

CET Version n° 3 _Août 2013_Modifiée le 15 septembre 2016



Ville de Genève – Service de l'Urbanisme

PLQ ROSEMONT

Genève _ Eaux-Vives

CONCEPT ENERGETIQUE TERRITORIAL



CET n° 2013-08

OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE

Rue du Puits-Saint-Pierre 4

Case postale 3920

1211 Genève 3

16.09.2016

annule et remplace
la version validée le 28.8.2013

SOMMAIRE

0. PREAMBULE.....	3
1. MISE EN CONTEXTE.....	3
1.1. PRESENTATION DU PROJET	3
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	6
2. ETAT DES LIEUX ENERGETIQUE.....	8
2.1. INVENTAIRE DES ENERGIES DISPONIBLES (RESSOURCES ET INFRASTRUCTURES)	8
2.2. BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET	11
2.3. ACTEURS DU PROJET	13
3. PROPOSITIONS ET ANALYSE DES STRATEGIES ENERGETIQUES LOCALES	14
3.1. VARIANTE 1 : GAZ + SOLAIRE THERMIQUE	14
3.2. VARIANTE 2 : CCF GAZ + PAC + SOLAIRE THERMIQUE.....	15
3.3. VARIANTE 3 : AIR + SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	16
3.4. VARIANTE 4 : CAD DES EAUX-VIVES + SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	17
3.5. COUVERTURE SOLAIRE THERMIQUE OU PHOTOVOLTAÏQUE	18
3.6. COUVERTURE DES BESOINS DE FROID.....	18
4. COMPARAISON DES STRATEGIES ENERGETIQUES	19
4.1. CONTRIBUTION AUX OBJECTIFS DE POLITIQUE ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTALE.....	19
4.2. IMPLICATIONS TECHNIQUES ET SPATIALES	19
4.3. IMPLICATIONS ECONOMIQUES.....	20
4.4. ORGANISATION DES ACTEURS IMPLIQUES	20
4.5. MESURES A PREVOIR POUR LES NIVEAUX DE PLANIFICATION INFERIEURS	20
4.6. SYNTHESE.....	21
5. SYNTHESE DES ORIENTATIONS ET DES RECOMMANDATIONS POUR LES ACTEURS CONCERNES	22



0. Préambule

Situé à proximité de la gare des Eaux-Vives, le quartier de Rosemont est amené à se restructurer afin de créer une centralité forte autour de la future gare du CEVA.

La Ville de Genève souhaite développer ce quartier en cohérence avec le plan directeur communal qui prévoit l'évolution du secteur vers une mixité activités/logements. L'objectif est également de respecter les principes énoncés dans sa stratégie « 100% renouvelable en 2050 » visant à réduire les risques de dépendance structurelle envers les agents énergétiques fossiles.

Le présent rapport a pour but de faciliter la mise en œuvre du projet territorial d'un point de vue technique et énergétique.

1. Mise en contexte

1.1. Présentation du projet

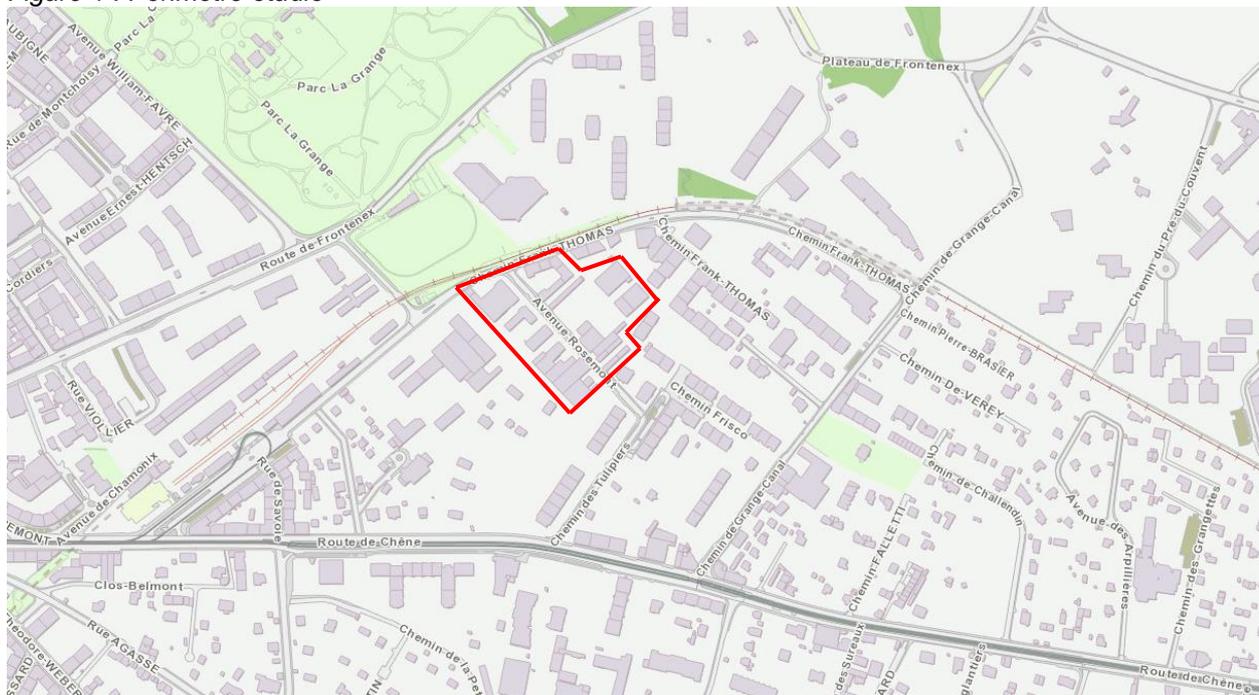
1.1.1. Périmètre étudié

Le présent projet de plan localisé de quartier (PLQ) est situé à Genève, section des Eaux-Vives, au niveau de l'avenue de Rosemont et du Chemin Frank-Thomas, et s'étend sur environ 26'500 m².

Il est situé au Sud-Est du Parc La Grange et à l'Est de la gare des Eaux-Vives.

Le quartier devrait beaucoup évoluer ses prochaines années grâce à la réalisation du CEVA et à la volonté de créer une centralité forte autour de la gare des Eaux-Vives, future gare CEVA.

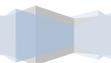
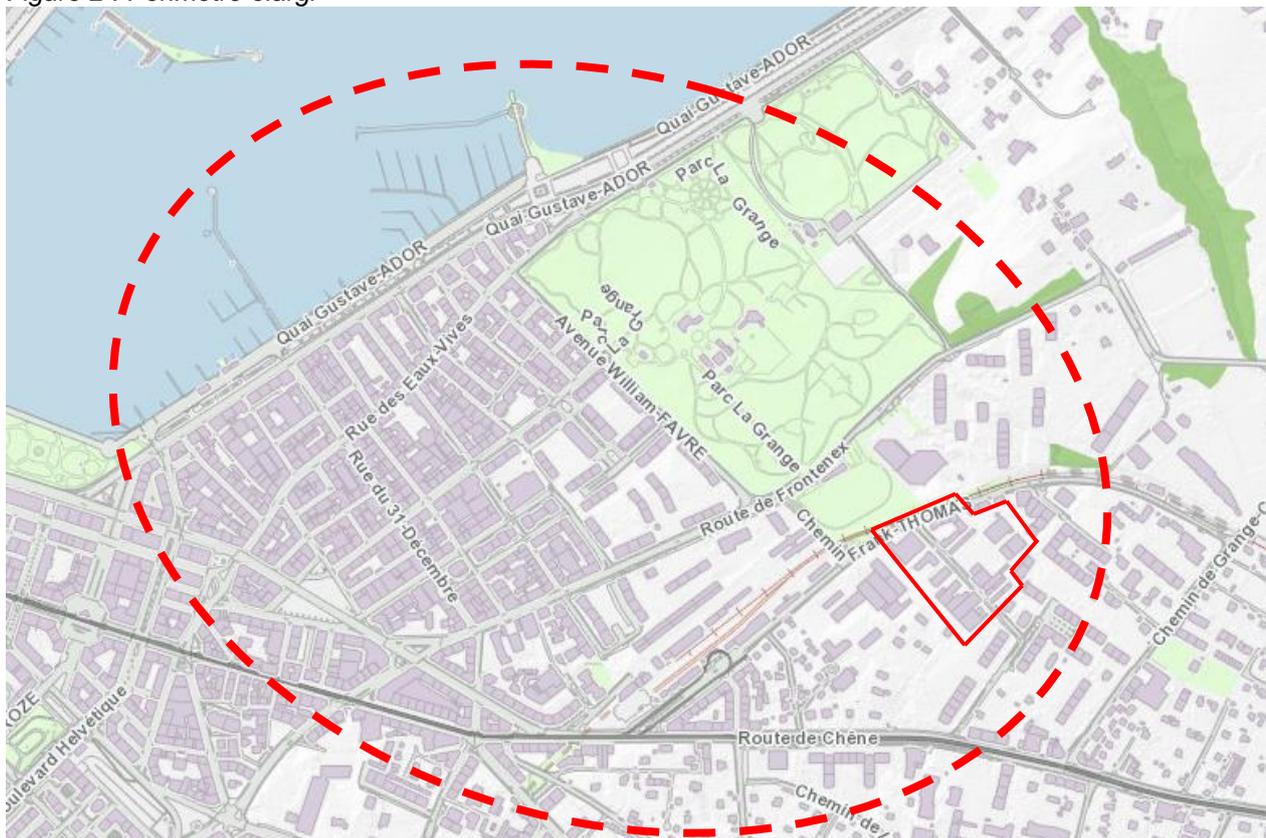
Figure 1 : Périmètre étudié



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

Dans le cadre de cette étude, il semble pertinent d'intégrer notamment la gare des Eaux-Vives, et le projet de réseau de chaleur des Eaux-Vives.

Figure 2 : Périmètre élargi



1.1.2. Bâtiments projetés

Le projet prévoit la création de 6 secteurs opérationnels comprenant chacun un parking en sous-sol, et un socle dédié à l'activité sur lequel des ensembles de logements viennent s'ériger. Les gabarits prévus sont de type R+6 à R+8, pour une surface brute de plancher (SBP) totale de 57'900 m².

Figure 3 : Image provisoire du PLQ



1.1.3. Contexte environnemental

Qualité de l'air

La qualité de l'air au niveau du périmètre étudié est moyenne. Les immissions de NO₂ sont juste en-dessous du seuil de 30 µg/m³ fixé par l'Ordonnance sur la Protection de l'Air (OPAIR).

Figure 4 : Cadastre des immissions de NO₂, source : SITG



Bruit

Les parcelles du projet sont classées en zone DSIII selon l'Ordonnance sur la Protection contre le Bruit (OPB). Les valeurs à respecter sont :

Lr jour = 65 dB(A)

Lr nuit = 55 dB(A)

Figure 5 : Cadastre bruit, source : SITG



1.2. Objectifs de l'étude

1.2.1. Objectifs du concept énergétique territorial

L'objectif du présent concept énergétique territorial (CET) est d'étudier, dès la naissance du projet, les différentes stratégies énergétiques envisageables, afin de prendre en compte au plus tôt les aspects suivants :

- Les interactions avec l'environnement, les bâtiments voisins, les acteurs du territoire ;
- La réduction des besoins en énergie ;
- Le développement des infrastructures efficaces pour la production et la distribution d'énergie ;
- Le recours aux énergies renouvelables locales et rejets thermiques.

1.2.2. Contexte politique et institutionnel

La réalisation de ce concept énergétique territorial (CET) s'inscrit dans le cadre de la loi sur l'énergie L 2 30 et de son règlement d'application.

D'après cette loi, la réalisation de tels CET est obligatoire au niveau des plans directeurs et localisés.

Par ailleurs, les nouveaux bâtiments doivent répondre à un standard de haute performance énergétique (Minergie ou équivalent) et être équipés de panneaux solaires thermiques couvrant au minimum 30% des besoins en eau chaude sanitaire (ECS). Des exceptions sont prévues dans le cas de la couverture de ces 30% par d'autres énergies renouvelables.

De plus, ce PLQ s'inscrit dans l'objectif à long terme d'une "Société à 2'000 watts" et dans la démarche de la Ville de Genève d'être "100% renouvelable en 2050".

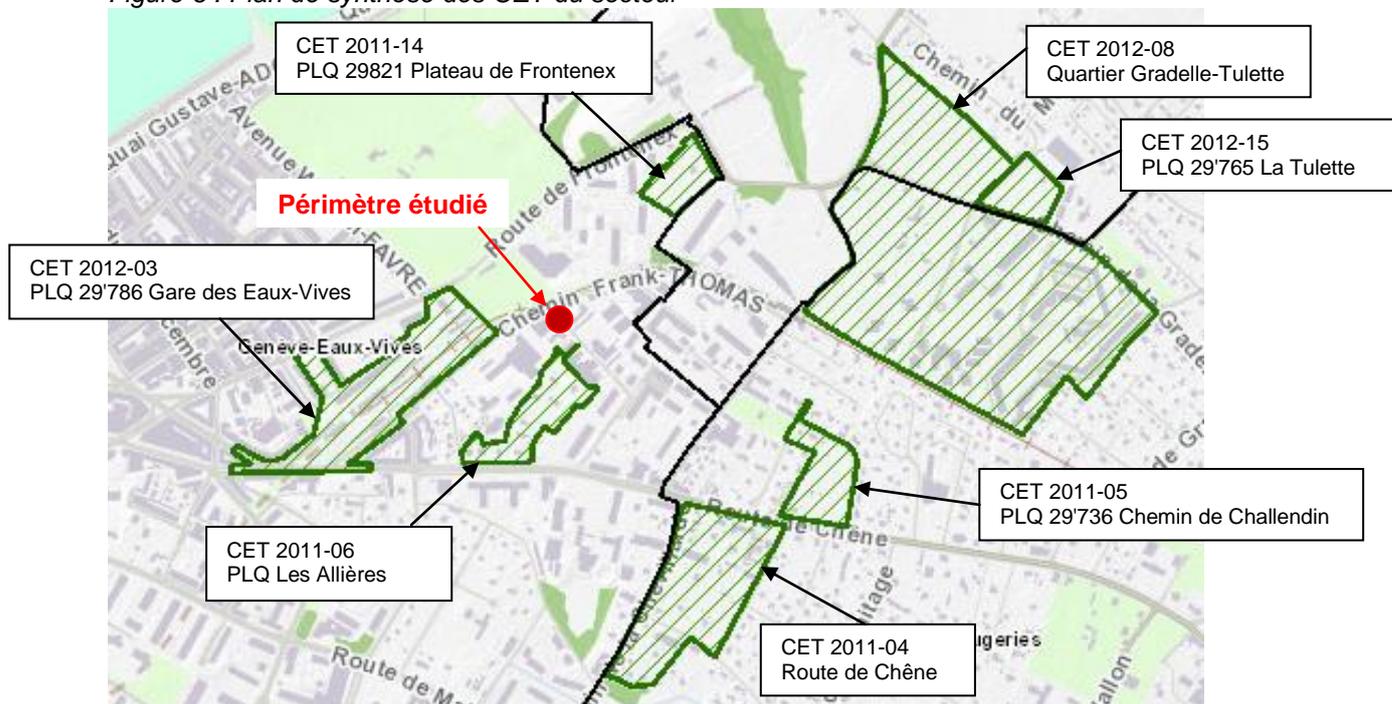
Cette dernière consiste notamment à exploiter au maximum les ressources renouvelables et à limiter autant que possible l'utilisation des énergies fossiles.

1.2.3. Concepts énergétiques territoriaux en lien avec le périmètre concerné

Le concept énergétique du périmètre étudié doit s'intégrer à la planification énergétique territoriale existante.

La carte ci-dessous indique les CET établis et validés à proximité du périmètre étudié.

Figure 6 : Plan de synthèse des CET du secteur



Ces concepts énergétiques (hors gare des Eaux-vives) prévoient principalement des stratégies basées sur des pompes à chaleur (selon les PLQ, différentes sources de chaleur sont proposées : sondes, air, eaux usées) avec complément solaire (thermique ou photovoltaïque).

Pour le quartier Gradelle-Tulette, une solution CCF + PAC sur sondes avec réalisation d'un CAD pour le quartier est proposée.

Le concept énergétique de la gare des Eaux-vives (besoins de chaud et de froid à couvrir) propose également une variante de raccordement à un réseau d'eau du lac, ainsi qu'une variante géothermie basée sur la valorisation de l'énergie géothermique dans les structures du CEVA, mais ce projet de géostructures a depuis été abandonné.

2. Etat des lieux énergétique

2.1. Inventaire des énergies disponibles (ressources et infrastructures)

Energie solaire

Les toitures des bâtiments actuellement présents sur le périmètre étudié bénéficient globalement d'une irradiation solaire peu favorable.

Les bâtiments projetés auront des gabarits plus élevés que l'existant, et leurs toitures auront une orientation favorable (Sud-Est), à l'image des immeubles environnants situés en dehors du périmètre, et qui bénéficient d'un bon ensoleillement.

Figure 7 : Irradiation solaire en toiture, source : SITG



De plus, les toitures des bâtiments projetés ne devraient pas subir d'ombrages défavorables.

L'énergie solaire thermique et l'énergie solaire photovoltaïque sont donc des énergies disponibles.

Bois, biomasse

La mise en place d'une installation productrice de chaleur alimentée au bois ou aux dérivés de bois d'une puissance supérieure à 350 kW n'est pas autorisée sur la commune de Genève (selon la directive OCEN relative aux projets d'installations techniques).

Cette ressource n'est donc pas retenue pour la suite de l'étude.

Mazout

Le mazout est une énergie disponible mais non souhaitée par la Ville de Genève. Elle ne sera pas retenue pour la suite de l'étude.

Gaz naturel

Le réseau gaz est présent en haute pression sur le chemin Frank-Thomas. Cette énergie est donc disponible ; il faudra éventuellement vérifier auprès des SIG que la puissance demandée peut être fournie.

Remarque : la Ville de Genève ne souhaite pas que le gaz soit la source d'énergie principale, mais qu'il soit utilisé si besoin comme énergie d'appoint et/ou de secours.

Géothermie

L'installation de sondes géothermiques n'est pas autorisée sur le périmètre étudié. La géothermie n'est donc pas une énergie disponible.

Figure 8 : Zones d'autorisation des sondes géothermiques, source : SITG



Air

L'air ambiant peut être utilisé comme source de chaleur pour des pompes à chaleur (PAC) air/eau.

Réseau de chaleur

A ce jour, il n'y a pas de réseau de chauffage à distance (CAD) à proximité du périmètre d'étude.

Le réseau CAD proposé pour le quartier Gradelle-Tulette (cf chapitre 1.2.3) est trop éloigné du PLQ Rosemont et il n'est pas intéressant d'envisager un raccordement.



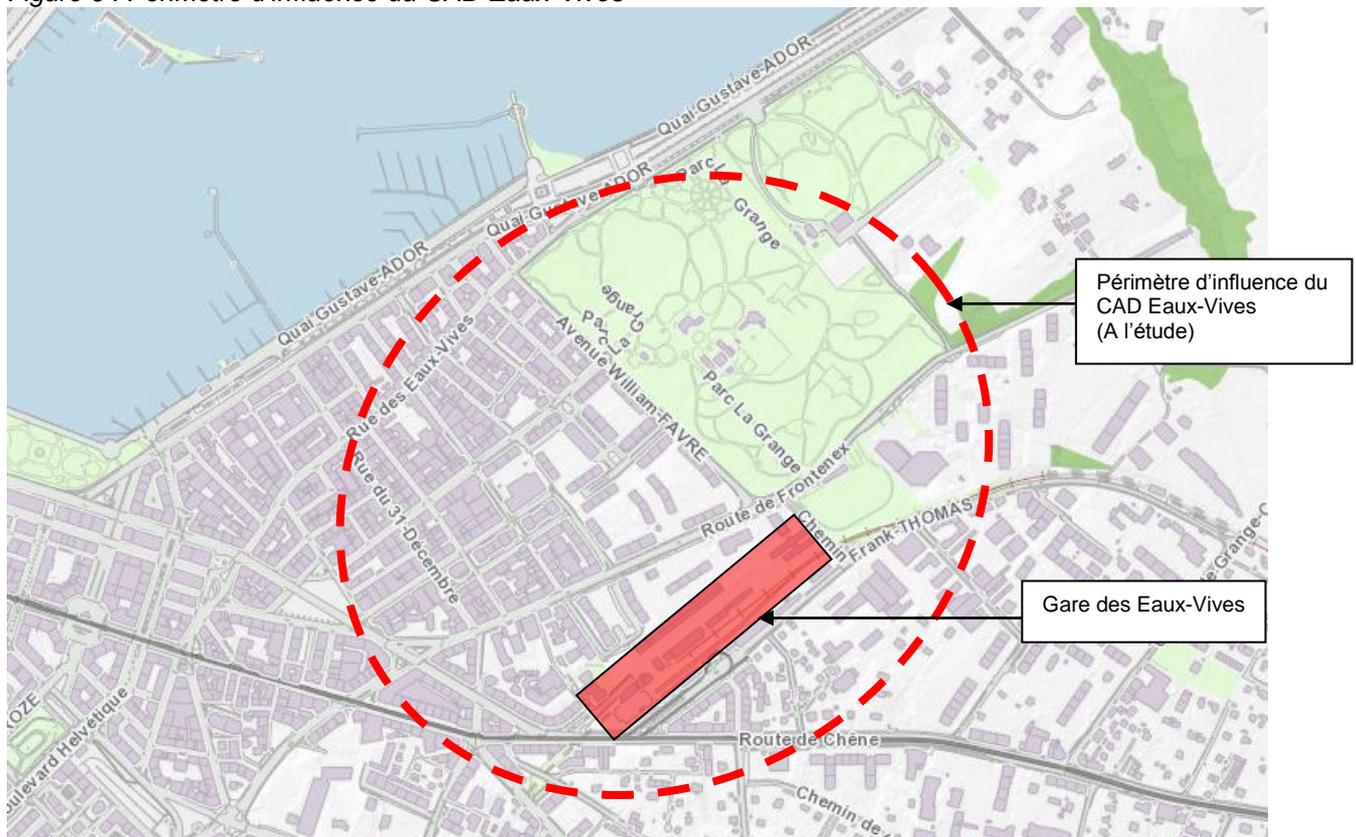
En revanche, un gros projet de réseau de chaleur initié par les SIG (et aujourd’hui mené par la Ville de Genève, les SIG et l’OCEN) est à l’étude pour Genève Eaux-Vives (CAD des Eaux-vives). Ce projet se base sur l’installation d’une PAC haute température de grosse puissance, alimentée par l’eau du lac, et qui permettrait d’alimenter en chaleur haute température (75°C) un large périmètre.

En parallèle du CAD, un réseau d’eau du lac (environ 7°C) devrait être développé pour alimenter en froid certains gros consommateurs du périmètre (notamment la gare des Eaux-Vives).

La zone d’influence potentielle du CAD serait centrée sur la future gare des Eaux-Vives, et est représentée sur le plan ci-dessous.

Pour la rentabilité d’un tel réseau, il est intéressant d’obtenir une bonne densité de preneurs de chaleur, et le périmètre de Rosemont s’inscrit dans cette logique.

Figure 9 : Périmètre d’influence du CAD Eaux-Vives



En terme de planning, l’objectif serait de pouvoir alimenter certains bâtiments projetés de la gare des Eaux-Vives, c’est-à-dire une mise en service aux alentours de 2018-2020. Il n’y a toutefois à ce jour pas encore de phasage intentionnel de réalisation.

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

Les études étant actuellement en cours, il n’est pas possible d’obtenir une prise de position formelle des SIG concernant l’approvisionnement du périmètre.

Cependant, en tant que mandataire pour la réalisation des études de faisabilité en cours, nous confirmons que le périmètre du PLQ Rosemont est intégré à ces études.

Rejets thermiques

Le périmètre est principalement entouré de zones vertes, de logements et de quelques commerces.

Seul le bâtiment de Caterpillar, situé au Nord du PLQ, est source de rejets thermiques au niveau des condenseurs du site.

Cependant, les rejets de chaleur de Caterpillar ont lieu en été et sont à basse température. Il y a donc un problème de phasage par rapport aux besoins du PLQ (besoins de chaleur basse température en hiver pour le chauffage, et haute température en été pour l'ECS).

Remarque : Si le CAD des Eaux-Vives voit le jour, le bâtiment de Caterpillar sera alimenté par le réseau de froid du projet (eau du lac), et ne produira plus de rejets thermiques.

Il n'y a donc pas de rejets thermiques à proximité qui pourraient être valorisés.

2.2. Besoins énergétiques du projet

Concept architectural et technique

Le concept architectural du projet devra permettre de minimiser la demande énergétique tout en assurant un confort en chaque saison, notamment :

- Enveloppe du bâtiment performante, de préférence isolation par l'extérieur afin de réduire les ponts thermiques
- Favoriser les gains solaires en hiver (orientation, surface, et performances des vitrages)
- Protection contre les risques de surchauffes estivales (stores extérieurs par exemple)
- Favoriser l'utilisation de la lumière naturelle
- Intégration architecturale des capteurs solaires thermique ou photovoltaïque

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

- Distribution de chaleur pour le chauffage à très basse température $\leq 35^{\circ}\text{C}$ (plancher chauffant)
- Ventilation de type double-flux avec récupération de chaleur à haut rendement
- Dans la mesure du possible, production locale d'électricité pour compenser les consommations liées à la production de chaleur

Consommations de chaleur pour le chauffage et l'ECS

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

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

- « I Habitat collectif » : $Q_{ww} = 75 \text{ MJ/m}^2$.
- « III Administration » et « V Commerce » : $Q_{ww} = 25 \text{ MJ/m}^2$.



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

Tableau 1 : Surfaces du projet

	Logements (70%)		Activités (30%)		Total	
	SBP	SRE (≈ 90% SBP)	SBP	SRE (≈ 90% SBP)	SBP	SRE
Surfaces	34'100 m ²	30'690 m²	23'800 m ²	21'420 m²	57'900 m ²	52'110 m ²

Tableau 2 : Base de calcul des besoins de chaleur

	Logements			Activités		
	Chauffage	ECS	Chaleur (Chauffage + ECS)	Chauffage	ECS	Chaleur (Chauffage + ECS)
Base théorique		SIA 380/1 75 MJ/m ² SRE	Minergie 38 kWh/m ² SRE		SIA 380/1 25 MJ/m ² SRE	Minergie 40 kWh/m ² SRE
Base pour l'estimation (d'après expérience)	30 W/m ² 30 kWh/m ²	15 W/m ² 25 kWh/m ²	45 W/m ² 55 kWh/m ²	40 W/m ² 58 kWh/m ²	5 W/m ² 8 kWh/m ²	45 W/m ² 66 kWh/m ²

Tableau 3 : Estimation des besoins de chaleur du projet

	Logements			Activités			Total
	Chauffage	ECS	Chaleur (Chauffage + ECS)	Chauffage	ECS	Chaleur (Chauffage + ECS)	
Besoins annuels	921 MWh	767 MWh	1'688 MWh	1'242 MWh	171 MWh	1'414 MWh	3'102 MWh
Puissance	921 kW	460 kW	1'381 kW	857 kW	107 kW	964 kW	2'345 kW

Consommations d'électricité

La norme SIA 380/4 « L'énergie électrique dans le bâtiment » sera respectée.

En particulier, les installations de rafraîchissement seront évitées, grâce à la mise en place de protections solaires adaptées.

Tableau 4 : Estimation des besoins d'électricité

	Logements	Activités	Total
	Electricité	Electricité	
Base théorique (selon SIA 380/1)	100 MJ/m ² 28 kWh/m ²	120 MJ/m ² 33 kWh/m ²	
Besoins annuels	859 MWh	707 MWh	1'566 MWh

Consommations de froid

Les activités qui occuperont les futurs bâtiments auront peut-être des besoins de froid.

Toutefois, le type d'activités qui occuperont les bâtiments et donc leurs besoins de froid sont inconnus à ce jour.

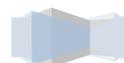
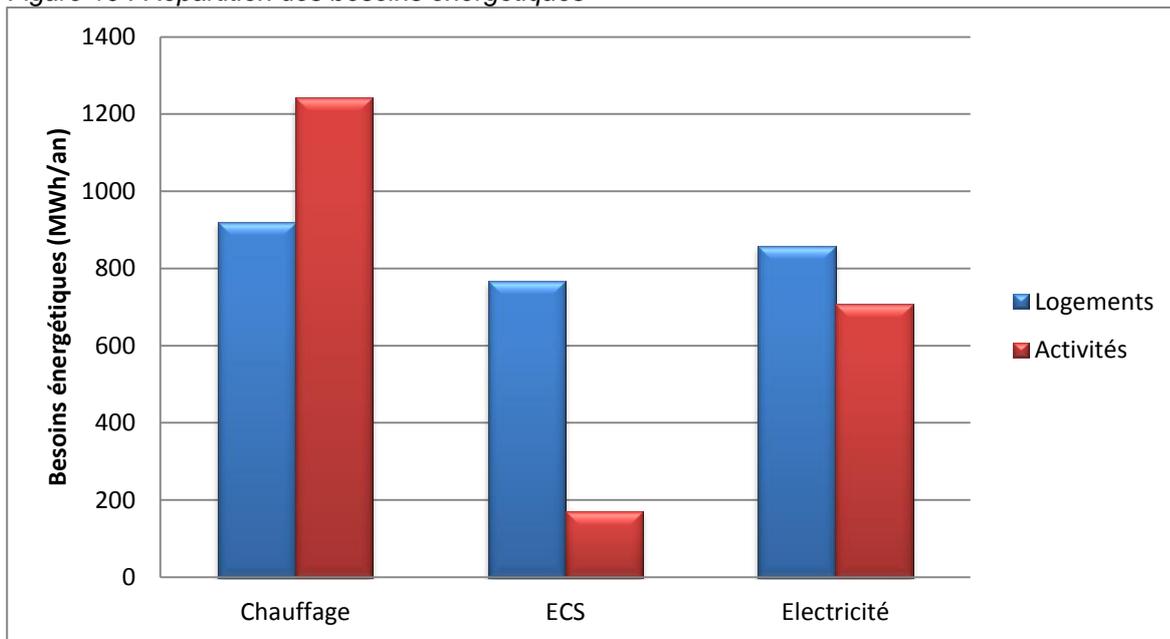


Figure 10 : Répartition des besoins énergétiques



2.3. Acteurs du projet

Maîtres d'ouvrage (environ 15 propriétaires dont la Ville de Genève)

Les Maîtres d'Ouvrage (MO) ont un rôle essentiel puisqu'ils financent le projet et décident donc des choix énergétiques.

Différents MO interviendront sur ce projet. Un dialogue et une collaboration entre les différents MO seront indispensables pour le choix de la stratégie énergétique adoptée.

La Ville de Genève a de plus un rôle particulier car c'est elle qui est à l'initiative de ce PLQ. Elle veille à ce que la stratégie énergétique choisie réponde aux objectifs qu'elle s'est fixés, à savoir la couverture des besoins par des énergies 100% renouvelables pour autant que les coûts soient raisonnables.

Services Industriels de Genève (SIG)

En tant que fournisseur d'énergie du canton, les SIG sont un acteur important.

Ils assurent le raccordement électrique des bâtiments, le raccordement en gaz le cas échéant, ainsi que le développement et le raccordement au CAD Eaux-vives.

Ils peuvent également intervenir dans le cas de contracting énergétique ou encore pour la reprise de l'énergie électrique produite par les installations solaires photovoltaïques.

Propriétaires des bâtiments existants autour du PLQ

Une coopération avec les propriétaires des immeubles existants pourrait être importante selon la stratégie énergétique développée (raccordement au CAD Eaux-vives). En effet, sans la participation active de ces acteurs, il devient difficile de rentabiliser de telles installations.

Office Cantonal de l'Énergie (OCEN)

En préavisant la présente étude, ainsi que les futurs dossiers de demande d'autorisation de construire, l'OCEN veille à l'application de la loi sur l'énergie, et incite à la mise en œuvre de stratégies énergétiques locales et renouvelables.



3. Propositions et analyse des stratégies énergétiques locales

Sur la base des énergies disponibles identifiées précédemment, quatre variantes énergétiques sont étudiées.

Pour les variantes basées sur une alimentation en énergie fossile, une part de production solaire thermique est intégrée (base légale).

Pour les autres variantes, des installations solaires photovoltaïques sont privilégiées (sous réserve qu'une dérogation au solaire thermique soit accordée).

3.1. Variante 1 : Gaz + Solaire thermique

Principe : Installation d'une chaufferie centrale au gaz et de panneaux solaires thermiques

Une installation centrale composée d'une ou de plusieurs chaudières gaz pourrait alimenter l'ensemble des bâtiments du PLQ. Son emplacement serait à préciser.

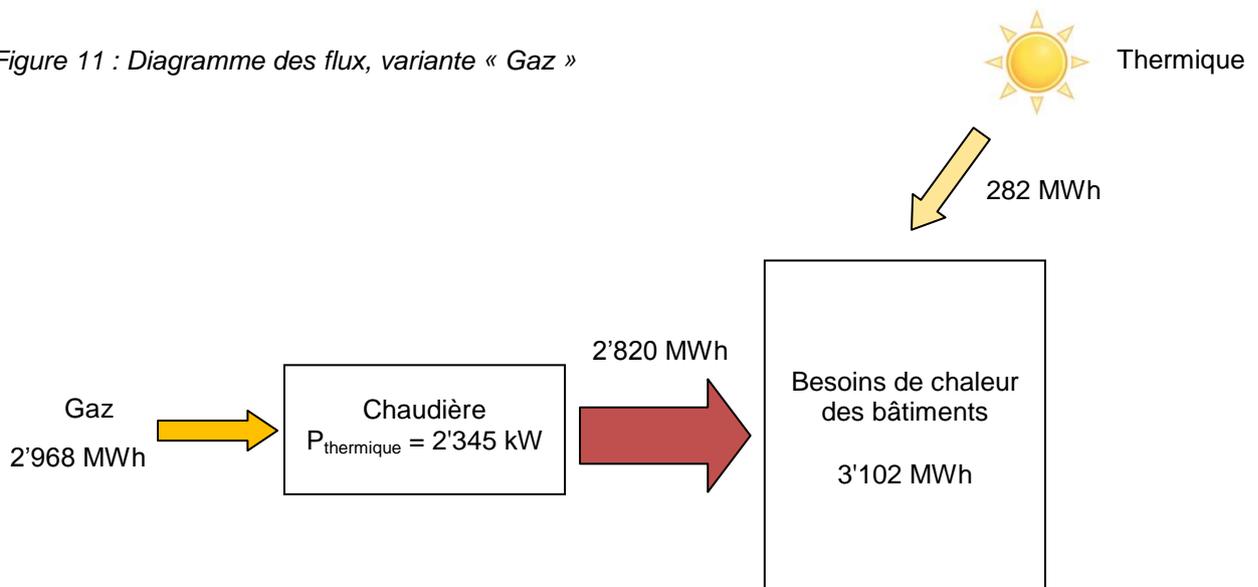
Les bâtiments seraient raccordés à la chaufferie par des conduites en sous-sol ou enterrées. Chaque bâtiment serait équipé d'une sous-station.

En complément, des panneaux solaires thermiques installés en toiture couvriraient au minimum 30% des besoins pour l'ECS.

Cette variante implique un raccordement au réseau gaz présent autour du périmètre étudié.

Remarque : Etant donné la puissance requise (2.3 MW), l'installation devrait faire l'objet d'une demande d'autorisation énergétique (obligatoire pour les installations de combustion d'une puissance supérieure à 1 MW).

Figure 11 : Diagramme des flux, variante « Gaz »



3.2. Variante 2 : CCF Gaz + PAC + Solaire thermique

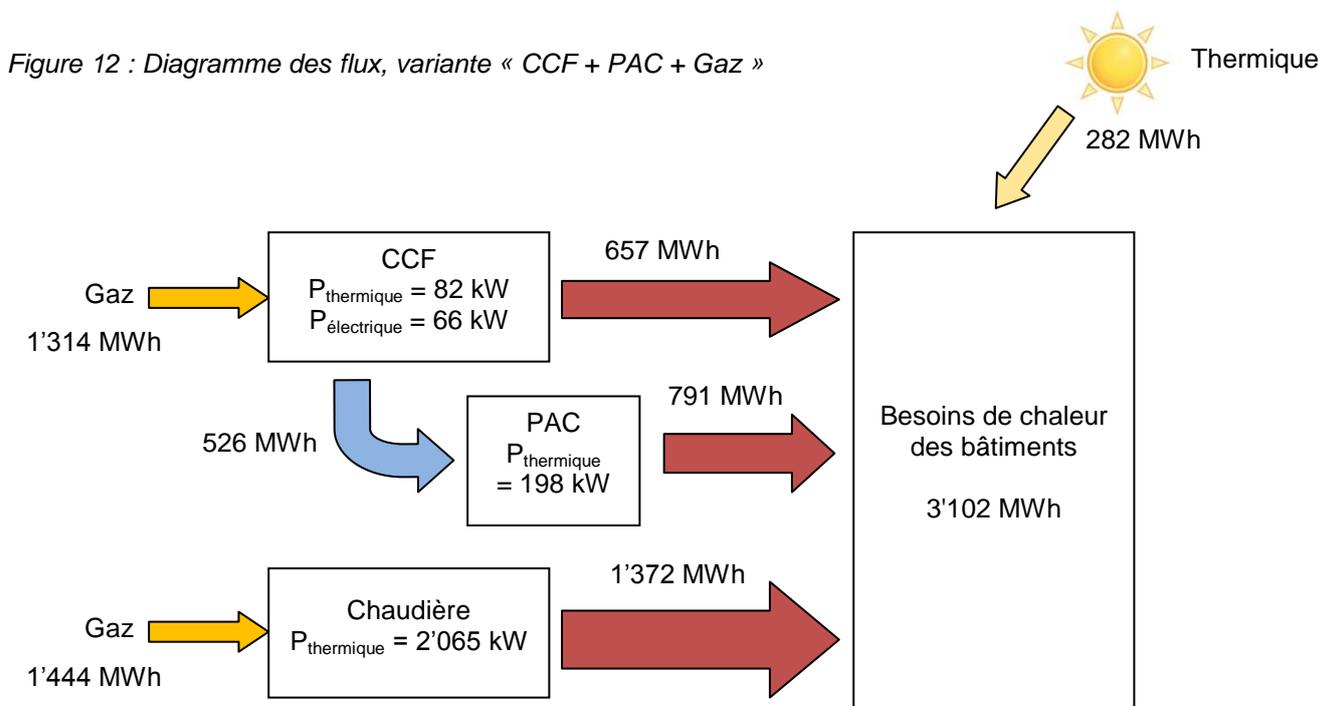
Principe : Installation centrale composée d'un couplage chaleur force (CCF) gaz, dont l'électricité produite alimenterait une ou des PAC, et installation solaire thermique

En complément de la variante précédente, la mise en place d'un couplage chaleur force (CCF) pourrait être envisagée.

Cette installation permettrait de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur.

L'électricité produite pourrait alimenter des PAC (récupérant des calories de l'air) en période de chauffe, et être réinjectée dans le réseau avec rachat de l'électricité en période estivale.

L'intérêt économique d'un CCF étant lié à son taux d'utilisation, il devrait être dimensionné sur les besoins de chaleur estivaux (ECS) afin de produire de la chaleur « en ruban » tout au long de l'année.



3.3. Variante 3 : Air + Solaire photovoltaïque

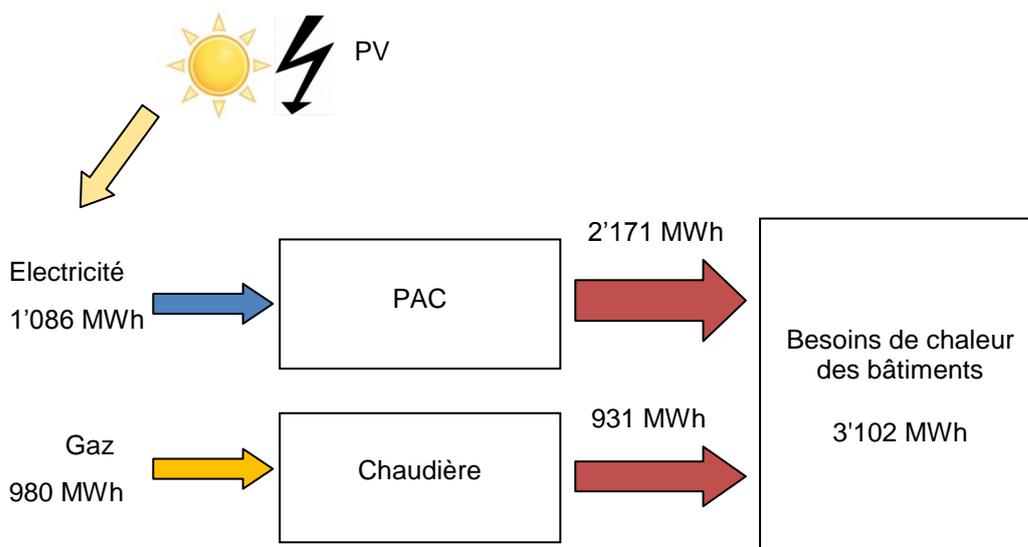
Principe : Installation de PAC air/eau et de chaudières gaz à condensation, et de panneaux solaires photovoltaïques

Chaque bâtiment serait alimenté pour ses besoins en chaleur grâce à des aérorefroidisseurs situés en toiture prenant l'énergie sur l'air extérieur et la redistribuant à une PAC eau/eau via une liaison hydraulique glycolée, en complément d'une chaudière gaz à condensation.

Ces PAC assureraient le chauffage jusqu'à une température extérieure de 3°C (limite de fonctionnement des aérorefroidisseurs) et la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à 45°C, soit environ 70% des besoins. Les chaudières gaz viendraient en appoint pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage et servirait de secours en cas de panne de la PAC, ce qui représente les 30% des besoins restants.

Des panneaux photovoltaïques seraient installés en toiture pour compenser l'alimentation électrique des PAC.

Figure 13 : Diagramme des flux, variante « Air »



3.4. Variante 4 : CAD des Eaux-vives + Solaire photovoltaïque

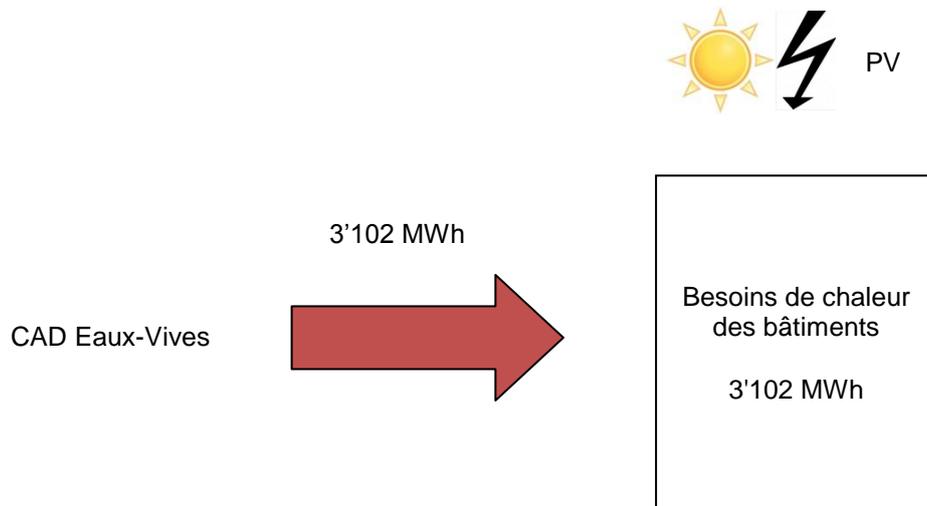
Principe : Raccordement au réseau CAD des Eaux-vives

Chaque bâtiment serait équipé d'une sous-station permettant l'échange de chaleur entre le réseau CAD, et le réseau de distribution du bâtiment.

Des panneaux photovoltaïques seraient installés en toiture pour compenser la consommation électrique de la PAC HT assurant la production de chaleur du réseau.

Lors de l'enclenchement des travaux, la faisabilité du projet de raccordement au réseau devra être vérifiée avec SIG en fonction du planning de réalisation du CAD, et du planning de construction des bâtiments du PLQ.

Figure 14 : Diagramme des flux, variante « CAD des Eaux-Vives »



3.5. Couverture solaire thermique ou photovoltaïque

Conformément à la loi (LEn L 2 30, Article 15), les nouveaux bâtiments devraient être équipés de panneaux solaires thermiques couvrant au minimum 30% des besoins en eau chaude sanitaire.

Tableau 5 : Pré-dimensionnement des installations solaires thermiques

Besoins annuels pour l'ECS (d'après §0)	939 MWh
30% des besoins	282 MWh
Production capteurs solaires vitrés	500 kWh/m ²
Surface de capteurs pour couvrir 30% des besoins	563 m ²

Cette surface totale est à répartir sur les toitures des différents bâtiments.

Chaque bâtiment équipé doit prévoir un local pour les accumulateurs solaire et les départ/retour de la distribution d'eau chaude.

Cependant, le règlement prévoit des exceptions, notamment lorsque ces besoins sont couverts par d'autres énergies renouvelables (REn L 2 30.01, Article 12P).

Pour les variantes « Air » et « CAD des Eaux-Vives », il serait plus intéressant d'installer des panneaux photovoltaïques pour compenser les consommations d'électricité liées à la production de chaleur.

Tableau 6 : Pré-dimensionnement des installations solaires photovoltaïques

	Variante « Air »	Variante « CAD Eaux-Vives »
Besoins annuels couverts par le Gaz	931 MWh	-
Besoins annuels couverts par les PAC ou le CAD	2'171 MWh	3'102 MWh
COP de la PAC	2	3
Consommation d'électricité pour PAC	1'086 MWh	1'034 MWh
Production capteurs solaires PV	110 kWh/m ²	110 kWh/m ²
Surface de capteurs	9'868 m ²	9'400 m ²

La surface totale des toitures du projet a été estimée à 7'500 m².

Si l'on considère que la surface maximale de panneaux solaires photovoltaïques pouvant être installée équivaut à 30% de la surface de toiture (prise en compte des autres équipements techniques en toiture –ventilation, ascenseurs-, des ombres portées, et des contraintes de montage des capteurs), on obtient 2'250 m² de panneaux.

Avec cette surface, on pourrait produire théoriquement 247 MWh_{élec}, soit un taux de couverture de 23% pour la variante « Air », et de 24% pour la variante « CAD Eaux-Vives ».

Les consommations électriques liées à la production de chaleur ne peuvent donc pas être totalement compensées par une production photovoltaïque locale.

3.6. Couverture des besoins de froid

Les éventuels besoins de froid des activités occupant les futurs bâtiments du PLQ ne sont pas encore connus.

Un raccordement au réseau d'eau du lac (développé en parallèle du CAD des Eaux-Vives) pourra être étudié en fonction des puissances nécessaires et de celle disponible sur le réseau.



4. Comparaison des stratégies énergétiques

4.1. Contribution aux objectifs de politique énergétique et environnementale

Avec une couverture 100% renouvelable, la stratégie « CAD des Eaux-Vives » est celle qui contribue le plus aux objectifs de politique énergétique et environnementale. Le complément en solaire photovoltaïque permettrait de compenser (partiellement) la consommation électrique de la PAC à la source du réseau. Cette option est à favoriser plutôt que du solaire thermique pour améliorer le bilan global de cette solution.

La stratégie « Air » représente une solution intermédiaire en termes de performance environnementale. Là encore, le complément solaire photovoltaïque est à favoriser pour compenser les consommations électriques des PAC.

La stratégie « Gaz » est la moins bonne d'un point de vue environnemental.

La stratégie « CCF + PAC + Gaz » a un bilan légèrement meilleur, mais reste basée sur la consommation d'une énergie fossile.

Cependant, dans le cas de ces deux dernières variantes, le développement d'une infrastructure de distribution de chaleur (réseau entre bâtiment et sous-stations dans chaque bâtiment) présente l'avantage de permettre, en cas de changement d'énergie primaire ou de raccordement à un CAD d'en faire instantanément bénéficier les utilisateurs raccordés.

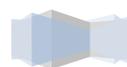
4.2. Implications techniques et spatiales

Un des avantages de la stratégie « CAD des Eaux-Vives » est que les installations de production de chaleur (hors solaire) peuvent être financées et gérées par les SIG. Cette variante nécessite seulement l'installation de sous-stations dans chaque bâtiment (emprise des locaux techniques réduite).

En plus de l'installation décentralisée de PAC et de chaudières dans chaque bâtiment, la stratégie « Air » nécessite la mise en place d'aérorefroidisseurs en toiture pour capter l'énergie de l'air et la redistribuer au réseau de chaleur via les PAC.

Les stratégies « Gaz » et « CCF + PAC + Gaz » impliquent la création d'une grosse chaufferie centrale pouvant abriter les chaudières et le CCF, et l'implantation d'une cheminée pour l'évacuation des fumées. Un réseau de distribution entre bâtiment est également à prévoir pour cette variante.

La variante « CCF + PAC + Gaz » nécessite en plus l'installation d'une ou plusieurs PAC, avec aérorefroidisseurs en toiture.



4.3. Implications économiques

Dans le cas du développement du CAD des Eaux-Vives, les investissements sont pris en charge par les SIG, qui facturent ensuite le kWh. Les contrats lient le fournisseur et les preneurs d'énergie sur 30 ans.

Le coût du kWh du CAD Eaux-Vives n'est pas défini pour l'instant (étude en cours d'élaboration). En se basant sur des projets similaires sur le canton, tel que le quartier Jonction, on s'aperçoit que le coût final du kWh peut être compris en 15 et 20 cts, soit un coût approchant celui des énergies fossiles.

La stratégie « CCF + PAC + Gaz » nécessite des investissements importants. La revente de l'électricité produite par le CCF en été (environ 5 cts/kWh) permet d'avoir un retour partiel sur investissement.

4.4. Organisation des acteurs impliqués

La stratégie « CAD des Eaux-vives » implique une coordination avec les SIG, qui assurent le développement du réseau. La participation active de tous les bâtiments ainsi que des bâtiments situés à proximité du périmètre est indispensable pour la mise en place d'une telle infrastructure.

Pour les variantes « Gaz » et « CCF + PAC + Gaz », une bonne coordination entre les différents MO du périmètre sera indispensable.

Pour la variante « Air », chaque bâtiment dispose de sa propre installation.

4.5. Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs

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

Il s'agit par exemple de :

- Maximiser les apports solaires en hiver tout en limitant ses effets en été (protections solaires extérieures, vitrages performants, bonne orientation des fenêtres)
- Minimiser la demande d'énergie de chauffage en limitant les températures de distribution.
- Mettre en place une enveloppe thermique du bâtiment de bonne qualité et limiter au maximum les ponts thermiques
- Réguler les installations de chauffage et de ventilation en fonction de la température extérieure et de l'occupation des locaux
- Limiter l'utilisation de l'éclairage artificiel tout en privilégiant le confort.

Ces principes sont en cohérence avec le concept architectural développé dans le chapitre 0.

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



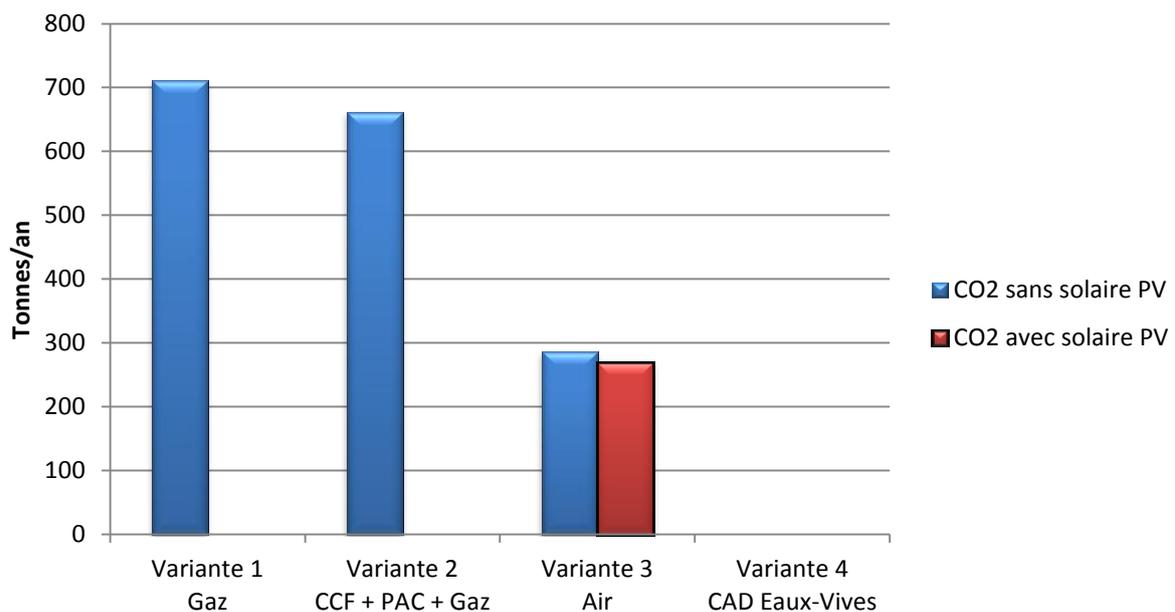
4.6. Synthèse

Tableau 7 : Tableau comparatif des stratégies énergétiques

	Variante 1 Gaz	Variante 2 CCF + PAC + Gaz	Variante 3 Air	Variante 4 CAD Eaux-Vives
Contribution aux objectifs de politique énergétique et environnementale	☹️	☹️	😐	😊
Implications techniques et spatiales	1 chaufferie centrale + raccordement entre bâtiments	1 chaufferie centrale + raccordement entre bâtiments	1 chaufferie par bâtiment + Aérorefroidisseurs en toiture	1 sous-station par bâtiment
Implications économiques	≈ 23 cts/kWh	≈ 35 cts/kWh	≈ 35 cts/kWh	Selon SIG ≈ 20 cts/kWh
Organisation des acteurs	Coordination entre MO du périmètre	Coordination entre MO du périmètre	Coordination par bâtiment	Coordination avec SIG

Remarque : les coûts du kWh présentés sont basés sur les coûts rencontrés sur des projets similaires.

Figure 15 : Comparatif des émissions polluantes liées à la production de chaleur



Remarques : Pour la variante 3, les émissions de CO₂ de la consommation électrique des PAC ont été calculées sur la base du mix de fourniture d'électricité genevois (Source : SIG).

Pour la variante 4, les émissions de CO₂ liée à la production de chaleur sont considérées comme nulles. En effet, à l'image du projet pour le quartier Jonction, SIG met en place une solution pour trouver un équilibre électrique entre la consommation de l'installation de production de chaleur du réseau, et la mise en œuvre d'installations de production d'électricité renouvelable.

Comme le montre le graphique ci-dessus, ce sont les deux variantes qui utilisent le gaz comme source d'énergie principale qui apparaissent comme étant les plus émettrices de gaz à effet de serre.

5. Synthèse des orientations et des recommandations pour les acteurs concernés

5.1. Recommandations

Le choix de la Ville de Genève s'oriente vers la variante « CAD des Eaux-Vives ».

Cette solution permettrait en effet une fourniture renouvelable de chaleur et de rafraîchissement à un tarif proche de celui des énergies fossiles.

Cette solution dépend de la réalisation ou non de ce réseau.

A ce jour, la réalisation de ce projet de CAD n'est pas encore validée par SIG.

Si ce projet ne voyait pas le jour, c'est la solution « Air » qui serait à privilégier.

Dans tous les cas, une bonne coordination entre tous les acteurs du PLQ devra être menée et notamment les échanges entre tous les MO, afin de mettre en place une solution commune.

5.2. Solution transitoire

Etant donné les études et travaux à prévoir pour le développement du réseau Eaux-Vives, les premiers bâtiments du PLQ devraient voir le jour avant la mise en service de ce CAD. Il faudra donc prévoir une solution transitoire pour alimenter en chaleur les bâtiments.

Si le réseau de distribution du CAD des Eaux Vives est disponible (au moins partiellement), une solution transitoire possible serait de raccorder le PLQ à une chaufferie externe se situant sur le tracé du CAD. Cette solution permet d'utiliser des installations existantes et de basculer facilement sur la production renouvelable envisagée pour le CAD des Eaux-Vives. Certaines chaufferies situées dans le périmètre d'influence du CAD disposeraient de la place nécessaire pour implanter la puissance requise pour le quartier Rosemont.

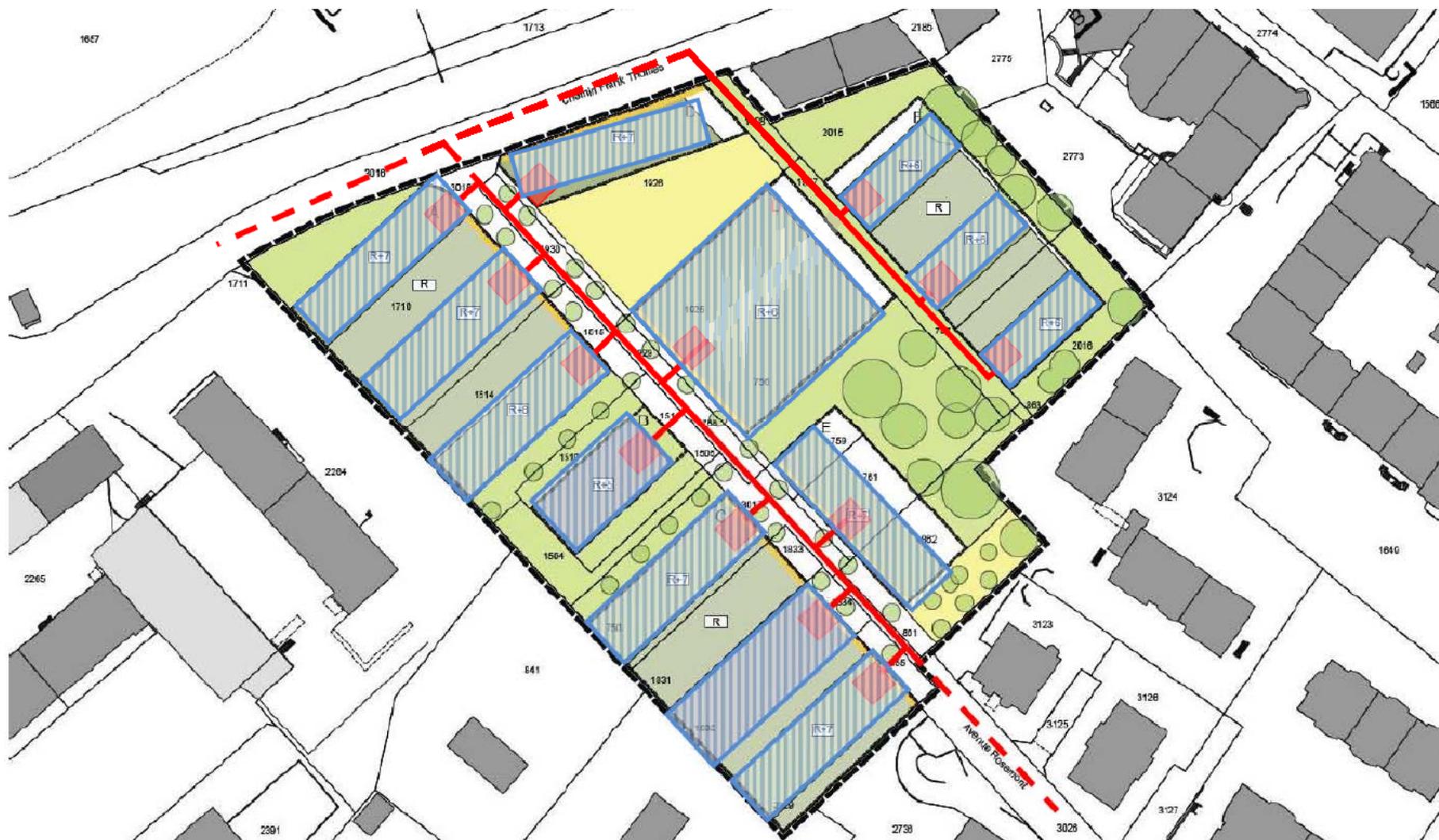
Sinon, la création d'une chaufferie gaz pour le PLQ pourrait être envisagée. La création d'un réseau de distribution entre bâtiments permettra de raccorder simplement tout le PLQ au CAD des Eaux-Vives lors du développement du réseau. De plus, il est intéressant de profiter du chantier et des fouilles pour mettre en place les conduites enterrées.

5.3. Mesures conservatoires

Quoi qu'il en soit, il est pertinent de mettre en place des installations techniques facilement raccordables, en cas de développement futur d'un réseau de chauffage à distance.

Dans tous les cas, une installation solaire photovoltaïque en toiture devra être prévue, ainsi que des locaux techniques au RDC ou en sous-sol. Leur taille et leur emplacement pourront être précisés ultérieurement en fonction de la variante choisie. Une gaine technique reliant toiture et local technique devra être prévue dans chaque bâtiment.

La figure suivante fait apparaître les recommandations pour les niveaux inférieurs de planification.



Légende

-  Locaux techniques
-  Surfaces disponibles pour installation solaire
-  Réseau de chaleur permettant un raccordement entre bâtiments, et un raccordement à un éventuel CAD (par Avenue de Rosemont ou Chemin Frank Thomas)