quartier du Terrailon. Suite au rapport d'inspection de la chaufferie, de nombreux travaux sont à réaliser. Nous choisissons de les réaliser, le coût supplémentaire engendré étant négligeable par rapport au coût global de l'opération (voir étude financière).

Bilan environnementale et financier :

L'énergie bois est favorisée au vu du bilan carbone neutre dont elle dispose. En effet, le CO2 émis lors de l'exploitation est absorbé par la croissance des arbres servant à alimenter le stock de bois. Concernant les émissions de particules fines, des filtres à particules sont placés dans les cheminées afin d'éviter une pollution atmosphérique locale.

Les émissions de CO2 proviendront donc de la phase travaux, et des émissions des camions transportant le bois.

Concernant l'aspect financier du projet, nous avons choisis de ne pas y inscrire le coût de création du réseau de froid au centre commercial et de la rénovation de la chaufferie gaz d'appoint, les sommes étant négligeables par rapport au bilan global, présenté dans le tableau ci-dessous :

Puissance centre commercial	3777kW
Puissance habitations	7328kW
Puissance fournie	8MW
Coûts de l'installation de la chaufferie	3,15M€
Coût des canalisations	1,3M€
Coûts chaufferie + canalisations	4,45M€
Coûts études	445k€
Coûts totaux sans aides HT	4,9M€
Coûts totaux avec aides HT	4,1M€
Coûts totaux avec aides TTC (TVA à 5,5%)	4,3M€
Coûts de fonctionnement	423 000 €

Le coût final est calculé comme ceci : l'installation de la chaufferie, les canalisations sont Hors Taxes ; le cout des études correspond à 10% de la somme des investissements précédents ; on ajoute les aides de l'ADEME, le projet étant éligible au Fond Chaleur car plus de 50% de la production en énergie est assurée par des énergies renouvelables ; on applique une TVA de 5,5% pour avoir le coût final TTC. La TVA est normalement de 19.6%, mais le projet peut être financé par l'Etat en réduisant la TVA à 5,5%. C'est une aide mise en place depuis 2006 pour favoriser ce type de réseaux.[\[1\]](#)

Le coût de fonctionnement correspond aux approvisionnements en bois de la chaufferie via des camions. Au vu de la puissance à fournir par la chaufferie, un camion de type semi-remorque par jour est nécessaire.

Avantages et inconvénients du projet :

Le projet concerne majoritairement la filière bois, filière que la Métropole de Lyon souhaite valoriser. Ce projet va donc dans le sens de la politique de la Métropole. De plus, l'énergie bois est une énergie neutre en CO₂, ce qui est d'autant plus valorisable dans le contexte de la COP21 et de la loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte.

Le foisonnement est applicable à notre projet, ce qui permet ainsi d'optimiser le fonctionnement de la chaufferie bois et d'augmenter son efficacité économique. Nous conservons néanmoins la chaufferie gaz d'appoint pour répondre aux problématiques ponctuelles de pics de demande.

Le terrain choisi pour l'implantation de la chaufferie bois appartient à la Mairie de Bron, et il n'est pas impossible qu'elle refuse de le céder pour la réalisation du projet.

Une chaufferie bois est une installation massive, demandant une acceptation par les habitants. De plus, l'installation est située à proximité d'habitations, ce qui complexifie le processus.

V- Comparaison des deux scénarios

Les deux scénarios proposés ci-dessus sont basés sur la structure du réseau existant sur le quartier du Terrailon. Ils incluent des bâtiments supplémentaires afin de développer le réseau. Cependant nous pouvons noter une différence dans le nombre d'équivalents logements couverts par chacune des propositions : celle qui utilise une chaufferie bois dessert presque deux fois plus d'équivalents logements que celle qui exploite la chaleur des eaux usées.

Dans les deux scénarios, les deux chaudières en bon-état de l'actuelle chaufferie au gaz sont gardées afin d'assurer un chauffage d'appoint (démarrage de la chaufferie bois, problèmes d'acheminement de la biomasse, panne de la chaufferie bois/pompe à chaleur). Ils introduisent tous les deux une source d'énergie renouvelable de telle sorte que l'énergie du nouveau réseau soit composé à plus de 50% d'énergie renouvelable. Nous pouvons remarquer que le scénario comprenant une chaufferie bois utilise le foisonnement pour limiter la puissance des installations construites, ce qui diminue son coût économique. Néanmoins, dans l'autre scénario, les émissions de CO₂ sont réduites à plus de 80% (comparaison faite entre le nouveau réseau vertueux et la maintenance de l'ancien réseau gaz), ce qui est considérable. Dans une logique de transition énergétique, cet impact positif n'est pas négligeable. Ce scénario réduit ainsi son coût environnemental.

Enfin, les coûts d'investissement et d'exploitation diffèrent entre les deux scénarios : celui qui utilise la chaleur des eaux usées nécessite un investissement initial de 9.3M€ et des coûts d'exploitation de 371k€ par an, alors que celui avec une chaufferie au bois a besoin de 4.3M€ initialement et 423k€ par an par la suite. On remarque que l'un des scénarios a un investissement initial élevé mais moins de coûts d'exploitation par la suite.

Les deux scénarios induisent de fortes contraintes foncières et logistiques: dans les deux cas, l'acquisition de terrain pour implanter la chaufferie pose question. Dans le scénario eaux-usées, les travaux sur la route de Genas risquent de causer de la congestion et le mécontentement des habitants. Néanmoins, en phase d'exploitation, il n'y aura aucune gêne notable sur les infrastructures routières, alors que l'acheminement hebdomadaire de la biomasse engendrera le passage de semi-remorque et des risques accrus d'accidentalité.

En conclusion, le scénario utilisant la chaleur des eaux usées est plus cher et couvre moins d'équivalents logement que le second scénario, qui présente un impact sur l'environnement plus important en raison de l'émission de CO₂. Le choix d'un scénario ou d'un autre dépend donc de l'importance relative accordée aux critères économiques et écologiques.

Conclusion

Un projet de réseau de chaleur urbain demande de prendre en compte une multitude de paramètres afin de pouvoir être optimal. S'agissant d'une infrastructure lourde dans sa mise en place, il est nécessaire d'approfondir les études préalables afin de valider la viabilité du projet.

Un réseau de chaleur étant déjà existant au niveau de la zone d'étude, la question de l'acceptabilité ne se pose pas, en théorie. En pratique, la copropriété Caravelle a choisi de ne plus être alimenté par un réseau de chaleur. La question de la pertinence d'un tel aménagement sur ce territoire se pose donc.

Néanmoins, un réseau de chaleur représente une opportunité de développement pour un quartier, et ouvre de nouvelles possibilités. Des infrastructures futures peuvent voir un intérêt à s'implanter dans une zone disposant d'un réseau de chaleur. Par exemple, les usines de Solvay dans la Vallée de la Chimie mènent actuellement les études pour la réutilisation de leur chaleur fatale.

Les études de création de réseau de chaleur doivent néanmoins se poursuivre à l'échelle nationale, afin de pouvoir saisir les opportunités associées. De plus, nous sommes dans le contexte de la COP21 et de la Loi pour la Transition Énergétique et la Croissance Verte, il est donc important de ne pas rater les opportunités d'agir dans le sens de la Loi. De multiples énergies ne sont actuellement pas exploitées, et représentent de réelles opportunités pour le développement de demain.

Bibliographie

Sites internet :

- Site de la commune de Bron, www.ville-bron.fr/editorial.php?Rub=445
- Site du Cerema : réseaux de chaleur, reseaux-chaleur.cerema.fr
- Blog du Cerema réseaux de chaleur
- Site de l'ADEME, fonds de chaleur, ademe.fr, *Le fond chaleur en bref*
- BRGM, brgm.fr
- Géoportail, tab.geoportail.fr

Ressources documentaires :

- *compte rendu de la visite de la production, Chaufferie centrale*, mars 2008, Saunier et Associés
- projet d'aménagement du quartier Bron Terraillon lot 3: Etude chauffage, 2008
- convention de plan de sauvegarde des copropriétés de Bron Terraillon, septembre 2012
- Audit énergétique du réseau de chaleur de Bron-Terraillon, *Grand Lyon*, Avril 2015
-