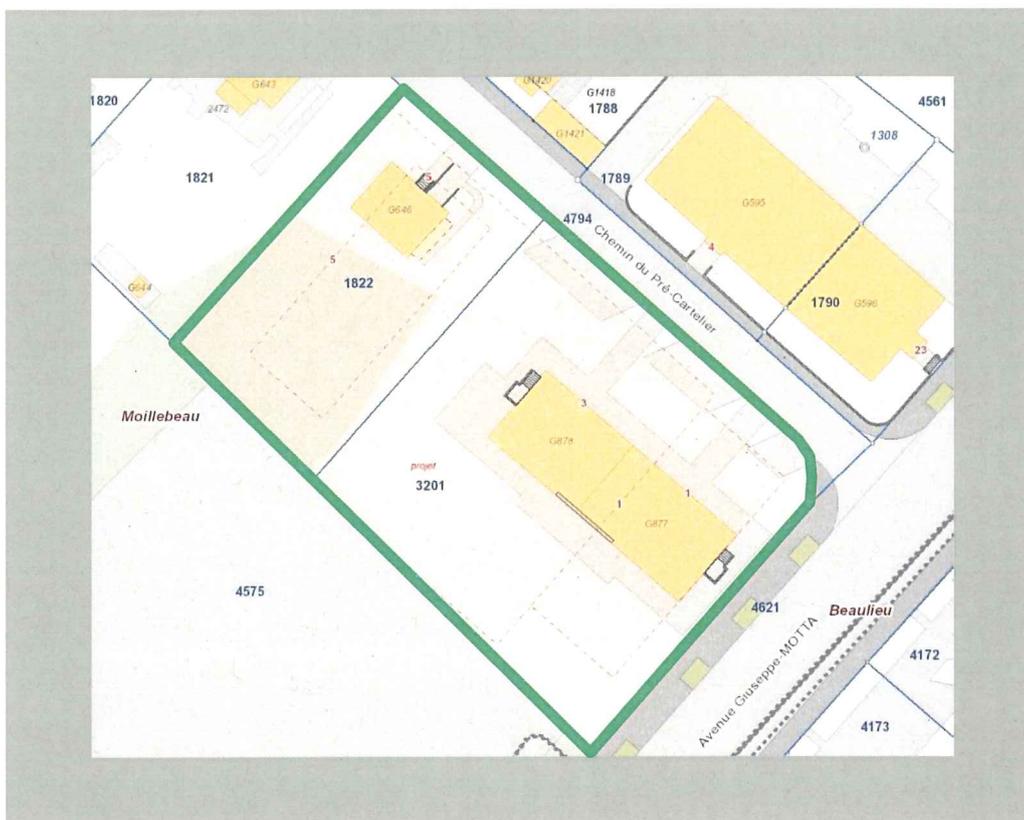


# Plan localisé de quartier (PLQ) N°30'009-203

Avenue Giuseppe-Motta et Chemin du Pré-Cartelier  
Parcelles N° : 1822, 3201



## Concept énergétique territorial (CET)

### Rapport technique

*CET 2016-07*  
OFFICE CANTONAL  
DE L'ENERGIE  
Rue du Puits-Saint-Pierre 4  
Case postale 3920  
1211 Genève 3  
*5 août 2016*

## Table des matières

<b>1. PREAMBULE ET RESUME DU PRESENT CET .....</b>	<b>4</b>
<b>2. MISE EN CONTEXTE .....</b>	<b>6</b>
2.1 Bref historique des études précédentes .....	6
2.2 Périmètre d'étude et acteurs concernés .....	6
2.2.1 Périmètre d'étude restreint .....	6
2.2.2 Périmètre d'influence .....	7
2.3 Programme de construction et contexte urbanistique .....	8
2.4 Politique énergétique cantonale et en ville de Genève .....	9
2.5 Contexte légal et performances énergétiques requises .....	9
2.6 Contexte environnemental .....	10
<b>3. STRUCTURE DES BESOINS ENERGETIQUES DU PLQ .....</b>	<b>12</b>
3.1 Hypothèses de calcul et normes pour le besoin en énergie finale .....	12
3.2 Analyse des besoins énergétiques du PLQ .....	12
3.2.1 Besoins de chaleur pour le chauffage .....	12
3.2.2 Besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire (ECS) .....	13
3.2.3 Puissance thermique à installer pour le PLQ « Pré-Cartelier » .....	13
3.2.4 Besoins en électricité .....	14
3.3 Quantité maximale autorisée d'approvisionnement en énergie non renouvelable .....	14
<b>4. ANALYSE DES RESSOURCES ENERGETIQUES .....</b>	<b>15</b>
4.1 Energies disponibles sur le site (potentiel local) .....	15
4.1.1 Géothermie .....	15
4.1.2 Energie solaire .....	15
4.1.3 Bois .....	16
4.1.4 Eaux usées .....	16
4.1.5 CAD – réseau de chauffage à distance .....	16
4.1.6 Ressources conventionnelles (non renouvelables) .....	17
4.2 Comparaison des besoins et des ressources .....	17
<b>5. DEFINITION DES SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE ...</b>	<b>18</b>
5.1 Stratégie autonomie thermique – géothermie à basse température .....	18
5.2 Stratégie géothermie basse température avec appoint d'énergie thermique au gaz ...	19
5.3 Stratégie solaire 100% thermique – exigences minimales .....	19
<b>6. SYNTHESE ET CONCLUSION .....</b>	<b>20</b>

## **Liste des annexes :**

**Annexe 1 : Plan du PLQ N° 30'009**

**Annexe 2 : Liste des hypothèses**

**Annexe 3 : Calcul des besoins en énergie thermique du PLQ**

**Annexe 4 : Calcul des besoins en électricité du PLQ**

**Annexe 5 : Calcul des minimas d'approvisionnement en énergie renouvelable**

**Annexe 6 : Estimation du coût des variantes d'approvisionnement énergétique**

## 1. Préambule et résumé du présent CET

Ce rapport vise en premier lieu à définir les stratégies d'approvisionnement énergétiques futures du périmètre défini par le plan localisé de quartier (PLQ) n° 30'009, en lien avec la nouvelle urbanisation de ce site situé au centre du Petit-Saconnex (ville de Genève). Ce PLQ se situe dans le secteur dit « Pré-Cartelier », en zone de développement 3, à l'angle nord-est formé par les chemins du Pré-Cartelier et de l'avenue Giuseppe-Motta, sur les parcelles N° 3'201 et 1'822. La carte ci-dessous localise le PLQ (périmètre en rouge) :

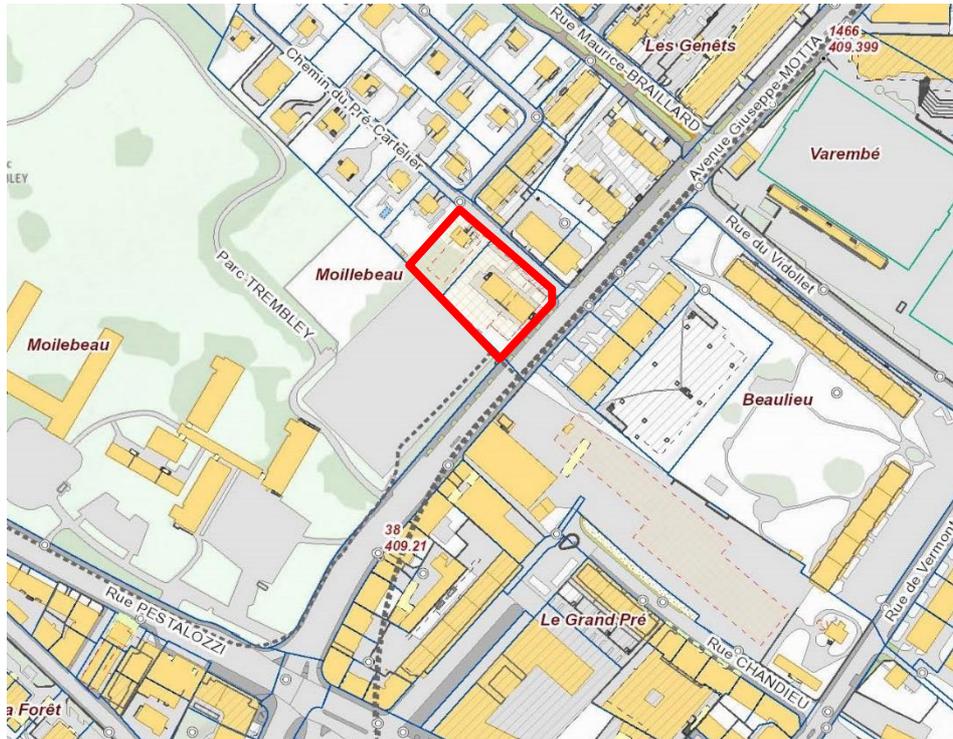


Fig.1 : Périmètre du plan localisé de quartier (PLQ) n° 30'009

La démarche suivie se base largement sur les objectifs de la directive cantonale relative au concept énergétique territorial (version du 4 août 2010), à savoir :

- Identification des acteurs concernés du territoire et organisation des interactions qu'ils entretiennent en rapport avec l'environnement ;
- Rationalisation de la consommation énergétique des bâtiments par la promotion des hauts standards de performance énergétique ;
- Favoriser l'utilisation des énergies renouvelables ;
- Développer des infrastructures et des technologies de transformation efficaces.

La mise en commun de l'ensemble de ces objectifs doit contribuer à l'objectif global de la société à 2000 Watt et de la réduction des gaz à effet de serre du canton de Genève.

Ce rapport traite plus précisément des points suivants :

- Analyse des besoins énergétiques futurs du périmètre PLQ ;
- Inventaire et caractérisation des infrastructures énergétiques existantes ;
- Analyse du potentiel local des ressources énergétiques ;
- Définition des scénarios d'approvisionnement.

La présente étude doit tenir compte de l'évolution future de la ville de Genève et de son secteur du Petit-Saconnex et surtout de celle du quartier dans lequel s'insère le PLQ, tant au niveau des projets d'aménagement du territoire et selon le plan directeur cantonal, que des grands

axes de développement des stratégies d'approvisionnement énergétique. Elle doit ainsi se réaliser sur un périmètre étendu plus large que celui du PLQ.

### Résumé du présent CET :

Pour l'approvisionnement énergétique du PLQ et après passage en revue de l'ensemble des ressources énergétiques disponibles sur le site, trois scénarios sont envisagés :

#### 1) Stratégie énergie renouvelable – autonomie thermique basée sur la géothermie à basse température (scénario 5.1 du ch. 5)

Cette variante consiste à fournir l'énergie thermique du PLQ au moyen d'une pompe à chaleur (PAC) sol-eau couplée à un champ de sondes géothermiques verticales couvrant le 100% des besoins thermiques pour le chauffage et le 50% des besoins pour l'ECS avec installations de panneaux solaires thermique et photovoltaïques en toiture. Cette solution présente de nombreux avantages :

- Très peu émettrice de CO<sub>2</sub>, donc contribuant favorablement aux objectifs de limitation de gaz à effet de serre selon le plan climatique cantonal (horizon 2030) et la CGE 2013<sup>1</sup> ;
- Utilisation importante d'énergie renouvelable ;
- Sécurité d'approvisionnement ;
- Image positive des futurs bâtiments ;
- Obtention de subventions (pour la géothermie) ;
- Maîtrise des coûts d'exploitation liée à la faible incertitude sur la fluctuation du prix de l'énergie (pas de dépendance aux énergies fossiles) ;
- Plus chère que la variante 5.2 et moins chère que la variante 5.3 en englobant le coût d'investissement et les coûts d'exploitation de la future installation sur 15 ans.

#### 2) Stratégie géothermie basse température et appoint d'énergie thermique au gaz (scénario 5.2 du ch. 5)

Cette variante est une combinaison des variantes 5.1 et 5.3. Elle considère un approvisionnement énergétique du PLQ avec une pompe à chaleur (PAC) sol-eau raccordée sur un champ de sondes géothermiques verticales restreint couvrant le 70 % des besoins thermiques pour le chauffage. Le reste de l'énergie (chauffage et ECS) est apporté avec une chaudière à gaz d'appoint et des panneaux solaires thermiques.

Les avantages de cette solution sont :

- Relativement peu émettrice de CO<sub>2</sub>, donc contribuant aux objectifs de limitation de gaz à effet de serre selon le plan climatique cantonal (horizon 2030) et la CGE 2013 ;
- Utilisation d'énergie renouvelable ;
- Obtention de subventions (pour la géothermie) ;
- Coût minimum (investissement et coût d'exploitation).

L'inconvénient principal des scénarios 5.1 et 5.2 sont leur mise en œuvre, légèrement compliquée par une coordination accrue pour les sondages géotechniques lors des travaux de terrassement et du gros œuvre (en lien avec le parking souterrain).

#### 3) Stratégie solaire 100% thermique – exigences minimales (scénario 5.3 du ch. 5)

Cette solution consiste à apporter le minimum légal d'énergie renouvelable (126 MWh/an soit 40% des besoins selon SIA 380/1) pour les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire, au moyen de la mise en œuvre de solaire thermique sur toute la

---

<sup>1</sup> CGE 2013 : Conception générale de l'énergie 2013 du canton de Genève

surface disponible en toiture des bâtiments. Le reste de l'énergie est approvisionné au moyen d'une chaudière à gaz. Les avantages sont :

- La facilité de mise en œuvre, puisque le réseau de gaz SIG est à disposition dans les environs immédiats du périmètre PLQ.

Les inconvénients sont :

- L'utilisation importante d'énergie fossile et la production de gaz à effet de serre qui en découle ;
- Son coût (le plus élevé sur une durée d'amortissement de 15 ans) et la difficulté de prévoir les coûts d'exploitation dans un contexte futur de variation du prix du gaz.

Nous recommandons aux futurs décideurs de choisir la variante d'approvisionnement énergétique en se basant sur une logique d'investissement à long terme qui privilégiera le meilleur rapport coût et efficacité environnementale.

## 2. Mise en contexte

### 2.1 Bref historique des études précédentes

Le secteur concerné a d'ores et déjà fait l'objet de diverses études d'urbanisation avec la dépose de plusieurs demandes définitives d'autorisation de construire (DD). Dans l'ordre chronologique, nous pouvons citer :

- En janvier 2007 : une demande de renseignements (DR) n° 17'994 pour la construction d'un immeuble de logements et d'un garage souterrain avec une décision favorable de l'Office de l'urbanisme sous certaines conditions, dont celle relative à l'élaboration d'un PLQ intégrant les parcelles n° 1'820, 1'821, 3'201, 1'818 et 1'819 ;
- En 2011, un PLQ a été élaboré et adopté, prévoyant 5 bâtiments sur ces parcelles. Ce PLQ a été cependant invalidé par le tribunal administratif en 2012 en raison de densités inadéquates en rapport à celles du plan directeur cantonal 2015 ;
- Dès 2011, deux demandes définitives de construire (DD 105'785 et DD 104'273) ont été déposées sur les parcelles 3'201 et 1'822. Il s'agit de 2 bâtiments comportant des logements, avec pour un des bâtiments des activités au rez-de-chaussée et un parking souterrain.

Le présent concept énergétique territorial (CET) s'insère dans le dossier du PLQ n° 30'009, dont le plan est montré à l'annexe 1. Le document de référence pour le présent PLQ est le Plan directeur cantonal 2030.

### 2.2 Périmètre d'étude et acteurs concernés

Le périmètre qui fait l'objet de cette étude se définit à deux échelles principales : le périmètre proprement dit du PLQ nommé périmètre d'étude restreint et le périmètre d'influence, plus important, qui englobe l'ensemble du quartier et ses principales infrastructures.

#### 2.2.1 Périmètre d'étude restreint

Le projet de PLQ « Pré-Cartelier » se situe sur le territoire de la ville de Genève-Petit-Saconnex. Plus précisément, ce projet s'inscrit à l'intérieur des voies de communications suivantes : Av. Giuseppe-Motta au sud-est, chemin du Pré-Cartelier au nord-est, parcelle 1'821 avec villa au nord-ouest et Parc Trembley au sud-ouest. Actuellement, les parcelles du site sont classées en zone de développement 3, destinée aux grandes maisons affectées à l'habitation, au commerce et aux activités du secteur tertiaire. L'emprise du PLQ s'étend sur 3'393 m<sup>2</sup> de terrain et prévoit la construction de 2 bâtiments de logements avec un parking

souterrain, dont un avec activités au rez-de-chaussée, totalisant une surface brute de plancher (SBP) de 6'420 m<sup>2</sup>. Cette surface brute de plancher se répartit en différentes affectations :

- 5'946 m<sup>2</sup> destinés aux logements ;
- 474 m<sup>2</sup> voués à des activités (commerces et administration).

Les caractéristiques des bâtiments projetés et leurs surfaces qui se partagent en deux aires d'implantation A et B sont récapitulées dans le tableau suivant :

Parcelles	Surface parcelle (m <sup>2</sup> )	Nombre de bâtiments	Aires d'implantation	Gabarit	SBP (m <sup>2</sup> )		SBP total (m <sup>2</sup> )	Nombre logements	Habitants estimés
					Activités	Logements			
3201	2'294	1	A	R+7	474	3'317	3'791	29	88
1822	1'099	1	B	R+5	0	2'629	2'629	24	73
<b>Total</b>	<b>3'393</b>	<b>2</b>			<b>474</b>	<b>5'946</b>	<b>6'420</b>	<b>53</b>	<b>161</b>

Tableau 1 : caractéristiques des bâtiments projetés

La figure 2 ci-dessous montre l'emprise du périmètre d'étude restreint.

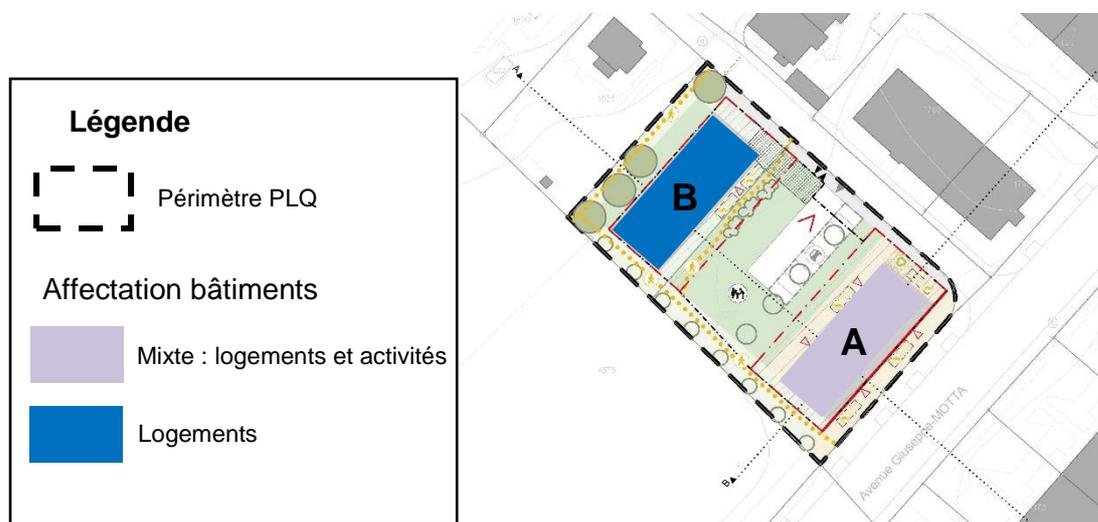


Fig.2 : Périmètre d'étude restreint (ou périmètre du PLQ)

Des surfaces vertes (parc, sol végétalisé, plantations) sont prévues entre les 2 bâtiments. Des cheminements pour piétons longent la partie sud-ouest et nord-ouest du périmètre PLQ.

### 2.2.2 Périmètre d'influence

Le périmètre d'influence donne les informations nécessaires quant à la mise en relation des infrastructures d'approvisionnement en énergie mais aussi des équipements publics, cheminements piétons et voies de communication ainsi que des futurs projets. Il prend en compte l'ensemble du quartier, à savoir la proximité au sud-ouest du parc Trembley, un quartier mixte de villas et d'immeubles au nord, un axe de circulation principal à l'est (Av. Giuseppe-Motta) et l'infrastructure sportive de Varembe (terrains de football et piscine).

Le projet PLQ « Pré-Cartelier » est situé à proximité de projets planifiés ou en cours de réalisation voire d'achèvement. Nous pouvons citer à ce sujet :

- La construction d'une école, crèche, piscine et espaces publics ayant fait l'objet du CET 2013-02 au 8-10, rue Chandieu au sud-est du périmètre PLQ, actuellement en phase terminale ;
- La construction d'immeubles de logements et parkings souterrains au ch. des Vignes situé à 360 m au nord du périmètre PLQ, qui seront achevés en 2018-2020.

La figure 3 ci-après montre l'emprise du périmètre d'influence et localise les différents projets et leur horizon de réalisation.

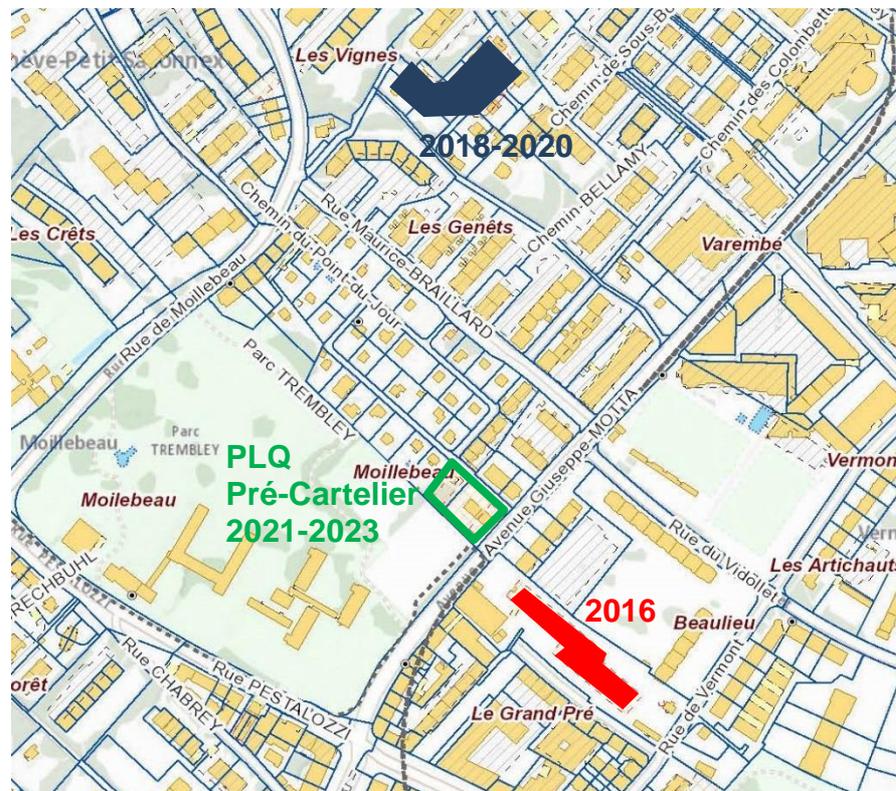


Fig.3 : Périmètre d'influence du projet

Les différents acteurs concernés par la planification énergétique du quartier sont :

- Les propriétaires des parcelles concernées (maîtres d'ouvrage), soit M. Francis Lachenal pour la parcelle n°1'822 et la coopérative immobilière « Le Niton » pour la parcelle n°3'201 ;
- Les (futurs) mandataires des maîtres d'ouvrages (à l'heure actuelle, M. Lorenzini du bureau 2DLC architectes pour l'aire d'implantation A) ;
- Les autorités cantonales compétentes, en l'occurrence le service de l'énergie (OCEN) et l'office de l'urbanisme ;
- Les Services industriels de Genève (SIG) ;
- La ville de Genève ;
- Les propriétaires des bâtiments d'importance situés dans le périmètre d'influence, qu'ils soient consommateurs d'énergie ou producteurs de rejets thermiques.

Il est indispensable de consulter et de coordonner l'ensemble des acteurs (mentionnés ci-dessus) concernés par la planification énergétique territoriale afin d'aboutir à des solutions d'approvisionnement optimales et efficaces. A ce sujet, un plan de coordination réunissant les principaux acteurs mentionnés ci-dessus devra être mis en place avant les études de détails et les plans d'exécution des variantes d'approvisionnement énergétiques.

### 2.3 Programme de construction et contexte urbanistique

Le programme de construction concerne deux immeubles (A et B) comportant des logements et des surfaces d'activités ainsi qu'un parking souterrain de 51 places. Les horizons de réalisation sont : 2021 pour le bâtiment B et 2023 pour le bâtiment A.

Dans le plan directeur cantonal 2030, le périmètre du présent PLQ est identifié comme un secteur à densifier. Selon ce plan, l'indice de densité minimal (ID) doit être compris entre 1.8 et 2.5 et l'indice d'utilisation du sol (IUS) minimal est de 1.2. Les hypothèses qui sont retenues actuellement pour le programme de construction du PLQ sont les suivantes :

- Densification (IUS) : 1.89
- Bâtiments projetés : 2 immeubles totalisant 53 logements et surfaces d'activités (474 m<sup>2</sup>) ;

Selon ce plan directeur, le PLQ se situe dans un quartier central à prédominance de logements. Il s'agit de mettre l'urbanisation future en relation avec les réseaux de mobilité douce et la desserte en transports publics.

## 2.4 Politique énergétique cantonale et en ville de Genève

Le projet du PLQ « Pré-Cartelier » s'inscrit en premier lieu dans le contexte de la politique énergétique cantonale genevoise défini dans la Conception générale de l'énergie (CGE 2013) et concrétisée par les objectifs définis dans le plan directeur cantonal de l'énergie (horizon 2030) et la fiche D02 « Coordonner aménagement du territoire et politique énergétique cantonale », dont la teneur principale est :

### **Localiser judicieusement les installations de production et d'approvisionnement énergétique d'importance cantonale et favoriser le recours aux énergies renouvelables**

Les effets attendus dans la fiche D02 sont notamment :

- Diversification et répartition équilibrée des différentes sources d'approvisionnement ;
- Valorisation des ressources énergétiques renouvelables locales ;
- Atteinte progressive de la société à 2000 W ;
- Développement de concepts énergétiques limitant les émissions polluantes, en particulier dans les zones à immissions excessives ;
- Approvisionnement progressif de toutes les parties du canton en énergies renouvelables.

Quant à la ville de Genève, elle a fixé les principes fondamentaux de sa politique énergétique tant au niveau de ses décisions que de ses actions, afin de limiter l'impact sur l'environnement. Les points principaux de cette politique énergétique sont contenus dans les documents suivants :

- Politique énergétique et climatique de la ville de Genève, objectifs politiques et stratégiques – Plan d'actions 2014-2018 ;
- Plan d'actions de politique énergétique et climatique 2014-2018.

## 2.5 Contexte légal et performances énergétiques requises

Le contexte légal dans lequel s'inscrit le présent concept énergétique territorial est le suivant :

- Loi cantonale genevoise sur l'énergie LEn 2 30 et ses modifications d'août 2010, notamment les articles 6 et 11 traitant du concept énergétique territorial (CET) ;
- Règlement d'application de la loi sur l'énergie REn L 2 30.01 (septembre 1988) et ses modifications entrées en vigueur le 5 août 2010, notamment l'article 12A ;
- Directive cantonale relative au concept énergétique territorial (4 août 2010) ;
- Loi générale sur les zones de développement L 1 35 (LGZD, 1957).

Le concept énergétique général du projet d'urbanisation « Pré-Cartelier et Giuseppe-Motta » doit répondre aux objectifs définis par la loi sur l'énergie (LEn) et son règlement d'application (REn). Dans le cadre de la construction des deux bâtiments intégrés au PLQ, l'hypothèse retenue est celle du « Haut standard de performance énergétique » (HPE), correspondant à 80% des besoins en chaleur de chauffage définis dans la norme SIA 380/1.

## 2.6 Contexte environnemental

### **Axes de circulation, trafic et pollution de l'air :**

Concernant la qualité de l'air dans le périmètre du projet, nous retenons comme indicateur la concentration en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Les données fournies par le réseau d'observation de la pollution de l'air à Genève (ROPAG) indiquent pour le périmètre de projet des immissions moyennes (2008-2015) de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) comprises entre 28µg/m<sup>3</sup> et 30µg/m<sup>3</sup>, valeur légèrement inférieure à la limite fixée par l'OPAir (VLI) qui est de 30µg/m<sup>3</sup>.

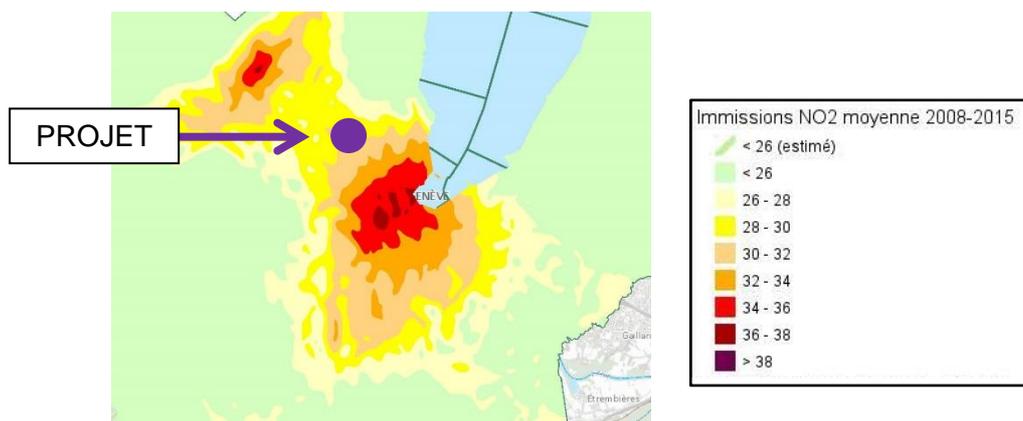


Fig.4 : Concentrations moyennes en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur une période de 8 ans (2008-2015), source SITG

Les deux parcelles contenues dans le périmètre de projet sont classées en degré de sensibilité au bruit DSII, selon l'Ordonnance pour la protection contre le bruit (OPB). La pollution sonore du quartier est essentiellement provoquée par deux grands axes de circulation : l'avenue Giuseppe-Motta à l'est et la rue Pestalozzi au sud.

### **Conditions géologiques et hydrogéologiques :**

Le périmètre du PLQ « Pré-Cartelier » est situé hors secteur de protection des eaux. Il ne contient pas de nappe d'eau souterraine au droit du projet. La mise en place de sondes géothermiques verticales (SGV) est donc autorisée dans le secteur du PLQ (cf. fig. 5).

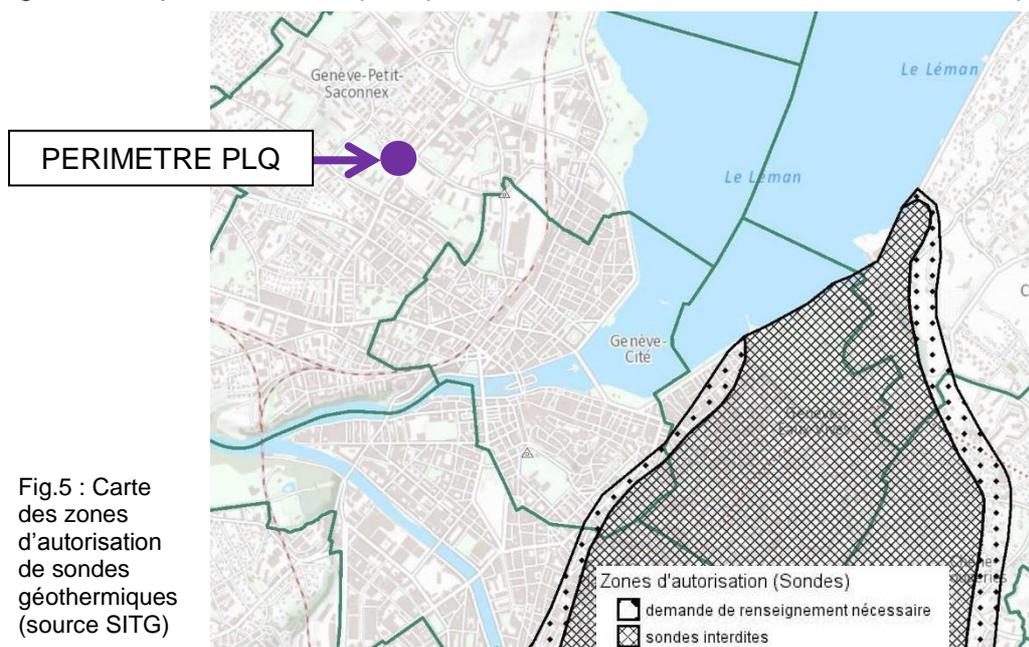


Fig.5 : Carte des zones d'autorisation de sondes géothermiques (source SITG)

La figure 6 ci-dessous précise et localise la position des nappes dans le périmètre d'influence du projet avec une nappe temporaire dans sa portion sud-ouest.

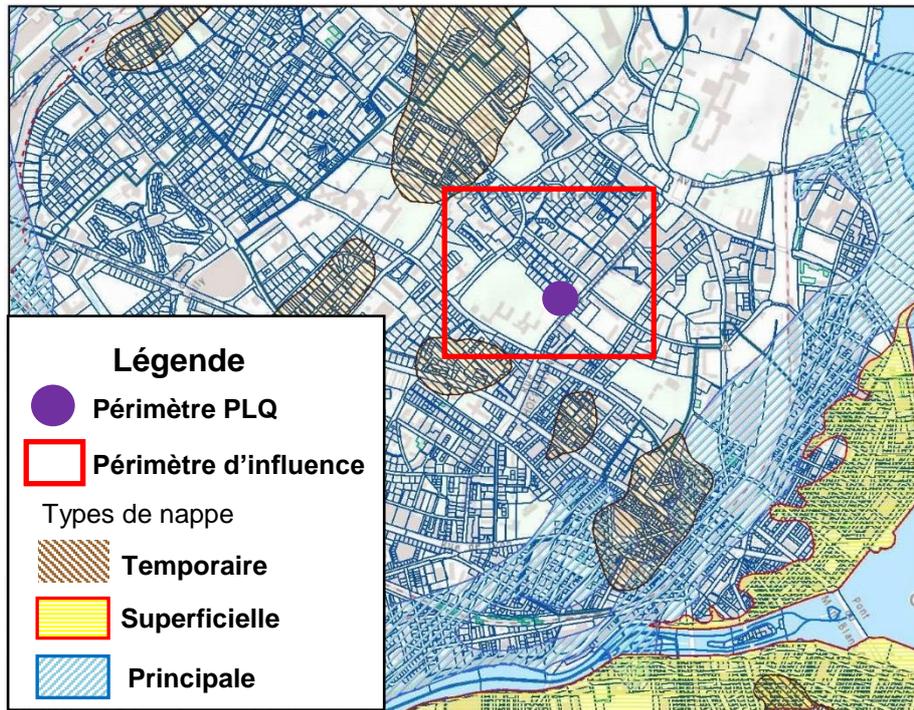


Fig.6 : Carte des nappes d'eau souterraine (source SITG)

Selon le Plan directeur cantonal 2030 (et la fiche D02), les prévisions de développement au niveau de l'énergie du périmètre d'influence du PLQ sont propices au stockage saisonnier d'énergie thermique. La carte n° 11 du Plan directeur cantonal 2030 le précise ci-dessous :

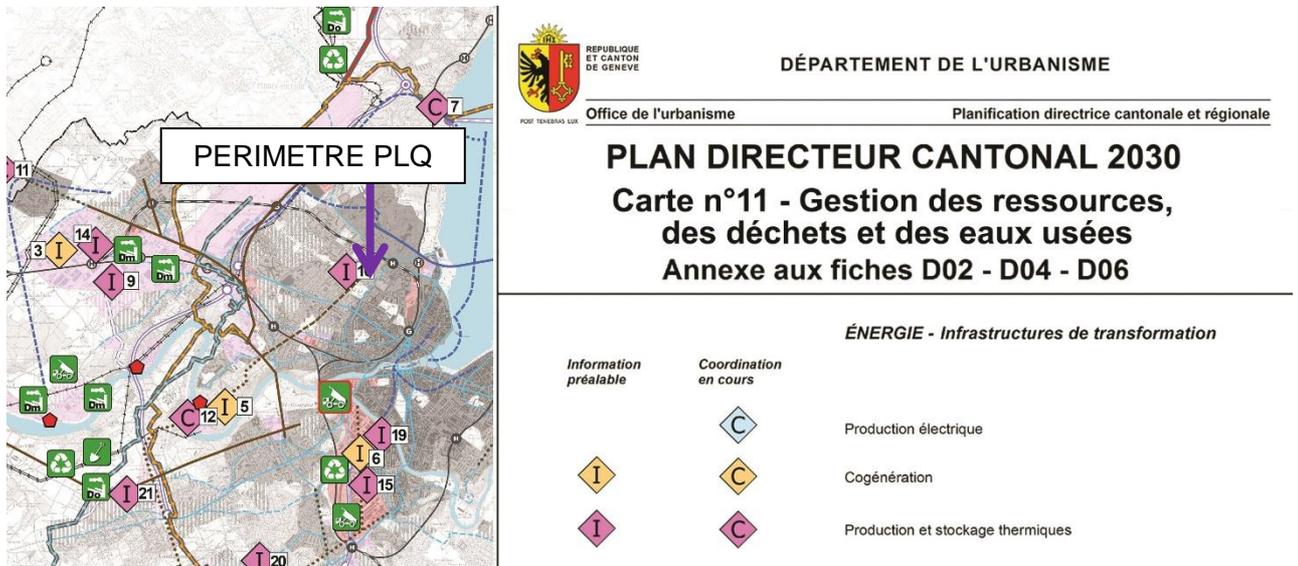


Fig.7 : Carte n° 11 du plan directeur cantonal 2030

L'opportunité de réaliser ou non du stockage saisonnier d'énergie thermique devra être réalisée au moment de l'étude de détails des bâtiments projetés et des scénarios d'approvisionnement énergétique proposés au chapitre 5.

### 3. Structure des besoins énergétiques du PLQ

#### 3.1 Hypothèses de calcul et normes pour le besoin en énergie finale

Les hypothèses suivantes sont formulées pour le calcul de la structure des besoins en énergie finale sur le périmètre de projet :

- 1 Le projet PLQ considère le haut standard de performance énergétique (HPE) selon LEn article 15 al. 1 et 2 et REn art. 12B, pour des bâtiments neufs et prévoit au minimum 30% d'énergie renouvelable pour l'ECS (capteurs solaires thermiques)
- 2 Labellisation Minergie non souhaitée, mais respect des valeurs limites d'un tel concept atteint
- 3 Correction climatique: 6% selon SIA 380/1, ch. 2.3.9 (T°C moyenne à Genève entre 1962 et 2015: 10°C)
- 4 Calcul SRE:  $SRE = 0.988 * SBP$
- 5 Aire d'implantation A: Activités: 50% administration et 50% commerces
- 6 Calcul  $A_{th}$  bâtiment B: estimation sur la base des plans transmis
- 7 Les puissances thermiques spécifiques sont calculées sur la base d'un temps de fonctionnement à pleine charge correspondant à 2'300 h/an
- 8 La part des besoins en eau chaude sanitaire est calculée conformément à la norme SIA 380/1
- 9 Les besoins électriques sont évalués sur la base de l'application de la norme SIA 380/4 et du respect du Ren, art. 12B, al. 2, lettre c (respect des valeurs cibles de la SIA 380/4) ; les besoins englobent les consommations suivantes : éclairage, appareillage et équipements classiques de ventilation
- 10 Refroidissement, climatisation: aucun refroidissement ni climatisation n'est prévu que ce soit pour la zone d'activités ou les logements

Les principales normes utilisées pour le besoin en énergie finale sont les suivantes :

- Norme SIA 380/1 (2009) : énergie thermique dans le bâtiment
- Norme SIA 380/4 : énergie électrique (éclairages, appareillages, équipements classiques de ventilation)

Les hypothèses 1 à 10 émises ci-dessus figurent également à l'annexe 2.

#### 3.2 Analyse des besoins énergétiques du PLQ

##### 3.2.1 Besoins de chaleur pour le chauffage

Les besoins de chaleur pour le chauffage du quartier sont analysés pour la situation future correspondant à l'urbanisation du périmètre du PLQ « Pré-Cartelier » qui est décrite dans le règlement du PLQ.

Les surfaces brutes de plancher prévues proviennent du document « Règlement - Plan localisé de quartier n° 30'009 ». Sur cette base, les surfaces de référence énergétiques (SRE ou  $A_E$ ) ont été calculées en prenant 98.8 % de la SBP pour obtenir une SRE totale de 6'343 m<sup>2</sup> (cf. annexe 3).

Pour le calcul de la surface d'enveloppe thermique ( $A_{th}$ ), nous nous sommes basés sur le dossier de plans existant (indications précises pour le bâtiment A et estimation sur la base du gabarit pour le bâtiment B). Il en résulte des facteurs de forme de 0.87 (bâtiment A) et de 0.92 (bâtiment B).

En fonction de ces données de base, les besoins de chaleur (chauffage) des deux bâtiments du PLQ ont été calculés selon les chapitres 2.3.8 et 2.3.9 de la norme SIA 380/1:2009, en tenant compte du facteur de correction climatique lié à la température moyenne à Genève.

L'estimation des besoins de chaleur pour le chauffage figure dans le tableau suivant et en détails à l'annexe 3.

Bâtiment	SRE totale (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	Surface de l'enveloppe thermique Ath (m <sup>2</sup> )	Besoins de chaleur totaux selon SIA 380/1 (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoin de chauffage max. selon LEn (HPE) y.c. correction T°C (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoin de chauffage max. selon LEn (HPE) y.c. correction T°C (MWh/an)	Besoin de chauffage max. selon LEn (THPE) y.c. correction T°C (MWh/an)
A	3'746	3'242	29.4	23.5	88.14	66.11
B	2'597	2'401	30.0	24.0	62.44	46.83
<b>Total PLQ</b>	<b>6'343</b>	<b>5'643</b>			<b>150.58</b>	<b>112.94</b>

Tableau 2 : besoins de chaleur pour le chauffage en MWh par an pour les standards HPE et THPE

Les besoins de chaleur pour le chauffage du PLQ (deux bâtiments) sont estimés à 151 MWh/an, correspondant à 24 (KWh/m<sup>2</sup> SRE/an), conformément au standard de haute performance énergétique défini dans la loi cantonale genevoise sur l'énergie (LEn). En considérant le standard THPE (très haut standard de performance énergétique), les besoins de chaleur diminuent à 113 MWh/an, soit un gain de 25%.

Rapportée à la consommation totale actuelle de la ville de Genève, la consommation calculée dans le tableau 2 est négligeable.

### 3.2.2 Besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire (ECS)

Le calcul des besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire a été effectué selon le chapitre 4.3 de la norme SIA 380/1:2009 et l'hypothèse 5 du chapitre 3.1 du présent rapport. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Bâtiment	SRE activités (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	SRE logements (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	Besoins ECS selon SIA 380/1 (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoins ECS selon SIA 380/1 (MWh/an)
A	468	3'277	19.10	71.53
B	0	2'598	20.80	54.11
<b>Total PLQ</b>	<b>468</b>	<b>5'875</b>		<b>125.64</b>

Tableau 3 : besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire (ECS) en MWh par an

Les besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire du PLQ (deux bâtiments) sont estimés à 126 MWh/an, correspondant à 20 (KWh/m<sup>2</sup> SRE/an).

### 3.2.3 Puissance thermique à installer pour le PLQ « Pré-Cartelier »

En fonction des consommations prévisibles d'énergie, les paramètres à considérer pour le pré-dimensionnement de la puissance thermique totale du PLQ sont exposés ci-dessous :

Durée de fonctionnement annuel à pleine charge de l'installation de chauffage : 2'300 h  
 Coefficient de pointe (chauffage et ECS) : 1.3

La puissance thermique totale à installer pour le PLQ peut se calculer de la manière suivante :

$$P_{\text{délivrée}} \text{ (KW)} = \frac{\text{EQ} + \text{EWW} \text{ (MWh)}}{\text{dfonctionnement}} * 1.3 * 1000$$

Avec : EQ : Besoins de chauffage max. selon LEn (HPE) en MWh/an  
 EWW : Besoins ECS selon SIA 380/1 en MWh/an

Sur la base de la formule de calcul précitée, la puissance thermique totale à installer est estimée à 160 KW. La puissance thermique spécifique du projet est donc de 25 W/m<sup>2</sup> de SRE.

### 3.2.4 Besoins en électricité

Les besoins en électricité du PLQ ont été évalués à ce stade sur la base des valeurs-cibles de la norme SIA 380/4 relatives à la demande globale en énergie pour l'éclairage, les appareillages et les équipements classiques de ventilation. Ainsi définis, les besoins en électricité pour les deux bâtiments projetés sont les suivants :

Bâtiment	SRE totale (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	SRE activités (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	SRE logements (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	Besoins en énergie électrique finale (activités) (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoins en énergie électrique finale (logements) (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoins électriques totaux HPE (MWh/an)
<b>A</b>	3'745	468	3'277	28	31	114.71
<b>B</b>	2'598	0	2'598	0	31	80.54
<b>Total PLQ</b>	<b>6'343</b>	<b>468</b>	<b>5'875</b>			<b>195.24</b>

Tableau 4 : besoins en électricité du PLQ en MWh par an

Les besoins en électricité du PLQ (deux bâtiments) sont estimés à 195 MWh/an, correspondant à 31 (KWh/m<sup>2</sup> SRE/an) selon la norme SIA 380/4. Le détail des calculs figure à l'annexe 4.

### 3.3 Quantité maximale autorisée d'approvisionnement en énergie non renouvelable

Le calcul de la quantité maximale d'énergie non renouvelable pour l'approvisionnement global du PLQ figure à l'annexe 5.

Pour satisfaire les exigences de la loi (REn, article 12b al. 2 lettre b), la part maximale d'énergie non renouvelable à fournir pour le PLQ (chauffage et ECS) s'élève à 188 MWh/an (standard HPE) et à 157 MWh/an (standard THPE) sur un total de 314 MWh/an, soit 60% respectivement 50% des besoins calculés selon SIA 380/1. Ces maxima pourraient être réduits en fonction de la qualité de l'enveloppe thermique des bâtiments, du taux de récupération de chaleur sur l'air extrait (ventilation), en définitive de la performance énergétique des futurs bâtiments.

En rapport à l'exigence de 30% minimum d'énergie renouvelable pour l'ECS, il faut considérer que l'optimum technico-économique usuel pour des installations solaires thermiques est atteint habituellement avec un taux de couverture solaire de l'ECS de 50%, ce qui représente déjà 63 MWh/an. Par conséquent, l'installation de panneaux solaires thermiques à prévoir fournira annuellement un minimum de 63 MWh.

## 4. Analyse des ressources énergétiques

### 4.1 Energies disponibles sur le site (potentiel local)

#### 4.1.1 Géothermie

##### Sondes géothermiques verticales (SGV)

Le périmètre de projet pourrait bénéficier de la géothermie à basse température et faible profondeur (8 à 20°C). Il serait envisageable d'implanter un champ de sondes géotechniques verticales (SGV) au niveau local sur le 80% de la surface de la parcelle (hypothèse faite pour maintenir une certaine surface de zone verte), en reliant cette technologie à un réseau basse température. Aucune nappe phréatique ne se situe dans le périmètre du projet qui est hors zone d'exclusion de SGV selon le chapitre 2.6 et la figure 5. La chaleur serait récupérée par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur. Il n'y a pas de contraintes particulières en première approche.

Le potentiel brut de chaleur exploitable sur le 80% du périmètre de projet est évalué en fonction des hypothèses suivantes:

Taux d'occupation du sol :	80% sur 3'393 m <sup>2</sup>
Surface exploitable pour les forages	2'700 m <sup>2</sup>
Zone d'influence d'une sonde :	75 m <sup>2</sup>
Nombre de sonde :	36 (en double U)
Profondeur de la sonde :	150 m
Conductivité moyenne (terrain) :	2.5 W/(m*K)
Puissance soutirable du terrain	40 à 45 W/m
Potentiel de chaleur	497 à 559 MWh/an

Tableau 5 : Estimation du potentiel annuel de chaleur exploitable par géothermie à basse température

Le potentiel brut de chaleur exploitable par géothermie à faible profondeur ainsi calculé se situe entre 497 MWh/an et 559 MWh/an.

Au stade actuel, nous mentionnons également le programme « Géothermie 2020 » (à grande profondeur) qui est mené conjointement par les SIG et l'état de Genève. Toutefois, il semble peu probable que cette ressource soit exploitable à l'horizon de réalisation des deux bâtiments du PLQ (2021 et 2023) puisqu'elle nécessite la construction de réseaux de chaleur impliquant de ce fait des délais supplémentaires. Cette alternative devra être réévaluée en temps voulu.

#### 4.1.2 Energie solaire

L'énergie solaire représente un potentiel d'énergie renouvelable important pour le périmètre de projet, surtout pour le bâtiment A. Considérant son gabarit projeté de R+7 de hauteur identique aux bâtiments voisins (donc pas d'ombre portée), nous pouvons considérer que la toiture du bâtiment bénéficie d'un ensoleillement maximum. Le bâtiment B, de gabarit R+5, présente lui aussi un potentiel solaire intéressant.

Dans le cadre des deux nouveaux bâtiments projetés, l'implantation de panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques est possible, en prenant toutefois en compte d'éventuels conflits d'utilisation des surfaces de toiture pour d'autres impératifs techniques ou architecturaux. En supposant au stade actuel que 80% de la surface des toitures est utilisable pour la production d'énergie solaire ( $S_{\text{tot}} = 560 \text{ m}^2$ ), ce sont au final 450 m<sup>2</sup> qui seront disponibles.

La quantité potentielle d'énergie solaire produite est évaluée initialement en considérant que la toiture sera équipée de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques. Les potentiels thermiques et électriques sont évalués avec les hypothèses suivantes :

- Utilisation de solaire thermique pour couvrir le 50% des besoins en eau chaude sanitaire avec un rendement annuel de 450KWh/m<sup>2</sup> installé ;
- Sur la surface restante, installation de cellules solaires photovoltaïques avec une productivité électrique annuelle de 110KWh/m<sup>2</sup> installé. Ce courant électrique serait utilisé pour alimenter la pompe à chaleur ;
- Besoin de surface nette de 1.5 m<sup>2</sup> de toiture par m<sup>2</sup> de panneau installé afin de prendre en compte les ombres portées des panneaux sur eux-mêmes.

Le tableau suivant résume les calculs effectués :

Bâtiment	Surface toiture		Besoins thermiques pour l'ECS	Surface panneaux thermiques	Surface panneaux PV	Production thermique solaire	Production électrique solaire
	totale	utile					
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	KWh	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	KWh	KWh
A	325	260	71'530	120	140	35'765	10'300
B	235	190	54'110	90	100	27'055	7'300
<b>Total</b>	<b>560</b>	<b>450</b>	<b>125'600</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>62'820</b>	<b>17'600</b>

Tableau 6 : Estimation du potentiel solaire annuel des bâtiments A et B du PLQ (Tcs thermique = 50%)

Les inclinaisons recommandées sur le secteur sont de 30° pour le solaire thermique et 20° pour le solaire PV.

Sur la base des chiffres énoncés ci-dessus, le potentiel de production d'énergie solaire du projet PLQ s'élève à 135 MWh/an pour du 100% thermique et à 33 MWh/an pour du 100% photovoltaïque.

#### 4.1.3 Bois

La ressource bois (par chauffage aux granulés, copeaux ou pellets) est jugée peu propice. En raison de la concentration de NO<sub>2</sub> dans le périmètre de projet (cf. ch. 2.6 figure 4) qui atteint presque la valeur limite OPAir, il serait peu judicieux de contribuer à leur production par la promotion du chauffage au bois. L'approvisionnement par camion dans un secteur à trafic dense est par ailleurs peu recommandable.

#### 4.1.4 Eaux usées

La récupération de chaleur dans les eaux usées est conditionnée à un débit minimal assuré, lui-même dépendant du nombre d'habitants du quartier. Au vu de la taille du projet qui prévoit 53 logements, la ressource semble non pertinente et ne vaut pas la peine d'être étudiée à notre sens.

#### 4.1.5 CAD – réseau de chauffage à distance

Les nouveaux bâtiments projetés ne pourront pas être raccordés aux réseaux de chauffage à distance (CAD) ceux-ci étant situés au plus proche à environ 430 m du périmètre de projet pour le réseau GLN (angle Av. Giuseppe-Motta et Ch. Louis-Dunant) et à plus de 1000 m pour le CAD au Ch. Moïse-Duboule (raccordé à la centrale thermique du Lignon). Ces considérations sont valables en 2016, il sera nécessaire de les réévaluer en cas de retard dans la procédure du PLQ ou en tous les cas aux horizons de planification des futurs chantiers.

#### 4.1.6 Ressources conventionnelles (non renouvelables)

Les ressources fossiles sont disponibles, notamment le réseau de gaz. Celui-ci est disponible sur l'avenue Giuseppe-Motta et sur le chemin Pré-Cartelier.

### 4.2 Comparaison des besoins et des ressources

En fonction du potentiel des différentes sources d'énergie disponibles sur le site (cf. ch. 4.1), nous pouvons classer pour le projet du PLQ « Pré-Cartelier » les différentes ressources énergétiques de la manière suivante :

Les ressources intéressantes et considérées pour le périmètre de projet sont donc :

- L'énergie solaire (thermique et photovoltaïque)
- La géothermie
- Le gaz

Les ressources peu intéressantes et non considérées selon les connaissances actuelles, car présentant trop de contraintes, ou en quantité trop limitée sont les suivantes:

- Le bois
- Les eaux usées
- Le CAD ou réseau de chauffage à distance

Etant donné les éléments présentés, il s'avère que les possibilités d'approvisionnement en énergie renouvelable sur le site du projet sont importantes. Ceci s'explique conjointement par un environnement naturel favorable (géothermie), mais aussi par l'exigence du haut standard de performance énergétique imposée pour la construction des deux nouveaux bâtiments. Le tableau et le graphique suivants comparent les différents besoins d'énergie (standard HPE) et les ressources d'énergie renouvelable disponibles pour le projet :

Besoins	MWh/an	Ressources	MWh/an	Remarques
Chauffage (HPE)	151	Géothermie (SGV)	497	Puissance soutirable: 40 W/m
ECS (SIA 380/1)	126	Solaire thermique	63	Taux de couverture ECS: 50%
Electricité (SIA 380/4)	195	Solaire photovoltaïque	18	Taux de couverture ECS: 50%

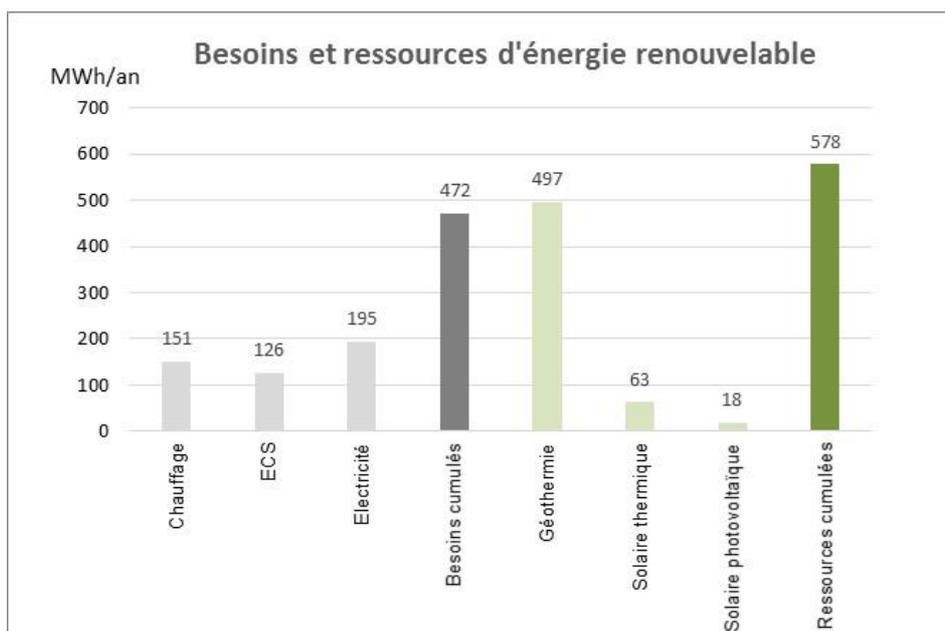


Tableau 7 et graphique 1 : Synthèse des besoins énergétiques des bâtiments A et B du PLQ (standard HPE) et des ressources renouvelables du site

Nous constatons à la lecture de ce graphique que les ressources en énergie renouvelable cumulées (578 MWh/an) sont largement disponibles pour couvrir les besoins cumulés d'énergie (472 MWh/an) liés à l'urbanisation du périmètre du PLQ « Pré-Cartelier » en standard HPE.

En revanche, l'électricité produite par le solaire PV (18 MWh/an ou 9% des besoins) devra être complétée par l'approvisionnement des futurs bâtiments en électricité du réseau SIG.

## 5. Définition des scénarios d'approvisionnement énergétique

Les trois scénarios envisagés pour l'approvisionnement énergétique du PLQ « Pré-Cartelier » sont explicités ci-dessous.

### 5.1 Stratégie autonomie thermique – géothermie à basse température

Cette variante propose de chauffer les bâtiments au moyen d'une pompe à chaleur (PAC) sol-eau couplée à un champ de sondes géothermiques verticales couvrant le 100% des besoins thermiques pour le chauffage et le 50% des besoins pour l'ECS avec installation de panneaux solaires thermique (Tcs = 50%) et photovoltaïques en toiture pour faire fonctionner la PAC. Il s'agit de géothermie à basse profondeur et à basse température.

**PAC sol/eau 128 KW**

**COP = 4**

**Nombre de sondes : 16 à 150 m représentant 1'200 m<sup>2</sup> de champs de sondes**

**Puissance soutirable (forage) : 40 W/m soit 96 KW au total**

**Production de chaleur : 216 MWh/an**

**Consommation électrique PAC : 54 MWh/an**

**Surface de solaire thermique (30°) : 210 m<sup>2</sup> soit 63 MWh/an**

**Surface de solaire PV (20°) : 240 m<sup>2</sup> soit 18 MWh/an (soit 33% de la consommation de la PAC)**

**Pourcentage total (thermique et électrique)**

**d'énergie renouvelable pour le projet<sup>2</sup> : 98%**

**Coût estimés (précision à +/- 20%) :**

**Coût d'investissement estimé (selon annexe 6) : Fr. 828'000 HT**

**Coût énergétique annuel estimé (selon annexe 6) : Fr. 99'000 HT**

Un couplage de la PAC avec une installation solaire de préchauffage de l'ECS est idéal. Il permet à la fois de réduire la longueur nécessaire des sondes, de réduire la consommation d'électricité et de recharger le service géothermique avec les excédents d'énergie solaire.

<sup>2</sup> Hypothèse électricité SIG : 94.5 % d'énergie renouvelable (chiffre 2014)

## 5.2 Stratégie géothermie basse température avec appoint d'énergie thermique au gaz

PAC sol/eau 64 KW (couvre 70% des besoins de chaleur pour le chauffage)  
COP = 4  
Nombre de sondes : 8 à 150 m représentant 600 m<sup>2</sup> de champs de sondes  
Puissance soutirable (forage) : 40 W/m soit 48 KW au total  
Production de chaleur : 108 MWh/an  
Consommation électrique PAC : 27 MWh/an  
Chaudière au gaz à condensation : 60KW (couvre 30% des besoins de chaleur pour le chauffage et 50 % des besoins pour l'ECS)  
Surface de solaire thermique (30°) : 210 m<sup>2</sup> soit 63 MWh/an (50% des besoins pour l'ECS)

Pourcentage total (thermique et électrique)  
d'énergie renouvelable pour le projet<sup>3</sup> : **76%**

Coût estimés (précision à +/- 20%) :  
Coût d'investissement estimé (selon annexe 6) : **Fr. 612'000 HT**  
Coût énergétique annuel estimé (selon annexe 6) : **Fr. 98'000 HT**

## 5.3 Stratégie solaire 100% thermique – exigences minimales

Cette solution consiste à apporter le minimum légal d'énergie renouvelable (126 MWh/an soit 40% des besoins SIA 380/1) pour les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire, au moyen de la mise en œuvre de solaire thermique sur toute la surface disponible en toiture des bâtiments. Le reste de l'énergie est approvisionné au moyen d'une chaudière à gaz (à condensation).

Chaudière au gaz à condensation : 80 KW  
Surface de solaire thermique (30°) : 450 m<sup>2</sup> soit 135MWh/an  
Eau chaude et chauffage : 49% solaire thermique et 51% gaz

Pourcentage total (thermique et électrique)  
d'énergie renouvelable pour le projet<sup>4</sup> : **68%**

Coût estimés (précision à +/- 20%) :  
Coût d'investissement estimé (selon annexe 6) : **Fr. 805'000 HT**  
Coût énergétique annuel estimé (selon annexe 6) : **Fr. 112'000 HT**

<sup>3</sup> Hypothèse électricité SIG : 94.5 % d'énergie renouvelable (chiffre 2014)

<sup>4</sup> Hypothèse électricité SIG : 94.5 % d'énergie renouvelable (chiffre 2014)

La performance globale des trois scénarios d'approvisionnement énergétique proposés est évaluée sur la base des critères de comparaison énoncés dans le tableau 8 ci-dessous :

Critères de comparaison	5.1 : Stratégie autonomie thermique – géothermie à basse température	5.2 : Stratégie géothermie basse température avec appoint d'énergie thermique au gaz	5.3 : Stratégie solaire 100% thermique (exigences minimales)
Utilisation d'énergie renouvelable et valorisation des ressources locales			
Concept énergétique limitant les émissions polluantes (énergies fossiles)			
Sécurité d'approvisionnement			
Facilité de mise en œuvre			
Coût d'investissement et d'exploitation			
Maîtrise des coûts d'exploitation (fluctuation minimales)			
Accès aux subventions			

Tableau 8 : Comparaison des scénarios d'approvisionnement énergétique proposés

Les variantes avec PAC et sondes géothermiques verticales sont nettement plus favorable sur le plan environnemental qu'un approvisionnement au gaz, puisqu'elles fonctionnent sur la base d'énergie renouvelable et qu'elles sont nettement moins émettrices de CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre). En revanche, elles sont moins simples à mettre en œuvre en raison des forages géothermiques à réaliser et à coordonner avec les travaux de terrassement et de gros œuvre du parking souterrain et des sous-sols des bâtiments. Mais les solutions techniques existent et sont actuellement maîtrisées.

En comparant les coûts d'investissement et les coûts énergétiques sur 15 ans, le scénario 5.2 est le plus avantageux (cf. annexe 6). Le scénario 5.1 demeure aussi plus économique que le 5.3 si le calcul financier est effectué sur une durée d'amortissement de 15 ans correspondant à la durée de vie des équipements électromécaniques. De plus, les variantes « géothermie » sont peu influencées par la fluctuation du prix de l'énergie comparativement à la variante solaire 100% thermique dépendante d'une alimentation au gaz et de l'incertitude sur le prix des énergies fossiles à l'avenir.

## 6. Synthèse et conclusion

Le périmètre du PLQ « Pré-Cardelier » verra la naissance de deux bâtiments avec de l'habitat collectif et une petite zone dédiée aux activités, ainsi qu'un parking souterrain. Il est prévu de construire ces deux bâtiments selon le standard de haute performance énergétique (HPE). La consommation thermique annuelle prévisible du PLQ selon le standard HPE s'élève à 277 MWh/an, dont 126 MWh/an pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire. La puissance thermique nécessaire à installer a été évaluée à 160 KW, soit une puissance spécifique de 25 W/m<sup>2</sup> de SRE. La demande en électricité du projet PLQ a été évaluée à 195 MWh/an.

Pour répondre à ces besoins en énergie, trois scénarios d'approvisionnement énergétique ont été proposés :

- **5.1 Autonomie thermique** : PAC couplée à un champ de sondes géothermiques verticales (16 SGV) avec installation de panneaux solaires thermique et photovoltaïque.  
Pourcentage d'énergie renouvelable (chaleur + électricité) : **98%**  
Coût estimé (+/-20%) : investissement Fr. 828'000 HT  
coût énergétique annuel Fr. 99'000 HT
- **5.2 Stratégie géothermie et appoint d'énergie thermique au gaz** : PAC couplée à un champ de sondes géothermiques verticales restreint (8 SGV) avec complément par chaudière à gaz à condensation et panneaux solaires thermiques.  
Pourcentage d'énergie renouvelable (chaleur + électricité) : **76%**  
Coût estimé (+/-20%) : investissement Fr. 612'000 HT  
coût énergétique annuel Fr. 98'000 HT
- **5.3 Stratégie solaire – exigences minimales** : chaudière à gaz à condensation avec installation solaire thermique en toiture.  
Pourcentage d'énergie renouvelable (chaleur + électricité) : **68%**  
Coût estimé (+/-20%) : investissement Fr. 805'000 HT  
coût énergétique annuel Fr. 112'000 HT

Les points forts des variantes avec géothermie (5.1 et 5.2) ont été évoqués et sont récapitulés ci-dessous :

Utilisation d'énergie renouvelable (98% variante 5.1 et 76% variante 5.2) ;

Concept énergétique limitant les émissions polluantes (surtout la variante 5.1) ;

Maîtrise des coûts d'exploitation (surtout pour la variante 5.1 sans énergie fossile) par fluctuation minimale ;

En considérant l'investissement mais aussi le coût d'exploitation des installations et l'accès aux subventions, la variante 5.2 est la plus avantageuse sur le plan financier. La variante 5.1 est également plus économique que la variante 5.3 si le calcul se base sur une durée d'amortissement de 15 ans pour les équipements électromécaniques et de 50 ans pour les sondes géothermiques.

Nous recommandons aux maîtres d'ouvrage des futures constructions de choisir la variante d'approvisionnement énergétique en basant la réflexion sur une logique d'investissement à long terme, englobant certes le coût d'investissement mais aussi les coûts d'exploitation de la future installation. Le critère du pourcentage d'énergie renouvelable apportée au projet doit évidemment être considéré avec le poids requis ou l'importance nécessaire.

Les trois scénarios d'approvisionnement en énergie envisagés doivent en tous les cas faire l'objet d'une étude comparative de détails, permettant de préciser les ordres de grandeur calculés (notamment les coûts), de considérer les opportunités de tous les bâtiments du secteur en impliquant l'ensemble des acteurs concernés, et de finalement réfléchir sur les modalités d'exécution du scénario présentant le meilleur ratio coût/efficacité environnementale. L'opportunité de mettre en œuvre l'un des trois scénarios devra être réévaluée aux horizons de planification des futurs chantiers, en lien avec les développements hypothétiques des réseaux de chaleur du Petit-Saconnex (CAD et GLN) et de la géothermie profonde développée dans le cadre du programme «Géothermie 2020».

Quelque-soit le choix opéré par les futurs maîtres d'ouvrages, le concept énergétique proposé répond aux objectifs de la loi cantonale sur l'énergie et de son règlement d'application.

Perreten & Milleret SA

Genève, le 4 août 2016



## Liste des hypothèses

### 1 Hypothèses architecturales

Programme de construction : 2 immeubles avec parking souterrain (51 places), surfaces d'activités et logements

Densification : indice d'utilisation du sol de 1.89 (IUS)

### 2 Cadre légal et normatif

L2 30: Loi cantonale genevoise sur l'énergie (et ses modifications d'août 2010)

L2 30.01: Règlement d'application de la loi cantonale sur l'énergie

Energie thermique: Norme SIA 380/1 (2009)

Energie électrique: Norme SIA 380/4 avec consommation suivantes: éclairage, appareillages, et équipements classiques de ventilation

### 3 Hypothèses énergétiques

Haute performance énergétique

Len article 15 al. 1 et 2, haute performance énergétique pour des bâtiments neufs et minimum 30% d'énergie renouvelable pour l'ECS (capteurs solaires thermiques)

Ren, art 12B al. 2, critères de haute performance énergétique

Labellisation Minergie non souhaitée, mais respect des valeurs limites d'un tel concept atteint

Correction climatique: 6% selon SIA 380/1, ch. 2.3.9 (T°C moyenne Genève: 10°C)

Calcul SRE:  $SRE = 0.988 * SBP$

Aire d'implantation A: Activités: 50% administration et 50% commerces

Calcul Ath bâtiment B: estimation sur la base des plans transmis

ECS: les besoins sont calculés conformément à la norme SIA 380/1

Les puissances thermiques spécifiques sont calculées sur la base d'un temps de fonctionnement à pleine charge de 2'300 h/an

Les besoins électriques sont évalués sur la base de l'application de la norme SIA 380/4 et du respect du Ren, art. 12B, al. 2, lettre c (respect des valeurs cibles de la SIA 380/4)

Refroidissement, climatisation: aucun refroidissement ni climatisation n'est prévu que ce soit pour la zone d'activités ou les logements

## Calcul des besoins en énergie thermique du PLQ

Standard HPE et THPE

Bâtiment	Affectation	Gabarits	SBP totale	SRE totale (A <sub>F</sub> )	SRE activités (A <sub>E</sub> )	SRE logements (A <sub>E</sub> )	Surface de l'enveloppe thermique Ath	Facteur de forme (Ath/A <sub>E</sub> )	Besoins de chaleur selon SIA 380/1* (activités)	Besoins de chaleur selon SIA 380/1* (logements)	Besoins de chaleur totaux selon SIA 380/1*	Besoin de chauffage max. selon LEN (HPE) y.c. correction T°C	Besoin de chauffage max. selon LEN (THPE) y.c. correction T°C	Besoin de chauffage max. selon LEN (HPE) y.c. correction T°C	Besoin de chauffage max. selon LEN (THPE) y.c. correction T°C	Besoins ECS selon SIA 380/1	Besoins ECS selon SIA 380/1	Besoins thermiques totaux HPE
			(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	-	(KWh/m <sup>2</sup> /an)	(KWh/m <sup>2</sup> /an)	(KWh/m <sup>2</sup> /an)	(KWh/m <sup>2</sup> /an)	(KWh/m <sup>2</sup> /an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(KWh/m <sup>2</sup> /an)	(MWh/an)	(MWh/an)
<b>A</b>	Rez: activités Etages: logements	R+7	3'791	3'746	468	3'277	3'242	0.87	32.0	29.1	29.4	23.5	17.6	88.14	66.11	19.1	71.53	159.67
<b>B</b>	Rez et étages: logements	R+5	2'629	2'597	0	2'597	2'401	0.92	0.0	30.0	30.0	24.0	18.0	62.44	46.83	20.8	54.11	116.55
<b>Total PLQ</b>			<b>6'420</b>	<b>6'343</b>	<b>468</b>	<b>5'875</b>	<b>5'643</b>							<b>150.58</b>	<b>112.93</b>		<b>125.64</b>	<b>276.22</b>

(\*)

Calcul de la valeur limite selon SIA 380/1

 $Q_{hli} = Q_{hli,0} + \Delta Q_{hli} * (Ath/A_e)$ 

y.c. correction de température selon ch. 2.3.9

## Calcul des besoins en électricité du PLQ

Selon SIA 380/4

Bâtiment	SRE totale (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	SRE activités (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	SRE logements (A <sub>E</sub> ) (m <sup>2</sup> )	Besoins en énergie électrique finale (activités)* (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoins en énergie électrique finale (logements)* (KWh/m <sup>2</sup> /an)	Besoins électriques totaux HPE (MWh/an)
<b>A</b>	3'746	468	3'277	28	31	114.71
<b>B</b>	2'597	0	2'597	0	31	80.52
<b>Total PLQ</b>	<b>6'343</b>	<b>468</b>	<b>5'875</b>			<b>195.23</b>

(\*)

Calcul selon SIA 380/4

### Calcul des minimas d'approvisionnement en énergie renouvelable

Standard HPE et THPE

Bâtiment	Besoins thermiques totaux HPE	Besoins de chaleur totaux selon SIA 380/1	Besoins ECS selon SIA 380/1	Part max. énergie non renouvelable pour chauffage +ECS, standard HPE (*)	Part min. énergie renouvelable pour chauffage +ECS, standard HPE (*)	Part max. énergie non renouvelable pour chauffage +ECS, standard THPE (*)	Part min. énergie renouvelable ECS (***)	Part min. énergie renouvelable chauffage	Part min. énergie renouvelable pour chauffage + ECS, standard HPE (*)	Part min. énergie renouvelable pour chauffage + ECS, standard THPE (**)
	(MWh/an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(MWh/an)	(%)	(%)
<b>A</b>	159.67	110.13	71.53	109.00	72.66	90.83	21.46	51.21	40%	50%
<b>B</b>	116.55	77.91	54.11	79.21	52.81	66.01	16.23	36.58	40%	50%
<b>Total PLQ</b>	<b>276.22</b>	<b>188.04</b>	<b>125.64</b>	<b>188.21</b>	<b>125.47</b>	<b>156.84</b>	<b>37.69</b>	<b>87.78</b>	<b>40%</b>	<b>50%</b>

(\*) selon Ren art. 12B, al. 2, lettre b

(\*\*) selon Ren art. 12C, al. 2, lettre b

(\*\*\*) selon Len art 15 al. 2

### Estimation du coût des variantes d'approvisionnement énergétique

(uniquement pour la production d'énergie, sans la distribution de chaleur)

53 appartements HPE - SRE 6343 m<sup>2</sup>

	KWh
Besoins annuels de chaleur Q <sub>h</sub> (chauffage):	151'000
Besoins annuels de chaleur Q <sub>ww</sub> (ECS):	126'000
<b>Total:</b>	<b>277'000</b>

Variantes d'approvisionnement énergétique	Taux de couverture (%)		Surface nécessaire (m <sup>2</sup> )	Coût investissement estimé (*) Fr. HT	Coût énergétique annuel estimé (*) Fr. HT	Avantages	Inconvénients
	Chauffage	Eau chaude					
<b>1</b> PAC sol/eau 128 KW; COP = 4 couplée à des sondes géothermiques (nombre: 16) Solaire thermique Solaire photovoltaïque (PV) <b>Total</b>	100	50		375'000		Faible impact sur l'environnement, très haut rendement, peu d'entretien, sondes pérennes	Réalisation de forages profonds, 16 forages à 150 m à Fr. 100.-/m, CO <sub>2</sub> selon origine du courant
	0	50	210	357'000			
			240	96'000			
			<b>450</b>	<b>828'000</b>	<b>99'000</b>		
<b>2</b> PAC sol/eau 64 KW; COP = 4 couplée à des sondes géothermiques (nombre: 8) avec chaudière d'appoint au gaz (60 KW) Solaire thermique <b>Total</b>	100	50		255'000		Impact moyen sur l'environnement, très haut rendement, peu d'entretien, sondes pérennes	Réalisation de forages profonds, 8 forages à 150 m à Fr. 100.-/m, production de CO <sub>2</sub> , pollution de l'air avec impact sur l'environnement
	0	50	210	357'000			
			<b>210</b>	<b>612'000</b>	<b>98'000</b>		
<b>3</b> Chauffage au gaz à condensation (80 KW) Solaire thermique <b>Total</b>	52	50		85'000		Gain de place, bon rendement, exploitation simple	Production de CO <sub>2</sub> , pollution de l'air avec impact sur l'environnement
	48	50	450	720'000			
			<b>450</b>	<b>805'000</b>	<b>112'000</b>		

(\*) **estimation à +/- 20 %**

Sont compris dans le coût énergétique annuel:

Amortissement y.c. intérêts électromécanique (PAC, chaudière,..): 15 ans

Amortissement y.c. intérêts structure (fouilles, sondes): 50 ans

Frais d'entretien

Coût de l'électricité et/ou du gaz



## Feuille de validation et suivi des modifications du concept énergétique territorial

**Cette feuille fait partie intégrante du CET validé**

**CET 2016-07 associé au PLQ 30'009, avenue Giuseppe-Motta, chemin du Pré-Cartelier, Petit-Saconnex**

### Commentaires de l'OCEN

- Le CET préconise l'utilisation de la géothermie dans le périmètre. D'autres solutions d'énergies renouvelables peuvent également être appliquées (exemple : pompes à chaleur sur capteurs solaires thermiques avec accumulateur de glace, pompe à chaleur à air, etc.).

Bon pour validation:

Date: 04.08.2016

Visa: 

Géraldine Chollet  
Responsable stratégie énergétique