



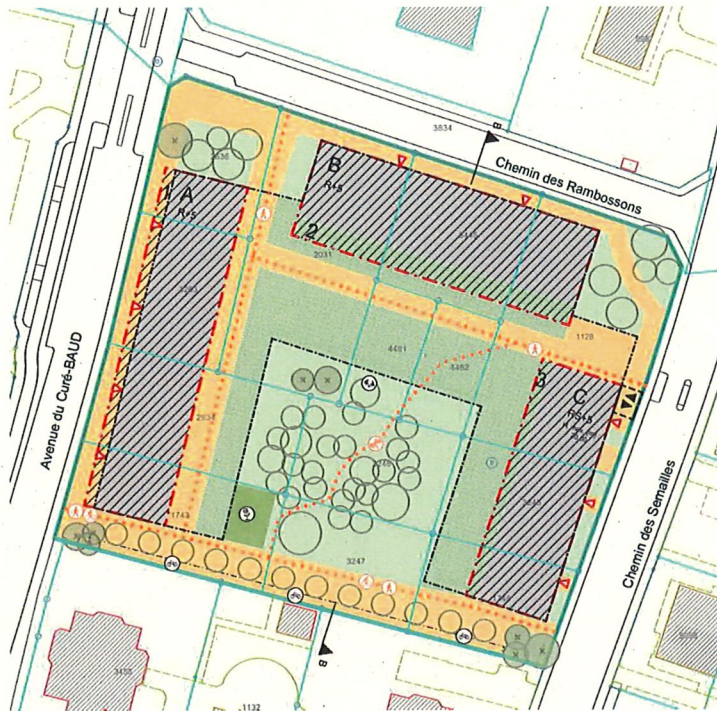
AMSTEIN + WALTHERT

Office de l'urbanisme
Concept énergétique territorial pour le
PLQ n°30'123
(Av. Curé-Baud/ch. Rambossons/ch.
Semailles)



REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE
Département des constructions et des technologies de l'information
Office de l'Urbanisme

Rapport



Version 5 / 21 mars 2024

CET 2023-02-V2
OFFICE CANTONAL DE L'ENERGIE
Rue du Fuits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

25/03/2024 *ef.*

Impressum

Donneur d'ordre Office de l'urbanisme
Mme. Malika Regamey
Rue David-Dufour 5 - CP 224
1211 Genève 8
Tél. +41 22 546 73 90
E-mail : malika.regamey@etat.ge.ch

Mandataire AMSTEIN + WALTHERT SA
Rue du Grand-Pré 54-56
CP 76
CH-1211 Genève 7
Tél. +41 22 749 83 80
www.amstein-walthert.ch

Rédaction M. Pierre-Antoine Legrand
M. Gilles Desthieux

Distribution Mme Malika Regamey OU

Version 5

Intitulé R240321LEGA1_CET_PLQ_Semailles_2024

Sommaire

Validation et suivi des mises à jour	5
Glossaire	6
Résumé	7
1 Objectifs et positionnement de l'étude	11
2 Contenu du Concept Énergétique Territorial (CET)	11
3 Cadres légaux et politiques	12
3.1 Niveau fédéral.....	12
3.2 Niveau cantonal.....	12
4 Périmètres de l'étude	13
4.1 Périmètre d'entrée	13
4.2 Périmètre élargi	14
5 État des lieux	14
5.1 Concept Énergétique du PDQ « Les Semailles »	15
5.2 Procédures d'aménagement récentes et en cours, concepts énergétiques territoriaux	16
5.3 Acteurs.....	18
5.4 Infrastructures.....	19
5.5 Évaluation des besoins énergétiques.....	22
6 Ressources énergétiques locales disponibles	24
6.1 Énergie solaire.....	24
6.2 Énergie géothermique	26
6.3 Air	26
6.4 Énergie de la biomasse	27
6.5 Rejets thermiques.....	27
6.6 Énergie éolienne.....	27
6.7 Eaux usées	27
6.8 Synthèse des sources d'approvisionnement pertinentes	29
7 Scénarios d'approvisionnement	30
7.1 Présentation des scénarios en bref	30
7.2 Hypothèses générales relatives aux scénarios	30
7.3 Scénario 1 : PAC Air-Eau	30
7.4 Scénario 2 : Géothermie solaire	32
7.5 Scénario 3 : réseau thermique structurant Géniterre	32
8 Synthèse comparative des scénarios	34
8.1 Comparaison quantitative des scénarios : bilan environnemental	34
8.2 Comparaison qualitative des scénarios.....	35
9 Infrastructures, équipements, phasage et mesures transitoires	36
9.1 Réservations spatiales pour le scénario 3 « CAD-Géniterre».....	36
9.2 Phasage des travaux et mesures conservatoires	36
10 Conclusion et recommandations	37
Références	38

Validation et suivi des mises à jour

Version	Date	Identifiant et Visa			Descriptif succinct des mises à jour
		Auteur	Relecteur	Direction	
1	15.05.2018	LEGA	DEST	MAUC	Version de base
2	15.11.2018	LEGA		GROK	Selon retour OCEN et OU
3	17.01.2023	LEGA	DEST	GROK	Selon mise à jour du projet de PLQ (règlement décembre 2022 pour enquête technique 2) et du cadre légal genevois, adaptation des calculs énergétiques.
4	26.02.204	DEST		EPEL	Mise à jour de l'image du PLQ selon la version du 24.01.24 (page de garde, p. 12 et 36) et détails de forme.
5	21.03.2024	LEGA	DEST	EPEL	Mise à jour du mix énergétique de Géniterre

Glossaire

CAD : Réseau de chaleur à distance (voir RTS)

CCF : Couplage chaleur-force

CET : concept énergétique territorial

CGE : Conception générale de l'énergie

COP : Coefficient de performance d'une pompe à chaleur

DD : Demande définitive

DR : Demande de renseignement

ECS : Eau chaude sanitaire

Géniterre® : réseau thermique structurant à haute température permettant de produire du chaud

Génilac® : réseau thermique structurant à basse température permettant de produire de la chaleur et du froid

GESDEC : Service de géologie, des sols et des déchets

HPE : haute performance énergétique

IUS : Indice d'utilisation du sol

L 2 30 (LEn) : Loi cantonal sur l'énergie

L 2 30 01 (REn) : Règlement d'application de la loi sur l'énergie

NO₂ : Dioxyde d'azote

OCEN : Office cantonal de l'énergie

OU : Office de l'urbanisme

OPair : Ordonnance fédérale sur la protection de l'air

PAC : Pompe à chaleur

PDCant : Plan directeur cantonal

PDCom : Plan directeur communal

PDQ : Plan directeur de quartier

PLQ : Plan localisé de quartier

PM₁₀ : Particules fines

REn : Règlement d'application de la loi sur l'énergie

RTS : Réseau thermique structurant (soumis au monopole SIG et à l'obligation de raccordement)

SIA : Société suisse des ingénieurs et architectes

SIG : Services industriels genevois

SBP : Surface brute de plancher

SRE : Surface de référence énergétique

THPE-2000W : Très haute performance énergétique

Résumé

L'objet de cette étude est la réalisation d'un concept énergétique territorial (CET) pour le projet de PLQ n°30'123 situé dans le secteur des Semailles. Un tel concept vise à identifier les stratégies d'approvisionnement énergétique pertinentes et conformes aux objectifs de la politique cantonale pour le complexe de bâtiments appelés à être construits sur ce périmètre. Ce CET intervient en amont de la définition même des caractéristiques et des performances énergétiques précises du futur complexe. Il doit donc être considéré avant tout comme une étape de cadrage permettant :

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

Contexte du PLQ

Le PLQ n°30'123 constitue la mise à jour du PLQ 30'047, impliquant également, en conséquence, la mise à jour du précédent CET n° 2011-46. Ce PLQ concerne l'un des projets de nouveau développement de quartier dans le secteur des Semailles, parmi sept autres pour la plupart adoptés au niveau du PLQ. Il prévoit la construction de 3 bâtiments pour 13'193 m² SBP de logements et 1'672 m² SBP d'activités. La date de livraison des bâtiments reste à confirmer.

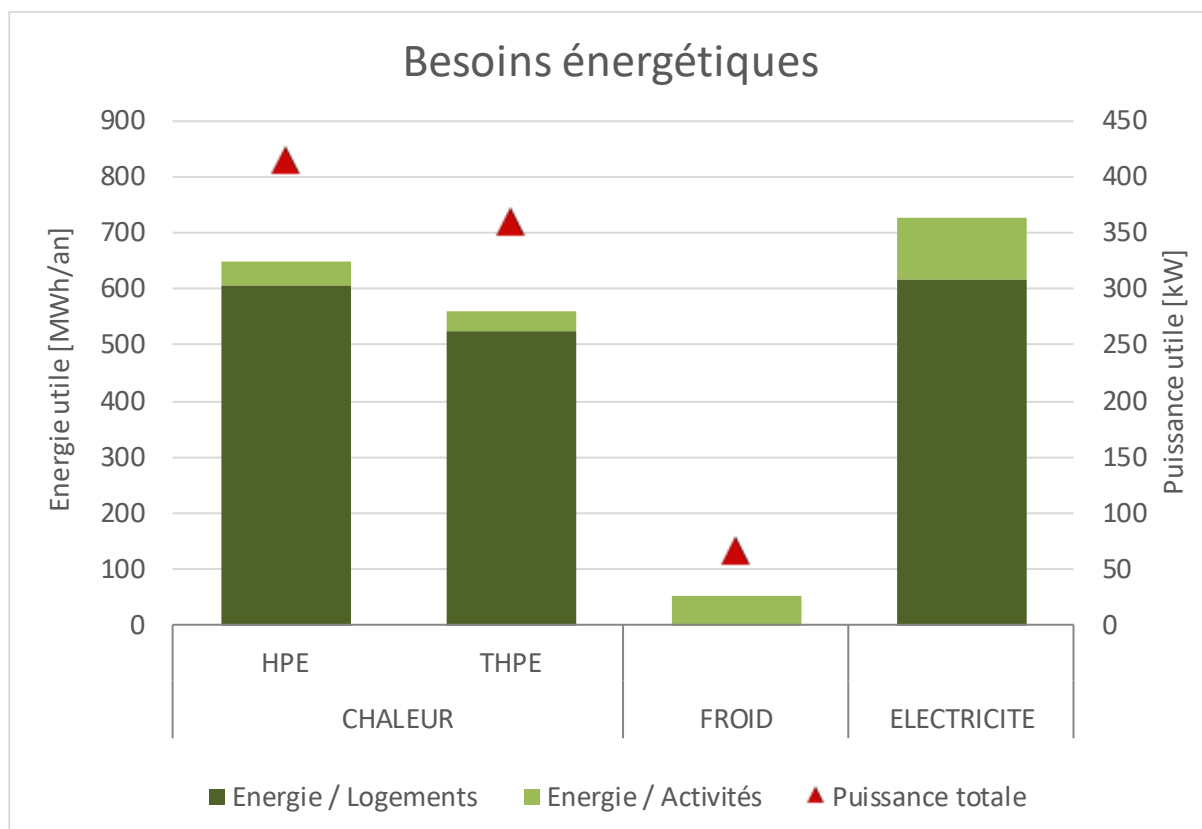
Depuis le précédent CET de 2011 et le projet soumis à l'enquête technique 1, le projet de PLQ a évolué, notamment concernant le plan des bâtiments à réaliser.

Le secteur est en outre situé en zone de desserte du réseau thermique structurant (RTS) « Géniterre », valorisant notamment les rejets de chaleur issus de l'usine d'incinération.

Le CET doit par ailleurs s'inscrire en cohérence avec l'étude énergétique stratégique menée sur le secteur élargi des Palettes et Semailles en 2011 (CET 2011-36). Cette étude avait tant conclu sur la nécessité d'un réseau CAD au niveau des Palettes, tel que cela se concrétise aujourd'hui, que sur des solutions à basse température recourant en grande partie à des ressources renouvelables (géothermie) pour les nouveaux développements dans les Semailles.

Besoins énergétiques

Les puissances et énergies requises pour le PLQ selon les niveaux de performance HPE et THPE sont les suivantes :

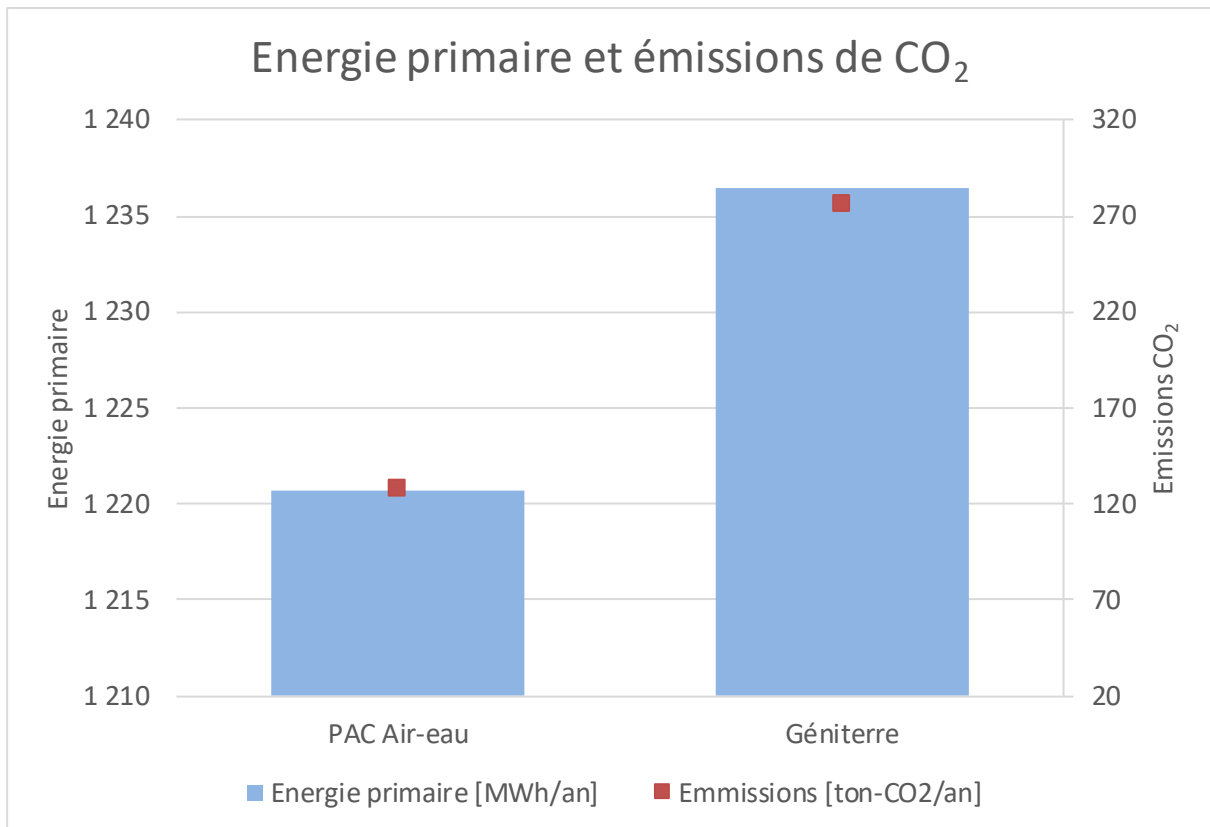
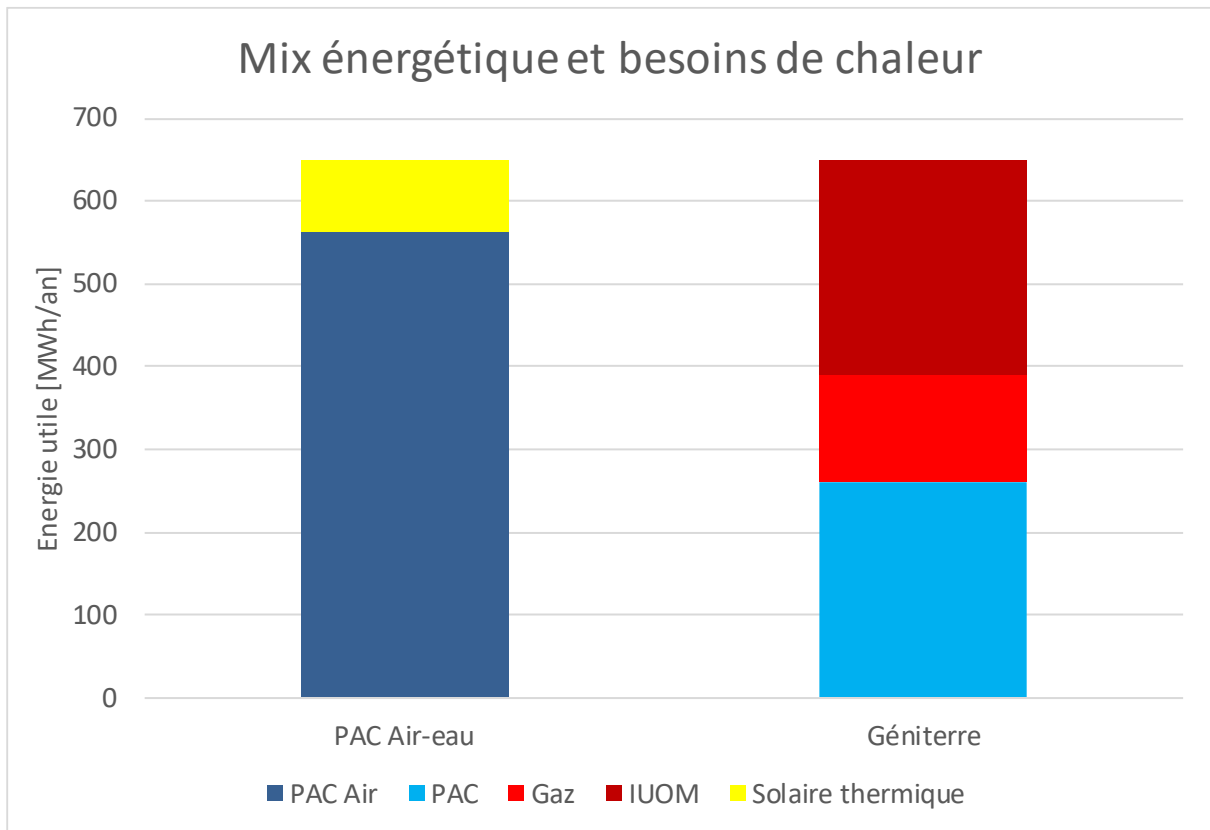


Scénarios d’approvisionnement et évaluation

Trois scénarios d’approvisionnement ont été étudiés dans le cadre du CET :

1. Scénario 1 « **PAC air-eau individuelle par bâtiment** » (décentralisé) : PAC air/eau individuelle par bâtiment pour satisfaire les besoins de chauffage et 70% des besoins d’ECS, ainsi que des panneaux solaires thermiques pour couvrir les 30% d’ECS restants.
2. Scénario 2 « **géothermie solaire et réseau de quartier** » (semi-centralisé) : réseau de chaleur basse température (~35°C) à l’échelle du PLQ alimenté par une PAC centrale de quartier sur sondes géothermiques rechargées par géocooling et panneaux solaires (hybrides). PACs décentralisées par bâtiment pour le complément ECS. Ce type de solution était préconisée lors de l’étude énergétique stratégique menée sur le secteur élargi des Semailles (CET 2011-36), à travers le CET 2011-46 préexistant à la présente mise à jour et dans les CET des périmètres voisins.
Ce scénario évalué lors de la version précédente du CET n’est actuellement plus viable, le secteur d’étude se trouvant actuellement dans une zone d’interdiction des sondes géothermiques.
3. Scénario 3 « **Géniterre** » (anciennement réseau CAD – Palettes) : raccordement du quartier au réseau thermique structurant (mix énergétique à terme 80% non-fossile) développé et exploité par les SIG.

Les deux graphes ci-dessous résument la comparaison quantitative des scénarios en fonction du mix énergétique pour les besoins utiles de chaleur, de l’énergie primaire totale et des émissions de CO₂.



Recommandations et perspectives

Sur les trois scénarios d'approvisionnement étudiés dans le CET, deux (PAC air-eau et PAC sur sondes) permettent d'offrir une solution d'approvisionnement en très grande partie renouvelable et à faible émission CO₂ et s'inscrivent en conformité avec les politiques énergétiques tant fédéral que cantonal. La solution de la géothermie s'inscrit particulièrement en cohérence avec les précédentes études énergétiques réalisées à l'échelle du PDQ des Semailles. **Toutefois, au vu de l'interdiction de forer prononcée sur le secteur en 2022, l'étude de ce scénario a été abandonnée.**

En outre, la solution du réseau CAD Géniterre (20% gaz à terme), prévu dans la zone à l'horizon temporel de réalisation du PLQ, constitue la variante à privilégier. En théorie, son haut niveau de température est peu en adéquation avec les constructions neuves à haut standard énergétique (prévoir le cas échéant des échanges à basse température). Néanmoins, si, dans le cadre d'une concertation entre les SIG, les maîtres d'ouvrage des constructions et en conformité avec le cadre légal et la vision politique énergétique cantonale dont l'OCEN se porte garant, le réseau Géniterre se développe dans ce secteur de densification, cette variante devra être recommandée pour le PLQ 30'123. Dans le cas contraire, l'alternative explorée (scénario 1 : PAC sur air) reste valable et devra être approfondie avec les maîtres d'ouvrage.

1 Objectifs et positionnement de l'étude

L'objet de cette étude est la réalisation d'un concept énergétique territorial (CET) pour le projet de PLQ 30'123 situé entre l'avenue Curé-BAUD, le chemin des Rambossons et le chemin des Semailles dans la commune de Lancy. Un CET avait déjà été réalisé sur ce périmètre en 2011 par le même mandataire (CET n°2011-46) [5]. Cependant, le projet de PLQ a évolué, suite à une modification de l'implantation des bâtiments à construire notamment. Ce nouveau CET devra intégrer l'évolution du projet de PLQ ainsi que les derniers développements des réseaux thermiques structurants (RTS).

Un CET vise à identifier les stratégies d'approvisionnement énergétique pertinentes et conformes aux objectifs de la politique cantonale (objectifs rappelés à la section 2), pour le complexe de bâtiments appelés à être construits sur ce périmètre. Ce CET intervient en amont de la définition même des caractéristiques et des performances énergétiques précises du futur complexe. Il doit donc être considéré avant tout comme une étape de cadrage permettant :

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

2 Contenu du Concept Énergétique Territorial (CET)

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

- a) *Organiser les interactions en rapport avec l'environnement entre les acteurs d'un même territoire ou d'un même découpage de ce dernier, notamment entre les acteurs institutionnels, professionnels et économiques ;*
- b) *Diminuer les besoins en énergie, notamment par la construction de bâtiments répondant à un standard de haute performance énergétique et par la mise en place de technologies efficaces pour la transformation de l'énergie ;*
- c) *Développer des infrastructures et des équipements efficaces pour la production et la distribution de l'énergie ;*
- d) *Utiliser le potentiel énergétique local renouvelable et les rejets thermiques. »* (L2 30, art 6)

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

1. Délimitation des périmètres de l'étude (périmètre restreint comprenant le PLQ et périmètre élargi comprenant la zone d'intérêt et/ou d'influence autour du périmètre restreint),
2. État des lieux de la qualité de l'air,
3. Évaluation qualitative et quantitative (énergie et puissance) de la demande en énergie actuelle et future (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point b),
4. Détermination des infrastructures existantes et projetées (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point d),
5. Évaluation qualitative et quantitative (énergie et puissance) de l'offre en énergies renouvelables et locales (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point a),
6. Analyse des principaux acteurs présents dans le périmètre (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 points a et c),
7. Proposition de stratégies d'approvisionnement énergétique visant la valorisation des énergies renouvelables et/ou locales ainsi que des infrastructures existantes (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 points e et f),
8. Mise en évidence des mesures, infrastructures et équipements à préciser pour les niveaux de planification inférieurs (REn L 2 30.01 Art. 12A, al. 3 point g).

3 Cadres légaux et politiques

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

3.1 Niveau fédéral

La politique énergétique fédérale se fonde sur les articles 89 à 91 de la Constitution, sur les engagements internationaux pris par la Suisse dans le cadre de l'Accord de Paris, ainsi que sur les lois sur l'énergie, sur l'approvisionnement en électricité et sur le CO₂. Elle s'inscrit en outre dans la vision à long terme que représente la neutralité carbone à l'horizon 2050, qui a été approuvée par le peuple en 2023 sous forme d'une « Loi climat » (LCI). L'objectif pour le secteur du bâtiment est donc une réduction de 100% des émissions de CO₂ avant 2050.

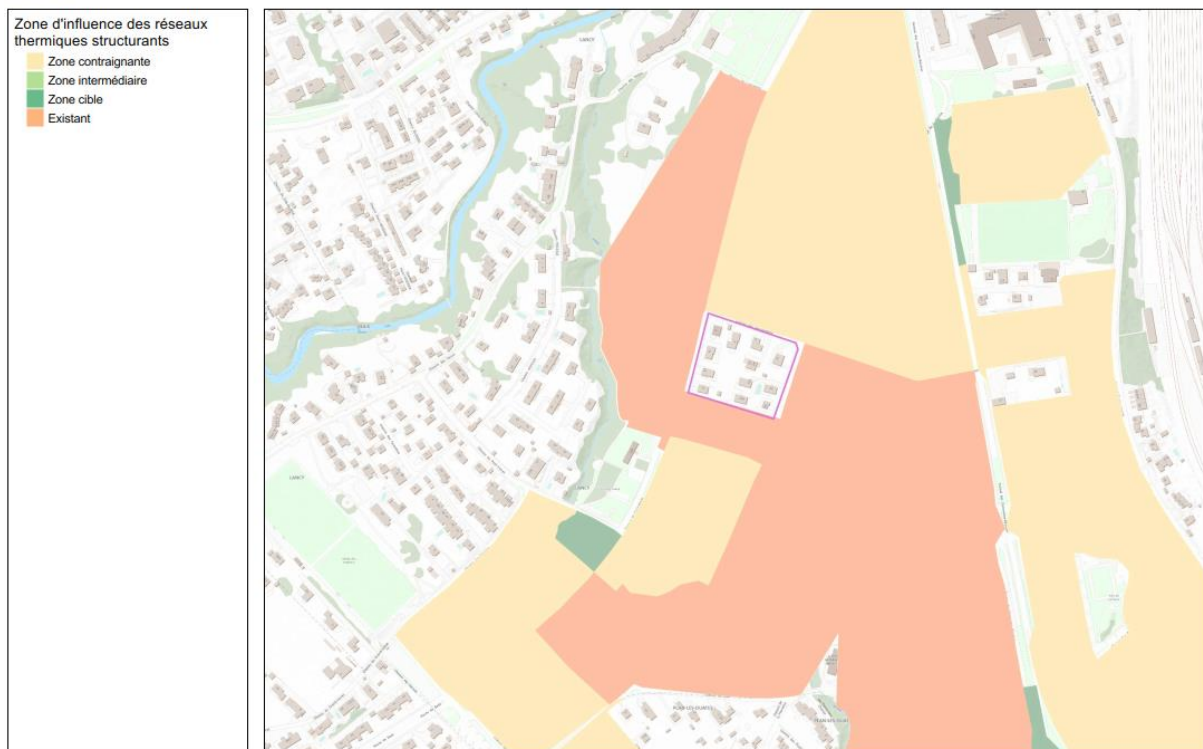
L'ordonnance en consultation devra définir les contours de cette neutralité, notamment les modalités de calcul du bilan des gaz à effets de serre.

La mue du cahier technique SIA 2040 « La voie vers l'efficacité énergétique » vers la norme 390/1 est en cours. Cette future norme définira plus clairement la trajectoire de réduction que le secteur des bâtiments devra suivre, que cela soit pour leur exploitation, mais également pour la construction.

3.2 Niveau cantonal

La politique énergétique du Canton de Genève est définie par la loi sur l'énergie et son règlement d'application, et déclinée dans le plan directeur des énergies (2020). Il vise notamment le déploiement des réseaux thermiques structurants et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le plan de déploiement de ces réseaux est indiqué par la carte ci-dessous (périmètre du PLQ indicatif en violet).

 SITG | LE TERRITOIRE GENEVOIS
À LA CARTE



Date d'impression: 19.03.2024
SITG - Tous droits réservés

0 200m 

Le site se situe en bordure de la zone de déploiement du CAD. Le passage du CAD à proximité immédiate rend plausible un raccordement à l'horizon temporel de déploiement identique à celui de la zone identifiée en jaune au Nord du PLQ : 2030.

4 Périmètres de l'étude

La définition du périmètre de l'étude, en d'autres termes la délimitation spatiale de l'étude, est importante. En effet, si le PLQ, pour lequel le concept est établi, représente clairement le périmètre restreint, ou périmètre *d'entrée* pour la démarche (selon la Directive relative au concept énergétique territorial), il ne faut pas perdre de vue qu'il y aura des interactions entre ce périmètre restreint et son voisinage. En effet, non seulement les activités du PLQ pourront influencer des bâtiments situés à l'extérieur du PLQ, mais en plus les énergies consommées dans le PLQ ne se trouveront pas nécessairement toutes directement dans la zone du PLQ.

4.1 Périmètre d'entrée

Le périmètre d'étude, correspondant au PLQ 30'123, est situé sur la commune de Lancy, entre l'avenue Curé-BAUD à l'ouest, le chemin des Rambossons au nord et le chemin des Semailles à l'est. Il couvre une surface d'environ 9'900 m². Les parcelles sont occupées actuellement par des villas qui devront être démolies lors de la réalisation du projet.

Les bâtiments projetés comprennent essentiellement des logements collectifs. Les rez-de-chaussée ainsi que l'un des quatre bâtiments à réaliser seront affectés à des activités et commerces.

Les principes du programme de construction dans les grandes lignes sont les suivants selon l'architecte du projet et l'Office de l'Urbanisme (état janvier 2024) :

- Surface totale constructible de la parcelle : 9'910 m²
- SBP totale : 14'865 m²
- 3 bâtiments
- Logements : 90% (130 logements)
- Activités : 10 % (1/3 commerces, 2/3 activités tertiaires)¹

Le Tableau 1 ci-dessous décrit de façon détaillée les SBP par bâtiment. La Figure 1 Figure 1 : avant-projet du PLQ 30-123 représente le plan provisoire des constructions au niveau du rez-de-chaussée.

Affectations	Bâtiments				SBP tot [m ²]
	A	B	C	D	
Logements collectifs	4 830	4 340	4 023		13 193
Bureaux et services	560	555			1 115
Ecoles, crèche, locaux associatifs, ateliers pour artistes					0
Commerces	280	277			557
Total	5 670	5 172	4 023		14 865

Tableau 1 : surfaces brutes de plancher par bâtiment et affectation

Selon l'avant-projet de PLQ ci-dessous, les parkings souterrains sont situés au niveau de l'aire d'implémentation des bâtiments et de l'espace au milieu (traitillés noirs et zone vert foncée). Le sous-sol de la zone boisée au centre (vert clair) est exempt de parkings.

¹ Sans information précise au moment de la rédaction, cette répartition a été effectuée de manière arbitraire.

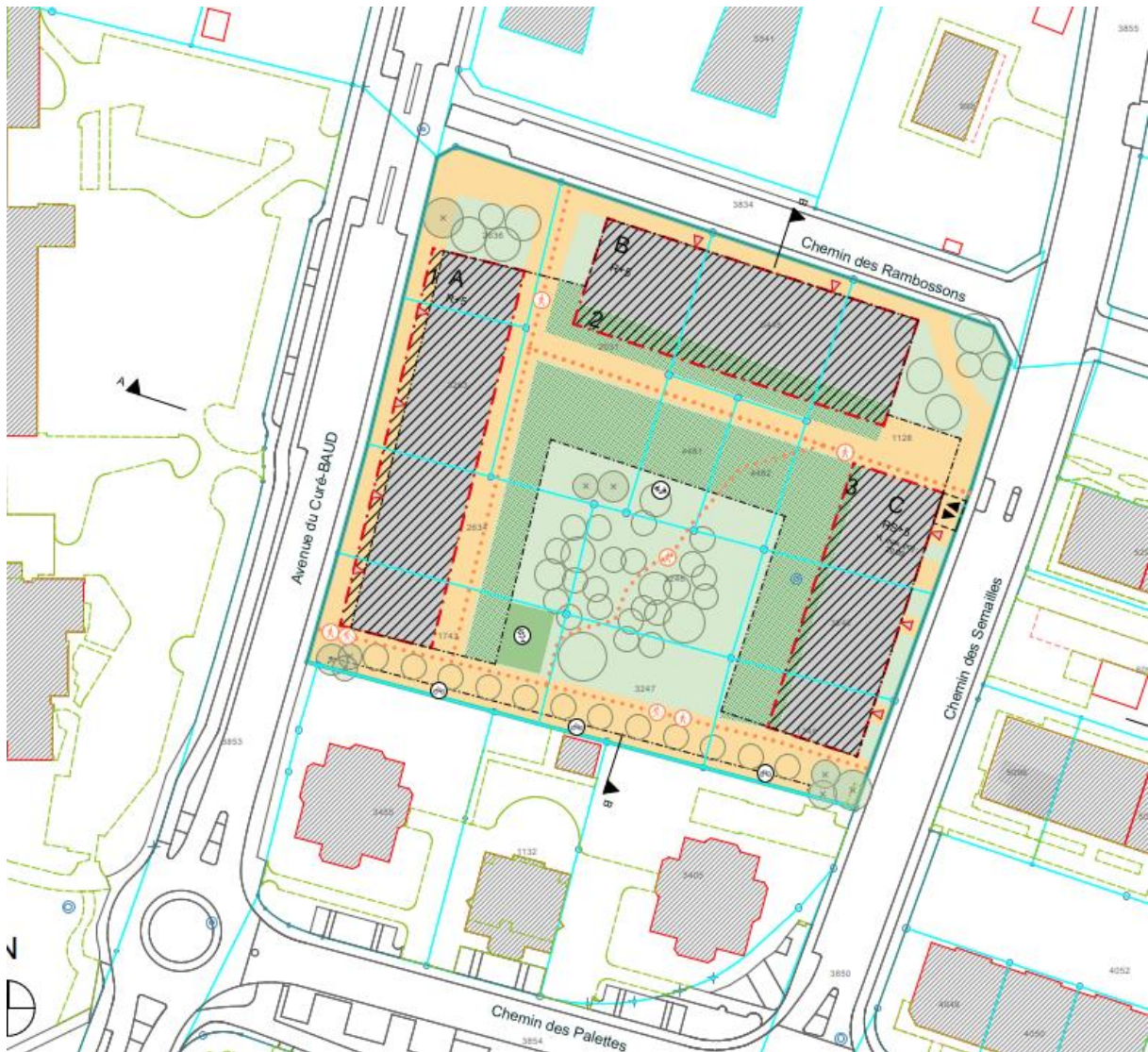


Figure 1 : avant-projet du PLQ 30-123

4.2 Périmètre élargi

Selon l'article 12A du Règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn), il faut que les ressources et les acteurs qui peuvent influencer le périmètre restreint, ou qui sont influencés par le périmètre restreint, soient traités chacun à une échelle spatiale pertinente, et décrits avec un degré de précision tenant compte du niveau de planification. Il n'existe donc pas un seul mais de multiples périmètres pertinents, de taille variable selon les éléments considérés.

Le périmètre élargi est défini d'une part par l'environnement proche dans lequel se situent plusieurs opérations urbaines en cours (PLQ adoptés pour la plupart en 2013, sauf le PLQ 29'941 adopté en 2016, cf. ci-dessous). D'autre part, le présent projet de PLQ se situe dans la zone d'influence du futur réseau thermique structurant (RTS) Géniterre.

5 État des lieux

L'état des lieux permet de mettre en évidence et de quantifier les différents paramètres dont il convient de tenir compte lors de l'élaboration d'un concept énergétique. Ces paramètres concernent :

- Le concept énergétique sur le PDQ « Les Semailles » englobant le PLQ 30'123,

- les procédures d'aménagement en cours,
- la qualité de l'air,
- l'analyse des acteurs,
- les infrastructures existantes,
- les énergies locales/renouvelables disponibles,
- les besoins énergétiques.

5.1 Concept Énergétique du PDQ « Les Semailles »

Le PLQ 30'123 se trouve à l'intérieur du PDQ « Les Semailles », qui avait fait l'objet d'un concept énergétique territorial en septembre 2011 [3]. La figure reprend la carte de synthèse qui avait été faite à l'issue de ce CET. On voit que le PLQ se situe dans une zone dans laquelle les sondes étaient privilégiées. Tandis qu'au sud du secteur, aux Palettes, un réseau CAD basé en partie sur le CCF, était préconisé pour les barres d'immeubles existantes. Ce réseau CAD est à l'étude au sein des SIG et à ce jour, les tracés prévus sont différents de ceux dessinés ici à la Figure 2 (cf. Section 5.4.4).

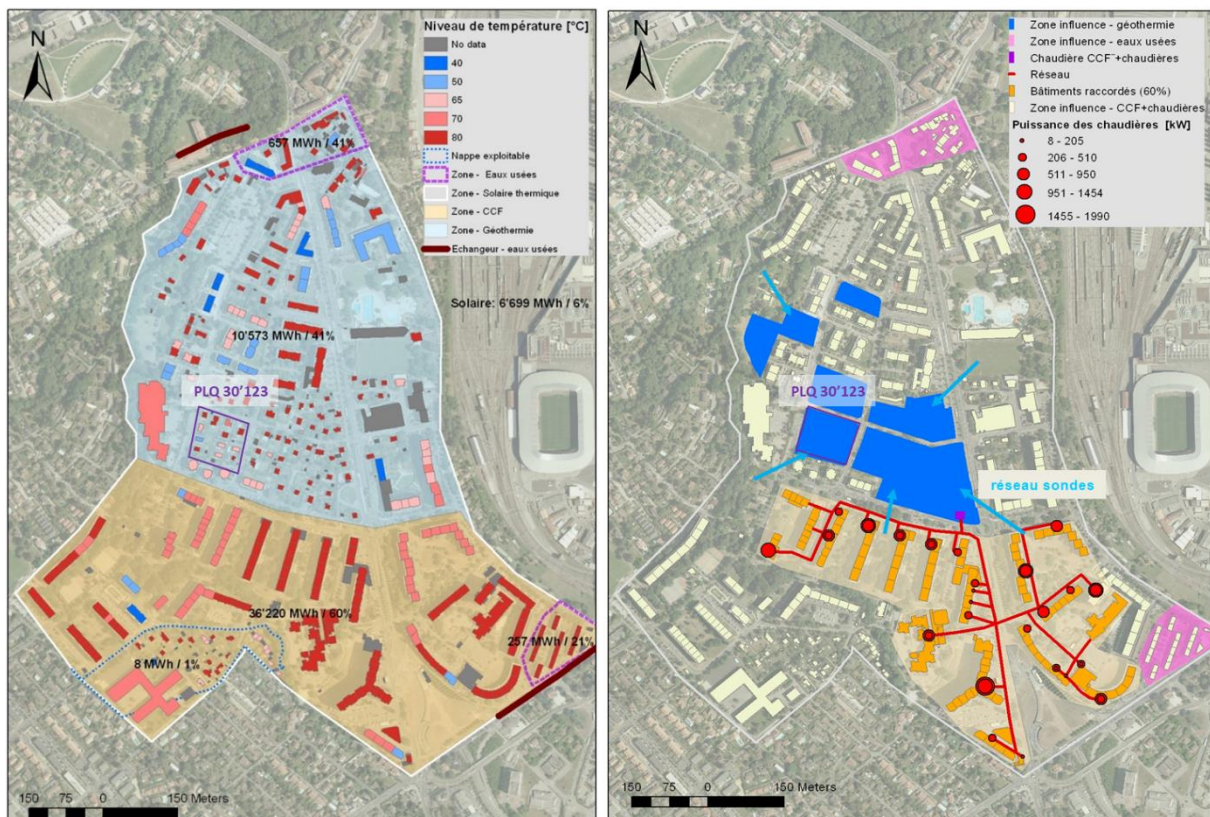


Figure 2 : carte de synthèse du CET du PDQ « Les Semailles » [3]

5.2 Procédures d'aménagement récentes et en cours, concepts énergétiques territoriaux

Le périmètre du PLQ 30'123 se trouve dans une zone urbaine bâtie, dans laquelle il y a une mixité entre villas individuelles et bâtiments de logement à plusieurs étages.

Ce PLQ s'inscrit, dans le cadre d'un processus de densification de zones villas, parmi 7 autres PLQ, pour la plupart déjà adoptés en 2013, à l'exception du PLQ n°29'941, adopté en 2016.

La carte ci-dessous situe le présent PLQ dans son contexte parmi les autres PLQ.

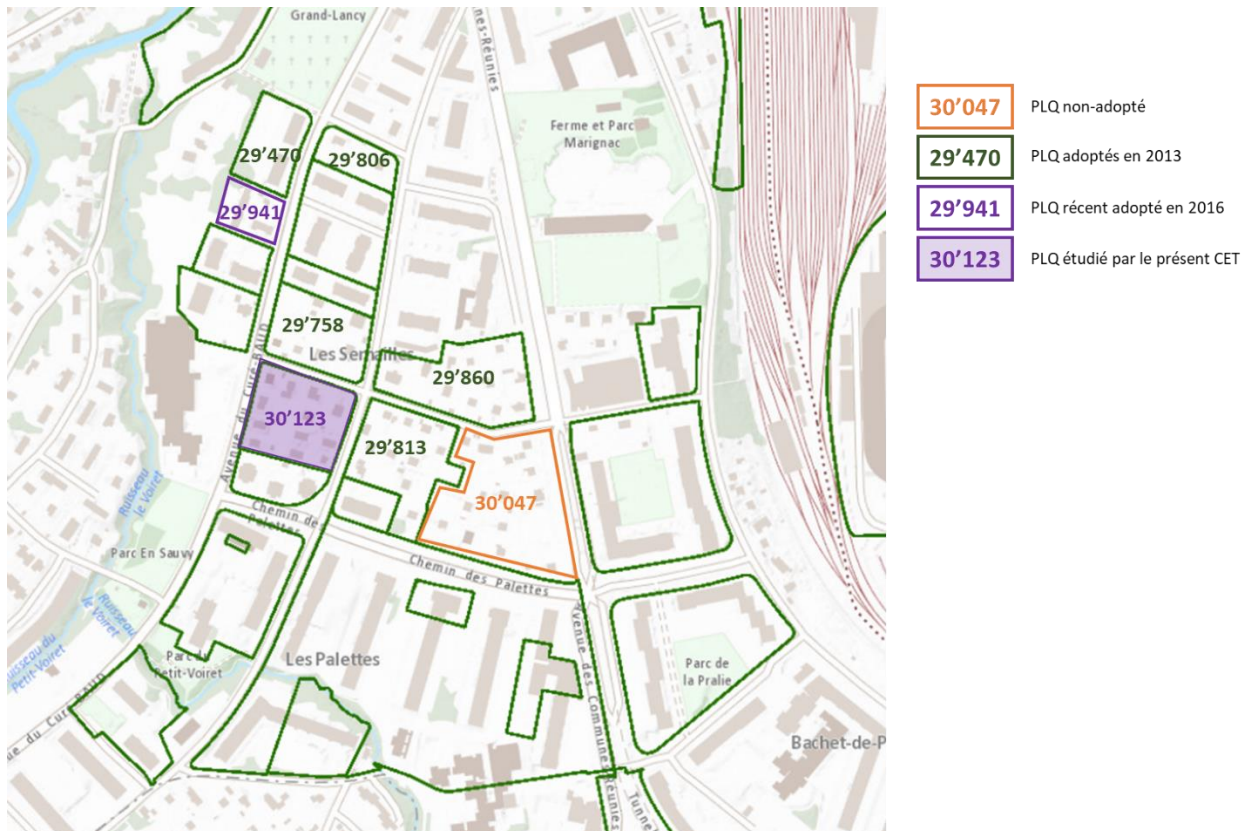


Figure 3 : périmètre élargi de la zone d'étude, carte des PLQ (source : SITG) avec mise en évidence des PLQ récemment adoptés (en vert) et des PLQ en cours d'étude/adoption (en violet).

Ces 8 PLQ, récemment adoptés ont fait chacun l'objet d'un CET (n°2011-46 à 51, 2014-04). Le présent CET constitue une mise à jour du CET n°2011-46 comme introduit à la Section 1.

Les CET 2011-46 à 51, s'inscrivant en cohérence avec l'étude énergétique stratégique des Semailles présentée à la section précédente, constituaient tous un approfondissement de la variante d'approvisionnement avec des **sondes géothermiques** et de la recharge solaire.

Les périmètres des PLQ étant situés très proches les uns des autres, des interférences se produiront sans doute entre les champs de sondes ; il s'agira ainsi de vérifier, au moyen de forage test dans les phases opérationnelles, si tous ces champs de sondes peuvent se réaliser et que les capacités de recharge prévues suffisent.

Le CET 2014-04 (PLQ 29'941), mis à jour en juin 2015, mettait également en avant, en plus de la géothermie ou de PAC sur l'air, la possibilité de la connexion au réseau CAD-Palette. Nous y reviendrons à la Section 5.4.4.

5.2.1 Qualité de l'air

Le respect de l'Ordonnance sur la Protection de l'Air (OPair) se base principalement sur les immissions de deux polluants déterminants, qui sont le dioxyde d'azote (NO₂) et les poussières fines (PM10).

- La valeur limite à long terme pour le NO₂ est de 30 µg/m³.
- La valeur limite à long terme pour les PM10 est de 20 µg/m³.

Le SPAir assure un suivi de la qualité de l'air dans le canton de Genève à partir d'un réseau de capteurs passifs de NO₂ et de stations équipées de moniteurs (stations ROPAG).

5.2.1.1 NO₂

Comme l'indique la figure ci-dessous, les concentrations de NO₂ restent limitées dans la zone étudiée : contrairement au périmètre élargi, pour le périmètre restreint, les valeurs se situent en effet en dessous ou proches des seuils légaux (30 µg/m³). Théoriquement, il serait donc envisageable de considérer les chaudières à pellets ou à plaquettes.



Figure 4 : qualité de l'air : mesure de NO₂ en µg/m³ en 2021 (source : SITG)

5.3 Acteurs

Le tableau suivant présente les principaux acteurs concernés par les choix et les procédures de mise en œuvre d'une stratégie d'approvisionnement énergétique pour le PLQ 30'123. Cet inventaire des acteurs a pour objectif de contribuer à une bonne coordination entre les parties prenantes. Il doit notamment aider le Maître d'ouvrage à anticiper des prises de contact avec des acteurs dont l'accord est nécessaire pour la mise en œuvre des filières d'approvisionnement souhaitées.

Étant donné la variété des acteurs qui peuvent être amenés à intervenir tout au long de la vie du projet, le tableau ci-dessous doit être considéré comme évolutif pour le Maître d'ouvrage.

Catégories d'acteurs	Liste des acteurs et fonction	Enjeux liés à l'énergie dans le cadre de ce PLQ
Autorités publiques	Office de l'urbanisme (OU) : Validation du PLQ. Office cantonal de l'énergie (OCEN) : Validation du CET. Service cantonal de protection de l'air : Contraintes relatives aux installations de combustion. Service cantonal « géologie-sols-déchets » (GESDEC) : Contraintes relatives à la valorisation géothermique du sous-sol.	OU-OCEN : En attente d'information sur le mode d'approvisionnement énergétique envisagé pour le PLQ. GESDEC : Autorisation formelle d'installation de sondes géothermiques verticales.
Propriétaires des parcelles du PLQ	Propriétaires privés des cinq parcelles concernées par le projet.	Soumis aux obligations de la loi sur l'énergie concernant la réalisation de concepts énergétiques dans les procédures d'aménagement.
Opérateurs énergétiques / gestionnaires de réseaux	<u>SIG</u> : Entreprise de droit public en charge de la fourniture de gaz, électricité, chaleur (CAD) et eau potable, traitement des déchets et eaux usées. <u>Autres opérateurs énergétiques</u> : Prestations énergétiques non soumises au monopole : réseaux thermiques hors ceux propriétés des SIG, production / rachat d'électricité renouvelable.	<u>SIG</u> : Approvisionnement en électricité, en eau, en thermie (CAD) et en gaz. Contracteur pour la production d'électricité photovoltaïque. <u>Autres opérateurs</u> : Contracteurs pour la production d'électricité photovoltaïque ou les réseaux énergétiques (notamment chauffages à distance).
Voisinages et autres acteurs	PLQ	Possibilités de synergies futures ou de conflits (par exemple appauvrissement du sol en cas d'utilisation de sondes géothermiques) avec ces acteurs du voisinage.
Futurs utilisateurs/occupants	Futurs habitants des bâtiments.	Précision des besoins et exigences de confort ; personnes à sensibiliser afin d'atteindre les performances visées, lors de l'exploitation.

Tableau 2 : tableau récapitulatif des acteurs intervenant dans le cadre du CET

5.4 Infrastructures

Cette section inventorie les infrastructures existantes et projetées, en lien avec l'approvisionnement énergétique. Les infrastructures suivantes sont analysées :

- Le réseau de gaz,
- Les collecteurs d'eaux usées,
- Les réseaux techniques souterrains susceptibles de contraindre l'installation d'infrastructures souterraines de valorisation énergétique,
- Les réseaux thermiques prévus (CAD-Palette).

5.4.1 Réseau de gaz

Comme le montre la Figure 5, le réseau de gaz (en jaune sur la figure) est présent sur la zone d'étude.

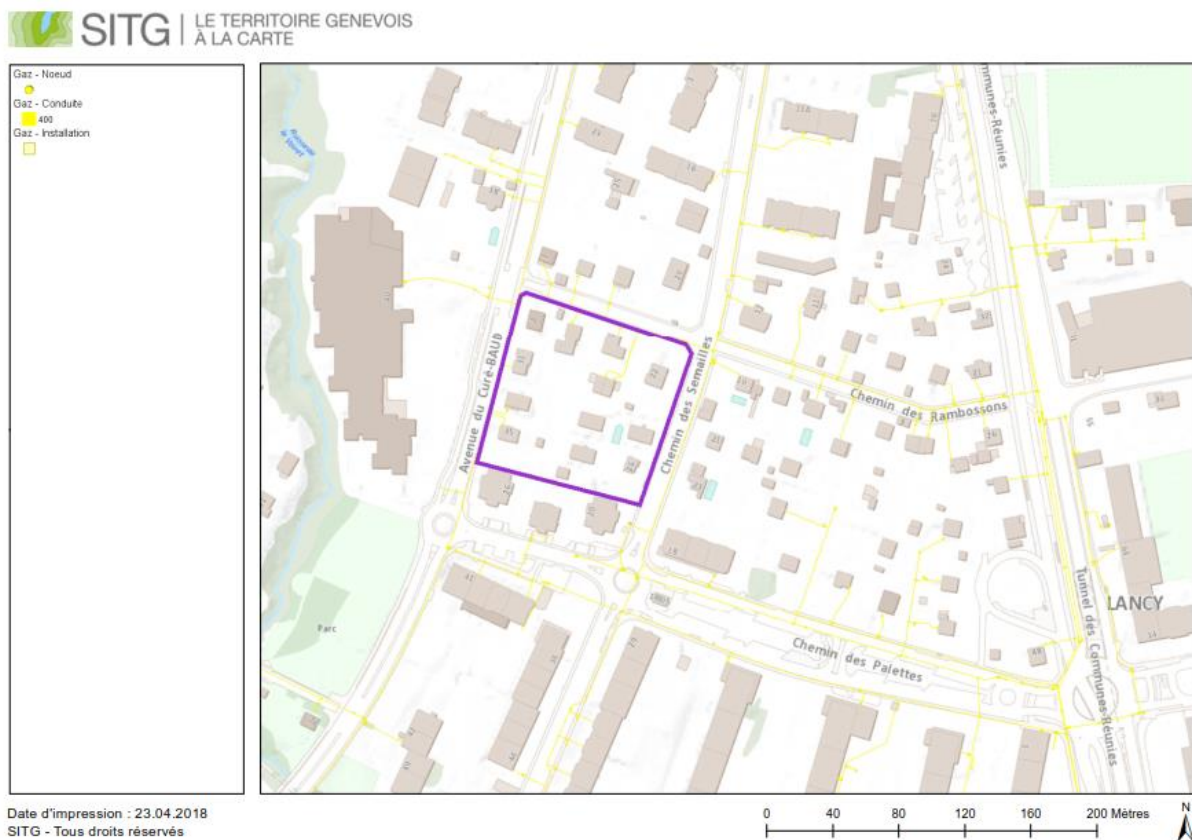


Figure 5 : tracé du réseau de gaz (en jaune) sur la zone d'étude (source : SITG, cadastre technique du sous-sol)

5.4.2 Collecteurs d'eaux usées

Bien qu'il ne s'agisse pas directement de réseaux énergétiques, les collecteurs d'eaux usées peuvent donner lieu à une valorisation énergétique thermique, à travers la mise en place de systèmes de récupération de chaleur sur les eaux usées. La Figure 6 ci-dessous, indique le réseau d'assainissement en brun. Les conduites situées aux abords du périmètre du quartier ont un diamètre variant entre 300 et 600 mm. Comme on le verra dans la section 6.7, elles ne peuvent pas être considérées pour une valorisation énergétique des eaux usées.

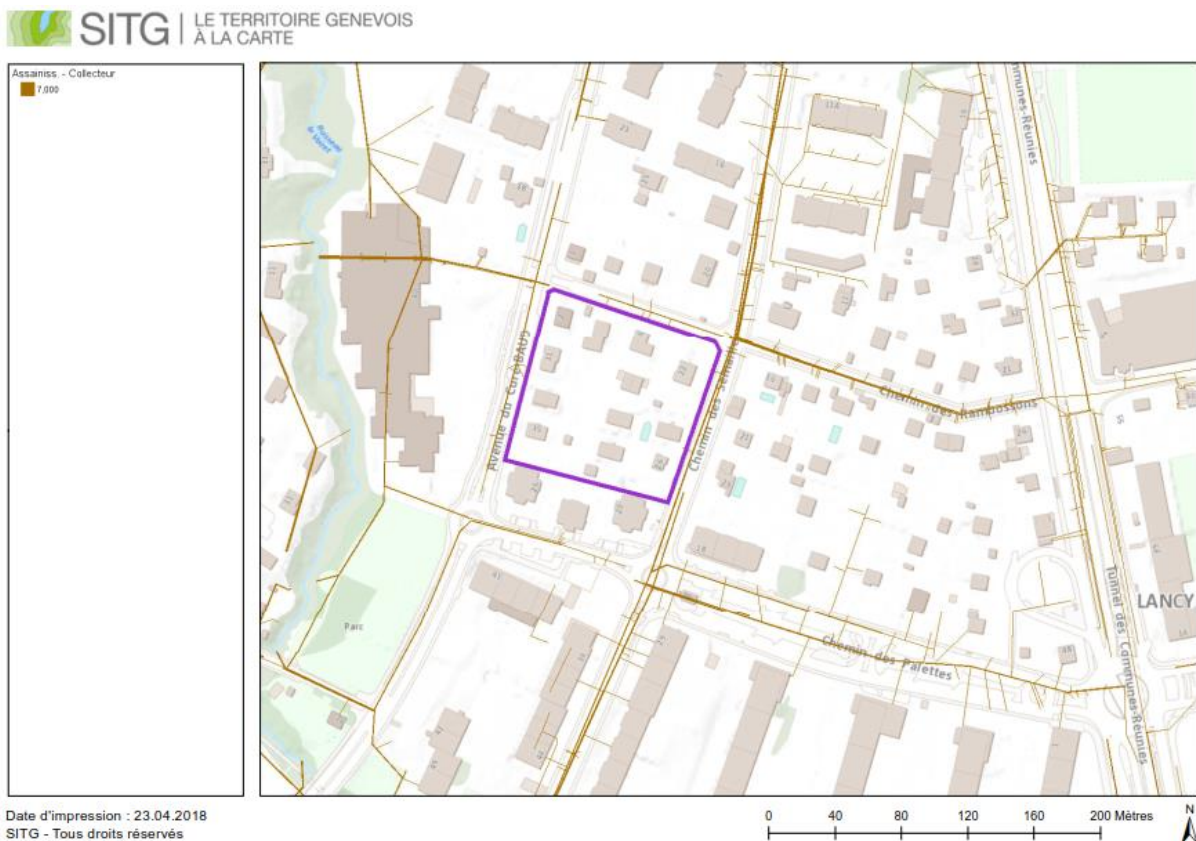


Figure 6 : tracés des collecteurs d'eaux usées (collecteurs séparatifs), en brun, sur la zone d'étude (source : SITG, cadastre technique du sous-sol)

5.4.3 Ensemble des réseaux souterrains susceptibles de contraindre l'approvisionnement énergétique

La figure suivante, issue du cadastre technique du sous-sol fourni par le service de la mensuration officielle (SEMO), renseigne sur les réseaux traversés par le PLQ. Elle montre que le périmètre est relativement peu encombré par des réseaux en sous-sol, contrairement aux rues et avenues bordant le périmètre, notamment sur le chemin des Palettes.

A l'intérieur du périmètre, les réseaux présents sont principalement des réseaux de télécommunication. Le gaz et l'électricité le sont aussi, dans une moindre mesure.

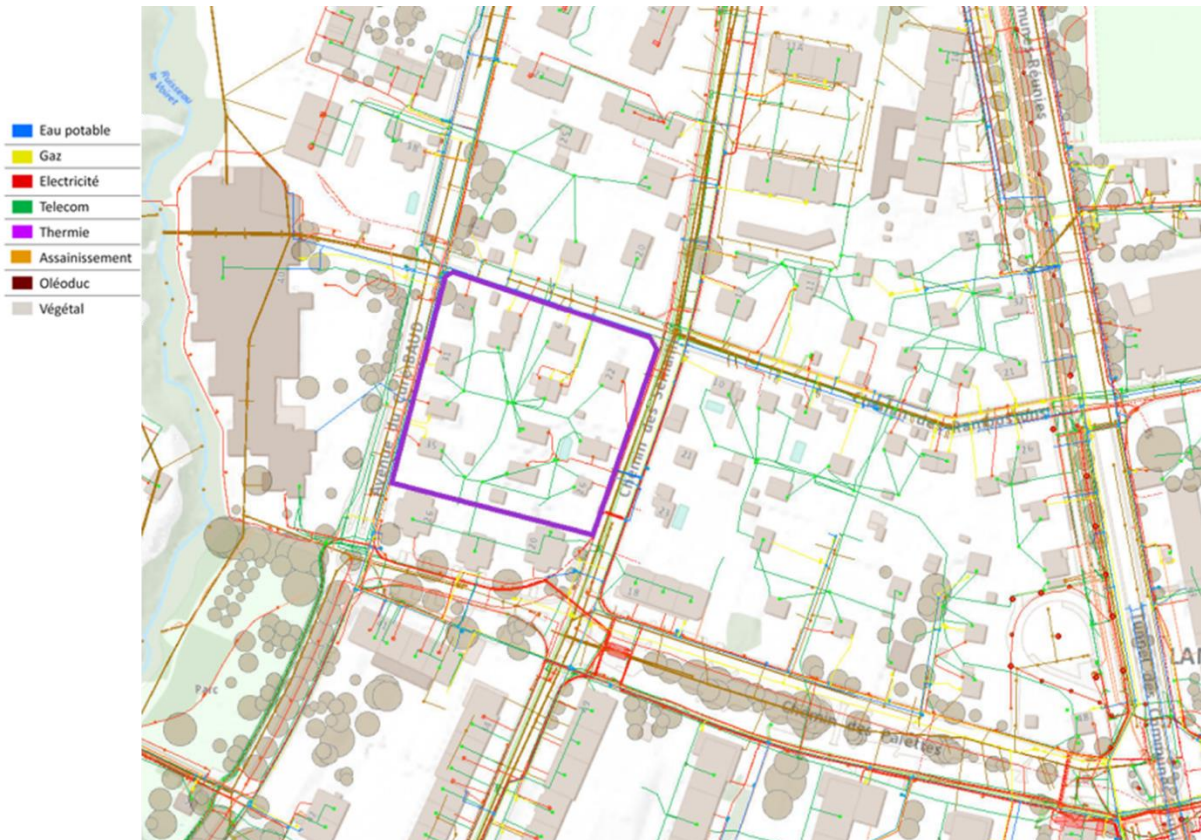


Figure 7 : cadastre technique du sous-sol (source : SITG, cadastre technique du sous-sol)

5.4.4 Réseaux thermiques²

Le CAD des Palettes, qui dessert actuellement le secteur fera, à terme, partie intégrante du RTS Géniterre. A terme, ce dernier devra être approvisionné par maximum 20% de gaz, selon la convention d'objectifs qui lie l'exploitant du CAD à l'Etat. Actuellement, les ressources renouvelables qui alimenteront le réseau sont en cours de développement. Afin de prendre en compte ces développements, le mix suivant a été considéré :

- 20% gaz
- 20% géothermie moyenne profondeur
- 20% récupération de chaleur sur la STEP d'aire
- 40% récupération de chaleur sur l'incinération d'ordures (CADIOM).

² Ces informations ont été transmises par les SIG par communication personnelle (téléphone et email), d'abord dans le cadre du CET du PLQ 29'941 (juin 2015), puis mises à jour dans le cadre du présent CET pour le PLQ 30'123. Une mise à jour de ces éléments a été transmise le 17 janvier 2023.

Ce mix évoluera dans le temps au gré du raccordement d'installations de production d'énergies renouvelables au réseau.

SITG | LE TERRITOIRE GENEVOIS
À LA CARTE



Date d'impression: 17.01.2023
SITG - Tous droits réservés

Figure 8 : Tracé du CAD existant (extrait du SITG)

5.5 Évaluation des besoins énergétiques

Cette section a pour objectif l'évaluation des besoins énergétiques thermiques (chauffage, ECS et rafraîchissement) et électriques des immeubles prévus sur le futur PLQ. Les surfaces de référence énergétique (SRE) prises en compte sont résumées dans le tableau au verso. On fait l'hypothèse, à ce stade, que $SRE=SBP$.

La répartition des SRE (SBP) par affectation et par bâtiment a été présentée au Tableau 1.

Les besoins énergétiques de chaleur sont évalués selon la norme SIA 380/1 : 2016 et correspondent aux standards énergétiques du canton de Genève définis par les art. 12B et 12C du règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn, L 2 30.01) du 9 décembre 2022.

Les besoins énergétiques sont donnés pour les deux scénarios dans le tableau ci-dessous, distinguant les différents types d'affectation.

	Cl. SIA	Chaleur												Froid								Electricité			
		Chauffage [MWh/an]				ECS [MWh/an]				Puissance [kW]				Rafraîchissement [MWh/an]				Puissance [kW]				Equipements [MWh/an]			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
HPE																									
Logements collectifs	I	121	109	101	0	101	91	84	0	141	126	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	203	188	0
Bureaux et services	III	11	11	0	0	4	4	0	0	10	10	0	0	17	17	0	0	24	24	0	0	22	22	0	0
Commerces	V	5	4	0	0	2	2	0	0	5	5	0	0	10	10	0	0	9	9	0	0	34	34	0	0
Total / Bât		136	124	101	0	107	97	84	0	156	142	117	0	27	27	0	0	33	33	0	0	281	258	188	0
TOTAL		361				289				415				53				66				727			

	Cl. SIA	Chaleur												Froid								Electricité			
		Chauffage [MWh/an]				ECS [MWh/an]				Puissance [kW]				Rafraîchissement [MWh/an]				Puissance [kW]				Equipements [MWh/an]			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
THPE																									
Logements collectifs	I	91	82	76	0	101	91	84	0	123	110	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	203	188	0
Bureaux et services	III	8	8	0	0	4	4	0	0	8	8	0	0	17	17	0	0	24	24	0	0	22	22	0	0
Commerces	V	3	3	0	0	2	2	0	0	4	4	0	0	10	10	0	0	9	9	0	0	34	34	0	0
Total / Bât		102	93	76	0	107	97	84	0	136	123	102	0	27	27	0	0	33	33	0	0	281	258	188	0
TOTAL		271				289				361				53				66				727			

Tableau 3 : consommations et puissances pour chaque bâtiment selon les standards HPE et THPE-2000W

Le graphique ci-dessous synthétise les besoins totaux selon les scénarios d'efficacité énergétique et par type de prestation.

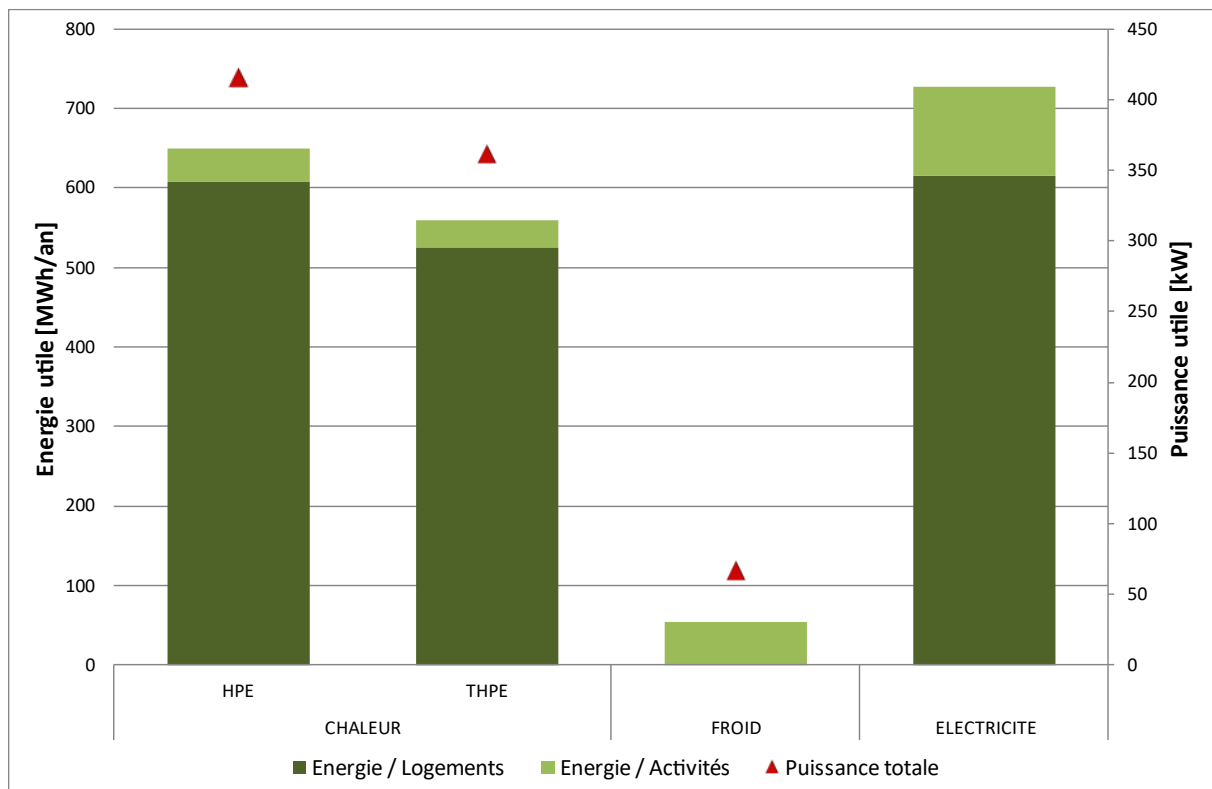


Figure 9 : synthèse des besoins énergétiques selon les scénarios HPE et THPE-2000W

6 Ressources énergétiques locales disponibles

Cette section synthétise les ressources énergétiques locales disponibles, aussi bien en termes énergétiques qu'en termes de puissance, et leur capacité à satisfaire les besoins du PLQ.

Les ressources suivantes sont considérées :

- Solaire thermique et PV
- Géothermie : basse profondeur (sondes et nappe), moyenne et haute profondeur
- Biomasse
- Eaux-usées
- Rejets thermiques
- Aérothermie

Nous allons dans ce qui suit préciser certains potentiels à l'échelle du périmètre.

6.1 Energie solaire

L'énergie solaire peut être valorisée de deux manières différentes : pour générer de la chaleur (panneaux solaires thermiques), ou pour générer de l'électricité (panneaux photovoltaïques). Des panneaux hybrides permettent actuellement de générer les deux conjointement, avec des rendements quelque peu affaiblis pour la production de chaleur, mais avec l'avantage de pouvoir s'affranchir de l'arbitrage entre la production de chaleur et la production d'électricité (la place en toiture étant limitée).

Les toits des nouvelles constructions seront essentiellement des toits plats, ce qui devrait faciliter la mise en place de panneaux solaires.

Les hypothèses et données ci-dessous ont été faites pour évaluer le potentiel solaire :

1. L'ensoleillement annuel sur surface horizontale pour Genève est de 1'200 kWh/m² selon la base de données Meteonorm (V6.1).
2. En se basant l'avant-projet de PLQ et sur l'empreinte au sol des bâtiments, la surface de toiture potentiellement exploitable est de 2'400 m².
3. Il est fait l'hypothèse que la surface de toit utile ou installable correspond à 65% de la surface de toit totale (tenant compte de la végétalisation, des marges entre bords de toiture et panneaux et des installations techniques en toiture) ; il en résulte ainsi une **surface utile de toiture de 1'600 m²**.
4. Rendements (selon catalogues de fabricants et expérience A+W):
 - a. Panneaux photovoltaïques (monocristallin) : 20%
 - b. Indice de performance – solaire PV (performance ratio) : 80%
 - c. Surface d'un module : 1.8 m²
 - d. Puissance d'un module : 420 Wc
 - e. Panneaux solaires thermiques (capteurs plans vitrés, orientés plein sud, avec une inclinaison de 30°) : rendement de **45%** (par rapport à l'irradiation solaire incidente) pour une couverture de 30% de l'ECS, et rendement de **30%** pour une couverture de 60% de l'ECS, d'après le cadastre solaire genevois (disponible sur le SITG).
 - f. Conduites et ballons de stockage : 90%.
5. Pour des panneaux inclinés à 30° (Solaire thermique), le rapport entre la surface des panneaux installés et la surface de toit utile est de 0,45.
6. Pour des panneaux inclinés à 10° (Solaire PV), le rapport entre la surface des panneaux installés et la surface de toit utile est de 0,7.

Avec les hypothèses ci-dessus, on obtient les potentiels solaires indiqués dans le tableau ci-dessous :

	Chaleur	Electricité		Couverture	Couverture	Panneaux	Toiture
	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	besoins elec.	besoins chal. HPE	[m ²]	[m ²]
Photovoltaïque (total)	-	230	223	32%	-	1 176	1 680
Panneaux hybrides (total)	265	187	181	26%	41%	1 176	1 680
Solaire thermique (total)	418	-	-	-	64%	756	1 680
Solaire thermique (30% ECS)	87	-	-	-	-	157	348
Solaire thermique (60% ECS)	173	-	-	-	-	470	1 045

Tableau 4 : potentiels solaires totaux et partiels, couverture des besoins d'électricité et de chaleur totale, surfaces de panneaux et de toiture utile (85% emprise bâtiments)

Le tableau ci-avant présente les potentiels en installant la totalité des toitures avec des panneaux solaires PV et hybrides, ou bien une partie des toitures avec du solaire thermique pour couvrir partiellement les besoins d'ECS (selon deux cas de figure : taux de couverture de 30% et 60%), en conformité avec la Loi sur l'énergie (taux minimum 30%).

Les surfaces de toiture suffisent largement à accueillir des panneaux solaires thermiques pour l'ECS (quel que soit le taux de couverture de 30% ou 60%) et offrent des surfaces supplémentaires pour des panneaux solaires PV. Ceux-ci peuvent se justifier en particulier pour compenser les dépenses électriques des pompes à chaleur éventuelles et des groupes froids. Par ailleurs, des panneaux solaires hybrides permettent de combiner production électrique et de chaleur, mais avec un rendement moindre pour la partie chaleur.

L'avantage aussi bien des panneaux solaires thermiques que photovoltaïques est le fait que ce sont des technologies connues et relativement faciles à implémenter (attention toutefois à la taille de l'installation). De plus, l'entretien est aisé, surtout pour le photovoltaïque (pas de circuit hydraulique).

Exigences légales

En fonction du standard énergétique du projet (HPE ou THPE-2000W), une puissance minimale est nécessaire pour répondre aux exigences légales. Les implications sont résumées dans le tableau ci-dessous, selon l'hypothèse que les 3 bâtiments suivent le même standard énergétique.

Standard énergétique	HPE	THPE-2000W
Puissance minimale requise [kW] selon REn art. 12B et 12C	149	446
Nombre de modules	354	1'062
Production électrique [MWh/an]	107	321
Surface de modules [m²]	640	1'920
Emprise en toiture [m²] (considérant un couvert végétal de type « mousse, plantes grasses » sous les panneaux)	1'275	2'820

Tableau 5 : exigences légales PV

La variante THPE-2000W n'est alors pas réalisable sans façade solaire.

A noter que les panneaux en façade sont en général moins performants et que la puissance spécifique (puissance par m² de façade active) est environ 50% plus faible que des panneaux solaires installés en toiture. Ainsi, pour une puissance équivalente, une surface de façade plus importante devra être équipée.

Les ombres proches, les contraintes architecturales et de protection incendie sont à prendre en compte très en amont lors de la planification d'une façade active.

6.2 Energie géothermique

La Figure 10 montre les secteurs d'exploitation de la géothermie. **Cette donnée ayant été mise à jour depuis la précédente version du SITG, elle invalide le scénario valorisant la géothermie via des sondes.**



Figure 10 : zones d'autorisation de sondes (source : SITG)

6.2.1 Puisage dans la nappe phréatique

Le PLQ 30'123 ne se situe pas sur une nappe phréatique, il n'y a donc pas de potentiel calculé.

6.3 Air

Pour le chauffage des locaux, l'énergie contenue dans l'air ambiant représente une ressource énergétique intéressante. Elle est omniprésente, pour ainsi dire infinie, et sa valorisation à l'aide d'une pompe à chaleur se fait aisément. De plus, les systèmes de pompe à chaleur air/eau sont moins coûteux à l'investissement que les systèmes sol/eau, du fait qu'il ne faut pas de structures géothermiques.

La principale contrainte lors de la valorisation de cette énergie, est donnée par la quantité d'air qu'il faut faire circuler, et donc par la taille des conduites, si les unités ne sont pas placées sur le toit ou que les puissances sont grandes (plus que 50 kW environ). Si les unités sont placées sur le toit, cette contrainte tombe. Un arbitrage doit alors s'effectuer entre la surface dédiée aux éventuels panneaux solaires et les PAC air/eau.

Au niveau énergétique, il faut également noter que les pompes à chaleur air/eau ont des rendements exergétiques jusqu'à 30% moins bons que les pompes à chaleur sol/eau, ce qui se traduit par une consommation d'électricité plus élevée. Cette consommation plus élevée peut cependant être compensée en été, lors de la production d'ECS. En effet, la température de l'air étant en principe plus élevée en été que la température des eaux de surface, le COP d'un système air/eau peut s'avérer meilleur en été, que celui d'un système eau/eau.

Avantages

Les pompes à chaleur air/eau sont faciles à installer et à utiliser.

Inconvénients

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

Conclusion

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

6.4 Energie de la biomasse

Localement, les valeurs moyennes d'immissions de NO₂ des dernières années se situent en dessous du seuil de 30 µg/m² fixé par l'OPair (voir 5.2.1.1). Cependant, la proximité de la limite et l'environnement globalement urbain dans lequel se situe le quartier rend l'utilisation de la biomasse peu pertinente. D'une part, les ressources disponibles – évaluées dans le cadre du projet VIRAGE [7] – relèvent d'une gestion régionale et, d'autre part, les contraintes de qualité de l'air restreignent grandement le recours à des installations de combustion de la biomasse (bois en particulier) en milieu urbain. Quant à la valorisation par méthanisation ou gazéification, celle-ci n'est actuellement maîtrisée que dans des installations de grande échelle et doit être réfléchie à échelle du Canton de Genève dans son ensemble.

Conclusion

L'énergie de la biomasse n'apparaît pas comme une source d'approvisionnement locale centralisée pertinente sur le périmètre restreint considéré.

6.5 Rejets thermiques

Aucune source de rejets disponible n'a été identifiée à proximité.

Conclusion

L'énergie issue des rejets thermiques ne présente aucun potentiel pour le périmètre restreint.

6.6 Energie éolienne

Le contexte urbain dans lequel se situe l'étude du concept énergétique, ne permet pas une valorisation efficace de l'énergie éolienne. De plus, avec une vitesse annuelle moyenne à Genève de 0 - 3,4 ± 1 m/s à 50 m au-dessus du sol [8], Genève ne figure pas clairement parmi les sites économiquement favorables à l'implantation d'une éolienne, quelle que soit sa taille. Entre le manque de vent, la densité de la population, et la bise soufflant souvent par rafales, une éolienne n'aurait que peu de chance d'obtenir les autorisations nécessaires et ne serait clairement pas une solution raisonnable.

Conclusion

L'énergie éolienne ne présente aucun potentiel pour le périmètre restreint.

6.7 Eaux usées

Deux options sont envisageables pour la valorisation thermique des eaux usées :

1. Récupération directement dans le collecteur public, avec l'installation d'un échangeur de chaleur directement dans ce collecteur : dans ce cas, différentes contraintes doivent être prises en compte :
 - D'une part, il faut un débit minimum des eaux usées de 15 l/s. En admettant une consommation d'environ 160 l/pers/jour pour un ménage moyen [10] ceci correspondrait à un bassin de population d'environ 6'500 personnes.

- D'autre part, ces collecteurs doivent disposer d'un diamètre supérieur ou égal à 800 mm [11]³. Enfin, l'abaissement de température des eaux usées ne doit pas affecter le fonctionnement des STEP.
2. Récupération de chaleur au niveau du bâtiment lui-même, avec l'installation d'un stockage tampon doté d'un échangeur de chaleur (système type « FEKA® »). En première approximation, et pour un système de récupération bien isolé, on peut admettre une récupération de 60% de l'énergie contenue dans les eaux usées. Si l'ECS est produite à 55°C, un COP de 5 environ pour la pompe à chaleur valorisant les eaux usées du bâtiment est réaliste. Pour 1 kWh d'eaux usées rejetées par le bâtiment, on peut donc générer 0,8 kWh d'ECS. Un tel système n'est cependant rentable que pour des immeubles à partir de 60 habitants environ, donc lorsque la production d'eaux usées du bâtiment est importante [9]. Il n'est pas adapté pour des bâtiments administratifs.

Concernant la première option (échangeur sur collecteur), il n'y a actuellement pas de collecteur avec un diamètre et débits suffisants situé à proximité.

La deuxième option (valorisation au niveau des bâtiments) concerne en particulier les bâtiments neufs majoritairement affectés aux logements. Les eaux usées peuvent être collectées et valorisées via le système FEKA® soit individuellement par bâtiment ou bloc de bâtiments, soit de façon centralisée pour tous les bâtiments neufs, impliquant aussi une PAC centralisée. Le deuxième cas est sans doute meilleur, garantissant un débit et donc une puissance suffisante. Le tableau ci-dessous estime le nombre d'habitants total des bâtiments neufs (selon l'hypothèse 1 logement = 110 m² = 2.5 habitants), le débit d'eaux usées et la puissance pouvant être générée au niveau de la PAC centrale ; cette puissance est mise en perspective avec les besoins de puissance selon les standards énergétiques. Le calcul de puissance se base sur les hypothèses, d'après une notice de la société FEKA [12], que la température moyenne des eaux-usées (relativement constante toute l'année) en sortie des bâtiments est de 23°C et qu'après échange de chaleur, la température du fluide ne doit pas tomber en dessous de 5°C. Il en résulte un ΔT potentiel de 16°C.

Nb habitants [hab]	Ressource - eaux usées			Besoins utiles chaleur (pièces Ea et Eb)		
	Débit total [l/j]	[m ³ /s]	Puissance PAC [kW]	SIA 380/1 [kW]	HPE [kW]	THPE [kW]
330	52 772	0.000611	51	470	415	361

Tableau 6 : puissance utile continue potentiellement fournie par les rejets des eaux-usées au condenseur de la PAC

La puissance donnée dans le tableau ci-dessus (moins de 10% des besoins de puissance selon HPE) correspond à une puissance moyenne continue (selon le débit moyen journalier ramené en m³/s). Le système FEKA® permet justement de stocker l'énergie fournie par les eaux-usées pendant plusieurs heures (selon la dimension du stock) avant de la restituer à l'approvisionnement des besoins de chaleur. Ainsi, en fonction du volume de stockage, il en résulte une puissance effective pouvant couvrir jusqu'à près de 30 à 40 % des puissances de pointe de chaleur.











Conclusion

Le système FEKA®, en combinaison avec un système d'appoint (chaudière gaz, CAD) pour couvrir les besoins de pointe, peut tout à fait être considéré comme éligible pour approvisionner le quartier.

³ La taille du diamètre minimal sert, d'une part, à assurer un débit minimal requis pour des raisons économiques, et, d'autre part, à garantir un accès sécurisé aux ouvriers.

6.8 Synthèse des sources d'approvisionnement pertinentes

Le tableau suivant récapitule les opportunités et contraintes relatives à la valorisation des différentes ressources étudiées dans les sections précédentes.

Type	Remarque	Éval.
Mazout	Interdit pour toute nouvelle construction.	
Gaz	Interdit pour des bâtiments neufs. Selon disponibilité, utile comme appoint et secours (aux réseaux CAD). Privilégier l'augmentation de la part de biogaz dans le réseau (SIG).	
Biomasse	Le chauffage au bois pourrait s'envisager sous réserve des contraintes liées à la pollution de l'air en NOx et PM10. Le périmètre étant situé dans un secteur urbain en densification, les valeurs affichées au chapitre « Qualité de l'air » pourraient évoluer.	
Energie solaire	Potentiel (panneaux PV et/ou thermique) sur tout bâtiment neuf – hormis ombrages trop importants. Pour l'atteinte du standard THPE, équiper les façades.	
Sondes géothermiques	Restriction concernant les forages sur le secteur.	
Nappe	Pas de potentiel localement.	
Eaux de surface	Pas de potentiel localement.	
Aérothermie	Solution possible à l'échelle individuelle de chaque bâtiment.	
Rejets industriels	Pas de rejets majeurs liés aux activités à proximité-	
Eaux usées	Pas de conduite d'eaux usées de diamètre suffisant autour du PLQ. Potentiel lié aux besoins des bâtiments prévus au PLQ valorisable grâce à un système FEKA	




 disponible et à recommander,  disponibilité limitée ou incertaine et/ou non prioritaire,  non disponible et/ou à éviter

Tableau 7 : évaluation qualitative et synthétique du potentiel des ressources

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

- Solaire : thermique pour satisfaire une partie des besoins (ECS) ; PV (besoins électriques des PAC notamment), hybride (production à la fois d'eau chaude et d'électricité).
- Air (pompes à chaleur air/eau) : potentiel susceptible de couvrir l'ensemble des besoins de chaleur.
- Eaux usées (PAC eau-eau) : grâce au système FEKA combiné à une chaudière gaz ou un CAD.
- Bois : le périmètre n'étant pas situé dans une zone à immission excessive en PM10 et NO₂, un système d'approvisionnement au bois (chaudière centralisée + réseau CAD) peut être théoriquement envisagé ; cependant, ce système produisant de la chaleur à haute température est peu adéquat avec du chauffage à basse température des bâtiments neufs.

7 Scénarios d'approvisionnement

Cette section présente deux scénarios d'approvisionnement énergétique pour le PLQ 30'123. Pour chacune des options, un schéma simplifié du système d'approvisionnement proposé, ainsi qu'une évaluation de la contribution respective des différentes ressources à la satisfaction des besoins du futur quartier, est donné.

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

On rappellera également, que dans le cadre d'un éventuel phasage de la construction des différents bâtiments, les scénarios doivent pouvoir être réalisés même si l'ensemble des bâtiments n'est pas construit en même temps.

7.1 Présentation des scénarios en bref

Trois scénarios sont proposés avec différents niveaux de centralisation des installations.

1. Scénario 1 « PAC air-eau individuelles par bâtiment » (décentralisé) : installation de PAC air-eau individuelles par bâtiment.
2. Scénario 2 « géothermie solaire et réseau de quartier » (semi-centralisé) : cette variante a été abandonnée.
3. Scénario 3 « réseau CAD – Géniterre » (centralisé) : réseau thermique structurant, alimenté à maximum 20% par du gaz (horizon 2030), puis par des énergies renouvelables (géothermie moyenne profondeur) et des énergies de récupération (incinération des ordures ménagères via CADIOM et PAC valorisant la chaleur fatale de la STEP d'Aïre).

7.2 Hypothèses générales relatives aux scénarios

Les besoins évalués dans la section 5.5 correspondent à de l'énergie utile. Or, selon la stratégie d'approvisionnement choisie, les systèmes de transformation auxquels il faut faire appel ont des rendements variables et induisent donc des besoins différents en énergie finale. Sur ce point et d'autres, les hypothèses suivantes ont été utilisées comme base pour l'élaboration des scénarios qui suivent :

- Rendement chaudière gaz à condensation : 0.9.
- Rendement de distribution du chauffage à distance : 0.95.
- Les surfaces des locaux techniques (chaudières, groupes froid) sont calculées selon les normes SIA 384/1 (chaleur) et 382/1 (froid).

7.3 Scénario 1 : PAC Air-Eau

Ce premier scénario comprend :

1. Une enveloppe où les besoins de chauffage sont inférieurs ou égaux à 80% des besoins admissibles de chaleur pour le chauffage définis par la norme SIA 380/1 : 2016 selon le standard HPE.
2. PAC air/eau individuelles par bâtiment pour satisfaire les besoins de chauffage et, en partie, d'ECS ; COP moyen annuel de 3.4.
3. Une couverture des besoins d'ECS par au moins 30% avec du solaire thermique.
4. Les besoins de froid sont alimentés par des groupes froids.
5. Électricité livrée par le réseau, avec une option de couverture des besoins des groupes froid, des PAC (50%) et une partie des besoins électriques (20%) par des panneaux solaires PV.

Il faut en effet rappeler que, selon la *Directive relative aux projets de construction, de rénovation ou de transformation de bâtiments* article 7 [18], il n'est possible de déroger à l'obligation de satisfaire 30% des besoins d'ECS avec des panneaux solaires thermiques, que si le COP de la PAC (pour une production d'eau chaude à 55°C) est supérieur à 3.9 (EN 14511) ou 3.7 (EN 255). Or, comme de pareils COP sont difficiles à atteindre avec une PAC air/eau, nous prenons en compte dans la présente variante la production solaire couvrant 30% des besoins d'ECS.

Le principe de ce scénario est présenté dans le schéma ci-dessous :

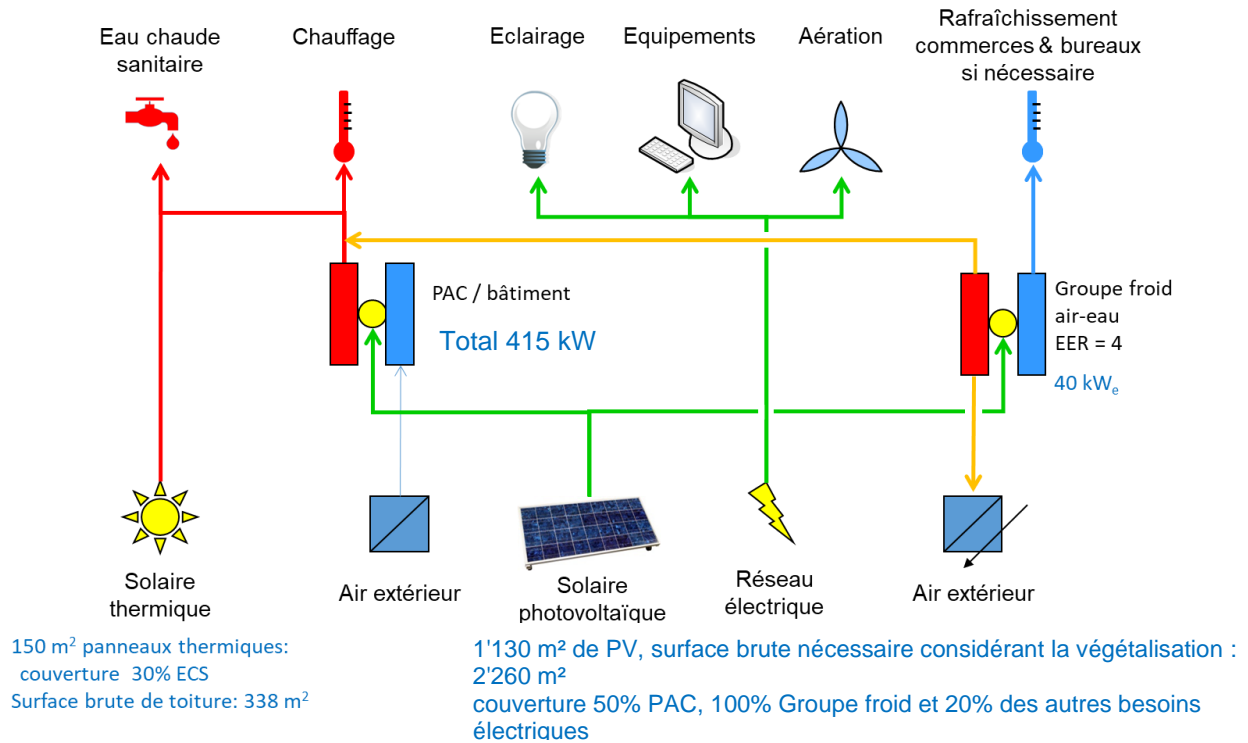


Figure 11 : scénario 1 « Air » avec des valeurs indicatives correspondant au standard HPE

Les principales caractéristiques de ce scénario sont présentées dans le tableau ci-dessous, en distinguant les standards HPE et THPE :

PAC Air-eau	HPE
Besoins thermiques et locaux techniques	
Puissance installation chaud [kW]	415
Surface totale des chaufferies par bâtiment [m ²]	83
Energie de chauffage couverte par PAC	100%
Energie d'ECS couverte par solaire thermique	30%
Puissance utile totale froid [kW]	66
Surface local production froid (groupe froid) [m ²]	25
Solaire thermique	
Energie requise pour part solaire ECS [MWh/an]	87
Surface de panneaux solaires thermiques [m ²]	157
Surface de toiture brute requise pour l'ECS [m ²]	348
Electricité et solaire PV	
Electricité requise pour PAC [MWh/an]	125
Electricité requise pour les groupes froid [MWh/an]	13
Electricité PV générée [MWh/an]	107
Electricité de réseau requise [MWh/an]	759
Surface de panneaux solaires PV (option) [m ²]	1 131
Puissance solaire PV installée [kWc]	192
Surface de toiture brute requise pour solaire PV [m ²]	1 615

Tableau 8 : principales caractéristiques du scénario « Air », selon le scénario de demande HPE

Conclusion

La solution PAC air-eau à l'échelle de chaque bâtiment est une bonne alternative renouvelable dans le cas où des sondes ne seraient pas installées. Cependant, la performance (COP) est peu élevée, et induit des contraintes en matière de bruit et d'occupation en toiture (PAC et local technique).

7.4 Scénario 2 : Géothermie solaire

Indisponible, une interdiction de forer ayant été mise en place.

7.5 Scénario 3 : réseau thermique structurant Géniterre

Ce scénario comprend :

1. Une enveloppe où les besoins de chauffage sont inférieurs ou égaux à 80% des besoins admissibles de chaleur pour le chauffage définis par la norme SIA 380/1 :2016 selon le standard HPE.
2. Un raccordement des sous-stations par bâtiment au CAD Géniterre (40% usine d'incinération des ordures ménagères, via CADIOM, 20% gaz ; 40% d'énergie non-fossile à terme, répartis entre la géothermie moyenne profondeur et la récupération de chaleur sur la STEP d'Aïre) via des échangeurs, distribuant la chaleur nécessaire (~60°C) pour le chauffage et l'ECS.
3. Au sens de l'art. 12P (al. 1 et 2) du REn une dérogation pourrait être accordée concernant la pose de panneaux solaires thermiques, étant donné que les besoins d'ECS seraient couverts par d'autres énergies renouvelables : la part du gaz prévue (maximum 20%) dans le CAD permet de satisfaire bien largement ce minimum de 30% des besoins d'ECS. Cette éventuelle dérogation devra être confirmée et précisée en phase d'autorisation à construire.
4. Les faibles besoins de froid sont alimentés par des groupes froids.
5. Des panneaux solaires PV permettant de satisfaire 20% des besoins électriques et 100% des besoins des groupes froid.

Le raccordement au réseau CAD présente l'avantage de réduire considérablement la taille du local des machines. En effet, les besoins de chaleur sont assurés par un simple échangeur de chaleur entre le CAD et le système de distribution de chaleur du bâtiment, échangeur qui prend nettement moins de place qu'une chaudière ou une pompe à chaleur.

Les besoins admissibles et les autres caractéristiques utiles sont les suivants dans le cadre d'un scénario basé sur le raccordement à Géniterre et le standard HPE.

Géniterre	HPE
Besoins thermiques et locaux techniques	
Puissance installation chaud [kW]	415
Surface totale des sous-stations [m ²]	75
Energie finale de chaleur fournie par Géniterre [MWh/an]	684
Part de CADIOM dans le mix du CAD-Palettes (40%) [MWh/an]	274
Part de gaz dans le mix du CAD-Palettes (20%) [MWh/an]	137
Part de chaleur issue de la STEP d'aïre dans le mix Géniterre (20%) [MWh/an]	137
Part de chaleur issue de la géothermie dans le mix Géniterre (20%) [MWh/an]	137
Puissance utile totale froid [kW]	66
Surface de local production froid (groupe froid) [m ²]	25
Electricité et solaire PV	
Electricité requise pour PAC [MWh/an]	0
Electricité requise pour les groupes froid [MWh/an]	13
Electricité PV générée [MWh/an]	107
Electricité générée par complément PV (option) [MWh/an]	149
Electricité de réseau requise si pas de PV [MWh/an]	740
Electricité de réseau requise [MWh/an]	633
Surface de panneaux solaires PV [m ²]	650
Puissance solaire PV installée [kWc]	111
Surface de toiture brute requise pour solaire PV (toiture biosolaire) [m ²]	1 300

Tableau 9 : principales caractéristiques du scénario « CAD-Géniterre », demandes selon standard HPE

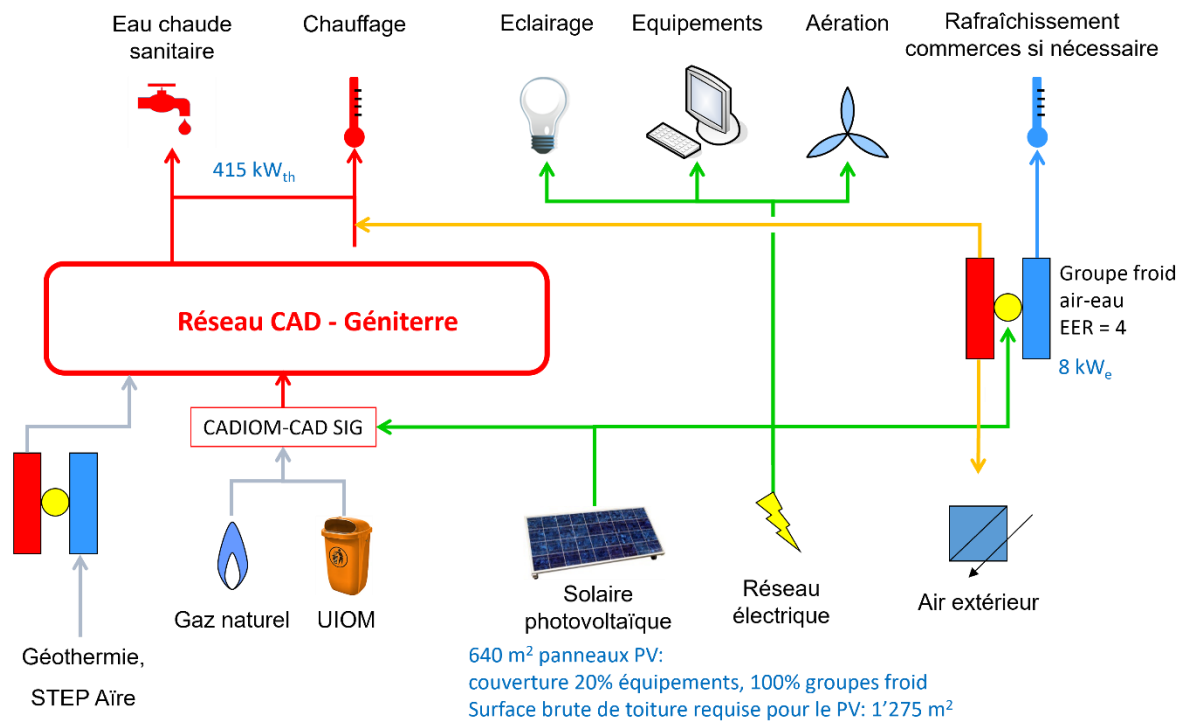


Figure 12 : Scénario 3 « CAD-Géniterre » selon standard HPE

Conclusion

Le réseau Géniterre constitue une variante crédible, la plus simple à mettre en œuvre pour la maîtrise d'œuvre.

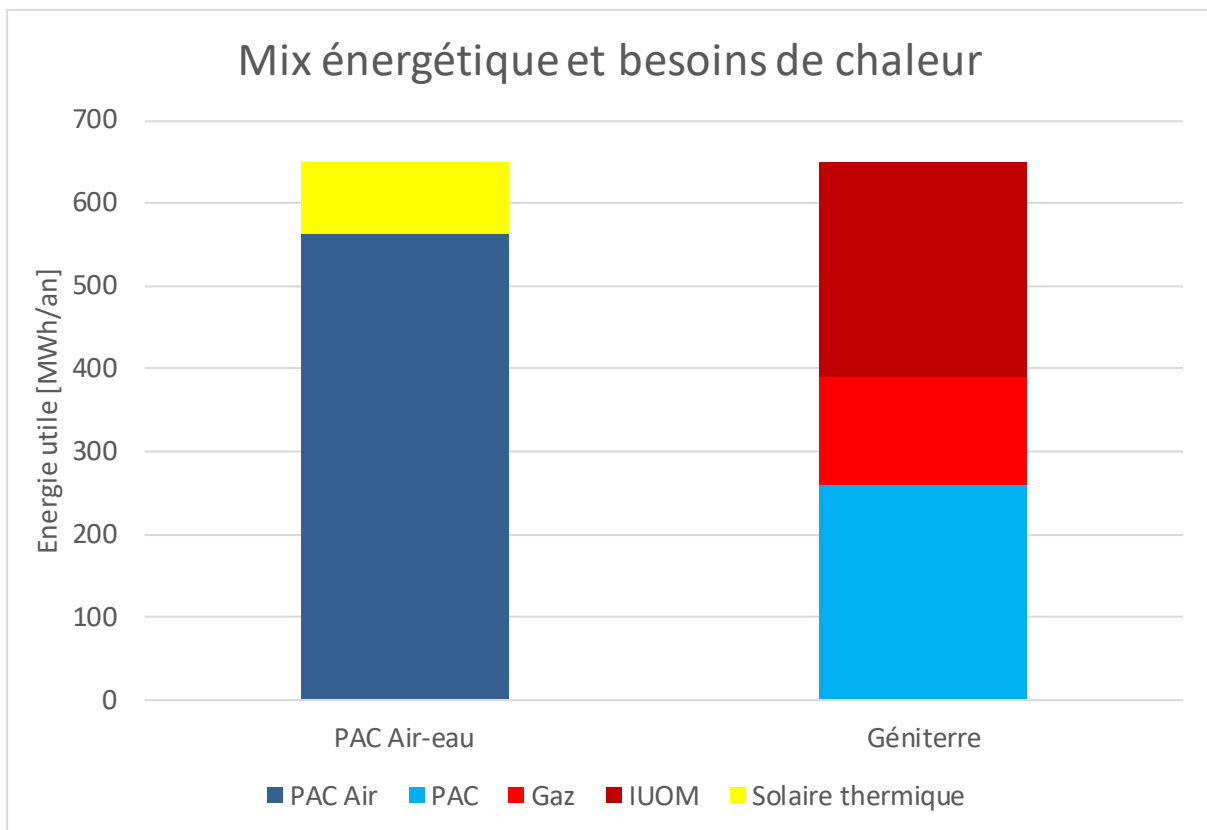
8 Synthèse comparative des scénarios

8.1 Comparaison quantitative des scénarios : bilan environnemental

Dans cette section, les différents scénarios sont comparés d'un point de vue quantitatif en fonction de la contribution des énergies renouvelables locales à la satisfaction des besoins totaux (thermiques et électriques) du périmètre, de la quantité de bois ou d'électricité qu'il faut importer du réseau, des émissions de CO₂, ainsi que de l'énergie primaire totale. Précisons que pour l'électricité, le tableau indique la quantité à importer pour satisfaire aussi bien les besoins liés aux équipements électriques, que les besoins liés aux PAC.

Les différents facteurs de conversion (énergie primaire, facteur primaire renouvelable, facteur émissions CO₂) sont tirés du tableur 'Données des écobilans dans la construction' de KBOB⁴ [17] et donnent une vision du bilan environnemental sur le système global (de l'extraction à la consommation des ressources). Le mix genevois est utilisé pour la consommation d'électricité, selon les données du marquage de l'électricité⁵.

Les graphiques ci-dessous donnent cette vue comparative en matière d'énergie finale, énergie primaire, émissions CO₂, part renouvelable, dans le cas de figure avec installations PV selon le standard HPE (10 W/m² SRE).



⁴ A noter que dans le cas du solaire thermique, seule la part de l'énergie finale utilisée directement pour le chauffage ou l'ECS est considérée dans le bilan.

⁵ <https://www.strom.ch/fr/services/marquage-de-lelectricite>

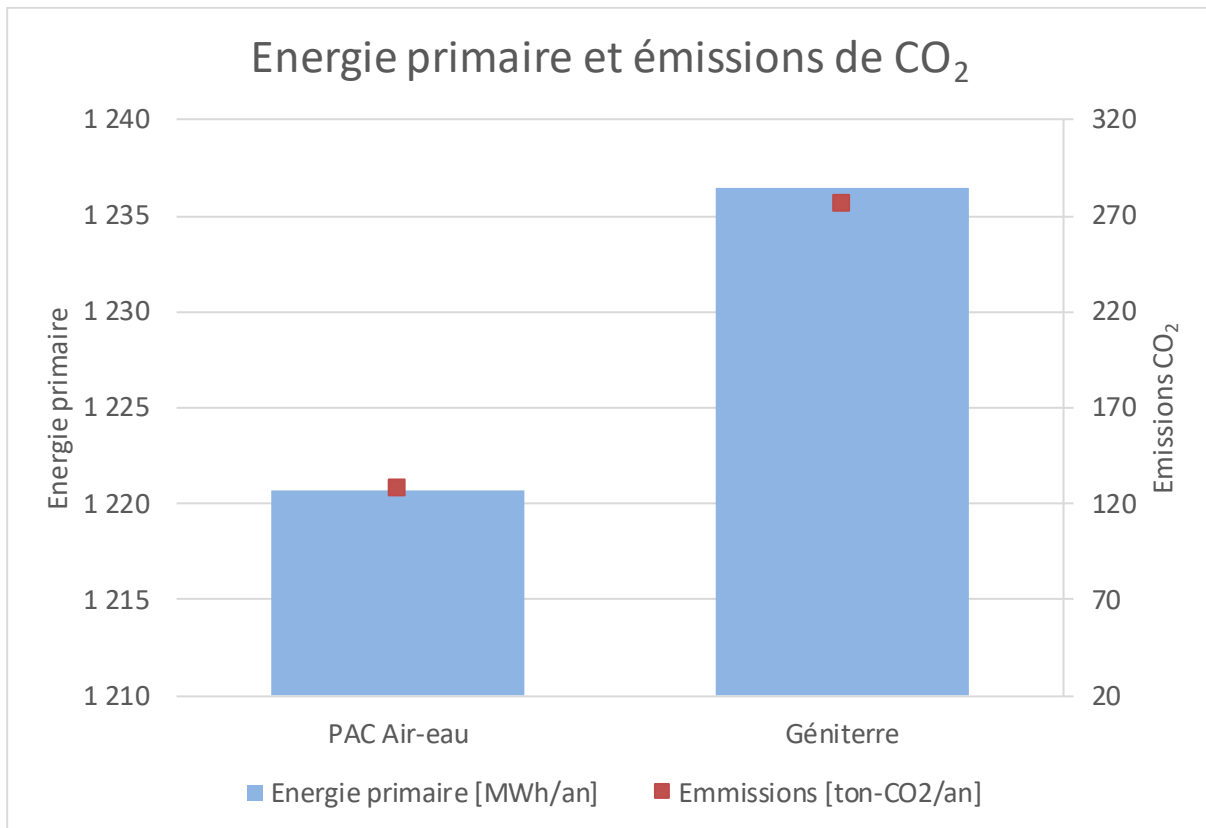


Figure 13 : visualisation graphique de la comparaison quantitative

La part du gaz (20%) dans le CAD péjore le bilan environnemental du scénario 3. Il contribue à plus de 2/3 des émissions. L'utilisation de biométhane contribuerait fortement à diminuer ces émissions.

8.2 Comparaison qualitative des scénarios

Une comparaison qualitative est également utile. Le tableau suivant récapitule ainsi les principaux avantages et inconvénients de chaque scénario. Il donne aussi, en prenant comme point de comparaison le scénario de base, les tendances au niveau de l'effort financier à fournir par les maître d'ouvrage des constructions selon les variantes dans l'investissement de départ des infrastructures énergétiques et des coûts annuels (capital, énergies, maintenance), d'après l'expérience du bureau A+W.





Scénario	Avantages	Inconvénients	Investissement	Coûts annuels
Air	Indépendance énergétique et haut taux d'énergie renouvelable.	Contrainte liée à l'obligation de mettre des panneaux solaires thermiques, performance (COP) assez faible, occupation en toiture et bruit. Bonne complémentarité avec le solaire PV.		
CAD-Géniterre	Facilité de mise en œuvre pour les bâtiments construits après le déploiement du CAD, et faible encombrement. Investissements à charge du contracteur.	Incertitude par rapport au prix du réseau (taxe de raccordement et prix de l'énergie), ces derniers paramètres n'étant pas encore définis publiquement. Réseau à haute température peu en adéquation avec les besoins basse température des bâtiments. Bilan environnemental peu favorable pour du neuf qui peut aspirer à un taux de renouvelable bien plus important et à faible émission.		

Tableau 10 : comparaison qualitatifs des scénarios

9 Infrastructures, équipements, phasage et mesures transitoires

9.1 Réservations spatiales pour le scénario 3 « CAD-Géniterre »

Le schéma d'implémentation spatiale de ce scénario demande les éléments suivants :

- Une sous-station par bâtiment avec un échangeur sur le réseau CAD
- Des conduites de distribution du réseau CAD. Il conviendra de définir plus précisément leurs cheminements.

La figure ci-dessous permet d'identifier à titre indicatif les réservations à effectuer.

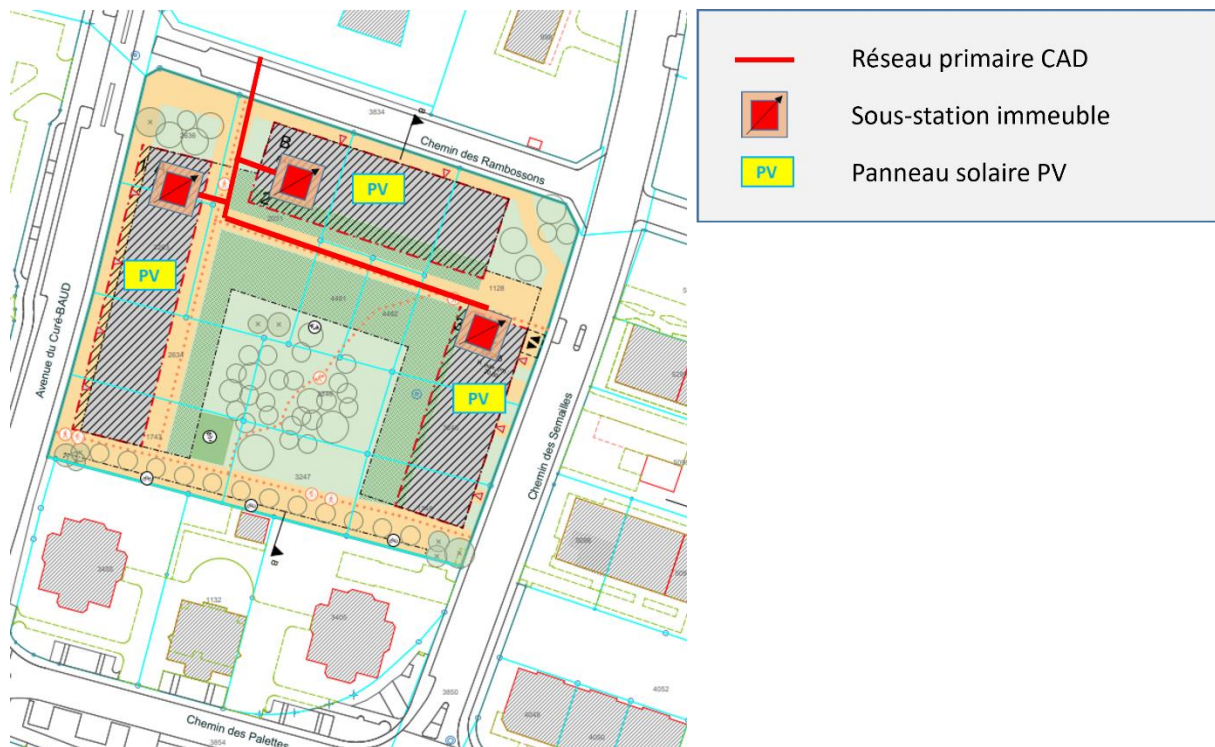


Figure 14 : schéma de réservation spatiale pour le scénario 3

9.2 Phasage des travaux et mesures conservatoires

Les principaux éléments en matière de phasage des travaux et de mesures conservatoires par scénario sont les suivants :

Scénario 1 : Chaufferies individuelles par bâtiment (PAC air-eau)

- Phasage des travaux : pas de contrainte particulière, chaque bâtiment construit installe sa propre installation de production de chaleur et d'ECS.
- Mesures conservatoires : envisager l'acquisition de courant naturemade Star pour alimenter les pompes à chaleur afin de garantir une haute qualité environnementale de l'électricité tout au long de l'année, notamment lorsque les besoins de la PAC dépasseront la capacité de production des panneaux solaires PV (en hiver).
- Exigences légales : une couverture de 30% des besoins d'ECS doit être assurée par des panneaux solaires thermiques.

Scénario 2 : Géothermie solaire

- Non-applicable

Scénario 3 : CAD-Géniterre

- Phasage des travaux :
 - o Selon les SIG (communication du 17.01.2023), la disponibilité du réseau CAD est garantie au moment de la mise en exploitation du premier bâtiment.
- Mesures conservatoires :
 - o Déterminer le tracé du réseau primaire vers le quartier et à l'intérieur du quartier pour le réseau de distribution vers les sous-stations.
- Mesures transitoires :
 - o CAD Palettes existant, ou autre, à définir avec SIG.
- Exigences légales
 - o Le taux d'énergie renouvelable de minimum 50% doit être garanti par l'exploitant du réseau pour atteindre le niveau de performance énergétique HPE, et un taux de 80% renouvelable doit être garanti pour atteindre le niveau de performance THPE-2000W.
 - o Lors d'un raccordement à un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables, le département peut accorder une dérogation à la pose de capteurs solaires thermiques.

10 Conclusion et recommandations

Ce concept énergétique territorial (CET) du PLQ 30'123 a permis de rappeler les principales orientations en matière énergétique définies aux échelons supérieurs (PDQ Semailles), de faire un état des lieux précis des besoins futurs (selon les standards genevois HPE et THPE-2000W) et des ressources énergétiques disponibles (tenant compte des contraintes du site), de proposer et comparer les scénarios d'approvisionnement possibles.

Sur ces trois scénarios, le premier (PAC Air) permet d'offrir une solution d'approvisionnement en très grande partie renouvelable et à faible émission CO₂ et s'inscrit en conformité avec les politiques énergétiques tant fédéral que cantonal selon la version actuelle du plan de déploiement des réseaux thermiques structurants.

Le second scénario d'approvisionnement (réseau de quartier sur sondes géothermiques) était la variante préconisée lors de la version 2 du CET (2018). Or, depuis, les connaissances du sous-sol s'étant affinées, le secteur étudié se trouve dorénavant dans une zone d'interdiction de forer. La variante géothermique n'est donc plus envisageable et son étude a été abandonnée.

La solution du réseau thermique structurant Géniterre (au maximum 20% gaz) constitue la variante à privilégier pour le périmètre du PLQ. La facilité de mise en œuvre des infrastructures énergétiques est à souligner, étant à la charge de SIG (réseau primaire).

Références

- [1] Stratégie fédérale 2050, <http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=fr>
- [2] *Rapport du Conseil d'Etat au Grand Conseil sur la conception générale de l'énergie 2005-2009 et projet de conception générale de l'énergie 2013*, Secrétariat du Grand Conseil, 8 mai 2013, <http://www.geneve.ch/grandconseil/data/texte/RD00986.pdf>
- [3] *CET 2011-36, Etude énergétique sur le périmètre élargi du plan directeur de quartier « Les Semailles »*. Amstein+Walthert, septembre 2011.
- [4] *CET n°2011-49, CET 2011-49 pour PLQ 29861 ("les Semailles" chemin des Palettes, avenue des Communes-Réunies)*. Amstein+Walthert, décembre 2011.
- [5] *CET 2011-46 PLQ n°29'835, Etude de la variante géothermique*. Amstein+Walthert, dernière version décembre 2011.
- [6] *Qualité de l'air 2014*, Service de protection de l'air du Canton de Genève.
- [7] *Valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération franco-valdo-genevoise (VIRAGE) dans une perspective de société à 2000W*, Faessler J., Université de Genève, 2011.
- [8] <http://www.wind-data.ch/windkarte/index.php?lng=fr>
- [9] *Heizen und kühlen mit Abwasser, Baudirektion Kanton Zürich, Septembre 2010*.
- [10] <http://www.energie-environnement.ch/economiser-l-eau/situer-sa-consommation-d-eau> .
- [11] *Chauffer et rafraîchir grâce aux eaux usées – Guide pour les maîtres d'ouvrage et les communes*, SuisseEnergie.
- [12] *Energie aus Abwasser, Lehrmittel – System Feka, FEKA, 15.12.2009, http://www.feka.ch/pdf/FEKA_Energie_aus_Abwasser.pdf*
- [13] *Kriterien für « Best-Practice » von verschiedenen Wärmepumpen-Systemen*, Hubacher P., Rognon F., 19. Tagung des Forschungsprogramms Wärmepumpen und Kälte des Bundesamts für Energie, 26. Juni 2013, Burgdorf
- [14] *Température de l'air à Genève, MétéoSuisse (Publiées en février 2017 par l'OCSTAT) : https://www.ge.ch/statistique/graphiques/affichage.asp?filtreGraph=02_02&dom=1*
- [15] *Chauffage par pompe à chaleur solaire avec des capteurs sélectifs non vitrés et accumulateurs à changement de phase*, Energie Solaire SA, édité par l'OFEN, Octobre 2012.
- [16] *Systèmes solaires & panneaux climatiques KIGO*, présentation Energie Solaire SA, mars 2016.
- [17] *Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics KBOB, <https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home.html>*.
- [18] *Directive relative aux projets de construction, de rénovation ou de transformation de bâtiment*, OCEN, mise à jour en 2014.