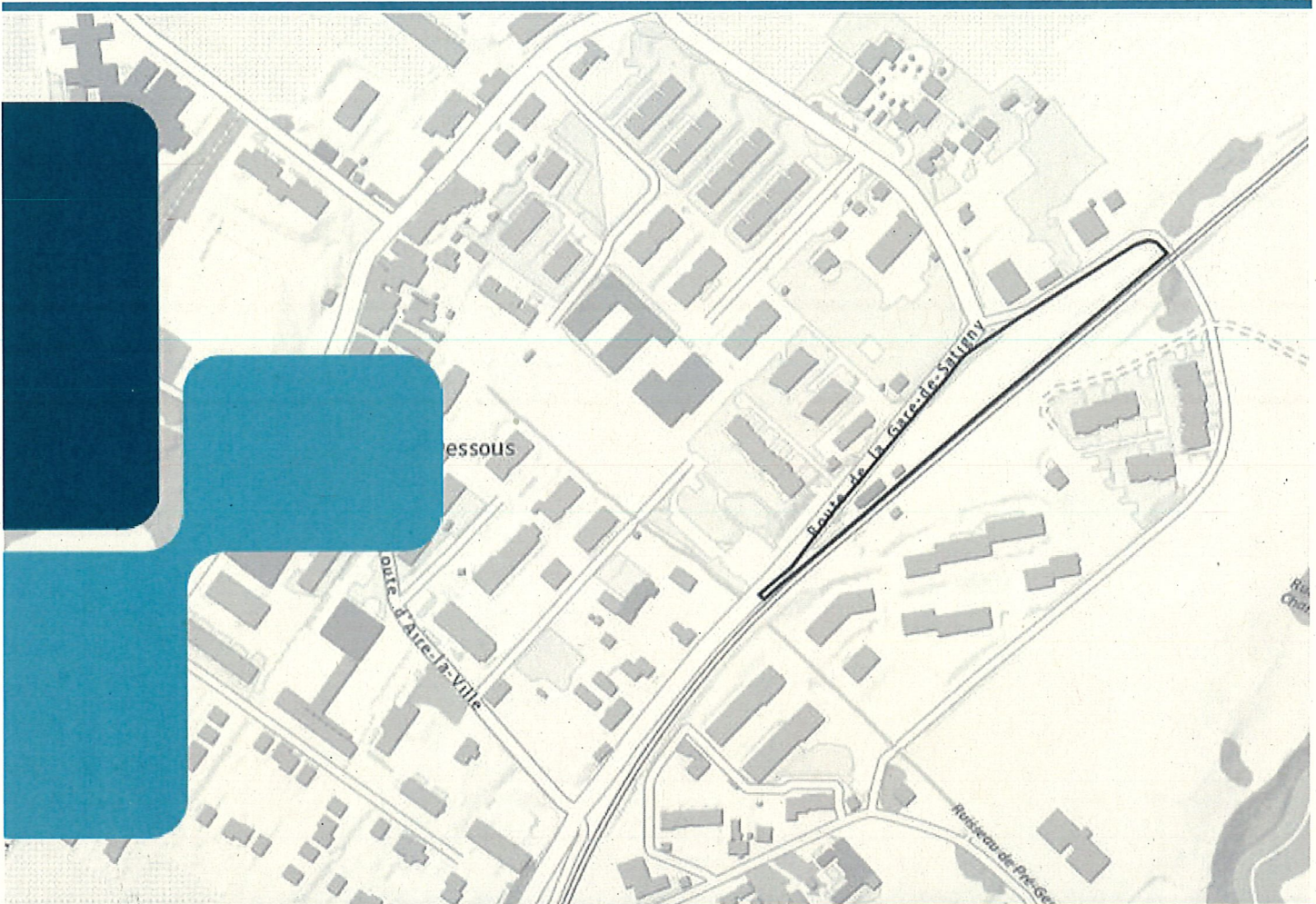


CSD INGÉNIEURS SA
Avenue Industrielle 12
CH-1227 Carouge
+41 22 308 89 00
geneve@csd.ch
www.csd.ch

CSDINGENIEURS+
INGÉNIEUX PAR NATURE



PLQ 30176 Pole Satigny Gare

Concept énergétique territorial

Genève, le 09.03.2023 / GE01632.500

CET-2023-03
OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Fuits-Saint-Pierre, 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

11.08.2023

Table des matières

1	Introduction	1
2	Mise en contexte	2
2.1	Bases légales et réglementaires	2
2.2	Périmètre d'étude restreint	3
2.3	Périmètre d'étude élargi	5
2.3.1	Plan directeur cantonal (PDCn) et communal (PDCom)	5
2.3.2	Concepts énergétiques territoriaux existants	5
3	Etat des lieux énergétiques	7
3.1	Besoins énergétiques futurs des bâtiments	7
3.1.1	Besoins de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire)	7
3.1.2	Besoins de froid	7
3.1.3	Besoins électriques	8
3.2	Infrastructures énergétiques existantes et projetées	8
3.3	Potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales	9
3.3.1	Qualité de l'air et possibilité d'implantation d'une centrale à bois	9
3.3.2	Exploitation des ressources géothermiques	10
3.3.3	Valorisation du potentiel solaire local	12
3.3.4	Air ambiant	12
3.3.5	Récupération de chaleur sur les eaux usées	13
3.3.6	Énergies de réseaux	13
4	Proposition d'une stratégie énergétique locale.....	15
4.1	Raccordement au CAD Satigny	15
4.2	Géothermie faible profondeur	15
5	Recommandation pour les acteurs concernés.....	17

Liste des figures

Figure 1	: Localisation du périmètre du PLQ 30176 Pole Satigny Gare	1
Figure 2	: État actuel du périmètre du PLQ Pole Satigny Gare.....	3
Figure 3	: Plan du PLQ Satigny Gare et des bâtiments projetés	4
Figure 4	: Emprise projetée du sous-sol pour le PLQ Pole Satigny Gare	4
Figure 5	: CET existants dans le périmètre d'étude élargi	6
Figure 6	: Besoins énergétiques futurs du PLQ Pole Satigny Gare	7
Figure 7	: Tracé intentionnel du réseau CAD Satigny (<i>source : CAD Léman, avril 2020</i>)	8
Figure 8	: Immissions NO ₂ année 2020.....	9
Figure 9	: Localisation du forage G _{Eo} 1 du programme G _E othermies et des nappes phréatiques dans le périmètre élargi du projet	11
Figure 10	: Irradiation solaire par surface utile (<i>source : SITG</i>)	12
Figure 11	: Tracé intentionnel du réseau CAD Satigny et prolongement possible.....	14

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des surfaces par bâtiment.....	4
Tableau 2 : Besoins géothermiques du PLQ.....	10

Préambule

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- ◆ le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- ◆ les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- ◆ sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas remplies, CSD déclinera toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

1 Introduction

Dans le cadre du renouvellement urbain du secteur de la Gare de Satigny, un plan localisé de quartier (PLQ) a été initié par les CFF, l'Office de l'Urbanisme et la Commune de Satigny sur le périmètre Pole Satigny Gare. Le bureau CSD Ingénieurs SA a été mandaté pour établir le concept énergétique territorial (CET) du site qui fait l'objet du présent rapport.

Le périmètre du projet, d'une surface totale de 7'800 m², est délimité par la route de la Gare de Satigny au Nord, le chemin de Pré-Gentil à l'Est et les voies CFF au Sud (Figure 1).

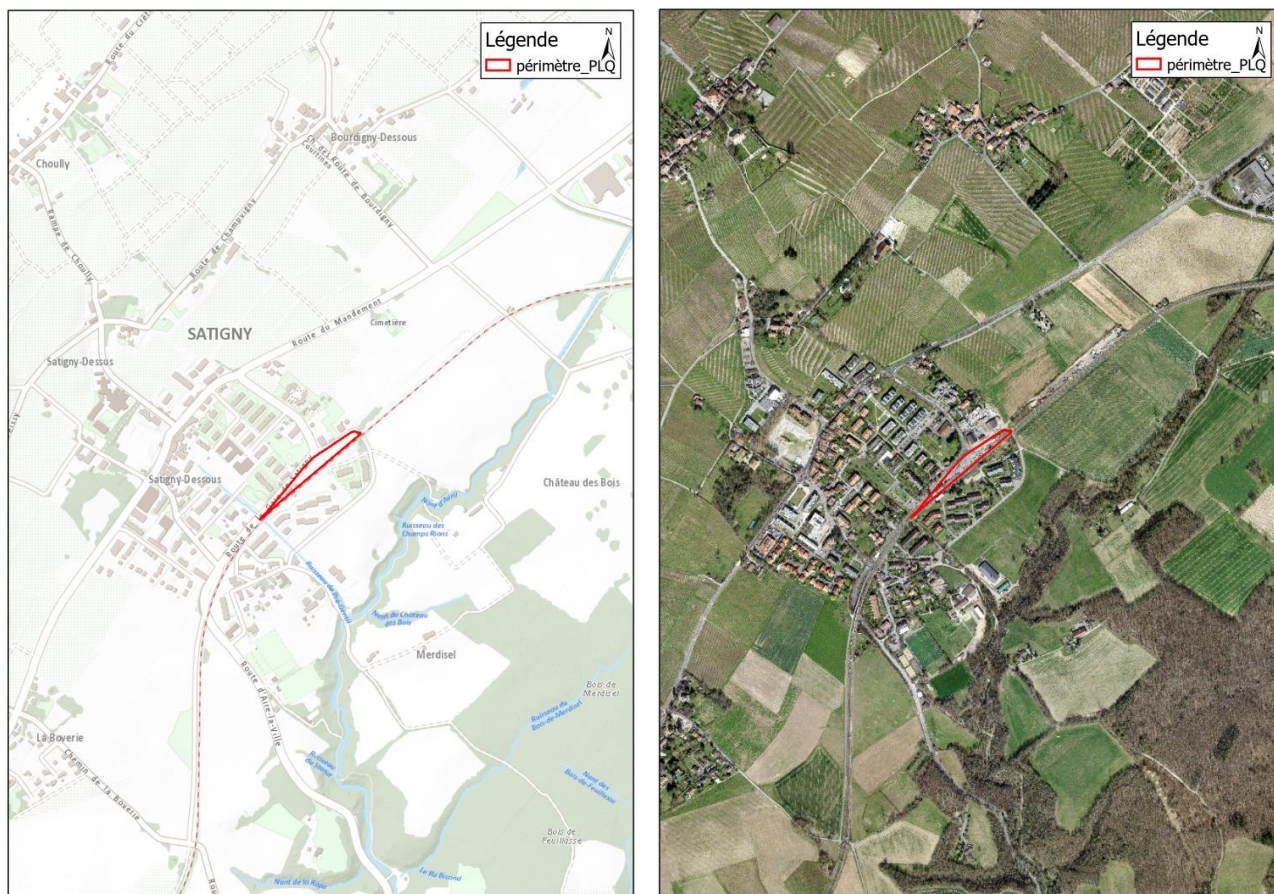


Figure 1 : Localisation du périmètre du PLQ 30176 Pole Satigny Gare

Le présent rapport consiste à définir de manière coordonnée, un concept énergétique territorial à l'échelle de ce PLQ. L'objectif principal de cette étude est de déterminer les différentes possibilités d'approvisionnement énergétique qu'il est possible de mettre en œuvre sur le site Pole Satigny Gare en favorisant l'utilisation rationnelle de l'énergie, le recours aux énergies renouvelables et les infrastructures de transport (réseaux), tout en considérant les contraintes et opportunités d'un périmètre élargi autour de ce périmètre d'étude.

Le concept énergétique territorial édité le 1 novembre 2021, a fait l'objet d'un préavis et d'une mise à jour pour l'enquête technique 1. Le présent document reprend le précédent CET en intégrant les conditions du préavis du 25.05.2022. Les éléments consignés et repris du préavis sont représentés par un trait dans la marge afin d'en faciliter la lecture.

2 Mise en contexte

2.1 Bases légales et réglementaires

La politique énergétique du canton de Genève est régie par la loi cantonale sur l'énergie du 7 novembre 1987 (RSG L 2 30 ; LEn) et son règlement d'application du 22 septembre 1988 (RSG L 2 30.01 ; REn). Les exigences relatives à la planification énergétique territoriale sont quant à elles définies dans la Directive relative aux concepts énergétiques territoriaux du 4 août 2010.

Les grandes orientations de la politique énergétique du canton sont définies dans l'art. 1 de la loi sur l'énergie:

« 1. La présente loi a pour but de favoriser un approvisionnement énergétique suffisant, sûr, économique, diversifié et respectueux de l'environnement.

2. Elle détermine les mesures visant notamment à l'utilisation rationnelle et économe de l'énergie et au développement prioritaire de l'exploitation des sources d'énergies renouvelables. »

Dans ce cadre, la loi exige la mise en œuvre d'une planification énergétique territoriale (art. 6, al. 12), définit comme suit : « Le concept énergétique territorial est une approche élaborée à l'échelle du territoire ou à celle de l'un de ses découpages qui vise à :

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

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

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

d) utiliser le potentiel énergétique local renouvelable et les rejets thermiques. »

Ainsi, le PLQ Pole Satigny Gare est assujéti à la mise en œuvre d'un CET, qui fait l'objet du présent rapport et qui se doit de respecter les buts (cités ci-dessus) d'un tel concept.

Par ailleurs, toute nouvelle construction sur le territoire du canton doit au minimum respecter les standards de Haute Performance Énergétique (HPE-neuf), définis dans l'art. 12B du REn. De plus, les constructions des collectivités publiques, des établissements et fondations de droit public et de leurs superficiaires, doivent satisfaire à un standard de Très Haute Performance Énergétique (THPE-2000W).

Au niveau normatif, les exigences légales et les recommandations à respecter en matière d'énergie dans le bâtiment sont constituées notamment par les documents principaux suivants :

Général : MoPEC (2014) « Modèle de prescriptions énergétiques des cantons » ; Cahier technique SIA 2024 (2015) « Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et les installations du bâtiment ».

Énergie thermique : Norme SIA 180 (2017) « Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments » ; Norme SIA 380/1 (2016) « Besoins de chaleur pour le chauffage » ; Norme SIA 385/2 (2015) « Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Besoins en eau chaude, exigences globales et dimensionnement ».

Énergie électrique : Norme SIA 380/4 (2006) « L'énergie électrique dans le bâtiment » ; Norme SIA 387/4 (2017) « Électricité dans les bâtiments – Éclairage : calcul et exigences ».

2.2 Périmètre d'étude restreint

Le PLQ Pôle Satigny Gare s'étend sur une surface de 7'800 m² au nord de la parcelle 10294 appartenant aux CFF (surface totale de la parcelle de 17'258 m²) et affectée en zone de développement 4B protégée et zone de fond ferroviaire. Le périmètre présente une topographie relativement plane avec une pente inférieure à 1% (Figure 2).

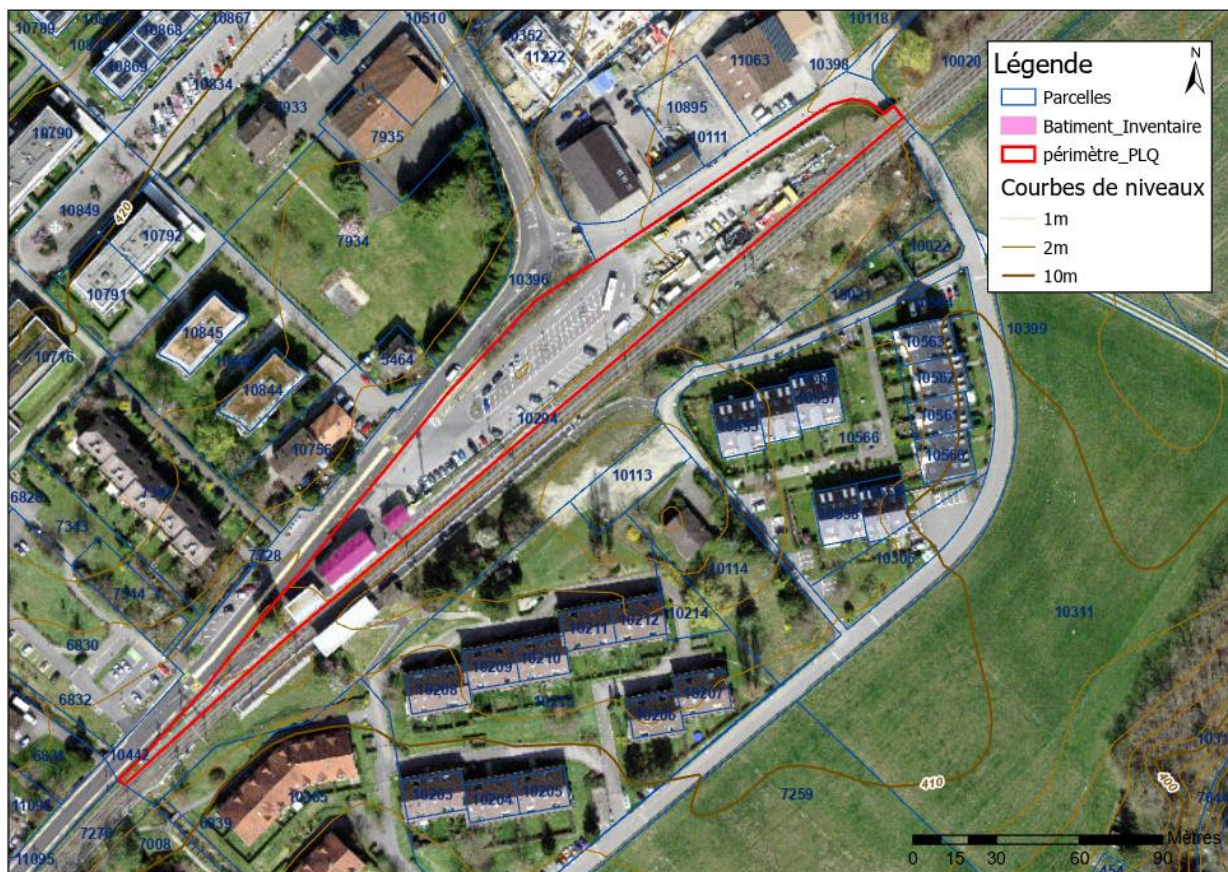


Figure 2 : État actuel du périmètre du PLQ Pole Satigny Gare

La parcelle des CFF comporte l'actuel bâtiment des voyageurs ainsi que le bâtiment de service, tous deux inscrits à l'inventaire des immeubles dignes d'être protégés. Le reste du site est principalement utilisé par des places de parking, une boucle de rebroussement et de remise à l'heure pour les TPG.

Le projet prévoit de conserver les deux bâtiments existants et de construire trois nouveaux bâtiments d'une surface brute de plancher (SBP) totale de 6'973 m² (dont 6'700 m² neuf) répartie comme suit :

- Bâtiment voyageurs existant : 273 m² dont 149 m² d'activité, 124 m² de logement ;
- Bâtiment A : 1'762 m² de logement et 558 m² d'activités, gabarit R+2 / R+3
- Bâtiment B : 2'337 m² de logement et 263 m² d'activités, gabarit R+3
- Bâtiment C : 1'780 m² de logements, gabarit R+2

Le plan des bâtiments projetés est présenté dans la Figure 3 ci-après et la répartition des surfaces pour chaque bâtiment est récapitulée dans le Tableau 1. Les surfaces de référence énergétique (SRE) calculées correspondent à 90% des SBP.

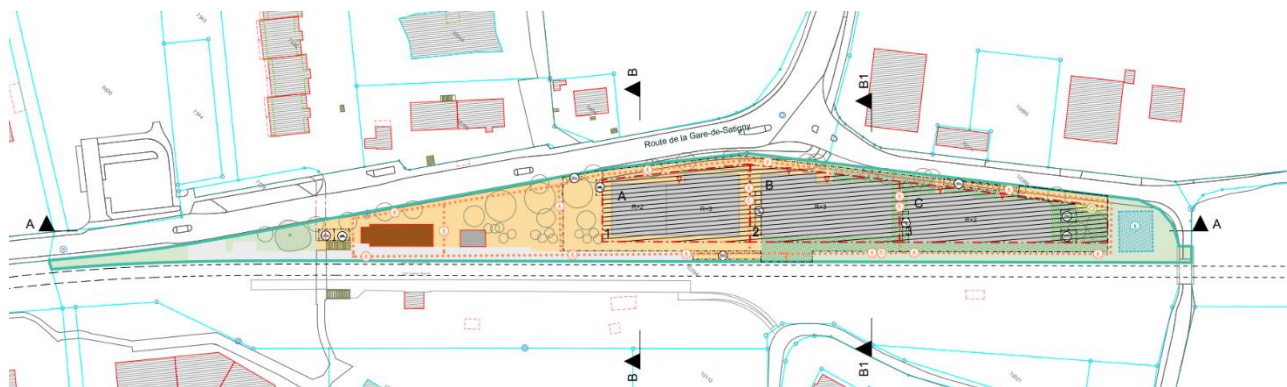


Figure 3 : Plan du PLQ Satigny Gare et des bâtiments projetés

Bâtiment	Niveau	Affectation	SBP totale [m ²]	SRE approx [m ²]
A	R+3 / R+2	Activités	558	502
		Logements	1'762	1'586
B	R+3	Activités	263	237
		Logements	2'337	2'103
C	R+2	Logements	1'780	1'602
Existant	-	Commerces	149	134
		Autre	124	112
Total			6'973	6'276

Tableau 1 : Répartition des surfaces par bâtiment

Le projet prévoit également deux niveaux de sous-sol sous l'ensemble des bâtiments, d'une surface d'environ 4'550 m² avec une seule entrée se situant au nord du périmètre (Figure 4).

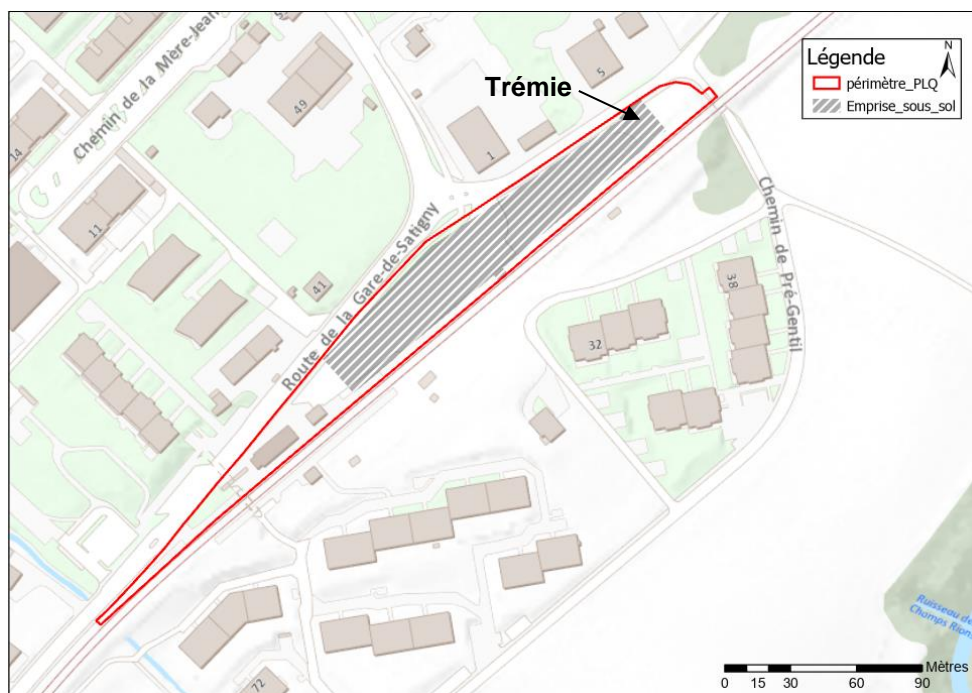


Figure 4 : Emprise projetée du sous-sol pour le PLQ Pole Satigny Gare

A l'heure actuelle, le label DGNB argent est visé pour les futurs bâtiments. Dans tous les cas et étant donné que les CFF ne sont pas des entités publiques, ils devront au minimum respecter le standard de Haute Performance Énergétique (HPE-neuf) de la loi sur l'énergie. Ils pourront également viser le standard Très Haute Performance Énergétique (THPE-2000W), tout en prenant en considération les subventions liées à une telle certification. Les besoins en énergie sont calculés pour les deux standards dans le présent rapport.

2.3 Périmètre d'étude élargi

2.3.1 Plan directeur cantonal (PDCn) et communal (PDCom)

Le secteur de la Gare de Satigny porte un enjeu fort de renouvellement urbain du fait de la création d'une nouvelle centralité importante pour le village.

Le développement du PLQ Pole Satigny Gare est conforme au PDCn 2030, approuvé par le Conseil Fédéral le 29 avril 2015, qui prévoit un renouvellement urbain mixte et une centralité à développer pour ce périmètre.

Il est également conforme au PDCom de Satigny, approuvé par le Conseil d'Etat le 3 juin 2020, qui identifie le secteur comme zone où la densification doit être favorisée pour devenir une nouvelle centralité. Il préconise également de mettre en valeur la place de la gare comme pôle d'échange et nouvelle centralité, de garantir une mixité entre logements, activités et services, d'offrir une programmation de services et commerces de destination, en complémentarité des commerces et services du centre villageois et de développer une interface de qualité entre les différents modes de transport.

2.3.2 Concepts énergétiques territoriaux existants

La production de chaleur actuelle des bâtiments existants sur le Village de Satigny se fait majoritairement par des chaudières mazout, gaz et bois.

Trois concepts énergétiques territoriaux (CET) existent au centre de la Commune de Satigny et sont visibles dans la Figure 5 ci-après :

- CET 2010-04 pour le PLQ 29717 – Mandement 191, qui préconise une production de chaleur centralisée composée d'une pompe à chaleur (PAC) sur sondes géothermiques et des capteurs solaires thermiques.
- CET 2015-02 pour le PLQ 29967, qui recommande également la mise en œuvre d'une PAC sur sondes géothermiques ainsi que des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques.
- CET 2017-19 pour le PLQ 30096 – Pinot Noir, n'oriente vers aucune stratégie en particulier mais laisse le choix entre la géothermie faible profondeur, la géothermie moyenne/grande profondeur ou le raccordement à un CAD à plaquette forestière sur la commune.

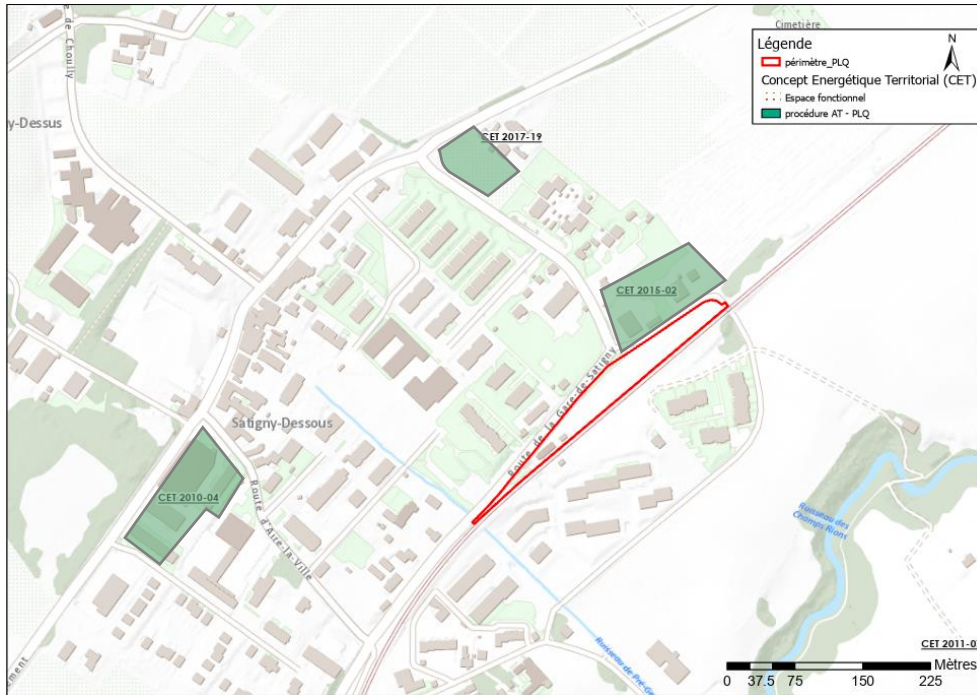


Figure 5 : CET existants dans le périmètre d'étude élargi

3 Etat des lieux énergétiques

3.1 Besoins énergétiques futurs des bâtiments

3.1.1 Besoins de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire)

Nous estimons les besoins de chauffage dans une fourchette comprise entre un minimum correspondant aux valeurs cibles de la norme SIA 380/1 (2016) et un maximum correspondant aux valeurs limites de cette même norme. Les besoins en eau chaude sanitaire (ECS) restent inchangés quel que soit le standard énergétique retenu. Les résultats sont présentés dans la Figure 6 ci-dessous.

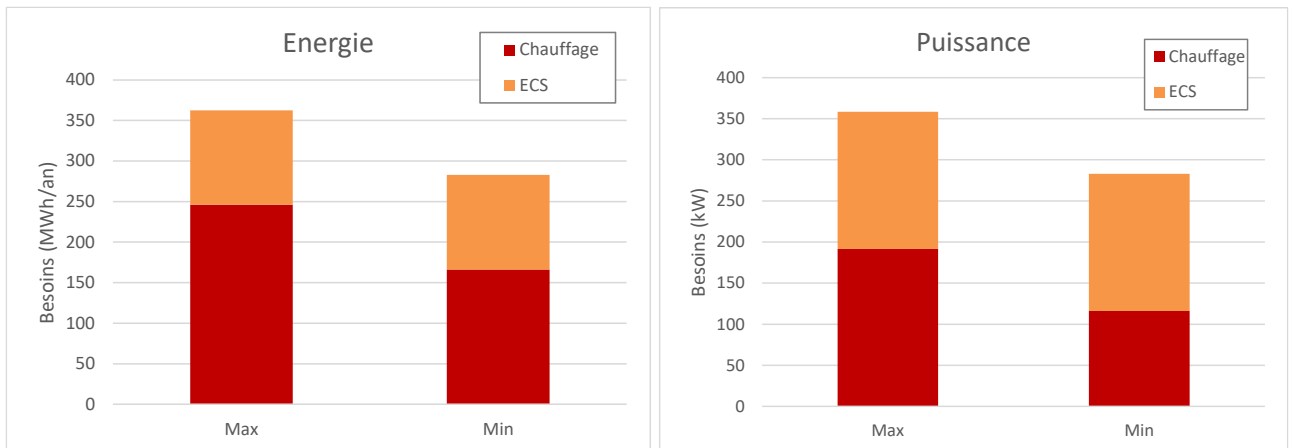


Figure 6 : Besoins énergétiques futurs du PLQ Pole Satigny Gare

Les besoins de chaleur du PLQ Pole Satigny Gare sont compris en première approximation, entre 280 MWh/an et 360 MWh/an, avec une puissance comprise entre 260 kW et 335 kW selon la répartition suivante :

- Des besoins compris entre 160 MWh/an et 240 MWh/an pour le chauffage (pour une puissance comprise entre 115 kW et 185 kW) ;
- Des besoins d'environ 95 MWh/an pour l'ECS (pour une puissance de 170 kW).

3.1.2 Besoins de froid

Les affectations logements ne nécessitent pas de besoin de froid. Cependant, les activités et les commerces peuvent nécessiter un rafraîchissement. Ainsi les bâtiments A et B pourraient éventuellement présenter des besoins de froid. Toutefois, à l'état actuel du projet, le type d'activités et de commerces qui pourraient s'implanter n'est pas connu et il n'est donc pas possible d'estimer les besoins de froid nécessaires.

Cependant, afin d'éviter tout risque de surchauffe des bâtiments, toutes les mesures possibles devront être prises et notamment :

- Des mesures constructives et techniques applicables en matière de protection contre les surchauffes (respect des normes SIA 180, 380/1, 382/1, surfaces vitrées adaptées, ouverture des fenêtres, protections solaires, inertie thermique, etc.) ;
- Maîtriser les charges thermiques internes pour autant que possible en utilisant des appareils économes en énergie notamment en ce qui concerne l'éclairage, en optimisant l'emplacement des sources importantes de charges internes, etc. ;
- Favoriser le rafraîchissement direct ou naturel.

3.1.3 Besoins électriques

La consommation électrique des bâtiments neufs est estimée à environ 175 MWh/an selon la norme SIA 380/1 (2016). Cette consommation ne prend pas en compte l'électricité nécessaire pour la ventilation du parking souterrain et pour les bornes de mobilité électrique.

Dans tous les cas, les bâtiments devront respecter les valeurs limites ou cibles (selon le standard énergétique retenu) relatives à la demande globale en énergie définies par la norme SIA 387/4 édition 2017 pour l'éclairage.

3.2 Infrastructures énergétiques existantes et projetées

Le bâtiment voyageur existant est actuellement équipé d'une chaudière mazout de 32 kW datant de 1998. Le bâtiment de service est également raccordé à cette chaudière.

Le réseau de gaz longe la route le long de la parcelle du projet.

De plus, SIG développe en partenariat avec CAD Léman, un réseau de chaleur à distance (CAD) sur la commune de Satigny. Il s'agit d'un réseau de chaleur avec une part de 80% d'énergie renouvelable, alimenté par une chaufferie centralisée au bois plaquette prévue au sein du projet « Ancienne Cave de Genève ». La température de départ de ce réseau se situerait entre 80 et 90°C pour une production de chaleur centralisée au bois, avec un écart de température de l'ordre de 25°C. Le tracé intentionnel de ce réseau CAD est illustré sur le plan ci-dessous. Le déploiement du réseau devrait arriver au nord du périmètre à l'horizon 2025.

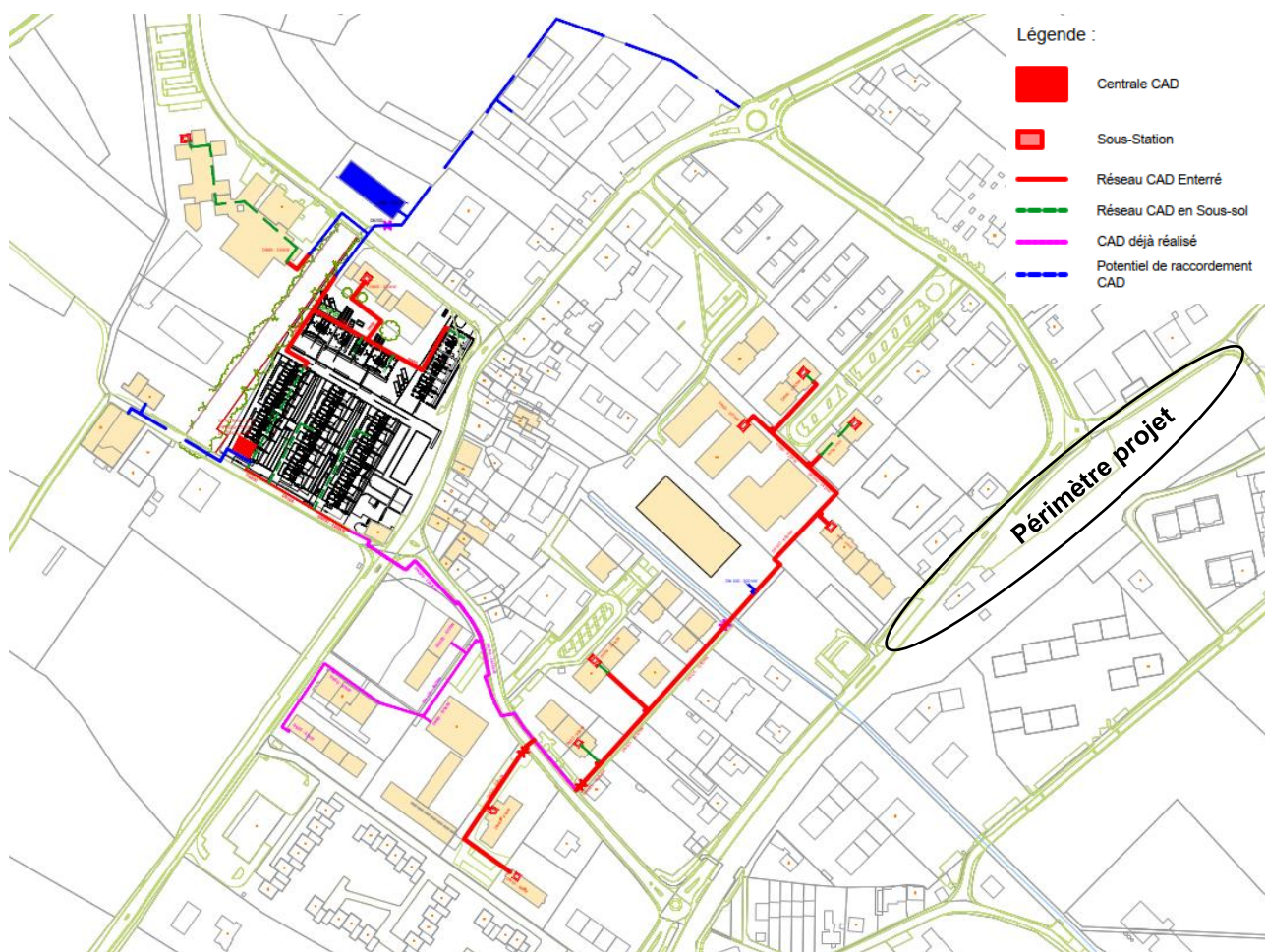


Figure 7 : Tracé intentionnel du réseau CAD Satigny (source : CAD Léman, avril 2020)

3.3 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales

3.3.1 Qualité de l'air et possibilité d'implantation d'une centrale à bois

Conformément aux conditions de simulations du modèle Cadero (vs 2.2.8) employé par le Service de l'air, du bruit et des rayonnements non-ionisants (SABRA) pour l'évaluation des émissions atmosphériques, la pollution induite sur le PLQ Pole Satigny Gare est évaluée sur une maille kilométrique représentative centrée sur le projet (Figure 8).

Selon les informations transmises par le SABRA, le réseau des capteurs passifs indique une moyenne annuelle des émissions de NO₂ sur l'année 2018 inférieure à 26 µg/m³ sur la maille kilométrique de référence.

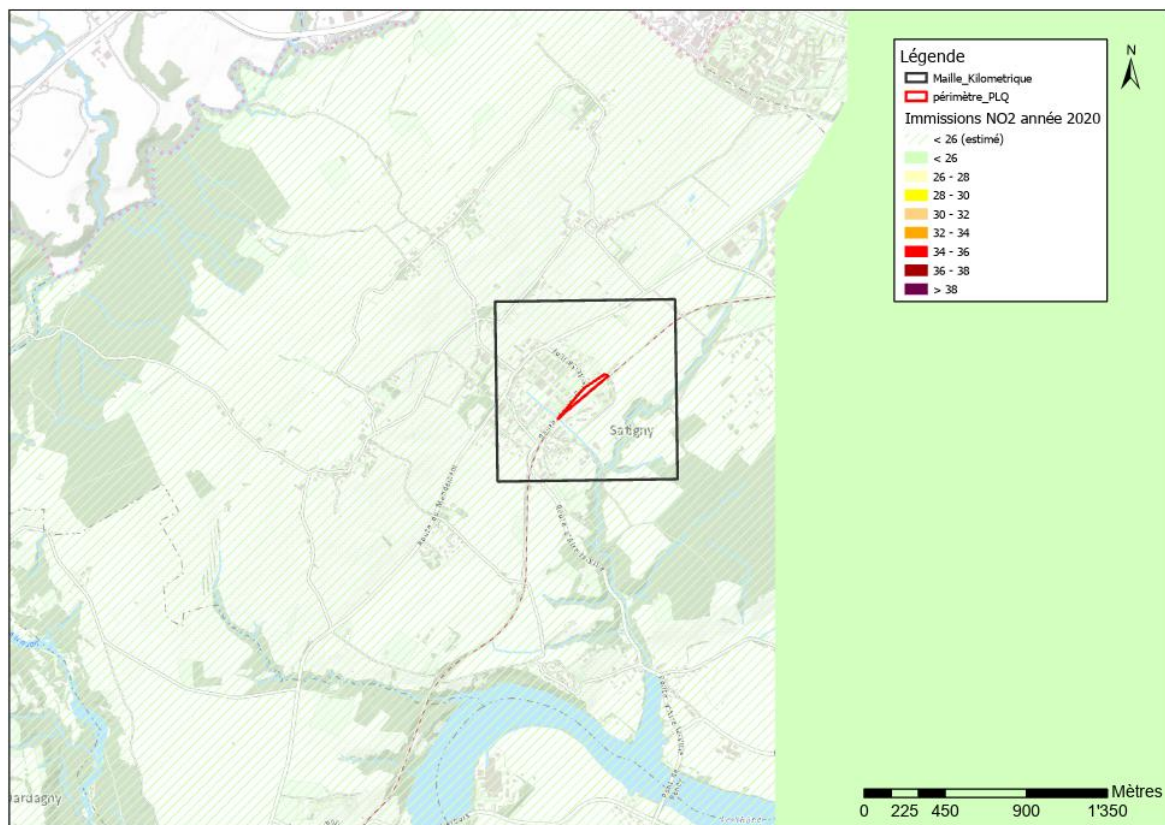


Figure 8 : Immissions NO₂ année 2020

Selon les données enregistrées à la station du Réseau d'Observation de la Pollution de l'Air à Genève (ROPAG) de Meyrin (située à 3.3 km au nord-est du PLQ), les immissions moyennes annuelles en NO₂ atteignent 16.4 µg/m³ et celles de PM₁₀ 15.6 µg/m³. Les valeurs d'immissions de NO₂ et PM₁₀ sur le périmètre du PLQ sont donc inférieures aux valeurs limites d'immissions de l'OPair, fixées respectivement à 30 µg/m³ et 20 µg/m³.

Les immissions d'ozone (O₃) relevées par la station ROPAG de Meyrin, mettent en évidence la non-conformité du site par rapport à la valeur fixée par l'OPair (1 Nbh > 120 µg/m³) avec 396 dépassements sur l'année 2018. Celles-ci mettent en évidence que la qualité de l'air de la quasi-totalité du canton est non conforme à la valeur fixée par l'OPair. Ces immissions excessives découlent d'une problématique régionale, causée par de fortes émissions de polluants primaires (oxydes d'azote - NO_x et composés organiques volatils - COVs) au niveau de l'agglomération genevoise et de la région dans son ensemble.

Le secteur de la gare de Satigny étant relativement éloigné du centre-ville et les valeurs d'immissions de NO₂ et PM₁₀ ne dépassant actuellement pas les valeurs limites, il pourrait être envisageable d'y installer une nouvelle centrale thermique à base de bois de chauffage.

Toutefois, une installation de production de chaleur alimentée au bois (ou dérivés) d'une puissance égale ou supérieure à 70 kW, est soumise à autorisation et justifiée uniquement si une étude technico-économique démontre l'impossibilité de couvrir la demande au moyen de rejets de chaleur ou d'énergies renouvelables telles que le solaire, la géothermie, l'hydrothermie, l'aérothermie ou la biomasse. Une chaudière bois n'est donc pas retenue comme solution d'approvisionnement énergétique pour le PLQ Pole Gare Satigny qui dispose d'autres énergies renouvelables à disposition adaptées aux besoins.

3.3.2 Exploitation des ressources géothermiques

L'emprise du PLQ Pole Gare Satigny est située dans une zone où l'implantation de sondes géothermiques n'est soumise à aucune restriction particulière (implantation hors des zones d'interdiction ou de demande de renseignements complémentaires auprès du service de géologie sols et déchets (GESDEC)).

Plusieurs types de géothermie sont possibles : la géothermie faible profondeur, la géothermie moyenne ou grande profondeur et la géothermie sur nappe.

Géothermie faible profondeur (250 m)

Pour couvrir les besoins énergétiques du site et en considérant un espacement de 10 mètres entre chaque sonde, une profondeur de 250 ml par sonde et une puissance d'extraction de 30 W/ml, on obtient les résultats présentés dans le Tableau 2 ci-après, soit une surface nécessaire d'environ 1'800 m² de terrain.

Surface nécessaire	Qté sondes	Longueur	Puiss. soutirable au sol	Energie soutirable au sol	Puissance électrique	Energie électrique	Puissance totale	Energie totale
[m ²]	[n]	[ml]	[kW]	[MWh]	[kW]	[MWh]	[kW]	[MWh]
1'782	22.7	5'674	170	250	57	83	227	334

Tableau 2 : Besoins géothermiques du PLQ

Les surfaces de terrain en dehors des emprises de bâtiments et sous-sols sont relativement restreintes et peu propices à l'implantation de sondes géothermiques. En effet, le projet prévoit environ 1'235 m² de pleine terre végétalisée. Non seulement, cette surface ne permet pas de couvrir les besoins du PLQ, mais de plus, les sondes géothermiques ne peuvent pas être implantées à proximité d'arbres. Le projet prévoit également plus de 555 m² de pleine terre stabilisée qui pourrait recevoir les sondes. Toutefois, ces surfaces se trouvent principalement sur la place de la gare et ne laissent donc pas assez d'espaces aux sondes.

C'est pourquoi le potentiel de la géothermie faible profondeur ne pourrait être valorisé qu'à partir de sondes placées sous l'emprise de la dalle de sous-sol. Cela implique quelques contraintes qui seront vu par la suite dans le cas où ce système serait retenu pour l'approvisionnement énergétique du site.

Il est également à noter que ce mode de production de chaleur puise des calories dans le sol et le refroidit. Pour pouvoir exploiter ce gisement de façon pérenne, il est important que la température du sous-sol lors du début de la saison de chauffe soit revenue à une température égale à celle mesurée en début de la précédente période de chauffage. C'est pourquoi l'espacement entre les sondes doit être suffisant, afin de laisser ce dernier se recharger.

Géothermie moyenne et grande profondeur (de 300 m à 5'000 m)

Le programme GEothermies a été engagé par le Canton de Genève et SIG afin de disposer des connaissances du sous-sol genevois nécessaires à la mise en œuvre opérationnelle de la géothermie moyenne profondeur, puis de grande profondeur le cas échéant.

Le but de ce programme est de pouvoir définir les secteurs du Canton les plus favorables à l'exploitation de cette ressource et envisager l'exploitation de la géothermie moyenne profondeur (500-2'500 mètres) sur quelques sites sélectionnés.

L'approche prévoit de croiser le potentiel géologique mis en évidence pour chaque secteur géographique avec les besoins actuels et futurs en lien avec les projets de développement prévus, les infrastructures énergétiques et les autres ressources exploitables des différents secteurs du canton.

Le forage Géo1, dit de Satigny, du programme GEothermies se situe à environ 1 km au nord-est du périmètre du PLQ Pole Satigny Gare (Figure 9). Ce forage est descendu à 744 mètres de profondeur et a mis en évidence une remontée d'eau à une température de 33°C à un débit de 50 litres par seconde. Cela correspond à une énergie thermique de 20 à 30 GWh par an.

Le PLQ en question n'offre à priori pas suffisamment de débouchés à lui seul pour imaginer dédier le puit Géo1 uniquement pour l'approvisionnement de ce secteur. À noter que le potentiel d'exploitation de cette ressource restera à confirmer par la réalisation d'un second puits (doublet) et d'une série de tests hydrogéologiques.

En complément, le programme GEothermies a fait l'acquisition d'une ligne sismique le long de la route du Mandement qui traverse le village de Satigny, sur la base de laquelle plusieurs cibles potentielles ont été mises en évidence au niveau des calcaires que l'on peut atteindre à relativement faible profondeur sur cette partie du territoire (dès 350-400m). L'exploitation d'aquifères sur le village de Satigny n'est donc pas à exclure. Des puits de ce type peuvent être économiquement viables mais la rentabilité du projet est à confirmer selon les caractéristiques du projet.

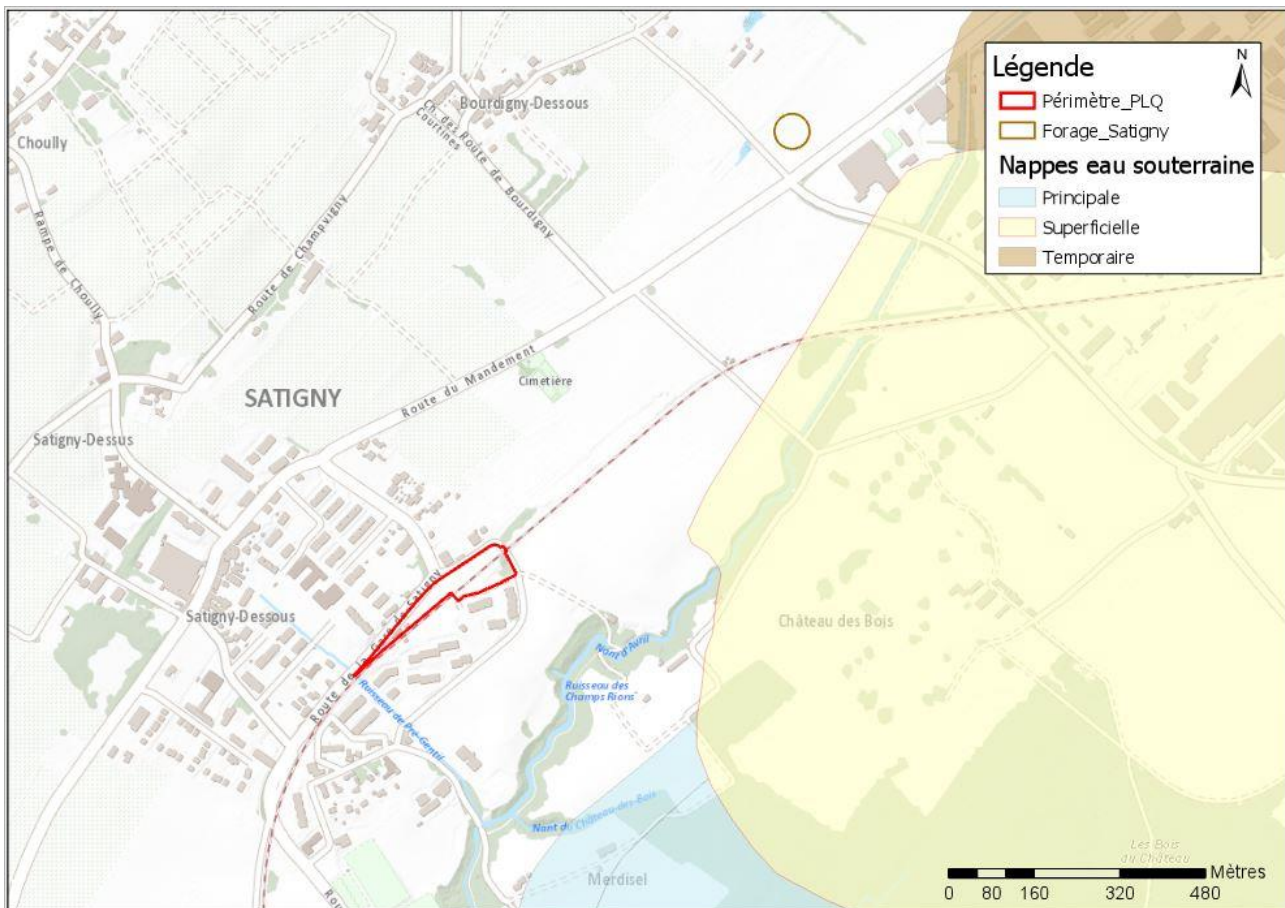


Figure 9 : Localisation du forage Géo1 du programme GEothermies et des nappes phréatiques dans le périmètre élargi du projet

Géothermie sur nappe phréatique

Aucune nappe phréatique n'est présente dans le secteur de Satigny, la molasse imperméable est rapidement atteinte.

3.3.3 Valorisation du potentiel solaire local

Les toitures des futurs bâtiments du PLQ devront être à deux pans et leurs orientations doivent être diversifiées. Les pentes et orientations des toitures ne sont pas définies au stade du PLQ et devront être détaillées au stade des autorisations de construire. Dès lors, le potentiel de production solaire pourra être réévalué.

Cependant, le SITG nous renseigne sur l'irradiation solaire par surface utile et le périmètre du projet présente une irradiation supérieure à 1'200 kWh/m², soit un secteur très favorable à la valorisation du solaire (Figure 10).

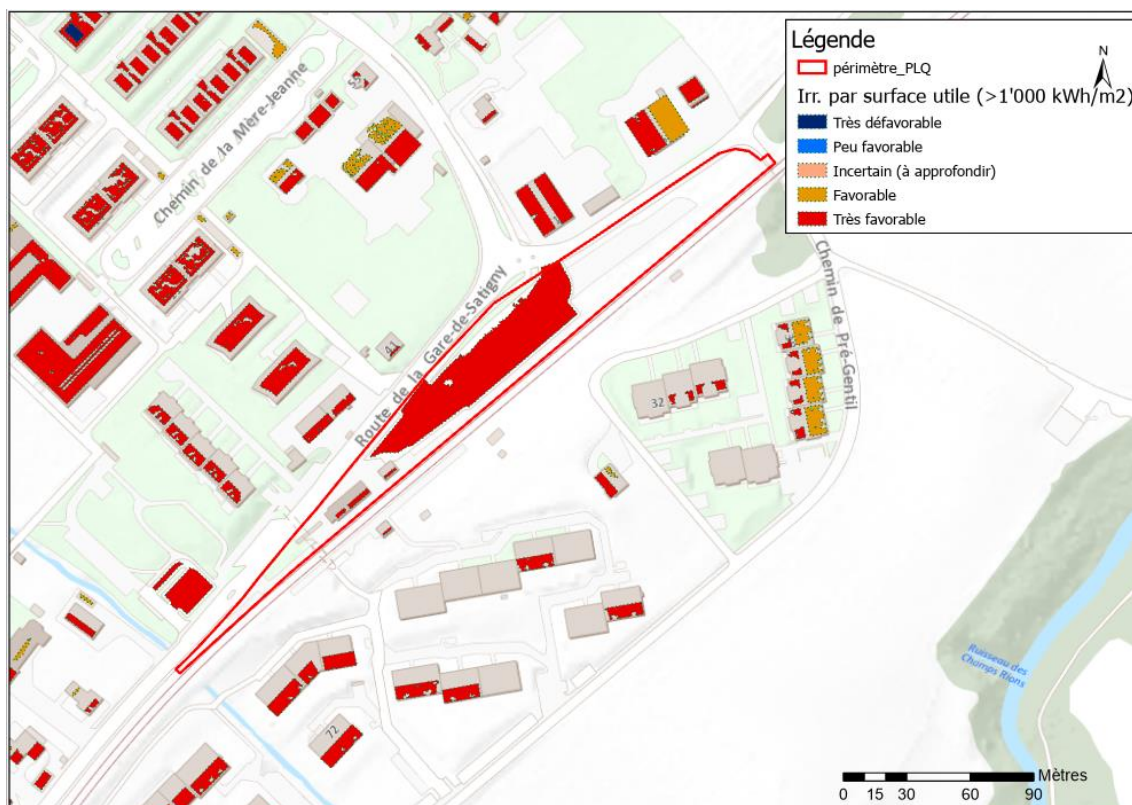


Figure 10 : Irradiation solaire par surface utile (source : SITG)

Il est important de noter que les toitures devront permettre l'implantation de panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques et que la stratégie d'approvisionnement énergétique mise en œuvre devra non seulement tenir compte des exigences minimales de la loi sur l'énergie du canton de Genève selon le standard énergétique retenu, mais également valoriser au maximum le potentiel solaire en tenant compte de l'utilisation des toitures et des alternatives possibles (pose en façades, panneaux hybrides, etc.).

3.3.4 Air ambiant

L'air extérieur, représente une ressource thermique accessible présentant peu de contraintes au niveau des infrastructures à mettre en place et des aspects réglementaires à considérer. En effet, l'exploitation de la chaleur de l'air ambiant peut être réalisée par la mise en place de pompes à chaleur, constituées d'une prise d'air extérieur sur laquelle un échangeur thermique extrait une partie de la chaleur ambiante et la transmet dans le bâtiment à chauffer. Du point de vue théorique, le potentiel thermique de l'air extérieur est infini. En pratique, il est limité par les paramètres suivants :

- La diminution drastique du coefficient de performance des pompes à chaleur ainsi que les problèmes de givre des installations lorsque la température de l'air extérieur est inférieure à 5°C ;
- Les possibilités d'implantation des unités extérieures d'un point de vue esthétique et des nuisances sonores.

Cette source de chaleur étant disponible partout, il n'est pas rationnel de réaliser de grandes infrastructures centralisées connectées à un réseau de chauffage à distance. Par conséquent, l'évaluation du potentiel doit être effectuée en relation avec les besoins de chaleur au droit de chaque bâtiment du périmètre étudié.

Ce type de solution présente des performances moindres et est en général considéré dans les cas où les ressources géothermiques ne sont pas disponibles.

3.3.5 Récupération de chaleur sur les eaux usées

Il existe deux types de systèmes de récupération de chaleur sur les eaux usées : l'un avec l'échangeur de chaleur dans le collecteur, l'autre avec l'échangeur de chaleur dans une fosse.

Le premier concept nécessite un diamètre de collecteur d'au moins 80 cm et un débit minimum de 15 l/s. Ces valeurs ne sont atteintes qu'à partir de 5'000 à 8'000 habitants. Ce système n'est donc pas adapté au périmètre du PLQ Pole Satigny Gare. De plus, aucun collecteur d'eaux usées de plus de 80 cm n'est présent à proximité.

Le second système est plus flexible et peut s'adapter à un plus grand nombre de projet. Les fosses peuvent être positionnées en sortie de chaque bâtiment, ou regrouper les eaux usées de plusieurs bâtiments. La température moyenne des eaux usées en sortie de bâtiment est d'environ 25°C, la durée moyenne de fonctionnement de ce type d'installation est une quinzaine d'heures journalières et l'extraction de chaleur maximale engendre un delta de température d'environ 15°C.

Toutefois, aucune fosse n'est prévue sur le périmètre du projet. Le raccordement des eaux usées est gravitaire. Cette solution n'est donc pas retenue pour la suite du projet.

3.3.6 Énergies de réseaux

Comme indiqué au chapitre 3.2, le PLQ Pole Satigny Gare se situe à proximité immédiate du réseau CAD Satigny actuellement en développement.

Pour rappel, il s'agit d'un réseau de chaleur avec une part de 80% d'énergie renouvelable, alimenté par une chaufferie centralisée au bois plaquettes. La température de départ de ce réseau se situerait entre 80 et 90°C pour une production de chaleur centralisée au bois, avec un écart de température de l'ordre de 25°C.

Il est actuellement prévu que le CAD arrive jusqu'à l'école à l'horizon 2025. Ce dernier pourrait alors être prolongé d'environ 160 mètres, afin d'arriver sur la parcelle du projet et raccorder l'ensemble des bâtiments du PLQ (voir trait pointillé jaune sur la Figure 11 ci-dessous). Ce prolongement passerait par les chemins et routes existants sans impacter les parcelles adjacentes. Le tracé du prolongement est une proposition mais pourrait tout à fait être différent et passer par d'autres endroits.

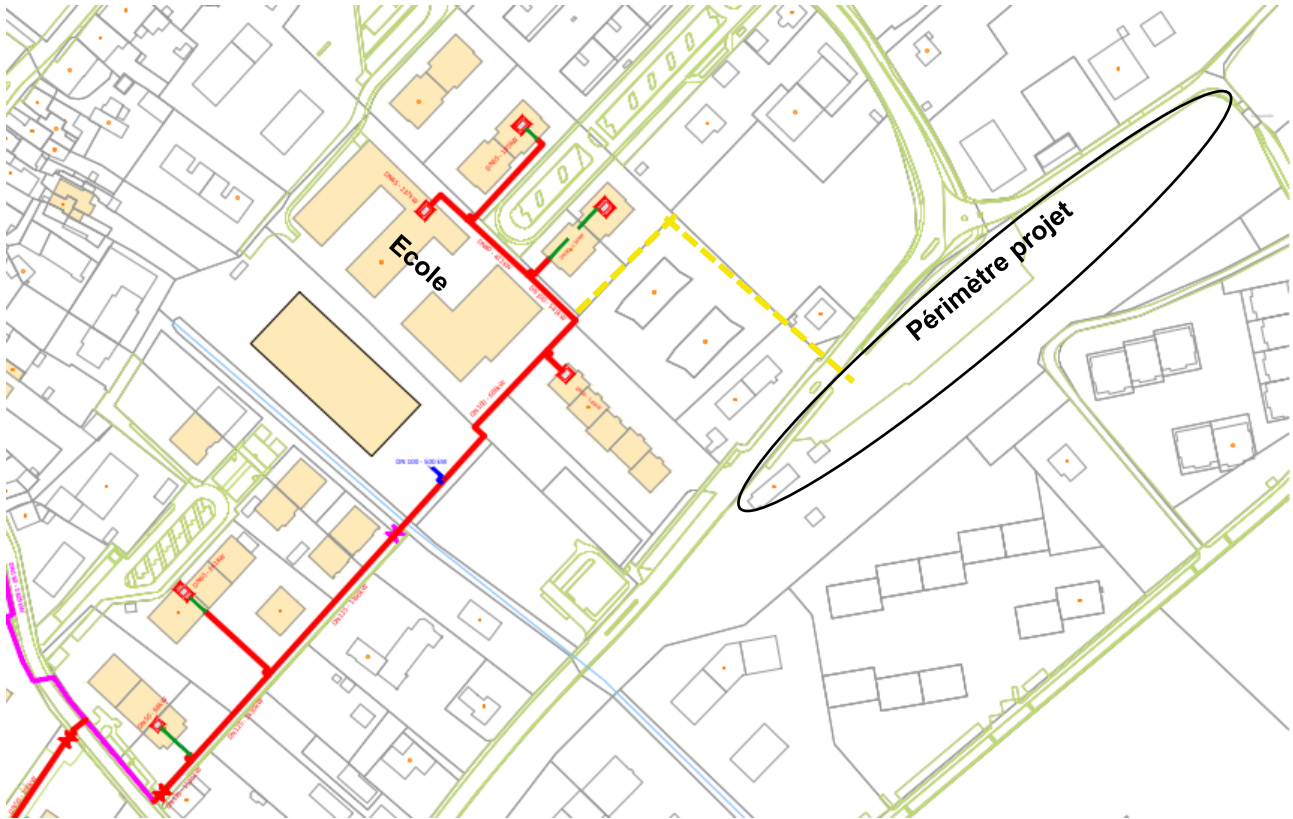


Figure 11 : Tracé intentionnel du réseau CAD Satigny et prolongement possible

4 Proposition d'une stratégie énergétique locale

En vue d'une valorisation optimale des ressources énergétiques locales à disposition pour le PLQ Pole Satigny Gare, les principes suivants doivent être appliqués :

- Dans la mesure où cela est économiquement réalisable, les ressources renouvelables locales doivent être exploitées au maximum en tenant compte de leurs limites et conflits d'usage ;
- L'accès aux ressources locales doit être garanti pour une valorisation future : les irréversibilités doivent être évitées ;
- Les ressources non renouvelables ne doivent être utilisées qu'en dernière priorité, notamment comme énergie d'appoint ou de transition.

Au vu des éléments présentés auparavant, deux stratégies énergétiques peuvent être mises en œuvre sur le périmètre du projet : un raccordement au CAD Satigny actuellement à l'étude et une solution plus individuelle à l'échelle du quartier avec la géothermie faible profondeur, avec dans tous les cas, une valorisation maximale du potentiel solaire.

4.1 Raccordement au CAD Satigny

Comme indiqué dans les chapitres 3.2 et 3.3.6, le PLQ Pole Satigny Gare se situe à proximité immédiate du réseau CAD Satigny actuellement en projet.

Pour rappel, il s'agit d'un réseau de chaleur avec une part de 80% d'énergie renouvelable, alimenté par une chaufferie centralisée au bois plaquettes. La température de départ de ce réseau se situerait entre 80 et 90°C pour une production de chaleur centralisée au bois, avec un écart de température de l'ordre de 25°C.

Il est actuellement prévu que le CAD arrive jusqu'à l'école à l'horizon 2025. Ce dernier pourrait alors être prolongé d'environ 160 mètres, afin d'arriver sur la parcelle du projet et raccorder l'ensemble des bâtiments du PLQ.

Cette stratégie présente deux inconvénients majeurs. Le premier est que le réseau distribue de la chaleur haute température alors que les bâtiments neufs ont des besoins basse température. La chaleur devra alors être dégradée pour pouvoir être utilisée au sein des bâtiments. Le deuxième inconvénient est qu'au stade actuel du projet de CAD, du bois serait brûlé même en été pour satisfaire la demande. Or, la politique énergétique du canton souhaite se diriger vers le zéro combustible en période estivale.

Dans le cas d'un raccordement au CAD Satigny, une production de chaleur par des panneaux solaires thermiques entrerait certainement en conflit avec la distribution de chaleur du CAD. Ce point sera à discuter avec le gestionnaire du réseau, mais une valorisation du solaire par des panneaux photovoltaïques sera sûrement à privilégier dans ce cadre.

4.2 Géothermie faible profondeur

Une solution d'approvisionnement à l'échelle du périmètre du projet peut également être envisagée avec des pompes à chaleur sur sondes géothermiques.

D'après les calculs réalisés au chapitre 3.3.2, une surface de terrain d'environ 1'800 m² serait à prévoir pour l'implantation des sondes géothermiques.

A l'état actuel du projet, les surfaces de terrain en dehors des emprises de bâtiments et sous-sols sont relativement restreintes et peu propices à l'implantation de sondes géothermiques. En effet, le projet prévoit une surface de pleine terre végétalisée insuffisante et arborée (les sondes géothermiques ne peuvent pas être implantées à proximité d'arbres). Les surfaces de pleine terre stabilisée pourraient éventuellement recevoir

les sondes. Toutefois, ces surfaces se trouvent principalement entre la route et les bâtiments ou entre les voies CFF et les bâtiments et ne laissent donc pas assez d'espaces aux sondes.

C'est pourquoi le potentiel de la géothermie faible profondeur ne peut être valorisé qu'à partir de sondes placées sous l'emprise de la dalle de sous-sol. Il est à noter que cela entraîne un besoin fort de coordination lors des travaux de terrassement et de génie-civil et a un impact sur le calendrier des travaux avec l'anticipation des travaux pour les forages et le raccordement des sondes. Afin de parer à toute éventualité, il peut être nécessaire de prévoir des trappes d'accès aux sondes. À savoir que plusieurs géométries sont possibles pour l'implantation des sondes, en ligne, en L, en plusieurs sous-champs, etc.

Plusieurs options sont possibles avec cette stratégie : soit des PAC centralisées pour l'ensemble des bâtiments, soit une PAC décentralisée par bâtiment.

Les choix techniques définitifs concernant cette stratégie pourront être effectués sur la base du présent rapport par les porteurs de projet pendant les phases ultérieures de développement.

Comme ce mode de production de chaleur puise des calories dans le sol et le refroidit, il est important de laisser le sol se recharger en chaleur durant la période estivale afin de pouvoir exploiter ce gisement de façon pérenne. C'est pourquoi il peut être intéressant dans ce cas de prévoir des capteurs solaires thermiques, qui pourraient produire l'ECS durant l'été et ainsi diminuer l'utilisation des sondes, mais également de prévoir des panneaux solaires photovoltaïques afin de compenser l'électricité consommée par les PAC.

5 Recommandation pour les acteurs concernés

Deux stratégies d'approvisionnement énergétique ont été mises en avant dans le présent concept :

- Raccordement au CAD Satigny
- Géothermie faible profondeur

Concernant la première variante, le raccordement au CAD Satigny, ce dernier sera conditionné à une étude de faisabilité technique. D'un point de vue financement, seules les installations sur le secondaire (distribution de chaleur au sein des bâtiments) seront à la charge des propriétaires des bâtiments. La production de chaleur étant réalisée par le CAD, la fourniture de cette dernière est vendue aux propriétaires. Les conditions économiques du raccordement seront à définir lors du résultat de l'étude. La valorisation solaire devra être maximisée, en coordination avec le gestionnaire du réseau CAD.

Concernant la deuxième variante, la géothermie faible profondeur (PAC sur sondes), il est fortement recommandé d'élaborer une simulation dynamique avant la réalisation des champs de sondes afin de définir le nombre de sondes exact et l'espacement minimal nécessaire entre ces dernières, selon la version définitive du projet, dans le but de ne pas compromettre la pérennité du terrain. De plus, il est possible qu'une chaudière gaz soit nécessaire en appoint pour assurer les pics de puissance et ne pas surdimensionner les champs de sondes. Comme le périmètre du projet présente des sols pollués, il est conseillé au porteur du projet de prendre la plus rapidement possible contact avec le GESDEC qui pourra émettre certaines conditions quant à la réalisation du champ de sondes. D'un point de vue du financement, les investissements peuvent être assurés directement par les propriétaires des bâtiments ou alors dans le cadre d'un contracting énergétique, qui consiste à confier tous les aspects techniques et financiers à un prestataire global, contre un prix garanti sur la durée du contrat. La valorisation solaire devra être maximisée.

L'élaboration de la solution technique finale devra être effectuée en tenant compte des besoins mis à jour en fonction des surfaces définitives, des contraintes techniques du projet, du planning prévisionnel, des aspects financiers (coûts, subventions), ainsi que des nouveaux aménagements du domaine public existant et futur (planning de réalisation).

Concernant les installations solaires, il est conseillé de les intégrer au plus tôt dans la conception des bâtiments afin d'anticiper les potentielles synergies ou incompatibilités avec d'autres structures. De plus, si la création d'un regroupement dans le cadre de la consommation propre est envisagée pour le solaire photovoltaïque, celui-ci doit être anticipé dès que possible afin de respecter les modalités de raccordement y relatif. D'un point de vue du financement, un tel regroupement peut être mis en place directement par les propriétaires des bâtiments ou alors dans le cadre d'un contracting énergétique.

Des réseaux d'eau potable, de gaz, d'électricité, de télécommunication SIG en exploitation dans ce secteur devront être maintenu en service pour garantir l'alimentation des bâtiments existants. Tout déplacement et protection de réseau entrant en conflit avec les aménagements prévus (y compris plantations d'arbres) doit faire l'objet d'un accord préalable avec SIG.

Des emplacements en surface sont à réserver sur domaine public et/ou privé pour un / des poste(s) de transformation et coffrets de distribution électrique de SIG, en accord avec SIG. Le choix du mode de raccordement souhaité au réseau électrique (classique, regroupement de consommation propre ou Communauté d'Autoconsommateurs) incombe au Maître d'Ouvrage et doit être défini au moment de la demande de renseignement à SIG (avant la demande d'autorisation de construire).

Des emplacements en sous-sol rectilignes avec un recouvrement minimal de un mètre et un revêtement standard (hors dalles bétons ou enrobés spéciaux) sont à réserver sur domaine public et/ou privé hors emprise d'ouvrages / arbres pour les réseaux de transport, de distribution et de raccordement de SIG, en accord avec SIG. Si besoin des servitudes seront établies.

Enfin, il est nécessaire de suivre l'évolution des études sur le développement de la géothermie moyenne/grande profondeur (et sur les aquifères). En effet, dans le cas où un potentiel intéressant serait trouvé, il conviendrait de prévoir des mesures conservatoires afin de pouvoir profiter de cette ressource.

Le canton sera consulté de manière adéquate dans la phase initiale de définition du périmètre, des entités associées au projet et des mesures prévisionnelles à intégrer, afin de permettre le développement rationnel ultérieur de ces installations.

Genève, le 09.03.2023

CSD INGÉNIEURS SA



pp. Nicolas Gouneaud



e.r. Sandrine Veyrat