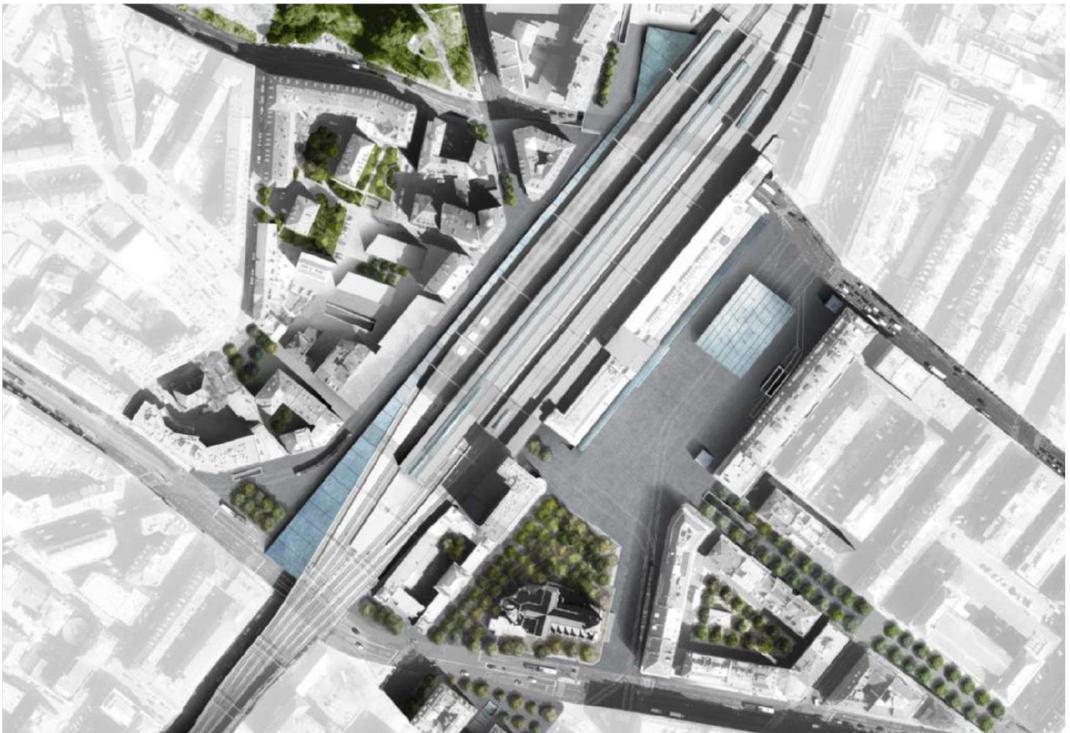


# Concept énergétique territorial (CET) du PDQ 30183 « Pôle urbain de Cornavin », Genève

CET 2019-10, 15 janvier 2020



Nägel Energie Sàrl  
17, rue des Pierres-du-Niton  
CH-1207 Genève  
Tél. : +41 (0)22 550 27 54  
[info@naegeli-energie.ch](mailto:info@naegeli-energie.ch)  
[www.naegeli-energie.ch](http://www.naegeli-energie.ch)

*CET 2019-10*  
**OFFICE CANTONAL DE L'ENERGIE**  
Rue du Puits-Saint-Pierre 4  
Case postale 3920  
1211 Genève 3  
*[Signature]*  
**20 JAN. 2020**

## Impressum

**Mandant :** Ville de Genève – Service d’urbanisme  
Rue du Stand 25  
1204 Genève

**Mandataire :** Nägeli Energie Sàrl  
17, rue des Pierres-du-Niton  
CH-1207 Genève  
Tél. +41 (0)22 550 27 54  
[info@naegeli-energie.ch](mailto:info@naegeli-energie.ch)  
[www.naegeli-energie.ch](http://www.naegeli-energie.ch)

**Rédaction :** M. Roman Nägeli  
Ing. civ. dipl. EPF

**Version :** Résumé public du 15 janvier 2020

# Table des matières

<b>1</b>	<b>ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>PORTÉE ET OBJECTIFS DU CONCEPT ÉNERGÉTIQUE TERRITORIAL (CET) .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>MISE EN CONTEXTE .....</b>	<b>6</b>
3.1	LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE .....	6
3.2	CONTEXTE DE PLANIFICATION.....	6
3.3	PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE .....	8
3.4	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	8
3.5	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL .....	9
3.6	CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE .....	11
3.7	LE PROJET D'EXTENSION DE LA GARE CFF DE CORNAVIN .....	11
3.8	LES ENJEUX D'ACTEURS.....	12
<b>4</b>	<b>ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE.....</b>	<b>13</b>
4.1	LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DU PÉRIMÈTRE DU PDQ.....	13
4.2	POTENTIEL DES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES RENOUVELABLES ET LOCALES AINSI QUE DES REJETS THERMIQUES .....	16
4.3	LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES EXISTANTES ET PROJETÉES .....	26
<b>5</b>	<b>STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE .....</b>	<b>28</b>
5.1	VOLET « RÉSEAUX THERMIQUES STRUCTURANTS » .....	28
5.2	VOLET « PDQ » .....	29
5.3	VOLET « ÎLOT 5A-7 ».....	30
5.4	VOLET « GARE CFF DE CORNAVIN » .....	31
5.5	STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE POUR LIMITER L'EFFET DES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS .....	32
<b>6</b>	<b>RECOMMANDATIONS ET PROCHAINES ÉTAPES .....</b>	<b>36</b>
6.1	FEUILLE DE ROUTE POUR SIG .....	36
6.2	FEUILLE DE ROUTE POUR LES CFF.....	38
6.3	FEUILLE DE ROUTE POUR LA VILLE DE GENÈVE .....	39
6.4	FEUILLE DE ROUTE POUR LE PROGRAMME GÉOTHERMIE 2020 .....	39
<b>7</b>	<b>RÉSERVATIONS POUR LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES À INSCRIRE SUR LE PDQ.....</b>	<b>40</b>

## 1 Abréviations

BT : Basse température

CAD : Chauffage à distance

CET : Concept énergétique territorial

COP : Coefficient de performance

COPA : Coefficient de performance annuel

ECS : Eau chaude sanitaire

GeniLac : Réseau thermique alimenté par l'eau du lac

GLN : Réseau thermique « Genève-Lac-Nations », alimenté par l'eau du lac

HPE : Haute performance énergétique

HT : Haute température

kW : Kilowatt, unité pour quantifier une puissance.

kWh : Kilowattheure, unité de mesure d'énergie. 1 kWh = 3.6 MJ

LEn : Loi cantonale sur l'énergie

LGZD : Loi générale sur les zones de développement

MJ : Mégajoule, unité de mesure d'énergie.

MWh : Mégawattheure, unité de mesure d'énergie. 1 MWh = 1000 kWh

OCEN : Office cantonal de l'énergie

OPair : Ordonnance fédérale sur la protection de l'air

PAC : Pompe à chaleur

PDQ : Plan directeur de quartier

PLQ : Plan localisé de quartier

PV : Photovoltaïque

SBP : Surface brute de plancher

SIG : Services Industriels de Genève

SITG : Système d'information du territoire à Genève

SRE : Surface de référence énergétique

THPE : Très haute performance énergétique

## **2 Portée et objectifs du concept énergétique territorial (CET)**

### **Pourquoi un CET pour ce périmètre ?**

Le projet de réorganisation du pôle urbain de Cornavin fait l'objet d'un Plan directeur de quartier (PDQ). Selon l'art. 11 de la loi cantonale sur l'énergie, les Plans directeurs de quartier doivent comporter un concept énergétique territorial.

### **Contexte territorial**

Le PDQ du pôle urbain de Cornavin vise à donner de meilleures conditions d'accueil aux usagers de la gare CFF de Cornavin, à favoriser le transfert modal entre les différents types de mobilité ainsi qu'à renforcer l'urbanité et l'identité du quartier. Les enjeux urbanistiques portent principalement sur l'amélioration du transfert modal et sur l'aménagement des espaces publics autour de la gare.

Du point de vue de la planification énergétique, le secteur de la gare de Cornavin se trouve entre les zones de desserte de deux grands réseaux thermiques planifiés : le réseau de chauffage à distance de SIG au nord-ouest des voies CFF et le réseau GeniLac aux Pâquis.

### **Objectifs du CET**

Ce concept énergétique territorial a comme objectifs principaux de :

- coordonner les différents acteurs et échelles de planifications énergétiques,
- définir une stratégie énergétique favorisant le déploiement des réseaux thermiques et des énergies renouvelables,
- inclure les enjeux énergétiques dans la planification opérationnelle des CFF,
- définir les prochaines étapes pour la mise en œuvre de la stratégie préconisée.

### **La portée du CET**

Le périmètre spatial du concept énergétique territorial est défini par le périmètre du PDQ du pôle urbain de Cornavin et l'étendu des travaux des CFF au-delà du périmètre du PDQ, notamment en ce qui concerne les futures voies d'accès souterraines de chaque côté de la gare.

Temporellement, le concept énergétique territorial doit organiser la mise en œuvre opérationnelle des mesures énergétiques nécessaires dans le cadre de la transformation de la gare de Cornavin, prévue entre 2024 et 2031.

Le présent CET s'appuie sur les orientations stratégiques du Plan directeur des énergies de réseaux et précise les orientations énergétiques aux alentours de la gare de Cornavin, notamment dans la zone située entre les deux grands réseaux thermiques (CAD SIG et GeniLac).

### **Les acteurs impliqués**

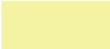
Le PDQ est élaboré par la Ville de Genève. Outre la Ville de Genève, les principaux acteurs impliqués sont les CFF (transformation de la gare), SIG (réalisation et exploitation des réseaux thermiques), le programme GEothermie 2020 (valorisation des ressources géothermiques) et l'OCEN (planification énergétique territoriale). Une coordination étroite entre les CFF et SIG devra être assurée pour garantir un développement coordonné des réseaux thermiques. Le concept énergétique territorial a été élaboré de manière coordonnée avec le Service d'urbanisme et le Service de l'énergie de la Ville de Genève, l'Office cantonal de l'énergie, les CFF et les Services industriels de Genève.





Périmètre du PDQ

Source : Service d'urbanisme, Ville de Genève

 Espace public à aménager

 Périmètre d'évolution du bâti sur le quartier des Grottes

### Front sud du quartier des Grottes : îlot 5a-7

Les 9000 m<sup>2</sup> de SBP prévues par le PDQ sont situés dans l'îlot 5a-7, dans la partie sud-est du quartier des Grottes. Un PLQ sera élaboré ultérieurement pour cette partie. La réalisation du PLQ est coordonnée avec le planning des CFF pour la transformation de la gare, l'espace de l'îlot 5a-7 étant utilisé par les CFF pendant les travaux de transformation de la gare. La réalisation du PLQ est donc prévue à horizon 2030 environ.

### Projet de transformation de la gare CFF de Cornavin

Le projet de transformation et d'extension de la gare CFF fait l'objet de procédures fédérales séparées, à savoir des procédures d'approbation des plans (PAP), suivi par l'Office fédéral des transports (OFT).

Le projet de transformation de la gare CFF de Cornavin est défini dans les grands axes par le « **scénario de référence EP 2015** » qui a fait l'objet d'une convention-cadre fixant le financement. Cette dernière a été signée par les 4 commanditaires : l'OFT, le canton de Genève, la Ville de Genève et les CFF.

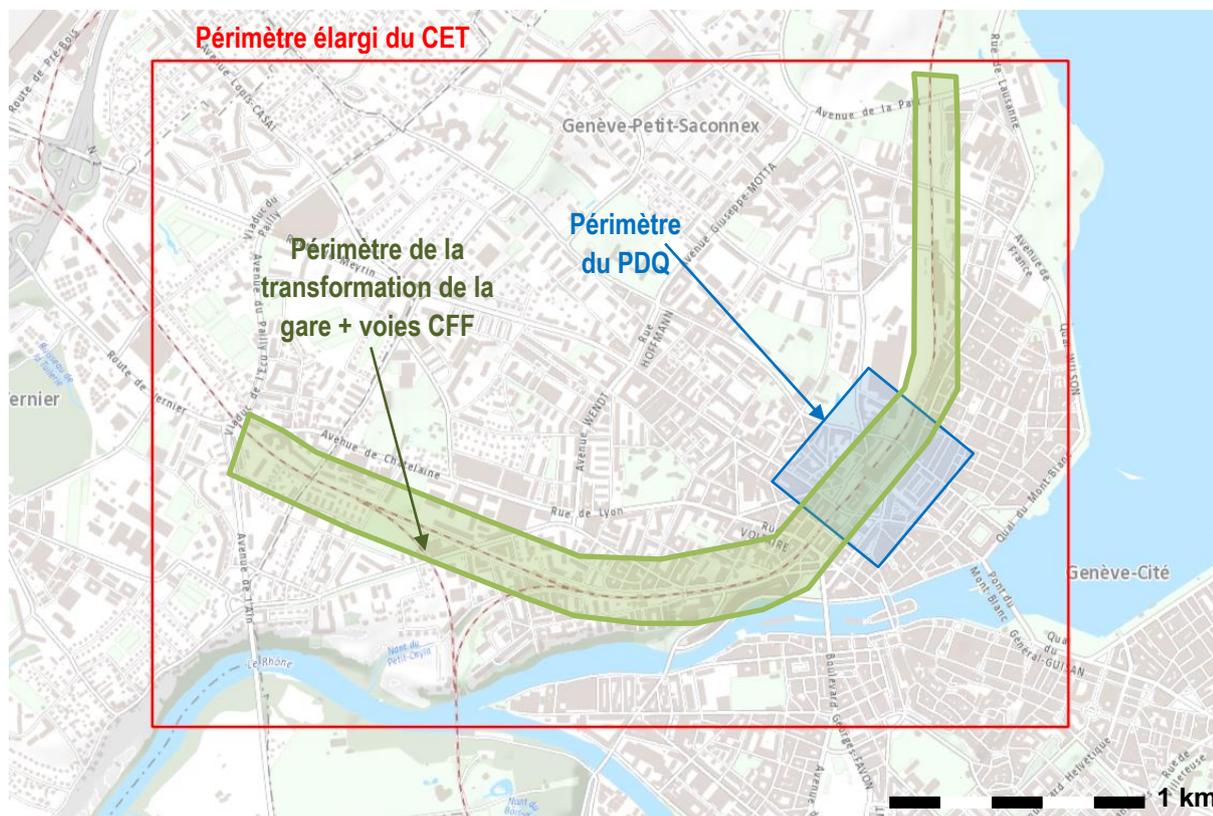
Le scénario de référence EP 2015 prévoit principalement la réalisation d'un quai souterrain à 2 voies, d'un tunnel d'accès côté Lausanne à double voies et d'un tunnel d'accès côté aéroport à simple voie. Le projet d'extension de la gare nécessite plusieurs interventions anticipées de la part des CFF d'ici 2024. Le projet principal de transformation de la gare lui-même sera réalisé entre 2024 et 2031.

Une description technique de la transformation de la gare CFF est donnée au chapitre 3.7.

### 3.3 Périmètre d'étude

Les réflexions du présent CET sont à l'interface entre le périmètre du PDQ, le périmètre de la transformation de la gare et des voies CFF et d'un périmètre élargi dont la considération est nécessaire pour traiter les enjeux énergétiques de manière pertinente.

Ainsi, l'approche se fait entièrement dans la logique du règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn, art. 12A, al. 3). Le concept énergétique territorial traite chaque élément à son échelle spatiale pertinente.



### 3.4 Objectifs de l'étude

L'objectif de la présente étude est la réalisation d'un concept énergétique territorial conformément à l'art. 6 al. 12 de la loi cantonale sur l'énergie, accompagnant le PDQ du pôle urbain de Cornavin.

Plus précisément, ce concept énergétique territorial vise à :

- coordonner :
  - les différents «outils» et échelles de planifications: le plan directeur des énergies de réseaux, le Plan directeur de quartier, le projet de transformation de la gare CFF ;
  - les différents acteurs avec leurs objectifs et contraintes ;
- définir une stratégie énergétique
  - qui favorise le déploiement des énergies renouvelables (Objectif de la Ville de Genève: 100% renouvelable en 2050 pour les bâtiments de la Ville) ;
  - qui clarifie le déploiement **stratégique** des réseaux thermiques de SIG (chauffage à distance / GeniLac) autour de la gare ;
  - qui répond aux enjeux de planification **opérationnelle** des CFF ;
- définir les réservations à inscrire sur le PDQ et dans les planifications des CFF ;
- définir les prochaines étapes pour la mise en œuvre.

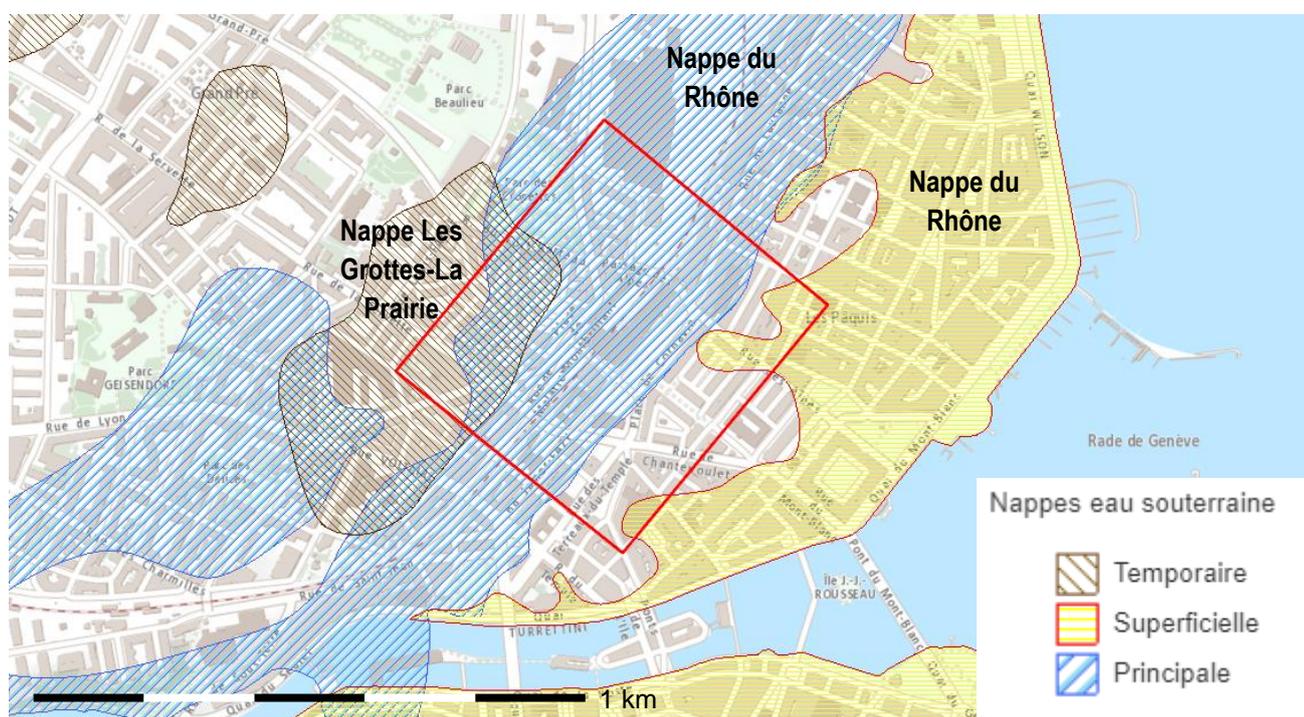
### 3.5 Contexte environnemental

#### 3.5.1 Sous-sol, nappes souterraines et protection des eaux souterraines

Les sondes géothermiques sont autorisées dans ce secteur.

La **nappe du Rhône** est présente sous une grande partie du périmètre du PDQ ainsi que le long du tracé des futures voies souterraines des CFF. Dans le cadre du Programme GEothermie 2020, une étude est actuellement en cours visant à compiler les données existantes afin de préciser l'extension et épaisseur de la nappe du Rhône.

Concernant le **sous-sol profond**, d'importantes failles sont présumées sous la ville, ce qui laisse soupçonner un potentiel de géothermie à moyenne profondeur dans les couches calcaires entre 600 et 850m (ce qui correspondrait à une température de l'eau d'environ 30°C).

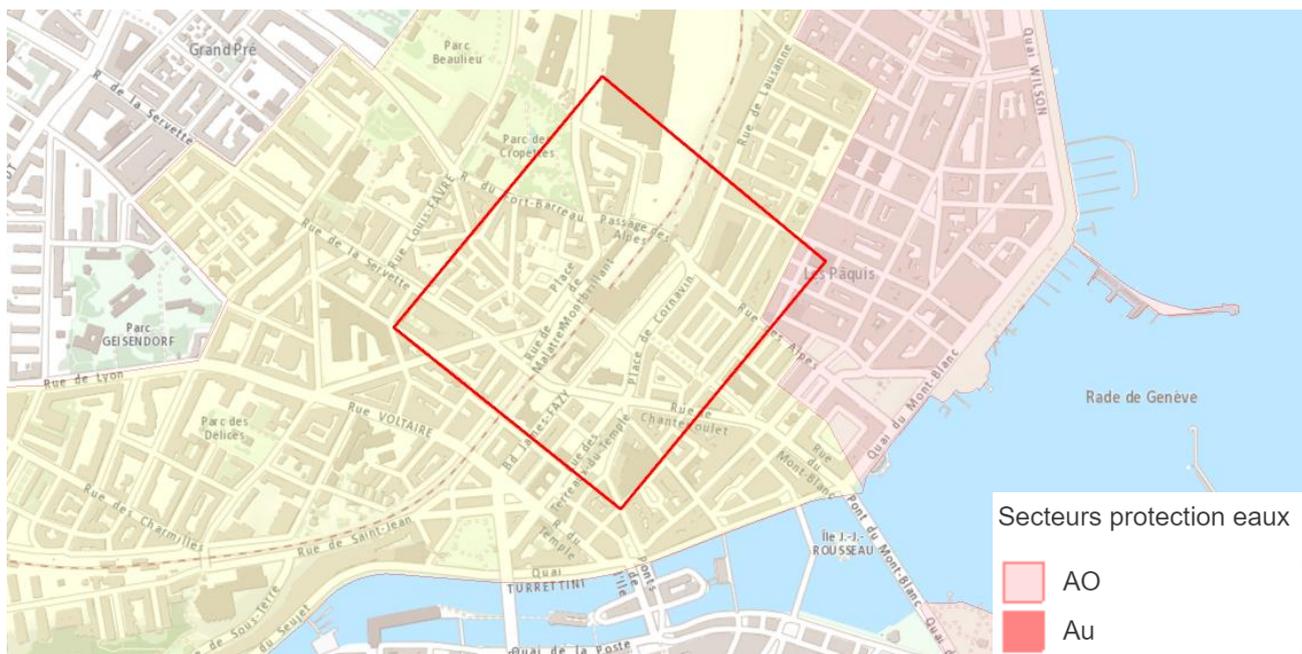


Nappes d'eau souterraines (Source : SITG ; consulté le 2.10.2019)

Le périmètre du PDQ ainsi que le tracé des futures voies souterraines des CFF sont situés dans le **secteur B de protection des eaux**. Le secteur B de protection des eaux indique des zones particulièrement menacées, mais se situant sous une épaisseur de couche morainique protectrice suffisante.

Ce secteur permet de protéger les aquifères d'objets qui pourraient, en fonction de leur emprise en profondeur, créer un risque sur la ressource (parking souterrain à plusieurs niveaux, sondes géothermiques) sans pénaliser des objets prévus se limitant à un développement en surface ou à faible profondeur sans atteinte possibles pour la nappe (citernes, sous-sol d'immeuble, etc.).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Source : SITG, description des métadonnées de la couche SECTEURS DE PROTECTION DES EAUX.



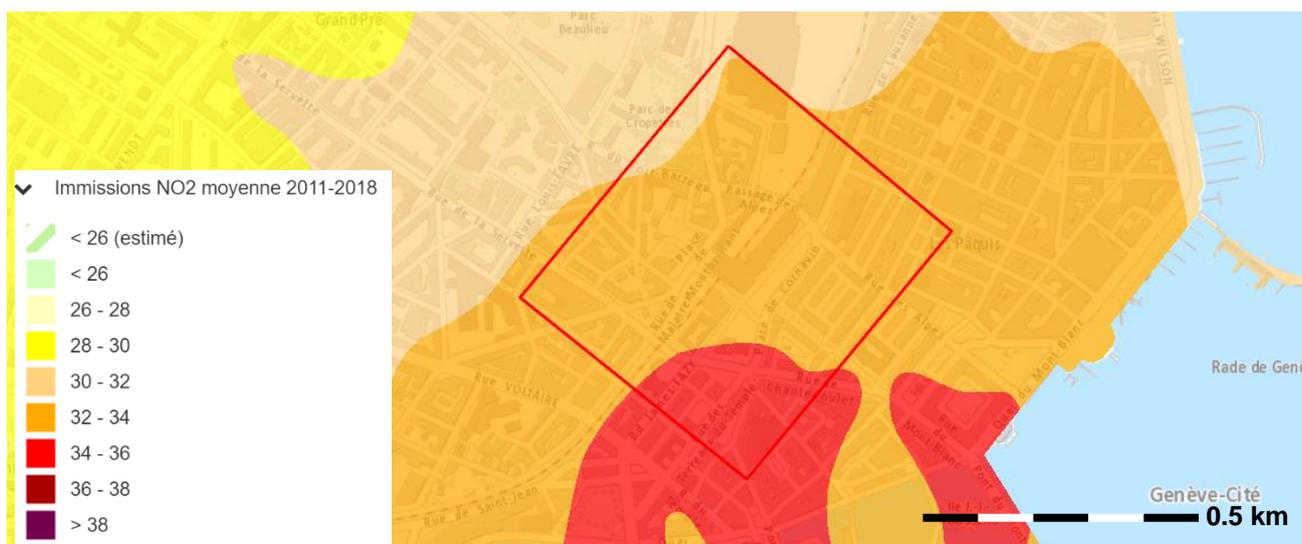
Secteurs de protection des eaux (Source : SITG ; consulté le 2.10.2019)

**Conséquences pour l'énergie :**

- Les sondes géothermiques sont autorisées dans ce secteur.
- La nappe du Rhône est une source de chaleur potentiellement exploitable à des fins énergétiques.
- Les caractéristiques du sous-sol à moyenne profondeur laissent soupçonner un potentiel de géothermie à moyenne profondeur.

**3.5.2 Qualité de l'air**

La valeur des immissions de NO<sub>2</sub> (valeur moyenne 2011-2018) est entre 30 et 36 µg/m<sup>3</sup>, donc au-dessus de la valeur limite d'immission annuelle fixée par l'OPair qui se trouve à 30 µg/m<sup>3</sup>.



Immissions de NO<sub>2</sub>, moyenne 2011-2018. Source : SITG (consulté le 2.10.2019)

**Conséquences pour l'énergie :**

Du point de vue de la **qualité de l'air**, l'utilisation du bois pour le chauffage est déconseillée dans le périmètre du PDQ.

### 3.6 Contexte énergétique

L'élaboration de ce concept énergétique territorial est guidée par la **vision cantonale de la société à 2000 watts** et de la « **stratégie 100% renouvelable en 2050** » de la Ville de Genève.

Selon le Plan directeur des énergies de réseaux (PDER), le périmètre d'étude se trouve à l'interface de deux grands réseaux thermiques structurants dont l'extension ou la réalisation sont prévues à court et moyen terme : le réseau GeniLac au sud-est des voies CFF et le réseau du chauffage à distance (CAD) du Lignon à l'ouest du périmètre d'étude.

Aucun CET n'a été réalisé à proximité du périmètre d'étude jusqu'à présent. Une étude a été menée en 2010 sur la valorisation des rejets thermiques dans le quartier de Montbrillant sur mandat de l'OCEN<sup>2</sup>.

### 3.7 Le projet d'extension de la gare CFF de Cornavin

Pour l'étape dont la réalisation est prévue entre 2024 et 2031, le projet de transformation de la gare prévoit principalement :

- la réalisation d'un quai souterrain à 2 voies au niveau de la gare,
- un tunnel d'accès côté Lausanne à double voies entre l'avenue de la Paix et la gare de Cornavin,
- un tunnel d'accès côté aéroport à simple voie, entre la gare de Cornavin et l'avenue d'Aire.

---

<sup>2</sup> Amstein + Walthert, 2010 : Valorisation des rejets thermiques dans le quartier de Montbrillant. Projet sur mandat du ScanE.

### 3.8 Les enjeux d'acteurs

Les acteurs-clé et leurs rôles sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Acteur	Rôle/Responsabilités
Ville de Genève	Elaboration du PDQ. Propriétaire foncier de la majeure partie de l'îlot 5a-7 (partie sud-est du quartier des Grottes) Responsable pour le respect de la stratégie énergétique « 100% renouvelable en 2050 ».
CFF	Responsable du projet CFF d'extension de la gare et des voies souterraines
Office cantonal de l'énergie (OCEN)	Acteur-clé de la planification énergétique territoriale. Validation des concepts énergétiques territoriaux et de bâtiment. Autorité compétente pour les subventions cantonales.
SIG	Acteur principal de la planification opérationnelle, de la mise en œuvre et de l'exploitation des réseaux thermiques (chauffage à distance, GeniLac, GLN). Exploitant du réseau de gaz et du réseau électrique.

La constellation des acteurs et des projets complexes (notamment l'extension de la gare et les réseaux thermiques) nécessite une bonne coordination à deux niveaux :

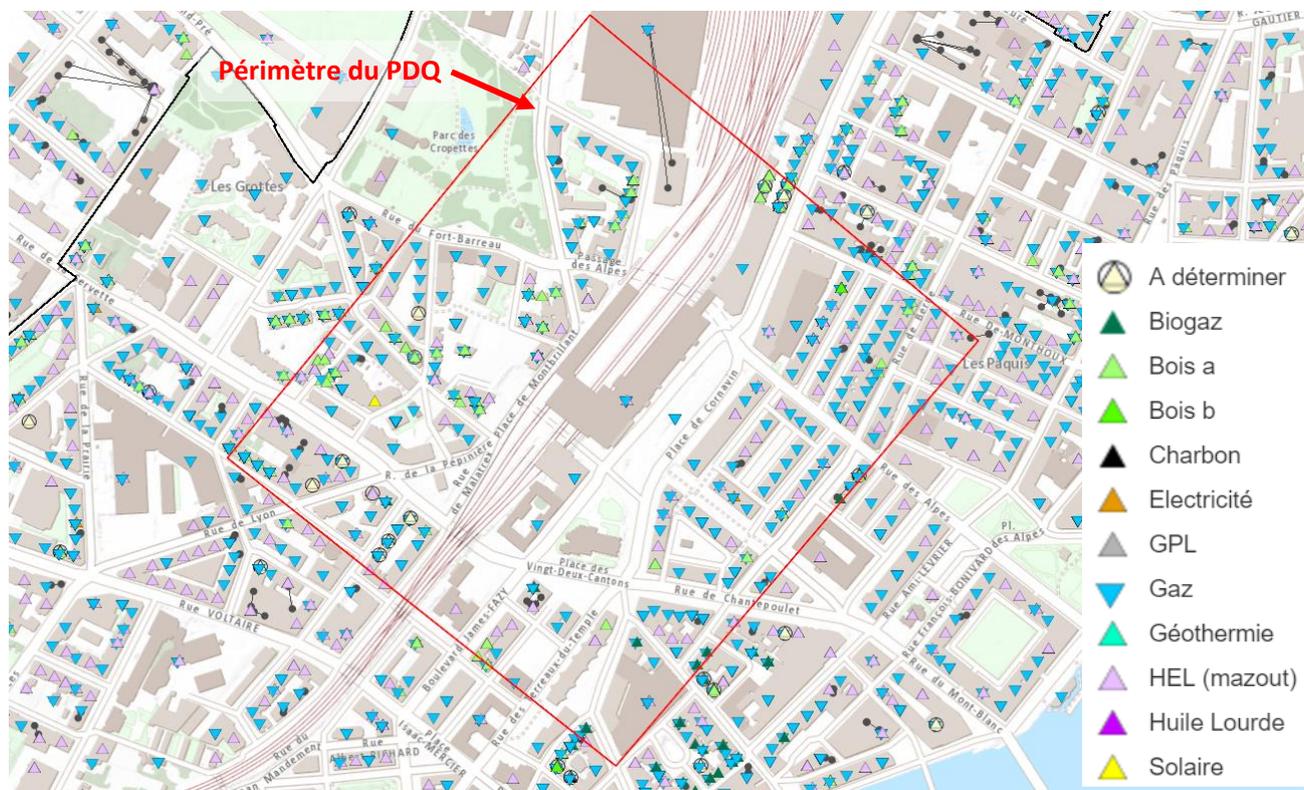
1. Au niveau de la planification, il s'agit d'articuler les enjeux stratégiques de la planification urbaine et énergétique avec la planification opérationnelle des CFF.
2. Au niveau technique, il s'agit s'assurer une excellente coordination entre SIG et les CFF pour la réalisation de leurs infrastructures respectives.

## 4 Etat des lieux énergétique

### 4.1 Les besoins énergétiques du périmètre du PDQ

#### 4.1.1 Besoins énergétiques actuels du périmètre du PDQ

La carte ci-après, extraite du cadastre des chaudières, donne une vue d'ensemble de la production actuelle de chaleur dans le périmètre du PDQ.



Une analyse plus fine par bâtiment permet d'estimer les besoins énergétiques du périmètre du PDQ<sup>3</sup> :

#### Chaleur :

Besoins totaux chaleur	70	GWh
- dont besoins ECS	12	GWh
- dont besoins chauffage	58	GWh
Puissance totale chaleur finale	58	MW

La chaleur est produite principalement par des chaudières à gaz (env. 2/3 de l'énergie) et par des chaudières à mazout (env. 1/3 de l'énergie). Les autres modes de production de chaleur (bois, solaire, PAC, etc.) restent encore négligeables dans le bilan énergétique de la zone.

#### Froid :

Energie totale - froid utile	10	GWh
Puissance totale - froid utile	10	MW

<sup>3</sup> Analyse faite sur la base des données du socle de base élaboré dans le cadre du Plan directeur des énergies de réseaux (Amstein + Walthert, 2016 : Plan directeur des énergies de réseaux. Constitution du socle des données de base. Rapport final et données GIS).

#### 4.1.2 Evolution des besoins énergétiques du périmètre du PDQ

L'évolution des besoins énergétiques du périmètre du PDQ dépend :

- de la rénovation des bâtiments existants et
- de la construction de nouveaux bâtiments, limité à la réalisation du PLQ de l'îlot 5a-7 (partie sud-est du quartier des Grottes).

	Besoins actuels	Gains énergétiques dues à la rénovation des bâtiments	Besoins futurs (2030)
Besoins totaux chaleur	70 GWh	2 GWh	<b>68 GWh</b>
- dont besoins ECS	12 GWh	0 GWh	<b>12 GWh</b>
- dont besoins chauffage	58 GWh	2 GWh	<b>56 GWh</b>
Puissance totale chaleur finale	58 MW	2 MW	<b>57 MW</b>

Hypothèses utilisées :

- taux de rénovation annuel des bâtiments construits avant 1990 d'ici 2030 : 0.5%
- réduction d'un facteur de 2 des besoins pour les bâtiments rénovés.

#### 4.1.3 Besoins énergétiques futurs liés au programme de construction

Le tableau ci-dessous résume les besoins énergétiques en chaleur des futures constructions de l'îlot 5a-7 (front sud-est du quartier des Grottes) ainsi que les hypothèses et sources de données utilisées. Étant donnée l'incertitude sur la répartition de la SBP selon les différentes affectations prévues (logements, activités, commerces), les besoins ont été évalués sur la base des besoins pour les logements, ce qui constitue une approche légèrement conservatrice pour l'évaluation des besoins en chaleur.

	SBP	Besoins énergétiques spécifiques		Chauffage (HPE)		Eau chaude sanitaire		Besoins totaux en chaleur utile	
	SBP Total	Q <sub>h,li</sub> logement	Q <sub>ww</sub> logement	Besoins totaux	Puissance	Besoins totaux	Puissance	Total chaleur (chauffage + ECS)	Total puissance
Hypothèses / Sources de données	PDQ	MoPEC	SIA 380/1	SIA 380/1	1200h équiv. pleine charge par an	SIA 380/1	4000h équiv. pleine charge par an	max. (HPE)	max. (HPE) (~1700h/a)
Unité	m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> *a	kWh/m <sup>2</sup> *a	MWh/a	kW	MWh/a	kW	MWh/a	kW
<b>îlot 5a-7</b>	<b>9000</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>240</b>	<b>200</b>	<b>190</b>	<b>50</b>	<b>430</b>	<b>250</b>

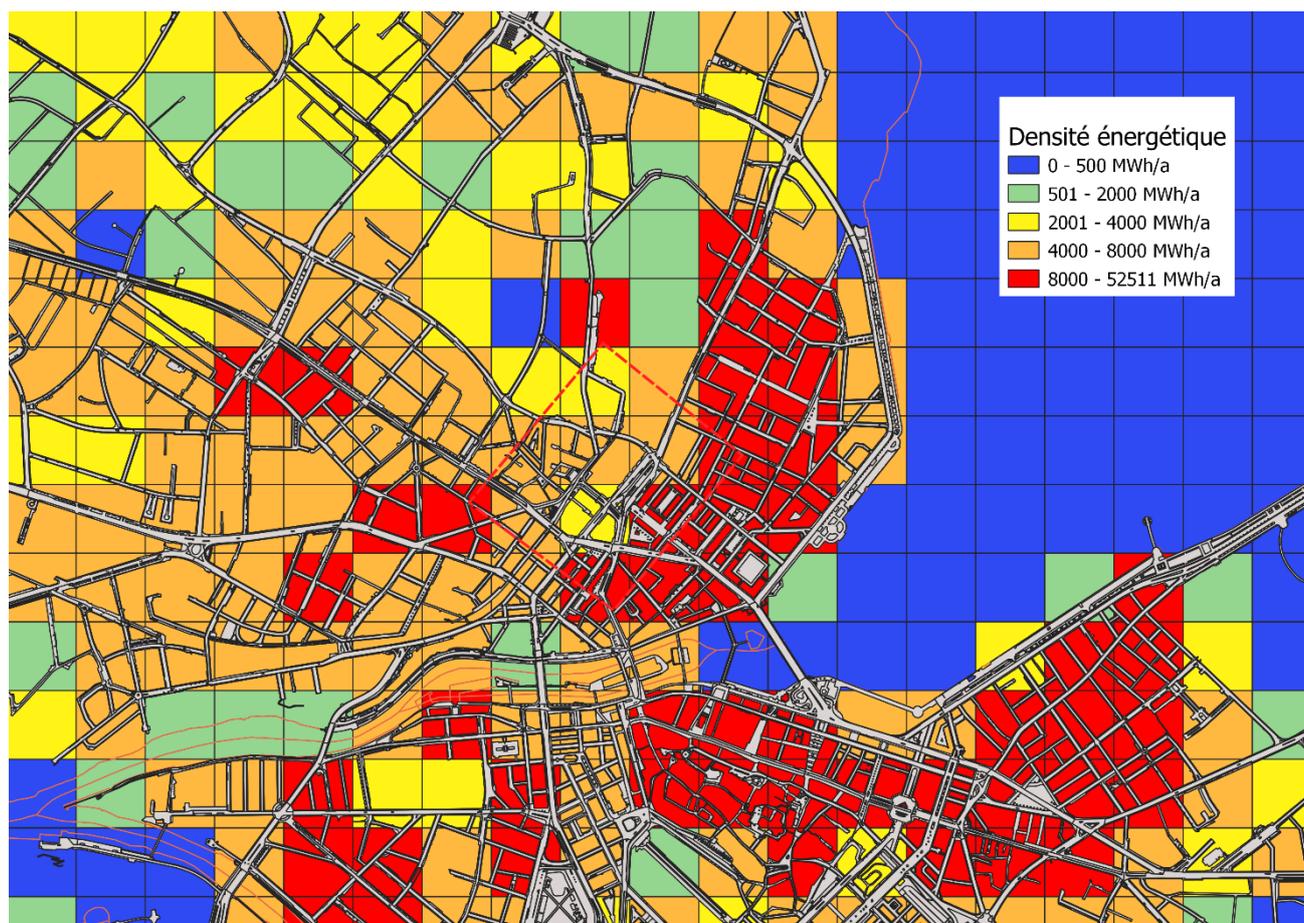
Il est à noter que les besoins énergétiques de ce futur PLQ correspondent à moins d'un pourcent de la consommation des bâtiments existants du périmètre du PDQ.

#### 4.1.4 Besoins énergétiques de la gare de Cornavin

Les besoins énergétiques actuels de la gare de Cornavin sont estimés à environ 1'038 MWh/an pour les besoins de chaleur et d'environ 593 MWh/an pour les besoins de froid. Une légère augmentation de ces besoins est attendue à la suite de la transformation de la gare d'ici 2030 en raison de l'augmentation des surfaces commerciales.

#### 4.1.5 Besoins énergétiques du périmètre élargi

La carte ci-après indique la densité des besoins de chaleur de manière agrégée par maille de 4 ha. On constate notamment la forte densité des besoins de chaleur aux Pâquis.



Besoins énergétiques du périmètre élargi : densité des besoins en chaleur par maille de 4 ha. Source : Socle de données de base du PDER.

## 4.2 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales ainsi que des rejets thermiques

### 4.2.1 Potentiel des nappes d'eau souterraine

La chaleur des eaux souterraines peut être exploitée de différentes manières :

- Par un pompage directement dans la nappe (avec restitution) → cas traité ci-après ;
- Par des géostructures énergétiques (cf. chap. 4.2.3),
- Par les sondes géothermiques (cf. chap. 4.2.2).

Il est à noter qu'une étude est actuellement en cours par le bureau CSGE dans le cadre du programme GÉothermie 2020 qui vise à préciser l'extension et l'épaisseur de la nappe du Rhône dans une perspective d'exploitation thermique.

Les eaux souterraines peuvent être utilisées pour le chauffage et le rafraîchissement. L'eau provient d'un puits de prélèvement, est valorisée thermiquement (par une pompe à chaleur pour le chauffage, ou directement pour du rafraîchissement), puis réinjectée dans la nappe dans un puits de restitution, situé en aval par rapport au sens de l'écoulement de la nappe.

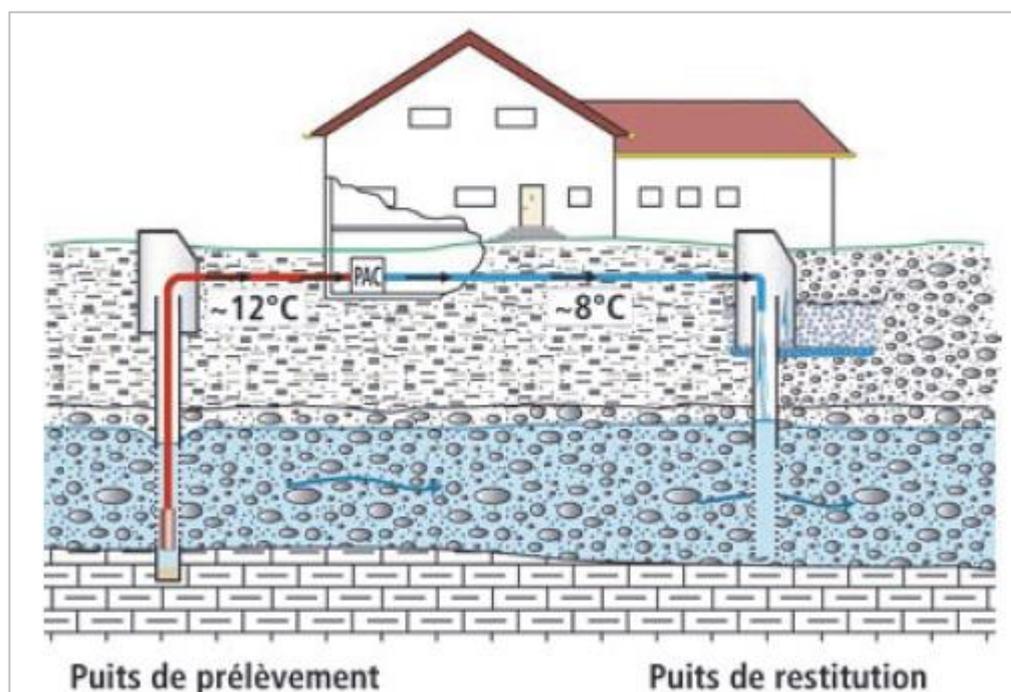
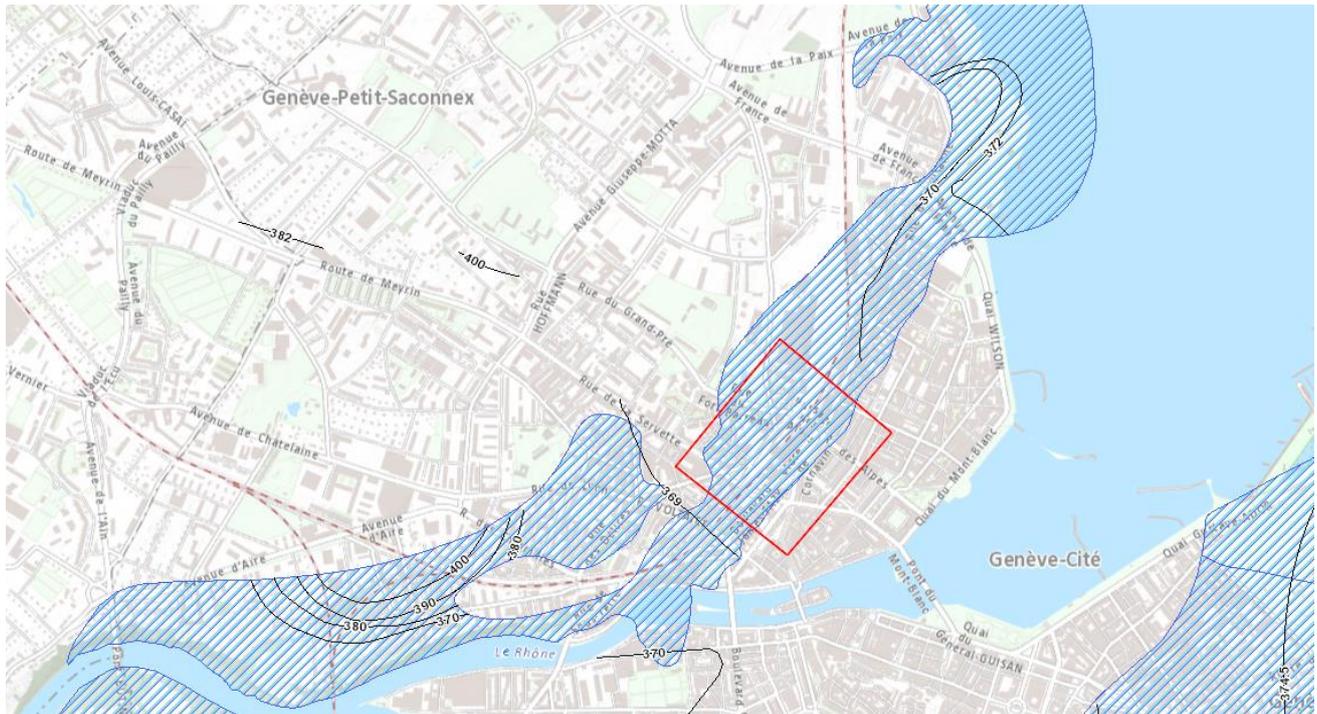


Schéma d'une exploitation de l'eau souterraine par une pompe à chaleur, avec puits de prélèvement et puit de restitution. Source : Géotechnique Appliquée Dériaz SA et al. 2011 : Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève – PGG, p. 147.

Comme le montre l'extrait de carte ci-après, une grande partie du périmètre du PDQ ainsi que des futures voies CFF de chaque côté de la gare de Cornavin intersectent la nappe principale du Rhône.



Etendu de la nappe du Rhône avec les isopièzes. Source SITG (consulté en novembre 2019).

La possibilité technique d'exploitation d'une nappe d'eau est déterminée principalement par 3 critères :

- La perméabilité du terrain (le débit de soutirage est proportionnel à la perméabilité) ;
- L'épaisseur de la nappe
- Le gradient hydraulique.

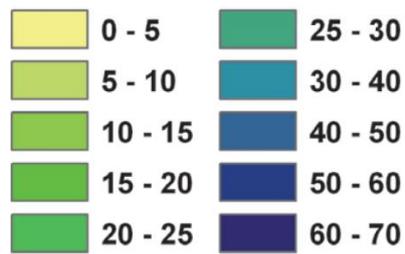
#### Caractéristiques de la nappe du Rhône<sup>4</sup> :

Dans le périmètre de la gare, la nappe est alimentée par le lac et drainé par le Rhône. Le gradient piézométrique varie de 0.2 à 1%. La profondeur de la nappe est entre 10 à 15 m dans le périmètre autour de la gare. Au niveau du futur quai souterrain de la gare de Cornavin, la nappe est à fleur du radier. La vitesse d'écoulement varie selon la pente piézométrique de la nappe, d'environ 1 à 5 m/jour.

<sup>4</sup> Source : Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève – PGG, p. 177.

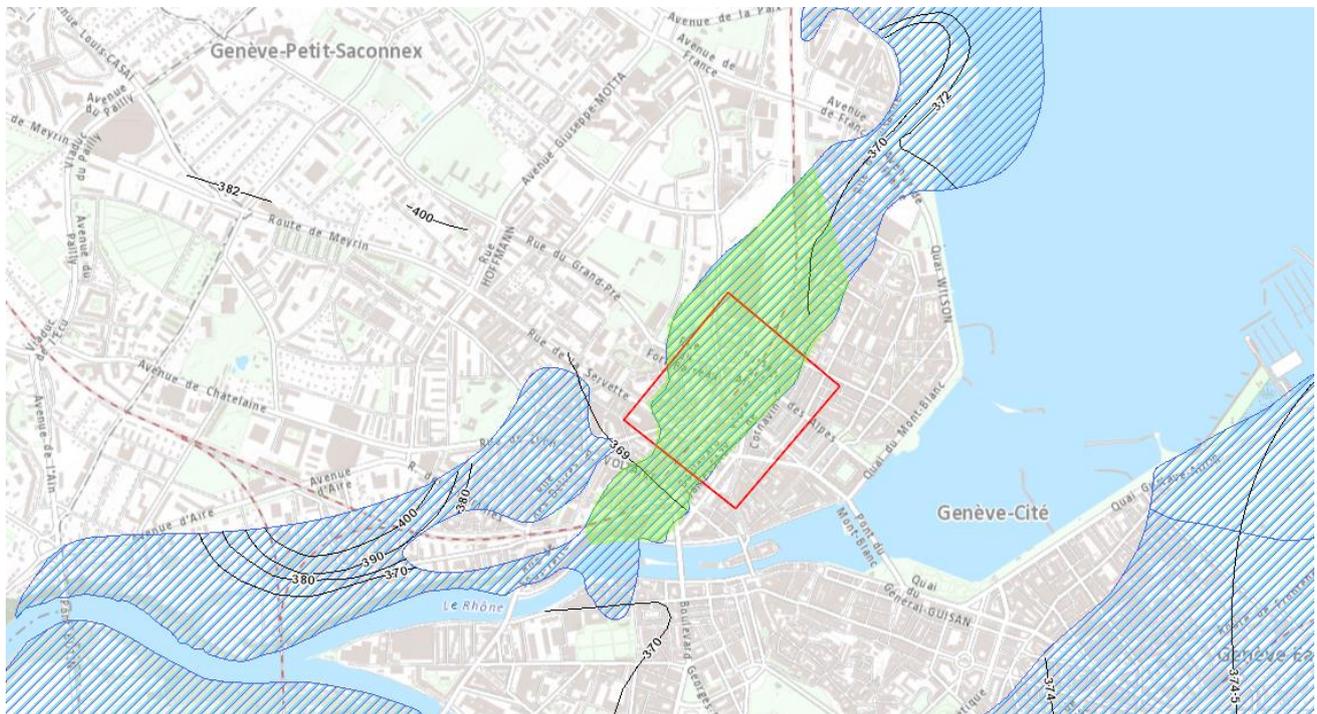


profondeur de la nappe  
du Rhône (m)



Profondeur de la nappe du Rhône (source : Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève – PGG, p. 177)

Le potentiel unitaire de la nappe a été estimé à environ  $1.87 \text{ W/m}^2$  par le rapport PGG (p.177). Pour la zone de la nappe aux alentours de la gare et des futures voies souterraines (indiquée en vert sur la carte ci-après, env. 50 ha), cela donne une puissance thermique théorique de la nappe d'environ 870 kW. On peut en déduire un potentiel d'énergie finale (théorique) d'environ **2.2 GWh pour la chaleur** (sur la base d'un COP de 5 et de 2000 h/an) et d'environ **1.7 GWh pour le froid**.



Evaluation du potentiel thermique de la nappe pour la zone à proximité de la gare et des futures voies souterraines des CFF. Carte extraite du SITG (consulté en novembre 2019).

#### 4.2.2 Potentiel des sondes géothermiques

Les **sondes géothermiques sont autorisées** dans tout le périmètre élargi du PDQ du pôle urbain Cornavin.

Le potentiel géothermique dépend de la surface réellement disponible pour les sondes géothermiques, des caractéristiques géologiques du sous-sol, des caractéristiques techniques des sondes ainsi que du mode d'exploitation.

L'évaluation du potentiel des sondes géothermiques ne fait sens que si le potentiel peut être mis en relation avec des besoins énergétiques. Le périmètre du PDQ étant déterminé principalement par les espaces publics, une évaluation du potentiel des sondes géothermiques à l'échelle du PDQ ne fait aucun sens.

Les besoins énergétiques des bâtiments existants du PLQ pourront être fournis par une pompe à chaleur sur sondes géothermiques à condition que les températures de distribution de la chaleur soient suffisamment basses (de préférence à la suite d'une rénovation).

Le potentiel des sondes géothermiques de l'îlot 5a-7 est évalué ci-dessous :

Données et hypothèses :			Remarques
Surface totale du périmètre (approx.):	3400	m <sup>2</sup>	
Surface au sol <u>approximative</u> des nouveaux bâtiments + parking: (approx.)	1800	m <sup>2</sup>	Inaccessible aux sondes géothermiques après construction
Surface restante = surface hors bâtiments et parkings souterrains, après la construction des nouveaux bâtiments:	1600	m <sup>2</sup>	
Part de la surface restante indisponible pour les sondes géothermiques: routes, plantations importantes, conduites du sous-sol, etc. (estimation):	70%		
<b>Surface totale disponible pour les sondes géothermiques</b>	<b>2280</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
Conductivité thermique moyenne pour des sondes de 200m (selon SITG)	2.5	W/(mK)	
Quantité de chaleur annuelle extraite par m linéaire	60	kWh/m/a	Hypothèse retenue sur la base de l'étude "PGG"
Puissance linéaire d'extraction de chaleur	30	W/m	limitée à 30 W/m pour respecter les critères de subvention et garantir une exploitation efficace et durable
Longueur des sondes	200	m	
Espacement des sondes	8	m	
COP PAC	3		

<b>Chaleur</b>	<b>Puissance maximale d'extraction de chaleur par les sondes :</b>	<b>210</b>	<b>kW</b>
	<b>Puissance à la sortie de la PAC</b>	<b>315</b>	<b>kW</b>
	- dont potentiel en dehors des bâtiments	75	kW
	- dont potentiel sous les nouveaux bâtiments	255	kW
	<b>Potentiel annuel d'extraction de chaleur du sous-sol par les sondes géothermiques :</b>	<b>430</b>	<b>MWh/a</b>
	<b>Potentiel à la sortie de la PAC</b>	<b>645</b>	<b>MWh/a</b>
	- dont potentiel en dehors des bâtiments	135	MWh/a
	- dont potentiel sous les nouveaux bâtiments	510	MWh/a

Froid	Potentiel annuel d'injection de chaleur dans le sous-sol pour le rafraîchissement (entre 30 et 60 % de la quantité de chaleur extraite du sous-sol):	entre 130 et 260	MWh/a
-------	--	------------------	-------

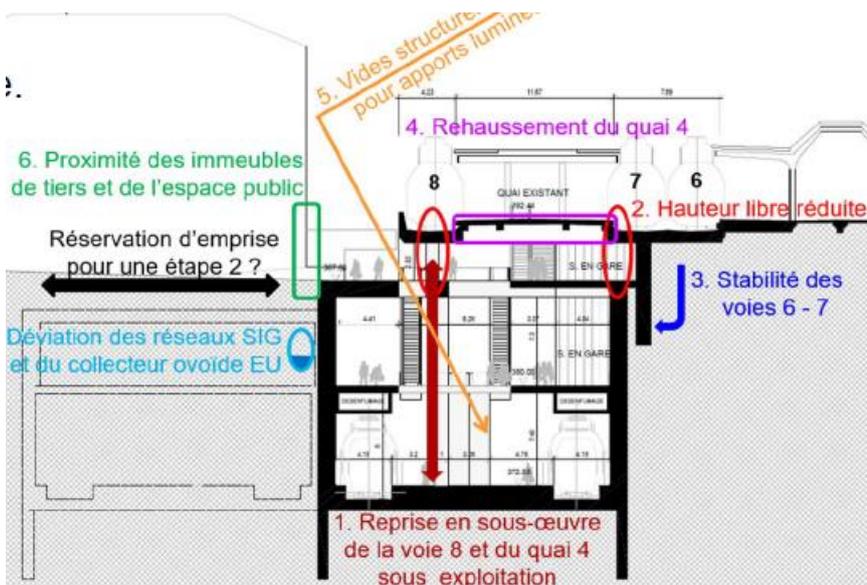
L'équilibre entre l'extraction et l'apport de chaleur dans le sous-sol doit être garanti pour assurer la stabilité à long terme de la température du sous-sol. La nappe du Rhône pourra contribuer à cette recharge, mais une recharge artificielle du terrain par du rafraîchissement via les sondes géothermiques en complément semble inévitable. Alternativement, il est aussi possible d'injecter le surplus de la chaleur issue de capteurs solaires thermiques dans le sous-sol. En milieu urbain dense, la recharge du terrain est une condition indispensable pour une gestion durable de la ressource géothermique.

Le potentiel pour le rafraîchissement est proportionnel à la chaleur extraite pour le chauffage et la préparation de l'eau chaude sanitaire.

#### 4.2.3 Potentiel des géostructures énergétiques

Les « géostructures énergétiques » sont des géostructures (pieux de fondation, parois moulées, radier etc.) équipées d'échangeurs de chaleur. Elles permettent de fournir des prestations de chaleur (par une PAC) ou de froid (free-cooling ou par machine frigorifique), de la même manière que les sondes géothermiques. En principe, non seulement les géostructures, mais tout ouvrage en contact avec le terrain peut être équipé d'un échangeur de chaleur. La performance énergétique de ces installations dépend principalement de leur surface d'échange avec le terrain, de la présence ou non d'eau dans le sol, de sa vitesse d'écoulement et des caractéristiques du terrain.

Les parois moulées et le radier du quai souterrain au niveau de la gare ainsi que des voies souterraines de chaque côté de la gare sont potentiellement intéressants pour une exploitation thermique par des échangeurs. Au niveau de la gare, les CFF excluent la mise en place d'échangeurs de chaleur dans les parois moulées en raison du mode de construction extrêmement complexe. L'équipement par des échangeurs du radier reste cependant possible.



Coupe du futur quai souterrain au niveau de la gare de Cornavin. Source : CFF.

## Principe technique<sup>5</sup>

Le radier est équipé de tuyaux en polyéthylène qui servent d'échangeurs thermiques. Ces tuyaux sont reliés entre eux par des collecteurs de liaison qui sont ensuite raccordés à un distributeur (environ tous les 60m) dans une chambre de connexion située au sommet de la paroi moulée.

## Evaluation du potentiel énergétique

D'après les critères élaborés par Joliquin<sup>6</sup> (2002), la vitesse d'écoulement de l'eau, a priori supérieure à 1 m/j, permettrait d'envisager une exploitation sans recharge thermique anthropique, c'est-à-dire la vitesse d'écoulement de l'eau assurerait une recharge thermique naturelle. Par conséquent, les potentiels pour la chaleur et le froid ne sont pas nécessairement liés entre eux.

L'estimation ci-dessous du potentiel thermique du radier est faite sur la base des simulations qui ont été réalisées pour le CEVA par les bureaux Energgestion SA et Geowatt AG entre 2008 et 2009<sup>7</sup>. Il s'agit d'une approche conservatrice, étant donné que le tronçon étudié dans le cadre du CEVA n'était pas en contact avec la nappe. Le potentiel est évalué pour le futur quai souterrain (longueur = 450m) et pour la tranchée couverte côté Lausanne (longueur = 300m).

Evaluation du potentiel énergétique	Nouveau quai souterrain (L=450m)	Tranchée couverte côté Lausanne (L=300m)	
Hauteur de la paroi moulée hors fiche	16	16	m
Profondeur de la fiche	5	5	m
Largeur du radier	21	21	m
Longueur du quai:	450	300	m
Surface totale du radier	9450	6300	m <sup>2</sup>
Puissance au m <sup>2</sup>	30	30	W/m <sup>2</sup>
Puissance par m linéaire de radier (chaud/froid)	<b>630</b>	<b>630</b>	W/m
Puissance totale, radier	284	189	kW
<b>Chaleur:</b>			
Energie annuelle par m <sup>2</sup>	140	140	kWh/m <sup>2</sup> *a
Energie annuelle totale	<b>1323</b>	<b>882</b>	MWh/a
<b>Froid:</b>			
Energie annuelle par m <sup>2</sup>	140	140	kWh/m <sup>2</sup> *a
Energie annuelle totale	<b>1323</b>	<b>882</b>	MWh/a

<sup>5</sup> Selon Energgestion SA, décembre 2009 : Liaison ferroviaire CEVA. Géostrucures énergétiques. Rapport de synthèse.

<sup>6</sup> JOLIQVIN, P., 2002 : Exploitation de la chaleur terrestre par des géostrucures énergétiques. Methodologie de détermination des zones potentielles. GEOLEP – EPFL, Lausanne.

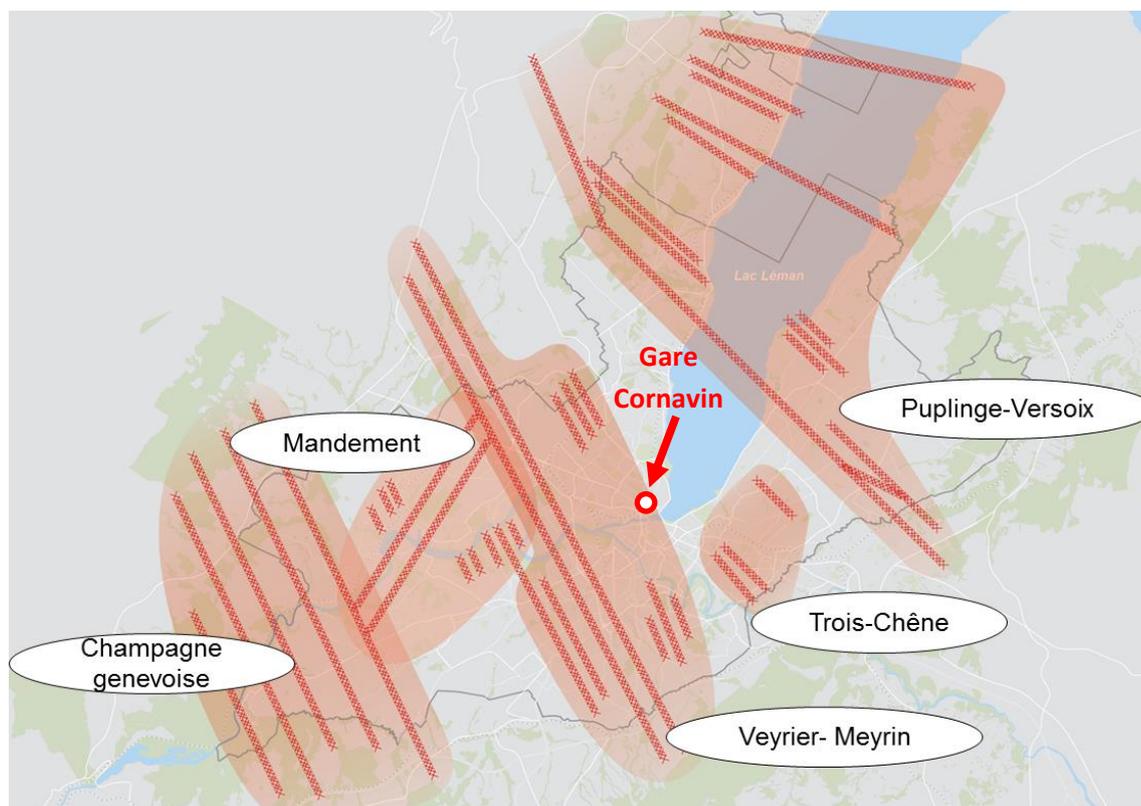
<sup>7</sup> Energgestion SA, décembre 2009 : Liaison ferroviaire CEVA. Géostrucures énergétiques. Rapport de synthèse.

Si cette solution devait être retenue, une simulation dynamique serait nécessaire en affinant les données d'entrée afin de mieux préciser le potentiel réel. En particulier, il s'agirait de vérifier :

- L'apport réel en chaleur de l'intérieur du quai ;
- Le comportement des échanges de chaleur avec la nappe qui est à fleur du radier et qui s'écoule depuis le nord-est vers le sud-ouest en suivant les voies CFF, tout en étant confiné sous le radier entre les deux fiches des parois moulées.
- Le comportement du système en fonction du mode d'exploitation (variation de la température dans l'échangeur au cours de l'année, exploitation pour la chaleur et pour le froid).

#### 4.2.4 Potentiel de la géothermie de moyenne et grande profondeur

Selon les connaissances actuelles du chef de projet de GEothermie 2020, d'importantes failles sont présumées sous la ville, ce qui laisse soupçonner un potentiel de géothermie à moyenne profondeur dans les couches calcaires entre 600 et 850m. En supposant un gradient thermique de 3K/100m, cela correspondrait à une température de l'eau d'environ 30°C. Aucune certitude ni indication du potentiel ne peuvent cependant être données actuellement.



Zones favorables à la géothermie de moyenne profondeur selon la phase de prospection du programme GEothermie 2020. Source : GEothermie 2020.

Le secteur est inclus dans le périmètre prévu pour la campagne de sismique 3D qui sera réalisée en 2020 ; les cibles potentielles et leurs profondeurs seront ainsi clarifiées à cette échéance.

Les premières zones fracturées sont aujourd'hui présumées à une profondeur de 600-850 m, mais ces failles s'étendent vraisemblablement à plus grande profondeur, dès lors :

- Une première cible située à 600-850 m de profondeur pourrait fournir de l'eau à une température d'environ 30°C qui pourrait être valorisée dans un réseau local, afin de satisfaire aux besoins thermiques de ce secteur spécifique.
- En cas de raccordement de cette zone au réseau structurant, une cible plus profonde pourrait potentiellement être visée (800-2'200 m), afin de valoriser une ressource plus chaude (40-80°C) sur ledit réseau, donc sur un périmètre élargi.
- La valorisation d'une ressource géothermique de moyenne profondeur requerra la réalisation d'un deuxième forage de réinjection, soit depuis la même plateforme à la faveur d'un forage dévié, soit depuis un autre site situé à 1'000-1'500 m pour un forage vertical.



#### 4.2.7 Autres ressources

En plus des ressources susmentionnées, l'**aérothermie** (chaleur de l'air), valorisable par les pompes à chaleur, est également considérée comme disponible dans ce secteur.

L'utilisation du bois n'est pas conseillée dans ce secteur (cf. chap. 3.5.2).

#### 4.2.8 Rejets thermiques

Plusieurs bâtiments autour de la gare présentent des rejets thermiques importants.

→ Voir rapport complet pour les données plus précises.

#### 4.2.9 Synthèse des ressources énergétiques locales

Ressource	Disponibilité	Remarques
Nappe d'eau souterraine	✓	Nappe du Rhône disponible en grande partie sous le périmètre du PDQ
Sondes géothermiques	✓	
Géostructures énergétiques	✓	En particulier le radier du futur quai souterrain de la gare de Cornavin et des tranchées couvertes côté Lausanne et côté aéroport
Géothermie de moyenne profondeur	?	Potentiel soupçonné, non vérifié à l'heure actuelle
Solaire	✓	Possibilités de valorisation en toitures et façades
Aérothermie	✓	Pour pompes à chaleur air-eau
Rejets thermiques	✓	Divers rejets thermiques disponibles à proximité de la gare
Biomasse, bois	✗	Indisponible en raison de la pollution locale de l'air
Eaux usées	✗	Potentiel inadapté à cet endroit

## 4.3 Les infrastructures énergétiques existantes et projetées

### 4.3.1 Le réseau électrique

Le PDQ est desservi par le réseau électrique.

### 4.3.2 Le réseau de gaz

Le PDQ est desservi par le réseau de gaz.

### 4.3.3 Les réseaux thermiques

#### Planification actuelle selon le Plan directeur des énergies de réseau

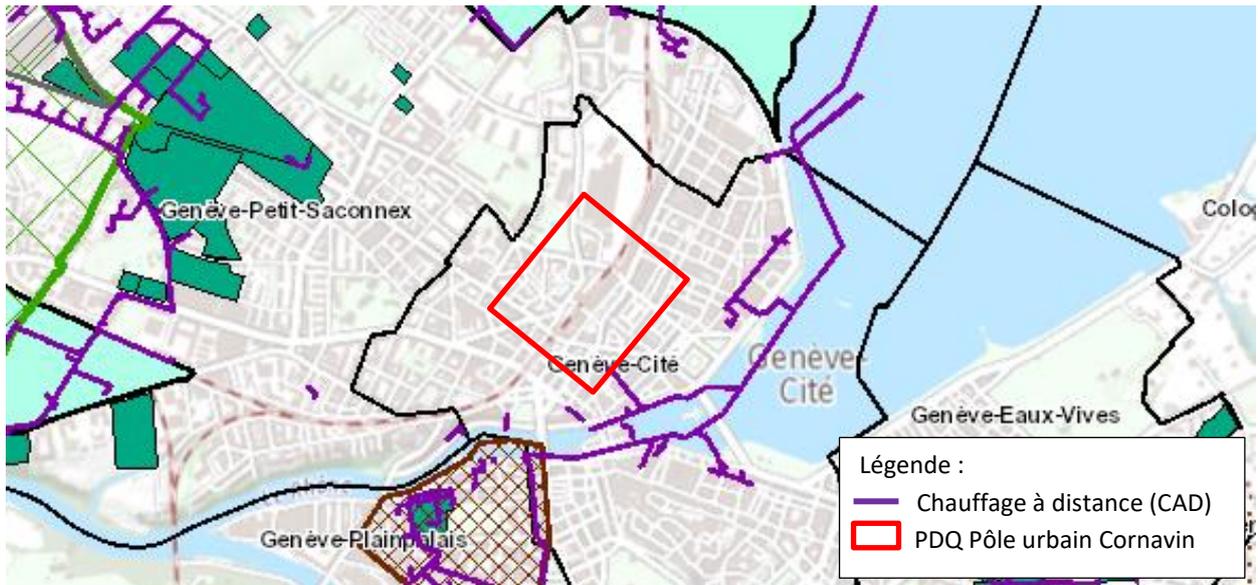
Selon le plan directeur des énergies de réseaux (PDER), le périmètre d'étude se trouve à l'interface de deux grands réseaux thermiques structurants dont l'extension ou la réalisation sont prévues à court et moyen terme : le réseau Génilac au sud-est des voies CFF et le réseau de chauffage à distance (CAD) du Lignon à l'ouest du périmètre d'étude.

#### La stratégie d'approvisionnement des Pâquis

Au stade actuel de la planification de SIG, la solution technique de l'approvisionnement thermique du quartier des Pâquis n'est pas encore figée. Il est prévu d'utiliser comme ressource l'eau du lac (par le réseau GeniLac). **Il est à noter qu'en plus des besoins de froid, le quartier des Pâquis présente une des densités les plus élevées du canton en termes de besoins en chaleur (cf. chap. 4.1.5). En plus, la structure du bâti permet de faire l'hypothèse que ces besoins de chaleur restent élevés à moyen et long terme. Il serait donc intéressant d'envisager un réseau de distribution de chaleur qui pourrait être alimenté par une pompe à chaleur centralisée sur l'eau du lac.**

#### Evolution des sources d'approvisionnement du réseau CAD SIG

Actuellement, le réseau CAD SIG est alimenté principalement par les rejets thermiques de l'UIOM des Cheneviers et une chaudière à gaz. Pour respecter les objectifs politiques, il sera indispensable de remplacer la partie « gaz » par des énergies renouvelables. Plusieurs projets et pistes sont à l'étude pour injecter d'autres sources renouvelables, comme les rejets de la STEP d'Aire, la géothermie de moyenne profondeur ou la chaleur de l'eau du lac. Etant donné l'étendu du réseau CAD actuel et les extensions prévus à moyen terme, il est nécessaire d'identifier *toutes* les possibilités des ressources renouvelables. La ressource « eau du lac » serait une opportunité de produire de la chaleur par des pompes à chaleur d'une certaine taille assurant la rentabilité nécessaire. A part une alimentation possible du CAD SIG par GeniLac au niveau de l'aéroport, une connexion à travers la gare constituerait le chemin le plus court entre le lac et la zone CAD SIG. Le passage de conduites thermiques au niveau de la gare serait alors indispensable.



Réseaux de chauffage à distance actuelles et concepts énergétiques territoriaux existants. Source : OCEN/SITG (septembre 2019)

## 5 Stratégie énergétique

La stratégie énergétique de ce CET se décline en plusieurs volets :

- Réseaux thermiques structurants
- PDQ
- Îlot 5a-7
- Gare de Cornavin
- Stratégie énergétique pour limiter l'effet des îlots de chaleur urbaine

### 5.1 Volet « réseaux thermiques structurants »

#### Résumé :

- Alimenter **en chaleur à distance la zone située entre la gare et le lac**, prévue dans le PDER d'être alimentée par GeniLac. C'est une des zones les plus denses du Canton en termes de besoin de chaleur. Il convient d'examiner la possibilité de réaliser un réseau de chaleur, alimenté par des grandes pompes à chaleur sur l'eau du lac, éventuellement en parallèle à un réseau de froid.
- **Etendre la zone de desserte du réseau GeniLac au nord de la gare**, pour y inclure la gare de Cornavin, la Poste de Montbrillant et la partie Est du quartier des Grottes. Extension à coordonner avec la liaison à créer entre les réseaux CAD et GeniLac (1<sup>er</sup> point ci-dessus).
- Créer une **liaison entre les deux réseaux thermiques** (CAD SIG au nord-ouest des voies CFF et GeniLac aux Pâquis) à travers les voies CFF.

Ce volet vise à assurer la cohérence de la planification énergétique territoriale à l'échelle des grands réseaux thermiques structurants dans un périmètre où les voies CFF constituent une barrière potentielle entre les réseaux CAD SIG et GeniLac et leurs zones de desserte. La transformation de la gare de Cornavin constitue une opportunité unique de créer un ou deux passages à travers les voies CFF pour relier les deux réseaux. La mise en place de ces passages nécessite une planification coordonnée entre les acteurs, en particulier entre les Services Industriels (SIG) et les CFF. La mise en place d'une ou des deux liaisons à travers les voies CFF présente plusieurs avantages :

- Une flexibilité à long terme pour étendre les différents réseaux au-delà des voies CFF ;
- La possibilité de rééquilibrer les réseaux thermiques entre eux (en fonction des températures de distribution) et d'alimenter le réseau CAD SIG (actuellement alimenté en grande partie par le gaz naturel) par des PAC sur l'eau du lac, et ainsi augmenter la part d'énergies renouvelables dans le CAD SIG ;
- La possibilité de valoriser d'éventuelles sources de chaleur issues de la géothermie de moyenne ou grande profondeur sur un territoire plus vaste.

Les CFF étudient actuellement deux endroits pour passer des conduites : le passage des Alpes (sous forme d'un siphon sous les voies CFF) et le passage de la rue de la Servette (sous forme d'une galerie technique). La mise en place de ces liaisons est à coordonner, le cas échéant, avec la recherche d'un potentiel de chaleur issue de la géothermie de moyenne profondeur à proximité de la gare, afin de pouvoir injecter d'éventuelles sources de chaleur issues de la géothermie de moyenne profondeur dans le réseau CAD SIG (voir chap. 0).

Le deuxième point de ce volet vise à examiner de manière plus détaillée que dans le PDER actuel la forme de distribution de l'énergie thermique dans toute la zone entre la gare de Cornavin et le lac (aux Pâquis). En effet, c'est une des zones les plus denses du Canton en termes de besoin de chaleur. Il convient donc d'examiner la possibilité de réaliser un réseau de chaleur, alimenté par des grandes pompes à chaleur sur l'eau du lac, éventuellement en parallèle à un réseau de froid.

Enfin, le troisième volet préconise d'affiner la zone de desserte du réseau GeniLac. Concrètement, il est conseillé d'inclure la gare de Cornavin, la Poste de Montbrillant et la partie Est du quartier des Grottes dans sa zone de desserte. Cette extension est à coordonner avec l'éventuelle future liaison entre les réseaux CAD SIG et GeniLac, notamment celle sous le passage des Alpes.

## 5.2 Volet « PDQ »

L'approvisionnement de la gare et de l'îlot 5a-7 seront traités séparément (chap. 0 et chap. 0). Ce volet concerne donc, de manière générale, tous les bâtiments (existants) du PDQ hormis la gare et l'îlot 5a-7.

### Besoins énergétiques :

- **Diminution des besoins énergétiques** par une amélioration de l'enveloppe du bâtiment.

### Approvisionnement énergétique :

- L'**approvisionnement** en chaleur et en froid doit se faire **en priorité par les réseaux thermiques** (CAD SIG ou GeniLac) si un réseau est disponible.
- Alternativement, lorsqu'un bâtiment ne peut être raccordé à un réseau thermique, l'approvisionnement thermique se fera par les rejets thermiques et les **ressources énergétiques locales** :
  - L'énergie solaire thermique,
  - Les sondes géothermiques, obligatoirement avec une recharge thermique estivale,
  - En cas de besoin de chaleur et/ou de froid important (p.ex. groupe d'immeubles), l'utilisation de la nappe du Rhône comme source de chaleur peut être envisagée.

### Production photovoltaïque :

- Prévoir l'utilisation des toitures et des façades (lorsque ces dernières sont orientées entre le sud-est et l'ouest) pour l'installation de **panneaux photovoltaïques**.

De manière générale, il est conseillé d'agir d'abord sur l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment avant de remplacer un système de chauffage. Les rénovations énergétiques permettent de diminuer la puissance nécessaire pour le chauffage et souvent aussi la température de distribution. En diminuant d'abord la puissance requise et la température de distribution, le nouveau système de chauffage peut tout de suite être conçu de manière optimale et avec des ressources énergétiques adaptées aux températures de distribution (surtout dans le cas des pompes à chaleur).

### 5.3 Volet « îlot 5a-7 »

La réalisation de l'îlot 5a-7 est prévue pour la période après 2031, ce secteur étant occupé par les CFF durant les travaux de transformation de la gare. L'élaboration d'un PLQ sera nécessaire préalablement à la construction des bâtiments, ce qui permettra également d'affiner la stratégie énergétique en fonction de l'évolution de la planification énergétique dans ce secteur dans les dix prochaines années. En raison de l'horizon de planification, ce qui suit doit être considéré plutôt comme une orientation stratégique qu'un choix énergétique figé.

#### Besoins énergétiques :

- **Diminuer les besoins énergétiques** au strict minimum par le choix d'un standard énergétique élevé et une mise en œuvre de qualité.

#### Approvisionnement énergétique :

- En fonction du développement futur des réseaux thermiques CAD et GeniLac, **l'approvisionnement** en chaleur et en froid doit se faire **en priorité par les réseaux thermiques** si le secteur de l'îlot 5a-7 se trouve dans une zone de desserte d'un tel réseau.
- Alternativement, lorsqu'un bâtiment ne peut être raccordé à un réseau thermique, l'approvisionnement thermique se fera par les rejets thermiques et les **ressources énergétiques locales**, en particulier :
  - L'énergie solaire thermique,
  - Les sondes géothermiques, obligatoirement avec une recharge thermique estivale, ou
  - La nappe du Rhône par pompage dans la nappe.
- L'approvisionnement thermique devra être coordonné avec l'approvisionnement de la gare de Cornavin, notamment dans le but de valoriser d'éventuels rejets thermiques de la gare et d'utiliser d'éventuelles synergies en cas de valorisation de la nappe du Rhône.

#### Production photovoltaïque :

- Prévoir l'utilisation des toitures et des façades (lorsque ces dernières sont orientées entre le sud-est et l'ouest) pour l'installation de **panneaux photovoltaïques**.
- Prévoir une surcharge admissible d'au moins 50 kg/m<sup>2</sup> sur les toitures pour l'installation de tous types de panneaux solaires photovoltaïques ou de capteurs solaires thermiques.
- Prévoir toutes les sorties de toitures de manière centralisée et regroupée, de préférence côté nord, afin de libérer la plus grande surface possible pour une installation rationnelle de capteurs solaires thermiques et/ou de panneaux photovoltaïques.
- L'installation de panneaux solaires est à coordonner avec une éventuelle végétalisation des toitures.

## 5.4 Volet « gare CFF de Cornavin »

La transformation de la gare de Cornavin est prévue entre 2024 et 2031. La planification est en cours et d'éventuelles mesures énergétiques doivent être incluses dans la planification dans les plus brefs délais afin d'éviter des irréversibilités par un manque de coordination.

### Besoins énergétiques :

- **Diminuer les besoins énergétiques** au strict minimum par le choix d'un standard énergétique élevé et une mise en œuvre de qualité (bâtiments neufs) ou une rénovation de l'enveloppe des bâtiments existants.

### Approvisionnement énergétique :

- En fonction du développement futur du réseau thermique GeniLac, l'**approvisionnement** en chaleur et en froid se fera **en priorité par le réseau GeniLac**.
- Alternativement, si la gare de Cornavin ne peut être raccordée à GeniLac, l'approvisionnement thermique se fera par les rejets thermiques et les **ressources énergétiques locales**, en particulier la nappe du Rhône :
  - Soit par pompage direct dans la nappe.
  - Soit par la mise en place d'échangeurs de chaleur dans le radier du futur quai souterrain.
- L'approvisionnement thermique devra être coordonné avec l'approvisionnement de l'îlot 5a-7, notamment dans le but de valoriser d'éventuels rejets thermiques de la gare et d'utiliser d'éventuelles synergies en cas de valorisation de la nappe du Rhône.

### Production photovoltaïque :

- Prévoir l'utilisation des toitures (y compris les toits des quais) et des façades (lorsque ces dernières sont orientées entre le sud-est et l'ouest) pour l'installation de **panneaux photovoltaïques**.
- Pour les bâtiments neufs :
  - Prévoir une surcharge admissible d'au moins 50 kg/m<sup>2</sup> sur les toitures pour l'installation de tous types de panneaux solaires photovoltaïques ou de capteurs solaires thermiques.
  - Prévoir toutes les sorties de toitures de manière centralisée et regroupée, de préférence côté nord, afin de libérer la plus grande surface possible pour une installation rationnelle de capteurs solaires thermiques et/ou de panneaux photovoltaïques.
  - L'installation de panneaux solaires est à coordonner avec une éventuelle végétalisation des toitures.

Le choix du futur approvisionnement thermique de la gare de Cornavin nécessite une bonne coordination entre SIG et les CFF. SIG devra se positionner rapidement par rapport à la possibilité de raccorder la gare de Cornavin à GeniLac. A défaut d'un raccordement à GeniLac, les CFF devront décider d'un approvisionnement alternatif. La nappe du Rhône ressort comme ressource privilégiée pour cet approvisionnement en chaleur et en froid. Le choix entre un pompage direct dans la nappe et les échangeurs de chaleur dans le radier du futur quai souterrain ne pourra se faire que sur la base d'une étude hydrogéologique et technico-économique. La mise en place des échangeurs de chaleur devra être incluse dans la planification des CFF dans les plus brefs délais.

## 5.5 Stratégie énergétique pour limiter l'effet des îlots de chaleur urbains

### 5.5.1 Définition :

Les îlots de chaleur urbains sont des microclimats artificiels en milieu urbain dans lesquels les températures sont plus élevées que dans les secteurs environnants.

### 5.5.2 Causes des îlots de chaleur urbains<sup>8</sup> :

Afin de développer une stratégie pour lutter contre l'effet des îlots de chaleur urbains, il convient de comprendre d'abord les causes. Les principales causes sont :

#### Les surfaces minéralisées :

L'augmentation des surfaces minéralisées (routes, bâtiments, places publiques, quais de la gare, etc.) sont la principale cause des îlots de chaleurs urbains. Les surfaces minéralisées modifient les propriétés thermiques (albedo, capacité et conductivité thermique, émissivité, effusivité) par rapport à un milieu naturel. L'albedo (coefficient de réflexion) est probablement le facteur le plus important parmi les différentes caractéristiques thermiques des matériaux urbains : il indique, par une valeur entre 0 et 1, la part de l'énergie réfléchié par rapport à l'énergie rayonnante incidente. Les surfaces présentant un faible albedo (bitume, béton, etc.) absorbent plus les rayons du soleil que les surfaces avec un albedo élevé (p.ex. gazon, surface blanche) et contribuent ainsi au réchauffement local.

#### Le manque de végétation :

La végétation apporte non seulement de l'ombre, mais contribue de manière significative à l'abaissement de la température locale par l'évapotranspiration des plantes. Les espaces végétalisés sont souvent fortement réduits en milieu urbain.

#### Emissions de chaleur anthropiques :

Les émissions de chaleur anthropiques contribuent également à l'élévation des températures locales : les activités industrielles, les transports, la climatisation, etc.

#### Morphologie urbaine :

La morphologie urbaine peut contribuer également à des températures locales plus élevées par l'augmentation de la superficie des surfaces absorbant le rayonnement solaire et par la barrière créée au vent.

---

<sup>8</sup> Sources : Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Urban\\_heat\\_island](https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_heat_island)), <http://collectivitesviables.org/articles/ilots-de-chaleur-urbains.aspx>, consulté en novembre 2019 ; Courgey S. et Oliva J.-P., 2006/2007 : La conception bioclimatique.

### 5.5.3 Mesures pour limiter l'effet des îlots de chaleur urbains<sup>9</sup> :

#### Réduire les surfaces minéralisées / augmenter la végétation

La principale mesure pour lutter contre l'effet des îlots de chaleurs urbains constitue à diminuer les surfaces minéralisées par une augmentation de la végétation. Cette mesure présente un double effet bénéfique :

- D'une part, elle permet d'augmenter l'albedo des surfaces et, par conséquent, à emmagasiner moins d'énergie rayonnante, et
- D'autre part, elle permet de créer de l'ombre et d'abaisser les températures locales par l'évapotranspiration des plantes.

Les toitures (et façades) végétalisées constituent un moyen efficace pour augmenter la végétalisation en ville sans entraver leur utilité principale. Un autre moyen efficace constitue à planter des arbres sur les espaces publics. Il est à noter que les plantes doivent bénéficier d'un apport en eau suffisant, condition nécessaire à l'évapotranspiration. La création de plans d'eau est un autre moyen pour réguler la température bien que moins facile à appliquer en milieu urbain dense.

Pour les surfaces minéralisées restantes qui ne peuvent pas être végétalisées, il convient de tenir compte des propriétés thermiques, notamment l'albedo, en choisissant le type et la couleur du revêtement. Plus la surface est claire, plus l'albedo est élevé et moins la surface emmagasiner la chaleur rayonnante. Il est à noter cependant que les surfaces claires peuvent avoir un effet d'éblouissement dont il faudra également tenir compte. Cette mesure peut être appliquée aux routes, aux espaces publics, aux quais des CFF, aux toitures etc.

#### Réduire les émissions de chaleur anthropiques

Les activités industrielles étant absentes dans le périmètre du PDQ, les deux principaux axes pour réduire les émissions de chaleur anthropiques sont :

- Les transports : limiter les transports motorisés individuels (notamment avec des moteurs thermiques) ;
- Les bâtiments :
  - réduire les besoins en climatisation par une architecture bioclimatique ;
  - couvrir les besoins en climatisation restants par le réseau GeniLac ou la nappe du Rhône plutôt que par des groupes de froid traditionnels.

---

<sup>9</sup> Sources principales : <http://collectivitesviables.org/articles/ilots-de-chaleur-urbains.aspx>, <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basicscompndium.pdf> (consultés en octobre 2019)

#### 5.5.4 Exemples et bonnes pratiques



Végétalisation de la plateforme du tram à Grenoble (ligne E).

Source : Wikipedia : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne\\_E\\_du\\_tramway\\_de\\_Grenoble](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_E_du_tramway_de_Grenoble)



Toiture végétalisée en combinaison avec des panneaux photovoltaïques sur le toit des Halles sud de Beaulieu, Lausanne. Source : <https://www.lausanne.ch/vie-pratique/nature/la-nature-et-vous/bonnes-pratiques-conseils-nature/toitures-vegetalisees/vegetation-et-panneaux-solaires.html>



Revêtement froid (« cool pavement ») au zoo de Los Angeles.

Source : <https://www.epa.gov/heat-islands/using-cool-pavements-reduce-heat-islands>



Mobipôle, la gare jardin (Rueil-Malmaison) avec les toitures des arrêts de bus végétalisées.

Source : <https://www.batiactu.com/edito/mobipole-la-gare-jardin-rueil-malmaison-52105.php>

## 6 Recommandations et prochaines étapes

Les recommandations et prochaines étapes sont résumées ci-après par des feuilles de route pour les différents acteurs-clé : SIG, les CFF, la Ville de Genève et le programme GEothermie 2020.

### 6.1 Feuille de route pour SIG

Enjeu	Délai	Acteur pilote	Autres acteurs concernés
<b>Liaison entre les réseaux thermiques à travers les voies CFF :</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclure dans les planifications des CFF le passage de réseaux thermiques dans la galerie technique de la Rue de la Servette et/ou dans le siphon sous le passage des Alpes. Préciser la place nécessaire (diamètre des conduites) dans le siphon et la galerie.</li> </ul>	Fin 2019	CFF	CFF, OCEN
<ul style="list-style-type: none"> <li>Réaliser, en mesure conservatoire, le passage pour des réseaux thermiques dans le siphon sous le passage des Alpes et/ou dans la galerie technique de la rue de la Servette.</li> </ul>	2024 - 2031	CFF	CFF, OCEN
<b>Etendue du réseau GeniLac :</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informers les CFF sur la possibilité ou non de raccorder la gare de Cornavin à GeniLac pour les besoins de chaleur et de froid. En cas de réponse favorable, signer un accord de principe.</li> </ul>	Fin 2019 / début 2020	SIG	CFF
<ul style="list-style-type: none"> <li>Examiner la possibilité d'étendre la zone de desserte du réseau GeniLac au nord de la gare, pour y inclure la gare de Cornavin, la Poste de Montbrillant et la partie Est du quartier des Grottes.</li> </ul>	Selon planification de la liaison sous le passage des Alpes	SIG	CFF, La Poste, Ville de Genève
<b>Type de distribution (chaud et/ou froid) de l'énergie thermique aux Pâquis</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Préciser la forme de distribution de l'énergie thermique dans les Pâquis. Concrètement, évaluer la possibilité de desservir ce secteur par un réseau de chaleur alimenté par des pompes à chaleur sur l'eau du lac.</li> </ul>	Dès 2020	SIG	Ville de Genève
<b>Approvisionnement de la galerie commerciale « Métroshopping » :</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prendre une décision de principe sur la possibilité ou non de raccorder la galerie commerciale « Métroshopping » à GeniLac pour les besoins de chaleur et de froid. Le raccord à GeniLac permettrait de supprimer deux importantes cheminées qui encombrant l'espace public de la place Cornavin. La chaufferie est exploitée par les CFF (Immobilier – Facility Management) pour le compte de la PPCSA.</li> </ul>	Dès 2020	SIG	Ville de Genève / PPCSA / CFF
<b>Interception du chantier des CFF avec GLN, Av. de la Paix :</b>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>Assurer une coordination CFF/SIG pour gérer l'interception du chantier des CFF avec le réseau GLN au niveau de l'Avenue de la Paix.</li> </ul>	Dès 2020	CFF	CFF
<b>Interception du chantier des CFF avec le réseau CAD SIG, chemin des Sports :</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Assurer une coordination CFF/SIG pour gérer l'interception du chantier des CFF avec la traversée aérienne du réseau CAD SIG au niveau du chemin des Sports.</li> </ul>	Dès 2020	CFF	CFF

## 6.2 Feuille de route pour les CFF

Enjeu	Délai	Acteur pilote	Autres acteurs concernés
<b>Liaison entre les réseaux thermiques à travers les voies CFF :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclure dans les planifications des CFF le passage de réseaux thermiques dans la galerie technique de la Rue de la Servette et/ou dans le siphon sous le passage des Alpes.</li> </ul>	Fin 2019	CFF	SIG, OCEN
<ul style="list-style-type: none"> <li>Réaliser, en mesure conservatoire, le passage pour des réseaux thermiques dans le siphon sous le passage des Alpes et/ou dans la galerie technique de la rue de la Servette</li> </ul>	2024 - 2031	CFF	SIG, OCEN
<b>Etendue du réseau GeniLac :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier avec SIG la possibilité ou non de raccorder la gare de Cornavin à GeniLac pour les besoins de chaleur et de froid. En cas de réponse favorable de SIG, signer un accord de principe. Transmettre les besoins en chaleur et en froid à SIG.</li> </ul>	Fin 2019 / début 2020	SIG	SIG
<b>Recherche de potentiel géothermique depuis l'îlot 5a-7</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coordonner la recherche de potentiel géothermique depuis l'îlot 5a-7 en fonction de l'utilisation de cet espace par les CFF.</li> </ul>	2020 à début 2022	GEothermie 2020	GEothermie 2020 / SIG / Ville de Genève
<b>Valorisation de la nappe du Rhône pour la gare de Cornavin</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>En cas d'impossibilité de raccorder la gare de Cornavin à GeniLac, coordonner la valorisation de la nappe du Rhône par pompage direct ou par des échangeurs thermiques dans le radier du futur quai souterrain avec les CFF.</li> </ul>	Dès 2020	CFF	GEothermie 2020, GESDEC
<b>Mesures pour limiter l'effet des îlots de chaleur urbaine</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Appliquer les mesures contre l'effet des îlots de chaleur urbaine selon le chapitre 0.</li> </ul>	Dès 2020	Ville de Genève	Ville de Genève
<b>Interception du chantier des CFF avec GLN, Av. de la Paix :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Assurer une coordination CFF/SIG pour gérer l'interception du chantier des CFF avec le réseau GLN au niveau de l'Avenue de la Paix.</li> </ul>	Dès 2020	CFF	SIG
<b>Interception du chantier des CFF avec le réseau CAD SIG, chemin des Sports:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Assurer une coordination CFF/SIG pour gérer l'interception du chantier des CFF avec la traversée aérienne du réseau CAD SIG au niveau du chemin des Sports.</li> </ul>	Dès 2020	CFF	SIG

### 6.3 Feuille de route pour la Ville de Genève

Enjeu	Délai	Acteur pilote	Autres acteurs concernés
<b>Approvisionnement énergétique de l'îlot 5a-7</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordonner l'approvisionnement énergétique de l'îlot 5a-7 avec l'approvisionnement de la gare de Cornavin et avec les extensions et liaisons des réseaux thermiques de SIG.</li> </ul>	Dès 2020	Ville de Genève	SIG, CFF
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préciser l'approvisionnement énergétique de l'îlot 5a-7 dans le cadre du futur PLQ sur la base des orientations du chapitre 0.</li> </ul>	2025 - 2030	Ville de Genève	SIG, CFF
<b>Recherche de potentiel géothermique depuis l'îlot 5a-7</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordonner la recherche de potentiel géothermique depuis l'îlot 5a-7 en fonction de l'utilisation de cet espace par les CFF.</li> </ul>	2020 à début 2022	GEothermie 2020	GEothermie 2020 / SIG / CFF
<b>Mesures pour limiter l'effet des îlots de chaleur urbaine</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Appliquer les mesures contre l'effet des îlots de chaleur urbaine selon le chapitre 0.</li> </ul>	Dès 2020	Ville de Genève	CFF

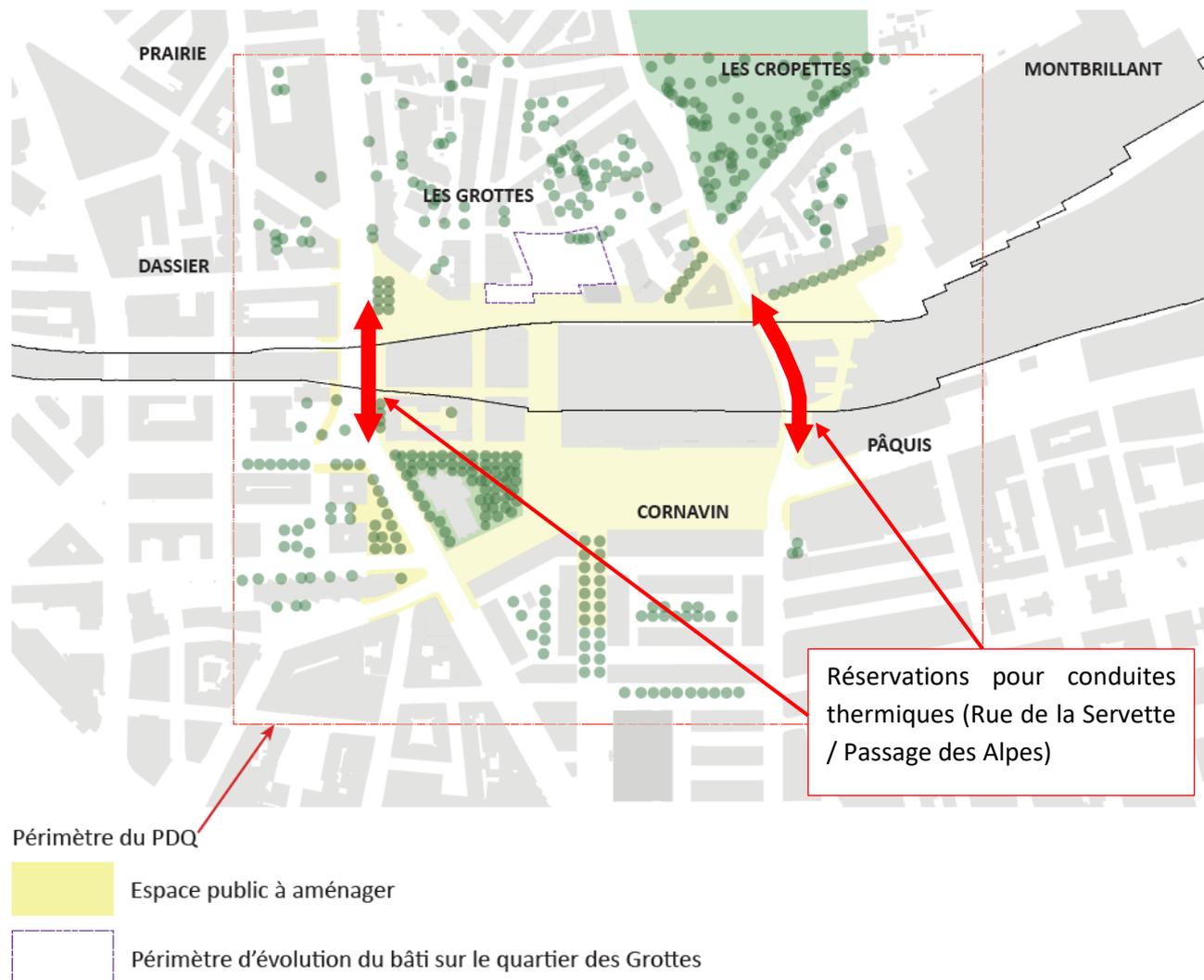
### 6.4 Feuille de route pour le programme GEothermie 2020

Enjeu	Délai	Acteur pilote	Autres acteurs concernés
<b>Recherche de potentiel géothermique depuis l'îlot 5a-7</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordonner la recherche de potentiel géothermique depuis l'îlot 5a-7 en fonction de l'utilisation de cet espace par les CFF.</li> </ul>	2020 à début 2022	GEothermie 2020	CFF / Ville de Genève / SIG
<b>Valorisation de la nappe du Rhône pour la gare de Cornavin</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour la gare de Cornavin : En cas d'impossibilité de raccorder la gare de Cornavin à GeniLac, coordonner la valorisation de la nappe du Rhône par pompage direct ou par des échangeurs thermiques dans le radier du futur quai souterrain avec les CFF.</li> </ul>	Dès 2020	CFF	CFF, GESDEC
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En général : Assurer une coordination entre les différents acteurs impliqués dans l'analyse de la nappe et de son potentiel énergétique, en particulier le Programme GEothermie 2020 (caractérisation de la ressource), les CFF (étude hydrogéologique dans le cadre des études pour la réalisation du nouveau quai souterrain et des voies d'accès côté Lausanne et côté aéroport), le GESDEC et l'OCEN.</li> </ul>	Dès 2019	GEothermie 2020	CFF, GESDEC, OCEN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier d'éventuelles synergies avec les travaux des CFF pour une exploitation thermique de la nappe, même au-delà du périmètre du PDQ.</li> </ul>	Dès 2020	GEothermie 2020	CFF

## 7 Réservations pour les infrastructures énergétiques à inscrire sur le PDQ

Les réservations suivantes sont à inscrire dans le PDQ afin d'assurer la mise en œuvre de la stratégie énergétique préconisée :

- Réservation pour conduites thermiques dans les deux passages suivants, actuellement à l'étude par les CFF :
  - Dans la galerie technique du passage de la Rue de la Servette
  - Dans le siphon du passage des Alpes
- Les toitures sont réservées pour l'installation de panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques. L'installation de panneaux solaires est à coordonner avec une éventuelle végétalisation des toitures.



Réservations à inscrire sur le PDQ.