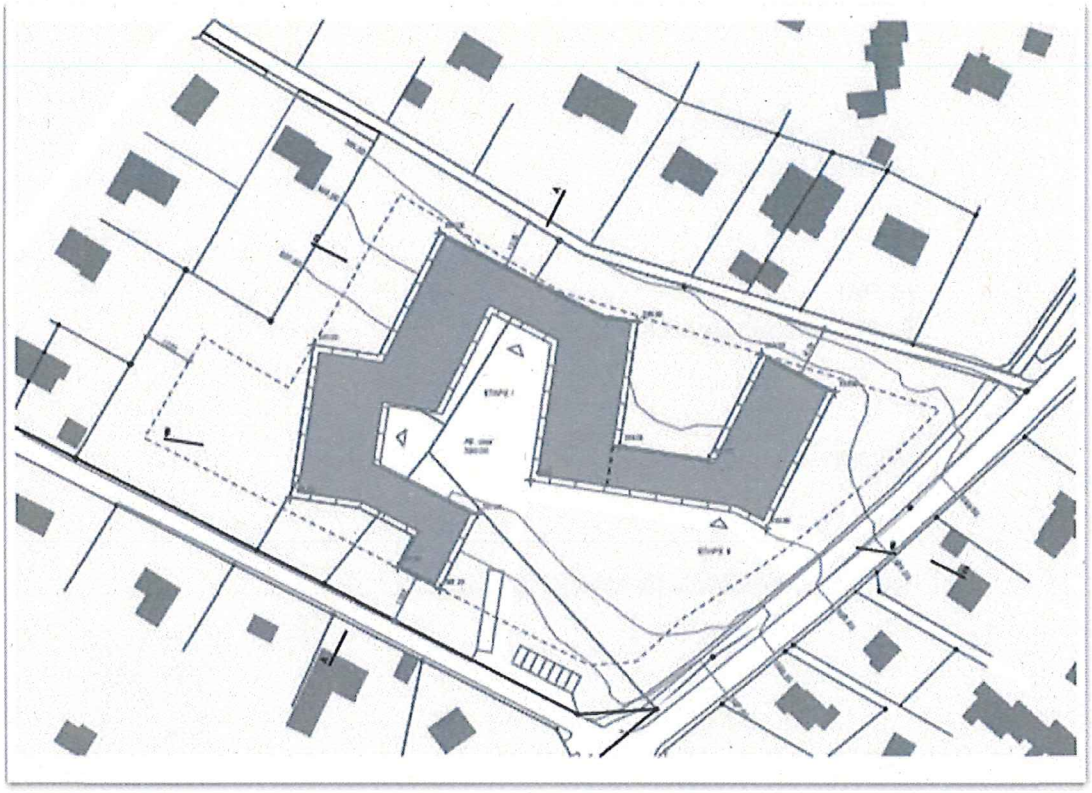
Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

CONCEPT ENERGETIQUE TERRITORIAL
PLQ EN COURS
LA BOURDONNETTE – VERNIER
ETUDE PRÉLIMINAIRE



PLQ chemin de la Bourdonnette

CET 2015-04

OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Puits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

06.05.2015

Version 02/04 août 2014

Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

Impressum

Donneur d'ordre	FLPAI Cité-Vieusseux 8 1203 Genève
Mandataire	Ruffieux-Chehab Architectes SA Bd de Pérolles 18 1700 Fribourg Mike HUMBERT Sarl 6 rue Antoine Verchère 1217 Meyrin
Rédaction	M. Mike HUMBERT M. Gaël Brocard
Distribution	FLPAI Ruffieux-Chehab Architectes SA
Versions	Version 2
Fichier	1402 Concept Energétique Territorial-04082014.docx

Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

Concept énergétique préliminaire – PLQ Bourdonnette

Table des matières

1. GLOSSAIRE DES ÉNERGIES 5
2. RÉSUMÉ 6
3. DEFINITIONS ET BASES LEGALES 7
3.1 Objectifs et positionnement de l'étude 7
3.2 Contenu du Concept Energétique Territorial (CET) 7
3.3 Cadres légaux et politiques 8
3.4 Périmètres de l'étude 11
4. DESCRIPTION DU PROJET 14
5. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL 15
5.1 Climat 15
5.2 Qualité de l'Air et bruit 15
5.3 Bruit 17
6. ETAT DES LIEUX ENERGETIQUE 18
6.1 Energie solaire 18
6.2 Source de chaleur dans les environs proches 19
6.3 Energie SIG 20
6.4 Fioul 20
6.5 Géothermie 20
6.6 Réseaux thermiques 21
6.7 Bois-Biomasse 22
6.8 Rejets et récupérations thermiques 22
6.9 Air 23
6.10 Synthèse des sources d'approvisionnement renouvelables localement pertinentes 23
7. BESOINS ÉNERGÉTIQUES DU PROJET 24
7.1 Concept architectural 24
7.2 Concept techniques 25
7.3 Besoin du projet 26
8. ACTEURS DU PROJET 28

9. STRATEGIE ENERGETIQUE 29
9.1 Variante n° 1 : Gaz + solaire thermique (CAD remplacera le gaz à moyen terme): 30
9.2 Variante n° 2 : PAC air/eau + gaz + solaire thermique et photovoltaïque (CAD remplacera le gaz à moyen terme) : 32
9.3 Variante N° 3 : PAC sondes géothermiques + Solaire thermique et photovoltaïque. 33
9.4 Variante n° 4 : PAC eau/eau à changement de phase + Solaire thermique et photovoltaïque. 34
9.5 Variante n° 5 : Bois + Solaire thermique 36
10. SYNTHESE ET ORIENTATIONS POSSIBLES 37
10.1 Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs 37
10.2 Comparaison quantitative des scénarios 38
10.3 Comparaison qualitative des scénarios 39
10.4 Synthèse des stratégies énergétiques 40
11. CONCLUSION 41

1. Glossaire des énergies

COP : Coefficient de performance d'une pompe à chaleur
DD : Demande définitive
DR : Demande de renseignement
ECS : Eau chaude sanitaire
NO2 : Dioxyde d'azote
OPair : Ordonnance fédérale sur la protection de l'air
PAC : Pompe à chaleur
PLQ : Plan localisé de quartier
PM 10 : Particules fines
SIA : Société suisse des ingénieurs et architectes
SBP : Surface brute de plancher
SRE : Surface de référence énergétique

Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

2. Résumé

L'objet de cette étude est la réalisation d'un concept énergétique territorial (CET) pour le projet de PLQ « La Bourdonnette » au chemin de la Bourdonnette à Vernier. Un tel concept vise à identifier les stratégies d'approvisionnement énergétique pertinentes et conformes aux objectifs de la politique cantonale pour le complexe de bâtiments appelé à être construit sur ce périmètre.

Ce CET intervient en amont de la définition même des caractéristiques et des performances énergétiques précises du futur complexe. Il doit donc être considéré avant tout comme une étape de cadrage permettant :

- d'identifier les principaux enjeux liés à l'approvisionnement énergétique des futurs bâtiments
- d'identifier les filières d'approvisionnement pertinentes et anticiper les actions à entreprendre pour ne pas en compromettre la valorisation future.

Le PLQ prévoit la construction d'un bâtiment pour une SBP totale de 14908 m2, destinés entièrement aux logements type IEPA. Il faut cependant préciser qu'un phasage en 2 étapes est prévu.

Les puissances et énergies requises sont les suivantes :

Energie	Equivalent Minergie®	Equivalent Minergie-P®
Chaleur	887 MWh/an - 493 kW	728 MWh/an - 413 kW
Froid	7.4 MWh/an - 37 kW	7.4 MWh/an - 37 kW
Electricité (PAC non comprises)	438 MWh/an	438 MWh/an

Cinq scénarios d'approvisionnement ont été étudiés :

- Minimum légal : chaudières au gaz et la couverture de 30% des besoins d'ECS par des panneaux solaires thermiques.
- CAD + Solaire : développement du réseau CAD Step-Lignon d'ici 2018-2020 avec intégration du 30% du besoin CH+ECS en panneaux solaires thermiques.
- Air : PAC air/eau pour satisfaire une grande partie des besoins de chauffage et 70% des besoins d'ECS, ainsi que des panneaux solaires thermiques pour couvrir 30% du CH+ECS. Un appoint par chaudière à gaz pour les pics de demande complète le tout.
- Géothermie avec recharge : 69 sondes géothermiques verticales (pour un équivalent Minergie®), permettant de couvrir les besoins de chauffage et d'ECS au moyen de PAC, avec recharge estivale du terrain à l'aide des panneaux solaires thermiques.
- Glace-Soleil : favorise en premier lieu les panneaux solaires thermiques, puis la chaleur latente de l'eau-glace et en dernier lieu la PAC eau/eau.
- Biomasse : chaudière à bois couvrant 70% des besoins globaux avec en complément des panneaux solaires thermiques.

En conclusion les options les plus favorables sont le « CAD + Solaire » et le « PAC Glace + Solaire ». Le scénario « Gaz + Solaire » serait également possible techniquement, mais peu recommandé eu égard aux énergies fossiles ou alors de manière transitoire pour le « CAD + Solaire ».

3. DEFINITIONS ET BASES LEGALES

3.1 Objectifs et positionnement de l'étude

L'objet de cette étude est la réalisation d'un concept énergétique territorial (CET) pour le projet de PLQ « La Bourdonnette » au chemin de la Bourdonnette à Vernier. Un tel concept vise à identifier les stratégies d'approvisionnement énergétique pertinentes et conformes aux objectifs de la politique cantonale genevoise pour le complexe de bâtiments appelé à être construit sur ce périmètre.

Ce CET intervient en amont de la définition même des caractéristiques et des performances énergétiques précises du futur complexe. Il doit donc être considéré avant tout comme une étape de cadrage permettant :

- d'identifier les principaux enjeux liés à l'approvisionnement énergétique des futurs bâtiments
- d'identifier les filières d'approvisionnement pertinentes et anticiper les actions à entreprendre pour ne pas en compromettre la valorisation future.

3.2 Contenu du Concept Energétique Territorial (CET)

Depuis l'entrée en vigueur, en août 2010, de la nouvelle loi cantonale sur l'énergie (L2 30), les PLQ doivent comporter un concept énergétique (L2 30, article 11, alinéa 2). Tel que défini dans la L2 30, le CET est « *une approche élaborée à l'échelle du territoire ou à celle de l'un de ses découpages qui vise à :*

a) Organiser les interactions en rapport avec l'environnement entre les acteurs d'un même territoire ou d'un même découpage de ce dernier, notamment entre les acteurs institutionnels, professionnels et économiques;

b) Diminuer les besoins en énergie, notamment par la construction de bâtiments répondant à un standard de haute performance énergétique et par la mise en place de technologies efficaces pour la transformation de l'énergie;

c) Développer des infrastructures et des équipements efficaces pour la production et la distribution de l'énergie;

d) *Utiliser le potentiel énergétique local renouvelable et les rejets thermiques*. » (L2 30, art 6).

Conformément au règlement d'application de la loi cantonale sur l'énergie (L2 30.01) et à la directive relative au concept énergétique territorial, le CET se compose des éléments suivants :

1. Délimitation des périmètres de l'étude (périmètre restreint comprenant le PLQ et périmètre élargi comprenant la zone d'intérêt et/ou d'influence autour du périmètre restreint),

2. Etat des lieux de la qualité de l'air,

3. Evaluation qualitative et quantitative (énergie et puissance) de la demande en énergie actuelle et future (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point b),

4. Détermination des infrastructures existantes et projetées (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point d),

5. Evaluation qualitative et quantitative (énergie et puissance) de l'offre en énergies renouvelables et locales (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point a),

6. Analyse des principaux acteurs présents dans le périmètre (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 points a et c),

7. Proposition de stratégies d'approvisionnement énergétique visant la valorisation des énergies renouvelables et/ou locales ainsi que des infrastructures existantes (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 points e et f),

8. Mise en évidence des mesures, infrastructures et équipements à préciser pour les niveaux de planification inférieurs (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point g).

3.3 Cadres légaux et politiques

Ce chapitre récapitule les orientations et/ou les objectifs quantifiés fixés par les autorités publiques à travers les lois et les programmes d'actions de politique énergétique, et auxquels devra se conformer le présent CET.

Niveau fédéral

La politique énergétique fédérale se fonde sur les articles 89 à 91 de la Constitution, sur les engagements internationaux pris par la Suisse dans le cadre du Protocole de Kyoto1, ainsi que sur les lois sur l'énergie, sur l'approvisionnement en électricité et sur le CO2. Elle s'inscrit en outre dans la vision à long terme que représente la "Société 2000 Watt", qui correspond à une division par 3 à 4 de nos consommations actuelles.

Suite à la décision d'abandon progressif de l'énergie nucléaire prise en 2011 par le Conseil Fédéral et le Parlement, des études ont été menées pour évaluer la faisabilité de cette stratégie. Rendues au printemps 2012, ces études ont confirmé que la sortie progressive du nucléaire était réalisable avec des conséquences économiques limitées. Elles ont également permis de préciser les objectifs quantitatifs et qualitatifs pour la politique énergétique. Ainsi, selon le scénario "Nouvelle politique énergétique" pour l'horizon 2050 :

- la consommation globale d'énergie et la consommation d'électricité doivent baisser respectivement de 70 TWh et de 21 TWh par rapport à la tendance actuelle ;

- la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables doit s'accroître d'un tiers, et compenser la réduction progressive de production issue du nucléaire ;

- afin de garantir, notamment en hiver, la sécurité de l'approvisionnement de la Suisse, la construction d'installations de couplage chaleur-force (CCF) et de centrales à gaz à cycle combiné est nécessaire;

- les objectifs climatiques actuels sont maintenus.

Afin d'avancer vers la réalisation de ces objectifs, un premier paquet de mesures pour la stratégie énergétique 2050 a été proposé en avril 2012. Celui-ci se compose de différents volets :

- Efficacité énergétique
- Energies renouvelables
- Taxes énergétiques
- Centrales à combustibles fossiles
- Installations pilotes et de démonstration et projets phares
- Fonction de modèle de la confédération
- Programme Suisse Energie

Le contenu de ces volets est présenté de manière détaillée dans la fiche d'information intitulée « Premier paquet de mesures pour la stratégie énergétique 2050 » publiée en avril 2012 par le Conseil Fédéral.

Niveau cantonal

Axée sur l'objectif de la "Société à 2000 Watt sans nucléaire", la politique énergétique du Canton de Genève est basée sur les articles 167 à 170 de la Constitution cantonale ainsi que sur la loi sur l'énergie et son règlement. Dans le cadre de la dernière révision de cette loi, diverses dispositions ont été adoptées qui doivent être prises en compte pour la présente étude. On relèvera notamment :

- L'obligation de réaliser des concepts énergétiques territoriaux pour tout projet d'aménagement ainsi que sur tout périmètre désigné comme pertinent par l'autorité compétente (Art. 11 L 2 30),
- L'accroissement des exigences relatives à toute nouvelle construction ou rénovation (Art.15),
- L'accroissement des exigences concernant les performances énergétiques des bâtiments et installations des collectivités publiques (Art.16).

Si la loi fixe le cadre dans lequel la politique énergétique cantonale doit s'inscrire, c'est à travers la Conception Générale de l'Energie (CGE) – dont la dernière a été adoptée à l'unanimité du Grand Conseil début 2008 – qu'est définie une stratégie de politique publique. Cette dernière trouve ensuite sa concrétisation dans le Plan Directeur Cantonal de l'Energie, programme d'actions opérationnel, qui fixe les étapes et les moyens nécessaires, ainsi que les partenaires concernés par la mise en œuvre des objectifs de la Conception Générale.

Dans ce Plan Directeur qui, à l'instar de la CGE, est révisé lors de chaque législature, la priorité est donnée aux actions permettant de maîtriser et de réduire la consommation d'énergie pour tous les usages. Il s'agit également de repenser les filières d'approvisionnement de notre système énergétique afin de les rendre plus efficaces, et d'intégrer des énergies renouvelables au fur et à mesure de leur développement.

Le Plan Directeur Cantonal de l'Energie mettait notamment l'accent sur la planification énergétique territoriale, qui prend systématiquement en compte l'énergie dans les projets d'aménagement du territoire et qui planifie le déploiement des infrastructures énergétiques et des réseaux à l'échelle des villes et des quartiers. Cet aspect était également central dans la révision de la Loi sur l'énergie votée en 2010.

La CGE et le Plan Directeur de l'Energie viennent de faire l'objet d'une évaluation en vue d'adaptations visant à poursuivre les avancées vers la Société à 2000 Watt sans nucléaire.

Le projet de CGE 2013 a été publié par le Conseil d'Etat le 8 mai 2013 à l'intention du Grand Conseil en vue d'une résolution approuvant cette conception. La nouvelle CGE se cale sur la Stratégie

Energétique Fédérale 2050 et propose les jalons suivants en matière de consommation d'énergie finale, par rapport au niveau de l'an 2000 :

- Réduire la consommation énergétique annuelle moyenne par personne de 15% d'ici 2020 et de 35% d'ici 2035;

- Réduire la consommation d'énergie thermique (combustibles et chaleur) par personne de 18% d'ici 2020 et de 37% d'ici 2035;

- Réduire la consommation d'électricité par personne de 2% d'ici 2020 et de 9% d'ici 2035.

Par ailleurs, le Conseil d'Etat souhaite que le canton contribue de manière substantielle au développement des énergies renouvelables. Cela concerne notamment :

- La production photovoltaïque qui devra doubler tous les 5 ans pour atteindre une production annuelle de 45 GWh en 2020 et de 380 GWh en 2035, ce qui correspondrait à 12% de la consommation actuelle d'électricité ;

- Les eaux de surface, dont la valorisation énergétique peut être multipliée par 10 et passer de 20 GWh aujourd'hui à quelques centaines de GWh par an;

- Le solaire thermique, qui couvre actuellement 0,2% de la consommation du canton et qui est susceptible d'être également multiplié par 10 d'ici 2035 en installant de 5'000 à 10'000 m2 de capteurs thermiques par an;

- la géothermie de faible profondeur, exploitée par des sondes ou des champs de sondes, qui pourrait théoriquement couvrir 20% de la demande actuelle en énergie de chauffage du canton.

Niveau communal

La commune a également établi son plan directeur des énergies en date du 10 décembre 2013 intitulé « du plan directeur stratégique à la planification énergétique ».

Démontrant la volonté **d'intégrer l'énergie dans la gestion du territoire communal** en lien avec le développement actuel et futur de la Ville soit :

-Révision du plan directeur communal (2017)
-Projets d'aménagement porteurs d'enjeux énergétiques.
-Poursuite et approfondissement d'engagements communaux en matière énergétique et climatique (**Cité de l'Energie®** - **Gold**, réaudité en 2013).
-**Etendre sur tout le territoire communal** les mesures d'utilisation rationnelle de l'énergie, en partenariat avec les acteurs concernés.

3.4 Périmètres de l'étude

La définition du périmètre de l'étude, en d'autres termes la délimitation spatiale de l'étude, est importante. En effet, si le PLQ, pour lequel le concept est établi, représente clairement le périmètre restreint, ou périmètre *d'entrée* pour la démarche (selon la Directive relative au concept énergétique territorial), il ne faut pas perdre de vue qu'il y aura des interactions entre ce périmètre restreint et son voisinage.

Non seulement les activités du PLQ pourront influencer des futurs bâtiments situés à l'extérieur du PLQ, mais en plus les énergies consommées dans le PLQ ne se trouveront pas nécessairement toutes directement dans la zone du PLQ.

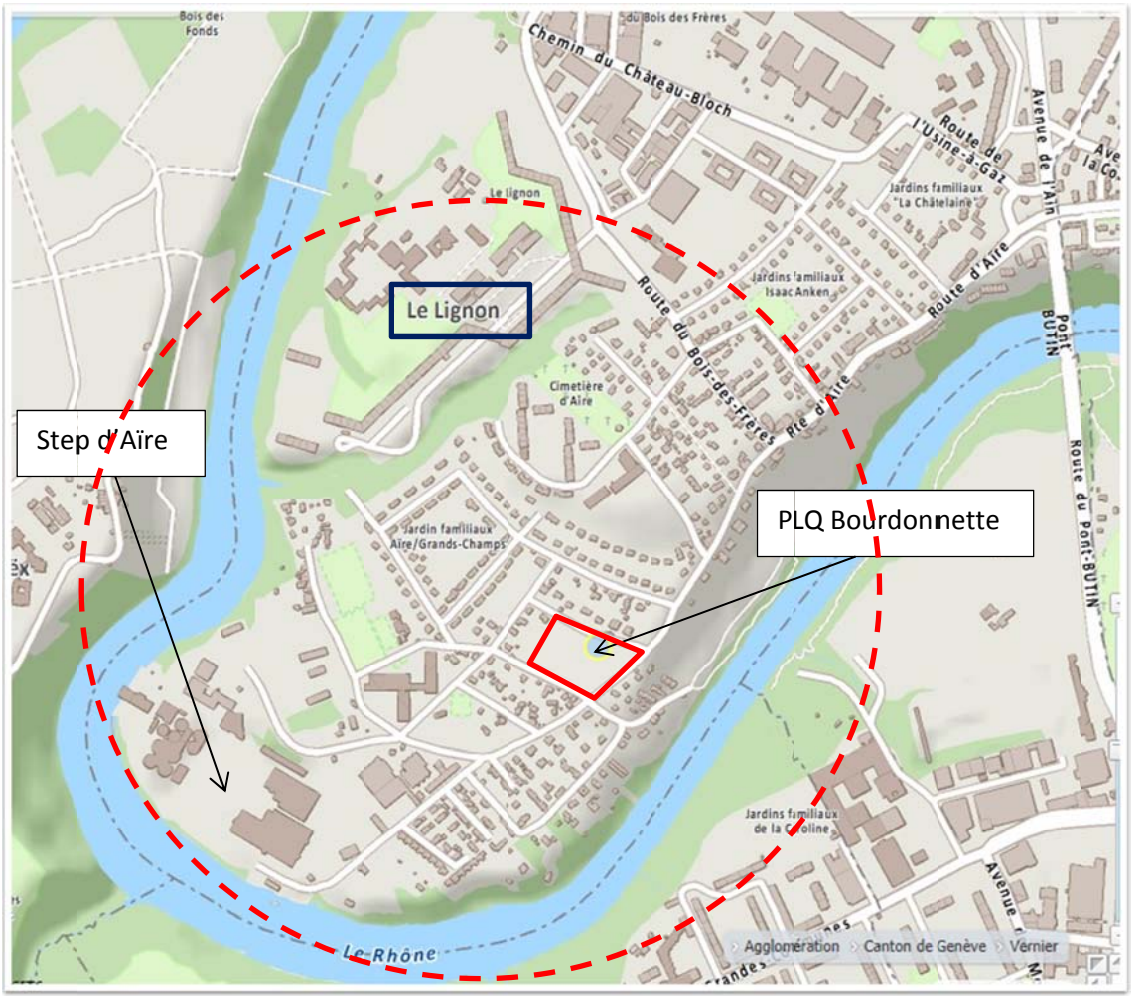
Par exemple, en cas de forts rejets thermiques à l'intérieur du PLQ, on pourra souhaiter trouver des acteurs pouvant valoriser ces rejets à l'extérieur du PLQ. D'autre part, les besoins en électricité ne pourront, en général, pas être entièrement satisfaits par les seuls panneaux photovoltaïques qui seraient posés sur les toits des bâtiments situés dans le PLQ. La Directive relative au concept énergétique territorial propose donc de définir le PLQ comme périmètre d'entrée de la démarche, et de définir un second périmètre, communément appelé périmètre *élargi*, qui délimite une zone d'influence du périmètre restreint.

Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

Périmètre élargi

Il est important d'avoir une vision du projet dans un périmètre plus large, afin d'évaluer les ressources et infrastructures existantes et futures, et de favoriser de potentielles synergies avec d'autres projets.

Dans le cadre de cette étude, il semble pertinent d'intégrer notamment la Step d'Aïre et Le Lignon, ainsi que le projet de réseau de chaleur des Step-Lignon.



Périmètres du PLQ

Le présent projet « La Bourdonnette » s'étend sur des parcelles n°639, 640, 641, 642 d'une superficie totale de 19069 m2 appartenant à l'Etat de Genève et situées sur la commune de Vernier entre les chemins de la Bourdonnette, Sellières, Campanules.

Ces dernières sont mises en droit de superficie au nom de la FLPAI.

Le périmètre est situé en zone 4A de développement

Le quartier ne devrait pas beaucoup évoluer ses prochaines années compte tenu qu'il s'agit principalement de villas.

Le PLQ est en cour d'élaboration et le présent concept est destiné à accompagner ce dernier pour la construction d'immeubles avec encadrement pour personnes âgées.

Le plan de situation ci-dessous défini la zone concernée.

Ce PLQ représente 19069 m2 de surface au sol sur laquelle seront bâtis 14908 m2 de logements et d'activités s'y rapportant.

4. Description du projet

La Fondation des Logements pour Personnes Agées ou Isolées projette (FLPAI) la construction en 2 étapes d'un bâtiment 14908 m2 de logements type IEPA et encadrement pour personnes âgées comprenant :

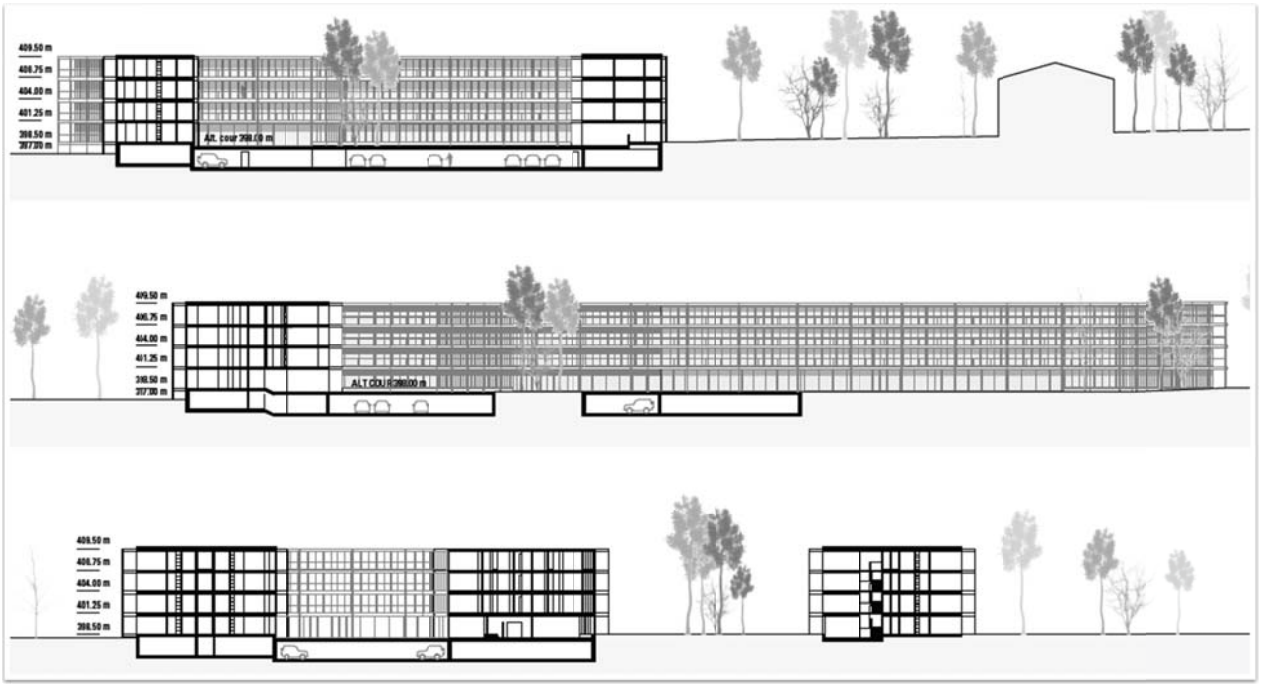
Un sous-sol prenant assurant les caves des résidents, les places de parking, dépôt cuisine, dépôt des résidents et les locaux techniques nécessaires.

Le rez-de-chaussée est principalement dédié aux services type cafétéria, cuisine, restaurant, soins, services annexes avec également des appartements pour les résidents.

Les étages au nombre de trois sont uniquement dédié aux appartements de résidents et certains locaux de services.

A chaque niveau, une liaison est assurée sur toute la longueur du bâtiment pour permettre une circulation aisée des résidents.

Au niveau technique, la construction devra répondre aux critères du bâtiment en classification **Haute Performance Energétique** voir Minergie ou plus si souhaité par la FLPAI.



Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

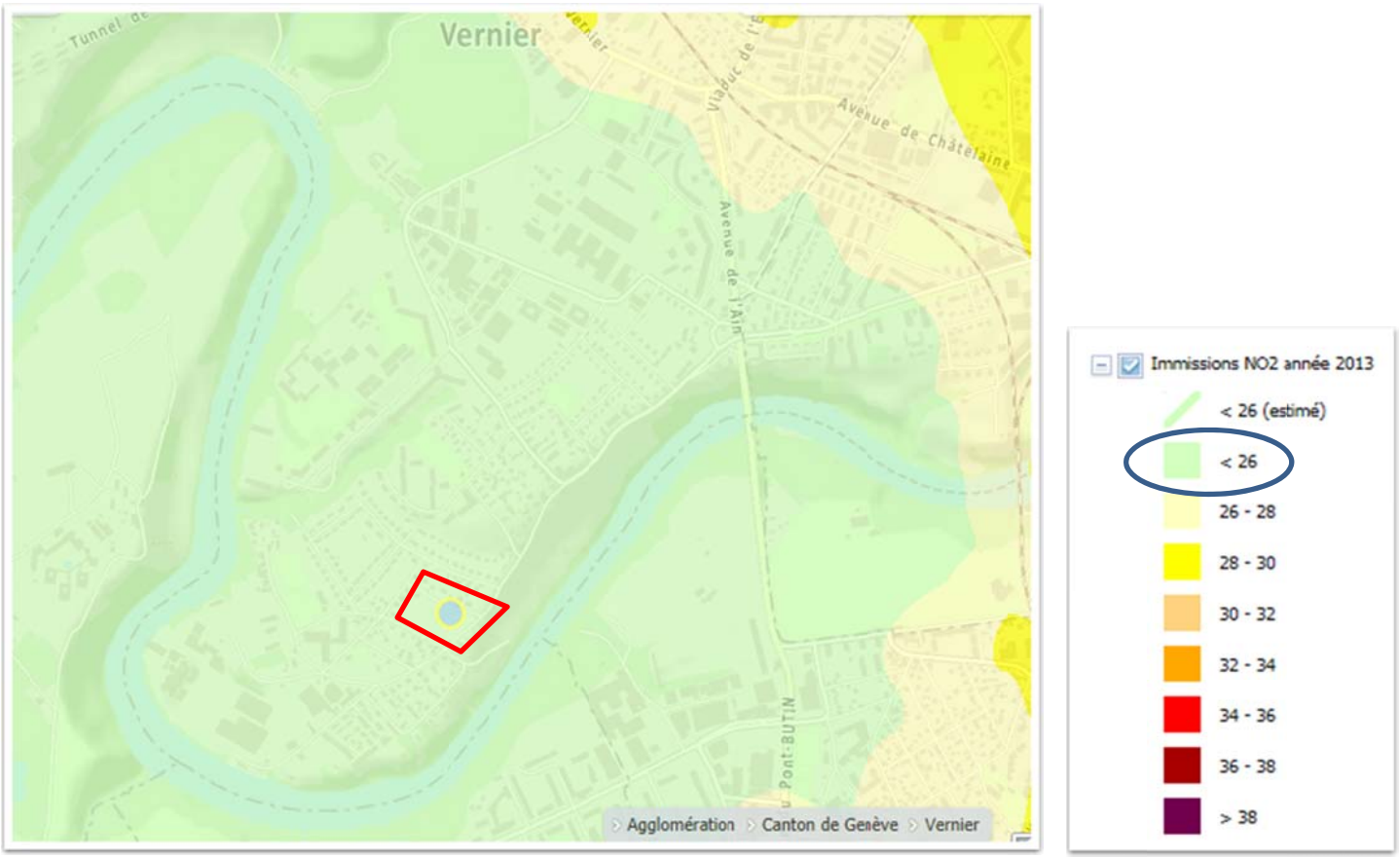
5. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

5.1 Climat

Le projet se situe à une altitude de 398.00 m et son climat est comparable à celui de la station climatique de Genève-Cointrin selon cahier technique SIA 2028.
La température moyenne annuelle est de 10,7°C, les précipitations annuelles sont de 920 mm et la vitesse du vent est de l'ordre de 5.3 m/s avec un maximum vers 8.3 m/s à dominance NE et SW.

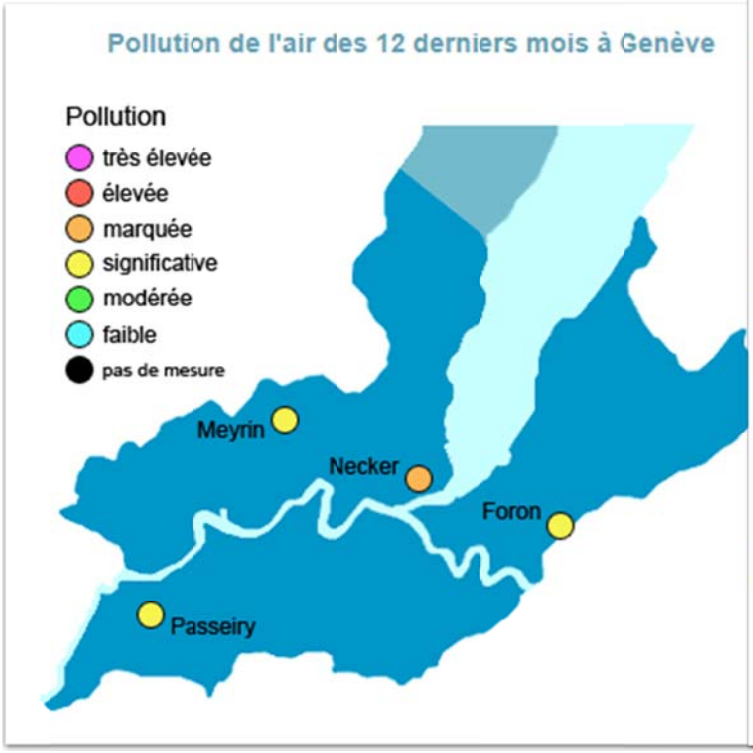
5.2 Qualité de l'Air et bruit

Les immissions annuelles de dioxyde d'azote sont inférieures à 26 µg/m3 (moyenne 2005-2012) sur l'ensemble de la zone de Vernier concernée.
La limite fixée à 30 µg/m3 par l'Ordonnance sur la Protection de l'Air (OPAir) n'est donc pas dépassée.
Le SPAir assure un suivi de la qualité de l'air dans le canton de Genève à partir d'un réseau de capteurs passifs de NO2 et de stations équipées de moniteurs (stations ROPAG).



Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

Les données relatives à la concentration de l'air en PM10 sont fournies par les 7 stations de mesures fixes du service de protection de l'air. La Figure 6 présente la localisation de ces stations. Malheureusement, aucune station ne se situe à proximité du périmètre étudié.



Ozone (O_3)

Pollution	Percentile 98 mensuel maximum O_3 (µg/m³)	Explication de l'échelle de couleurs
très élevée	> 150	supérieur à la valeur limite de plus de 50%
élevée	entre 126 et 150	supérieur à la valeur limite de plus de 25%
marquée	entre 101 et 125	dépasse la valeur limite Percentile 98 mensuel maximum (100 µg/m³)
significative	entre 76 et 100	proche de la valeur limite
modérée	entre 51 et 75	inférieur à la valeur limite
faible	entre 0 et 50	pollution de fond

Dioxyde d'azote (NO_2)

Pollution	Moyenne annuelle NO_2 (µg/m³)	Explication de l'échelle de couleurs
très élevée	> 45	supérieur à la valeur limite journalière de plus de 50%
élevée	entre 38 et 45	supérieur à la valeur limite journalière de plus de 25%
marquée	entre 31 et 37	dépasse la valeur limite annuelle (30µg/m³)
significative	entre 23 et 30	proche de la valeur limite
modérée	entre 16 et 22	inférieur à la valeur limite
faible	entre 0 et 15	pollution de fond

Particules fines (PM10)

Pollution	Moyenne annuelle PM10 (µg/m³)	Explication de l'échelle de couleurs
très élevée	> 30	supérieur à la valeur limite journalière de plus de 50%
élevée	entre 26 et 30	supérieur à la valeur limite journalière de plus de 25%
marquée	entre 21 et 25	dépasse la valeur limite annuelle (20 µg/m³)
significative	entre 16 et 20	proche de la valeur limite
modérée	entre 11 et 15	inférieur à la valeur limite
faible	entre 0 et 10	pollution de fond

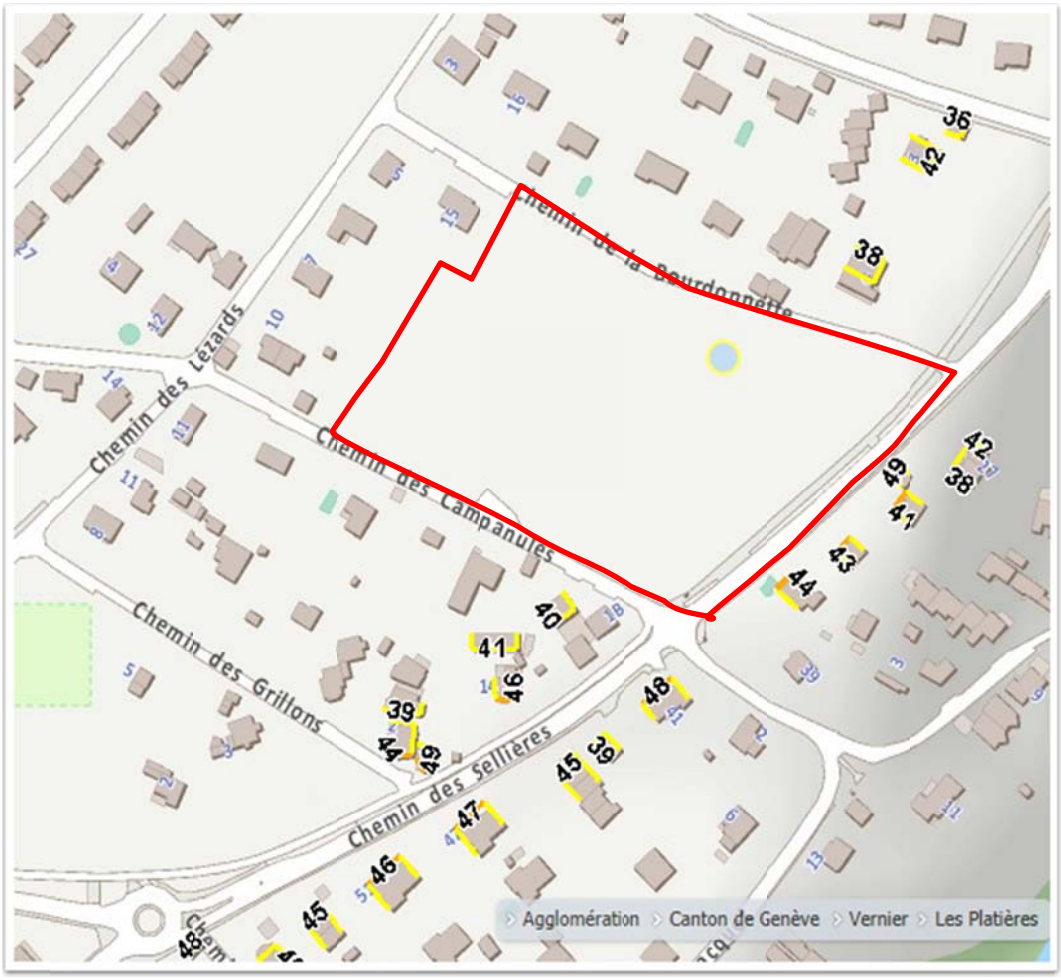
Comme montre la figure ci-dessus, les seuils légaux de concentration en PM10 et d'Ozone sont dépassés de manière ponctuelle mais marquée dans les zones périphériques. On peut donc considérer que le PLQ se situe dans une zone de dépassements ponctuels de ces seuils légaux (cf. les valeurs de Necker dans le graphique ci-dessus).

Ainsi, si les chaudières à pellets ou à plaquettes semblaient acceptables au niveau des NO2, elles le sont moins au niveau des PM10.

5.3 Bruit

Les parcelles concernées par le PLQ sont classées en catégorie DS II de sensibilité au bruit (selon l'Ordonnance de la Protection contre le Bruit). Les perturbations liées au trafic routier sont faibles soit :
Lr jour = 55 dB(A) & Lr nuit = 43 dB(A)

Les valeurs de planification seront de 5 dB(A) en moins



6. ETAT DES LIEUX ENERGETIQUE

Potentiel des ressources énergétiques locales et renouvelables ainsi que des rejets thermiques.
Il n'y a actuellement aucun CET dans le périmètre seul le concept directeur communal existe.
Selon ce dernier malgré le fort potentiel d'assainissement des enveloppes thermiques ce secteur restera très peu urbanisé d'où un besoin en énergie faible.

6.1 Energie solaire

Le rayonnement solaire moyen à Genève est estimé à ≈1'350 kWh/m2an dans des conditions d'inclinaison à 30° avec une orientation plein sud.
S'agissant des rendements bruts des installations solaires, ceux-ci varient en fonction de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux.
Le potentiel solaire spécifiques aux toitures est classé favorable à très favorable

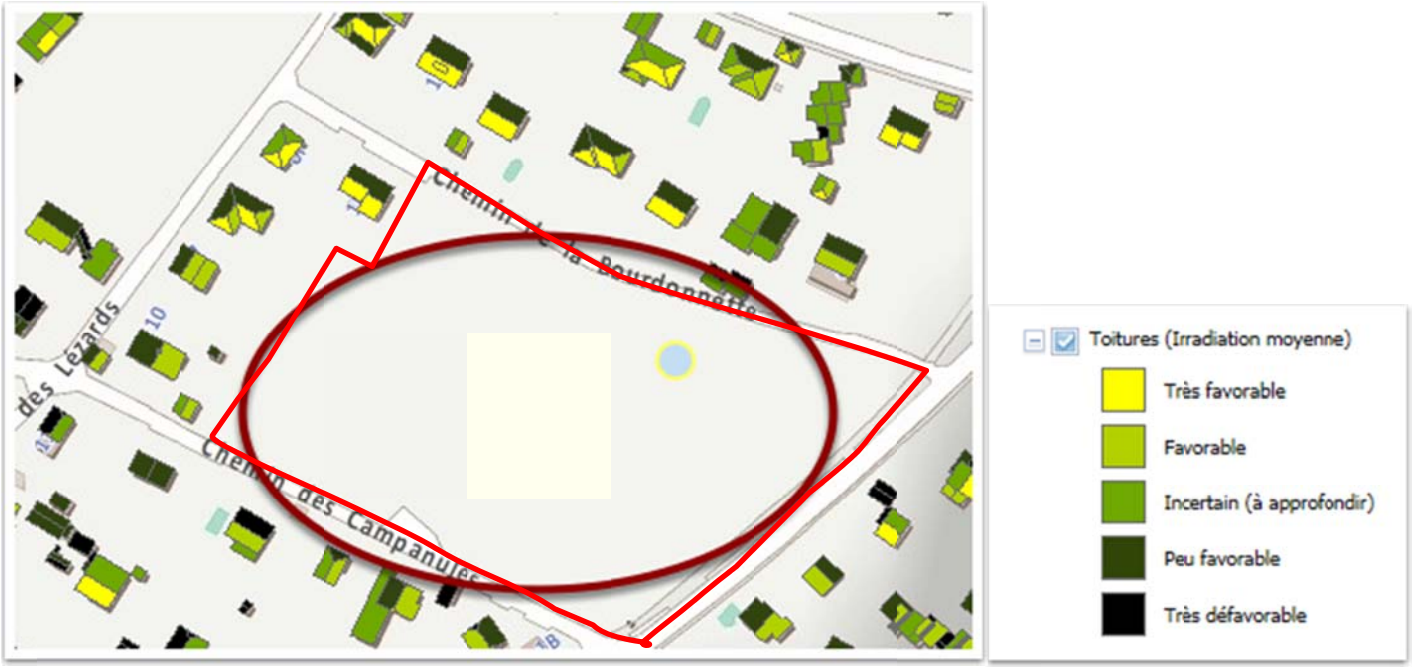
A titre d'exemple, les rendements s'élèvent à environ :
- 90% pour un panneau horizontal orienté au sud (capteur sous vide)
- 75% pour un panneau vertical orienté au sud
- 70% pour un panneau incliné à 30° orienté à l'ouest ou à l'est

Ainsi les rendements moyens considérés s'élèvent à :
- 450 kWh/m2an pour les installations solaires thermiques
- 140 kWh/m2an pour les installations solaires photovoltaïques

Les toitures des bâtiments actuellement présents sur le périmètre étudié bénéficient globalement d'une irradiation solaire moyennement favorable.
Les bâtiments projetés auront des gabarits plus élevés que l'existant, et leurs toitures auront une orientation favorable (Sud-Est, Sud-Ouest) et très favorable (Sud), à l'image des immeubles environnants situés en dehors du périmètre, et qui bénéficient d'un bon ensoleillement.

De plus, les toitures des bâtiments projetés ne devraient pas subir d'ombrages défavorables.
L'énergie solaire thermique et l'énergie solaire photovoltaïque sont donc des énergies disponibles.

Le potentiel maximum du PLQ proposé est de 339'000 kWh/an pour le PV et de 1'089'000 kWh/an pour le thermique pour une surface de toiture libre de 2400m2.



L'énergie solaire représente un potentiel intéressant puisqu'il permet largement de couvrir les besoins d'ECS pour chacun des bâtiments. On précisera, cependant, que pour des raisons techniques et de météo, il n'est pas possible de couvrir 100% d'ECS avec des panneaux solaires, sans recourir à un stockage saisonnier. Or la mise en place d'un stockage saisonnier demande une étude détaillée spécifique, qui dépasse le cadre de la présente étude (la plupart des installations existantes sont au stade d'installations pilote et/ou de recherche appliquée). Les systèmes actuels sans stockage saisonnier permettent de couvrir environ 60-70% des besoins annuels d'ECS et 20 à 30% du chauffage.
L'avantage aussi bien des panneaux solaires thermiques que photovoltaïques est le fait que ce sont des technologies connues et relativement faciles à implémenter (attention toutefois à la taille de l'installation). De plus, l'entretien est aisé, surtout pour le photovoltaïque (pas de circuit hydraulique).

6.2 Source de chaleur dans les environs proches

Le cadastre des chaudières et ou producteurs à proximité n'offre pas de puissance de réserve exploitable pour ce projet compte tenu qu'il s'agit principalement de villas.

Le PLQ lui peut offrir une chaufferie centralisée permettant d'alimenter sur un rayon de 200m un besoin de l'ordre de 1.2 MW après rénovation du bâti.

6.3 Energie SIG

Le réseau de gaz naturel est à disposition sur le site.
L'électricité certifiée renouvelable est distribuée par les SIG sur la base de production indigène, d'origine hydraulique, solaire, etc. et est également disponible sur le site.

6.4 Fioul

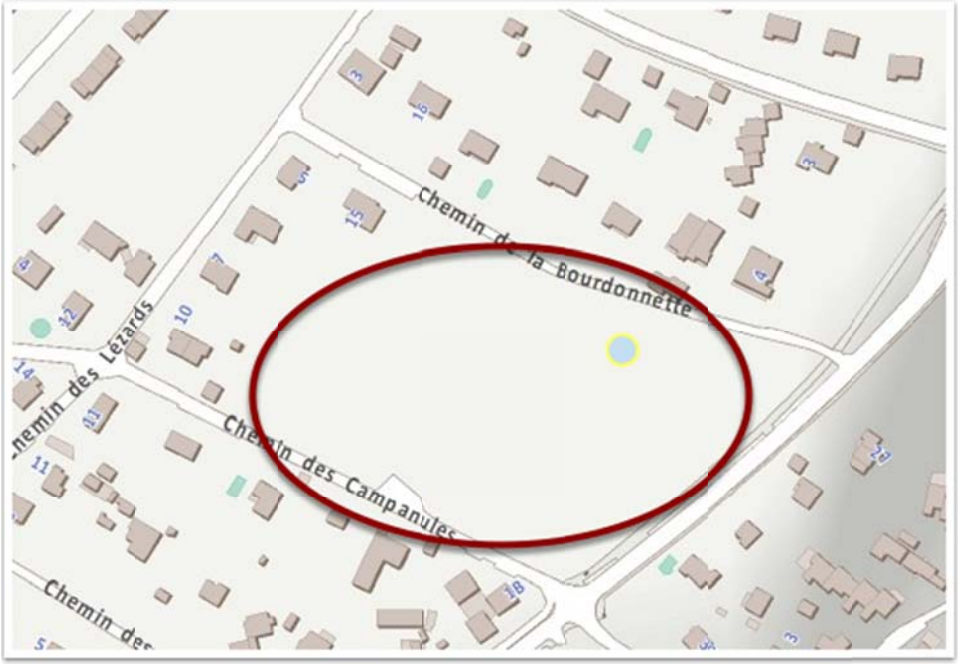
Le mazout est une énergie pouvant être stockée sur le site. Toutefois, en présence de gaz naturel, cette dernière énergie lui serait préférée en case de recours à une énergie fossile.

6.5 Géothermie

L'installation de sondes géothermiques est autorisée sur le site. La carte SITG ci-dessous ne présente aucune restriction sur le site du PLQ.
Signalons ici qu'aucune nappe d'eau superficielle n'est présente en sous-sol.
Le cadastre technique en sous-sol ne signifie pas de réseaux spécifiques particuliers sur les parcelles concernés et laisse donc sans entrave la mise en place de sondes géothermiques.

Théoriquement, on notera cependant qu'il n'est pas souhaitable de mettre des sondes sous les bâtiments, étant donné que l'accès à des sondes placées directement sous un bâtiment est problématique en cas de réparation. Pratiquement, la disposition des sondes dépendra non seulement des contraintes liées à l'entretien, mais également aux contraintes liées à la place requise pour lesdites sondes.

Le potentiel du PLQ est sur la base de sonde de 220m avec 35 W/m (sans saumure) et sur la surface hors bâti futur et arborisation soit 15'000 m2 représente 180 sondes, ~1,3MW et 1,5 GWh/an chaud pour des PAC avec une performance annuel de 4.0.
Aucune recharge de terrain n'est prévu à ce stade, ce point sera repris sous le § stratégie énergétique.

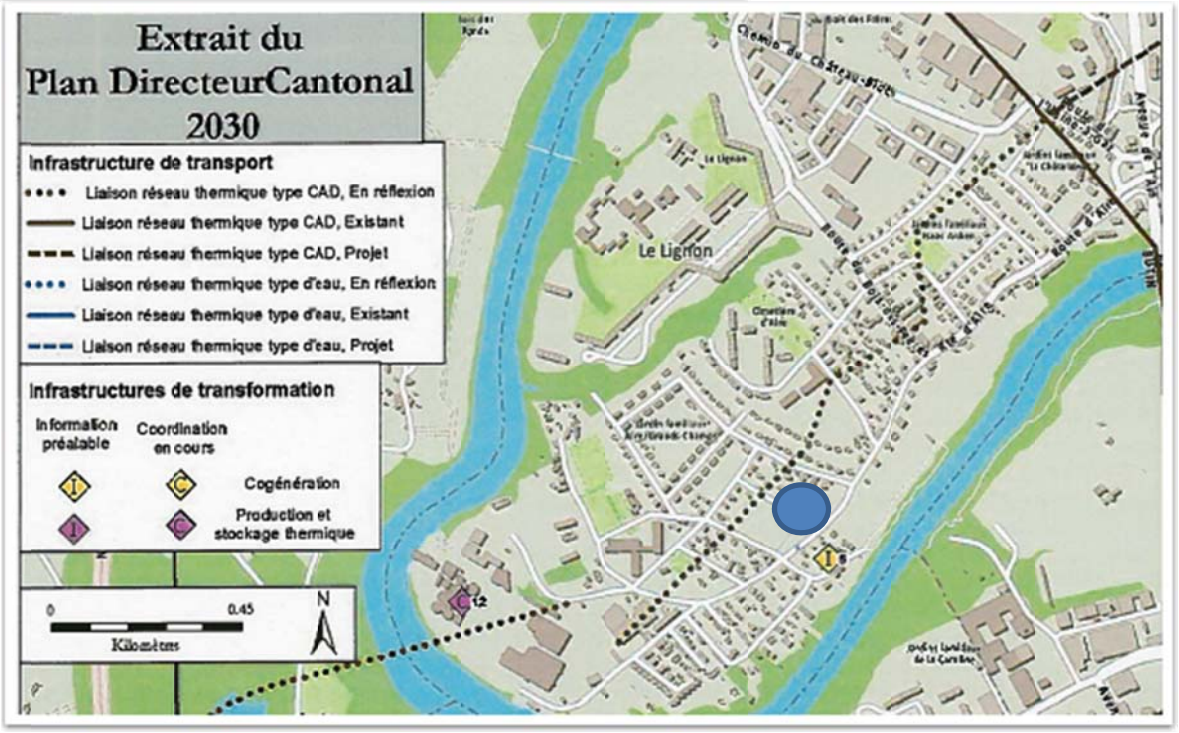


Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

6.6 Réseaux thermiques

Dans le cadre des réseaux thermiques développés à travers le canton le périmètre en question est, malgré CAD Lignon et CADIOM aux alentours, inscrit au plan directeur cantonal 2030 au stade de la réflexion.

Après contact avec SIG il s'avère que les études vont bon train et qu'une valorisation énergétique de la Step d'Aïre est envisagée d'ici 2018-20 (~10MW – 26000 MWh) de même une boucle CAD Lignon-Step-Cadiom serait également prête d'ici 2018-20 (~10MWh - 26000 MWh). De ce fait il convient de laisser un espace nécessaire dans les locaux techniques pour le futur.



Ce projet se base sur l'installation d'une PAC haute température de grosse puissance, alimentée par l'eau de la Step, et qui permettrait d'alimenter en chaleur haute température (70°C) un large périmètre.

Le PLQ Bourdonnette s'intègre parfaitement à ce projet et pourrait bénéficier d'un raccordement à ce réseau.

6.7 Bois-Biomasse

En site dégagé mais avec un futur développement urbanistique à long terme, le bois peut présenter une solution acceptable que si les émissions de NOx sont parfaitement contrôlées. Ceci passe par la mise en œuvre des techniques de filtration des plus efficaces, tel que filtre électrostatique. Le bois peut donc être étudié comme une alternative d'énergie renouvelable, tout en gardant à l'esprit toute la problématique de l'approvisionnement filière bois et du transport sur la base d'un Eco Bilan.
Les conclusions du rapport n°5 – Projet Virage en donne un aperçu.

Actuellement le site présente une valeur d'immission <26 µg/m3 de NO2.

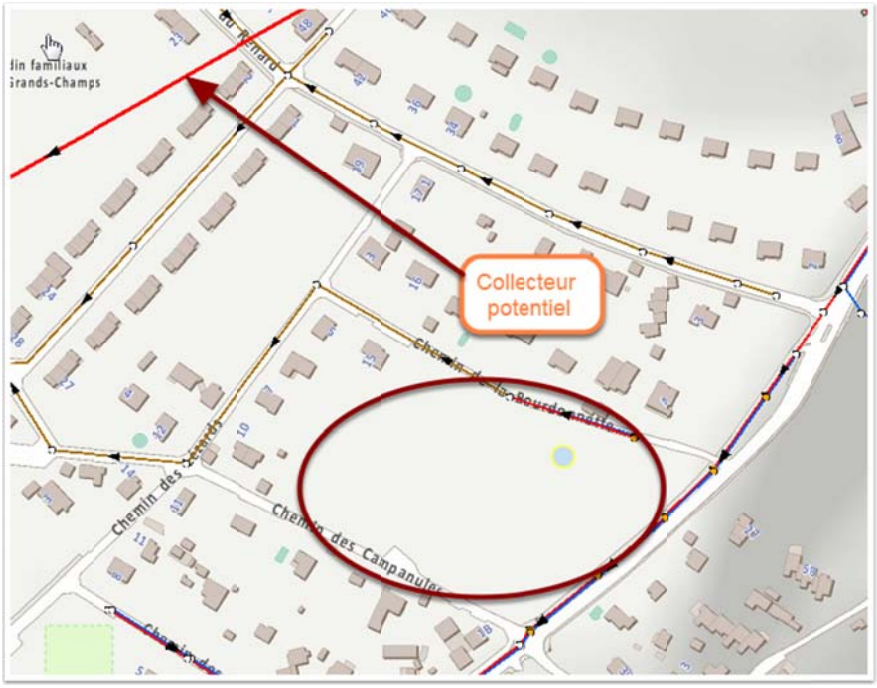
Néanmoins, le bois présente certains inconvénients dus principalement à sa combustion.
Cette dernière dégage non seulement du gaz carbonique, mais aussi une quantité non négligeable de particules fines et de NO2. Or, le site étudié a des valeurs limites inférieures à celles autorisées par l'OPAir. L'accord du Service cantonal de protection de l'air, ainsi que l'utilisation de filtres performants s'avèrent cependant nécessaires pour l'installation d'une chaudière à bois.

L'énergie de la biomasse n'apparaît pas comme une source d'approvisionnement pertinente pour le périmètre en question en considérant également que le transport équivaut au 50% du prix, mais uniquement pour le PLQ ce qui n'est pas en adéquation avec ce type de production.

6.8 Rejets et récupérations thermiques

Aucuns rejets significatifs n'ont été identifiés dans un périmètre élargi.

Récupération de chaleur sur les eaux usées : les conduites à disposition sont trop petites (dia. < 80 cm) et le débit est trop faible (débit = non connu). En effet, le périmètre n'est pas adapté pour ce type de système car le nombre d'habitants n'est pas assez dense.
Le collecteur potentiel se situant à~280m de la parcelle.



Dans le contexte du périmètre aucune source de rejets n'est à disposition compte tenu qu'il s'agit de zones vertes et de villas.
Il n'y a donc pas de rejets thermiques à proximité qui pourraient être valorisés.

6.9 Air

Pour le chauffage des locaux, l'énergie contenue dans l'air ambiant représente une ressource énergétique intéressante. Elle est omniprésente, pour ainsi dire infinie, et sa valorisation à l'aide d'une pompe à chaleur se fait aisément. De plus, les systèmes de pompe à chaleur air/eau sont moins coûteux à l'investissement que les systèmes sol/eau, du fait qu'il ne faut pas de structures géothermiques.
La principale contrainte lors de la valorisation de cette énergie, est donnée par la quantité d'air qu'il faut faire circuler, et donc par la taille des conduites, si les unités ne sont pas placées sur le toit ou que les puissances sont grandes (plus que 50 kW environ). Si les unités sont placées sur le toit, cette contrainte tombe.
Au niveau énergétique, il faut également noter que les pompes à chaleur air/eau ont des rendements exergétiques jusqu'à 30% moins bons que les pompes à chaleur sol/eau, ce qui se traduit par une consommation d'électricité plus élevée. Cette consommation plus élevée peut cependant être compensée en été, lors de la production d'ECS. En effet, la température de l'air étant en principe plus élevée en été que la température des eaux de surface, le COP d'un système air/eau peut s'avérer meilleur en été, que celui d'un système eau/eau.

Avantages
Les pompes à chaleur air/eau sont faciles à installer et à utiliser.
Inconvénients
Les pompes à chaleur air/eau sont les pompes à chaleur avec le moins bon rendement. D'autre part, il est difficile de supprimer complètement le bruit lié l'aspiration de l'air, même avec des caissons d'insonorisation. Cet inconvénient peut cependant être largement atténué en plaçant les PAC en toiture avec une attention particulière pour le voisinage.

Conclusion
L'énergie de l'air présente un potentiel à prendre en considération en l'absence de possibilités d'approvisionnement renouvelable recourant à des systèmes plus performants.

6.10 Synthèse des sources d'approvisionnement renouvelables localement pertinentes

Les principales ressources identifiées comme pertinentes pour l'approvisionnement du PLQ sont donc les suivantes :

- Solaire thermique : 1089 MWhth/an (Th) environ pour l'ensemble de la toiture du PLQ.

- Solaire photovoltaïque : 339 MWhél/an environ pour l'ensemble de la toiture du PLQ.

- Géothermie (sondes couplées à des PAC): Potentiel équivalent à 1.3 MW et 1.5 GWh/an, intéressant et théoriquement valorisable, mais difficultés liées au phasage des travaux et aux aménagements extérieurs.

- Réseaux thermiques : Les SIG envisage d'ici 2018-20 d'étendre leur réseau avec la Step d'Aïre (~10MW – 26000 MWh) de même une boucle CAD Lignon-Step-Cadiom serait également prête d'ici 2018-20 (~10MWh - 26000 MWh). Source d'approvisionnement très pertinente.

- Air (pompes à chaleur air/eau): Potentiel susceptible de couvrir l'ensemble des besoins de chaleur.

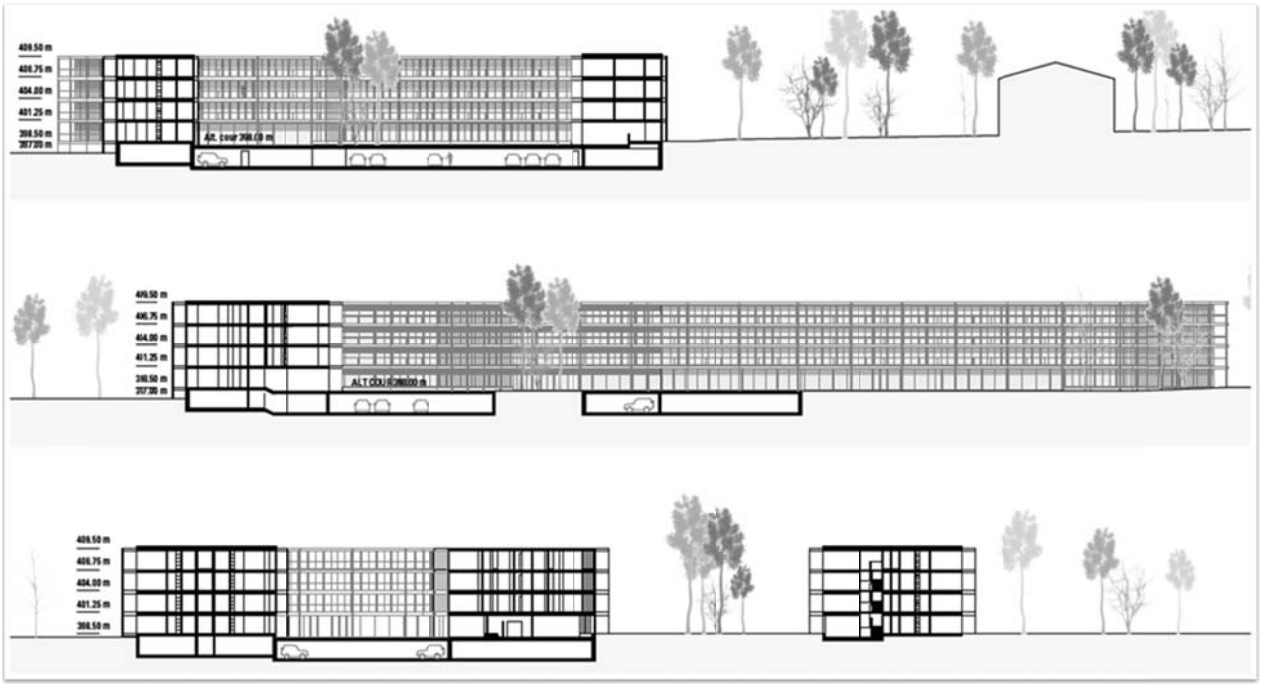
- Biomasse, rejets thermiques, énergie éolienne, eaux usées : Pas de potentiel.

7. Besoins énergétiques du projet

7.1 Concept architectural

La configuration architecturale du projet permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- La géométrie du bâtiment et son coefficient de forme configurerons les isolations extérieures et leurs mises en œuvre, elles contribueront également à la minimalisation des ponts thermiques.
- Compte tenu de la proportion de vitrage, ce dernier sera de grande qualité thermique type triple vitrage de même qu'un grand soin sera apporté aux cadres et menuiserie.
  Les coefficients Uw seront particulièrement performant quel que soit la valeur G retenue tout en ayant un coefficient TI lumineux.
- Les protections solaires passives type arbres à feuilles caduques vers les façades assurant les apports solaires pendant l'hiver, stores extérieurs à lamelles partout et toiles en plus pour les terrasses.
- L'inertie du bâtiment fait partie intégrante de la réflexion du projet.
- Intégration architecturale des capteurs solaires thermique ou photovoltaïque.
- Dans la mesure du possible une rétention d'eau de pluie sur toiture et/ou nid d'abeille en terre permettrait une infiltration dans le terrain et/ou une utilisation pour l'arrosage, WC et autres.



Agir sur l'environnement proche de l'habitation

En limitant les dallages ou zones goudronnées qui accumulent la chaleur en journée et la restituent le soir et en privilégiant au contraire les pelouses, les arbres à feuilles caduques, on agira ainsi sur l'environnement de la maison en maintenant une température extérieure plus mesurée.
Une autre solution consiste à intégrer une toiture ou façade végétalisée pour rafraîchir l'air ambiant par évapotranspiration.

La mise en place de bassin d'eau favorise également le milieu bâti du fait de l'évaporation de ce dernier.

7.2 Concept techniques

Les concepts techniques de chauffage et de ventilation devront permettre d'optimiser les installations, notamment :

- Distribution de chaleur pour le chauffage à très basse température ≤ 35°C (plancher chauffant)
- Ventilation de type double-flux avec récupération de chaleur à haut rendement et ventilation simple-flux avec récupération sur PAC pour l'ECS (choix non défini).
- Dans la mesure du possible, production locale d'électricité pour compenser les consommations liées à la production de chaleur.
- Production d'eau chaude sanitaire selon le type d'usage.
- A ce stade du projet il n'est pas prévu de besoin en froid, cet élément sera ultérieurement étudié avec pour priorité des protections passives avant que techniques.
- La production d'énergie sera analysée en regard des scénarios proposés.

Ingénieurs conseils CVS
6 rue Antoine Verchère – 1217 Meyrin
T 022 9891000 E info@mike-humbert.com

7.3 Besoin du projet

Consommations de chaleur pour le chauffage et ECS

Un standard de haute performance énergétique étant imposé par la loi, la valeur limite du label Minergie pourrait être utilisée pour l'estimation des besoins de chaleur.

La consommation annuelle d'ECS peut être estimée à partir des prescriptions de la norme SIA 380/1 pour les catégories de bâtiment concernées :

- « I Habitat collectif » : Qww = 75 MJ/m2.
- « III Administration » et « V Commerce » : Qww = 25 MJ/m2.
- « VI Restauration » : Qww = 200 MJ/m2

Nous avons plutôt choisi comme bases pour l'estimation des besoins les indices de consommation et de puissance constatés aujourd'hui sur des constructions type Minergie.

Calcul des besoins de l'objet

Surface du projet		Logements	Restaurant	Administratif	Total
		SRE	SRE	SRE	SRE
Surfaces		12856	875	1177	14908

Besoin en énergie		Logements	Restaurant	Administratif	Total CH+ECS
Base théorique HPE (80% de SIA 380/1)	Chauffage	44 MJ/m2SRE	76 MJ/m2SRE	52 MJ/m2SRE	
	ECS	75 MJ/m2SRE	200 MJ/m2SRE	25 MJ/m2SRE	
	Total CH+ECS	119 MJ/m2SRE	276 MJ/m2SRE	77 MJ/m2SRE	

Base selon expérience pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	30 kWh/m2	50 kWh/m2	58 kWh/m2	
	ECS	25 kWh/m2	67 kWh/m2	8 kWh/m2	
	Total CH+ECS	55 kWh/m2	117 kWh/m2	66 kWh/m2	

Besoins annuels kWh pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	385680	43750	68266	497696
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	707080	102375	77682	887137
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400

Puissance kW pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	175	29	46	250
	ECS	201	37	6	243
	Total CH+ECS	376	66	51	493
Puissance de froid kW	Froid	0	37	0	37

Consommation électrique

	Logements	Restaurant	Administratif	Total
Base théorique (SIA 380/4)	28 kWh/m2	45 kWh/m2	33 kWh/m2	106 kWh/m2
Besoins annuels kWh	359968	39375	38841	438184

L'approche avec Minergie®-P permet de voir l'influence de la qualité de l'enveloppe du bâtiment, à savoir la consommation de chauffage. Il n'y a que peu d'influence sur les besoins en froid.

Besoins annuels kWh pour THPE et/ou Minergie P	Chauffage	262262	29750	46421	338433
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	583662	88375	55837	727874
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400

Puissance kW pour THPE et/ou Minergie P	Chauffage	119	20	31	170
	ECS	201	37	6	243
	Total CH+ECS	320	56	37	413
Puissance de froid kW	Froid	0	37	0	37

La comparaison des deux tableaux fait apparaitre une réduction du besoin en chauffage de 32% pour la consommation et la puissance et sur le global de 17%. Ce choix n'est que bénéfique pour les différents scénarios proposées.

8. Acteurs du projet

Les principaux acteurs concernés par les choix et les procédures de mise en œuvre d'une stratégie d'approvisionnement énergétique pour le PLQ sont référés ci-dessous. Cet inventaire des acteurs a pour objectif de contribuer à une bonne coordination entre les parties prenantes. Il doit notamment aider le maître d'ouvrage à anticiper des prises de contact avec des acteurs dont l'accord est nécessaire pour la mise en œuvre des filières d'approvisionnement souhaitées.

Etant donné la variété des acteurs qui peuvent être amenés à intervenir tout au long de la vie du projet, les acteurs ci-dessous doivent être considéré comme évolutifs pour le maître d'ouvrage.

Catégories d'acteurs	Liste des acteurs et fonction	Enjeux liés à l'énergie dans le cadre du PLQ
Autorités publiques	Département de l'aménagement, du logement et de l'énergie (DALE): Validation du PLQ. Office cantonal de l'énergie (OCEN) : Validation du CET Service cantonal « géologie-sols-déchets » (GESDEC) : Contrainte relatives à la valorisation géothermique du sous-sol. Service cantonal de la protection de l'air : Contraintes relatives aux installations de combustion. Commune de Vernier : Plan directeur communal de l'énergie	DALE-OCEN : En attente d'information sur le mode d'approvisionnement énergétique envisagé pour le PLQ. GESDEC : Autorisation formelle d'installation de sondes géothermiques verticales. Environnement : Autorisation chaufferie à bois. Plan directeur des énergies daté du 10 décembre 2013. Démontrant la volonté **d'intégrer l'énergie dans la gestion du territoire communal** en lien avec le développement actuel et futur de la Ville.
Propriétaires des parcelles du PLQ	Etat de Genève pour lesquelles la FLPAI est superficiaire.	Soumis aux obligations de la loi sur l'énergie concernant la réalisation de concepts énergétiques dans les procédures d'aménagement.
Voisinage et autres acteurs	Périmètre élargi	Possibilités de synergie ou de conflits selon mode d'approvisionnement dans la mesure où ces derniers ont une volonté de développement de leur patrimoine.
Opérateurs énergétiques /gestionnaires de réseaux	SIG : Entreprise de droit public en charge de la fourniture de gaz, électricité, chaleur et eau potable, traitement des déchets et eaux usées. Autres opérateurs énergétiques : Prestations énergétiques non soumises au monopole : réseaux thermiques hors ceux propriétés des SIG, production / rachat d'électricité renouvelable.	SIG : Approvisionnement en électricité, en eau et en gaz ainsi que le développement et le raccordement au CAD Lignon et CAD Step. Contracteur pour la production d'électricité photovoltaïque et/ou énergétique. Autres opérateurs : Contracteurs pour la production d'électricité photovoltaïque ou les réseaux énergétiques (notamment chauffages à distance)
Futurs utilisateurs/ occupants	Futurs habitants et exploitants des bâtiments.	Précision des besoins et exigences de confort ; personnes à sensibiliser afin d'atteindre les performances visées, lors de l'exploitation.

9. STRATEGIE ENERGETIQUE

Cette section présente 5 scénarii d'approvisionnement énergétique pour le PLQ en dehors du minimum légal.

Pour chacune des 5 options, un schéma simplifié du système d'approvisionnement proposé, ainsi qu'une évaluation de la contribution respective des différentes ressources à la satisfaction des besoins du PLQ est donné.

Une synthèse comparative des scénarii est ensuite effectuée, à partir de critères quantitatifs (contribution des énergies renouvelables locales à la satisfaction des besoins; consommation absolue d'électricité importée) et qualitatifs (principaux avantages et inconvénients de chaque scénario).

On rappellera également qu'étant donné le probable phasage de la construction du bâtiment, les scénarii doivent pouvoir être réalisés même si l'ensemble du bâtiment n'est pas construit en même temps.

Les besoins évalués dans la section 5 correspondent à de l'énergie utile. Or, selon la stratégie d'approvisionnement choisie, les systèmes de transformation auxquels il faut faire appel ont des rendements variables et induisent donc des besoins différents en énergie finale.

9.1 Variante n° 1 : Gaz + solaire thermique (CAD remplacera le gaz à moyen terme):

Principe : Installation d'une chaufferie principale et de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques sur la toiture.

Une installation centrale composée d'une ou plusieurs chaudières gaz pourrait alimenter l'ensemble du bâtiment du PLQ. Cette dernière serait située au sous-sol, dans un local technique commun. Un raccordement préalable au réseau gaz des SIG (présent à proximité) sera nécessaire.

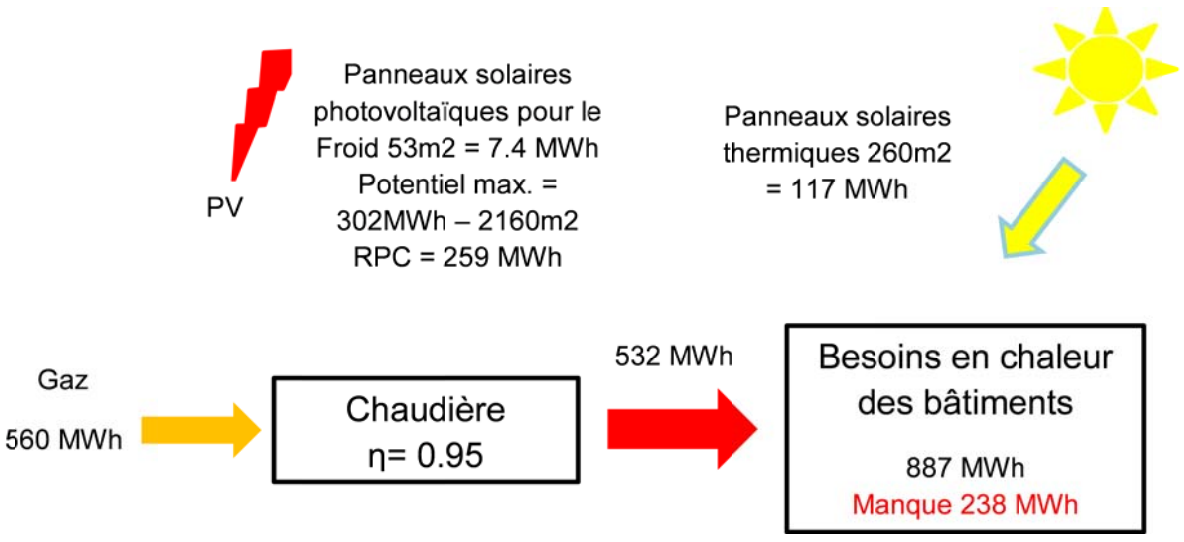
En complément, 260 m^2 de panneaux solaires thermiques installés en toiture couvriraient au minimum 30 % des besoins pour l'ECS (minimum légal).

Enfin, l'intégralité de l'électricité peut être livrée par le réseau électrique, sauf pour le froid qui est couvert par du photovoltaïque.

Le tableau ci-dessous indique les besoins selon le minimum légal y compris facteur d'expérience que le maître d'ouvrage est tenu de considérer.

Besoins annuels kWh pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	385680	43750	68266	497696
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	707080	102375	77682	887137
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400

Sachant que le système de production peut être couvert par des énergies non renouvelables au maximum à 60%, le solde restant par des énergies renouvelables.



Capteurs solaires	Logements	Restaurant	Administratif	Total
Surface de panneaux pour 30% pour ECS (450 KWh/m2)	214	39	6	260
Surface de panneaux pour 100% pour Froid (140 KWh/m2)	0	53	0	53

Ce scénario montre que si l'on fait le minimum légal on ne répond pas aux besoins du bâtiment.

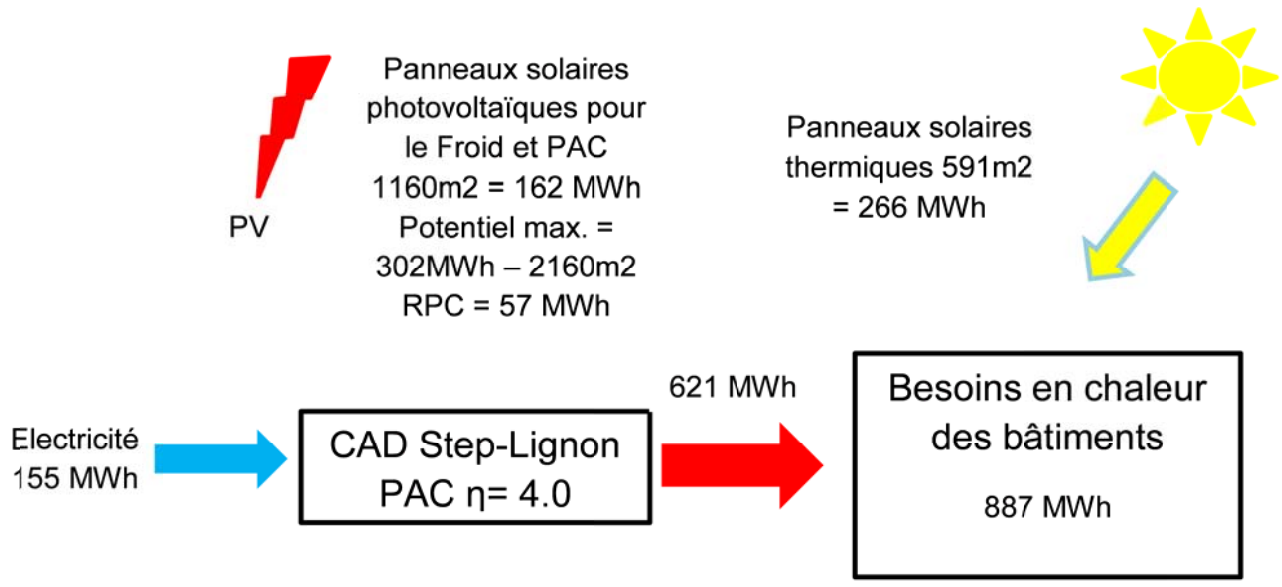
Même si l'on augmente la proportion de panneaux solaires thermique à 590m2 correspondant à 68% de couverture pour l'ECS (266 MWh) il manque encore 129 MWh pour satisfaire les besoins.

Dans le cadre du développement du CAD Step-Lignon (2018-2020) avec une température de 70°C, la totalité du besoin du scénario ci-dessus peut être pris en remplacement de la chaudière à gaz, cette dernière ne serait que transitoire.

Dans ce contexte un scénario 100% renouvelable est possible sous la forme suivante :

Le CAD Step-Lignon est considéré à 70% comme énergie renouvelable, ce qui permet de couvrir le reste par des panneaux thermiques à hauteur de 30% (ECS + CH). Ces derniers représentent un taux de couverture de 68% du besoin d'ECS ce qui est un maximum.

Capteurs solaires	Logements	Restaurant	Administratif	Total
Surface de panneaux pour 30% ECS + CH (450 KWh/m2)	471	68	52	591
Surface de panneaux pour 100% pour Froid (140 KWh/m2)	0	53	0	53



9.2 Variante n° 2 : PAC air/eau + gaz + solaire thermique et photovoltaïque (CAD remplacera le gaz à moyen terme) :

Principe : Installations d'une PAC air/eau, de chaudières gaz et de panneaux solaires thermiques sur la toiture.

Les besoins en chaleur des bâtiments seraient assurés par une PAC air/eau située en toiture et prenant l'énergie dans l'air extérieur. La PAC assurerait le chauffage jusqu'à une température extérieure de 3°C (limite de fonctionnement des aérorefroidisseurs) et la production d'ECS jusqu'à 45°, soit environ 70 % des besoins.

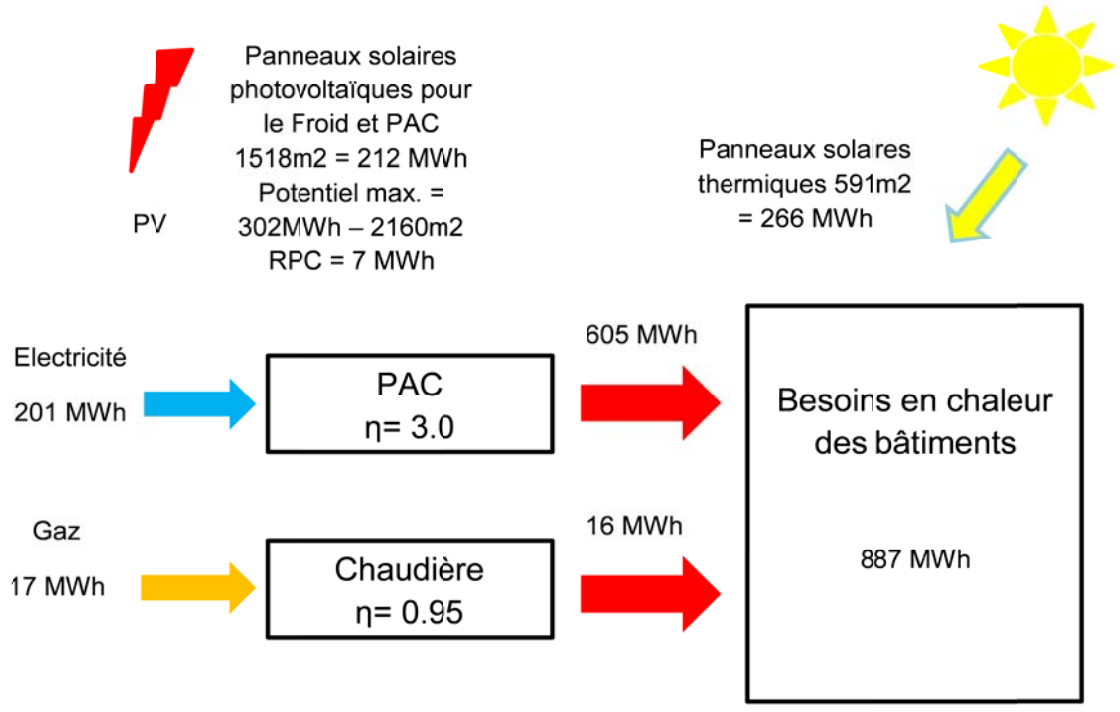
En complément, 591 m^2 de panneaux solaires thermiques installés en toiture couvriraient au minimum 30 % des besoins restants pour le CH+ECS.

Afin de compenser l'énergie électrique utilisée pour alimenter la PAC (COP 3.0), des panneaux photovoltaïques seraient également installées en toiture.

Une chaudière gaz viendrait en appoint de la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage, servant également de secours en cas de panne de la PAC, ce qui représente 30 % des besoins restants. Ces dernières seraient situées au sous-sol, dans un local technique commun. Un raccordement préalable au réseau gaz des SIG (présent à proximité) serait nécessaire.

La chaudière à gaz sera remplacée dès la mise à disposition du réseau CAD Lignon.

Besoins annuels kWh pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	385680	43750	68266	497696
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	707080	102375	77682	887137
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400



9.3 Variante N° 3 : PAC sondes géothermiques + Solaire thermique et photovoltaïque.

Principe : Installation d'une PAC sol/eau et de panneaux solaires thermiques + photovoltaïques sur la toiture.

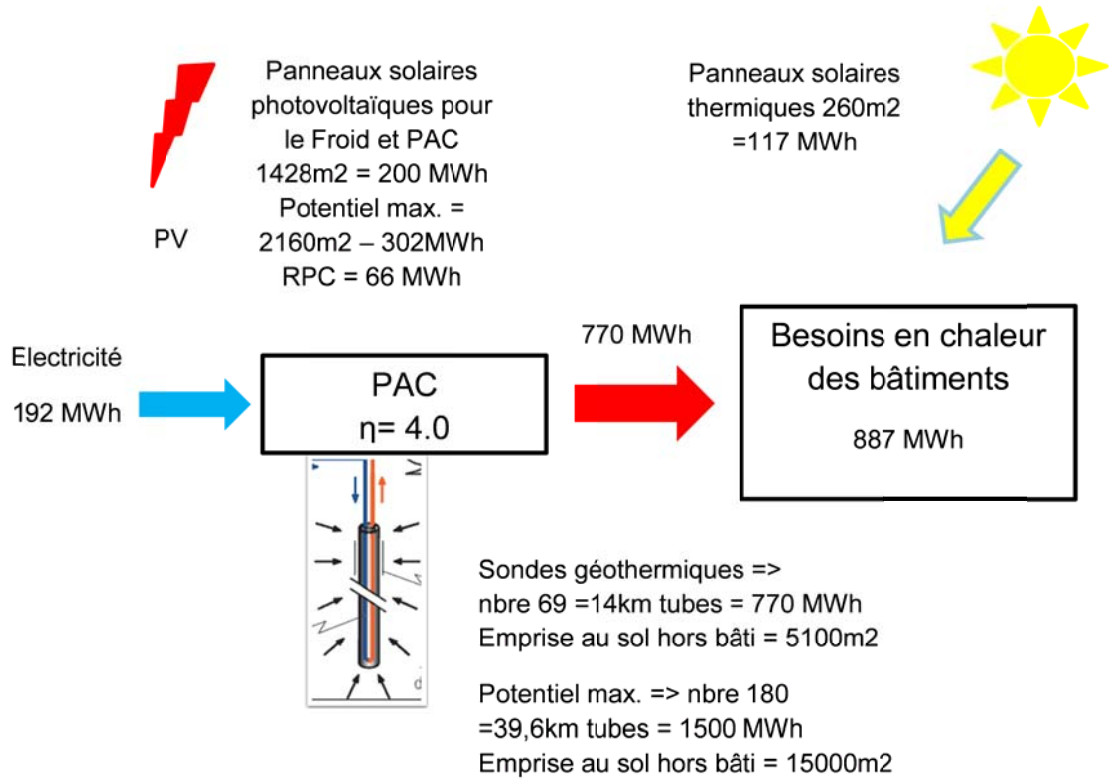
Les besoins en chaleur des bâtiments seraient assurés par une PAC sol/eau située au sous-sol, dans un local technique commun. Un champ de sonde de type Duplex serait nécessaire, soit, soixante-neuf forages d'environ 220 m de profondeur à prévoir. La PAC assurerait les besoins en chaleur pour le chauffage, et pour l'ECS jusqu'à 45°, soit environ 70 % des besoins. Des panneaux solaires thermiques permettent de couvrir le solde soit 30 % des besoins pour l'ECS avec 260 m^2 de panneaux installés en toiture.

Ce complément par panneaux solaires thermiques permet d'une part de favoriser le COP de la PAC ainsi que la recharge annuelle.

Des panneaux photovoltaïques seraient également installés en toiture afin de compenser l'énergie électrique utilisée pour alimenter la PAC et le Froid (1482 m2).

Besoins annuels kWh pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	385680	43750	68266	497696
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	707080	102375	77682	887137
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400

Sondes géothermiques	Logements	Restaurant	Administratif	Total
35 W/m de sonde	10748	1880	1468	14097
Nombre de sonde (220m)	49	9	7	64
Surface d'exploitation m2	3908	684	534	5126



9.4 Variante n° 4 : PAC eau/eau à changement de phase + Solaire thermique et photovoltaïque.

Principe : Installation d'une PAC eau/eau à changement de phase et de panneaux solaires thermiques + photovoltaïques sur la toiture.

Il s'agit d'un scénario très novateur et avec quelques expériences à la clé, mais d'un scénario néanmoins très prometteur et qui s'insèrerait très bien dans le présent projet.

L'énergie solaire couvre la totalité des besoins en eau chaude et en chauffage pendant environ six mois par an. Pendant cette période, la pompe à chaleur se repose. Pendant les autres six mois de l'année les panneaux solaires et la pompe à chaleur fonctionnent de concert pour assurer le confort dans le bâtiment.

En période estivale, l'installation solaire couvre la totalité des besoins thermique du bâtiment. En automne, en mi-saison ou même en hiver, lorsque l'ensoleillement est suffisant, l'énergie solaire est captée à un niveau de température suffisant pour permettre son utilisation en direct pour le chauffage voire pour l'eau chaude sanitaire. Si le niveau de température de retour du champ de capteurs solaires n'est pas suffisant (< 20°C), l'énergie captée est dirigée vers le stock à changement de phase et l'évaporateur de la PAC. La pompe à chaleur élève la température, par le biais du compresseur, à celle nécessaire pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

La nuit ou quand l'ensoleillement est insuffisant, la chaleur ambiante ou la faible énergie solaire captée à un niveau de température très bas permet de limiter le prélèvement de chaleur dans l'accumulateur à changement de phase en maintenant sa température à une valeur plus élevée.

Un accumulateur de chaleur latente eau/glace permet d'emmagasiner de la chaleur à faible température sans aucune déperdition, dans un volume très compact.

Changement de phase eau => glace: Le stock de glace fonctionne comme volume tampon permettant à la PAC de fonctionner avec une source froide à minimum 0°C pendant les heures d'hiver sans ensoleillement, qui ne permettent pas de gains d'énergie par les panneaux solaires thermiques.

Le besoin non couvert est assuré par des panneaux photovoltaïques, compensant également l'énergie électrique utilisée pour alimenter la PAC et les besoins en Froid.

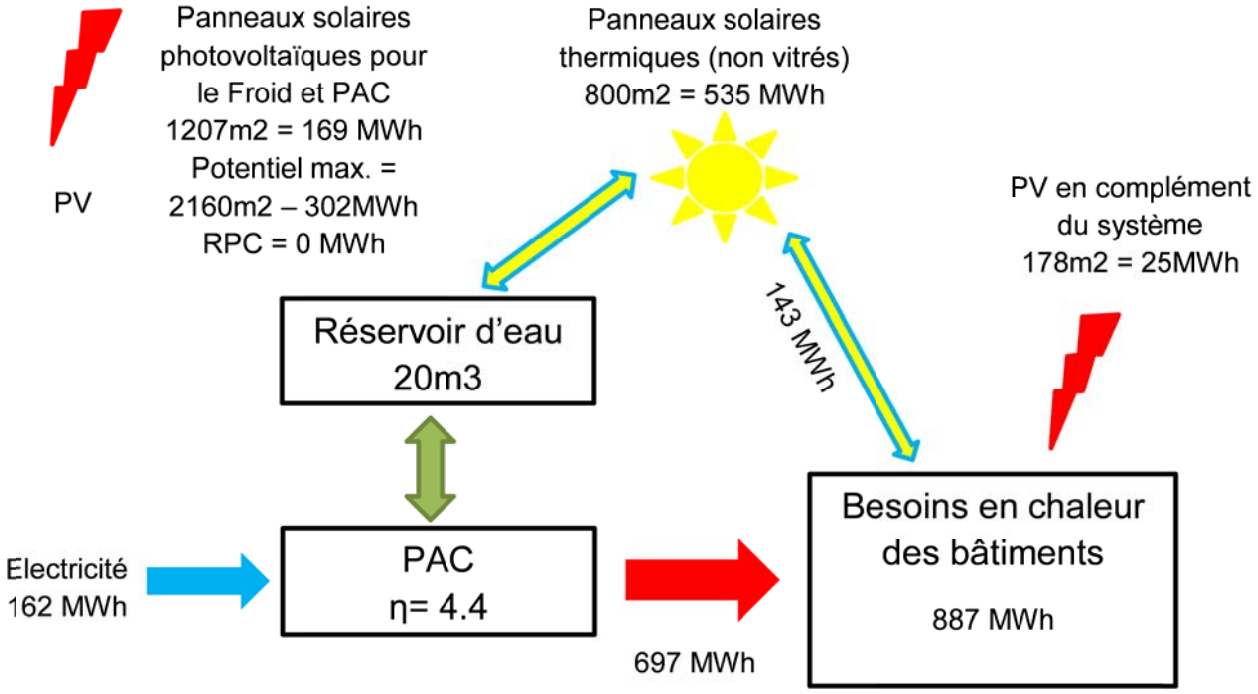
Selon un rapport d'étude, des COP annuels de 4,7 sont atteignables pour des constructions de type Minergie dédiées au logement, et le système est rentable en 12 ans.

Quelques exemples concrets existent en Suisse dont un à Genève d'une importance de 500KW et 1700m2 de panneaux thermiques (La Cigale – rue de Vermont), même si ce concept est encore relativement nouveau.

L'obtention du prix 2014 du développement durable de Genève ainsi que le prix national solaire en 2013 donne à ce scénario toute sa puissance.

Besoins annuels kWh pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	385680	43750	68266	497696
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	707080	102375	77682	887137
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400

PAC eau/eau chang. phase	Stock de glace m3	Surface active en thermique m2	Compensation par panneaux photovoltaïque m2	Accumulateur chauffage m3
	20	800	178	20



9.5 Variante n° 5 : Bois + Solaire thermique.

Principe : Installation d'une chaufferie bois et de panneaux solaires thermiques sur la toiture.

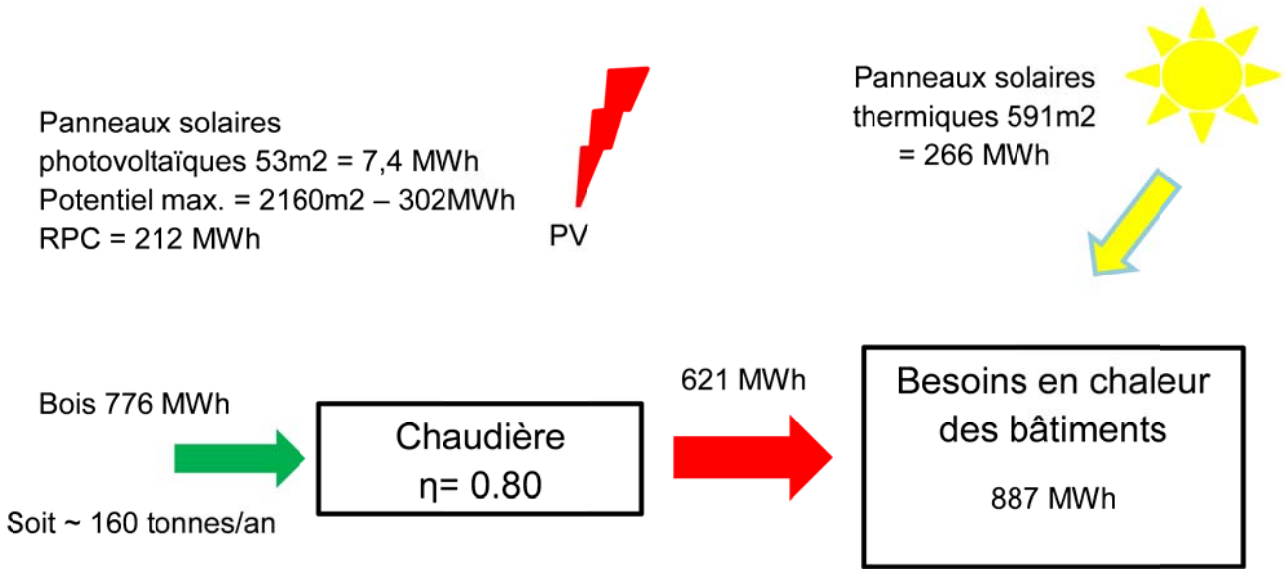
Une installation centrale composée d'une ou plusieurs chaudières bois à pellets ou bois déchiquetés pourrait alimenter l'ensemble des bâtiments du PLQ. Ces dernières seraient situées au sous-sol, dans un local technique commun. Afin de limiter les livraisons (environ 10 fois/an – 2 camions citerne), un silo de stockage d'un volume de 50 m3 utile (volume max. sans système d'extinction automatique) serait à prévoir.

Vu les dimensions importantes de ce dernier, il serait préférable de l'intégrer sous le radier du bâtiment ou dans le terrain.

En complément, 591 m^2 de panneaux solaires thermiques installés en toiture couvriraient au minimum 30 % des besoins pour l'ECS + CH ou 66% de l'ECS, limitant ainsi les livraisons pendant la partie estivale et mi-saison.

Besoins annuels kWh pour HPE et/ou Minergie	Chauffage	385680	43750	68266	497696
	ECS	321400	58625	9416	389441
	Total CH+ECS	707080	102375	77682	887137
Besoins annuels de froid kWh	Froid	0	7400	0	7400

Bois - Plaquettes	Logements	Restaurant	Administratif	Total
Volume à stocker (1m3/KW)	376	66	51	493



10. SYNTHESE ET ORIENTATIONS POSSIBLES

10.1 Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs

L'efficacité des énergies renouvelables est d'autant plus élevée que les besoins sont faibles au départ. Une série de mesures peuvent donc être prises à divers niveaux, afin de réduire la consommation énergétique et améliorer les performances du bâtiment sur toute sa durée d'utilisation. En voici une liste non exhaustive :

· Isolation thermique : satisfaire aux exigences d'un très haut standard de haute performance énergétique (THPE ou Minergie-P).

· Solaire passif : en termes de chaleur et de lumière, maximiser les apports de l'énergie solaire en hiver, tout en limitant ses effets en été (fenêtres bien orientées, vitrages performants, protections solaires extérieures, etc...).

· Inertie thermique : utiliser l'inertie du bâtiment, afin de lisser les appels de puissance et d'améliorer le confort.

· Chauffage : afin de rester compatible avec les énergies renouvelables, abaisser au maximum les températures de distribution (Tdépart ≤ 35°C).

· Ventilation mécanique : installer un système d'aération des locaux, permettant notamment de prévenir les condensations et de dépolluer l'air à l'aide de filtres, et récupérer la chaleur sur l'air vicié,

· Electricité : viser les valeurs cibles de la norme SIA 380/4.

Sur la base des techniques proposées et développées ci-dessus nous pouvons dire qu'au vu de la forme plate du bâtiment (3700m2 toiture) il est tout naturel d'utiliser au mieux cette surface pour la mise en place de capteurs solaires thermiques et photovoltaïques parfaitement orienté et libre de tout ombrage.

Compte tenu de l'environnement immobilier actuel (villas) et en regard du concept qui sera retenu en définitif, de prévoir la réserve en locaux techniques pour le développement du périmètre élargi.

De ce fait les variantes proposées démontrent un intérêt propre à chacune si l'on inclut le moyen terme dans l'analyse.

10.2 Comparaison quantitative des scénarios

Les différents scénarios sont comparés d'un point de vue quantitatif. Etant donné que le "mix électrique" genevois (offre SIG vitale bleue) est considéré comme 100% renouvelable, la comparaison des scénarii du strict point de vue de leur part de renouvelable est loin d'être suffisante.

Le choix a donc été fait de les comparer en fonction de la contribution des énergies renouvelables locales à la satisfaction des besoins thermiques du périmètre, de la quantité d'électricité ou de gaz qu'il faut importer du réseau, des émissions de CO2, ainsi que de l'énergie primaire. Précisons que pour l'électricité, le tableau indique la quantité à importer pour satisfaire les besoins liés à la production de chaleur et de froid.

Il est également intéressant de montrer le potentiel à disposition d'un contracteur de panneaux photovoltaïques et/ou la revente d'énergie électrique (RPC).

Quantitatif / Scénario	Energie renouvelable en %	Surface panneaux solaires m2	Electricité importée (MWh/an)	Gaz/Bois importé (MWh/an)	Energie primaire (MWh/an)	Emission de CO_2 (To/an)	Surface PV pour RPC (MWh/an)
Gaz + solaire avec PV	14%	313	1	560	561	101	259
CAD + solaire avec PV	100%	1751	0	0	0	0	57
CAD + solaire sans PV	100%	591	155		155	0	212
PAC Air/eau + solaire avec PV	98%	2109	0	17	17	3	7
PAC Air/eau + solaire sans PV	98%	591	201	17	218	3	212
PAC sondes + solaire avec PV	100%	1688	0	0	0	0	66
PAC sondes + solaire sans PV	100%	260	192	0	192	0	258
PAC glace + solaire avec PV	100%	2185	0	0	0	0	0
PAC glace + solaire sans PV	100%	978	162	0	162	0	183
Bois + solaire avec PV	100%	644	0	776	776	0.25	212
Bois + solaire sans PV	100%	0	16	776	792	0.25	228

CO_2 pour électricité réseau =	SIG vert (100%)
CO_2 pour Bois =	transport uniquement
RPC =	revente potentiel sur réseaux électrique SIG

Sans surprise, d'un point de vue environnemental, le scénario Gaz + Solaire ne peut-être recommandé sur la base des valeurs ci-dessus, en raison de son fort apport en gaz polluant.

La solution CAD + Solaire présente une solution à fort potentiel, même dans un futur lointain.

En ce qui concerne la comparaison entre les scénarios « Géothermie » (sans PV) et « Air », on peut voir que l'apport en électricité est sensiblement identique pour les deux scénarii. En effet, si les PAC valorisant la géothermie affichent des meilleurs COP que les PAC valorisant l'énergie comprise dans l'air (surtout en plein hiver, en été les PAC sol/eau n'étant pas forcément meilleures que les PAC air/eau), le bénéfice de ces COP est largement perdu en raison des besoins de recharge du terrain.

La PAC Glace + Solaire affiche une philosophie totalement différente puisqu'elle soutire le maximum d'énergie solaire et de l'eau avant même l'emploi de la PAC. Ceci sans contrainte dû à la recharge du terrain et de la température extérieure.

La chaufferie à bois est assurément un bon vecteur énergétique malgré le transport qu'il engendre et les filières d'approvisionnements auquel il est lié.

10.3 Comparaison qualitative des scénarios

Une comparaison qualitative est également utile. Le tableau suivant récapitule ainsi les principaux avantages et inconvénients de chaque scénario.

Qualitatif / Scénario	Avantages	Inconvénients
Gaz + solaire	Facilité de mise en œuvre et d'extension futur, potentiel important en RPC.	Recours aux énergies fossiles impliquant des émissions de CO2, et une plus grande incertitude liée aux coûts des énergies.
CAD + solaire	Facilité de mise en œuvre et d'expension futur, potentiel moyen en RPC. Coût à variable faible sur 30 ans.	Dépendance d'un tiers pendant 30 ans. Réseau disponible d'ici 2020.
PAC Air/eau + solaire	Facilité de mise en œuvre.	Expension futur avec emprise sur toiture non négligeable et potentiel négligeable en RPC. Acoustique à traiter de manière importante. Contrainte liée à l'obligation de mettre des panneaux solaires thermiques.
PAC sondes + solaire	Effet « marketing »	Système « usine à gaz » avec recharge du terrain requise, engendrant des consommations électriques supplémentaires. Grosse emprise sur le terrain.
PAC glace + solaire	Facilité de mise en œuvre et d'extension futur. Valorisation à 200% des panneaux solaires thermiques par utilisation jour & nuit, valorisation de l'énergie de l'eau sans dégradation dans le temps.	Potentiel négligeable en RPC.
Bois + solaire	Mise en œuvre moyenne. Potentiel important en RPC.	Expension futur avec emprise non négligeable en chaufferie et silo à bois. Emissions de CO2 dû au transport, incertitude liée aux coûts des énergies (variable sur prix du mazout). Maintenance importante.

RPC = revente potentiel sur réseaux électrique SIG

Selon les critères qualitatifs, les scénarii « Gaz + Solaire », « CAD + Solaire », « PAC Glace + Solaire » et « PAC Air + Solaire » présentent l'avantage non négligeable de la facilité de mise en œuvre et donc d'une meilleure garantie de fonctionnement. Ces derniers, sauf « PAC Air + Solaire », ont un potentiel d'extension simple.
Le scénario « Géothermie » est malheureusement plus compliqué à mettre en œuvre, eu égard à l'emprise sur le terrain et à la nécessité de recharge.
Le « PAC Air + Solaire » a une contrainte acoustique importante compte tenu du milieu environnemental où il se trouve (zone villas).
Le « Bois + Solaire » amène un trafic routier, la maintenance du système est non négligeable en comparaison avec les autres scénarios.

10.4 Synthèse des stratégies énergétiques

Qualitatif / Scénario	Contribution aux objectifs de politique énergétique et environnementale	Implication techniques et spatiales	Implications économiques	Organisation des acteurs
Gaz + solaire		1 chaufferie centralisée	~ 23 cts/kWh	Aucune
CAD + solaire		1 sous-station générale	~ 24 cts/kWh	Coordination avec SIG et négociation prix de l'énergie.
PAC Air/eau + solaire		1 chaufferie centralisée et aérorefroidisseurs en toiture	~ 35 cts/kWh	Anticiper les surfaces de locaux techniques dû aux phasage des travaux. Acoustique envers le voisinage.
PAC sondes + solaire		1 chaufferie centralisée et surface de terrain considéré.	~ 32 cts/kWh	Gestion des aménagements extérieurs. Obligation de recharge du terrain
PAC glace + solaire		1 chaufferie centralisée	~ 21 cts/kWh	Aucune
Bois + solaire		1 chaufferie centralisée + silo à bois	~ 22 cts/kWh	Coordination avec les filiaires de distribution.

En conclusion les options les plus favorables sont le « CAD + Solaire » et le « PAC Glace + Solaire ». Le scénario « Gaz + Solaire » serait également possible techniquement, mais peu recommandé eu égard aux énergies fossiles ou alors de manière transitoire pour le « CAD + Solaire ».

11. CONCLUSION

Si les variantes sont classées par ordre selon les critères ci-dessous :

- Particularité du site (actuellement que des villas)

- Part d'énergie renouvelable dans les différentes variantes pour répondre aux orientations énergétiques du canton

- Avantages et inconvénients

- Possibilité de phaser les travaux

- Coût d'investissement et d'exploitation

Les solutions qui doivent être mises en avant pour ce PLQ et approfondies en tenant compte surtout de la synergie des diverses constructions sont dans l'ordre:

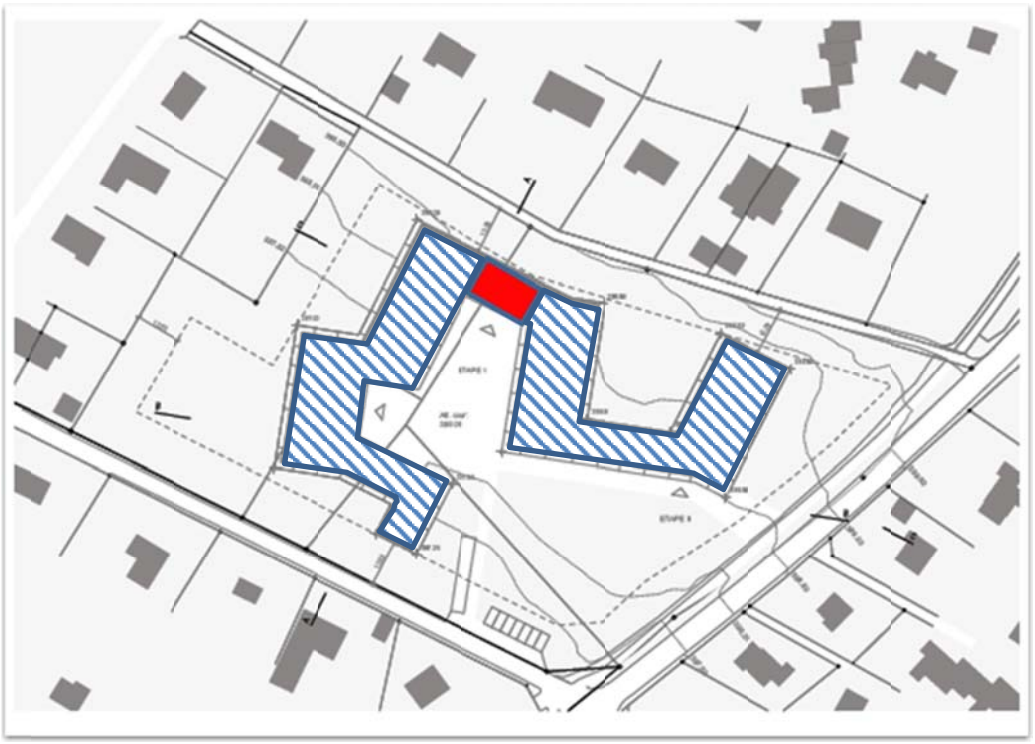
1) PAC eau/eau à changement de phase + panneaux solaires Th & PV
2) CAD + solaire thermique

Toutes ces solutions ne seront mises en œuvre que sur des bâtiments ayant une efficience énergétique optimisée.

Enfin, le choix pourra être également fait de renforcer l'enveloppe thermique pour atteindre un standard de très haute performance énergétique (Minergie-P ou équivalent), ce qui permettrait de diminuer encore les besoins de chaleurs, et de réduire les investissements pour les installations techniques et les coûts d'exploitation.

Les figures suivantes font apparaître les recommandations pour les niveaux inférieurs de la planification.

PAC eau/eau à changement de phase + panneaux solaires Th & PV



Locaux techniques Surface utilisées par les panneaux solaires Th + PV

CAD + solaire thermique

Locaux techniques Surface utilisées par les panneaux solaires Th + PV
Surface libre pour contracting et RPC CAD-STEP-LIGNON

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE
Département de l'aménagement, du logement et de l'énergie
Office cantonal de l'énergie

Feuille de validation et suivi des modifications du concept énergétique territorial

Cette feuille faite partie intégrante du CET validé

CET 2015-04 associé au PLQ 29'890-540, Chemin de la Bourdonnette, des Campanules et des Sellières, Vernier

Commentaires de l'OCEN

- Le CET 2015-04, validé le 06.05.2015, fera l'objet de mises-à-jour régulières en fonction des orientations énergétiques choisies par les promoteurs du projet immobilier et de la position des acteurs impliqués dans certaines des stratégies énergétiques proposées, notamment les Services Industriels de Genève (SIG).
- Le périmètre du CET 2015-04 et du PLQ associé se situe sur le chemin du projet de réseau de chaleur à distance valorisant les rejets thermiques de la STEP d'Aïre et identifié dans le Plan directeur cantonal 2030. Les futurs mises-à-jour de cet CET 2015-04 devront intégrer l'évolution de ce projet porté par les SIG.
- Ce CET 2014-05 identifie la nécessité d'une étude complémentaire sur le stockage thermique saisonnier. Cette proposition devra être reprise et approfondie dans le cadre du concept énergétique de bâtiment (CEBât).

Bon pour validation: Date: 06.05.2015 Visa: _____

Martin Clerc de Senarclens
Adjoint scientifique

Office cantonal de l'énergie • Rue du Puits-Saint-Pierre 4 • 1204 Genève
Tél. +41 (0) 22 327 93 77 • Fax +41 (0) 22 327 93 61 • E-mail martin.clerc@etat.ge.ch • www.ge.ch
Lignes TPG 2-5-10-12 - arrêt Molard ou 7 - arrêt Eynard